

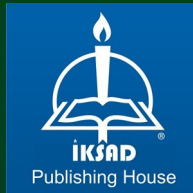


SEBZE TOHUM ÜRETİMİ VE TEKNOLOJİSİNDE GÜNCEL VE YENİLİKÇİ UYGULAMALAR

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Ahmet BALKAYA

Prof. Dr. Levent ARIN



SEBZE TOHUM ÜRETİMİ VE TEKNOLOJİSİNDE GÜNCEL VE YENİLİKÇİ UYGULAMALAR

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Ahmet BALKAYA

Prof. Dr. Levent ARIN

YAZARLAR

Prof. Dr. Ahmet BALKAYA

Prof. Dr. Ahmet KORKMAZ

Prof. Dr. Ertan Sait KURTAR

Prof. Dr. H. Özkan SİVRİTEPE

Prof. Dr. Haluk Çağlar KAYMAK

Prof. Dr. Hülya İLBİ

Prof. Dr. İbrahim DEMİR

Prof. Dr. İbrahim DUMAN

Prof. Dr. Kazım MAVİ

Prof. Dr. Levent ARIN

Prof. Dr. Ruhsar YANMAZ

Prof. Dr. Ş. Şebnem ELLİALTIOĞLU

Doç. Dr. Burcu Begüm KENANOĞLU

Doç. Dr. Onur KARAAĞAÇ

Doç. Dr. Sıtkı ERMİŞ

Doç. Dr. Süleyman KAVAK

Dr. Öğr. Üyesi Raziye KUL

Dr. Gülay BEŞİRLİ

Dr. Sinan ZENGİN

Araş. Gör. Serpil TIRAŞCI

Zir. Yük. Müh. Güleda ÖKTEM

Zir. Yük. Müh. Kübra ÖZMEN

Zir. Yük. Müh. Üzeyir YİĞİT

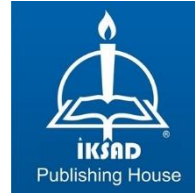
Zir. Müh. Deniz METİN

Zir. Müh. Fatih ÖĞÜTCÜ

Zir. Müh. İbrahim ÖZKAN

Zir. Müh. Seda ATASOY

Zir. Müh. Şakir BERKTAŞ



Copyright © 2024 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed
or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or
mechanical methods, without the prior written permission of the publisher,
except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial
uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and
Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules. The
first degree responsibility of the works in the book belongs to the authors.
Iksad Publications – 2024©

ISBN: 978-625-367-839-5

Cover Design: İbrahim KAYA
September/ 2024
Ankara / Türkiye
Size = 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	1

BÖLÜM 1

SEBZECİLİKTE TOHUMUN ÖNEMİ VE TOHUM ÜRETİMİNİ ETKİLEYEN UNSURLAR

Prof. Dr. Ahmet BALKAYA

Prof. Dr. Levent ARIN

Prof. Dr. Ruhsar YANMAZ.....	3

BÖLÜM 2

SEBZECİLİKTE ORGANİK TOHUM ÜRETİMİ VE GELECEĞİ

Prof. Dr. İbrahim DUMAN

Dr. Gülay BEŞİRLİ.....	39

BÖLÜM 3

SEBZE TÜRLERİNİN ÇİMLENDİRİLMİŞ TOHUM VE MİKRO FİLİZ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Zir. Müh. Seda ATASOY

Prof. Dr. Ahmet BALKAYA.....	91

BÖLÜM 4

SEBZE ÇEŞİTLERİNİN KAYIT ALTINA ALINMASI

Zir. Yük. Müh. Güleda ÖKTEM

Doç. Dr. Sıtkı ERMİŞ

Zir. Müh. Şakir BERKTAŞ.....	119

BÖLÜM 5

SEBZE TOHUMLUK KONTROL VE SERTİFİKASYON SİSTEMİNİN AŞAMALARI

Doç. Dr. Onur KARAAĞAÇ

Zir. Müh. Fatih ÖĞÜTCÜ

Zir. Müh. İbrahim ÖZKAN

Zir. Müh. Üzeyir YİĞİT.....	179

BÖLÜM 6

SEBZE TOHUMLARINDA KALİTE KONTROL KRİTERLERİ

Prof. Dr. Haluk Çağlar KAYMAK

Dr. Öğr. Üyesi Raziye KUL

Araş. Gör. Serpil TIRAŞCI.....221

BÖLÜM 7

TOHUMLARDA DİNLENME VE ÇİMLENMENİN DÜZENLENMESİ

Prof. Dr. H. Özkan SİVRİTEPE.....273

BÖLÜM 8

TOHUM VİGOR TESTLERİ

Prof. Dr. Hülya İLBİ

Prof. Dr. Ahmet KORKMAZ.....319

BÖLÜM 9

SEBZE TOHUMLARINDA KALİTEYİ İYİLEŞTİRİCİ GÜNCEL UYGULAMALAR

Doç. Dr. Süleyman KAVAK.....359

BÖLÜM 10

PRİMİNG TEKNİKLERİ

Prof. Dr. Kazım MAVİ

Doç. Dr. Sıtkı ERMİŞ

Doç. Dr. Burcu Begüm KENANOĞLU

Zir. Yük. Müh. Kübra ÖZMEN

Prof. Dr. İbrahim DEMİR.....401

BÖLÜM 11

SEBZE TOHUMLARININ DEPOLANMASI

Prof. Dr. Levent ARIN

Prof. Dr. Hülya İLBİ.....455

BÖLÜM 12

DOKU KÜLTÜRÜ TEKNİKLERİNİN HIZLANDIRILMIŞ ISLAH AMAÇLI OLARAK SEBZE TOHUMCULUĞUNDA KULLANIMI

Prof. Dr. Ertan Sait KURTAR

Prof. Dr. Ş. Şebnem ELLİALTIOĞLU

Zir. Müh. Deniz METİN.....477

BÖLÜM 13

SEBZE TOHUMCULUK SEKTÖRÜNDE MOLEKÜLER TEKNİKLERİN KULLANIMI

Dr. Sinan ZENGİN

Prof. Dr. Hülya İLBİ.....501

ÖNSÖZ

Yaşamını sürdürebilmesi için dışarıdan gıda ve enerji almak zorunda olan insanoğlu, bitkisel üretim ve hayvan beslemeyi sağlayabilmek için mutlak surette tohuma ihtiyaç gösterir. Tohum başlıca gıda kaynağımız olması yanında en yaygın kullanılan çoğaltım materyalidir. Tohumlar gıda zincirinin ilk halkasını, biyolojik ve kültürel çeşitliliğin ise yapısal göstergesini oluştururlar. Bitkisel üretim materyali olan tohum, ülkelerin tarım sektörleri için stratejik bir öneme sahiptir. Günümüzde tohum sadece tarımsal bir girdi değil aynı zamanda teknoloji kullanılarak elde edilen ve yüksek gelir getiren ekonomik değere sahip bir üründür. Öte yandan tarımsal ürün grupları içerisinde sebzeler, özellikle sağlık ve hastalıklara karşı dayanıklılık bakımından ve vitamin, mineraller açısından zenginliği ile öne çıkan ve mutlaka tüketilmesi gereken ürünlerdir. Sebze tohum üretimi, hem tarım sektörü ve hem de bahçe bitkileri yetiştiriciliğinde en dinamik ve gelişmeye açık alanlardan birisini oluşturmaktadır. Bunun nedenleri; sebzelerin tür zenginliği yönünden önemli seviyede çeşitlilik göstermeleri, sebze ıslahı ve sebze tohumculuğunun teknik bilgi, uzmanlık ve deneyim gerektirmesi ve özel sektörün fazlasıyla aktif olduğu bir alan olması olarak sıralanabilir. Ayrıca tarımda hibrit çeşit ıslahının ve değişik amaçlı çeşitlerin en fazla olduğu sektör de sebze tohumculuk sektörüdür. Son yıllarda aşıli fide kullanımının artması, tohum üretiminde biyoteknolojik yöntemlerin kullanımının hızlanması, Türkiye'nin tarım ihracat potansiyelinin gittikçe yükselmesi vb. faktörler sonucunda ülkemizde sebze tohumculuğu artan bir ivme ile gelişme göstermektedir. Bugün tarımda sebze tohum üretim ve teknolojisi, ekonomik potansiyeli, yenilikçi yapısı ve dinamizmi ile öncü bir role sahiptir. Bu bağlamda konuya katkı sağlama düşüncesiyle, Sebze Yetiştirme ve ıslahı alanında bilimsel çalışmalarını yürüten ve özellikle sebze tohumculuğu konusunda uzman çok kıymetli bölüm yazarlarının heyecan duyarak katılım, ilgi, titizlik ve özverileriyle bu kitap hazırlanmıştır. Sebze tohum üretiminden, biyoteknolojik uygulamalara kadar

çok geniş bir yelpazede yer alan ve belli bir temada spesifik bilgiler içeren, iyi bir başvuru kaynağı olacağına inandığımız 13 Bölümden oluşan bu kitabın hazırlanmasında emeği geçen herkese ayrı ayrı teşekkür ederiz. Ayrıca kitabı yayına hazırlayan İksad Yayınevi çalışanlarına da teşekkür ediyoruz.

Eylül, 2024

Prof. Dr. Ahmet BALKAYA

Prof. Dr. Levent ARIN

BÖLÜM 1

SEBZECİLİKTE TOHUMUN ÖNEMİ VE TOHUM ÜRETİMİNİ ETKİLEYEN UNSURLAR

Prof. Dr. Ahmet BALKAYA^{1*}

Prof. Dr. Levent ARIN²

Prof. Dr. Ruhsar YANMAZ³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13822703>

^{1*}Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun, abalkaya@omu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-9114-615X

²Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Süleymanpaşa, Tekirdağ. larin@nku.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-0193-9912

³Emekli Öğretim Üyesi, ruhsar.yanmaz@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-4491-4037

*Sorumlu yazar

GİRİŞ

Sebzeler vitaminler ve mineraller bakımından zengindir ve başta obezite olmak üzere sağlıklı yaşam ve beslenme adına mutlaka tüketilmesi gereken önemli bir ürün grubunu oluşturmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde besin eksikliğine karşı, sebze tüketiminin artırılması, düşük maliyetli bir çözüm olarak değerlendirilmektedir. Sebzelerin sağlıklı beslenmenin vazgeçilmez bir parçası olduğu konusunda toplumlarda artan farkındalık ve sebzelerin hastalıkların tedavisindeki öneminin klinik deneylerle kesinleştirilmesi sonucu sebze türlerine olan talep gün geçtikçe artmakta ve gelecekte de artmaya devam edeceğini göstermektedir.

Kaliteli bir sebze üretiminin ilk koşulu üretime sağlıklı ve kaliteli tohumla başlamaktır. Sebze üreticileri, kaliteli tohum yanında çeşitli tarım girdilerini kullanarak mevcut sebze üretimlerini artırmayı hedeflemektedir. Sonuç olarak sebze üretimin giderek artışı kaliteli tohuma olan ihtiyacıda artırmaktadır. Sebzecilik sektörü tohumculuk, fidecilik, örtüaltı yetiştiriciliği, sulama, gübreleme, tarımsal savaş sistemleri, akıllı tarım teknikleri, ambalaj ve pazarlama sektörlerini de bünyesinde toplayan büyük bir sektördür (Yanmaz ve ark., 2020). Sebze tohum üretimi, sebzelerin farklı biyolojiye (döllenme, çiçek yapısı vb.) bağlı tür zenginliği ve farklı iklim istekleri nedeniyle daha fazla teknik bilgi ve deneyim gerektirmektedir (Balkaya ve ark., 2020).

Tohum, çiçekli bitkinin generatif çoğaltım birimidir. Diğer bir ifade ile sıkıştırılmış minyatür bir bitkidir. Biyolojik açıdan tohum, erkek ve dişi gametlerin birleşmesi (döllenme) sonucu oluşan zigotun (döllenmiş yumurta) gelişimi ile oluşmuş ve ekildiğinde genç bitkiyi meydana getirecek embriyoyu ve onun başlangıçta ihtiyaç duyduğu besi dokuyu barındıran ve bu yapıları kuşatan ve koruyan kabuktan oluşmuş bitki kısmıdır. Tohum, tarıma en az elverişli olan alanlarda bile belirli bir verim elde etmenin esası ve doğal afetlerden sonra tarımın en azından eski haline döndürülmesinin aracıdır (Eser, 2019). Tohumlar, küçük hacimleri ile kurutmaya toleranslı olmaları, depolanabilirlikleri ve düşük maliyetleri nedeniyle kolaylıkla çoğaltılabilir, nakledilebilir ve düşük nem içeriklerinde uzun süre muhafaza edilebilir (Arın ve İlbi, 2019).

Çoğunluğu kısa ömürlü olan sebzelerin çoğaltılmasında yaygın kullanılan materyal, bir generatif yapı olan tohumdur. Büyük oranda kendine

döllenlen buğday, çeltik, kuru fasulye gibi tarla bitkilerinden farklı olarak özellikle serin iklim sebze türleri, gençlik dönemi (juvenil faz) ve generatif gelişme dönemi sonrası çiçeklenmenin meydana geldiği daha uzun bir süreye (iki yıllık) ihtiyaç gösterir. Bu tip sebze türlerinde sapa kalkma ve çiçeklenme için düşük sıcaklık gereklidir. Düşük sıcaklık isteği (vernalizasyon) karşılanmamış bitkilerde çiçeklenme ve döllenme dönemindeki birçok faktör tohum verim ve kalitesini etkiler. Örneğin lahanalar, havuç, soğan vb. yaprakları, kökleri ve soğanları tüketilen sebze türlerinde vernalizasyon ihtiyacının karşılanması, lahanalarda sapa kalkmayı teşvik eden önemli bir faktördür. Vernalizasyonun dışında giberellinlerin de sapa kalkma ve çiçek oluşumu üzerine etkilerinin olduğu belirlenmiştir (Murat Doğru ve Balkaya, 2015). Bu tip sebze türlerinin ıslahında kaliteli tohum verimi açısından çiçeklenme döneminin kontrolü ve tohum üretimi için gereken sürenin kısaltılması önemlidir.

Günümüzde sebze çeşitlerinin önemli bir kısmı, hibrit çeşitlerden oluşmaktadır. Bu çeşitlerin üretilmesinde kullanılan hatların idamesi, korunması, yabancı döllenmeye karşı önlem alınması vb. özel bir bilgi ve teknik gerektirmektedir. Sebze türlerinin çiçeklenme durumları ve meyve yapılarında önemli farklılıklar bulunur ve tohumları genel olarak küçük, düzensiz şekilli ve fiziksel etkilere hassas olmaları nedeniyle hasatları ve işlenmeleri güçtür. Örneğin, domateste tohum alımı içinde en uygun meyve gelişim dönemi olan kırmızı olumda, tohumlar büyük oranda su içeren bir doku içerisinde bulundukları gibi bu safhada tohum nemi de depoya konamayacak kadar yüksek olup mutlaka kurutulması gerekir. Yine soğan gibi bazı türlerde de olgun meyvelerin açılması sonucu tohum kayıplarını önlemek için hasat zamanının doğru tespiti önemlidir.

Tohum üretiminde tohum verim ve kalitesini etkileyen faktörlerden biri de istenen genetik özelliklere sahip tohumları elde etmek için tozlaşma ve döllenme mekanizmasının iyi bilinmesidir. Çoğu sebze türünde döllenme ve tohumun oluşabilmesi için çiçeklerdeki polenlerin dişi tepesine taşınması gereklidir. Polenler aynı çiçekteki veya komşu bitkinin çiçeklerindeki anterlerden dişi tepesine taşınır. Polenlerin taşınması böcekler, doğal hava hareketi (rüzgâr) yoluyla olur. Sebze türlerinin %90'ına yakını böceklerle tozlanır. Tozlaşmada en etkili böcek türü arılardır. Bu nedenle, böceklerle tozlanan sebze türlerinde tohum üretimi, tozlaşmada iş gören arıların

devamlılığına bağlıdır. Üretilen tohumun genetik saflığını korumak için tohumluk tarlalarda bitkiler arasındaki izolasyon mesafesinin ayarlanması önemlidir. Tohum yeniden bitki eldesi için gerekli başlangıç materyali olduğundan, tohumun canlılığının korunması gerekir. Bu amaçla yıllık olarak üretilmesi önemlidir. Tohumlar uzun süreli gen bankalarında muhafaza edilebilir ancak tohum gen bankaları çok fazla miktarda tohumun depolanamadığı ve dünyada çok sayıda olmayan, özel teknik bilgi gerektiren ve nispeten pahalı muhafaza ortamlarıdır.

Sebze çeşitleri iyi performans gösterebilmek için özel iklim koşulları ister. Dünyanın belirli bir bölgesi için geliştirilen çeşitler için hastalıklara ve zararlılara dayanıklılık ile iklim değişikliğine adaptasyon yeteneği önemlidir. Bu nedenle uluslararası sebze tohum şirketlerinin önemli bölümü nitelikli bitki ıslahı programlarında geliştirilen çeşit adaylarının birkaç lokasyondaki performanslarının belirlenmesini önemsemektedir. Günümüzde olduğu gibi gelecekte de çeşit geliştirme çalışmaları, farklı çevre koşullarında yetişebilen (özellikle kuraklık, tuzluluk vb.), adaptasyon kabiliyeti yüksek çeşitlere doğru yönelmeye devam edecektir.

Modern tohum üretimi, rekabete dayalı olduğu için yüksek maddi yatırım gerektirir. Uluslararası büyük tohum şirketleri de araştırma geliştirmeye ayırdıkları paranın %40'ını kârlılığın yüksek olduğu sebze tohum üretimine ayırmaktadır (Malhotra, 2021). Günümüzde makro ölçekli lider şirketler, çeşit geliştirmeyi hızlandırmak, çeşitlere yeni özellikler kazandırmak için DNA sekansı, genetik parmakizi, DNA markır temelli ıslah gibi moleküler teknikleri kullanmaktadır. Küçük ölçekli şirketler ise sürekli gelişen ileri teknolojiler konusunda yatırım kaynağı eksikliği çekmektedir. Bununla birlikte Welbaum (2024), bu durumun küçük ölçekli tohum şirketlerinin mevcut pazar şartlarında yeterli düzeyde var olamayacakları anlamına gelmediğini ifade etmektedir. Mevcut durum ve son gelişmeler, biyolojik tohum uygulamaları, açıkta tozlanan köy çeşitleri, ev bahçeciliği, organik sebze tohumu konusunda yeni bölgesel ve uzmanlaşmış tohum şirketlerinin gelişimi için teşvik edici niteliktedir. Özellikle Kovid-19 pandemisi, tüm dünyada ve ülkemizde bitkisel üretimin, yaşamın devamlılığında ne kadar önemli olduğunun anlaşılmasına neden olmuş ve geniş kitlelerde, en azından kendine yetecek, ya da tüketiminin bir kısmını sağlayabilecek üretim yapma isteğini artırmıştır. Kent tarımında

önemli oranda farklı sebze türlerine yer verilmesi, tohum konusunda var olan talebi yükseltmektedir. Tüketici ve üretici topluluklarının sosyal medya imkânlarını da kullanarak üretimlerini, bilgi ve pratiklerini paylaşabildikleri ortak bir platform oluşturmaları, keza yerel çeşitlere ve ata tohumlarına artan ilgi özellikle ticari hacimleri küçük, yerel tohum firmaları için önemli fırsatlar oluşturmaktadır.

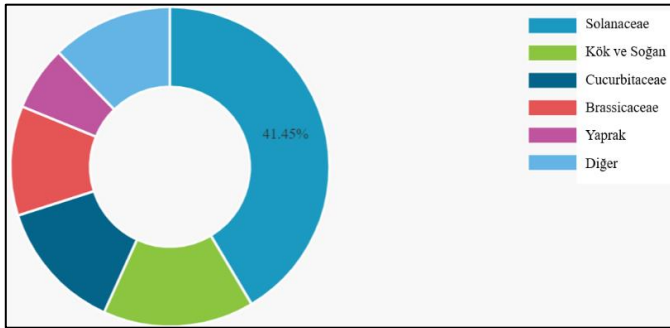
Küresel sebze tohum pazarının büyüklüğü 2023'te 8,14 milyar ve 2024'te 8,69 milyar ABD doları iken, 2032'ye kadar 15,03 milyar ABD dolarına çıkması ve 2024-2032 tahmin dönemi için %6,78 oranında bir büyüme beklenmektedir (Vegetable Seed Market, 2024). Bugünkü koşullarda Dünya tohum ticaretinin yaklaşık %70'i sadece 22 şirket tarafından gerçekleştirilmektedir (Malhotra, 2021). Sebze tohumları yüksek değerlilikte ve düşük hacimli olup, global tohum satışındaki payı yaklaşık %17'dir ve mısır ve soyadan sonra 3. sırada yer almaktadır. Bu veriye, bazı gelişmekte olan ülkelerde talebin %80'ine kadarının sağlandığı, bağımsız üreticiler ve üretici organizasyonları tarafından üretilen ve muhafaza edilen yerel nitelikteki tohum ticareti dahil değildir. Gelişmiş ülkelerde tohumu koruyan (muhafaza eden) organizasyonlar, büyük tohum şirketlerinde olmayan genetik materyalleri ve atalık sebze tohumlarının temini ve korunmasında önemli rol oynamaktadır.

Son yıllarda yüksek verim ve homojenite, hastalıklara ve farklı çevresel stres şartlarına dayanıklılık gibi özelliklere sahip olmaları nedeniyle hibrit çeşitlere ait tohum kullanımı artmaktadır. Hibrit çeşitler toplam sebze tohum pazarında %75 paya sahiptir (Vegetable Seed Market, 2024). Global tohum pazarının %45'lik payı Asya-Pasifik ülkelerine aittir. Çin ve Hindistan yaklaşık %56'lık payları ile Asya'da lider konumundaki ülkelerdir. Sebze tohumu dış ticareti fazlası en fazla olan ülkelerin başında Hollanda, Fransa, ABD, Şili, İsrail ve Tayland'dır (ISF, 2022).

Türkiye'de tohumculuk sektörü 1980 yılından itibaren yapılan yasal düzenlemeler sayesinde özel kesimin yer almaya başladığı rekabetçi, yeni çeşitlerin geliştirildiği ve fiyatların serbest piyasa koşullarında belirlendiği bir yapıya kavuşmuştur. Ülkemizde sebze tohum üretim miktarı özel sektörün devreye girdiği 1980'li yılların başına kadar 200 ton dolaylarında olmuştur. 1983 yılında tohumluk fiyatlarının, 1984 yılında da tohum ithalatının serbest bırakılması ve serbest piyasa ekonomisinin etkin hale getirilmesi ile özel sektör tohumculuğu gelişme imkânı bulmuştur (Balkaya ve ark., 2020). TSÜAB

(2023) verilerine göre sebze tohumculuğu alanında faaliyet gösteren şirket sayısı 324'e ulaşmıştır. BÜGEM (2023) verilerine göre ülkemizde sebze tohum üretiminde 2002-2022 yılları arasında ortalama 2276 tonluk bir üretim artışı olmuştur. Türkiye iklim özellikleri ve konumu bakımından tohumluk üretimi için oldukça uygun özelliklere sahiptir. Ülkemiz ekolojik koşulları her türlü sebze türünün tohumunun sağlıklı ve kaliteli olarak üretilmesi için çok uygun özellikler taşımasına rağmen, işgücü, arazi kirası, üretim masrafları ve enerji giderleri gibi ana girdi masraflarının fazla olmasından dolayı, tohum üretim maliyetleri çok yükselmiştir (Balkaya ve ark., 2020). Ülkemiz, sebze tohum ihracatında 36 milyon \$ ile dünyada 18. sırada yer almaktadır. Sebze tohum ithalatında ise 107 milyon \$ değeri ile 12. sıradadır (ISF, 2022). Sebze tohumluklarında yaklaşık yıllık 70 milyon \$'lık ticaret açığı bulunmaktadır. Sebze tohumluğu temininde dışa bağımlılığı asgari düzeye indirmek ve ihracat potansiyelini artırarak, üretimde ileri olan ülkelerle rekabet edebilecek düzeye gelmek, ülke ekonomisi açısından büyük önem taşımaktadır.

Dünyada tüketilen sebze türlerinde önemli düzeyde bir çeşitlilik varken, ticari sebze üretimi birkaç familyaya giren türde yoğunlaşmaktadır. *Cucurbitaceae* (kavun, karpuz, hıyar, kabak), *Solanaceae* (domates, biber), *Brassicaceae* (farklı lahanagil türleri), *Allioideae* (soğan) ve *Apiaceae* (havuç) familyası türleri en çok üretilen türlerdir (FAO, 2024). Benzer durum, sebze tohumu üretiminde de görülmektedir. *Solanaceae* grubu sebzeler ve bu grup içerisinde de domates, tohum üretiminin en fazla olduğu ve sürekli yeni çeşitlerin pazara sunulduğu en önemli türdür (Şekil 1).



Şekil 1: Sebze gruplarının tohum pazarındaki payları (Vegetable Seed Market, 2024)

İklim değişikliği ve küresel ısınma gibi tarımsal üretimi tehdit eden olaylara karşı yeterli ve sağlıklı sebze ve sebze tohumu üretimi için çözüm üretilmesi ve yeni tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Son yıllarda, tohum fizyolojisi ve genetik konusunda yapılan araştırmalar ve teknolojik ilerlemeler sayesinde hastalıklara dayanıklılık, kontrollü ortamda üretim, sebzelerin verim ve kalite özellikleri, besin içerikleri, üretim etkinlikleri gibi özellikleri iyileştirilmiş yeni sebze tür ve çeşitlerinin geliştirilmesi ve kullanılması mümkün olmaktadır. Bununla birlikte günümüz dinamik sebze tohum pazarındaki rekabet nedeniyle geliştirilmiş yeni sebze çeşitlerinin çoğunluğunun uzun süreli pazarda kalması mümkün olmamaktadır. Birçok sebze tohum şirketi için artık rekabetin boyutu sadece tohumlarının çimlenebilirliği ile sınırlı değildir. Çimlenme özelliğinin yanında tohumların ekim öncesi farklı yetiştirme ortamlarındaki ve muhafaza sırasındaki davranışlarını (depo ömrü) tahmin edebilme amacıyla kullanılan tohum gücü (vigor) testleri, hasat sonrası tohum uygulamaları ve ambalajlama konularındaki çalışmalar da artmaktadır.

1. SEBZE TOHUMLARINDA KALİTE TANIMI

Üretimde başlangıç materyali olan tohum, temel ve en kritik girdidir. Girdi olarak tohum kimyasal gübre, ilaç, su vb. diğer girdilere göre ucuz ve en önemli bileşen olarak kabul edilir. Ancak kaliteli tohumluk kullanımı durumunda ekim sonrası kültürel uygulamalardan beklenen fayda, yüksek ve kaliteli verim ile sağlanabilmektedir (Arın ve ark., 2021). Tohum kalitesi, sebze üretiminde istenilen özellikte bitki standartı ve yüksek verim eldesi için tohumun kıymetini temsil eden en temel özellikler bütünüdür. Bu nitelikler arasında fiziksel safiyet, belirli oranda hastalık ve zararlılara dayanım gösterebilen güçlü fide oluşturabilme yeteneği, olumsuz koşullara dayanıklılık, kültürel işlemlere (özellikle sulama, gübreleme) olumlu yanıt verme, (üniform) büyüme ve olgunlaşma gibi birçok özellik sayılabilir. Kaliteli tohum, iyi bir çimlenme, birörnek, hızlı çıkış ve gücüne sahip tohum demektir. Tohum kalitesi üzerinde ana bitkinin sağlığından, döllenme, olgunlaşma ve hasadından tekrar ekilinceye kadarki süreçteki her şey etkilidir. Bunlar arasında genotip, tohum gelişimi sırasındaki çevresel koşullar, ana bitki üzerinde tohumun bulunduğu pozisyon, hasat zamanı ve tekniği, kurutma, depolama koşulları, paketleme ve taşıma faktörleri bulunur. Yüksek kaliteli tohumlar, generatif

safiyetin korunduğu, iyi yetiştirme koşullarının sağlandığı, hasat yöntem ve zamanının doğru seçildiği, hasat, temizleme ve kurutma işleminde tüm tohum işleme esaslarına uyulduğu ve doğru tohum depolama ve dağıtım sisteminin sağlandığı uygulamalarla elde edilir. Diğer girdilerle birlikte ele alındığında, kaliteli tohumun üretime doğrudan katkısı yaklaşık %25'leri bulmaktadır (Sendekie, 2020). Tohumun tarla çıkışı yanında, kısa sürede, çok sayıda, birörnek ve dikime uygun fide üretiminin esas olduğu ticari sebze fidesi üretiminde anılanların hepsi doğrudan tohum kalitesi ile ilgilidir. Fide üretiminde tohum kalitesinin düşük olması, şaşkırtma, yeniden ekim, zaman ve işgücü kaybı gibi nedenlerle üretim maliyetlerinin artışına ve planlamada güçlüklerle yol açar. Modern bitki ıslah yöntemleri, biyoteknolojik ilerlemeler sonucunda yüksek verimli çeşitlerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Günümüzde üniversiteler, kamu araştırma enstitüleri, tohum şirketleri ve çiftçi örgütlerindeki ıslahçıların çabaları, yüksek verimliliğe sahip, etkin kaynak kullanımını sağlayan, çeşitli biyotik ve abiyotik stres şartlarına dayanıklı ve gıda güvenliği ile global gıda temininde hayatsal önemde kalite özelliklerine sahip çok sayıda yeni ve nitelikleri iyileştirilmiş çeşitleri geliştirmeye dönüktür. Tohum üretimi, basit görsel gözlemlerden, üretim ve pazarlamanın tüm aşamalarında kapsamlı tedbir ve ölçümlerle, teknik beceri ve uzmanlaşmanın gerektiği bir sektör haline gelmiştir. Tohumda kalite sistemi, çiftçilere yüksek kaliteli tohum sağlamanın yanın da tohum endüstrisinin ve ulusal ekonominin gelişimini de teşvik eder.

Bir çeşidin potansiyel olarak gerçekleştirilebilir verimini artırmak için, yüksek kaliteli tohumunun gerekli miktarının üretimi ve dağıtımı kritik bir önem taşır. Bu, tohum biyolojisini oluşturan süreçlerin, oluşumundan ölümüne kadar kapsamlı bir şekilde anlaşılmasına; tozlaşma davranışına ve genetik olarak saf tohumluk üretimine, çeşit saflığının korunmasına, uygun kalite değerlendirme prosedürlerine, çeşit geliştirme teknolojilerine ve bir kalite güvence sistemine bağlıdır (Tony ve ark., 2002). İklim değişikliği gibi üretimi kestirilemez ya da tehdit eder hale getiren gelişmeler nedeniyle günümüzde sürdürülebilir üretim ve gıda güvenliğini sağlamak için, her ölçekteki üretimde, tohumda kaliteye önemli bir agronomik özellik olarak bakılmalıdır.

1.1. Fiziksel Kalite

Tohum kalitesini belirleyen en önemli unsurlardan biridir ve bir tohum partisindeki (lot) saf tohum oranını ifade eder. Fiziksel kalitesi iyi olan tohumlar, birörnek üniform irilikte, ağırlıkta ve renkte olmalı, arzu edilmeyen taş, toprak, bitki, meyve kalıntısı, diğer ürün tohumları, yabancı ot tohumları ve yabancı maddelerden arındırılmış olmalıdır. Çürük, hastalıklı, tohum rengi bozulmuş, boş, zararlanmış tohumlar içermemelidir. Fiziksel kalite parametrelerinin birçoğu görsel olarak tespit edilebilir. Kaliteli tohum, aynı türün diğer ayırt edilebilir tohumlarından da arındırılmış olmalıdır. Fiziksel olarak istenilen kalitede ve standartta olmayan tohumun genetik safiyeti ve fizyolojik kalitesinin yüksek olması anlamlı değildir. Bu çerçevede tohum temizlemenin özel bir önemi vardır. Sağlık, standartların korunması için tarlanın ve tohumun kontrolü ile uygun tohum işleme yöntemlerinin kullanımı ile sağlanabilir. Bu nedenle tohum morfolojisinin bilinmesi ve yeni üretim alanlarına istenmeyen taşınma yollarından birinin tarımsal tohumlar olması nedeniyle yabancı otların tanımlanması önemlidir.

1.2. Genetik Safiyet

Bir çeşit, herhangi bir özellik bakımından açıkça ayırt edilebilir ve generatif ya da vejetatif çoğaltıldığında özelliklerinin aynı kaldığı bitki topluluğunu ifade eder. Çeşit saflığı, türe özgü atıfta bulunulan temel kalite gereksinimidir ve belirli bir çeşidin saf bitki popülasyonunun eldesinde önemlidir. Bir çeşidin tohumlarından üretilen bitkiler aynı karakterleri gösterirler ve karakterler generasyonlar boyunca korunur. Tohum üretim aşamasında, gelişmedeki değişimler (varyasyon), mekanik karışım, kontrolsüz ve istenmeyen melezlemeler nedeniyle ortaya çıkar ve birörnek üniform olmayan olgunluğa, düşük verime, hastalık ve zararlılara duyarlılığa ve belirli çevre şartlarına adaptasyonda yetersizliğe sebep olabilir (Sendekie, 2020). Sebze tohumu üretiminde ilk hedef, genetik saflığı yüksek tohumların elde edilmesidir. Tohumun başlangıçtaki genetik saflığı yeterli izolasyonun olmadığı durumlarda 1 veya 2 generasyon sonra bozulur ve uzun yıllar yürütülen saflaştırma çalışmaları da boşa gitmiş olur (Yanmaz, 2014). Genetik saflıktaki bozulma yabancı tozlanan türlerde daha belirgindir. Bu durum saflık kontrolünü sağlayan morfolojik, moleküler, kimyasal tekniklerin kullanımı ve ekim nöbeti, izolasyon mesafesi, tarla kontrolleri vb. ile en aza indirilebilir.

Tüm kalite parametreleri için, ulusal ve uluslararası belirli standartlar vardır ve bu standartlar bir ülkeden diğerine bir dereceye kadar değişebilir. Bununla birlikte uluslararası standartlarda belirtilen tohum sınıfındaki tohum kaynağına ilişkin gerekliliklere ve kurallara uyulması, belirtilen aşamalarda tarla denetimlerinin yapılması, üretim ve işleme sırasında tarla ve tohum standartlarının karşılanması, kontrol sonrası testler ve laboratuvar testlerinin nasıl yapılacağı belirtilmiştir.

1.3. Fizyolojik Kalite

Fizyolojik kalite, tohumun gerçek ekim değerini belirler. Tohumun fizyolojik kalitesi; tohumun çimlenme kapasitesini, canlılık düzeyini, farklı yetiştirme koşullarında tarlada çimlenme ve iyi bir bitki oluşturma potansiyelini belirleyen gücünü ve dinlenme (dormansi) ile ilişkili olarak tüm hayatsal fonksiyonlarını ifade etme kapasitesi olarak tanımlanır (Costa ve ark., 2021; Sundareswaran ve ark., 2023). Tohum çimlenmesi, arzu edilen bitki popülasyonunu sağlayacak nitelikte olmalıdır. Canlılık, bir tohumun çimlenebilme ve normal bitki oluşturabilme kapasitesidir. Tohumun depoda canlı kalabilme ve uygun koşullarda çimlenme kabiliyeti onun genetik özelliği ile belirlenir ve dış faktörler tarafından da düzenlenir. Tohum olgunluğunda en yüksek seviyede olan çimlenme ve gücü, canlılık tamamen sonlanıncaya kadar kademeli olarak azalış gösterir. Genel olarak yağlı tohumlarda özellikle optimum koşullarda depolanmazlar ise canlılık kaybı hızlıdır. Fizyolojik yapıları nedeniyle bir tohum partisindeki (lotundaki) tohumların bir kısmı sağlam ve normal fide üretme kapasitesinde iken bazı tohumlar anormal ve zayıf fideler oluşturabilir, hatta bir kısmı fide oluşturamayabilir. Bazı türlerde, dormansi nedeniyle çimlenme olmayabilir. Bu nedenle bir tohum lotunda çimlenme testlerinin yürütülmesi ile uygun koşullarda sağlıklı ve normal fide üretme kabiliyetinin değerlendirilmesi önemlidir. Çimlenme testleri, optimum nem, sıcaklık ve ışığın sağlandığı ISTA ve diğer yasal prosedürler takip edilerek laboratuvar şartlarında tanımlanan bir sürede yürütülür. Çimlenme testleri tohumda kalite güvencesi için önemli zorunluluklardan biridir.

Tohum ticareti için tohum canlılığı ile ilgili olarak standart çimlenme testi yeterlidir. Ancak optimum koşullarda yürütülen testte çimlenmenin görüldüğü tohum, tarla ya da fide yetiştirme ortamında aynı sonucu

vermeyebilir. Ekimdeki toprak ve iklim koşulları, laboratuvaradaki çimlenme ortamından oldukça farklıdır. Laboratuvar şartlarında elde edilen çimlenme skorlarına birçok biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin olduğu tarla koşullarında ulaşmak mümkün değildir. Dolayısıyla ekim öncesi tohumun ekim ortamındaki davranışı konusunda bilgi sahibi olmamızı sağlayan, tohum gücünün değerlendirilmesi ve bu amaçla standart ve güvenilebilir bir güç testinin yapılmış olması gerekir. Tohum gücü, ayrıca çıkış hızı, çıkıştaki birörneklik ve hasat sonrası tohumun depolanabilirliği konusunda da önemli bilgiler sağlar. Çimlenme gücü düşük tohumlar biyotik ve abiyotik strese daha duyarlıdır ve optimumun üzerindeki şartlar altında ya da değişken büyüme ortamlarında hayatta kalma şansı düşük cılız fideler meydana getirir (Finch-Savage ve Bassel, 2016). Başlangıçtaki büyümesi kötü ve düzensiz olan bitkilerde daha az kuru madde, yaprak alanı, yavaş gelişim ve düşük verim görülür (Costa ve ark., 2021). Bu yüzden, tohum gücü testleri, özellikle uygun olmayan ya da değişken yetiştirme koşullarının olduğu durumlarda önemlidir. Sebzeler ve tüm ürünler için en az 1 güvenilir güç testin standardize edileceği ve rutin test olarak kullanılır hale geleceği beklenmektedir.

2. SEBZECİLİKTE TOHUM ÜRETİMİNİ ETKİLEYEN EKOLOJİK UNSURLAR

Sebze tohum üretiminde, yetiştirilecek türün istediği çevre koşullarına sahip yerlerin seçiminde çevre koşullarının iyi değerlendirilmesi önemlidir. Sebze tohumculuğu yapılacak yerin seçiminde, tüketim amaçlı yetiştiriciliğe göre daha fazla özen gösterilmelidir. Yani sebze yetiştiriciliği için uygun koşullara sahip bir yer tohumculuk için uygun olmayabilir. Örneğin ülkemizde Doğu ve Orta Karadeniz Bölgesi kıyı kesimleri, sebzecilik yönünden uygun ekolojik koşullara sahipken tohumculuk açısından yüksek nem nedeniyle çok uygun değildir. Bu nedenle sebze tohumculuğuna başlarken tohum yetiştirilecek yerin ekolojik özellikleri öncelikli olarak değerlendirilir.

2.1. Çevre Faktörleri

2.1.1. İklim

Sebze tohumu üretiminde iklim faktörü olarak sırasıyla sıcaklık, nem, ışık, yağış, rüzgâr ve böcek aktivitesi dikkate alınır.

2.1.1.1. Sıcaklık

Sıcaklık, sebze tohumu üretiminde tohum çimlenmesi, tohumluk bitkilerin büyüme ve gelişmesi ile sebze tohumlarının olgunlaşması aşamasında etkilidir. Her sebze türü yeterli büyüme ve gelişme için optimum sıcaklık, düşük ve yüksek sıcaklık sınırı isteğine sahiptir (Tablo 1).

Tablo 1: Bazı sebze türlerinin yetiştirilmeleri için gerekli sıcaklık sınırları (Maynard ve Hochmuth 2007)

Sebze türü	Sıcaklık (°C)		
	En iyi	En düşük	En yüksek
Kuşkonmaz, ravent	15-20	-1	25
Çikori, sarımsak, pırasa	10-25	7	30
Pancar, bakla, brokoli, Brüksel lahanası, lahana, pazı, siyah turplar, yaprak lahana, kök maydanozu, turp, ıspanak, şalgam	15-18	4	25
Enginar, havuç, karnabahar, kök kereviz, Çin lahanası, başlı çikori, rezene, marul, salata, maydanoz, bezelye, patates	15-20	7	20-25
Fasulye, Lima fasulyesi	15-20	10	25-30
Tatlı mısır, börülce	15-25	10	35
Dikenli kabak, kestane ve bal kabağı, yazlık kabaklar	18-25	10	30-35
Hıyar, kavun	18-25	15	30-35
Tatlı biberler, domates	20-25	18	25-30
Patlıcan, acı biberler, tatlı patates, bamya, karpuz	20-30	18	30-35

Optimum sıcaklık sınırı, bitkinin yaşamı süresince fotosentezin en yüksek düzeyde yapıldığı, ancak solunum ile enerji kaybının en düşük düzeyde olduğu etkin sıcaklık sınırı olarak tanımlanır. Optimumun üzerindeki sıcaklıklar yüksek sıcaklık, altındaki sıcaklıklar ise düşük sıcaklık olarak kabul edilir. Sebze türlerine bağlı olarak en uygun sıcaklık sınırı sıcak iklim sebze türlerinde 18-35°C, serin iklim sebze türlerinde ise 15-30°C arasındadır (Tablo 1).

Sebze türlerinin birçoğunda çiçek organlarının oluşabilmesi ve çiçeklenme için belirli bir süre düşük sıcaklık gereklidir. Serin iklim sebzelerinin çoğu (lahana, karnabahar, brokoli, turp, şalgam, pancar, havuç, şalgam, maydanoz, ıspanak vb.) çiçeklenmek için vernalizasyona gerek duyar (4-10 °C). Vernalizasyon bitkilerin vejetatif devreden generatif devreye geçiş

için gerek duydukları düşük sıcaklık isteğidir. Ilıman iklim koşullarında yetiştirilen bitkilerin bir kısmı soğuklama isteklerini tarla koşullarında karşılayabilirler (Cormick ve ark., 2014). Bazı türlerde ise bu istek fide devresinde, bazılarında da (lahana, turp, havuç) tohumluk bitki veya köklerin kış aylarında depolanmaları sırasında karşılanabilir (Yanmaz, 2021). Tohum üretimi yönünden iki yıllık sebze olarak kabul edilen serin iklim sebzelerinden birçoğu (havuç, kereviz, soğan) ilk yılda gelişmenin erken dönemlerinde düşük sıcaklığa maruz kaldıklarında erken dönemde çiçeklenebilir. Bu olaya prematüre çiçeklenme (erkekleşme) adı verilir ve bu tip bitkilerin tohumluk bitkiler arasından temizlenmesi gerekir. Çiçeklenme döneminde, optimumun üzerindeki sıcaklıklar da erken çiçeklenmeye neden olur. Serin iklim sebzeleri çiçeklenmek için düşük sıcaklık isteseler de çiçeklenmeden sonra dölleme, tohum tutumu ve olgunlaşma sırasında daha yüksek sıcaklık isterler (15-25°C).

Çiçeklenme ve dölleme için gerekli optimum sıcaklık derecesi sebze türlerine göre değişmekle birlikte 15-25°C arasındadır. Bu sıcaklıkların altındaki sıcaklıklar, döllemeyi olumsuz yönde etkiler (Maynard ve Hochmut 2007).

Çiçeklenme ve dölleme dönemindeki yüksek sıcaklık, bitki metabolizmasının bazı olaylarını hızlandırır (organ gelişimi, solunum, olgunlaşma, yaşlanma vb.). Morfolojik olarak da anterlerin ve dişiçik tepesinin kurummasına, polenlerin farklı düzeyde olgunlaşmasına, dişi ve erkek organlar arasında olgunlaşma farklılıklarına bağlı olarak çiçek tomurcuğu, çiçek, genç meyve ve bakla dökümüne neden olur. Bu da tohum verim ve kalitesinin düşmesi ile sonuçlanır. Örneğin domates ve biberlerde yetersiz dölleme nedeniyle çiçek dökümü, tohumuz meyve oluşumu (partenokarpi); baklagillerde ise yüksek oranda sert tohum oluşumu görülür. Pek çok sebze türü dölleme öncesi ve sonrası sıcaklık stresine (optimumun üzerindeki veya altındaki sıcaklıklar) duyarlıdır. Sıcaklık stresinin süresine bağlı olarak önemli tohum verim ve kalite kayıpları ortaya çıkar. Sıcaklık artışı tohum sayısını, tohumun büyüme hızını artırır. Tohum olgunlaşma süresini ve bazen tohum kütlelerinin azalmasına neden olur. Yüksek sıcaklık bitki tarafından üretilen CO₂ miktarını artırarak veya azaltarak tohum verim kaybına veya artışına da neden olabilir.

Havuçta (*Daucus carota* L.) yapılan bir araştırmada sıcaklık artışı vejetatif büyümeyi artırmıştır. Düşük sıcaklıklarda (11-12°C) yüksek CO₂

uygulaması havuçlarda çiçeklenme üzerinde etkili olmazken, yüksek sıcaklıklarda 25°C ve üzeri) vejetatif biyokütle ağırlığı iki katı artış göstermiştir (Hampton ve ark., 2016). Buna karşılık turpta (*R. raphanistrum*), yüksek CO₂ çiçek ve tohum üretimini artırırken tohum sayısını azaltmıştır (Case ve ark., 1998; Godwin ve ark., 2023).

Tohumların olgunlaşması sırasında sıcaklığın yüksek olması istenir. Bununla birlikte, bu dönemdeki aşırı yüksek sıcaklıklar tohumların gerekenden daha kısa sürede ve hızlı olgunlaşmasına neden olur. Bunun sonucunda tohum iriliği azalır. Tohum yeterince irileşemediği için canlılığı da azalır. Tohumların hasada yakın devrelerinde ise sıcak ve kuru havalar çiçek sapları ve meyvelerin daha kolay kurumasına yardımcı olduğu için istenir.

Sıcaklığın bir diğer etkisi tozlayıcı böcekler üzerinedir. Tozlayıcılar sebze tohum üretiminin vazgeçilmezidir. Çünkü tozlaşma olmadan tohum elde etmek mümkün değildir. Özellikle bu durum yabancı tozlanan sebze türleri için çok önemlidir. 24-35°C arasındaki sıcaklıklar böcek aktivitesi yönünden uygundur (Anonim, 2020). 20°C'nin altındaki ve 35°C'nin üzerindeki sıcaklıklar, yağmurlu havalar ve şiddetli rüzgârların olduğu durumlarda tozlayıcılar çalışmaz. Dolayısıyla tohum verim ve kalitesi düşer.

2.1.1.2. Işık

Işık sebze tohumculuğu yönünden önemli çevre faktörlerinden biridir. Gerek sebze yetiştiriciliği gerekse sebze tohumculuğunda ışık kaynağı, ışık yoğunluğu ve gün uzunluğu önemlidir. Işık yoğunluğu bulunan yerin enlem ve boylam derecesine, deniz seviyesinden yüksekliğine ve mevsime göre değişir. Bitkinin ışıktan yararlanmasında yetiştirme sistemi ve bitkiler arasında bırakılan aralıklar da etkilidir.

Bitkiler ışık istekleri yönünden farklılık gösterir. Sebze türleri tohum üretimi açısından düşünüldüğünde çoğunlukla ışık yoğunluğunun fazla olmasını isterler. Tohumculuk yapılacak alanların seçiminde günlük olarak en az %50-80 oranında güneş alan yerler tercih edilmelidir.

Sebze yetiştiriciliği ve tohum üretimi yönünden ışık faktörü fotosentezin artırılması, dolayısıyla sağlıklı bitki gelişimi ve gün uzunluğuna bağlı olarak çiçeklenmenin uyarılması açısından değerlendirilir.

Sebze türleri gün uzunluğu isteklerine göre uzun gün, nötr gün ve kısa gün bitkileri olarak 3 gruba ayrılır. Sebze türlerinin çoğunluğu çiçeklenebilmek için uzun günleri tercih eder. Serin iklimden hoşlanan sebze türlerinde tohumluk bitkilerin elde edilmesi için kısa günler tercih edilirken, tohum üretiminde gün uzunluğu çiçeklenmeyi uyarıcı etkiye sahiptir. Dolayısıyla uzun günlerde çiçeklenme daha erken sürede meydana gelir. Bu arada ışığın etkisinin sıcaklıktan ayrı düşünülmemesi gerekir. Yüksek sıcaklıklar ve uzun gün koşulları çiçeklenmeyi uyarıcı, dolayısıyla tohum oluşumunu artırıcı etkiye sahiptir. Kabak bitkileri genel olarak nötr gün bitkisi olarak bilinmektedir. Ancak yapılan bazı çalışmalarda ışığın sıcaklıkla birlikte çiçek oluşumunu etkileyebildiği bildirilmiştir. Nitsch ve ark. (1952), uzun gün ve yüksek sıcaklıkta erkek çiçek oluşumu, kısa gün ve düşük sıcaklıklarda ise dişi çiçek oluşumunun artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Yine kabaklarda yüksek sıcaklığın dişi çiçek oluşumunu geciktirdiği ve toplam dişi çiçek sayısını düşürdüğü bildirilmiştir (Wien ve ark., 2004).

2.1.1.3. Yağış ve Oransal Nem

Genel olarak sebze türlerinin tohum üretimi için orta derecede yağış alan ve özellikle çiçeklenme, tohum bağlama ve hasat döneminde yağış ve nemin az olduğu yerler tercih edilmelidir. Başarılı bir tohumculuk için seçilecek ekolojide yağış çoğunlukla yağmur şeklinde düşmeli, bitkinin gereksinimi için yeterli düzeyde olmalı, yağışın yeterli olmadığı yerlerde sulama olanaklarının yeterli düzeyde bulunması gereklidir. Fazla yağış alan bölgelerde kuru ve ılıman dönemler tohum üretimi için seçilebilir. Tohum üretim programı, vejetatif gelişmenin yağışlı zamana, çiçeklenme, tohum olgunlaşması ve hasat dönemi kurak döneme gelecek şekilde ayarlanabilir. Ancak risk almamak amacıyla fazla yağış alan bölgeler mümkünse tercih edilmemelidir. Örneğin kıyı bölgelerini açıkta sebze tohumculuğu için tercih etmemek gerekir. Buna karşılık iç bölgeler sebze tohumculuğu için daha uygundur.

Fazla yağış özellikle çiçeklenme ve tozlaşma döneminde bitkilere mekanik olarak zarar verir. Dalların kırılmasının yanında hasat dönemindeki yağışlar tohum kayıplarını da artırır. Çiçeklenme dönemindeki yağışlar dişik tepesinin ve dolayısıyla çiçek tozlarının yağışlarla yıkanmasına neden olur. Bu da meyve ve tohum tutum oranını düşürür. Bazı türlerde ve özellikle lahana

grubu sebzelerde çiçeklenme dönemindeki aşırı yağışlar çiçek tozu anormalliklerine neden olabilir.

Fazla yağış ve nem, tohum bağlama ve olgunlaşması sırasında da etkili olur. Bu dönemdeki yağışlar hastalık etmenlerinin yayılmasının yanında, tohumun hasadını zorlaştırır. Tohumluk bitkilerin kritik dönemlerinde hava oransal neminin %50-60 civarında olması gerekir. İyi kurumayan veya kurutulmayan tohumların canlılık oranları düşer. Bu tohumların depolama ömürleri de kısılır (Yanmaz, 2021).

2.1.1.4. Rüzgâr

Sebze tohumu üretimi için genellikle hafif esen rüzgârlara (2-4 m/s) sahip yerler tercih edilmelidir. Çiçeklenme döneminde hafif esen rüzgârlar, rüzgârla tozlanan sebze türlerinde tozlaşma ve döllenmeye yardımcı olarak tohum verimini artırır. Ayrıca tohumun olgunlaşma döneminde esen hafif rüzgârlar ise tohumların bitki üzerinde kurummasına yardımcı olur ve tohum kalitesinin artmasını sağlar. Buna karşılık şiddetli rüzgârlar, bitki ve topraktan su kaybını artırır, tozlaşmayı yapan böceklerin aktivitesini engeller, rüzgârla çiçek tozları uzun mesafelere taşındığı için döllenme olumsuz yönde etkilenir ve olgunlaşma sırasında sallanma nedeniyle tohum kayıplarının artmasına neden olur. Bu nedenle tohumculuk yaparken rüzgârdan korunmuş alanlar tercih edilmeli, rüzgârlı yerlerde rüzgâr kıran kullanılması gerekir. Tohumluk bitkilerin yetiştirildiği yerlerde yükseklikleri gittikçe artan bitkiler de rüzgâr kıran olarak yetiştirilebilir.

2.1.2. Toprak

Sebze tohumculuğunda toprak hem tohumluk ana bitkilerin yetiştiriciliği, hem de seçilen tohumluk bitkilerin dikimi ve tohum üretimi aşamasında önemlidir. Her iki aşamada da mekanik olarak dayanıklı, su tutma kapasitesi yüksek, geçirgen, hafif bünyeli ve havadar topraklar gereklidir. Toprak seçimi yapılırken toprak pH'sının 6,5-7,5 arasında olması besin maddelerinin kökler tarafından alınabilmesi açısından önemlidir.

3. SEBZE TOHURLUK ÜRETİMİNİ ETKİLEYEN AGRONOMİK UNSURLAR

3.1. Yer Seçimi

Sebze tohumu üretilecek tarım alanının seçiminde aşağıda belirtilen özelliklerin dikkate alınması gereklidir.

- Tohum üretimi için serin ve kuru havaların hâkim olduğu yerler tercih edilir. Yetiştirilecek türe özgü sıcaklık ve nemin özellikle çiçeklenme, meyve tutumu, tohum tutumu ve hasat dönemi yüksek olduğu yerlerden kaçınılmalıdır.
- Sebze tohum üretiminde kaliteli ve yüksek verimli tohum elde etmek için ilk koşul tohumluk olarak kullanılacak ana bitkilerin sağlıklı olarak yetiştirilmesidir. Sıcak iklim sebze türlerinin yetiştiriciliği için uygun olan alanlar, tohum üretimi için de uygundur. Serin iklim sebze türlerinde ise ana bitkilerin yetiştiriciliği ile tohumların yetiştiriciliğinin yapılacağı alanların iklimi birbirinden farklı olabilir. Yer olarak kıyı kuşaklarından, bataklık yerlerden ve şiddetli rüzgârlı alanlardan kaçınmak gerekir (Kumar ve ark., 2020).
- Sebze tohumculuğu yapılacak yer seçiminde özellikle çiçeklenme döneminde tozlayıcı böcek faaliyeti olan yerler seçilmeli veya tozlayıcı böcek kolonileri bahçelere bırakılmalıdır.
- Seçilecek alan incelenirken, yetiştirilecek türe özgü hastalık ve zararlılardan arı olmasına özen gösterilmelidir.
- Üretim alanı yabancı otlardan ve üretimi yapılacak kültür bitkisinin dışındaki bitkilerden arındırılmış olmalıdır. Böylece tohum üretimi sırasında kültür bitkisi ile olabilecek yabancı tozlaşma engellendiği gibi, besin maddelerine ortak olma sorunu da ortadan kalkmış olur.
- Tohum üretimi için kültür sebzeciliği yapılacak alanlardan uzak alanlar tercih edilmelidir. Böylece kültür sebzeleri ile tohumu yetiştirilen türler arasındaki yabancı tozlaşma engellenir ve genetik saflığı yüksek, adına doğru tohum üretimi sağlanmış olur. Sebze tohumu üretiminde yabancı tozlaşmanın engellenmesi tohumun genetik saflığı açısından önemlidir. Bu amaçla seçilen alanın tohumluk bitkiler arasında yeterli izolasyon mesafesinin verilmesine uygun olması gerekir.

- Tohum üretimi, işçiliğin yoğun olarak kullanıldığı bir iş koludur. Bu amaçla seçilecek yerin vasıflı işgücünün bulunabileceği, tohum hasadı sonrası temizleme, kurutma, paketleme işlemlerinin yapıldığı tohumluk işleme tesislerine yakın yerler olmasına özen gösterilmelidir.

3.2. Çeşit Özelliği

Sebze tohum üretiminde ekolojiye uygun, verim düzeyi yüksek çeşitlerin kullanımı, kaliteli tohum üretimine büyük katkı sağlamaktadır. Yeni bir çeşit geliştirilirken öncelik, doğal olarak uyum gücüne (adaptasyon) verilir. Bunu, verim gücü ve verimi etkileyen ögeler, tohum kalitesi, stres koşullarına dayanım ya da tolerans vb. faktörler izler. Bu faktörlerde öncelik sıralaması, pazarın veya üreticinin isteğine ya da çevre koşullarına göre değişir. Bir çeşit üretilmesi için geliştirildiği ekoloji içinde farklı tarım kültürü veya alışkanlıkları olan yerlerde ekilir ve geliştirildiği koşullardan farklı uygulamalarla karşılaşırse vereceği tepki, sahip olduğu potansiyeli gösterememek hatta öncekilerden daha kötü sonuç vermek olabilmektedir. Çok karşılaşılan bu durum sonucu, o çeşit, o yörede uzun yıllar bir daha ekilmeyeceği gibi çevrede de hemen olumsuz bir izlenim yayılabilmekte ve çeşitin çok iyi sonuç vereceği alanlarda bile üretime alınmayabilmektedir.

3.3. Tozlaşma Durumu

Meyvesi yenilen sebze türlerinde hem meyve verimi hem de tohum verimi açısından, yaprak, kök ve başları tüketilen sebze türlerinde ise tohum üretimi yapabilmek için tozlaşma ve döllenme önemlidir. Meyve tutumu için tozlaşmaya yardımcı olacak çiçek tozu ve döllenecek dişi organı taşıyan bir çiçek olmalıdır. Sebze türlerinin önemli bir çoğunluğu yabancı tozlanır. Kendine tozlanan sebze türleri herhangi bir tozlayıcıya gerek duymadan kendi çiçek tozları ile tozlanıp döllenebilirlerse de yabancı tozlanan sebze türlerinde çiçek tozunun bir tozlayıcı yoluyla dişik tepesine taşınması gerekir. Çiçekleri gösterişli sebze türlerinde tozlayıcı görevini %80-90 oranında arılar üstlenir. Çiçekleri daha az gösterişli olanlarda da o türe özgü böcek ve sinekler tozlaşmada rol alır. Çiçekleri böcekler için cezbedici olmayan sebze türleri ise çoğunlukla rüzgârla veya türe özgü böceklerle tozlanır (Yanmaz, 2021).

Herhangi bir sebze türüne ait çeşitler çoğunlukla kendi aralarında tozlaşabilir. Bunun anlamı, bir sebze türünde farklı çeşitlerin tohum üretimi yapılırken yeterli izolasyon mesafesi bırakılmasının gerektiğidir. Bunun yanında aynı familyaya giren diğer türler arasında da karşılıklı tozlaşma olabilir. Tablo 2’de sebze türlerine göre türler arası tozlaşma şansı olanlar verilmiştir. Tablo 2’deki bilgilerden yararlanarak tohum üretimi yapılacak türün tohum üretim parsellerinin karşılıklı tozlaşmaya girecek bitkilerden uzak olacak şekilde planlamasını yapılabilir.

Sebze türlerinde yabancı tozlaşma oranı türlere göre farklılıklar gösterir. Örneğin domates, biber, marul, fasulye bezelye bakla ve börülcede düşükken soğan, pırasa, lahanagiller, havuç, kereviz, maydanoz, pırasa, tere, turp, şalgamda %35-60 arasında, kabakgil türlerinde, kuşkonmaz, mısır ve ıspanakta %100’e yakındır (Yanmaz, 2014). Bir türün yabancı tozlaşma oranının yüksek veya düşük olması, o türün çiçeklenme biyolojisi ile yakından ilişkilidir. Çiçeklenme biyolojisi olarak o türün çiçek tipi, çiçek cinsiyeti, çiçeklenme zamanı, çiçeklenme süresi ve türün tozlaşma şekli dikkate alınmalıdır. Yabancı tozlaşmanın nasıl önleneceğine karar verebilmek için tohum üretimi yapılacak sebze türlerinin tozlaşma mekanizmasının bilinmesi gerekir.

Tablo 2: Sebze türlerinde türler arası tozlaşma şansı (Yanmaz, 2014).

Sebze Türü	Yabancı Tozlandığı Türler
Kuşkonmaz	Yabani kuşkonmaz
Fasulyeler	Kendine tozlaşma, çok az oranda diğer fasulyelerle yabancı tozlaşma
Bezelye	Kendine tozlaşma
Pancar	Pancar türleri, pazı, ıspanak
Brokoli	Karnabahar, lahanası, yaprak lahanası, Brüksel lahanası, alabaş
Brüksel lahanası	Karnabahar, lahanası, yaprak lahanası, alabaş, brokoli
Lahana	Karnabahar, yaprak lahanası, Brüksel lahanası, alabaş, brokoli
Karnabahar	Lahana, yaprak lahanası, Brüksel lahanası, alabaş, brokoli
Şalgam	Yabani şalgam
Turp	Yabani turp, yabani hardal, yabani şalgam
Havuç	Yabani havuç ve <i>D. carota</i> ’ya giren tüm türler
Maydanoz	Yabani maydanoz, kök maydanozu, havuç
Mısır	Tatlı mısır, patlamış mısır, süs mısırları, yabani mısır
Kabak	Kabak türleri (kışlık kabaklar)
Kavunlar	<i>Cucumis melo</i> ’ya giren kavun türler
Biber	Biber türleri
Domates	Kendine tozlanır
Patlıcan	Patlıcan türleri

3.3.1. Kendiyle Tozlaşan Sebze Türleri

Sebze türleri tozlaşma şekillerine göre 2 grup altında toplanır. Bu türlerde doğal yabancı tozlaşma oranı, %4-5'e çıkabilir. Kendiyle tozlaşan bitki türlerinde 2 tip tozlaşma şekline rastlanır.

- **Doğal olarak kendine tozlaşma:** Bu gruba giren türlerde tozlaşma herhangi bir yardıma gerek duyulmadan çoğunlukla çiçek açmadan önce çiçek tozunun dişiçik tepesine ulaşması ile olur (fasulye, bezelye).
- **Kendine tozlaşanlar:** Bu gruba giren türlerde normal koşullarda kendine tozlaşma meydana gelse de dolaylı olarak bir aracının (arı, böcek) olması meyve ve tohum tutumunu artırıcı etkide bulunur (fasulye, börülce, bazı patates çeşitleri).

Bir bitki türünün kendine veya yabancı tozlaşması çiçek yapısı ile ilişkilidir. Kendiyle tozlaşan bitkilerin çiçeklerindeki bazı yapısal özellikler yabancı döllenmenin meydana gelmesine neden olur. Bu özellikleri şöyle sıralayabiliriz:

- Çiçeklerin döllenmeden sonra açılması
- Çiçek tozlarının çiçek açılmadan önce dişiçik tepesi üzerine gelmesi (fasulye)
- Dişi ve erkek organların çiçek yaprakları tarafından sarılı şekilde olması ve tozlaşma sonrası açılması (fasulye, bezelye, bakla, börülce)
- Dişi organı saran anterlerin olgunlaştıktan sonra iç kısımdan patlaması ve dişi organın çiçek açılmadan kısa bir süre önce erkek organların oluşturduğu tüp içinde uzarken tozlaşması (domates)

3.3.2. Yabancı Tozlaşan Bitkiler

Sebze türlerinin önemli bir bölümünde yabancı tozlaşma yaygındır. Yabancı tozlaşma oranı türlere göre farklılık gösterir. Yabancı tozlaşan bitkilerin de çiçek yapılarındaki farklılıklar yabancı tozlaşma oranının az veya yüksek olmasında etkilidir. Bu farklılıklar aşağıda belirtilmiştir.

- Çiçeklerde erkek ve dişi organ boylarının farklı olması (lahana grubu sebzeler).
- Çiçek tozları ve dişiçik tepesinin farklı zamanlarda olgunlaşması. Bu durum lahana grubu sebzeler ile maydanogziller familyasında

yaygındır. Çiçek tozları dişi organdan önce olgunlaşırsa bu olaya Protandri, dişiçik tepesinin erken dölleme olgunluğuna gelmesine ise Protogeni adı verilir. İlki havuçlarda, diğeri lahanalarda yaygındır.

- Kendine kısırlık ya da uyuşmazlık bulunması (havuç, soğan, lahanagiller)
- Bitkilerin tek ya da çift evcikli olması durumu. Kabakgillerde erkek ve dişi çiçekler aynı bitki üzerinde ancak farklı yerlerde bulunabilir. Bazı türlerde de erkek ve dişi çiçekler ayrı bitkilerde bulunur (kuşkonmaz, ıspanak).

3.4. İzolasyon Yöntemleri

İzolasyon işlemi, sebze tohumculuğunda tohumun genetik kalitesinin korunmasında dikkate alınması gereken en önemli faktörlerden biridir. Saf tohum üretimi amacıyla tohumu üretilen bitkileri yetiştirme mevsimi süresince çiçek tozu bulaşma kaynaklarından ayrı tutma işlemine izolasyon denir. Saf tohum üretiminde, doğal olarak yabancı tozlaşan bitkiler arasında doğal tozlaşmayı ve hasat sırasındaki mekanik karışmayı önlemek önemli bir konudur. İzolasyon, aynı zamanda sebze tohum üretiminde hastalıkların yayılmasını önlemek açısından da önemlidir.

Bu nedenle sebze tohum üreticileri ürettikleri tohumun çiçek biyolojisini bilmeli ve koşullarına göre en uygun izolasyon yöntemini kullanmalıdır.

Yabancı tozlaşan erselik sebze türlerinde yabancı tozlaşma oranı, %10-95 arasında değişiklik gösterir. Tek ve çift evcikli türlerde yabancı tozlaşma oranı %100'e yakındır.

Yabancı tozlaşmayı engellemek için 3 farklı izolasyon yöntemi kullanılır.

- **Mesafe İzolasyonu:** Ticari tohum üretiminde mesafe izolasyonu ile yabancı tozlaşmayı engellemek mümkündür. Mesafe izolasyonu, üretimi yapılacak herhangi bir sebze türünde çeşitler arasında bırakılan mesafeyle yapılır. Çeşitler arasında bırakılacak mesafe, sebze tür ve çeşidinin yabancı tozlaşma oranı, tohumluk kademesi ve tozlaşmada görev alan arıların veya böceklerin uçuş mesafesi ile yöredeki rüzgâr hızına göre farklılık gösterir. Bu aralıklar her tür için yapılan araştırmalarla belirlenmiştir. Sebze türlerinde tohumluk

kademeleri esas alınarak belirlenen izolasyon mesafeleri Tablo 3’de görülmektedir (Yanmaz, 2014, Anonim 2024).

Tablo 3: Sebze türlerinde tohumluk sınıflarına göre bırakılması gerekli izolasyon mesafeleri.

Türler	Orijinal Sınıf (m)	Sertifikalı Sınıf (m)
Yabancı polen bozulmaya yol açtığı Beta ve Brassica türlerinde	1000	600
Beta ve Brassica türlerini etkileyen diğer yabancı polen kaynaklarından	500	300
Yabancı polen diğer bütün karşılıklı döllen türlerde bozulmaya neden olduğunda	500	300
Diğer bütün karşılıklı dölenen türleri etkileyen başka yabancı polen kaynaklarından	300	100

Tohum üretilecek parsellerin rüzgâr esiş yönüne veya böceklerin uçuş yönüne uygun olarak dikine, artarda gelen parsellerin rüzgârın esiş yönüne ters yönde yerleştirilmesi gerekir.

- **Kapalı izolasyon:** Yabancı tozlaşmaya karşı en etkili yöntem kapalı izolasyon yöntemidir. Çiçek, çiçek salkımı, bitki veya bitki grup izolasyonu şeklinde farklı uygulamaları vardır.

Çiçek ve Salkım İzolasyonu

İslah çalışmalarında ve ticari hibrit domates, biber, domates, patlıcan ve kabakgil türleri ile baklagil türlerinin tohum üretiminde kullanılır. Çiçek ve salkım izolasyonunda, çiçek salkımı veya tek çiçekler çoğunlukla kâğıt veya bez keseler içine alınır veya çiçekler teker teker bantla kapatılır (Şekil 2). Kâğıt kese kullanılıyorsa havalanmayı sağlamak için, ince uçlu bir toplu iğne ile delikler açılır. Açılan deliklerin kese içine böcek giremeyecek büyüklükte olması gerekir.



Şekil 2: Domates tek salkım izolasyonu (Fotoğraf: R. Yanmaz)

Bitki ve Bitki Grupları İzolasyonu

Genel olarak ıslah çalışmalarında tek bir bitki izole edilerek tüm çalışmalar bir bitki üzerinde yapılabilir. Bu amaçla çiçeklenmeden önce bitki uygun büyüklükte metal veya tahta çıtalardan hazırlanmış kafeslerin içine alınır ve üzeri tülbent ile örtülür. Kafes olmadığında bitkinin çiçekleri bir torba içine alınabilir (Şekil 3). Kafes üzerine örtülen örtünün toprakla temas eden yerlerinden böcek veya yabancı çiçek tozlarının girişinin önlenmesi gerekir. Döllenmeden belli bir süre sonra kafes veya cibinlikler kaldırılır. Örtü altı veya açıkta hibrit tohum üretiminde bitkiler gruplar halinde sera veya bu amaçla yapılmış izolasyon kabinlerinin içine alınır. Bazı durumlarda bölmelere ayrılmış seralar da kullanılabilir. Bitki gruplarını izole edilerek yapılan izolasyonda, kabinlere veya seraya böcek ve çiçek tozu girişinin önlenmesi gerekir. Bu amaçla kapı ve havalandırma yüzeylerine çok ince tel veya tülbentler gerilir. Tohum üretimi sırasında tozlaşmaya yardımcı olmak amacıyla kabinlerin içine belirli miktar arı veya o türe özgü böcek veya sinek bırakılır.



Şekil 3: Marul bitkilerinde tek bitki izolasyonu (Fotoğraf: Ş. Kökpınar)



Şekil 4: Domateste tek bitki izolasyonu (Fotoğraf: R. Yanmaz)

Zaman İzolasyonu: Özellikle yeterli mesafe izolasyonunun sağlanamadığı durumlarda, zamanlama yoluyla izolasyon yapılabilir. Birbirleriyle tozlaşma şansı olmayan bitkilerin tohumluk bitkileri bir arada yetiştirilebilir. Aynı türde farklı çeşitlerin tohumları da tohumluk bitkilerin farklı zamanlarda çiçeklenmesi sağlanarak üretilebilir. Örneğin farklı gelişme dönemlerinde dikim yapılarak, bir grup bitki çiçeklenirken diğer grup bitkiden tohum alınabilir. Böylece yabancı tozlaşma riski ortadan kaldırılmış olur.

3.5. Yabancı Ot Kontrolü

Sebze tohum üretim alanlarında yetişen yabancı bitkiler, tohumluk bitkiler ile rekabet ederek tohum verim ve kalitesini düşürür. Çoğu zaman tohumun sertifikasyonunu engeller. Bu nedenle başarılı bir yabancı ot kontrolü, ticari sebze tohum üretiminde en etkili unsurlardan birisidir. Başarılı bir yabancı ot kontrolü, tarla seçiminden başlar ve hasat sonuna kadar devam eder. Yabancı otlar kültür bitkisinin tohumları ile karışıp yayılarak sebze tohum kalitesinin düşmesine neden olur. Temiz ve kaliteli tohum kullanmak yabancı ot kontrolü açısından önemlidir. Sıraya yapılan ekim veya dikimlerde ise gelişen yabancı otları çapalama suretiyle araziden uzaklaştırmak daha kolaydır. Günümüzde sebze tohum üretiminde yabancı otlarla mücadelede yabancı ot ilacı (herbisit) kullanımı giderek artmaktadır. Ancak herbisit uygulanmasında tarlada bulunan tüm yabancı otlar ile bölgenin iklim ve toprak özellikleri birlikte göz önünde bulundurulmalıdır.

3.6. Gübreleme

Sebze türlerinde yüksek ve kaliteli tohum verimi için bitkinin ihtiyaç duyduğu besin maddeleri zamanında ve yeterli miktarda toprakta bulundurulmalıdır. Sebze tohumluk üretiminde gübrelemenin şekli, zamanı, miktarı yetiştirilecek sebzenin tür ve çeşiti ile toprağın strüktürüne ve besin durumuna göre farklılık gösterir. Tüketim için yapılan yetiştiricilikten farklı olarak gübreleme toprak analiz sonuçlarına göre tekniğine uygun olarak yapılmalıdır. Tohum üretiminde azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) çok önemli besin elementleridir. Azot sağlıklı bitki gelişimi için ve yüksek tohum verimi için şarttır. Ancak azotun uygulama zamanı önemlidir. Azotun parçalı verilmesi, tek seferde uygulanmasına oranla daha avantajlıdır. Fazla azotlu gübreler, vegetatif gelişmeyi teşvik ederek çiçeklenmeyi geciktirir. Çiçek dökülmesine, tohumun geç ve istenilen kalitede olgunlaşmamasına neden olur.

Fosfor tohum üretiminde meyve tutumu ve tohum gelişimi açısından önemli bir besin elementidir. Özellikle baklagillerde tek başına verildiğinde dahi verim artırıcıdır (Avcıoğlu ve Soya, 2005). Ancak azot ve fosforun ayrı ayrı verilmesi yerine birlikte verilmesi uygundur. Fosfor eksikliği düşük ve yüksek pH aralıklarına sahip asit topraklarda, kireçli topraklarda ve alkali topraklarda meydana gelir. Bu topraklar fosfor içeriği bakımından yetersiz olmakla beraber fosfor gübresini yüksek oranda çözünemeyen formlarda fikseder. Fosfat en fazla 6.0 ila 7.0 pH aralığında bulunur.

Potasyum elementi, özellikle çiçeklenme ile tohumun kalitesi üzerinde etkili besin maddesidir. Potasyum gübrelemesi ekim öncesi yapılmalıdır. Baklagil tohum üretiminde 10 kg/da potasyum yeterlidir (Er ve Başalma, 2014).

Makro besin maddeleri yanında mikro elementler de tohum kalitesini ve tohum verimini etkilemektedir. Sebze tohum üretiminde kalsiyum, kükürt, magnezyum, demir, bakır, çinko, manganez ve molibden gibi elementler de toprak analiz sonuçlarına göre özel durumlarda kullanılmalıdır. Molibdenin de özellikle fasulye ve bezelye yetiştiriciliğinde önemli olduğu bilinmektedir. Fasulye de molibden eksikliğinin yanıklık hastalığına neden olduğu ve bu yönden eksikli topraklarda yetiştirilen fasulye tohumlarında canlılık düştüğü görülmektedir.

3.7. Sulama

Sebze tohum üretiminde sulamanın sebze türüne ve toprak yapısına göre mutlaka ihtiyaç duyulan zamanda ve uygun miktarda yapılması ve özellikle çiçeklenme ve hasat devrelerinde daha kontrollü yapılması büyük bir önem taşımaktadır. Sebze tohum üretiminde bitkilere verilecek sulama suyu miktarı ve sulama sıklığı, toprak yapısına, bitki türüne, yağış miktarı, buharlaşma, sıcaklık vb. birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterir. Tohum ekiminden sonra olumsuz koşullar çimlenmeyi ve tohum sağlığını etkiler. Erken gelişme döneminde aşırı sulama yapılmamalıdır. Gereksiz, gelişigüzel, zamansız ve ihtiyaçtan fazla sulama, vegetatif gelişmeyi teşvik ederek çiçeklenmeyi geciktirir, tohum verimini azaltır. Bu dönemde oluşacak su yetersizliği de olumsuz sonuçlara neden olur. Toprak kuru kalırsa, yeni yapraklar gelişmez ve küçük kalır. Bitkilerde daha sonra sulama yapılsa bile oluşan stres nedeniyle tohum verim ve kalitesinde sorunla karşılaşılır.

Tohum yetiştiriciliğinde genel bir kural olarak sulama çiçeklenme dönemine kadar tamamlanmalıdır (Er ve Başalma, 2014). Çiçek oluşumu ve döllenmesi, polen üretimi nedeniyle su stresine karşı hassastır. Su yetersizliğinde üretilen polenin canlılığında ciddi bir bozulma gözlenir. Tohumluk üretiminde çiçeklenme dönemindeki aşırı yağışlar, çiçek dökülmesine, tohumun geç ve istenilen kalitede olgunlaşmamasına neden olur. Sebze tohum üretiminde genel kural olarak tohum olgunlaşmasından yaklaşık 3-4 hafta önce sulamaya son verilmelidir. Böylece bitkilerde hem yatmalar önlenir ve hem de tohumluk bitkilerde hasat kolaylığı sağlanmış olur.

Tohum üretiminde genellikle hafif yapılı topraklarda az miktarda ancak sık aralıklarla sulama yapılmalıdır. Tohum üretimi için en uygun sulama yöntemleri yüzey ve toprak altı sulamalarıdır. Yağmurlama sulama, bitkinin gelişme döneminde tohumla taşınan hastalıkların artmasına neden olabilir. Ayrıca çiçeklenme zamanında tozlaşmayı engeller. Yine birçok sebze türünde olgunlaşma döneminde tohum dökülmelerine neden olur. Günümüzde damla sulama sistemlerinin kullanımı yaygındır.

Yüzey sulama sistemleri düz bir eğime sahip arazi gerektirir. Düzenli olmayan bir topoğrafya, düzensiz su dağılımına, bitkinin düzensiz şekilde gelişmesine neden olur. Yetersiz yağışları karşılamak ve bitkinin su stresi

yaşamaya engel olmak için kuru bölgelerdeki tohum üretim alanlarında, nitelikli sulama tesislerinin bulunması gerekir.

3.8. Tip Dışı Bitki Oluşumu ve Tarla Kontrolleri

Tohum kaynağının kontrolü ve üretim aşamaları, tohumla çoğaltılan bitkilerin genetiğinin korunması için şarttır. Farklı genotipe sahip bitkiler, daha düşük kalitede tohumla sahip bitki veya yabancı otlarla tozlaşma sonucu bitkinin genetik yapısı bozulabilir. Tohum üretim parsellerinde ortaya çıkan tip dışı bitkiler, tohum üretilen bitkiyle karşılıklı tozlaşmaya girmesi sonucu ortaya çıkan normal bitki popülasyonundan farklı olan, zayıf, hastalıklı ya da kısa veya uzun bitkiler olup tohum stoklarının bozulmasına neden olur (Balkaya, 2023). Bu nedenle çeşide özgü özellikler göstermeyen bitkilerin çiçeklenmeden önce sebze tohum üretimi yapılan üretim alanından uzaklaştırılması gerekir.

Tohumu alınacak sebze türlerinde tarla kontrollerini yapılış zamanı ve kontrollerde dikkate alınan özellikler aşağıda bazı sebze türlerine göre verilmiştir.

- **Fasulye, bezelye, bakla, börülce:** Tarla gözlemleri, çiçeklenme ve meyve hasat döneminde yapılır. Bu gözlemlerde çiçek rengi, yaprak şekli ve rengi, bitki görünümü, bakla şekli, rengi, uzunluğu çeşide özgü olmayan, hastalıklı olan bitkiler ayrılır. Ayrıca olgunlaşmış tohumun rengi de bir çeşit özelliği olduğu için tohumluklar hasat edildikten sonra da tohum rengi, şekli ve iriliği de incelenmelidir.
- **Havuç, kereviz, turp, şalgam, patates, soğan, sarımsak:** Tarla gözlemleri tohum üretim şekline göre değişir. Ancak çoğunlukla kontroller, kök ve soğanların yeniden dikimi sırasında yapılır. Bu dönemde kök şekli, rengi ve kesitinin durumunun çeşit özelliklerine uyup uymadığı incelenir. Ayrıca tohumların ekiminden sonra da çıkışın düzgün olup olmadığı ve çıkış oranının yüksek olup olmadığı kontrol edilir.
- **Salata, marul, lahan, diğer yapraklı sebzeler:** Tarla kontrolleri %50 oranında pazarlanabilir başlar oluştuğunda ve çiçeklenme döneminde yapılır. Bu gözlemlerde yaprak rengi, sapı ve şekli, başı örten yaprakların özelliği ve başı örtme durumu, erken çiçeklenme durumu, baş bağlama oranı, hastalıklı bitkilerin oranı dikkate alınır.
- **Domates, biber, patlıcan:** Gözlemler, çiçeklenmeden sonra ve meyveler hasada geldiği dönemde yapılır. Bu dönemlerde, meyve şekli, iriliği,

rengi, bitkinin meyve verim durumu, gelişmede bir örneklik, hastalıklı bitkiler değerlendirilir.

- **Hıyar, yazlık kabaklar:** Bu türlerde kontroller, meyvenin yeme olumuna geldiği yani meyveler tam olgunlaşmadan yapılır. Gözlemlerde bitkinin görünümü, yaprak şekli ve rengi, çiçek rengi ve şekli, cinsiyet görünümü, meyve şekli, iriliği, rengi, meyve verimi gibi özelliklerin çeşit özelliklerine uyup uymadığı kontrol edilir. Ayrıca hastalıklı bitkilerin sayısı da dikkate alınır.
- **Kavun, karpuz:** Bu türlerde kontroller, meyvenin hasat döneminde yapılır. Kontrollerde bitki gelişimi, görünümü, çiçek tipi, meyve rengi, şekli, bitki başına meyve verimi ve bitkiler arasında olgunlaşma yönünden bir örneklik durumu incelenir. Yine hastalıklı bitkilerin sayısı da belirlenebilir.

3.9. Hastalık ve Zararlılarla Mücadele

Hastalıklar ve zararlılar, hem tohum kalitesi ve hem de tohum verimliliğini olumsuz yönde etkiler. Ayrıca tohumla taşınan hastalıkların yayılmasına neden olur. Sağlıklı ve güvenilir bir sebze tohumu üretimi için öncelikle kullanılan tohumun ilaçlanmış olması büyük bir önem taşır. Ayrıca mücadelede, hastalık ve zararlılara dayanıklı/tolerant çeşitlerin kullanılması etkili bir yöntemdir. Yine kimyasal mücadele de geleneksel tohum üretiminde başvurulmuş diğer bir uygulamadır. Seçilen kimyasalların yabancı döllen bitkilerde ortamda bulunan tozlayıcı böcek yoğunluğunu azaltmayacak nitelikte olması önemlidir. Ayrıca ilaçlamalar böceklerin aktif olmadığı sabahın erken veya akşam saatlerinde uygulanmalıdır. Tohumdan geçen hastalıkların kontrolünde sıcak su da başarı ile kullanılmaktadır. Ancak dikkatli kullanılmaz ise, tohumun çimlenmesini önler.

3.10. Olgunluk Zamanı ve Hasat

Hasat öncesi faktörler arasında tohumun canlılığını etkileyen en önemli kritik unsur, tohumun olgunlaşma dönemi veya başka bir deyişle bitkiden ayrılma zamanıdır. Tohum ancak belirli bir olgunluğa eriştikten sonra bitkiden ayrıldığında canlılığını sürdürebilir. Yapılan araştırmaların bazıları, sebze tohumlarında fizyolojik olgunluğun, kuru maddenin en yüksek düzeye ulaştığı

dönemde maksimum kaliteye ulaştığını göstermesine rağmen, son yapılan çalışmalarda tohumun maksimum kaliteye her zaman kuru maddenin en yüksek düzeye ulaştığı dönemde ulaşamadığını, en yüksek kaliteye fizyolojik olgunluk öncesi dönemde veya sonraki dönemde de ulaşabildiklerini göstermektedir (Demir ve ark., 1994; Demir ve Özçoban, 1996). Fizyolojik olgunluk, tohuma taşınan maksimum kuru madde birikimi ile ilişkilidir (Şeker, 2002). Bu bakımdan tohumun yüksek kaliteye ulaştığı dönemin yani, en uygun hasat zamanının belirlenmesi büyük bir önem taşımaktadır (Demir ve Balkaya, 2005). Bu dönemin belirlenmesi tohum canlılığının yüksek oranlarda olmasının yanında hasatın yapıldığı dönemdeki tohum kayıplarının azaltılması yönünden önem kazanmaktadır.

Hasat olgunluğu, olgun tohumların güvenli bir hasat için yeteri kadar düşük bir nem oranına sahip olduğu zamandır. Karadeniz Bölgesinde farklı illerden toplanan yaprak lahana genotiplerinin tohum üretimi üzerinde yapılan bir araştırmada tohum nem oranları 65.gün sonunda tiplere göre değişmekle birlikte hızlı bir azalış göstererek %9.4-13.1 düzeyine düşmüştür (Demir ve Balkaya, 2005). Tohum nemindeki azalmaya karşın tohumdaki kuru madde miktarı artış göstermiş ve başlangıçta (20. günde) bu artış oranı %17,7-28.8 iken 40. günde bu oranlar %21.1-31.9 ve 60. gün sonunda %38.9-49.1'e ulaşmış ve en yüksek kuru ağırlık artışı 65- 70. günler arasında elde edilmiştir.

Bitkinin veya tohumun görüntüsü hasat zamanını gösterebilir. Tohumluk sebzelerin hasadı meyvenin durumuna bakılarak anlaşılabılır. Domates meyveleri yumuşar ve buruşur, patlıcan meyveleri irileşerek renkleri kahve rengine döner. Hıyar ve kabak meyveleri tamamen irileşir ve gerçek renklerini kaybeder. Literatürde domateste, meyve renginin pembeden kırmızıya değişimi tohum kuru ağırlığının gelişimi ile sağlam korelasyon göstermemekle birlikte, ulaşılan değer tohumun optimal yaşam süresinin %85' inde kaldığı maksimum yaşam süresinin her iki tarafında 10 gün süreyle belirlenmiştir. Aşırı meyvesi bulunan bitkilerin önce pembe ve daha sonra kırmızıya dönen meyvelerin tohumları daha düşük kalitededir (Demir ve Samit, 2001). Benzer şekilde, aynı çalışmada bal kabağı meyvelerinde yeşilden sarı-kahverengiye dönüşen ve kuru saplarıyla değişen "olgun meyveleri", 23 gün önce hasat edilen "olgunlaşmamış" yeşil meyvelerden daha yüksek kaliteli tohumlar elde edilmiştir.

Hasat zamanı ve yöntemleri tohumun ilk kalitesini koruyacak şekilde ayarlanmalıdır. Hasat çok erken yapılırsa, tohum henüz yumuşaktır. Hasat ve kurutma sırasında oluşabilecek zararlara karşı duyarlıdır. Kurutma işlemi sırasında büzülür ve böylece yüksek temizleme kayıpları ortaya çıkar (Yiğit ve ark., 2018). Fasulye, bezelye, bakla, lahana, karnabahar, havuç, turp vb. sebzelerde tohumların içinde bulunduğu baklalar tamamen kurur. Soğan, pırasa, havuç, marul vb. sebzelerde tohumların içinde bulunduğu kapsüller tamamen kurur. Ancak baklaları ve kapsülleri bulunan sebzelerde hasat işlemi geciktiğinde tohumların içinde bulunduğu kapsüller çatlar ve dökülür. Bu nedenle hasat zamanı geciktirilmemelidir.

Tohum ayırma işleminin esası, çeşide özgü istenen tohumlar ile yabancı ot ya da diğer ürünlerin tohumlarının fiziksel özelliklerine göre ayırımına dayanmaktadır (Yiğit ve ark., 2018). Fasulye, bezelye, bakla, börülce, havuç, turp, marul, dereotu, kereviz, maydanoz, bamya, baş lahana, yaprak lahana, karnabahar, brokoli, soğan, pırasa vb. sebze türlerinde tohumlar; bakla, kapsül, siliqua bakla, kömeç ve kapçık içerisinde bulunduğu kuru tohum ayırma yöntemi ile ayrılmaktadır. Tohumların içinde bulunduğu bakla, kapsül, kömeç veya kapçıklar tamamen kuru bir hâlde olduklarından içlerindeki tohumlar mekanik olarak zedelenmeden kolayca ayrılmaktadır. Son yıllarda yukarıda belirtilen sebze türlerinde, tohumluk bitkilerden elde edilen tohumların ayrılmasında hasat harman makinelerinden de yararlanılmaktadır. Sebze türlerinden özellikle kuru meyveli ve kuru çiçek demetli olan türlerde, tohumlar kuru yapıların içerisinde bulunduğu ve hasat sırasında yabancı ot ve diğer bitki türlerinin tohumlarıyla birlikte hasat edildikleri için tohum temizleme aşamasında hem sap ve saman artıklarının ve hem de yabancı ot ve diğer bitki türlerine ait tohumların ayrılması büyük bir önem taşımaktadır. Bu işlem tohumlarda ön temizleme olarak ifade edilmektedir.

Etli ve sulu meyveli türler olarak nitelendirdiğimiz, kabakgil ve patlıcangil grubu sebze türlerinde ise tohumlar, meyvenin içerisinde, meyve eti veya diğer yapılarla birlikte bulunduğu için tohumun meyveden yıkama yöntemi ile ayrılması gerekmektedir. Tohumları ayrılacak olan meyvelerin az sayıda olması durumunda meyvelerin genellikle elle parçalanarak su altında süzgeçten geçirilmesi ve parçalanmış meyvelerin su içinde elle ovuşturulması ile tohumların ayrılması sağlanır. Elle yapılan tohum ayırmada, ayırma işlemi

yavaş ve dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Bu aşamada, tohum kabuğu oldukça yumuşak ve hassas olduğundan fazla baskı uygulanarak kabuğun mekanik zarar görmesi önlenmelidir.

Sebze türleri içerisinde özellikle domates, hıyar, kavun ve kabak tohumları, kimyasal maddeler kullanılarak çok kısa sürede ve kolaylıkla ayrılabilir. Bu yöntemde, daha çok hidroklorik asit ve sülfürik asit gibi kimyasallardan yararlanılmaktadır (Balkaya, 2023). Ancak belirtilen bu yöntemde, uygulama sırasında kullanılacak olan kimyasalın dozu ve uygulama süresinin çok iyi belirlenmesi gereklidir. Aksi hâlde, tohumların kabuk yapısının bozularak zarar görmesi ile tohumlarda canlılık kayıpları meydana gelmektedir.

4. SONUÇ

Dünya nüfusunun artışı, tarımı ve dolayısıyla tohumculuğu her zaman yükselen bir sektör olarak tutmaya devam ettiği gibi, küresel anlamda sektörde meydana gelen değişimler, teknolojik düzeyde ilerlemeler ve şirket evlilikleri/birleşmeler gibi gelişmeler, tohumculuğu sürekli hızla yenilenen sektörler arasına taşımaktadır. Ülkemizde tohum üretimi, 1980’li yılların ortasına kadar devlet kontrolünde ağırlıklı olarak açık tozlanan çeşitler ve yerel çeşitler ile gerçekleştirilmiştir. Günümüzde ise sebze tohumu üretim ve dağıtımında %100’e yakın oranda özel sektör katkısı vardır. Sebze tohumculuğunda faaliyet gösteren firma sayısı her geçen gün artmaktadır. Gelişmiş çoğu ülkede olduğu gibi ülkemiz tarımsal üretim faaliyetlerindeki önemli gelişmelerde yeni çeşitler ve kaliteli tohum kullanımının etkisi büyüktür. Sebze tohumculuğunda üretim ve birim alan verim değerinin artırılması için yetiştirme tekniği, sulama, mekanizasyon, bitki besleme ve doğru tarımsal mücadele tekniklerinin uygulanması ile birlikte kaliteli-sertifikalı tohum kullanılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Anonim. (2020). Selection of suitable agro climatic condition and seed/planting material for quality seed production. Centurian University. <https://course.cutm.ac.in/wp-content/uploads/2020/06/Selection-of-suitable-agroclimatic-condition-and-seeds.pdf> (Erişim tarihi: 15.06.2024)
- Anonim. (2024). Tohum Sertifikasyonu. www.tarim.gov.tr
- Arın, L. & İlbi H. (2019). Tohumların Depolanması (X. Bölüm). Tohum Tohumculuk ve Teknolojileri, Cilt 1 (I. Basım). Editör: Prof. Dr. Tahsin Kesici. Bisab, Arkadaş Basım, sayfa: 51-138, ISBN: 978-605-64360-1-7, Ankara.
- Arın, L., Polat, S., & Deveci, M. (1996). Domateste farklı meyve olum dönemleri ve tohum ayırma yöntemlerinin tohum verim ve kalitesine etkisi. Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 259, Araştırma No: 101, 19 s.
- Arın, L., Şahin, N., Uludağ, M., & Kırcı, A. K. (2021). Determination of emergence and seedling characteristics in one- and two-year seeds of some long-day onion (*Allium cepa* L.) varieties. Journal of the Institute of Science and Technology, 11(Special Issue), 3347-3352.
- Avcıoğlu, R., & Soya, H. (2005). Tohumluk üretim tekniği. Tohumluk Bilimi ve Teknolojisi Cilt-I (ss. 217-295). TOTEM Yayınları No: 3, Bornova-İzmir.
- Balkaya, A. (2023). Sebze Tohumculuğu Ders notları. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri, Samsun (Basılmamış).
- Balkaya, A., Duman, İ., Arın, L., Özcan, M., Demir, İ., Kandemir, D., Zengin, S., Ermiş, S., & Sarıbaş, Ş. (2020). Bahçe bitkilerinde tohum üretimi, mevcut durum ve gelecek. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi, 13-17 Ocak 2020, Cilt II, 339-370. Ankara.
- BÜGEM. (2023). Türkiye sebze tohum üretim raporu 2023. Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü.
- Case, A. L., Curtis, P. S., & Snow, A. A. (1998). Heritable variation in stomatal response to elevated CO₂ in wild radish, *Raphanus raphanistrum* (Brassicaceae). American Journal of Botany, 85(2), 253-258.
- Costa, C. J., Meneghello, G. E., Jorge, M. H. A., & Costa, E. (2021). The importance of physiological quality of seeds for agriculture. Colloquium Agrariae, 17(4), 102-119.
- Demir, E., & Balkaya, A. (2005). Samsun ekolojik koşullarında yaprak lahanası genotiplerinde (*Brassica oleracea* var. *acephala*) tohum olgunlaşma dönemlerinin belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 20(2), 52-56.

- Demir, İ., & Özçoban, M. (1996). Fasulyede tohum gelişimi, kabuk rengi ve sağlamlığının su alım hızı, tohum canlılığı ve elektriksel iletkenlik üzerine etkileri. *Hasad Dergisi*, Mayıs Sayısı, 37-40.
- Demir, İ., & Samit, Y. (2001). Seed quality in relation to fruit maturation and seed dry weight during development in tomato. *Seed Science and Technology*, 29(2), 453-462.
- Demir, İ., Yanmaz, R., & Günay, A. (1994). 4F-89 Fasulye çeşidinde tohum neminin en uygun hasat zamanının belirlenmesinde kullanılabilirliği. *Bahçe Dergisi*, 23(1-2), 59-66.
- Doğru, Ş.M., & Balkaya, A. (2015). Lahanalarda tohum üretim süresini kısaltmaya yönelik uygulamalar ve etki mekanizmaları. *Alatarım*, 14(2), 29-37.
- Er, C., & Başalma, D. (2014). Tohumluk ve tohumculuk: Temel ilkeler ve teknoloji. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Eser, V. (2019). Tohum ve tohumculuk (I. Bölüm). Tohum tohumculuk ve teknolojileri, Cilt 1 (I. Basım). Editör: Prof. Dr. Tahsin Kesici. Bisab, Arkadaş Basım, 51-138. ISBN: 978-605-64360-1-7. Ankara.
- FAO. (2024). Uluslararası Gıda ve Tarım Örgütü İstatistikleri. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim tarihi: 15.06.2024)
- Finch-Savage, W.E., & Bassel, G.W. (2016). Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. *Journal of Experimental Botany*, 1(3), 567-571.
- Godwin, A., McGill, C., Ward, A., Sofkova-Bobcheva, S., & Pieralli, S. (2023). Phenological phase affects carrot seed production sensitivity to climate change: A panel data analysis. *Science of the Total Environment*, 892, 164502.
- Hampton, J.G., Conner, A.J., Boelt, B., Chastain, T.G., & Rolston, P. (2016). Climate change: Seed production and options for adaptation. *Agriculture*, 6(33), 1-17.
- ISF. (2022). International Seed Federation Annual Report 2022. International Seed Federation.
- Kökpinar, Ş.S. (2022). Marulda (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) mutasyon ıslahı yöntemi kullanılarak besinsel değeri artırılmış hatların elde edilmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kumar, S., Kumar, D., & Shekhar, C. (2020). An overview of vigorous seed production of vegetables. *The Pharma Innovation Journal*, 9(10), 251-257.
- Malhotra, B. (2021). Global vegetable seeds market is increasingly fragmented and diversified. Blog. S&P Global Commodity Insights. <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/research-analysis/global-vegetable-seeds-market.html> (Erişim tarihi: 15.06.2024)

- Maynard D.N., & Hochmuth, G.J. (2012). Knott's Handbook for Vegetable Growers, Fifth Edition. John Wiley and Sons, Inc. ISBN: 978-0-471-73828-2.
- McCormick, J.I., Goodger, R.A., & Chynoweth, R.J. (2014). Cardinal temperatures and vernalisation requirements for a selection of vegetables for seed production. *Agronomy New Zealand*, 44, 71-83.
- Nitsch, J.P., Kurtz Jr, E.B., Liverman, J.L., & Went, F.W. (1952). The development of sex expression in cucurbit flowers. *American Journal of Botany*, 39(1), 32-43.
- Sendekie, Y. (2020). Review on; Seed genetic purity for quality seed production. *International Journal of Scientific Engineering and Science*, 4(10), 1-7.
- Sundareshwaran, S., Choudhury, P.R., Vanitha, C. & Yadava, D.K. (2023). Seed Quality: Variety Development to Planting-An Overview. In M. Dadlani & K.Y. Devendra (Eds.), *Seed Science and Technology: Biology, Production, Quality* (pp. 239-266) Springer Nature Singapore Pte Ltd. ISBN 978-981-19-5888-5 (eBook).
- Şeker, H. (2002). Soya fasulyesinde (*Glycine max* (L.) *Merill.*) tohum olgunlaşması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi*, 33(2), 221-227.
- Tony, J. G., Gregg, B. R., & Asiedu, E. A. (2002). Seed quality control in developing countries. *Journal of New Seeds*, 4(1-2), 117-130.
- TSÜAB. (2023). Türkiye Tohumculuk Sektörü Raporu 2023. Türkiye Tohumcular Birliği (TSÜAB).
- Vegetable Seed Market. (2024). Vegetable seed market size, share & industry analysis. <https://www.fortunebusinessinsights.com/vegetable-seed-market-103066> (Erişim tarihi: 15.06.2024)
- Welbaum, G. E. (2024). Vegetable seeds: Production and technology. CAB International, Boston MA. ISBN: 978-1-78924-325-3.
- Wien, H. C., Stapleton, S. C., Maynard, D. N., McClurg, C., & Riggs, D. (2004). Flowering, sex expression, and fruiting of pumpkin (*Cucurbita* sp.) cultivars under various temperatures in greenhouse and distant field trials. *HortScience*, 39(2), 239-242.
- Yanmaz, R. (2014). Sebze tohumu üretiminde izolasyon. *Türktob Dergisi*, 8-11.
- Yanmaz, R. (2021). Sebze Tohumculuk Tekniği. (Basılmamış Ders Notları).
- Yanmaz, R. (2021). Sebze Tohumluklarının Kontrol ve Sertifikasyonu. (Basılmamış Ders Notları).
- Yanmaz, R., Balkaya, A., Akan, S., Kaymak, H. Ç., Sarıkamış, G., Ulukapı, K. Ö., Karaağaç, O., Güvenç, İ., Kurtar, E.S., & Açıkgöz, F.E. (2020). Sebzecilik sektörü: Dünü, bugünü ve geleceği. *Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiri Kitabı*, 585-608. Ankara.
- Yiğit, Ü., Sarıbaş, Ş., & Balkaya, A. (2018). Sebze tohumlarında uygulanan tohum işleme teknikleri. *Türktob Dergisi*, 26, 14-17.

BÖLÜM 2

SEBZECİLİKTE ORGANİK TOHUM ÜRETİMİ VE GELECEĞİ

Prof. Dr. İbrahim DUMAN^{1*}

Dr. Gülay BEŞİRLİ²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13822705>

^{1*}Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bornova-İzmir, Türkiye.
ibrahim.duman@ege.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-0081-7208

²Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova, Türkiye.
gul662000@gmail.com, Orcid ID: 0000-0001-5084-6889

*Sorumlu yazar

GİRİŞ

Taze sebze üretim miktarı bakımından dünyada, Çin, Hindistan ve ABD ülkelerinden sonra dördüncü sırada yer alan Türkiye’de 2023 yılı verilerine göre yaklaşık 712.000 ha alanda toplam 32.1 milyon ton sebze üretimi gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2024a).

Bitkisel üretim faaliyetleri içerisinde sebze yetiştiriciliği en yoğun girdi kullanılan üretim şeklidir. Özellikle Akdeniz, Ege ve Marmara bölgeleri gibi uygun ekolojilerde hem örtü altı hem de açık tarla koşullarında sebze üretim faaliyetlerinde yılda 2-3 ürün alınabilme imkânının olması, bilinçli ya da bilinçsiz daha fazla bitki besin maddesi, tarım ilaçları ve bitki gelişim düzenleyicilerinin kullanımını ön plana çıkarmıştır. Son yıllarda birim alandan yüksek verim eldesine yönelik olarak yoğun ve bilinçsiz girdi kullanımı, kalitenin değil yüksek verimin hedeflenmesi ve uygun olmayan münavebe planlaması gibi uygulamalar organik ürünlere olan talebi artırmıştır (Duman, 2024). Benzer şekilde üretim süreçleri kısa olan türlerde ve kademeli hasat yapılan türlerdeki kimyasal uygulamaları ile hasat süresi arasındaki sürecin yönetilememesi gibi sorunların yaşandığı ülkemizde tüketici ve ihracatçıların talepleri doğrultusunda “organik sebze yetiştiriciliği faaliyetleri” hızlı gelişim göstermiştir. Örnek verecek olursak; ülkemizde 2000 yılında 403 sebze üreticisi ile 467 ha alanda, 17 sebze türünde (kabak, ıspanak, biber, maydanoz, brokoli, karnabahar, karpuz, kavun, kereviz, kırmızı pancar, patates, patlıcan, hıyar, sarımsak, enginar, havuç ve soğan), 4200 ton organik sebze üretimi gerçekleştirilirken geçen 22 yıllık zaman diliminde bu değerlerde önemli artış göstermiştir. Son üretim verilerine göre ülkemizde organik tarım koşullarında sebze üretimi yapan üretici sayısı 2000 yılı verilerine göre 8.5 kat artarak 3.405’ e ulaşmıştır. Pazar talepleri doğrultusunda üretilen sebze tür sayısı da 2.3 kat artarak 44 olmuştur. Üretim alanındaki artış miktarı 3.2 kat (1.480 ha) olurken üretilen toplam organik sertifikalı sebze miktarı ise 11.4 kat artış göstererek 47.677 ton olarak gerçekleştirmiştir. Üretimde en büyük üretim payına sahip olan sebze türleri ise; domates (19.920 ton), hıyar (2.036 ton), biber (8.166 ton), havuç (2.975 ton), patates (2.654 ton) ve brokoli (2.115 ton) olmuştur (Anonim, 2024a; Anonim, 2024b; Duman, 2024;). Dünya organik tarım verilerinde de 1999-2000 yıllarına göre önemli artış olmuştur. Örneğin 1999 yılında 200.000 adet olan üretici sayısı 2022 yılında 4.5 milyon olmuştur. 2000 yılında 15

milyon ha olan üretim alanı 2022 yılında 96.4 milyon ha’ya ulaşarak toplam tarım alanlarının %2.0’sini oluşturduğu görülmüştür. Bu alandan elde edilen ürünün toplam ekonomik işlem hacmi ise 135 milyar Euro’ya ulaşmıştır (Anonymous, 2024a).

Organik sebze yetiştiriciliğinde de başlangıç materyali konvansiyonel üretim sisteminde olduğu gibi tohumdur. Her iki üretim yönteminde, üretime “kaliteli tohumluk” ile başlanması önem taşımaktadır. Özellikle organik sebze yetiştiriciliğinde uygulanan kısıtlar nedeniyle üretime canlılığı ve çimlenme gücü yüksek, hastalık ve zararlılardan temiz, genetik safiyeti yüksek tohum ile başlanması üretimdeki başarıyı önemli oranda artırmaktadır (Anonim, 2017). Nitekim Fernandez ve ark. (2022), tüm dünyada organik tarım faaliyetlerinde geleneksel tür ve çeşitlerin kullanımının gıda ve tarım sistemlerinin sürdürülebilirliğine, gıda güvenliğine, biyolojik çeşitliliğin korunmasına ve iklim değişikliğine uyum sağlanmasına büyük katkı yaptığını belirtmişlerdir. Ayrıca günümüzde mevcut organik tarım faaliyetlerinde kullanılan çeşitlerin abiyotik ve biyotik stres faktörlerine karşı dayanıklılık gösterdiğini ve dünya çapında tercih gördüğünü de bildirmişlerdir. Yine araştırmacılar, abiyotik ve biyotik stres faktörlerine karşı dayanımda aşıli sebze fidelerinin kullanım gerekliliğini, böylece çevre ve toprak koşullarına göre uygun anaç seçimi fırsatı sunduğunu da ifade ederek organik üretimde sağlanan belirli avantajlardan yararlanma gerekliliğine işaret etmişlerdir. Benzer şekilde Kendra ve ark. (2021), tohumun sürdürülebilir tarımın temelini oluşturduğunu ve düşük kaliteli tohum kullanımı ile ürün kaybının %40'lara ulaşabildiğini ileri sürmüşlerdir. Organik olarak yetiştirilen tohumların niteliksel üstünlüğe sahip oldukları, tohum gücü ve tohum çimlenmesi açısından konvansiyonel tarım koşullarında üretilen tohumlara göre daha üstün değerlere sahip olabildiklerini çevresel koşullardan stres koşullarına daha dayanıklı olabildiklerini bildirmişler ve organik tohum kullanımının gerekliliğine işaret etmişlerdir.

1. ORGANİK TOHUM ÜRETİM VE DAĞITIMINA İLİŞKİN YASA VE YÖNETMELİKLER

Organik sebzeçilik faaliyetlerine başlanırken “organik tohum” temini, üretim planlamasında en önemli etkidir. Çünkü 01.12.2004 tarih ve 5262 sayılı Organik Tarım Kanunu, 27676 sayı ve 18.08.2010 tarihli “Organik

Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik” Madde 10-a. bendinde, organik tarımsal çoğaltım materyallerinin özellikleri tanımlanırken, “**Tohum;** genetik olarak yapısı değiştirilmemiş, döllenmiş hücre çekirdeği içindeki DNA dizilimine dışarıdan müdahale edilmemiş, sentetik pestisitler, radyasyon veya mikrodalga ile muamele görmemiş, biyolojik özellikte ve bu yönetmelik hükümlerine uygun olarak üretilmiş olmalıdır” şeklinde tanımlanmaktadır. Madde 10-b. bendinde de, “kullanılacak tohum ve fide, fidan, anaç, misel, çelik, yumru gibi çoğaltım materyali *organik tarım metoduyla* üretilmiş olmalıdır. Ancak fide dışındaki çoğaltım materyallerinin, organik olarak elde edilememesi durumunda konvansiyonel üretimden gelen, Ek-1 (A) ve (B) bölümlerinde yer alan maddelerin dışındaki herhangi bir sentetik kimyasal madde ile muamele görmemiş çoğaltım materyali kullanılabilir” denilmektedir (Anonim, 2010).

Avrupa Birliği’nin 834/2007 sayılı yönetmeliğinde ve ülkemizde geçerli yasal düzenlemelerde, organik üretimde “**Organik Tohum**” kullanılması zorunluluğu ifade edilmektedir. Ancak birçok dünya ve Avrupa ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de “Organik Tohum Üretimi” henüz talebin çok altında olduğu için organik tohum kullanma zorunluluğu her geçen gün ertelenmektedir. Ülkemiz ve birçok ülkede organik tohum talebinin karşılanamaması nedeniyle konvansiyonel olarak üretilen ancak hasat sonrası “*kimyasal tarım ilacı muamelesi görmemiş*” tohumların kullanımına kontrol ve sertifikasyon kuruluşlarının onayı ile izin verilmektedir. Bu izin “*kimyasal tarım ilacı muamelesi görmemiş*” olduğunu belirten bir yazı ile de desteklenmek zorundadır. Ancak günümüzde organik tarımsal üretimin istediği koşulları sağlayan yeterli tohum bulabilme endişesi, diğer kalite özelliklerinin (genetik safiyet, fiziksel safiyet, çimlenme ve çıkış gücü, tohum gücü, hastalık ve zararlılardan temizlik vb.) ikinci plana atılmasına neden olmaktadır. Bunun yanında “organik tohum kullanma zorunluluğunun” başlangıç tarihinin yeterince organik tohum bulunmamasına bağlı olarak ertelenmesi ve sektörün halen daha geleneksel üretime göre küçük olması tohum üreticisi özel kuruluşların bu konuda girişim ve yatırım yapmamalarına da neden olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı; organik bitkisel üretimde, organik tohum kullanım zorunluluğunun getirilmesi hem üretici hem de tohum üreticileri için büyük önem taşımaktadır. Organik tarım mevzuatı kapsamında, organik bitkisel

üretimde; açık tozlanan (standart) çeşitler ve klasik ıslah metotları ile elde edilmiş hibrit çeşitlerin tohumları kullanılabilir. Ancak; genetiği değiştirilmiş organizmalara (GDO) ait hiçbir çoğaltım materyali (tohum, fide, fidan vb.) kullanılamaz. Organik bitkisel üretimde kullanılacak fide, fidan veya anacın kaynağı organik tohum veya organik tarım koşullarında üretilmiş ana bitkiden elde edilmiş olmalıdır. Bu amaç ile kullanılacak çoğaltım materyalinin tek yıllık bitkilerde tohum olması durumunda ana bitki, vegetatif materyal (kalem, göz, patates yumrusu, sarımsak dişi, enginar sürgünü vb.) olması durumunda ebeveyn bitki en az bir nesil, çok yıllık bitkilerde ise iki üretim sezonu süresince “Organik Tarım Yönetmeliği” ilkeleri çerçevesinde üretilmiş olmalıdır. Bu kural, hibrit çeşitlerin elde edilmesinde kullanılan her bir ana ve baba ebeveyn hat için de geçerlidir.

Organik tohum veya vegetatif çoğaltım materyalinin (tohum hariç, fide organik tarım koşullarında üretilmiş olmalıdır) bulunamaması durumunda öncelikle “Organik Tarım Geçiş Süreci”nde olan tohum ya da çoğaltım materyalinin kullanımına izin verilir. Organik tohum ya da çoğaltım materyali ülke içerisinde bulunamıyor ise organik ürün üreticisinin bu durumu belgelendirmesi halinde, konvansiyonel tarım koşullarında üretilmiş çoğaltım materyali kullanımına izin verilir. Kullanılacak bu materyalin “devlet” tarafından belirlenen uygulama zorunluluğu koşulları haricinde geleneksel tarımdaki bitki koruma ürünleri ile muamele görmemiş çoğaltım materyali olması gerekir. Bu durumda olan çoğaltım materyalinin kullanımı için ihtiyaç duyulan izin, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yetkilendirilmiş Kontrol ve Sertifikasyon Kuruluşu (KSK) tarafından, çoğaltım materyalinin ekiminden/dikiminden önce bir kez ve bir yetiştirme dönemi için verilir. Kullanımına izin verilen çoğaltım materyali miktarı KSK tarafından kaydedilir (Anonim, 2010).

Organik tohum ister ülkemizde üretilsin isterse yurt dışından getirilsin, üretimde kullanılan tohumların bir organik tohum sertifikasyon sisteminden geçirilerek piyasaya sürülmesi gerekmektedir. Ancak organik sebze üreticilerinin çoğu açıkta tozlanan çeşitler (standart) olmak kaydı ile kendi tohumluğunu kendilerinin ürettiği de bilinmekte olup bu tohumlukların kaydı bulunmamaktadır. Ülkemizdeki Organik Tarım Yönetmeliği, AB’deki tohum sertifikasyonu ve organik tohum hakkında hazırlanan Yönetmelik ile uyumlu olacak şekilde düzenlenmektedir. Bu durumda Türkiye’de de organik tohum

üretiminde hem mevcut tohum sertifikasyon yönetmeliği hem de organik tohum yönetmeliği dikkate alınmaktadır. Ülkemizde uygulamada olan Sebze Tohum ve Sertifikasyonu Yönetmeliği'nin 19. maddesinin 4. bendinde “Bu yönetmelik hükümlerine göre üretilip belgelendirilen tohumluklar, Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik esaslarına göre belgelenmeleri durumunda organik tohumluk olarak pazarlanabilir” şeklinde belirtilmiştir. Dolayısı ile tohumun organik tohum olarak pazarlanabilmesi için bu 2 koşulun yerine getirilmesi ve iki sertifika alınması gerekmektedir (Beşirli, 2009; Ermiş ve Yanmaz, 2015, Beşirli ve Sönmez, 2018;).

2. ORGANİK SEBZE TOHUMU ÜRETİMİNDE SERTİFİKASYON SİSTEMİ

Ülkemizde tohumluk üretim faaliyetleri, 5553 Sayılı Tohumculuk Kanunu'nun 8. maddesini esas alarak hazırlanan *Tohumculuk Sektöründe Yetkilendirme ve Denetleme Yönetmeliği* (15.05.2009 tarih ve 27229 Sayılı Resmi Gazete) kapsamında, Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan 2019/1 Sayılı *Tohumculuk Hizmetleri Uygulama Talimatı* çerçevesinde yürütülmektedir. İlgili talimatın 1.55 nolu Maddesinde “Sertifikasyon Yönetmelikleri kapsamında sertifikalandırılan tohumlukların aynı zamanda Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik (18.08.2010 Tarih ve 27676 Sayılı Resmi Gazete) esaslarına göre de belgelendirilmesi durumunda bu tohumluklar organik tohumluk olarak pazarlanabilir” ifadesi yer almaktadır. Söz konusu dokümanda; bu tohumluklara ait organik olduğunu gösterir sertifika ve ilgili dokümanların “numune gönderme protokolü” ile Kamu Sertifikasyon Kuruluşuna gönderilmesi durumunda, sertifika belgesinin açıklamalar kısmında bu bilgilere yer verilerek sertifika üzerinde organik tohum olduğunu gösterir logo ekli sertifika düzenleneceği belirtilmektedir. Bu açıklamadan da anlaşıldığı gibi, Organik Sebze Tohumluk üretimi sürecinde hem 5553 Sayılı Tohumculuk Kanunu hem de 5262 Sayılı Organik Tarım Kanunu gereklilikleri yerine getirilerek sertifika almak gerekmektedir (Anonim, 2010).

Tohum üreticisi işletme, yeterli teknik eleman ve altyapıya sahip ise; Bitki Çeşitlerinin Kayıt Altına Alınması Yönetmeliği (13.01.2008 tarih ve 26755 Sayılı Resmi Gazete) 44. maddesi şartlarını yerine getirerek “Özel

Sektör Tarımsal Araştırma Kuruluşu” yetkisi kapsamında kendi ıslah çalışmalarını yürüterek çeşit geliştirebilir ve üretim izni alarak ticari tohumluk üretimi yapabilir. Bu imkânı yok ise; başka kurum ve kuruluşlar tarafından geliştirilen çeşitlerin üretim ve pazarlama hakkını satın alarak bu çeşitlerin tohumluğunu üreterek piyasaya arz edebilir. Bu koşullar da uygun değil ise; yine başka kurum ve kuruluşlar tarafından geliştirilen çeşitlerin, orijinal kademede tohumluğunu satın alarak çeşit ihtiyacını gidererek sertifikalı tohumluk üretebilir. Bu koşulda tohumluk üretim amaçlı temin edilen tohumluğun sertifikasının (5553 sayılı Tohumculuk Kanunu gereği alınan sertifika) yanında Organik Tarım Sertifikası (5262 sayılı Organik Tarım Kanunu gereği alınan sertifika) da temin edilmelidir. Söz konusu tohumluk organik tarım koşullarında üretilmemiş ise tohumluğun temin edildiği kurum/kuruluştan hasat sonrası kurutma, harmanlama, ayıklama, depolama ve paketlenme aşamalarında geleneksel tarımda kullanılan girdiler ile muamele görmemiş olduğunu belgeleyen bir yazı alınmalıdır. İşletme dışı temin edilen tohumluğa ait fatura, sertifika ve diğer belgeler KSK kuruluşuna beyan edilmeli ve işletme arşivinde muhafaza edilmelidir. Mevzuat kapsamında, açık tozlanan çeşide ait anaç tohumlukları bir kez temin edildiğinde beş yıl kullanılabilir. Buna karşılık hibrit çeşitlerde ise anaçlık tohumluğun her yıl temin edilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde, üreticilerin tohumluk çeşit temini organik sebze tohumculuğu yeterince gelişmediği için ve mevzuat uygun olduğundan; üreticiler kendi yerel çeşitlerinden, üreticiler arası değişim yaparak ve az sayıda organik sertifikalı tohumluk üretimi yapan kurum/ kuruluşlardan temin edebilmektedirler (Beşirli ve Sönmez, 2018).

Söz konusu Kanun ve Yönetmelikler çerçevesinde organik sebze tohumu üretim ilkeleri aşağıda verilmiştir.

- Üretim yapılacak üretim alanı; organik tarım esaslarına göre geçiş sürecini tamamlamış olmalıdır.
- Tohum üretimi yapacak üreticinin, ilgili makamlardan “Tohum Yetiştirici Belgesini” alması gerekmektedir.
- Tohum üreticisi Organik tarım sertifikası almak için bir Kontrol ve Sertifikasyon kuruluşuna başvuru yapması gereklidir.
- Bulunabiliyorsa organik anaçlık tohum ile üretime başlanmalıdır.

- Fide dikim yöntemi tercih edilerek üretime başlanacak ise fideler organik tarım yönetmeliklerine göre üretilmelidir.
- Üretimi yapılacak sebze türü için belirtilen izolasyon mesafesine uyulmalıdır.
- Tohum üretiminin gerçekleştirildiği tarlanın sınırları içinde bulunan İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'ne "Tohumluk Üretim Beyannamesi" düzenlenerek verilmelidir.
- Tohum üretimi yapılacak sebze türü ile ilgili tüm teknik bilgiler organik tarım kontrol ve sertifikasyon firmasına bildirilmelidir.
- Tohum üretimi yapılan türe ait bitki optimum gelişim aşamasına ulaştığında, İl Tarım ve Orman Müdürlüğü komisyonu tarafından "Tarla Muayenesi" yapılmalıdır. İlgili organik tarım kontrol ve sertifikasyon firmasının da denetimlerini bitkinin en uygun olduğu vejetasyon döneminde yapması sağlanmalıdır.
- Konvansiyonel tarım koşullarında üretilen tohumlar ile organik koşullarda üretilen tohumlar birbirinden ayrı depolanmalıdır.

Tohum üreticileri üretilen tohumu hangi ülkeye pazarlayacak ise; üretim sürecinde o ülke organik tarım standart ve yönetmeliklerine göre de sertifika almak zorundadır. Ülkemizde üretilen organik ürünler en fazla; Avrupa Birliği (AB) ülkeleri, Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya'ya ihraç edilmektedir. Söz konusu ülkeler; üretim sürecinde kullanılan girdilerin de kendi ülke standartlarına uygunluk aramaktadır. AB organik tarım yönetmeliği (EC No 834/2007), organik üretimin amaç ve prensipleri, genel üretim kuralları, organik ürün olarak etiketlemenin kuralları, kontrol sistemi ile üçüncü ülkeler ile ticaret şartlarını açıklamaktadır (Anonim, 2024a). Japonya; Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık Bakanlığı (MAFF) tarafından yayınlanan, Japon Tarım Standartları (JAS) kapsamında üretilerek sertifikalandırılmış ürün talep etmektedir (Anonim 2024b). Amerika Birleşik Devletleri pazarına organik ürün satışı yapmak isteyen her üretici ya da ürün işleyici Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (United States Department of Agriculture-USDA) Ulusal Organik Programına (The National Organic Program-NOP) göre organik tarım sertifikası almalıdır. Ulusal Organik Programı (NOP) 2002 yılında yürürlüğe girmiştir. Organik sebze tohumu ihracatında da bu standartlara uygunluk aranmaktadır.

3. ORGANİK SEBZE TOHUMU TEMİN YÖNTEMLERİ

Organik tohum talebindeki artış, ülkelerin bu ihtiyaca yönelik standartlar oluşturmalarına, tohum üretim koşullarını belirlemelerine, organik tohum kavramının ıslah çalışmalarında esas alınmaya başlamasına ve tohumculukta yeni alanların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Hollanda, İsrail, Fransa ve ABD gibi gelişmiş ülkelerde özel tohum kuruluşlarının organik tohum üretimi ve pazarlaması yaptığı bilinmektedir. Örneğin organik tarım faaliyetlerinin kendi kendine yeterlilik ilkesine dayandığını belirten Borgen (2002) organik hayvancılıkta hayvanların organik olarak üretilmiş ürünlerle beslenmesi gerekliliğini ve organik olarak üretilen tohumlardan da yem bitkilerinin üretilmesi gerekliliğine belirtmiştir. Ancak gerçek hayatta çoğu ülkede çoğu organik bitkinin geleneksel tohumlardan üretildiğine işaret ederek organik üretim yapan çiftçilerin organik tohumlara nadiren ulaşabildiğini, bu nedenle de pek çok ülkede organik tohumların bulunmadığı durumlarda geleneksel tohumların kullanıldığını ifade etmiştir. Benzer şekilde Bonina ve Cantliffe (2009) tüketicilerin geleneksel olarak üretilen sebzeler yerine organik olarak yetiştirilen ürünleri tercih etmesiyle organik sebze endüstrisinin gelişeceğini belirterek ABD'de organik sertifikalı sebzeler için organik tohum kaynakları gerektiren yeni düzenlemeler nedeniyle, birçok organik yetiştiricinin sertifikalı organik tohum aradığını belirtmişlerdir. Yine organik sebze üretimindeki başarının sürekli olarak kaliteli organik tohumun kullanımına bağlı olduğunu belirten Leopold ve Nyochembeng (2021), kaliteli tohum ve fide eldesi için tohum sağlığı ve kalite standartlarının sağlanması gerekliliğini bildirmişlerdir. Ancak, organik üretim için organik tohum ıslahı konusunda ve üretim sistemlerinde önemli gelişmeler olmasına rağmen çoğu ülkede bazı organik üreticilerin maliyet ya da girdi eksikliği nedeniyle hâlâ geleneksel tohum kullandıklarına işaret etmişlerdir.

Ülkemizde ise, Tarım ve Orman Bakanlığına bağlı “Yalova Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü” önderliğinde başlayan “Sertifikalı organik tohum üretim” çalışmalarının ne yazık ki günümüzde çok az özel kuruluşça uygulandığı görölmektedir. Bu kuruluşlar arasında bulunan ASGEN Tohumculuk A.Ş. 2006 yılında ilk olarak “Organik Sertifikalı” tohum üretimine başlamış ve bu üretimini 2012 yılına kadar sürdürmüştür (Beşirli ve ark., 2013). Yine ülkemizde faaliyet gösteren ancak ithalatçı kuruluş konumundaki “METGEN Tohumculuk Ltd. Şti.” yurt dışından organik

sertifikalı tohum (F1 çeşit ağırlıklı) ithal ederek üreticilere organik sertifikalı tohum sağlanmasına destek vermiştir. Günümüzde de bu kuruluş tohum ithalatını sürdürmekte ancak talep edildiğinde organik sertifikalı tohum ithalatı yapmaya devam etmektedir. Çünkü kuruluş yetkilileri; 2000’li yılların ortasında başladıkları organik sertifikalı tohum pazarlamasını sonlandırdığını bildirmiştir. Yetkililer; “2018 yılından günümüze organik sertifikalı tohum ithalatı yapmadıklarını, Yurt dışı organik sertifikalı tohumların dünyanın her yerinde organik kabul edildiği halde Türkiye’de ayrı sertifika alınması istendiğini yani Türkiye’deki yönetmeliklerin çok katı olduğunu ileri sürmektedirler. Ayrıca ülkemiz üreticilerinden de “organik sertifikalı” tohum talebinin gelmediğini, gelen talebin de ekonomik olarak kar sağlamadığını dile getirmişlerdir. Yine ülkemizdeki üreticilerin de zaten ilaçsız tohum kullandığını ifade eden firma yetkilileri kendilerinden de sadece “organik tohum satışımız yoktur” belgesi istendiğini” belirtmişlerdir.

Özel tohum kuruluşları arasında günümüzde “sertifikalı organik tohum” üretimi ve yeni çeşit geliştirme çalışmalarını “Yüksel Tohumculuk AŞ.” başarılı bir şekilde sürdürmektedir. Kuruluş yetkilileri; “ülkemizdeki organik sebze üreticilerinin organik tohum talebini karşılamak için 2017 yılında başladıkları organik tarım çalışmalarına 2022 yılında yeni kurdukları organik tarım serası ile devam ettiklerini, Organik tohum üretimi yapacakları türler arasında da domates, biber, patlıcan, marul, kabak, hıyar ve kavun türlerini bildirmişlerdir. 2023 yılında geçiş sertifika sürecinde olduklarını belirten kuruluş 2024 yılında ilk “sertifikalı” organik tohumlarını pazarlamaya sunacaklarını belirtmişlerdir. 2024 yılında 7 kabak, 14 hıyar ve 4 kavun çeşidinden “organik sertifikalı tohumu” üreterek üreticilere sunacaklarını belirten kuruluş yetkilileri “sertifikalı organik tohumu” özellikle yurt dışından da çok talep geldiğini, Suudi Arabistan, Güney ve Kuzey Amerika ülkeleri, Almanya ve İspanya’nın önemli ithalatçı ülkeler arasında olduklarını” bildirmişlerdir.

Ziya Organik Tarım İşletmeleri A.Ş. yetkilileri de “20 farklı sebze türünde (kavun, karpuz, kabak, hıyar, domates, biber, patlıcan, fasulye, bakla, börülce, bamya, pırasa, ıspanak, beyaz lahana, marul, dereotu, maydanoz, tere, pazı ve mısır) 2016 yılından bu yana organik sertifikalı tohum üretimi yaparak

pazarladıklarını” beyan etmişlerdir. Adı geçen kuruluş birçok organik sebze üreticisinin tohum talebini karşılamaktadır.

Ülkemizde organik sertifikalı tohumluk üretim çalışmaları 2005 yılında Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü’nde Beşirli ve Sönmez (2018) tarafından başlatılmıştır. İlk çalışmalar domates türü ile başlamış olup günümüze kadar olan sürede bamya, beyaz baş lahana biber, brokoli, hıyar, ıspanak, karpuz, kereviz, kırmızı baş lahana, marul, patlıcan, pırasa, sakız kabağı ve soğan türlerinde toplam 27 farklı sebze çeşidinde 5553 Sayılı Tohumculuk Kanunu çerçevesinde “Orijinal kademede organik sebze tohumluğu” üretimi gerçekleştirilmiştir.

Organik sebze tohumu üretimi, ülkemizde ve dünyada genelde yavaş gelişmekte olup organik tohumuna ulaşılabilen tür sayısı oldukça azdır. Organik tohum, organik sertifikalı alanda çift sertifikalı (üretim sertifikası+organik sertifika) üretilir, izin verilen organik uygulamalarla da tohum ayırma ve kurutma işlemi yapılır ve organik sertifika ile pazarlama yapılır. Ancak günümüzde ülkemizde çoğu organik sebze üreticisi kendi tohumunu kendi organik üretim koşullarında üretmeyi tercih etmektedir. Bu uygulamanın nedenleri arasında, organik sertifikalı tohumla ulaşma zorluğu, geleneksel tohum ile karşılaştırıldığında birim fiyat yüksekliği ve az oranda da olsa tohumun organik olup olmadığı güvensizliği sayılabilir. Bunun yanında üreticilerin sadece açık tozlanma özelliğı gösteren türlerde tohum üretimi yapabildikleri ve bu konuda gereken yabancı tozlaşma önlemlerini almamaları ya da bu konuda yeterli bilgiye sahip olmamaları nedeniyle tohum genetik safiyeti ile hastalık ve zararlılar konularında sorunlar yaşanmaktadır. Buna karşılık günümüzde brokoli, lahana, karnabahar, ıspanak ve hıyar gibi çeşitlerde hibrit çeşitler tercih edildiğı için bu türlere ait ithal tohumların tercih edildiğı görölmektedir.

Türkiye’de mevcut koşullarda yaşanan organik sertifikalı tohum, fide, fidan ya da vegetatif çoğaltım materyali temininde genelde sorunlar yaşanmakla birlikte günümüzde organik bitkisel üretim yapan üreticilerin tohumluk temin kaynakları arasında;

- Bu konuda faaliyet gösteren kamu kuruluşları,
- Kendi ürettikleri üründen tohumluk ayırma yöntemi,
- Komşu üreticiden temin etme yöntemi,
- Yerel tohum takas faaliyetleri,

- Organik tarım ürün pazarlarından alınan ürünler,
- Geleneksel tarım koşullarında üretilmiş ama muamele görmemiş olan tohumluklar sayılabilmektedir.

Organik sertifikalı tohumluk temininde günümüzdeki kamu kurumları arasında Tarım ve Orman Bakanlığı Araştırma Enstitüleri ve Üniversitelerin ilgili bölümleri sayılabilmektedir. Buna karşılık günümüzde organik sebze üreticilerinin tohum temininde, genellikle kendi ürettikleri üründen tohumluk ayırma yöntemini tercih ettikleri görülmektedir. Ancak bu uygulamada üreticilerin tohum üretimi, hasat, tohum ayırma, kurutma, temizleme, hasatlıklardan temiz tohum üretimi ve tohum depolaması konularında yeterli bilgi sahibi olmaları önem taşımaktadır (Balkaya ve ark., 2020). Belirtilen bu aşamalarda yapılan hatalar önemli tohum kalite kaybına neden olmaktadır. Bu tip tohumla başlanan üretimde de önemli sorunlarla karşılaşmaktadır. Örnek vermek gerekirse, organik sebze tarımı yapan üreticilerden sağlanan 2013 ve 2014 yıllarına ait bazı sebze türü tohumlarının kalite özelliklerinin belirlendiği çalışmada, adi depo koşullarında muhafaza edilen 2 yıllık fasulye, hıyar, kabak, lahana ve kavun tohumlarında tohum kalitesi yönünden önemli bir farklılık görülmediği, buna karşılık domates, maydanoz, biber ve soğan tohumlarında ise önemli oranda kalite özellik kaybı belirlendiği ifade edilmiştir (Saygılı ve Yanmaz, 2015).

Organik sebze tohumu temini hakkında yukarıda yapılan açıklamaların ışığında ülkemizde sertifikalı organik sebze tohumluğu üreten kurum ve kuruluşlara ilişkin özet bilgi Tablo 1’de verilmiştir.

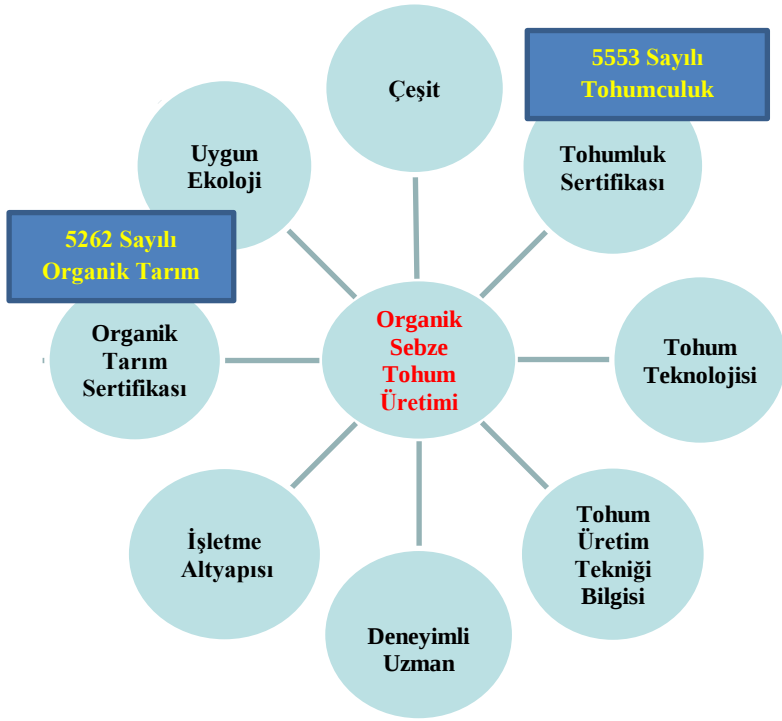
Tablo 1: Ülkemizde sertifikalı organik sebze tohumluğu üreten kurum ve kuruluşlara ilişkin bilgiler.

Kurum/Kuruluş Adı	Kurumsal yapısı	Tohumluk üretimi yapılan sebze türü	Sertifikasyon kuruluşu
Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü/Yalova yalova.arastirma@tarimorman.gov.tr	Resmi kurum	Domates, biber, patlıcan, hıyar, yazlık kabak, karpuz, bamyay, marul, beyaz baş lahana, kırmızı baş lahana, brokoli, soğan, pırasa, sarımsak ve ıspanak,	EKOTAR Kontrol ve Sertifikasyon Kuruluşu
Yüksel Tohum Tarım Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi/Antalya info@yukseletohum.com	Özel sektör araştırmacı kuruluş	Domates, biber, patlıcan, karpuz, kavun, hıyar, patates ve marul	Kayos Uluslararası Sertifikasyon ve Denetim Hizmetleri Ltd. Şti.
Ziya Organik Tarım İşletmeleri A.Ş. info@ziyaorganik.com.tr	Özel sektör araştırmacı kuruluş	Domates, biber, patlıcan kavun, karpuz, kabak, hıyar, fasulye, bakla, börölce, bamyay, pırasa, ıspanak, beyaz lahana, marul, dereotu, maydanoz, tere ve pazı	Orser Kontrol ve Sertifikasyon A.Ş.

4. ORGANİK SEBZE TOHUMU ÜRETİM VE TEKNOLOJİSİ

Türkiye’de tohumluk üretim faaliyetleri 5553 sayılı Tohumculuk Kanunu kapsamında yapılmaktadır. Organik sertifikalı tohum üretimi esas olduğunda, 5262 sayılı Organik Tarım Kanunu esasları da devreye girmektedir. Organik tohum üretimi yapmak isteyen gerçek ve tüzel kişiler her iki kanun gereklerini yerine getirerek her iki sertifikaya da sahip olmaları gerekir (Anonim, 2022; Anonim, 2024a).

Tohumluk üretimi için öncelikle bu amaca uygun verimli, kaliteli ve sağlıklı ürün potansiyeli olan çeşit seçilmelidir. Tohum üreticisi de çeşidi tanıyan, yetiştirme ve tohumluk üretim tekniğini bilen, organik tarım konusunda deneyimli uzman yetiştirici olmalıdır. Tohum üretimi yapacak işletme altyapısının ise üretim, hasat, kurutma, tohum ayırma, ayıklama, sınıflama ve depolama aşamaları için uygun olması gerekir. Belirtilen bu uygunlukların yanında üretim yapılacak ekolojinin de üretim yapılacak çeşidin yetiştiriciliğine uygun ve tohumluk elde edilebilecek kadar yeterli yetiştirme sezonunun olmasına dikkat edilmelidir. İşletme çevresinde bulunan diğer işletmeler organik tarım koşullarında üretim yapmıyor ise; yapılan uygulamalardan kaynaklanabilecek bulaşma risklerine karşı gerekli önlemler alınmalıdır. Çevre üreticilerden gelebilecek bu tehlikenin yanında özellikle yabancı tozlanan bitkilerin tohumluk üretimi açık tarla koşullarında yapıyor ise; bölgedeki hakim rüzgarlar ve böcek aktivitesi düşünülerek gerekli izolasyon koşulları fiziksel olarak sağlanmalıdır (Aksoy ve ark., 2020). Bir işletmede organik sebze tohumu üretilmesi için gereken yasal gereklilikler ile etkili faktörler Şekil 1’de özetlenmiştir.



Şekil 1: Organik sebze tohumu üretim gereklilikleri (Beşirli ve ark., 2021a)

Sebzelerin yaşam döngüsü tohumdan tekrar tohum elde edinceye kadar geçen zaman dilimi olarak esas alındığında tek yıllık ya da iki yıllık olarak gruplandırılır (Vural ve ark., 2000). Özellikle meyvesi yenen türlerde tohum üretimi için bir yıllık üretim sürecine, yaprağı, çiçeği ve kökleri yenen türlerde olduğu gibi kuru çiçekli türlerde ise iki yıllık vegetasyon süresi gerekmektedir. Bu nedenle üretim alanı seçilirken dikkatli olunmalı, üretim yapılacak tür ve çeşide göre mesafe izolasyon koşulu sağlanmalıdır. Organik tarım standartlarına uygun toprak koşulu (hastalık ve zararlılardan temiz, besin maddesine zengin, kimyasal katkı uygulanmamış vb.) sağlanmalıdır. Tohumluk sebze türlerine ait bitkiler kuru çiçekli türler başta olmak üzere genelde iki üretim sezonu boyunca üretim alanında çevresel koşulların etkisinde kalacağından karşılaşılması muhtemel risk oranı da yüksektir (Groot ve ark., 2006). Örneğin çevrede yoğun konvansiyonel tarım faaliyetlerinin yapıldığı lokasyonlardan kaçınılmalıdır. Geleneksel sebze tohumu üretimi yapılan lokasyonlara benzer üretim alanları seçilmeli, ancak organik tarım standartları gereklilikleri de karşılanmalıdır. Nitekim Bonina ve Cantliffe

(2009) ile Kalyani ve ark. (2013), sebzelerin tohum üretim sürecinin taze tüketim amaçlı sebze üretim süreci ile karşılaştırıldığında; iki kat daha uzun olduğunu, bitkilerin arazide ekolojik koşullar, hastalık ve zararlı tehdidine daha uzun süre maruz kaldığını, tohum kalitesi ve safiyetinin yüksek oranda elde edilmesi için çok daha fazla izleme yapılması gerektiğini bildirerek tohum üretiminin zorluğuna işaret etmişlerdir.

Benzer şekilde bu konuda çalışan pek çok araştırmacının görüşlerini destekleyen Pandita ve ark., (2022), sebze tohum üretiminin ticari ürün yetiştiriciliğine göre çok noktada farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar özellikle; iklim gerekliliği, bitki biyolojisi, tozlaşma ve döllenme hakkında kapsamlı teknik bilgiye ihtiyaç olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca; sebze türlerinin göstermiş olduğu farklı çiçek yapılarının da tohum olgunluğuna önemli etki yaptığını belirten uzmanlar, örneğin *Umbelliferae* (Şemsiye çiçekliler) familyası türlerinde bitkinin ana gövdesinden çıkan yan dallardaki farklı şemsiyelerde bulunan çiçeklerin farklı zamanlarda açtığını, buna bağlı olarak tohumların da farklı zamanlarda olgunlaştığı ve farklı kalite özellikleri taşıdıklarını belirtmişler ve bu özelliklerin iyi yönetilmesi durumunda organik tohum üretimindeki başarının artacağına işaret etmişlerdir.

Organik sebze tohumu üretiminde toprak hazırlığı ve bitki besleme uygulamalarının yine yasa ve yönetmelikler çerçevesinde yapılması gerekmektedir. Örneğin toprak işlemede toprağın devrilmemesi, yırtılarak işlenmesi, aşırı toprak işleme uygulamalarından kaçınılması önem taşımaktadır. Tohum ekimi ya da fide dikimi ile başlanılacak üretim faaliyetinde toprak hazırlığı işlemleri farklılık gösterse de standartlar çerçevesinde toprak hazırlığı yapılmalıdır. Bir ya da iki yıllık süreçte gerçekleşen tohum üretiminde bitki besleme uygulamaları toprak analiz bulgularına ve uzun gelişim sürecine uygun şekilde organik tarım standartlarında izin verilen preparatlar ile yapılmalıdır. Nitekim bu konuda yapılan çalışmalarda araştırmacılar tohumluk bitkilerin uzun süre doğal koşullara maruz kalmaları nedeniyle hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık sağlanması için dengeli beslenmesine ve toprak yapısının sürdürülebilirliğinin korunmasına işaret etmişlerdir. İşte bu nedenle organik sebze tohumluğu üretiminin dünyada oldukça yavaş gelişmekte olduğu ve tohumuna ulaşılabilir tür sayısının da oldukça az olduğu bildirilmiştir (Bonina ve Cantliffe, 2004).

Organik tohum üretimine sebze türlerine göre değişmekle birlikte ya doğrudan tohum ekimi ile ya da özel koşullarda yetiştirilen fidelerin dikimi ile başlanmaktadır. Önceki bölümlerde belirtildiği gibi tohum üretimine de organik sertifikalı ya da muamele görmemiş konvansiyonel tohum ile başlanabilmektedir. Fide ile yapılacak üretimde de fide üretiminde kullanılacak tohumun aynı özellikleri taşıması gerekmektedir. Ancak fidenin kesin olarak organik tarım kuralları çerçevesinde üretilmesi gerekmektedir. Belirtilen özellikli tohum ya da fide ile başlayan organik tohum üretim süreci organik sebze üretimine benzer şekilde yine organik tarım yasa ve yönetmeliklerine göre sürdürülür. Ancak tohum üretimi, taze sebze üretimine göre daha yüksek riskler taşımaktadır. Çünkü bitkiler ekolojik koşullara daha uzun süre maruz kalırlar. Bitkilerin, iklim koşulları, çevre koşulları, hastalık ve zararlıların etkilenme süresi daha fazladır. Bu süreç lahana, pırasa ve soğan vb. iki yıllık sebze türlerinde (ilk yetiştirme periyodunda bitkinin vegetatif aksamı gelişir, ikinci yetiştirme periyodunda bitki generatif faza geçer ve tohum üretimi gerçekleştirilir) daha da uzamaktadır (Larinda, 2004). Bitkilerin bu koşullara dayanıklı olabilmesi için doğru bitki besleme programına ihtiyaç vardır. Yetiştirme periyodunun başında yapılan yanlış veya eksik uygulama, sezon sonunda elde edilecek başarıyı olumsuz etkiler. Organik sebze tohumu üretiminde de uygulanan azot miktarı 17 kg/da uygulama dozunu geçmeyecek şekilde hesaplanmalı bitki besin maddesi olarak Organik Tarım Yönetmeliği kapsamında (Ek-1, Organik Gübreler) kullanımına izin verilen bitki besin maddesi kaynakları kullanılmalıdır. Örneğin organik sertifikalı hayvan işletmelerinden sağlanan kompostlaşmış ve peletlenmiş ticari çiftlik gübreleri kullanılabilir. Ayrıca günümüzde sertifikalı makro ve mikro besin elementlerince uygun uygun bitki besleme preparatları mevcuttur. Organik tarım üretim planlamalarında toprak yapısının sürdürülebilirliğini korumak üzere yeşil gübrelemeye de yer verilmesi önerilmektedir (Albayrak ve ark., 2019).

Organik tarım yasa ve yönetmelikleri çerçevesinde doğru bitki besleme, yabancı ot mücadelesi ve doğru hastalık/zararlı mücadelesi ile üretilen tohumluk bitkilerde yabancı tozlaşmanın kontrolü de önem arz etmektedir. Açık tozlanan çeşitlerde çiçek, salkım, bitki veya mesafe izolasyonu koşullarının yerine getirilmesi gerekmektedir. Hibrit çeşitlerde de melezleme koşullarının sağlanması önemlidir (Vural ve ark., 2000).

Etlı sulu meyveli türlerde tohum olgunluğu genelde meyve renginin oluşumu, tam çiçeklenmeden sonra geçen gün sayısı ya da tam meyve olgunluğu ile tamamlanır. Olgunlaşan meyveler hasat edilerek türlere göre değişmekle birlikte hemen ya da belirli süre bekletilerek tohum ayırma işlemi yapılır. Bu tip meyvelerde tohum ayırmada konvansiyonel tohum ayırma yönteminde olduğu gibi kimyasalların kullanımı yerine genelde fermantasyon yöntemi (domates, hıyar, kavun vb.) kullanılır. Tohumlar ayrıldıktan sonra da hızla kurutma işlemine geçilir. Kurutma işlemi yarı gölge ve yeterli hava akımı olan ortamlarda, tel elekler üzerine çok ince bir tabaka olacak şekilde serilerek yapılmalıdır.

Kuru meyveli (baklalı) ya da kuru çiçek demetli türlerde (havuç, fasulye, bezelye, karnabahar, soğan vb.) kuru tohum ayırma yöntemi kullanılır. Bu türlerde bitki üzerinde tohum nem içeriği %18-25 olduğu aşamada tüm bitki ya da meyve/çiçek salkımları hasat edilerek ön kurutmaya bırakılır ve %10 nem içeriği altında tohum meyve ve bitki kısımlarından ayrılarak orijinal nem içeriğine (%6-8) kurutulur. Kuru meyveli ve kuru çiçekli türlerin tohum ayırma ve kurutma aşamalarında da herhangi bir kimyasal kullanımına izin verilmez.

Orijinal nem içeriğine kadar kurutulan tohumlarda eleme, temizleme, ağırlık değerine göre sınıflandırma (gravite) uygulamalarından sonra tohum teknolojisi aşamasında, tohumlara üretim sırasında bulaşma riski olan ve tohum ile taşınan bazı hastalık etmenlerini önlemek üzere geleneksel tarımda olduğu üzere fungusit uygulaması yapılamamaktadır. Bunun yerine tam olgunlaşmış ve hasat edilmiş etli sulu meyvelerde (domates, hıyar, kavun vb.) tohumlara fermantasyon işlemi uygulanabilmektedir. Fermentasyon sürecinde bekleme süresi sebze türlerine bağlı olarak değiştir, örneğin domates için 24 saat yeterli iken bal kabağı kavun, hıyar da bu süre 5-6 saattir. Böylece özellikle tohum yüzeyinde taşınan etmenlerin enfeksiyon yeteneklerinin engellenmesi mümkün olabilmektedir. Yine domates gibi tohum yüzeyi tüylü tohumlarda tüylerin temizlenmesi (hav alınması) de hastalık etmenlerinin yok edilmesine katkı sağlamaktadır.

Genelde tohum yüzeyinde bulunan ve büyük oranda ana bitkilerden gelen hastalık etmenlerinin gelecek üretim aşamasına aktarılmasının önlenmesi amaçlı organik tohum üretiminde başvuru olan diğer yöntem ise sıcak su uygulamasıdır. Sıcak su uygulaması, özellikle domates ve *Brassicaceae*

familyası türleri tohumlarında başarılı bir şekilde kullanılabilir. Ancak sıcak su uygulamasında, su sıcaklığı ve uygulama süresi sebze türlerine ve taşıdıkları etmene göre farklılık gösterdiğinden, tohum canlılığının korunması esas alınmalıdır. Burada yapılacak büyük çaplı bir hata tohum canlılığının yok olmasına neden olabilmektedir. Uygulama sonrası tohumlar mümkün olan en kısa sürede kurutulmalıdır. Sıcak su uygulamasının bazı sebze türleri tohumlarında Tablo 2’de verilen hastalık etmenlerine karşı başarılı olarak kullanılabildiği bildirilmektedir (Nega, 2003; Beşirli ve ark. 2021b, c, d; Anonymous, 2023).

Tablo 2: Tohumla taşınan bazı sebze hastalık etmenlerini önleme amaçlı önerilen sıcak su uygulama sıcaklık ve süreleri.

Sebze türü	Uygulama sıcaklığı (°C)	Uygulama süresi (dakika)	Hastalık etmeni
Brokoli	50	20	-Lahana siyah damar çürüklüğü, -Bakteriyel yaprak lekesi, -Gövde kanseri, -Kök çürüklüğü etmenleri, - <i>Alternaria</i> yaprak lekesi
Lahana	52	30	-Lahana siyah damar çürüklüğü, -Bakteriyel yaprak lekesi, -Gövde kanseri, -Kök çürüklüğü etmenleri, - <i>Alternaria</i> yaprak lekesi
Havuç	50	20	- <i>Alternaria</i> spp., -Bakteriyel yanıklık
Kabak	55	15	- <i>Fusarium</i> spp.
Domates	56	30	-Kök çürüklüğü etmenleri, -Bakteriyel kanser, -Domates bakteriyel benek hastalığı

Orijinal tohum ağırlığına kurutulmuş organik tohumlara sıcak su uygulamaları yanında erken, hızlı ve homojen çimlenme/çıkış sağlanması amaçlı organik üretimde izinli ön çimlendirme uygulamaları ile birlikte kaplama (film kaplama, pellet kaplama) ve organik kökenli ajanlar ile bazı kalite iyileştirici uygulamalar da (organik priming) yapılabilir.

Genel anlamda priming uygulamaları; su ile (hidropriming), ozmotik çözeltilerle (osmopriming), inorganik tuzlarla (halopriming), katı matrislerle

(katı matris priming), biyolojik bileşik içeren çözeltilerle (biyoprimering) ve organik bileşik içeren çözeltilerle (organik priming) yapılabilmektedir. Organik tohum üretiminde ise ancak ajan olarak suyun kullanıldığı hidropriming ve katı matris priming uygulamaları ile biyolojik bileşik içeren çözeltilerle muamele yapılan biyoprimering ve organik bileşik içeren çözeltilerin kullanıldığı organik priming yöntemleri kullanılabilmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalarda adı geçen priming uygulamalarının öncelikle çimlenmesi zor, geç ve düzensiz olan organik sertifikalı sebze türü tohumlarında (havuç, kereviz, maydanoz, soğan, pırasa, biber, domates vb.) başarıyla kullanılabileceğine işaret edilmiştir. Örneğin organik domates tohumlarında yapılan hidropriming ve organik priming uygulamalarının (deniz yosunu ekstraktı) tohum canlılığı ve tohum gücünü artırmada başarılı olduğu ve bu uygulamaların organik tohum ve organik fide üretiminde kullanılabileceği belirtilmiştir (Sivritepe ve Sivritepe, 2016; Sivritepe ve Sivritepe, 2019). Benzer şekilde tarımsal üretimde tohumların kalitesinin iyileştirilmesi ve korunmasına yönelik çevreyle dost doğal yöntemlerin kullanılabilmesine işaret eden İmriz ve ark., (2023) tohumların fizyolojik fonksiyonlarını geliştirmek için faydalı biyolojik ajanların kullanımına dayanan biyoprimering tekniğinin, toprak verimliliğinin artırılmasına, toprak-su kirliliğinin azaltılmasına ve agro-ekolojik dengenin yeniden sağlanmasına yardımcı olduğunu belirtmişlerdir. Biyo-primering tekniğinin tarımsal üretime ve çevreye olumlu katkılarından dolayı da birden fazla öne çıkan özelliği ile son zamanlarda artan bir ilgi gördüğünü ileri sürmüşlerdir. Benzer amaçlı yapılan çalışmada Tırak ve ark. (2022), organik priming uygulamalarında kullanılan deniz yosunu preparatının çimlenme ve çıkış testlerinde uygulanabilir sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Yine biyolojik tohum muamelelerinin (biyoprimering) yakın gelecekte en hızlı büyüyen tohum işleme yöntemlerinden biri olması beklendiğini bildiren Sharma ve ark. (2015), da ekim öncesi tohumların çimlenme/çıkış ve kalite özelliklerinin iyileştirilmesinde peletleme ve katı matris uygulamalarında da biyolojik ajanların etkili kullanılabilişliğine işaret etmişlerdir.

Günümüzde organik tohum üretiminde film kaplama uygulamaları olarak farklı renkli gıda boyaları da kullanılırken bu konuda organik kökenli ve organik sertifikalı renklendirme ajanlarından da yararlanılmaktadır.

Geleneksel yöntemlerle üretilen tohumlarda olduğu gibi organik sertifikalı üretilen tohumların uzun süreli muhafazasında da depo koşullarının önemi büyüktür. Organik tohum depolanmasında tohum muhafaza süresine büyük oranda etki eden faktörler arasında, bitki tür ve çeşidinin genetik özelliği, tohumluk ana bitkinin sağlığı ve beslenme durumu, hasat dönemindeki tohum olgunluğu ve tohum nem içeriği, tohumluk partinin üretimden depoya gelinceye kadar geçen süreçlerde meydana gelen mekanik zararlar ile depo ortamının sıcaklığı ve oransal nemi etkili olmaktadır (Arın ve İlbi, 2019).

Organik tohumların depolanması geleneksel üretilen tohumlardan ayrı yapılmak zorundadır. Başarılı bir tohum depolanmasında tohum nemi ile depo ortamının sıcaklığı ve oransal nemi en önemli faktörler olarak kabul edilmektedir. Genellikle endospermli tohumlar %6-8, endospermsiz tohumlar ise %10-12 nem kapsamı aralığında depolanmalıdır. En uygun depo sıcaklıkları ise 0-5°C arasında iken, uygulamada ekonomik olması nedeniyle ticari tohumluklar 5-10°C arasında depolanmaktadır. Özetle, depo ortamının oransal nemi %35-40, sıcaklığı ise 5-10°C aralığında tutularak, tohum kalitesinde önemli bir kayıp olmaksızın başarılı ve ekonomik bir depolama uygulaması yapılabilir (Eren ve Tepe, 2021).

Organik tohumların depolanmasında tohum üretim süreçlerinden kaynaklanan çeşitli hastalık etmenleri ve zararlılara karşı depolama öncesi herhangi bir organik ilaçlama programı ve önerisi henüz geliştirilmemiştir. Yine ülkemizdeki organik tarım mevzuatında organik tohumların depolanması ile ilgili zorunlu ya da önerilen kurallar da henüz yer almamaktadır. Bu nedenle organik sertifikalı tohumların depolanmasında “*Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik*” te organik tohumların tüm döl kademelerini içerecek şekilde depolama koşulları (tohum depolarının yapıları, tohum nemi, depo ortamının sıcaklığı, oransal nemi, vb.) ile ilgili kurallar belirlenmelidir. Benzer şekilde Yönetmelik’te üretim süreçlerinde olduğu gibi depo hastalık ve zararlılarına karşı kullanılacak organik maddeler ve bunların tohumlara uygulama yöntemleri de belirlenmelidir.

Organik tohum üretiminde yetiştirme periyodu süresince çapalama, sulama, gübreleme, hastalık ve zararlı ile yabancı ot mücadelesi uygulamalarının zamanında ve uygun yapılması durumunda konvansiyonel tohum üretim verilerine yakın ya da üstünde tohum verimi ve kalitesine ulaşılabilir. Benzer amaç ile Rakıcı ve Kuzucu (2015) tarafından 3 farklı

kıvırcık salata çeşidinin organik ve konvansiyonel koşullarda karşılaştırılmalı yürütülen tohum üretim çalışmasında, bitki başına tohum veriminin organik üretimde ortalama 8.35 g/bitki iken konvansiyonel üretimde ise ortalama 9.48 g/bitki olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar üretilen tohumların çimlenme oranı değerlerinin ise organik üretimde %89.67, konvansiyonel üretimde de %90.33 olduğunu bildirmişlerdir. Yine benzer amaç çerçevesinde yürütülen diğer bir çalışmada da Beşirli ve ark. (2019), Yalova Yuvarlak Alaca-18 karpuz çeşidinde organik ve orijinal kademe organik sertifikalı karpuz tohumu üretiminde, ortalama tohum veriminin 24.50 kg/da, bin tane tohum ağırlığının 65.02 g, çimlenme oranının da %87.65-100.00 değerleri arasında bulunduğunu bildirmişlerdir. Buna karşılık Başay (2020), organik ve konvansiyonel üretim parsellerinde kandil dolma biber çeşidi ile yürütülen çalışmada, organik parselde meyve başına tohum ağırlığının 1.7 g/meyve, tohum adetinin 209.51 adet/meyve ve tohum bin dane ağırlığının 5.48 g olduğunu, bu değerlerin konvansiyonel parselde ise sırasıyla; 3.25 g/meyve, 293.35 adet/meyve ve 6.49 g belirlendiğini bildirmiştir. Benzer amaçlı yürütülen diğer bir çalışmada da Duman (2009), kapyra biber tohumu üretiminde organik sertifikalı alandan elde edilen tohum verim değerinin konvansiyonel koşul üretimine göre düşük elde edilmesine rağmen elde edilen değerlerin konvansiyonel koşul verileri ile aynı istatistiki grupta yer aldığını, tohum 1000 tane ağırlığının, çimlenme ve çıkış oranlarının ise benzer değerlerde elde edildiğini bildirmiştir. Yine Duman ve ark. (2017), organik sertifikalı alanda 9 yıl süreli yürütülen çalışmada ilk yıllarda düşüş gösteren toplam verim değerinin son 7-9. yıllarda konvansiyonel koşullara benzer ve hatta üstünde verim değerine ulaşıldığına, bunun da tohum üretiminde de benzer bulgulara ulaşılabileceğine, bunun için de uzun süreli çalışmalara ihtiyaç olduğuna işaret etmişlerdir.

Bu açıklamalar ışığında ticari faaliyete konu olacak, organik sebze tohum üretiminde izlenecek işlem sırası aşağıda belirtildiği şekilde sıralanmıştır:

- Tohumluk üretimi yapacak üretici öncelikle, organik ürün üreticisi sertifikası almak üzere Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü İyi Tarım Uygulamaları ve Organik Tarım Daire Başkanlığı tarafından yetkilendirilmiş olan bir Kontrol ve Sertifikasyon Kurulu'su'na (KSK) başvuruda bulunarak, yapmış olduğu tarımsal faaliyeti

sertifikalandırmak üzere sözleşme yapmalıdır. Bu başvuruda, işletme iletişim bilgileri, hukuki durumuna ait bilgi ve belgeler, geçmiş yıllara ait arazi üretim bilgisi, işletme arazi yapısı ve işletme binalarına ait plan ve krokiler, işletmenin mevcut makine ve ekipman donanımı, depo varlığı, ürün münavebe ve üretim planı, kullanılacak tüm girdilere ait kayıt defterleri, dışarıdan satın alınan girdi ile işletmede üretilen malın satım miktarları belgeleri KSK yetkililerine beyan edilir.

- Organik tohum üretimi yapacak üretici, bulunduğu İl Tarım ve Orman Müdürlüğüne başvurarak ve Çiftçi Kayıt Sistemine (ÇKS) kaydolarak bu belgeyi de KSK'na beyan etmelidir.
- Tohum üretimi yapacak üretici, Tohumculuk Sektöründe Yetkilendirme ve Denetleme Yönetmeliği gerekliliği olarak, bulunduğu İl Tarım ve Orman Müdürlüğünden “Tohum Yetiştirici Belgesi” almalıdır.
- Hangi kademede (orijinal, sertifikalı) tohumluk üretilecek ise “Organik tohum üretim ve dağıtımına ilişkin yasa ve yönetmelikler” bölümünde açıklandığı özellikteki anaçlık çoğaltım materyali temin edilmelidir. Ancak başlangıç materyali, konvansiyonel tarım koşullarında üretilmiş ise, hasat, ayıklama, kurutma, paketlenme ve depolama aşamalarında herhangi bir kimyasal muamele işlemi görmemiş olmalı ve bu koşul belgelendirilmelidir.
- Fide ile üretime başlanacak ise fideler organik tarım ilkelerine göre üretilmelidir.
- Üretimi yapılacak sebze türünün çiçek yapısı ve dölleme biyolojisine bağlı olarak aynı tür içindeki farklı çeşitler arasında uygun izolasyon mesafesi bırakılmalıdır (Tablo 3).
- Doğrudan tohumla ekilen sebzelerde bitkilerin çıkışından 1 ay sonra, fide ile üretilen sebze türlerinde de fide dikiminden 1 ay sonra, üretim alanının bulunduğu tarlanın sınırları içinde bulunan İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'ne “Tohumluk Beyannamesi” düzenlenerek verilmelidir.
- Tohum üretimi yapılan tür, yapraklı sebzeler grubundan ise bitki gelişimi tamamlandığında, meyveli sebze türlerinden ise bitkiler tam

çiçeekte iken ilk tarla muayenesi; meyveler olgunlaştığında da ikinci tarla muayenesi için ilgili İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'ne başvuru yapılmalıdır.

- İlgili organik tarım kontrol ve sertifikasyon firmasının denetimlerini bitkinin en uygun olduğu vegetasyon döneminde yapması gerekir.
- Tohum olgunluğuna karar verildiğinde tekniğine uygun hasat yapılmalı ve tohumlar tekniğine uygun ayrılmalıdır. Bu ayırma işlemleri sırasında “Organik Tarım Yönetmeliği”nde” izin verilmeyen sentetik maddeler kullanılmamalıdır.
- Tohumların depolanması aşamasında, eğer işletmede konvansiyonel tarım koşullarında tohumluk üretimi de yapılıyor ise; üretilen tohumlar ile organik koşullarda üretilen tohumlar birbirinden ayrı depolanmalıdır.
- Orijinal nem içeriğinde kurutulan tohumlardan ilgili İl Tarım ve Orman Müdürlüğü elemanlarınca örnek alınması ve ilgili laboratuvar gönderilmesi gerekir. Bu örneklerde fiziki safiyet ve çimlenme testi yapılmalıdır. Türler bazında sertifikalı tohumluklarda gerekli olan minimum çimlenme oranları Tablo 3’de verilmiştir.
- Organik tohum üretiminde özellikle toprak kökenli hastalık ve zararlılardan temiz tohum üretimi için uygun münavebe planlaması yapılmalıdır.

Tablo 3: Organik sebze tohumu üretiminde gereken fiziki izolasyon mesafesi ve sertifikalı tohumlukların minimum çimlenme oranları (Anonim, 1999; Anonim, 2008)

Sebze türü	İzolasyon Mesafesi (m)	Çimlenme oranı (%) En az oran
Acur	500	75
Bakla	200	75
Bamya	200	70
Bezelye	25	70
Biber	400	75
Börülce	25	80
Dereotu	750	65
Domates	50	75
Fasulye	25	80
Havuç	750	70
Hıyar	500	75
Ispanak	750	80
Kabak	750	80
Karnabahar	750	75
Karpuz	500	80
Kavun	750	80
Kereviz	750	70
Kuşkonmaz	750	75
Lahana	500	75
Maydanoz	400	75
Patlıcan	300	70
Pazı	750	75
Pırasa	750	70
Roka	750	70
Salata-Marul	300	75
Kırmızı pancar	750	75
Semizotu	750	70
Soğan	750	75
Tere	400	80
Turp	750	75

Organik sebze tohumu üretim ve teknolojisi konusunda yukarıda özetlenen açıklamalardan hareketle iki farklı sebze türündeki organik tohum üretim modeli aşağıda verilmiştir.

Biber: Genelde açık tozlanan biber çeşitleri (Yalova Charleston 341, Yalova Yağlık 28, Yalova Çorbacı 12, üç burun, kıl biber vb.) olmakla birlikte (Şekil 2) hibrit ya da köy çeşitleri/populasyonlarının tohum üretimi organik sertifikalı alanda yapılabilmektedir.



Şekil 2: Organik koşullarda yetiştirilen tohumluk Yalova Çorbacı 12 ve üç burun biber (köy biberi) çeşitleri

Ekolojik koşullara adapte olmuş biber çeşitlerinin seçimi tohum üretimindeki başarıyı artıran faktörlerdendir. Başarıyı etkileyen diğer bir faktör ise iklim koşullarının uygunluğudur. İklim koşullarının en azından 5–6 aylık vejetasyon süresince tohum üretimi ve kurutulmasına uygun olması gerekmektedir. Bu dönemde bölgedeki ortalama sıcaklık 15–25 °C arasında olmalı 30 °C üzerine çıkmamalı ve gece gündüz sıcaklık farkı yüksek olmamalıdır.

Yetiştiricilik yapılacak toprak, organik maddece zengin, drenajı iyi, hastalıklar açısından problemi olmayan topraklar olmalıdır. Özellikle toprak kökenli patojenlerin yol açtığı çökerten gibi hastalıklar biber yetiştiriciliğinde büyük sıkıntılara yol açabilir. Biber yetiştirilecek alanda 3 yıl öncesine kadar aynı familyaya ait bir tür yetiştirilmemiş olmalıdır. Yetiştiriciliğe başlamadan önce toprak analizi yaptırılarak toprağın bitki besin maddesi durumu ve ihtiyacı

belirlenmelidir. Dikimin yapılacağı dönemden önceki sonbaharda toprağa analiz sonucuna göre iyi yanmış organik çiftlik gübresi ilave edilerek kışı geçirmesi sağlanmalıdır.

Toprak işlemler sırasında mümkün olduğunca fazla toprak işlemlerinden kaçınılmalıdır. Toprak sonbaharda derin işlendikten sonra, dikime hazırlık toprağı yırtarak işleyen (çizel) aletlerle yapılmalıdır.

Tohumluk biber fideleri 70 cm sıra arası ve 30-40 cm sıra üzeri mesafelerle dikilebilir. Dikimden sonra gerekli olan sulama, çapalama, gübreleme, hastalık ve zararlı mücadelesi ile yabancı ot mücadelesi organik tarım standartlarında belirtildiği şekliyle uygulanmalıdır.

Biber genelde kendine döllen bitkiler grubunda ise de %9–32 oranında yabancı tozlaşma görülebilir (Vural ve ark., 2000). Bu yüzden tohum üretiminde farklı biber çeşitleri arasındaki izolasyon mesafesine dikkat edilmelidir.

Biber tohumlarının olgunlaşması; meyvelerin tam kırmızı rengini aldığı ve meyvelerin hafif buruşmaya başladığı aşama olarak kabul edilir. Ayrıca yapılan çalışmalar göstermiştir ki tam çiçeklenmeden 70–90 gün sonra tohumlar olgunlaşmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3: Organik koşullarda yetiştirilen Yalova Charleston 341 biber çeşidinde tohumluk meyve gelişim aşaması

Hasat sonrasında meyveler hafif gölge ortamda soldurularak veya elle tohumları ayrılarak çıkarılır. Tohum ayıklamada elle sıyırma veya suyla yıkama yöntemleri kullanılabilir. Daha sonra, elde edilen tohumlar yarı gölge ortamda nem oranları %8–10 oranına düşene kadar kurutulur. Kesinlikle güneşte kurutma yapılmamalıdır. Biber tohumu üretiminde bakım koşullarına göre değişmekle birlikte 8–10 kg/da tohum verimi alınabilir. Bu miktar çeşide göre değişim göstererek 30 kg/dekara kadar çıkabilir. Elde edilen tohumlar sıcak su uygulaması ile veya Organik Tarım Yönetmeliği'nde izin verilen maddelerle muamele edilerek hastalıklardan arındırılır.

Tohum üretimi amacı ile yapılan biber yetiştiriciliğinde hastalık ve zararlılarla daha uzun süre karşı karşıya kalınacağı unutulmamalıdır. Bunun için yönetmeliğin izin verdiği şekilde mücadeleye önem verilmelidir.

Pırasa: Pırasa tohum üretimi açısından iki yıllık bir bitkidir. İlk yıl yeşil aksamı gelişir daha sonraki yılda bitki generatif faza geçerek çiçek sapı, çiçek tablası, çiçekler ve tohum oluşur. Dikim yapılırken çevrede başka pırasa, çiçeklenme gösteren sarımsak ve soğan çeşidinin tohumluk olarak yetiştirilme durumu ve yabancı pırasa bitkilerinin varlığı izolasyon mesafesi şartları doğrultusunda kontrol edilmelidir.

Dikim yapılacak olan tarlada toprak analizine göre uygun dozlarda gübreleme yapılmalıdır. Toprak işlemeden önce çiftlik gübresi ve eksik tespit edilen makro besin maddeleri verilmeli toprak işleme sonra yapılmalıdır.

Pırasada fide dikimi uygun ekolojide Temmuz-Eylül döneminde yapılır. Toprak işleme yapıldıktan sonra dikim, elle ya da fide dikim makinası ile yapılabilir. Dikim; 20*10 cm sıra arası ve üzeri mesafesinde ya da bölgenin nemli olması durumunda daha geniş aralıklarla yapılabilir. Dikim sonrası can suyu verilmelidir. Toprak analizine göre gerekli bitki besin maddesi takviyeleri yetiştirme dönemi boyunca yapılmaya devam edilir. Pazara ticari taze pırasa üretimine göre tohumluk pırasa bitkisi üretiminde bitki besin maddeleri zamanında ve uygun oranda verilmelidir. Tohumluk sebze türlerine ait pırasa, soğan ve havuç gibi kuru çiçekli türler genelde iki üretim sezonu boyunca üretim alanında çevresel koşulların etkisinde kalacağından karşılaşılmaması muhtemel yüksek risk oranı (Groot ve ark., 2006) nedeniyle taze pırasa, soğan ya da havuç üretimine göre daha dikkatli olunmalıdır.

Gelişim aşamasında yalancı gövdenin kalınlaşması ve kuvvetli bitki gelişimi için gelişen bitki yaprakları 30 gün ara ile 2-3 kez büyüme noktasının 10 cm üzerinden budama makası yardımı ile kesilir. Bu uygulama ile bitkinin çiçek sapı oluşturma dönemine mümkün olduğu kadar sağlıklı, gelişmiş ve kuvvetli olarak girmesi teşvik edilmiş olur. Böylece bitkiden elde edilecek tohum verim ve kalite özellikleri de artırılabilir.

Beşirli ve ark. (2006) pırasadan optimum tohum verimini yeşil gübreleme+çiftlik gübresi (sığır, koyun) uygulamalarından aldıklarını belirtmişleridir. Hastalık ve zararlılarla mücadelesinde de bitki besleme uygulamalarında olduğu gibi organik tarıma uygun maddeler kullanılmalıdır. Pırasa üretiminde karşılaşılan zararlılar arasında trips ve toprak kurtları ile hastalıklar arasında yer alan yapraklarda pas etmeni için doğru ve zamanında uygulama yapılmalıdır. Thrips zararı fidelikte başlayabilir. Bitkiler kontrol edilerek fidelikte iken önlem alınması söz konusu zararlı ile arazide mücadele etmekten daha kolaydır. Bu etmenlerle mücadelede mutlaka sertifikasyon kuruluşunun bilgisi dahilinde uygulama yapılmalıdır.

Pırasa yaklaşık 2 m'ye kadar çiçek sapı oluşturmaktadır. Bu sapın ucunda çiçekler soğanda olduğu gibi bir top (demet) şeklinde bulunmaktadır. Ancak çiçek toplarının büyüklüğü soğandan fazladır (Şekil 4). Her bitki tek çiçek sapı ve demeti oluşturmakta ve tohumlar bir zar içinde gelişmektedir. Tohumlar olgunlaştıklarında zar kısmı yırtılır ve siyah renkli tohumlar görülmeye başlanır. Genelde pırasa bitkisi çiçek demetini ve sapını dik olarak tutabilmektedir. Pırasa tohum başlarında olgunlaşma ilerlerse tohumlar dökülmeye başlar ve önemli oranda tohum kaybı oluşabilir. Bu nedenle tohumluk başlar çok fazla olgunlaşmadan hasat yapılmalıdır. Hasat yapılırken tohumların bulunduğu top 10–15 cm sap ile kesilerek kuru ve gölge bir yere serilir ve burada kurumaya bırakılır. Sergi alanında tohumlar kendiliğinden de dökülür ancak hepsini çıkarabilmek için harmanlanması gerekmektedir.



Şekil 4: Organik koşullarda yetiştirilen ve tohumluk hasat olgunluğuna ulaşmış pırasa bitkileri ve çiçek/tohum başları

Pırasada tohum verimi bazı çalışmalarda 50–90 kg/da olarak belirtilmektedir (Bayraktar, 1976; Vural ve ark., 2000). Yapılan bir çalışmada organik koşullarda yetiştirilen pırasalardan 76–91 kg/da tohum alınabilmektedir (Beşirli ve ark., 2006).

Hasat edilerek harmanlanan ve selektörden geçirilen tohumlar serin ve kuru bir ortamda depolanmalıdır. Bu koşullarda pırasa tohumları 3 yıl canlılıklarını yitirmeden depolanabilmektedir.

5. ORGANİK SEBZE TOHUMU ÜRETİMİNDE EKİM NÖBETİ UYGULAMASI

Ekim nöbeti; üretim sezonuna bağlı olarak aynı toprak üzerinde farklı türlere ait bitkilerin ya da sebzelerin yetiştirilmesidir. Tohumluk üretiminde ekim nöbeti planlaması, toprak yapısının korunması, aynı türde hastalık oluşturan ve zarar yapan etmenlerin yaşam döngülerinin kırılması, üretilen çeşidin safiyetinin korunması bakımından önemlidir (Bayraktar, 1976; Beşirli ve ark., 2013).

Organik bitkisel üretimin her aşamasında olduğu gibi organik sebze tohum üretiminde de ekim nöbeti planlaması yapılması zorunlu kılınmaktadır. Ekim nöbeti ya da münavebe planlaması, organik tarımda öncelikli uygulamalar arasında yer alır. Çünkü organik bitkisel üretimdeki ekim nöbeti uygulanması zorunluluğu yasal çerçevede (TC: 01.12.2004 tarih ve 5262 sayılı kanun ve 18.8.2010 tarih ve 27676 sayılı yayınlanan, 18 Kasım 2010 tarihinde yürürlüğe giren yönetmelik ve ekleri, Avrupa Topluluğu=EU; 834/2007 sayılı

yönetmelik) açık bir şekilde ifade edilmiştir (Anonim, 2010). Yönetmelikte, bitkisel ürünlerin yetiştirilmesinde; toprak verimliliğinin artırılması ve devam ettirilmesi için, ekim nöbeti uygulamaları ve ekim nöbetinde yeşil gübreleme, derin köklü bitkilere ve çapa bitkilerine yer verilmesi, hastalık, zararlı ve yabancı otların kontrolü amacıyla da uygun ekim nöbeti programı hazırlanması gerektiği belirtilmektedir (Duman ve Aksoy, 2024).

Ekim nöbeti programlarında, söz konusu sezonda üretilen bitki esas alındığında, kendisinden önceki yetiştirme periyodunda üretilen bitkiye ön bitki, kendisinden sonra gelen sezonda yetiştirilecek bitkiye ise art bitki adı verilir. Tohum üretiminde sebze türlerinin birbirine göre ön ve art bitki olma durumu çeşitlerin safiyetinin korunması için önemlilik arz ederken bitkiler arası allelopatik etkileşim bakımından da önemlidir. Birbirinin ardı sıra yetiştirilen bitkiler, bir önceki bitkinin yetiştirme periyodu süresince ortama saldıgı biyokimyasal maddeler ve yetiştirme periyodu sonunda toprakta kalan bitki artıklarının parçalanması aşamasında ortama salınan maddelerden olumlu ya da olumsuz etkilenir. Bitkiler arası bu etkileşime “allelopati” adı verilir. Bitkilerin ekosisteme bıraktıkları maddelere ise “allelokimyasal” maddeler adı verilir (Shaukat ve ark., 2003). Bu maddelerin kendisinden sonra gelen bir diğerk bitkiye etkisi tohumlarının çimlenmesi, gelişimi ve verimliliği üzerine olumlu etkisi olabildiği gibi olumsuz etki de yapabilmektedir. Bu nedenle üretim planı yaparken, bitkilerin sıralamasında tohum safiyetinin korunmasının yanında allelopatik etki de göz önünde bulundurulmalıdır. Sebze türlerinin tohum üretim sürecinde birbirine ön ve art bitki olabilme özellikleri Tablo 4’de verilmiştir (Beşirli ve Sönmez, 2018; Duman ve Aksoy, 2024).

Tablo 4: Bazı sebze türlerinin tohum üretiminde önerilen ön bitki ve art bitki türleri örnekleri.

Tür	Ön Bitki	Art Bitki
Ispanak	Patates, bezelye, fasulye, havuç, karnabahar, lahana ve Salatalar	Bezelye, fasulye, Kabakgiller, domates, patates, lahana ve soğan
Lahana	Lahanalar dışındaki tüm sebze türleri	Domates, fasulye, salatalar, Kabakgiller, turp, pırasa, bezelye
Fasulye	Patates, domates, kırmızı pancar, maydanoz, havuç, ıspanak, lahana, soğan	Bütün sebze türleri, Lahanagiller
Hıyar, Kavun, Karpuz	Domates, patates, lahana, şalgam, soğan, ıspanak, turp, salatalar	Salatalar, ıspanak, lahana, soğan
Domates, Patlıcan	Hıyar, lahana, kereviz, şalgam, Baklagiller	Ispanak, havuç, bezelye, fasulye, bakla, kereviz
Biber	Kabakgiller, Baklagiller, Salatalar, ıspanak, turp	Ispanak, havuç, bezelye, fasulye, bakla, kereviz

Organik sebze üretiminde, sebzelerin yüksek bitki besin maddesi ihtiyacı olması ve uygun iklim koşullarında (Çukurova, Amik ovası, Bafra ovası, Menderes, Gediz ve Bakırçay havzaları gibi) aynı alandan yılda 2-3 ürünün alınabilme özellikleri nedeniyle ekim nöbetinin öncelikli ele alınması gerekmektedir. Çünkü sebzelerin farklı kök derinliklerine sahip olması, tüketilen kısımlarına bağlı olarak topraktan kaldırdıkları besin maddelerinin farklı olması, toprağa değişik oranlarda atık bırakmaları, genelde çapa bitkisi olmaları nedeniyle toprağın fiziksel yapısının korunmasına yardımcı olmaları ve belirli sebze türlerinin toprağa azot sağlamaları organik sebze üretiminde münavebe uygulamasını zorunlu kılmaktadır. Organik sebze üretiminde yapılacak doğru ve uygun münavebe planlaması ile,

- Toprak verimliliğinin korunması ve yükseltilmesi,
- Toprağın organik madde içeriğinin korunması ve artırılması,
- Topraktaki besin maddelerinin devamlılığının sağlanması,
- Hastalık, zararlı ve yabancı ot yönetiminde başarının artırılması,

- Toprak erozyonunun engellenmesi sağlanabilecektir.

Organik sebze üretiminde olduğu gibi tohum üretiminde de uygun ekim planlaması yapılması önemlidir. Çünkü farklı familyalara ait, farklı bitkisel özellik gösteren ve farklı kök derinliğine sahip sebzelerin toprak ve iklim istekleri de farklıdır. Bazı sebze türleri derin köklü (domates, biber, kabak), bazıları ise yüzeysel (marul, salata, ıspanak) köklüdür. Lahana, ıspanak, marul ve pırasa gibi bazı sebze türleri kış aylarında üretilir ki bu türler serin iklim sebzesi olarak tanımlanırken, domates, biber, karpuz bamyası, fasulye ve hıyar gibi türler ise yazlık sebzeler grubunda yer alırlar ve yaz aylarında yetiştirilirler. Organik sebze üretiminde ekim planlaması, organik tarım esasları çerçevesinde sebze türlerinin özellikleri dikkate alınarak hazırlanıp uygulanmalıdır (Beşirli ve ark. 2004). Şekil 5’de Yalova koşullarında yürütülen organik sebze tohumu üretiminde ekim nöbeti uygulaması (domates+pırasa+karpuz+lahana tohumu üretimi) örneği gösterilmiştir.



Şekil 5: Yalova Koşullarında Yürütülen Organik Sebze Tohumu Üretiminde Ekim Nöbeti Uygulamasından Görünüm

Organik sebze tohumu üretiminde münavebe planı hazırlanırken,

- Derin köklü sebzeler (domates, patlıcan, lahana vb.) ile yüzlek köklü sebzelerin (pırasa, soğan, marul vb.) arka arkaya getirilmesi,
- Azot tüketimi fazla olan türler (patates, mısır vb.) ile toprağa azot kazandıran türlerin (fasulye, bezelye, bakla vb.) arka arkaya getirilmesi,
- Su tüketimi fazla olan türler (domates, hıyar vb.) ile su tüketimi az olan türlerin (bezelye, pırasa vb.) arka arkaya getirilmesi,
- Yetiştirme periyodu süresinde salgıladıkları toksinlerle toprağı kirleten türlerden (mısır, domates vb.) sonra toprağı temizleme özelliğinde olan türlerin (fasulye, bakla vb.) arka arkaya getirilmesi,

- Yetiştirme döneminde yavaş gelişen türlerden (domates, soğan, pırasa vb.) sonra hızlı gelişen türlerin (hıyar, marul, ıspanak, yeşillik sebzeler vb.) getirilmesi,
- Aynı familyada yer alan sebzelerin veya türlerin arka arkaya getirilmemesi, (örneğin *Solanaceae* familyası türleri 3 yıl arka arkaya getirilmemeli) konularına özen gösterilmelidir. Bu bakımdan organik sebze üretiminde farklı familyalara ait sebze türlerinin bu özellikleri dikkate alınarak yapılacak ekim nöbeti programında ayrıca,
- Sebze türleri dışındaki tarla bitki türlerinin de planda yer alması,
- Sulu tarım yanında belirli aralıklarla susuz tarıma uygun türlerin planda yer verilmesi,
- Ana üründen sonra belirli aralıklarla yeşil gübreleme amaçlı fiğ, fiğ+arpa, kolza, arpa, çavdar gibi türlerin münavebe planına alınması da önerilmektedir.

Ege ve Akdeniz bölgeleri gibi yaz ve kış dönemlerinde farklı sebze türleri ile tahıl veya endüstri bitkilerinin üretiminin yapılabilmesi durumunda mutlaka farklı familya grubu sebzelerin arka arkaya getirilmesi gerekmektedir. Özellikle lahana, karnabahar ve brokoli gibi kışlık sebze türlerinin arkasından getirilen yazlık sebze türlerinde önemli oranda başarı sağlandığı belirlenmiştir (Nazik, 2007). Bu nedenle aynı alanda yapılacak üretimde; üretim alanı ve üretilen tür sayısına göre farklı büyüklükte parselasyon yapılmalı ve türlerin üretimi bu alanlara dağıtılmalıdır. Ayrıca üretim programı içerisinde 2-3 yılda bir yeşil gübreleme uygulamasına yer verilmelidir. Bu programa ek olarak da tahıl grubu ile kuru (susuz) tarım yapılması da parsellerdeki özellikle yabancı ot popülasyonunun azaltılmasına destek sağlayacaktır (Duman ve ark., 2019).

Organik sebze yetiştiriciliğinde olduğu gibi tohumluk üretiminde de toprak kökenli hastalık ve zararlı yönetiminde başarılı olabilmek için zaman izolasyonu uygulamak gerekir. Bu zaman diliminin, genellikle baklagil türleri için en az iki yıl, diğer türler için üç yıl olması önerilmektedir (Anonim, 1999; Anonim, 2008).

Organik sebze tohumu üretimi yapılması planlanan bir tarlada arka arkaya getirilemeyecek sebze türleri ve uygulanması önerilen zaman izolasyon süreleri Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5: Sebze Türlerinin tohum üretiminde arka arkaya getirilmeyecek türler arasındaki izolasyon süreleri (Anonim, 1999; Anonim, 2008).

Sebze türü	İzolasyon süresi (yıl)	Tohum üretiminde arka arkaya getirilmeyecek türler
Acur	1	Acur ve hıyar
Bakla	2	Bakla
Bamya	3	Bamya, ebegümeci, gülhatmi
Bezelye	1	Fasulye, bezelye, börülce
Biber	3	Domates, biber, patlıcan
Börülce	1	Fasulye, bezelye, börülce
Dereotu	1	Dereotu
Domates	3	Domates, biber, patlıcan
Fasulye	1	Fasulye, bezelye
Havuç	2	Havuç, yabani havuç, kereviz, maydanoz
Hıyar	3	Hıyar, kabak, kavun, karpuz, acur, kudret narı
Ispanak	2	Ispanak
Kabak	3	Hıyar, kabak, kavun, karpuz, acur, kudret narı
Karnabahar	3	Lahanalar, turp, yabani turp, yabani hardal, kolza, karnabahar
Karpuz	3	Hıyar, kabak, kavun, karpuz, acur, kudret narı, kivano
Kavun	3	Hıyar, kabak, kavun, karpuz, acur, kudret narı
Kereviz	2	Kereviz
Kuşkonmaz		Şart yok
Lahana	3	Lahanalar, turp, yabani turp, yabani hardal, kolza, karnabahar, brokoli
Maydanoz	2	Maydanoz
Patlıcan	3	Domates, biber, patlıcan
Pazı	2	Pazı
Pırasa	3	Sarımsak, soğan, pırasa
Roka	3	Roka
Salata-Marul	2	Baş salata, kıvırcık salata, marul
Kırmızı pancar	2	Şeker pancarı, pazı, kırmızı pancar
Semizotu	1	Semizotu
Soğan	3	Sarımsak, soğan, pırasa
Tere	3	Tere
Turp	3	Turp, lahana türleri

Organik bitkisel üretimde hastalık/zararlı yönetimi için kullanılması önerilen organik sertifikalı preparat olsa bile ekosistemi koruma amaçlı bütünsel yaklaşım ile kültürel tedbirlerin alınması önerilir. İşte bu nedenle sebze tohum üretiminde de, zaman izolasyonu yapmak çeşit safiyetini korumanın

yanında hastalık ve zararlı yönetiminde başarıyı artırmaktadır. Tablo 5’de verilen zaman izolasyonu hem toprağın dinlenmesi hem de hastalık etmenlerinin yaşam döngüsünün kırılması bakımından önemlidir.

Organik sebze tohumu üretiminde yapılması zorunlu olan tarla muayenesinde, çeşit safiyeti kadar, tohum ile taşınan hastalık etmenleri ile bulaşık bitki sayısının varlığı da kontrol edilmelidir. Sebze türleri bazında, hastalıkların arazide izin verilen görülme olasılığı üretilen tohumluğun orijinal kademedede olması durumunda %0, sertifikalı kademedede olması durumunda ise en fazla %2’dir.

6. ORGANİK SEBZE TARIMI VE ÇEŞİT KULLANIMI

Organik sebze tarımında hem açıkta tozlanan (standart) çeşitlere ait tohumlar hem de hibrit çeşitlere ait tohumlar kullanılabilir. Ancak tüketicilerin yine açıkta tozlanma özelliğindeki eski yerel çeşitlere olan talebinin yüksek olması bu çeşitlerin de tekrar üretim planına alınmasını sağlamıştır. Yani günümüz organik sebze tarımı başlangıcında üretime hibrit, açık tozlanan ve yerel çeşitlere ait tohumlar ile başlandığı söylenebilir.

Açıkta tozlanan çeşit tohumu; sebzecilik faaliyetlerinin başladığından günümüze kadar üretimde kullanılan, belirli sertifikasyon kurallarını içeren yöntemlerle üretilen, üreticiler tarafından genelde 3-5 yıl sürekli kullanılabilen, gerekli izolasyon kurallarının uygulanması halinde sürekli kullanılabilen tohumlardır. Bu tohumların tercihinde, gereken tohum kalite özelliklerinin sağlanması önem taşımaktadır. Üretimde kullanılacak açık tozlanan çeşit tohumunun erken, homojen ve yüksek oranda çimlenme ve çıkış gücü, hastalık ve zararlılardan temiz, yüksek vigor, yüksek fiziki safiyet ve genetik safiyet oranı başta olmak üzere gereken tohum kalite özelliklerini taşıması gerekmektedir. Günümüzde domates, biber, patlıcan, kabak, kavun, karpuz, salata-marul, kereviz, pırasa, soğan, fasulye, bamya ve turp başta olmak üzere çoğu sebze türünde açık tozlanan çeşitlere ait tohumlar kullanılmaktadır.

Hibrit çeşit tohumu; üstün özelliklere sahip ebeveynlerin homozigotlaştırıldıktan sonra melezlenmeleriyle elde edilen döllere alınan tohumlardır. İkinci generasyonda elde edilen üstün özelliklerinden büyük çapta sapmalar gösterdikleri için 2. yıl üretimde kullanılamazlar. Her yıl üretici kuruluştan yeniden temin edilmeleri zorunludur. Bu çeşitlere ait tohumların yüksek verim ve kalite özellikleri (kuru madde, lycopen ve besin değeri vb.)

taşımaları, belirli hastalık ve zararlılara dayanıklılık göstermeleri, ekstrem sıcaklıklarda meyve tutabilme özellikleri ve stres koşullarına yüksek adaptasyon özelliklerine sahip olmaları nedeniyle günümüzde üreticilerce yüksek oranda tercih görmektedirler. Özellikle organik sebze yetiştiriciliğinde karşılaşılan kısıtlı uygulamalar nedeniyle, yüksek kalite özellikleri sayesinde bu çeşitlere ait tohumların tercihi neden olmaktadır. Bu tip tohumlardan elde edilen bitkilerin belirli hastalık etmenlerine (viral, bakteriyel vb.) ve zararlılara (nematod vb.) dayanıklılık gösterme özellikleri, organik yetiştiricilikte üreticilerin tercih nedeni olmaktadır. Günümüzde domates, biber, karpuz, lahana, karnabahar, brokoli, ıspanak başta olmak üzere çoğu türün organik üretiminde büyük çaplı hibrit çeşitlere ait tohumlar kullanılmaktadır. Çünkü ticari üretim yapan organik sebze üreticileri öncelikle verim ve kalite özellikleri yüksek, hastalık ve zararlılara dayanıklı, nakliye ve pazar koşullarına dayanıklı hibrit çeşitleri öncelikle tercih etmektedirler. Çünkü bu çeşitlerin hem yüksek verimli olmaları hem de özellikle belirli hastalıklara dayanımları üreticilerin daha az sorunla karşılaşmalarını sağlamaktadır.

Yerel çeşit tohumu; çeşitli nedenlerle bulundukları bölgeye ulaşmış olan ve burada yetiştirilmeye başlanan, bulunduğu bölgede uzun zamandır yetiştirilen yerel ya da köy çeşidi diye tanımlanan çeşitlere ait tohumlardır. Bu çeşitler yetiştirildiği bölgelere uygun olarak evrimleşmişler yani adapte olmuşlar, bölge üreticilerince de zaman zaman selekte edilmişlerdir. Açık tozlanan çeşitlerde olduğu gibi bölge üreticileri tarafından tohumları alınarak ertesi yıl üretimde kullanılmaktadır. Üreticiler kendi aralarında bu tip tohumları takas etmektedir. Ayrıca günümüzde zaman zaman düzenlenen “*tohum takas şenliklerinde*” de bu tip tohumların üreticiler arasında dağılımının sağlandığı görülmektedir.

Ancak hem açık tozlanan çeşit hem de hibrit tohumlarda olduğu gibi bu tohumların üretiminde gereken koşulların sağlanmaması nedeniyle tohum kalite özelliklerinin varlığından söz edilemez. Bu nedenledir ki bu tip tohumların üretimde kullanılması halinde çok dikkatli olunması gerekmektedir. Özellikle takas uygulamalarında bu tip tohumlar aracılığı ile tohumla taşınabilen hastalık etmenlerinin üretim alanlarında yaygınlaşmasına sebep olduğundan dikkatli olunması gerekmektedir.

Bu çeşitlerin verim değerleri düşük olabilir, şekli bozuk ekstrem iriliklerde meyve oluşturabilirler, homojen meyve şekli taşımazlar. Ancak bu

çeşitlerin albenisi yüksek, tat ve aromaları çok iyidir. Ayrıca susuz yetiştiriciliğe uygun özellik de taşıyabilirler.

Günümüzde kavun, enginar, biber, patlıcan, kabak, domates, bamya, karpuz gibi türlerde belirli bölgelerde halen bu çeşitlerle organik üretim yapıldığı görülmektedir. Kırkağaç kavunu, Yamanlar domatesi, Ayaş domatesi, Çeşme kavunu, Yamula patlıcanı, Manisa patlıcanı, Karacabey soğanı, Samandağ biberi, Göçmen biberi vb. gibi yerel çeşitler organik sebze üretim faaliyetlerinde kullanılmaktadır. Bu açıdan yapılan değerlendirmede organik tarım faaliyetlerinin benzer köy çeşitlerinin üretimdeki sürdürülebilirliğine olan katkısının da büyük olduğu unutulmamalıdır.

Diğer yandan Avrupa Birliği 848/2018 yönetmeliğinde belirtildiği şekliyle Ocak 2022’den itibaren, Avrupa Organik Tarım Yönetmeliğinde (AB, 2018/848), bütün bitkisel türlerde “Heterojen genetik materyal” tohumlarının tespit edilmesi, üretilmesi ve sertifikalandırılması imkanı tanınmış, bu materyalin organik tarımda kullanımına izin verilmiştir. Böylece, organik yetiştirme koşullarına ve belirli coğrafi bölgelere adapte olabilen yeni heterojen kültür çeşitlerinin hızlı ve etkin bir şekilde geliştirilme olanağı sağlanmıştır (Castro-Pacheco ve ark., 2022)

Belirtilen heterojen popülasyonlar heterojen özellikleri nedeniyle diğer ıslah çeşitlerinden farklıdır. Bu materyaller dinamik popülasyonlardır, küresel iklim değişimine adaptasyon özellikleri yüksektir, organik tarım ve düşük girdili tarım sistemlerinde yüksek performans gösterebilmektedirler. Ayrıca biyotik stres faktörlerine daha dayanıklıdır ve ekosistem sürdürülebilirliğinin artırılmasına katkı vermektedirler. Ancak bunlarda çimlenme oranları yüksek ve hastalıklardan temiz olma şartları ile kayıt altına alınma koşulu aranmaktadır.

7. ORGANİK SEBZE TOHUMCULUĞUNUN GELECEĞİ

Bitkisel üretimde yeşil devrim döneminin olumsuz etkilerinin azaltılması ve ortadan kaldırılması amacı ile tüm dünyada uygulanmaya çalışılan sürdürülebilir tarım uygulamaları arasında yer alan organik tarım faaliyetlerinin katkısı çok büyüktür. Yeşil devrim dönemi uygulamaları başta olmak üzere bilinçsiz sanayileşmenin neden olduğu sera gazı ve bunun etkisi ile değişen iklim koşullarının olumsuz yansımaları da dikkate alındığında bitkisel üretimin

büyük tehlike altında olduğu aşikârdır. Bu nedenledir ki sürdürülebilir tarım tekniklerinin ve organik tarımsal faaliyetlerinin günümüzde artırılarak devam ettirilmesi önem taşımaktadır. Kaldı ki gelişmiş dünya ülkelerinin çabası ile yürürlüğe konulan Kyoto protokolü çerçevesinde atmosfere salınan karbon miktarının 1990'lı yıllardaki seviyeye düşürülmesi zorunluluğu, 2019 yılında Avrupa Komisyonu (EC) tarafından sunulan European Green Deal (EGD)-*Avrupa Yeşil Mutabakatı*, Avrupa'nın 2050 yılına ilk karbon nötr kıta haline gelmesini amaçlayan, yeni ve sürdürülebilir büyüme stratejisinin yol haritasını ortaya koyan bir araçtır. Bu mutabakat çerçevesinde 2030 yılına kadar kimyasal pestisitlerin kullanımı ve riskinin yanı sıra daha tehlikeli pestisitlerin kullanımını %50 oranında azaltmak için AB düzeyinde yasal olarak bağlayıcı hedefler konulması çabası tehlikenin büyüklüğüne işaret etmektedir (Hanedar ve ark., 2023).

Buna rağmen ülkemizdeki son bitkisel üretim verileri incelendiğinde organik sebze üretim miktarında önemli oranlarda bir artışın olmadığı, buna bağlı gelişen organik tohum talebinin de düşük oranda kaldığı ya da hiç olmadığı görülmektedir. Ancak ülkemizin organik ürün ihracat şansının yüksek olduğu, bunun iyi değerlendirilmesi gerektiği, bunun için de zaman geçirmeden organik sertifikalı tohum üretimine ve üreticilerce de sertifikalı tohum kullanımının sağlanması yönünde çalışmalara hız verilmesi gerekmektedir.

Diğer yandan günümüzde organik sebze üretimi yapan üreticilerin organik sertifikalı ve geçiş sertifikalı tohum bulamamaları durumunda “Organik Tarım Kanunu” 10. Maddesinde belirtilen “Organik Tohum bulunamadığı durumlarda konvansiyonel koşullarda üretilmiş ancak Ek-2 de izin verilen preparatlar dışında bir kimyasal ile muamele görmemiş tohumları” Kontrol ve Sertifikasyon Kuruluşlarının bilgisi dahilinde kullanabildikleri bilinmektedir. Bu bilgiler ışığında, çoğu organik sebze üreticisinin başlangıç materyali tohumu; kendilerinin organik sertifikalı sebze üretiminden, bazı üreticilerin de kamu veya az sayıdaki özel tohum kuruluşlarından sağladığı, buna karşın çok sayıdaki üreticinin ise konvansiyonel üretimden gelen tohumlardan sağladığı görülmektedir.

Günümüzde organik sertifikalı tohuma olan talep azlığı nedeniyle özel sektörün “*organik sertifikalı*” tohum üretimine ilgi göstermediği de bilinmektedir. Ancak ülkemizde çok sayıdaki açık tozlanan çeşit (standart) tohumu üretimi yapan yerli tohum firmalarının organik tohum üretimi

açısından şanslı oldukları da göz ardı edilmemelidir. Ayrıca günümüzdeki tohum ithalatının yüksek maliyeti de bu şansını desteklemektedir. Yine Organik Tarım kanunu 10. Madde b bendinde belirtilen “Konvansiyonel üretimden gelen ancak Ek-2 de izin verilen preparatlar dışında bir kimyasal ile muamele görmemiş tohumların” Kontrol ve Sertifikasyon kuruluşlarının bilgisi dahilinde kullanabilme izninin, Avrupa Birliği tarafından da bu uygulamaya yönelik son tarih belirlenme olasılığına karşılık hazırlıklı olunması açısından özel tohum kuruluşlarının “*organik tohum üretimi için devlet desteği*” ile teşvik edilmesinin organik tohum üretimini teşvik edeceği” görüşü de dikkate alınmalıdır. Günümüzdeki sertifikasız tohumlarla yapılan ya da konvansiyonel koşulda üretilen ve kimyasal muamele görmemiş tohumların kullanımı yerine “Tohumculuk Kanunu” ve “Organik Tarım Kanunu” sertifikasına sahip tohumların üretim programına alınması gerekmektedir. Yani ilgili mevzuatın kolay yönüne başvurulmaması, zaman geçirmeden organik sertifikalı tohum üretiminin ve kullanımının zorunlu hale getirilmesi gerekmektedir.

8. ORGANİK SEBZE TOHUM ÜRETİMİNİN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK ÖNERİLER

Bitkisel üretimin başlangıç noktası tohumdur. Kaliteli tohum ile üretime başlanması da verimlilikte ve kaliteli üretimde önemli bir gerekliliktir. Organik tarımın en önemli girdileri arasında yer alan tohumun da organik sertifikalı olması halinde, üretimin her aşamasının organik tarım felsefesi kapsamında gerçekleştirilmesinin sağlanarak ürün kalitesinde önemli iyileşmeler sağlanabileceği ve üretici açısından da organik bitkisel üretimi daha karlı hale getireceği düşünülmektedir. Organik tarım mevzuatı, organik tohum kullanımını ön görmekle birlikte ülkemizde organik tohum üretiminin çok yetersiz olması nedeniyle mevzuatta yer alan istisna maddesi kapsamında konvansiyonel tarımdan gelen ancak, kimyasal işlem görmemiş tohumun kullanılmasına izin verilmektedir. Ancak AB ülkelerinde organik tohum üretimi konvansiyonel tohum üretimi ile paralel gelişme gösterirken, ülkemizde organik tohum üretimi yapan kuruluş sayısında arzu edilir bir gelişme yoktur. Örneğin Teles ve ark. (2019), Brezilya'da organik sebze üretiminde son yıllardaki hızlı gelişmenin organik kaynaklardan elde edilen tohumlardan kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir.

Ülkemizde hâlihazırdaki uygulamada organik sebze üretiminde kullanılan tohumluklar, yaygın olarak ya ürün üreticilerinin kendileri tarafından üretilmek suretiyle ya da yürürlükte olan yönetmelik hükümlerine uygun olarak işletme dışından temin edilmektedir. Ancak bu üretim ve temin yöntemi ile kullanılan tohumluklar gerçek tanımı itibarıyla “Organik Tohum” kavramını karşılamamaktadır. Bu nedenledir ki organik sebze tarımı üreticilerinin, hem 5262 sayılı Organik Tarım Kanunu gereği “Organik Sertifikalı” hem de 5553 sayılı “Tohumculuk Kanunu” gereği olan “Sertifikalı Tohumluk” özelliklerine sahip olan tohumlara ihtiyaçları vardır.

Organik tohum üretimi maliyetli ve emek yoğun bir çabadır. Günümüzde üreticilerin organik sertifikalı tohum talebinin az olması ve tohum üretim maliyetinin yüksek olması nedeniyle, tohum sektörünün üretim projeksiyonunu ortaya koyabilmesi için organik tarım sektörünün ihtiyaç duyduğu tohum miktarının (sebze ve tarla bitkileri/ürün bazında) belirlenmesine ihtiyaç vardır.

Yerel çeşitlerin üretilmesi ve kayıt altına alınmasına dair yönetmelik’in (03.09.2019 Tarih ve 30877 Sayılı Resmi Gazete) çıkarılması ile ülkemizde yerel çeşitlerin korunmasına yönelik önemli bir adım atılmıştır. Yurt içinde faaliyet gösteren, organik bitkisel üretim yapan üreticilerin tohum temin etmede, tohum takas şenlikleri önemli bir kaynak durumundadır. Ancak, yerel çeşitlere ait tohumların safiyetinin korunması, üreticilerin bu konularda bilinçlendirilmesi ve yerel çeşitlerin aslını koruyarak devamlılığının sağlanması için Tarım ve Orman Bakanlığınca konu bazında projelerin oluşturulması ile kontrolsüz tohum takasının önüne geçilmesi ve üreticilerin bu konuda eğitilmesi gerekmektedir.

Günümüz organik tohum talebinin rakamsal boyutta belirlenmesinde yarar vardır. Bunun için organik tohum temin kaynaklarının belirlenmesi, tohum üreticilerinin ve kullanıcılarının karşılıklı olarak kullanabilecekleri “organik tohum veri tabanının” oluşturulması üretimi teşvik edecektir. Örneğin; AB ülkelerinde organik tohum üreticilerinin yer aldığı veri tabanı mevcuttur. Buna karşın ülkemizde ise en büyük eksiklik böyle bir veri tabanının olmamasıdır. Böyle bir veri tabanı oluşturulması ile organik tohumculuk sektörünün güçlenmesine katkı sağlanabilecek, organik tohum kullanımı artacak ve yaygınlaşacaktır. Ayrıca bu veri tabanı organik tohum kullanımına ilişkin mevzuatın gerekliliklerinin yerine getirilmesine de katkı sağlayacaktır.

(Anonim, 2017). Diğer yandan organik sertifikalı tohumu kullanan üreticilere de ilave destek verilmesi tohum sektörüne katkı sağlayacaktır.

Tohum üretimi için gerekli yasal izolasyon mesafeleri nedeniyle geniş üretim alanlarına ihtiyaç duyulduğundan devlete ait Tarım İşletmeleri arazilerinin bir kısmının organik tohum üretimine ayrılması ve bu konuda özel tohum sektörüne destek verilmesinde yarar görülmektedir.

5262 Sayılı Organik Tarım Kanunu, Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelikte “tüm döl kademelerini içerecek şekilde organik tohum üretimi, organik tohumların depolama koşulları (tohum nemi, depo ortamının sıcaklığı, ortam nemi, vb.) tohum depolarının yapıları ile ilgili kuralların belirlenmesi ve yönetmeliklerin hazırlanmasında yarar vardır (Anonim, 2017).

Organik tohum çeşitliliğinin artırılması, özel sektör için ulusal tohum ihtiyacının karşılanması yanı sıra uluslararası pazarlara organik tohum ihracatı açısından iyi bir fırsat olabileceği düşünülmektedir. Örneğin günümüzde bu konuda faaliyet gösteren özel sektör kuruluşlarının benzer amaçlı çalışmaları teşvik edilmelidir.

Düzenlenecek toplantı ve eğitimlerle organik tohum üretimi potansiyeli olan tohum kuruluşları ile organik sebze üreticilerinin bir araya getirilmesi, iki sektör arasındaki ticaretin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Ülkemizde organik tohum üretimi, ithalatı ve pazarlanmasını yönlendiren mevcut mevzuat yeterli görülmekle birlikte, hâlihazırdaki yönetmelikte yer alan “*Tohum Temin Yöntemleri*” devam ettiği sürece, gerçek anlamda organik tohuma talep olmayacağı da aşikardır. Dolayısıyla gelişen durumlara göre gerekli görülmesi halinde geçiş döneminde ve giderek nihai durumda ulusal şartlara ve aynı zamanda uluslararası kabullere uygun mevzuat değişiklikleri yapılmalı veya yeniden hazırlanmalıdır.

Organik tohum üretmek isteyen kuruluşlara organik tarım mevzuatı, üretim kuralları, kontrol ve sertifikasyon sistemi konusunda Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından eğitim verilmesi üretimi teşvik edecektir. Organik tohum üretiminde bulunacak potansiyel firmalar ve daha da önemlisi organik ürün üreticileri, yapılacak eğitimlerle organik tohum kullanımına yönlendirilmelidir.

Ülkemizin birçok bitkisel tür için gen merkezi olduğu düşünüldüğünde, tohumculuk sektörü için bitkisel tohumluk kaynağı olarak yerel gen

kaynaklarının kullanılabilmesi mümkündür. Bu yöntem kullanılarak konu üzerinde küresel düzeyde önde gelen tohum kuruluşları ile rekabet edebilecek yerli tohum kuruluşlarının üretimlerini arttırarak devam etmesi için desteklenmesi üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. Bu hedefe ulaşılabilmesi için özel sektör tohumculuk firmalarına veya organizasyonlarına destek olunabilmesi için Tohumculuk Kanunu'nda sektör lehine bazı düzenlemelerin yapılması bir zorunluluktur (Bağcı ve Özer, 2021).

9. SONUÇ

Organik tarım, üretiminin her aşaması çevreye dost teknikler ile yapılan bir üretim tekniğidir. Üretimin başlangıç materyali olan çoğaltım materyalleri, günümüzde henüz yeterli miktarda bulunamadığı için konvansiyonel tarım koşullarında üretilen materyal ile karşılanıyor olması mevcut mevzuat çerçevesinde uygun olmakla beraber organik tarım felsefesine ters düşmektedir. Ülkemiz organik ürün pazarında bu durum önemli sıkıntı yaratmamakla beraber, çoğaltım materyalinin de organik tarım koşullarında üretilmiş olmasını şart koşan bazı ithalatçı ülkelere (ABD, Japonya vb.) ürün pazarlamada sorun oluşturmaktadır. Bu nedenle ülkemiz koşullarında da başta tohumculuk sektörü olmak üzere fide ve fidan sektörlerinin de bu konuda yatırım yapmaları desteklenerek organik tarım ilke ve felsefesi doğrultusunda üretimin bütüncül olarak organik sertifikalı olması sağlanmalıdır. Çünkü yaşam alanımız olan doğada diğer canlılar ve insan arasında bulunan dengenin korunması ve sürekliliğine yönelik hedeflere, doğal kaynakların korunması ve her sektörde sürdürülebilirliğin sağlanması ile ulaşılabilir. Organik tohum üretimi ve kullanımı da bu hedeflere ulaşmada önemli bir adımdır.

Günümüzde insan ve çevre sağlığı bilinci artmakta ve bu bilinç ile beraber organik ürünlere olan talep de artmaktadır. Talebin karşılanabilmesi için üretimin artırılması, üretimin artırılabilmesi için de hem özel hem de kamu kuruluşlarının yeni çeşit ıslahı ve tohum üretim çalışmalarına hız vermeleri gerekmektedir. Organik tarımda üretime verilecek desteklerin yanında ucuz girdi desteği, kredi kolaylıkları, vergi indirimi ve benzeri mali desteklerin verilmesi; organik tohum üretiminin artırılmasına katkı sağlayacak önemli adımlar olacaktır. Aksi durumda, organik ürün üreticileri tohum gereksinimlerini öncelikle kendileri karşılamayı tercih edeceğinden organik üretimin bugünkü çizgisinden ileriye gidemeyeceği görüşü öne çıkmaktadır.

Çünkü bugün ülkemizde mevcut olan organik tohum üretimi genelde açık tozlanan çeşitler ile yapılmaktadır. Bu durum yerelde üreticinin tohum alarak bu tohumluğu sürdürülebilir olarak kullanması bakımından önemlidir. Ancak üretici elinde bulunan bu çeşitlerin safiyetinin korunmasına yönelik önlemleri almadığı için en önemlisi de bu önlemleri bilmediği için her geçen yıl tohum kalitesinde önemli bozulmalar yaşanmaktadır.

Türkiye’de organik tohum üretimine yönelik yasal alt yapı mevcuttur. Bununla birlikte sebze tohumu üretimine yönelik faaliyetler de başarılı olarak yürütülmektedir. Ancak organik tohum teknolojisi, muhafazası ve pazarlanması çalışmalarına ihtiyaç vardır. Bu konulardaki çalışmalar tohumculuk alanında faaliyet gösteren özel sektöre de ışık tutması bakımından önem arz etmektedir. Çünkü günümüz tohumculuk sektörünün potansiyeli organik tohum üretimi için yeterli ve uygundur. Ticari anlamda yeterli talep oluşması durumunda bu potansiyel büyük çaplı kullanılabilecektir. Ancak ülkemizdeki tohum firmalarının sayısı 1200’e ulaşmasına rağmen (Anonim 2024c), halen sertifikalı organik tohum üreterek pazarlayan bir kamu kuruluşu ve 2 özel sektör kuruluşu bulunması öncelikle özel sektör kuruluşlarının teşvik edilmesi ve desteklenmesi gerekliliğini göstermektedir.

Son yıllarda tüketicilerden gelen büyük oranlardaki organik sebze talebi üreticilerin organik üretime geçişini hızlandırmıştır. Bu artış ülkemiz sebzecilik faaliyetleri arasında önemli bir gelişmeye neden olmuştur. Ülkemizde yurt içindeki organik ürün tüketimi yanında organik sebze türlerinin taze ve işlenmiş (kurutulmuş, konserve, salça, dondurulmuş vb.) olarak yurt dışına yapılan ihracatı ile ülkemiz ekonomisine de önemli oranlarda döviz girdisi sağlanmaktadır. Organik sebzelerin yurt içi ve yurt dışından gelecek talebini artırmak için ülkemizde bu konuda yapılacak ıslah ve tohum üretimi çalışmalarına öncelikli ihtiyaç vardır. Özel tohum kuruluşlarınca üreticilerin ihtiyacını karşılayacak oranda ve türler bazında organik tohum üretim çalışmalarına hız verilmelidir. Bu konuda Tarım ve Orman Bakanlığı’na verilecek teşviklere ya da desteklere ihtiyaç olduğu aşıkardır. Çünkü Türkiye önemli bir organik tarım üreticisi ve ürün ihracatçısı bir ülkedir. Bu anlamda ülkemizde organik tohum üretiminin geliştirilmesi de kaçınılmazdır. Bu tespitten hareketle, hâlihazırdaki organik tohum temini ve kullanımı uygulamasından belli bir zaman dilimi içerisinde vazgeçilmesi ve gerek AB’ye

uyum gerekse ülkemizdeki ihtiyacı karşılamak üzere, Organik tohumun öncelikle özel sektör tarafından üretilmesinin yaygınlaştırılması, organik sebze üreticileri için tohum temininin kolaylaştırılması ve ihracata konu edilmesi önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Aksoy, U., Duman, İ., Beşirli, G., Bilen, E., & Bektaş, Z. K. (2020). Türkiye’de bitkisel organik üretim (üretim planlaması, ekim nöbeti ve toprak verimliliği uygulamaları). Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi, 13-17 Ocak 2020, Cilt I, 191-212. Ankara.
- Albayrak, B., Beşirli, G., & Sönmez, İ. (2019). Organik sebze tohumu üretiminde ekim nöbeti uygulamalarının toprağın bazı kimyasal özellikleri üzerine etkisi. 8. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, 12-15 Mart 2019, Antalya.
- Anonim, (1999). Tohumluk Standartları ve Uygulama Esasları. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Koruma Kontrol Genel Müdürlüğü, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Müdürlüğü, Yenimahalle/Ankara.
- Anonim, (2008). Sebze Tohum Sertifikasyonu ve Pazarlanması Yönetmeliği (18 Ocak 2008 Tarih ve 26760 Sayılı Resmi Gazete, <https://www.resmigazete.gov.tr>, Erişim tarihi: 04.04.2024)
- Anonim, (2010). Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik, 18 Ağustos 2010. Sayı 27676.
- Anonim, (2017). Organik Tohum Çalıştayı Sonuç Raporu, Organik Tohum Üretiminin Geliştirilmesi ile ilgili Sorunların Değerlendirilmesi ve Öneriler, Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, İyi Tarım Uygulamaları ve Organik Tarım Daire Başkanlığı, 17-18 Ekim 2017. Afyon.
- Anonim, (2022). Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü, <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM> (Erişim tarihi: Mayıs 2024).
- Anonim, (2024a). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, <http://www.tarimorman.gov.tr/html>(Erişim tarihi: Mart 2024).
- Anonim, (2024b). Türkiye İstatistik Kurumu, İstatistik veri portalı, <https://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: Mayıs 2024).
- Anonim, (2024c). Tohum Sanayicileri ve Üreticileri Alt birliği (TSÜAB), <https://www.tsuab.org.tr/> (Erişim tarihi: Ağustos 2024).
- Anonymous, (2019). Seed testing rules. International Seed Testing Association, CH-Switzerland.
- Anonymous, (2023). Seed saving, processing and storage. [https://greenharvest.com.au/SeedOrganic/Seed Saving Processing andStorage.html](https://greenharvest.com.au/SeedOrganic/SeedSavingProcessingandStorage.html)
- Anonymous. (2024b). <http://www.maff.go.jp/e/jas/specific/organic.html>.
- Anonymous.(2024a).<https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:189:0001:0023:EN:PDF>.
- Arın, L. & İlbi, H. (2019). Tohumların Depolanması, Tohum Tohumculuk ve Teknolojileri, Cilt 4. X. Bölüm, s:1729-1761.

- Bağcı, S.A. & Özer, İ. (2021). Türkiye Tohumculuğunun Tarihsel Gelişimi, Mevcut Durumu, Problemleri ve Çözüm Önerileri. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(Özel Sayı): 3559-3572. eISSN: 2536-4618, DOI: 10.30164/jist.1030164.
- Balkaya, A., Duman, İ., Arın, L., Özcan, M., Demir, İ., Kandemir, D., Zengin, S., Ermiş, S., & Sarıbaş, Ş. (2020). Bahçe bitkilerinde tohum üretimi, mevcut durum ve gelecek (Ülkemizde sebzecilikte organik tohum kullanımı ve geleceği, Ülkemizde sebzecilikte tohum teknolojisinin kullanımı ve geleceği). Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi, 13-17 Ocak 2020, Cilt II, 339-370. Ankara.
- Başay, S. (2020). Organik tarımda sürdürülebilirlik için biberde (*Capsicum annuum* L. var. Kandil Dolma) organik tohum üretiminin değerlendirilmesi. Alatarım, 19(2), 66-74.
- Bayraktar, K. (1976). Sebze yetiştirme: Sebzelerde tohum üretimi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Cilt 3, Yayın No: 244, 106-115. İzmir.
- Bayraktar, K. (1981). Sebze yetiştirme (Cilt 3): Sebzelerde tohum üretimi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No. 244. İzmir.
- Beşirli, G. (2009). Organik sebze tohumu üretimi (Çağrılı bildiri). 1. GAP Organik Tarım Kongresi, 17-20 Kasım 2009, 27, Şanlıurfa.
- Beşirli, G., & Sönmez, İ. (2018). Türkiye organik sebze tohum üretimi Ar-Ge faaliyetleri. Uluslararası Katılımlı Türkiye 6. Tohumculuk Kongresi, 10-13 Eylül 2018, 245-249. Niğde.
- Beşirli, G., Soyergin, S., Sönmez, İ., & Pezikoğlu, F. (2006). Farklı organik bitki besin maddesi uygulamalarının pırasada tohum verimi ve kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi. Türkiye 3. Organik Tarım Sempozyumu, 1-4 Kasım 2006, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, 97, Yalova.
- Beşirli, G., Sönmez, İ., & Şimşek, M. (2013). Organik sebze tohumu üretilebilirliğinin araştırılması. Türkiye V. Organik Tarım Sempozyumu, 25-27 Eylül 2013, Bildiriler Kitabı 1, 390-396. Samsun.
- Beşirli, G., Sönmez, İ., Albayrak, B., & Polat, Z. (2021a). Organik hıyar yetiştiriciliği (s. 50). Enstitü Yayın No: 100. ISBN: 978-625-8451-28-3. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/yalovabahce/Menu/77/Yayin-Indirme>
- Beşirli, G., Sönmez, İ., Albayrak, B., & Polat, Z. (2021b). Organik soğan yetiştiriciliği (s. 61). Enstitü Yayın No: 110. ISBN: 978-625-8451-29-0. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/yalovabahce/Menu/77/Yayin-Indirme>
- Beşirli, G., Sönmez, İ., Albayrak, B., & Polat, Z. (2021c). Organik brokoli yetiştiriciliği (s. 61). Enstitü Yayın No: 111. ISBN: 978-625-8451-30-6. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/yalovabahce/Menu/77/Yayin-Indirme>

- Beşirli, G., Sönmez, İ., Albayrak, B., & Polat, Z. (2021d). Organik marul yetiştiriciliği (s. 45). Enstitü Yayın No: 112. ISBN: 978-625-8451-31-3. <https://arastirma.tarimormann.gov.tr/yalovabahce/Menu/77/Yayin-Indirme>
- Beşirli, G., Sönmez, İ., Albayrak, B., Polat, Z., Aras, V., & Şimşek, M. (2019). Karpuzda (*Citrullus lanatus*) organik tohum üretim olanaklarının araştırılması. UAZİMDER Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi, IJAAES International Journal of Anatolia Agricultural Engineering, 4, 37-42. ISSN: 2667-7571.
- Beşirli, G., Sürmeli, N., Sönmez, İ., Başay, S., Karik, K., Çetin, K., Erdoğan, S. S., Çelikel, F., Pezikoğlu, F., Efe, E., Çebel, N., Güçdemir, İ. H., Keçeci, M., Güçlü, D., & Tuncer, A. N. (2004). Organik olarak yetiştirilen ıspanakta verim, kalite özellikleri ve nitrat içeriğinin belirlenmesi. V. Sebze Tarımı Sempozyumu, 21-24 Eylül 2004, 112-116, Çanakkale.
- Bonina, J., & Cantliffe, D. J. (2004). Seed production and seed sources of organic vegetables. University of Florida, IFAS Extension.
- Bonina, J., & Cantliffe, D. J. (2009). Seed production and seed sources of organic vegetables (HS981). Gainesville: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences. <https://edis.ifas.ufl.edu/HS227>
- Borgen, A. (2002). Organic seed production and seed regulation. In International Scientific and Practical Conference "Scientific Aspects of Organic Farming", March 21-22, Jelgava, Latvia.
- Castro-Pacheco, S. M., Lo Fiego, A., Cerbino, D., Di Luzio, P., De Santis, G., Bocci, R., & Ceccarelli, S. (2022). Evolutionary participatory selection for organic heterogeneous material: A case study with ox-heart tomato in Italy. Sustainability, 14(11), 11030.
- Duman, İ. (2009). Organik biber (*Capsicum annuum* L.) tohumunda verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 46(3), 155-163.
- Duman, İ. (2024). Organik tarım (Güncellenmiş 3. baskı). Ak-Mat Matbaacılık Yayıncılık Kırtasiye Malzemeleri San. Tic. Ltd. Şti. ISBN: 978-625-98657-0-6. Editörler: Dr. Özge Çiçekli & Doç. Dr. Muazzez Cömert Acar. İzmir.
- Duman, İ., & Aksoy, U. (2024). Organik tarımda ekim nöbeti uygulaması. In Dr. Özge Çiçekli & Doç. Dr. Muazzez Cömert Acar (Eds.), Organik tarım (Güncellenmiş 3. baskı, ss. 149-174). Ak-Mat Matbaacılık Yayıncılık Kırtasiye Malzemeleri San. Tic. Ltd. Şti. ISBN: 978-625-98657-0-6. İzmir.
- Duman, İ., Aksoy, U., Altındışli, A., & Elmacı, Ö. L. (2017). A long-term trial to determine variations in the yield and quality of a processing type pepper (*Capsicum annuum* L. cv. Yalova yağlık-28) in organic and conventional farming systems. Organic Agriculture, 8(1), 69-77.

- Duman, İ., Bozokalfa, K., Aşçıoğlu, T., Düzyaman, E., Elmacı, Ö. L., Kayıkçıoğlu, H., Tosun, N., Türkseven, S., & Eşiyok, D. (2019). Ön bitki olarak kullanılacak kahverengi hardalın (*Brassica juncea* L.) sanayi domatesi üretiminde verim ve kalite ile bazı toprak özelliklerine etkisi (E.Ü. Araştırma Fonu, 2016 ZRF 005 nolu proje sonuç raporu, s. 114). Bornova.
- Eren, A., & Tepe, A. (2021). Yazlık sebze ıslahı (Domates, biber, patlıcan, hıyar, kavun). In A. Eren (Ed.), Tohumluk üretimi (1. Bölüm, s. 59). ISBN: 978-625-439-257-3. Antalya.
- Ermış, S., & Yanmaz, R. (2015). Türkiye’de organik tohum sertifikasyonu. In Doğu Karadeniz II. Organik Tarım Kongresi, 6-9 Ekim 2015, 527-530, Pazar, Rize.
- Fernandez, J. A., Ayastuy, M. E., Belladonna, D. P., Comezaña, M. M., Contreras, J., de Maria Mour, I., Orden, L., & Rodríguez, R. A. (2022). Current trends in organic vegetable crop production: Practices and techniques. *Horticulturae*, 8(10), 893.
- Hanedar, A., Tanık, A., & Girgin, E. (2023). Yeşil mutabakat kapsamındaki pestisit yönetimi ve Türkiye. *İTÜ Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik, İTÜ Dergisi-e*, 24(2), 87-96.
- İmriz, G., Keleş, R., & İnal, N. (2023). Tohumlarda biyo-priming uygulaması: Tarımsal üretimde sürdürülebilir stres yönetimi için doğa dostu bir yaklaşım. *Anadolu: Journal of AARI*, 33(2), 310-320.
- Kalyani Kumari, K., Patil, K. K., & Sharma, S. (2013). Organic seed production. *Popular Kheti*, 1(4), 184-191. ISSN: 2321-0001.
- Kendra, N. K., Mukhopadhyay, V. K., Paramanik, S. J., Samanta, M. K., Debnath, M., Kundu, M. K., Saha, S., Dhang, S. C., & Islam, S. (2021). Organic vegetable seed production. Nadia Krishi Vigyan Kendra, BCKV, ICAR & Inhana Organic Research Foundation (IORF) Funded by ATMA, Nadia District, West Bengal. Lampkin, N. (n.d.). Organic farming. Farming Press Books. Ispwich, UK.
- Larinda, M. A. (2004). Seed quality: An important aspect of organic seed production and seed trade. In *Proceedings of the First World Conference on Organic Seed, Challenges and Opportunities for Organic Agriculture and the Seed Industry* (pp. 13-16). ISBN: 3-934055-38-9. Rome.
- Leopold, M., & Nyochembeng, L. M. (2021). Enhancing seed health for organic vegetable production systems: Challenges and opportunities. *Journal of Agricultural Science*, 13(12), 1-14. <https://doi.org/10.5539/jas.v13n12p1>
- Nazik, C. A. (2007). Effect of rotation and fertilization on tomato in the Mediterranean organic farming system: Case of Turkey (Master's thesis). Istituto Agronomico Mediterraneo di Bari. Collection Master of Science No. 489, p. 54.

- Nega, E., Ulrich, R., Werner, S., & Jahn, M. (2003). Hot water treatment of vegetable seed: An alternative seed treatment method to control seed-borne pathogens in organic farming. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 110(3), 220-234.
- Pandita, V. K., Singh, P. M., & Gupta, N. (2022). Seed science and technology: Biology, production, quality, vegetable seed production. In M. Dadlani & D. K. Yadava (Eds.), *Seed Science and Technology* (pp. 133-152). New Delhi, India. ISBN: 978-981-19-5888-5 (eBook).
- Rakıcı, S., & Kuzucu, C. Ö. (2015). Organik ve konvansiyonel olarak yetiştirilen salata-marul (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) çeşitlerinin tohum verimi ve kalitesi yönünden karşılaştırılması. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1), 143-149.
- root, S. P. C., Van der Wolf, J. M., Jalink, H., Langerak, C. J., & van den Bulk, R. W. (2006). Challenges for the production of high quality organic seeds. *International Wageningen University and Research Centre, ISTA News Bulletin No. 127*, 12-15.
- Saygılı, S., & Yanmaz, R. (2015). Farklı kaynaklardan temin edilen organik tohumların tohum kalitelerinin belirlenmesi. In Doğu Karadeniz II. Organik Tarım Kongresi (pp. 520-526). Pazar, Rize.
- Sharma, K. K., Singh, U. S., Sharma, P., Kumar, A., & Sharma, L. (2015). Seed treatments for sustainable agriculture: A review. *NBAIM, Kusmaur, Mau Nath Bhanjan-275101, Uttar Pradesh, India*.
- Shaukat, S. S., Munir, N., & Siddiqui, I. A. (2003). Allelopathic responses of *Conyza canadensis* (L.) Cronquist: A cosmopolitan weed. *Asian Journal of Plant Sciences*, 2(14), 1034-1039.
- Sivritepe, Ö., & Sivritepe, N. (2016). Organic seed hydration-dehydration techniques improve seedling quality of organic tomatoes. *Notulae Botanicae Horti Agrobi, 44(2)*, 399-403. <https://doi.org/10.15835/nbha44210518>
- Sivritepe, Ö., & Sivritepe, N. (2019). Organik domates tohumlarında kullanılan organik hidrasyon ve kurutma teknikleri fide kalitesini iyileştirmektedir. In VI. Organik Tarım Sempozyumu Kitabı, 25-3. İzmir, Türkiye.
- Teles, D. A. A., Silva, P. P., & Nascimento, W. M. (2019). Vegetable seed production under conventional and organic farming systems. *ISHS Acta Horticulturae*, 1249, VI International Symposium on Seed, Transplant, and Stand Establishment of Horticultural Crops.
- Tırak, T., Duman, İ., & Demirkas, M. (2022). Organik priming uygulamalarının marul ve soğan tohumlarının çimlenme özelliklerine etkileri. *Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 51(Özel Sayı:1), 123-132.
- Vural, H., Eşiyok, D., & Duman, İ. (2000). Kùltür sebzeleri (sebze yetiştirme). *İzmir: 440 s.*

BÖLÜM 3

SEBZE TÜRLERİNİN ÇİMLENDİRİLMİŞ TOHUM VE MİKRO FİLİZ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Zir. Müh. Seda ATASOY¹

Prof. Dr. Ahmet BALKAYA^{2*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13822717>

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Samsun, bensedaatasoy@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-7906-604X

^{2*}Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun, abalkaya@omu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-9114-615X

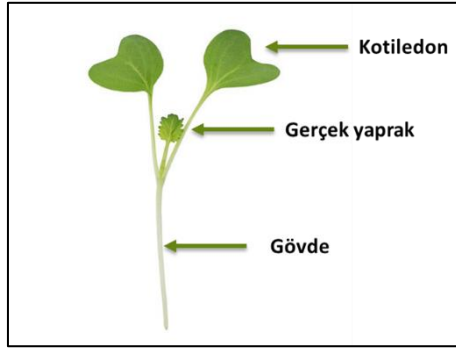
*Sorumlu yazar

GİRİŞ

Sebzeler, düşük kalori içermeleri ve zengin vitamin ve mineral bileşimleriyle sağlıklı beslenmenin vazgeçilmez unsurları arasında yer almaktadır (Miller ve Welch, 2013). Günümüzde, sebzeler sadece besleyici özellikleriyle değil, aynı zamanda sağlık üzerinde olumlu etkileri nedeniyle tüketilmektedir. Bu eğilim, bireylerin besin maddelerinden daha fazla fayda elde etme arzusunu doğurmuştur. Özellikle fonksiyonel gıdalar, içerdiği besin öğelerinin yanı sıra biyoaktif bileşenleri sayesinde hastalıklardan korunmaya ve yaşam kalitesini artırmaya yardımcı gıdalar olarak tanımlanmaktadır (Kanal, 2019). Fonksiyonel sebzeler, vücudun biyolojik süreçlerinde önemli roller üstlenen ve sağlık üzerinde koruyucu etkiler sağlayan antioksidanlar, vitaminler, mineraller, lif ve diğer biyoaktif bileşenler açısından zengindir. Bu bileşenler, bağışıklık sistemini güçlendirmek, iltihaplanmayı azaltmak ve kanser gibi hastalıkların riskini azaltmak gibi çeşitli sağlık yararları sunar (Güvenç, 2017). Araştırmalar, yüksek miktarda sebze ve meyve tüketen bireylerde kanser riskinin daha düşük olduğunu göstermektedir (Block ve ark., 1992). Örneğin, üç günlük brokoli filizlerinin, olgun brokoliye kıyasla daha yüksek oranda sülforafan içerdiği ve az miktarda tüketiminin bile kansere karşı koruyucu etkiler sağlayabileceği rapor edilmiştir (Fahey ve ark., 1997).

Son yıllarda, fonksiyonel sebze çeşitlerinin geliştirilmesine yönelik ıslah programları büyük bir önem kazanmıştır. Klasik ıslah ve biyoteknoloji temelli yöntemlerle, besin maddeleri bakımından zengin ve daha aromatik niteliklere sahip sebze çeşitleri geliştirilmektedir. Bu çalışmaların temel amacı, fonksiyonel olarak tanımlanan biyoaktif bileşiklerin yeni çeşitlere kazandırılması ya da mevcut çeşitlerdeki bu bileşiklerin miktarlarının artırılmasıdır (Bozokalfa, 2009; Balkaya, 2020). Çimlendirilmiş tohumlar ve mikro filizler, yüksek düzeyde mineral maddeler, vitaminler, lif ve fenolik bileşikler içermeleri nedeniyle fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmektedir (Tuncer, 2022). Fonksiyonel gıdalar kategorisinde değerlendirilen bu ürünler, bağışıklık sistemini destekleme ve hastalıklardan koruma özellikleriyle dikkat çekmektedir (Xiao ve ark., 2012; Delian ve ark., 2015). Son yıllarda kısa büyüme döngüsüne sahip, besleyici değeri yüksek ve taze tüketim için uygun olan mikro yeşillikler, giderek artan bir taleple küresel pazarını genişletmektedir (Anonim, 2023a).

Çimlendirilmiş tohum terimi, Avrupa Birliği komisyonu tarafından “tohumların çimlenmesi ve su veya başka bir ortamda gelişimi ile elde edilen ve gerçek yaprakların gelişiminden önce hasat edilen ve tohum dahil olmak üzere tümüyle yenmesi amaçlanan ürünü” ifade eder (Anonim, 2013). Çimlendirilmiş tohum olarak ifade edilen terim İngilizcede “sprout” olarak tanımlanmaktadır. Türkçe literatürlerde “filiz” olarak kullanımı da bulunmaktadır. Mikro filizler ise tohum embriyosunda bulunan tohum yaprağı olarak bilinen kotiledon yaprakların gelişmesinden hemen sonra toplanan, kimi zaman gerçek yapraklarından en fazla bir tanesi gelişmiş olarak tüketilen besinlere verilen isimdir (Şekil 1; Çolak, 2020). Mikro filizler; farklı Türkçe kaynaklarda “mikro yeşillikler” veya “mikro sebzeler” olarak adlandırılabilir (Işık ve ark., 2022).



Şekil 1: Mikro filizlerin tüketilen kısımları

Çimlendirilmiş tohum ve mikro filizler arasındaki belirgin farklılıklar vardır (Tablo 1; Di Gioia ve ark., 2015). Çimlendirilmiş tohumlar, 4-10 gün içerisinde bir büyüme döngüsüne sahiptir. Kökler, hipokotil ve tohum kabuğundan oluşan tüm ürün hasat edilerek yenilebilmektedir. Işık ihtiyacı, besin gereksinimi ve kimyasal kullanımı yoktur. Yetiştirme ortamına ihtiyaç duyulmaz ve su ihtiyacı nemlendirilerek karşılanır.

Mikro filizlerin ise büyüme döngüsü daha uzundur (uygulamalara göre 7-28 gün). Topraksız yetiştirme ortamına ve ışığa ihtiyaç duyar. Kimyasal kullanımı gerektirmez ama yetiştirme ortamına bağlı olarak az miktarda besin gereksinimi olabilmektedir. Kotiledonların tam gelişimi ile hasat gerçekleştirilir. Hasat, yetiştirme ortamı ile hipokotil başlangıcının gerçekleştiği kısımdan keserek gerçekleştirilir.

Tablo 1: Çimlendirilmiş tohum ile mikro filizler arasındaki belirgin farklar (Di Gioia ve ark., 2015; Renna ve ark., 2016).

Çimlendirilmiş tohum	Mikro filiz
Büyüme döngüsü 4-10 gün arasındadır.	Büyüme döngüsü 7-28 gün arasındadır.
Kökler dahil bütün filiz yenilebilir.	Kotiledonlu sürgünler ve köksüz gerçek yaprakların ilk uçları yenilebilir.
Yetiştirme ortamına ihtiyaç duymaz su yeterlidir.	Temelde topraksız yetiştirme ortamı gereklidir.
Işık zorunlu değildir.	Işık gereklidir.
Gübre kullanımı gerekli değildir.	Yetiştirme ortamı besin sağlayamıyorsa az miktarda besin gereksinimi olur. ¹
Kimyasal kullanımı gerektirmez.	Kimyasal kullanımı gerektirmez.
Kotiledon yapraklarının tam gelişiminde önce herhangi bir işlem yapılmadan hasada gelir.	Kotiledonların tam gelişimi ile ilk gerçek yaprakların görünümü ile keserek ya da yetiştirme ortamı ile hasat gerçekleşir. ²
¹ Yetiştirme döngüsünün süresine ve besin içeren organik bir substrat kullanılıp kullanılmadığına bağlı olarak değişir.	
² Mikro filizlerin yetiştirme ortamı ile birlikte tepsilerde pazarlanması durumunda kesme işleminin yapılmaması öngörülmektedir.	

Toplumumuz için oldukça yeni sayılabilecek çimlendirilmiş tohum ve mikro filiz konusunda yapılan bilimsel araştırmalar ve veri kaynakları yok denecek kadar azdır (Orhun ve Arın 2008; Arın ve ark., 2014). Bu bölümde çimlendirilmiş tohum ve mikro filiz üretiminin ekonomik önemi, besin içerikleri, sağlık yönünden önemi, değerlendirilmesi, kullanım alanları ile sebzelerde mikro filiz ve çimlendirilmiş tohum üretiminin esasları ve kaliteyi etkileyen faktörler kapsamlı olarak sunulmuştur.

1. EKONOMİK ÖNEMİ, BESİN DEĞERİ VE TÜKETİM ŞEKİLLERİ

1.1. Ekonomik Önemi

Çimlendirilmiş tohum tüketimi, insanlık tarihi kadar oldukça eski olup, Eski Mısırlılar dönemine kadar dayanmaktadır (Abdallah, 2008; Ebert, 2022). Çimlendirilmiş tohumlara ilişkin tarihteki ilk kayıtlara, M.Ö. 3000 civarında Antik Mısır ve M.Ö. 2737 yılında Çin’de rastlanmaktadır. Literatürlerde Çin’de İmparator Shennong’un çimlendirilmiş tohumları etkili bir ilaç olarak kullanılmasını tavsiye ettiği ve aynı zamanda tarımsal üretimin yetersiz olduğu bölgelerde çimlendirilmiş tohumların insanlar tarafından taze besin olarak kullanıldığı belirtilmiştir (Warriner ve Smal, 2014; Ebert, 2022).

Mikro filizler, uzun zamandır Asya ülkelerinde terapötik ve sağlık amaçlı olarak kullanılmaktayken, Batı ülkelerinde ise daha yakın zamanlarda tanınmaya başlanmıştır (Lobiuc ve ark., 2017). Dünya’da 1970’li yıllarda buğday çimi ve arpa çimi gibi bitkiler evde yetiştirilerek sağlık amaçlı olarak kullanılmıştır. Amerika Birleşik Devletinde San Francisco ve Kaliforniya’da 1980’li yıllardan itibaren mikro filizler üretilmeye başlanmış, yoğun aromatik tatlara, çıtır dokulara, canlı renklere sahip olmaları nedeniyle salatalarda, sandviçlerde ve çorbalarda kullanımları yaygınlaşmıştır (Kyriacou ve ark., 2019). “Mikro filiz” teriminin belgelenmiş ilk kullanımı 1988 yılında ABD’de rapor edilmiştir (Bliss, 2014). Ayrıca mikro filizlerin ticari üretimi, ilk olarak 1990’ların ikinci yarısında Kaliforniya’nın Güney kesiminde gerçekleşmiştir (Di Gioia ve ark., 2015). 2000’li yıllardan itibaren günümüze kadar olan süreçte ise sağlığı destekleyici fonksiyonel gıdalara olan ilginin artmasıyla birlikte mikro filizlerin üretim ve tüketimleri de artmıştır (Kyriacou ve ark., 2016). Ayrıca, mikro filizlerin kısa büyüme döngüleri, pestisit kullanılmadan minimum girdi ile organik koşullarda üretilmeleri nedeniyle özellikle pandemi dönemi sonrasında yüksek sağlık bilincine sahip olan tüketiciler tarafından daha fazla kabul görmeye başlamıştır (Tuncer, 2022). Günümüzde birçok farklı türde ve çeşitte dünya genelinde çimlendirilmiş tohum ve mikro filizlerin ticari üretimi yaygınlaşmaya başlamıştır. Küresel mikro yeşillik pazarı 2022 yılında yaklaşık 1,8 milyar doları değerinde gerçekleşmiştir. Yapılan pazar araştırmalarına göre 2031 yılına kadar belirtilen mikro yeşillik pazar büyüklüğünün 2,6 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir (Anonim, 2023a). Kuzey Amerika kıtası, küresel pazarda en yüksek ticari paya sahiptir ve 2031 yılına kadar bu payını koruması beklenmektedir. En hızlı büyüyen ticari pazar ise organik sebze ve fonksiyonel gıdalara olan talebin artmasıyla Asya-Pasifik ülkeleridir. Üretim ve tüketim açısından Çin ve Japonya, Asya-Pasifik pazarında en yüksek paya sahip ülkelerdir.

Günümüzde çok sayıda bitki türü çimlendirilmiş tohum ve mikro filiz üretimi için ticari olarak kullanılmaktadır. Özellikle *Brassicaceae* ve *Amaranthaceae* familyasına, mevcut mikro filiz üretiminde kullanılan türlerin ve çeşitlerin birçoğunu kapsamaktadır (Kyriacou ve ark., 2016; Xiao ve ark., 2016). Karabuğday, buğday ve çavdar gibi tahıl ürünleri mikro filiz olarak yetiştirilmektedir. Ayrıca, birçok tıbbi ve aromatik bitkilerde mikro filiz üretimi için kullanılmıştır. Bunlar arasında, hodan, maydanoz, fesleğen ve çemen gibi

otlar bulunmaktadır (Verlinden, 2020). Baklagiller içerisinde en çok üretilen ve bilineni, fenolik bileşiklerce zengin olan soya filizidir (Kim ve ark., 2006). Doğu ülkelerinde akciğer, kolon, prostat kanseri, osteoporoz ve kalp-damar hastalıklarının ender görülmesinin yoğun soya ve soya ürünleri tüketimi ile ilişkili olabileceği bildirilmektedir (Plaza ve ark., 2003). Ayrıca benzer şekilde yemeklik baklagil grubu bitki türlerinden maş fasulyesi, adzuki fasulyesi, börülce, bezelye vb. türleri de ticari amaçla yaygın olarak kullanılmaktadır (Ebert, 2022).

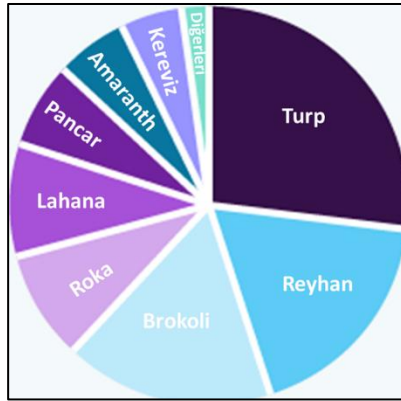
Tablo 2: Çimlendirilmiş tohum ve mikro filiz üretiminde kullanılan türler (Ebert, 2022).

Sebzeler	Pancar	Ispanak	Soğan	Sarımsak
	Pırasa	Kereviz	Havuç	Kırmızı lahana
	Alabaş	Brokoli	Şalgam	Roka
	Tere	Turp	Bezelye	Yaprak lahana
	Mizuna	Tatsoi	Brüksel lahanası	Karnabahar
	Pak choi	Maydanoz	Marul	
Tahıllar	Arpa	Mısır	Yulaf	Çeltik
	Çavdar	Buğday	Kinoa	Karabuğday
Baklagiller	Nohut	Soya fasulyesi	Mercimek	Adzuki fasulyesi
	Siyah mercimek	Maş fasulyesi	Börülce	
Yağlı Tohumlar	Ayçiçeği	Keten	Susam	
Tıbbi ve Aromatik Bitkiler	Rezene	Melisa	Çemen otu	Biftek otu
	Fesleğen	Kişniş		

Dünya’da en çok yetiştirilen ve tüketilen sebze türlerinden özellikle domates, biber, patlıcan ve patates gibi bitkilerin çimlenmiş tohumları ve mikro filizleri yenilebilir değildir. Bunun temel nedeni, bu bitkilerin solanin gibi toksik alkaloidler içermesidir. Bu alkaloidler, insan sağlığına zarar verebilecek

seviyelerde olabilir, bu nedenle bu sebzelerin filizlendirilmiş aşamaları gıda tüketimi için çok uygun değildir (Di Gioia ve ark., 2015). Bu durum, diğer pek çok sebze için geçerli olmayıp, mikro filizler veya çimlenmiş tohumlar genellikle sağlık açısından faydalıdır. Ancak domates, patlıcan ve patates gibi bitkiler, özellikle filiz ve tohum aşamasında bu toksinleri yoğun olarak içerirler, bu nedenle çok dikkatli olunması gereklidir. Ayrıca mikro filiz üretiminde yabancı türler kullanılıyorsa, tohumlarının toplandığı bitkileri tanımak çok önemlidir çünkü birçok yabancı tür, yenilebilir bitkiler gibi görünse de toksik bileşikler içerebilmektedir. Ev tipi üretimlerinde özellikle çok bilinmeyen yabancı türlerden kaçınmak gereklidir.

Küresel mikro yeşillik pazarında en çok yer bulan sebze türleri brokoli, lahana, karnabahar, roka, bezelye, turp, fesleğen, havuç ve diğerleri olarak sıralanmıştır (Şekil 2; Anonim, 2023a). Bu türler dışında pancar, ıspanak, soğan, pırasa kereviz, maydanoz, marul, şalgam vb. sebze türleri de çimlendirilmiş tohum ve mikro filiz olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 2: Küresel mikro yeşillik pazarında 2022 yılında en çok üretilen sebze türleri (%) (Anonim, 2023a)

Türkiye’de çimlendirilmiş tohum ve mikro filiz pazarı henüz yeterince gelişmemiştir. Bu ürünlerin üretim ve tüketimiyle ilgili Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından sunulan resmi bir tarımsal veri bulunmamaktadır. Ülkemizde bazı üreticiler, özellikle büyük market zincirlerinde ve metropol şehirlerde bu ürünleri satışa sunmakta olup, internet üzerinden de satış yapılmaktadır. İnternet satışlarında, kırmızı turp filizi 33.90 TL/paket, tere filizi

42.90 TL/paket, brokoli mikro filizi 64.95 TL/paket ve kereviz mikro filizi 83.90 TL/paket fiyatlarla satışa sunulmaktadır (Anonim, 2023b).

1.2. Besin Değerleri ve Sağlık Açısından Önemi

Tohumların çimlenme süreci, tohumda depolanan besin maddelerinin daha sağlıklı bir forma dönüştüğü aşamadır. Çimlenmiş ve mikro filiz haline gelmiş tohumlar, bu süreçte besin değerleri açısından zenginleşir. Çimlenme sırasında tohumlardaki depo besinler dönüşüme uğrayarak daha sindirilebilir bir hale gelir. Bu dönüşüm, besinlerin yarı sindirilmiş formda olmasına yol açar, sindirimi kolaylaştırır ve bu besinlerin kan dolaşımına daha hızlı bir şekilde katılmasını sağlar. Çimlenmiş tohumlar ayrıca alkali bir yapıya sahiptir ve asidik gıdaların olumsuz etkilerini nötralize ederek vücut sıvılarının, özellikle kan ve idrarın asiditesini düzenlemeye yardımcı olurlar (Balık, 2023).

Pinto ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmanın sonuçları, marul mikro filizlerinin olgun marullara kıyasla daha yüksek mineral içeriğine sahip olduğunu göstermiştir. Özellikle kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn), selenyum (Se) ve molibden (Mo) açısından zengin oldukları tespit edilmiştir. Bunun yanında, azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) seviyeleri de oldukça yüksek olduğu saptanmıştır. Mikro filizlerin düşük nitrat (NO_3^-) içeriği, onların özellikle çocuklar başta olmak üzere herkes tarafından güvenle tüketilebileceğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, mikro filizlerin besleyici değerinin yüksek olduğunu ve zararlı NO_3^- alımını azaltarak günlük mineral ihtiyacını karşılayabileceğini işaret etmektedir.

El-Nakhel ve ark. (2020) yeşil ve kırmızı marul-salata (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*) mikro filizlerinin fitokimyasal profili ile antioksidan ve makro besin bileşenlerindeki değişiklikleri gelişim evrelerine göre incelemiştir. Sonuçlar, her iki çeşidin de kalsiyum ve magnezyum açısından zengin olduğunu, ancak kırmızı renkli salataların daha yüksek besin içeriği sunduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, *Asteraceae* ailesine ait hindiba ve marul mikro filizlerinin besin profilleri, iki farklı brokoli genotipi ile karşılaştırılmıştır. Bununla birlikte, brokoli mikro filizleri, fenoller ve E vitamini açısından en zengin kaynak olarak öne çıkarken, *Asteraceae* mikro filizleri karotenoidler ve alfa-tokoferol bakımından zengin bulunmuştur (Paradiso ve ark., 2018). Bu bulgular, farklı mikro yeşillik türlerinin besin içeriklerinde gelişim evrelerine

göre farklılıklar gösterdiğini ve türlerin belirli besin bileşenleri açısından öne çıktığını ortaya koymaktadır.

Mikro filizler, askorbik asit, fitokinonlar, α -tokoferol, β -karoten, fenolik antioksidanlar, karotenoidler, antosiyaninler, glukosinolatlar ve şeker gibi biyolojik aktif bileşenler bakımından zengindir. Bu konuda yapılan birçok araştırma sonucu bu bilgileri doğrulamaktadır. Choe ve ark. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, kırmızı lahanada (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) mikro filizleri ile yetişkin bitkilerin fitokimyasal konsantrasyonlarını karşılaştırmıştır. Sonuçlar, mikro filizlerin fitokinon (2.8 $\mu\text{g}/100$ g taze ağırlık), β -karoten (11.5 mg/100 g taze ağırlık) ve glukorafanın (4.8 $\mu\text{mol}/\text{g}$ kuru ağırlık) içeriğinin yetişkin bitkilere kıyasla daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular, mikro filizlerin yetişkin bitkilere kıyasla önemli ölçüde daha fazla besin ve biyolojik aktif bileşen içerdiklerini, dolayısıyla sağlıklı beslenme açısından güçlü bir seçenek olduklarını göstermektedir. Plaza ve ark. (2003) tohumların çimlendirilmesi ile Ca içeriğinde kuru ağırlık bazında 3 kat artış olduğunu, Zielinski ve ark. (2005) ise kolza, turp, hardal gibi lahanagillerde tohuma göre Ca miktarının %12 oranında arttığını belirtmiştir. Di Bella ve ark. (2020), mikro filizlerin askorbik asit içeriğini incelemişler ve bitkinin büyüme aşamalarına göre askorbik asit seviyelerinde belirgin farklılıklar olduğunu tespit etmişlerdir. Diğer bir çalışmada, askorbik asit seviyesinin mikro filiz aşamasında, çimlendirilmiş tohum, bebek yeşillikler ve olgun bitkiler gibi diğer aşamalara kıyasla potansiyel olarak daha yüksek olduğunu ortaya konmuştur (Bhaswant ve ark., 2023).

Lahana mikro filizlerinin; olgun lahanalara göre 2.9 kat daha fazla P, K, Ca, Mg, S, Mn, Cu, Zn, Na ve Fe içerdiği bulunmuştur (Weber, 2016). Aynı çalışmada mikro filiz marulun, olgun maruldan 2.7 kat daha fazla P, K, Ca, Mg, S, Mn, Cu, Zn, Na ve Fe içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Araştırmalar, çimlendirilmiş tohumların vitamin içeriğinin özellikle A, B kompleksi, C ve E vitaminleri açısından daha zengin olduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin, Ebert ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada, çimlendirilmiş maş fasulyesi tohumlarının C vitamini içeriğinin olgun haline göre 2,7 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Balık (2023), bazı tohumların vitamin içeriğinin çimlenme sürecinde sadece birkaç gün içinde orijinal değerlerinin 20 katına kadar çıkabildiği belirtmiştir. Çimlenme süreci aynı zamanda protein kalitesini de iyileştirmektedir. Özellikle bağışıklık sistemini

güçlendirmede önemli bir aminoasit olan lisinin çimlenme sırasında önemli ölçüde arttığı kanıtlanmıştır. Bunun yanı sıra, mikro filizlerin lif içeriği de tohumlara kıyasla artış göstermektedir (Balık, 2023). Bu bulgular, çimlenmiş tohumların hem besin değerlerinin çok daha yüksek olduğunu ve hem de düzenli tüketimlerinin sağlık açısından oldukça faydalı olabileceğini göstermektedir.

2. ÜRETİM AŞAMALARI

Çimlendirilmiş tohum ve mikro filizler evde yetiştiricilik açısından yapılabilir olsa da ticari anlamda yüksek kaliteli üretim yapılması ve bunların pazarlanması oldukça zorlu bir süreçtir. Hasat olgunluğu üretim aşamasında önemli bir yere sahiptir. Tohumların ekiminden hasat aşamasına kadar geçen süre, bitki türlerine göre farklılık göstermektedir (Treadwell ve ark., 2020).

Mikro filizler, besin açısından zengin diyet gıdalarını tercih eden veganlar tarafından çiğ gıdalar olarak sıkça tercih edilmektedir. Ayrıca, geniş araziye ihtiyaç duymadan dar alanlarda yetiştirilebilmeleri, bu bitkilerin karakteristik bir büyüme düzenine sahip olduğunu gösterir. Bu özellikleri sayesinde, mikro yeşillikler profesyonel düzeyde bir bakım işlemi gerektirmeden herkes tarafından kolaylıkla yetiştirilebilir (Riggio ve ark., 2019). Çimlendirilmiş tohumlar ise, toprak ve diğer besin maddeleri veya agrokimyasallar gibi bir yetiştirme sistemi gerektirmeden karanlık ortamlarda kolayca yetiştirilebilen bitkilerdir (Aloo ve ark., 2021).

Çimlendirilmiş tohumların üretim sürecinde tohumlar, kontrollü bir ortamda suyla temas ettirilerek üretilir. Üretim süreci, organik ve kimyasal işlem görmemiş tohumların seçimiyle başlamaktadır. Çimlendirilmiş tohum ve mikro filiz üretiminde kullanılacak tohumların herhangi bir işlem görmemiş olması gereklidir. Uygulamada kesinlikle ilaçlı tohumlar kullanılmamalıdır.

Tohumlar, yıkandıktan sonra bir kap içerisinde 6-12 saat (tohum özelliğine göre değişir) bekletilir. Daha sonra süzülerek nemli bir ortamda çimlenmeye bırakılır. Çimlenme süresi tohumun türüne bağlı olarak 2-7 gün arasında değişir. Bu süreçte tohumlar karanlık veya düşük ışık koşullarında tutulur, günde 2-3 kez suyla durulanarak nemli kalmaları sağlanır. Çimlenme süreci gerçekleşen tohumlar genellikle 5-7 gün içinde hasat edilerek taze olarak tüketilir (Şekil 3).



Şekil 3: Çimlendirilmiş turp tohumlarının üretim aşamaları (Anonim, 2023c)

Mikro filiz üretiminde, brokoli, bezelye, turp gibi tohumlar daha çok tercih edilmektedir. Üretim ortamı olarak topraksız çimlendirme ortamları, çeşitli mat sistemleri, toprak veya hindistancevizi torfu gibi iyi drene olan bir ortam tercih edilmelidir. Tohumlar sık aralıklarla ekilir ve hafifçe su püskürtülerek nemlendirilir. Çimlenme aşamasında sisleme yapılabilir, ancak genç filizlerin aşırı nemden korunması ve bitki sağlığının devamlılığı amacıyla çimlenme sonrası alt sulama sistemleri tercih edilmelidir (Treadwell ve ark., 2010). İsteğe bağlı olarak besin maddeleri, tohum ekiminden önce yetiştirme ortamına veya çimlenme tamamlandıktan sonra besin çözeltisi olarak uygulanabilir. Yavaş büyüyen mikro filiz türleri, örneğin havuç ve dereotunda yetiştirme ortamının gübrenlenmesinden yararlanabilir. Buna karşın, hızlı büyüyen türler, örneğin hardal ve su teresi, tohumları çabuk çimlenip besin rezervlerini hızla tükettiğinden, çimlenme sonrası gübreleme uygulamalarıyla daha iyi sonuçlar elde edilebilmektedir (Di Gioia ve ark., 2015; Renna ve ark., 2016). Büyüme aşamasında, mikro filizler günlük olarak sulanır ve yeterli

güneş ışığı alabileceği bir yerde tutulur. Mikro filizler genellikle 7-14 gün içinde, 5-10 cm uzunluğa ulaştığında hasat edilir (Şekil 4).

Hasat işlemi, makas veya çeşitli bıçaklar kullanılarak gerçekleştirilir ve bitkiler, yetiştirme ortamının yüzeyinden birkaç milimetre yukarıdan kesilerek alınır. Bu süreçte ortam parçacıklarının bitkilerle birlikte alınmaması önemlidir. Özellikle frenk soğanı ve pazı gibi bazı türlerde, tohum kabuklarının genellikle kotiledonlara yapışık kalması nedeniyle bu kabukları ayırmak zor olabilir (Di Gioia ve ark., 2015).



Şekil 4: Bazı sebze türlerinde hasat edilen mikro filizler (Fotoğraf: Prof. Dr. A. Balkaya)

3. ÇİMLENDİRİLMİŞ TOHUM VE MİKROFİLİZLERDE KALİTEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Tek türden elde edilen mikro filizlerin besin değeri, biyoaktif bileşenler ve mineral madde kapsamına, tohumların ıslatılma ve çimlendirme süresine, ortam sıcaklığı ve nemine, ışıklandırma süresine, kullanılan tohum ve çeşide, muhafaza ve depolama koşullarına göre belirgin farklılıklar gösterebilmektedir (Kim ve ark., 2006; Billings, 2014; Arın ve ark., 2014). Yukarıda belirtilen unsurların etkileri aşağıda özetlenmiştir.

3.1. Tohum Uygulamaları

Tohum, mikro yeşillikler dahil herhangi bir ürünün kaliteli üretimini sağlamak için temel ve en önemli girdidir. Belirli tohum işlemleri, tohum kalitesini etkili bir şekilde artırabilir; örneğin, bezelye, pancar ve pazı gibi

büyük tohumlu bitkilerin tohumları ekimden önce suda bekletilerek çimlenme hızlandırılabilir (Tamilselvi ve Arumugam, 2017). Çimlendirilmiş tohumlar ve mikro filiz üretiminde kullanılacak tohumların kesinlikle işlem görmemiş olması gereklidir.

Lee ve ark. (2004), pancar ve pazı mikro yeşilliklerinin üretiminde farklı tohum uygulamalarının etkilerini araştırmıştır. Çalışmada, tohum primingi (tohumların sodyum hipoklorit, su, hidroklorik asit ve hidrojen peroksit içinde bekletilmesi) ve matris priming (tohumların ince vermikülit içinde 12°C ve -1 MPa'da altı gün çimlenmesi) gibi farklı tohum uygulamaları test edilmiştir. Matris primingin, diğer bekletme yöntemlerinden daha etkili olduğu ve mikro filizlerin ağırlığını yaklaşık 0.33–2.79 kat oranında artırdığı bulunmuştur.

Mikro filizlerin başarılı bir şekilde üretilmesi için hızlı ve homojen çimlenme sağlanması kritik bir unsurdur. Lee ve Pill (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, ekim öncesi tohum uygulamalarının, özellikle priming ve suda bekletme yöntemleri ile fide çıkışını artırma üzerindeki etkileri açısından detaylı bir şekilde incelenmiştir. Tohum uygulamalarının turp, yaprak lahanası ve amarant gibi bitkiler üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada tohumların, 12°C ve -1.0 MPa koşullarında 3 gün süreyle vermikülit ortamında ön işleme tabi tutulmasının ardından, tohumlar vermikülitten çıkarılıp ekim öncesi başlangıç ağırlığına kurutulmuştur. Bu ön işlemin çimlenme oranı üzerinde belirgin bir etkisi olmamakla birlikte, çimlenme hızını olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir (Lee ve Pill, 2005). Turp ve lahanası filizleri, işlenmemiş tohumlara göre daha hızlı çıkış gösterirken, ekimden 13 gün sonra filizlerin kuru ağırlığında bir artış gözlenmemiştir. Öte yandan, amarant filizlerinin kuru ağırlığı belirgin şekilde artmıştır.

Soğuk suda tohum bekletme yöntemi, bezelye (*Pisum sativum*) ve turp (*Raphanus sativus*) gibi büyük tohumlu bitkiler için önerilmiştir; ancak küçük tohum türleri, özellikle müsajlı tohumlar (örneğin fesleğen) için bu yöntem uygun bulunmamıştır (Dixon, 2007; Freytag, 2017). Tohum nemlendirme uygulamalarının ürün verimliliği ve mikro filizlerin besin içerikleri üzerindeki etkilerine dair kapsamlı araştırmalar yeterli düzeyde değildir.

Mikro filizlerin ticari üretimi, toprak bazlı ya da topraksız sistemlerde, iyi planlanmış sulama sistemlerine sahip seralarda yapılmaktadır. Bu sistemler, mikro filizlerin gelişimi için uygun su ve besin desteğini sağlarken, çeşitli substratlarla desteklenir. Mikro filizlerin sağlıklı ve verimli bir şekilde

büyümesi, büyük ölçüde tohumların çimlenme sürecine ve bu süreci etkileyen tohum kalitesine bağlıdır. Tohum yoğunluğu, yani belirli bir alan üzerine ekilen tohum miktarı, mikro filizlerin büyümesini önemli ölçüde etkiler ve bu yoğunluk, bitki türüne göre değişiklik gösterebilir. Sağlıklı mikro filizler elde edebilmek için bu yoğunluğun ve tohum uygulamalarının doğru bir şekilde ayarlanması kritik öneme sahiptir (Bayineni ve Kavana Herur, 2022; Bhaswant ve ark., 2023).

Thuong ve Minh (2020), kontrollü sera koşullarında turp mikro filizlerinin verimliliğini artırmak için tohum yoğunluğu ve substratların etkilerini incelemiştir. Araştırma, tohum yoğunluğu olarak 8 tohum/hücre (109,81 g/m²) oranında ekilmesinin mikro filizlerin veriminde önemli bir artış sağladığını göstermiştir. Bu çalışmalar, tohum yoğunluğu ve kalitesinin mikro filiz üretiminde yüksek verim elde edilmesinde belirleyici bir rol oynadığını ve bu parametrelerin türden türe değişiklik gösterdiğini açıkça ortaya koymaktadır (Bhaswant ve ark., 2023). Aktaş ve Kılıç (2013) tarafından sebze soya fasulyesi filizlerinde tuz uygulamalarının tohum çimlenmesi ve filiz kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda; tuz konsantrasyonu arttıkça filiz boyunda kısalmalar olduğu tespit edilmiştir. Filiz boyunda en yüksek ortalamalar kontrol uygulamasında belirlenmiştir. Çalışmada, 25 mM NaCl uygulaması filiz uzunluğunu yaklaşık %15 azaltırken, 50 mM NaCl uygulamasında bu oran %30 olmuştur. Çeşitler arasında 50 mM tuz stresinde Nazlıcan çeşidi %43 oranında filiz boyu azalması gösterirken, Adasoy çeşidinin filiz uzunluğu aynı dozda %24 azalma ile en düşük değeri almıştır. Ayrıca gübreleme uygulamaları da, mikro filizlerde hızlı büyüme ve yüksek verimin teşvik edilmesinde bir diğer önemli husustur (Bulgari ve ark., 2017).

3.2. Sıcaklık

Mikro filizlerin ve çimlendirilmiş tohumların yetiştirildiği ortam sıcaklığı, filizlerin fitokimyasal içerikleri üzerinde etkili olmaktadır. Guo ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada çimlendirilmiş brokoli tohumlarının farklı ortam sıcaklıklarında (20 °C, 25 °C ve 30 °C) glukorafanın, sülforafan ve mirosinaz aktivitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Araştırmacılar, 25°C sıcaklıkta yetiştirilen mikro filizlerde glukorafanın içeriği ve sülforafan oluşumunun daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir (Tuncer, 2022).

Yaprak lahanası (*B. oleracea* var. *acephala*) filizlerinde fitokimyasal içerik üzerine düşük sıcaklığın (8 °C) etkisinin araştırıldığı çalışmada, düşük sıcaklığın prolin, fenolik asit ve glukozinolat içeriğini önemli düzeyde artırdığı, karotenoid ve flavonoid içeriğini ise azalttığı saptanmıştır (Samec ve ark., 2022).

3.3. Işık

Çevre koşullarından ışık, bitkilerin fizyolojisini, özellikle biyoaktif bileşenlerini etkilediği için çevresel faktörleri düzenlemek önemli bir faktördür (Murchie ve Niyogi, 2011). Işık yoğunluğu ve kalitesi, bitkilerde fotosentez hızını etkilerken, organik bileşenlerin miktarını ve kalitesini de düzenler. Ayrıca, bitkilerin sekonder bileşenlerinin üretimini de etkiler (Murchie ve Niyogi, 2011; Brazaityte ve ark., 2015).

Brassicaceae familyasına ait mikro filizlerde LED ışığının karotenoid içeriği üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada, kırmızı pak choi ve tatsoi türlerinin büyümesi sırasında LED ışığının spektral dalga boyu ve ışıyım seviyeleri değerlendirilmiştir (Brazaityte ve ark., 2015). En düşük ışıyım seviyesi (110 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), karotenoidlerin daha az birikmesine yol açarken, en yüksek seviye (545 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), hardal ve kırmızı pak choi'de karotenoid birikiminin %24 oranında azalmasına neden olmuştur. Ayrıca yeşil ışığın karoten birikimini artırdığı, turuncu ışığın ise olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir. Mavi ışığın farklı dozlarının karotenler, violaksantin, zeaksantin, lutein, klorofil ve tokoferol gibi fitokimyasal bileşikler üzerindeki etkileri incelenmiştir (Samuoliene ve ark., 2017). Bu bileşiklerin 1.2-4.3 kat daha fazla biriktiği, ancak tokoferolün ışığa bağlı olmadığı saptanmıştır (Samuoliene ve ark., 2016; 2017). Bu durum, metabolit konsantrasyonlarının ışığa bağlı olup olmaksızın önemli değişiklikler gösterebileceğini ortaya koymaktadır. *Cruciferae* ve *Fabaceae* familyasına ait bazı türlerin tohumları (brokoli, Brüksel lahanası, soya fasulyesi ve İran üçgülü) filiz tüketimi amacıyla ışık, 12 saat ışık + 12 saat karanlık ve tamamen karanlık koşullarda ayrı ayrı ya da karışımlar halinde bitki büyüme kabinde 20 ± 1 °C'de 5 gün süreyle çimlendirilmiştir. Işık koşullarında çimlendirilen tüm filizlerin protein, şeker ve C vitamini içeriği, karanlıkta yetiştirilenlere göre daha yüksek bulunmuştur (Arın ve ark., 2014).

Mikro filizlerin üretiminde, tek kaynaklı aydınlatma kullanılan çok katmanlı dikey üretim sistemleri kullanılabilir. Ancak geleneksel tek kaynaklı aydınlatma yöntemleri büyük miktarda elektrik enerjisi tüketmektedir.

Işık yayan diyotlar (LED); yüksek fotoelektrik dönüşüm verimlilikleri, dar bant spektral ışık kalitesi (LQ), düşük termal çıktı ve ayarlanabilir ışık yoğunlukları (LI) gibi geleneksel ışık kaynaklarına göre birçok avantaja sahiptir. Mikro filiz yetiştiriciliğinde LED ışık kullanımına yönelik yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. LED ışık uygulamaları mikro filizlerin besin değeri ve fitokimyasal bileşimi üzerine etkili olmaktadır. Karaağaç ve ark. (2022), “Bazı Yerel Çeşitlere Ait Tohumların Mikro Filiz Olarak Üretim Potansiyellerinin Ortaya Konulması, Yetiştirme Koşullarının Optimizasyonu ve Fonksiyonel Besin İçeriklerinin Belirlenmesi” adlı proje ile yerel çeşitlerde mikro filiz üretiminin ve besin kalitesinin hangi ışık tipinin ne kadar süre ile hangi sıcaklıkta daha uygun yapılabilirliğini araştırmışlardır. Araştırmacılar; mikro filiz olarak en uygun hipokotil uzunluğunun mavi ile mavi + kırmızı led ışık tipinde tespit etmişlerdir. Sadece kırmızı pancarda hipokotil uzunluğunun artması hem görsel zenginliği hem de verimi arttırmış buna rağmen herhangi bir yatma belirtisi gözlenmemiştir. Ayrıca kırmızı lahana hariç incelenen türlerde stabil 25°C sıcaklık uygulaması, 18°C gece 25°C gündüz uygulamasına göre hipokotil uzunluğunu artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Diğer bir çalışmada Demir ve ark. (2023), LED ışıkların brokoli, lahana ve turp mikro yeşilliklerinin büyümesi, besin kalitesi ve glukozinolat içeriği üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar bitki türüne, çeşidine, büyüme dönemine ve ortamın özelliklerine bağlı olarak LED ışık kaynakları ve ışık karışımlarının farklı seviyelerde etkiler gösterdiğini ve LED ışık dalga boylarının büyüme ve beslenme kalitesi ile glukozinolatlar üzerindeki etkisinin türlere bağlı olarak değiştiğini bildirmişlerdir.

3.4. Yetiştirme Ortamı

Evde çimlendirilmiş tohum yetiştirme işlemi için çeşitli kap seçenekleri mevcuttur; bu kaplar basit kâselerden, daha kompleks filizlendirme cihazlarına kadar geniş bir yelpazeyi kapsar. Kap seçiminin önemi, genellikle filizlerin miktarı ve yetiştirme sürecindeki kullanım kolaylığı ile ilişkilidir. İdeal bir kap, suyun alttan tahliye edilmesine veya kap ters çevrildiğinde suyun akmasına olanak sağlamalıdır. Metal kaplar, özellikle alüminyum ve toprak kaplar,

potansiyel kimyasal sızıntı riskleri nedeniyle tercih edilmemelidir. Plastik kaplar, gıda ile temas için uygun malzemeden üretilmiş olmaları koşuluyla kullanılabilir. Cam kavanozlar, filizlendirme sürecini görsel olarak izleme ve yer kaplama açısından sağladığı avantajlarla popüler bir tercih olmaktadır. Çimlenme süreci tamamlandığında, cam kavanozlar kapatılarak buzdolabında saklanabilir (Cacciola, 2014).

Piyasada, bitkilerin filizlenme sürecine yardımcı olmak için farklı sistemler bulunmaktadır. Bu sistemler, farklı ihtiyaçları karşılamak amacıyla çeşitli tasarımlar sunar. Örneğin, delikli kapaklı kavanozlar, hem hava sirkülasyonunu sağlamak hem de suyun serbestçe akmasını mümkün kılmak için idealdir. Bu kapaklar, filizlerin sağlıklı bir şekilde büyümesini desteklerken, nemin doğru seviyede tutulmasına yardımcı olur. Bunun yanı sıra, üst üste konulabilen tepsiler ve kasalar gibi sistemler de mevcuttur. Bu tür kaplar, sınırlı alanlarda daha fazla filiz yetiştirilmesine olanak tanır ve düzenli bir yerleşim sağlar. Ayrıca, bazı modern modeller, suyun doğru miktarda ve eşit şekilde dağılmasını sağlamak için döner başlıklı nozüllerle donatılmıştır. Bu otomatik sulama sistemleri, filizlerin düzenli olarak sulanmasını sağlar ve bakım sürecini kolaylaştırır.

Filizlendirme ekipmanlarının etkinliği yalnızca tasarımına bağlı değildir. Bu ekipmanların hijyeninin sağlanması ve gerektiğinde dezenfekte edilmesi de son derece önemlidir. Filizlerin sağlıklı bir şekilde büyüebilmesi için, kullanılan kapların düzenli olarak temizlenmesi, potansiyel zararlı mikroorganizmaların ve kalıntıların giderilmesi gerekir. Bu, hem filizlerin sağlığını korur hem de yetiştirme sürecinin verimliliğini artırır.

Mikro filizler genellikle vermikülit, perlit, turba ve hindistancevizi lifi gibi topraksız ortamlar üzerinde yetiştirilir. Bu yöntem, bitkilerin büyümesini artırır. Yetiştirme sürecinde, bitkilerin ihtiyaç duyduğu tüm besin maddelerini içeren bir besin çözeltisi kullanılır. Bazı durumlarda, mikro filizler, gerekli besin maddeleri sağlanarak doğrudan suda da yetiştirilebilir.

Son zamanlarda, organik gıdalara olan ilginin artmasıyla birlikte mikro yeşillik üretimi önemli ölçüde artmıştır. Mikro yeşilliklerin yetiştirilmesinde kullanılan ortamlar, geleneksel toprak bazlı sistemlerden farklılaştırılmıştır. Toprak yerine hindistancevizi lifi, perlit, vermikülit ve turba yosunu gibi farklı büyüme ortamları tercih edilmeye başlanmıştır. Bununla birlikte, hidroponik sistemler de oldukça yaygındır; bu sistemlerde mikro yeşillikler su ve besin

çözeltileri kombinasyonunda yetiştirilir (Bhaswant ve ark., 2023). Bu konuda yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Muchajib ve ark. (2015), Tayland'da yerel organik materyallerin mikro filiz üretiminde kullanımını araştırmışlardır. Kum, Hindistan cevizi lifi, turba, vermikompost, şeker kamışı ve bunların farklı kombinasyonları gibi yerel biyomateriyaller mikro yeşillik üretiminde incelenmiştir. Bu araştırmalarda, hindistancevizi lifi içinde yetiştirilen sarmaşık ıspanağının en yüksek verim (5.17 kg/m²) sağladığı bulunmuştur.

Mikro filizlerin besin bileşenlerinin *Escherichia coli*, maya, Salmonella, küf ve *Staphylococcus aureus* gibi mikroorganizmalardan etkilendiği ve bu seviyelerin güvenli sınırlar içinde olduğu belirlenmiştir (Moraru ve ark., 2022; Mohanty ve ark., 2021). Toprak bazlı ve hidroponik sistemlerde yetiştirilen mikro filizler karşılaştırıldığında, hidroponik sistemlerin toprak bazlı sistemlere göre daha verimli olduğu tespit edilmiştir (Bhaswant ve ark., 2023).

Büyüme için gerekli tüm bileşenleri içeren besin çözeltisi sağlanarak yetiştiricilik yapılabilir. Zaman zaman temel besin maddeleriyle birlikte su içinde yetiştirilebilmektedir (Kyriacou ve ark., 2016). Mikro filizler sıvı besin solüsyonlarında hidroponik sistemlerde ya da katı ortamlarda yetiştirilebilmektedir. Mikro filizlerin yetiştirilmesinde katı ortam olarak; genellikle turba esaslı karışımlar ve sentetik materyaller kullanılmaktadır. Ancak bu materyaller pahalıdır ve geri dönüştürülemezler. Geri dönüşümü yapılabilen lifli materyaller daha düşük maliyetli olması nedeniyle alternatif katı yetiştirme ortamları olarak kullanılabilir. Çimlendirilmiş tohum için ortam kullanımı zorunlu olmasa da bambu ve mikro matlar kullanılabilir (Şekil 5).



Şekil 5: Yetiştirme ortamı olarak kullanılan materyaller

Sebze olarak tüketilmek üzere yetiştirilen turp filizleri için en uygun çimlendirme koşullarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada kestane çeşidi beyaz turp tohumları kullanılmıştır. Çimlendirme kapları; cam

kavanozlar (kısa-yassı), plastik kaplar (dikdörtgen- yuvarlak), çimlendirmede kullanılan altlıklar; kurutma kağıdı, kağıt havlu, pamuklu bez, perlit; çimlendirmede kullanılan ışık koşullan, tam ışık ve yarım ışık olmak üzere 3 faktörlü faktöriyel tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak düzenlenmiştir. İşlem süresi sabit (3 gün) tutulmuştur. Bütün kriterlerin ölçülmesi sonucunda yarım ışık x kısa cam kavanoz x perlit ve yarım ışık x plastik dikdörtgen kap x perlit interaksiyonun en iyi uygulama olduğu belirlenmiştir (Orhun ve Arın, 2008).

3.5. Hasat ve Hasat Sonrası Uygulamalar

Çimlendirilmiş tohumlar ve mikro filizler, besin depoları olmalarına rağmen, raf ömürlerinin kısa olmaları sonucu gerek morfolojik görünümelerini gerekse zengin besin içeriklerini oldukça kısa sürede kaybedebilmektedirler. Literatürde hasat öncesi kalsiyum uygulamalarının brokoli mikro filizlerinde verim ve raf ömrünü uzattığı belirtilmektedir (Sun ve ark., 2015). Kou ve ark. (2014), brokoli filizlerinde hasat öncesi yapılan kalsiyum uygulamasında 0,1,10 ve 20 nM olmak üzere dört farklı sprey uygulamasının hasat sonrası ve raf ömrü üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda 10 nM kalsiyum uygulamasında daha yüksek peroksidaz aktivite, dokularda düşük elektrolit sızıntısının olduğu, görsel kalitenin ve mikrobiyal büyümenin depolama boyunca azaldığı bildirilmiştir (Tuncer, 2022).

Mikro filizler, yüksek besin içeriği sunmalarına rağmen, uygun muhafaza koşulları sağlanmadığında bu besleyici özelliklerini hızla kaybetmektedir. Genel olarak, oda sıcaklığında 1-2 gün boyunca taze kalabilirler. Hasat edilen mikro filizler, gıda güvenliği standartlarını korumak amacıyla çeşitli işleme yöntemlerine tabi tutulur. Ürünler, kontaminasyon riskini azaltmak için önceden işlenmiş polietilen torbalara veya kapaklı kutulara paketlenir. Ayrıca, mikro filizler temizlendikten sonra bulaşma riskini önlemek amacıyla 5°C'de soğutulurlar ve paketlenmeden önce bu soğutma işlemi gerçekleştirilir (Kou ve ark., 2013).

Raf ömrünü uzatmak ve besin kayıplarını en aza indirmek için, optimum muhafaza koşullarının sağlanması gerekmektedir. Sıcaklık ve depolama süreleri, raf ömrü ve kalite üzerinde etkilidir, aynı zamanda mikro filizlerde metabolik aktiviteleri kontrol etmektedir. 10 °C sıcaklıkta depolanan hasat edilmiş mikro filizlerin raf ömrü 7-14 gün arasındadır ve bu süre, soğutmalı

koşullarda 4 °C sıcaklıkta 12-14 gün kadar uzatılabilmektedir (Sun ve ark., 2015).

Yeşil ve taze mikro filizlerin bozulabilir özellikleri nedeniyle, üreticinin pazar değerini artırmak için çeşitli hasat sonrası işlemler uygulaması çok önemlidir; bu şekilde mikro filizlerin raf ömrü, solunum oranlarını koruyarak ve olası kontaminasyonları önleyerek uzatılabilir (Yan ve ark., 2022; Bhaswant ve ark., 2023).

Genellikle mikro yeşillikler, fitokimyasal içeriklerini ve genel besin değerlerini birkaç gün boyunca, yani müşteri eline ulaşana kadar korumak için yıkanma, kurutma, dondurma, mikrodalga ile pişirme ve kimyasal işlemlere tabi tutulur (Moraru ve ark., 2022). Mikro yeşilliklerin raf ömrünü uzatmak, çeşitli araştırma grupları tarafından incelenen önemli bir konudur ve ambalajlı mikro yeşilliklerin atmosfer koşulları ile depolama sıcaklığı bu konuda büyük rol oynamaktadır. Yapılan bir çalışmada zaman ilerledikçe mikro yeşilliklerin raf ömrü ve kalitesinin, 4°C sıcaklıkta depolansalar bile büyük ölçüde etkilendiği bulunmuştur (Berba ve Uchanski, 2012). Görece olarak daha yüksek bir sıcaklık olan 10 °C’de depolanan mikro yeşilliklerin raf ömrü çok daha kısa olmaktadır. Ayrıca, yüksek solunum oranı mikro yeşilliklerin görsel kalitesini etkiler ve bu da doğrudan müşteri algısını olumsuz yönde etkileyebilir.

Mikro yeşilliklerin süpermarketler ve sebze dükkanlarında ışığa maruz kalması, besin kalitesine zarar verir; bu nedenle mikro yeşillikler, tüketim anına kadar dikkatlice saklanmalı ve korunmalıdır. Oksijen oranındaki düşüş ve CO₂ oranındaki artış da mikro yeşilliklerin raf ömrünü uzatmaya yardımcı olur. Bu yöntemlerin yanı sıra, klor banyosu, askorbik asit, sitrik asit ve etanol gibi çeşitli teknikler, mikro yeşilliklerin depolama sırasında fizyokimyasal özelliklerini korumak amacıyla uygulanmaktadır (Berba ve Uchanski, 2012).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gıda olarak çimlendirilmiş tohum ve mikro filizi kullanımı, Uzak Doğu orijinlidir. Günümüzde çimlendirilmiş tohumlar ve mikro filizler, küresel gıda sistemlerini sürdürülebilir bir şekilde çeşitlendirmek, insan sağlığının korunması ve sürekli büyüyen kentsel nüfusun taze mikro ölçekli sebzelere erişimini kolaylaştırmak için büyük potansiyele sahip önemli fonksiyonel gıda kaynaklarıdır. Canlı renklere, heyecan verici dokulara ve farklı tatlara sahip olan bu besin kaynakları, süpermarketlerden satın alınabildiği gibi gerektiğinde

günlük hasat için evde de yetiştirilebilmektedir. Ayrıca, kısa büyüme döngüleri nedeniyle, pestisit kullanılmadan minimum girdi ile üretilebilmekte; bu nedenle, yüksek düzeyde sağlık bilincine sahip tüketiciler tarafından geniş kabul görmektedirler. Mikro filizlerin sağlık değerlerinin önemli olmasının yanı sıra, geniş alan ve çok emek gerektirmeden minimal üretimlerin yapılmasına olanak sağlayan bir yetiştiriciliktir. Karşılaştırmalı çalışmalar, mikro filizlerin olgun sebzeleri yetiştirmekten daha sürdürülebilir ve ekonomik olduğunu ortaya koymuştur.

Mikro yeşillik ürünleri, sağlıklı yaşam tarzı değişiklikleri arayan ve tarım ile gıda işleme sektörlerinde çalışan nüfus için önemli bir kaynak olma potansiyeline sahiptir. Bu ürünler, vejetaryenler için yeni bir besin kaynağı olarak öne çıkabilir ve tarım ile gıda işleme sektörlerinde istihdam oluşturulmasına olumlu yönde katkıda bulunabilir (Gupta ve ark., 2023). Doğal kaynakların ve tarım alanlarımızın etkin bir şekilde kullanılmaması durumunda günümüzde ve gelecekte üretimin mikro ölçeğe kaymasını da kaçınılmaz kılacağı bir gerçektir. Bu bağlamda ülkemizde mikro filiz yetiştiriciliğinin gelecekte önemli bir ticari sektör haline dönüşebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Abdallah, M. M. F. (2008). Seed sprouts, a pharaoh's heritage to improve food quality. *Arab University Journal of Agricultural Sciences*, 16, 469–478.
- Aktaş, H., & Kılıç, P. (2013). Sebze soya filizi yetiştiriciliğinde (*Glycine max* L.) tuz uygulamalarının tohum çimlenmesi ve filiz kalitesi üzerindeki etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(3), 236–241.
- Aloo, S.O., Ofosu, F.K., Kilonzi, S.M., Shabbir, U., & Oh, D.H. (2021). Edible plant sprouts: Health benefits, trends, and opportunities for novel exploration. *Nutrients*, 13(8), 2882.
- Anonim. (2013). Commission Implementing Regulation (EU) No. 208/2013 of 11 March 2013 laying down rules for the traceability of sprouts and seeds intended for the production of sprouts. *Official Journal of the European Union*, 12.03.2013.
- Anonim. (2023a). Microgreens market. Retrieved from <https://straitresearch.com/report/microgreens-market> (Erişim Tarihi: 14.10.2023)
- Anonim. (2023b). <https://www.greenada.com/mikro-filizleri> (Erişim Tarihi: 14.10.2023)
- Anonim. (2023c). <https://www.rapunzel.de/en/tips-for-sprouting.html> (Erişim Tarihi: 11.08.2024)
- Arın, L., Arıcı, M., Polat, S., & Ateş, E. (2014). Bazı lahanagil (*Cruciferae*) ve baklagil (*Fabaceae*) türlerinin tohum filizlerindeki kimyasal özelliklerin değişimi ve beslenme değeri. *Journal of Agricultural Sciences*, 20(3), 230-238.
- Balık, S. (2023). Yeni Nesil Besin Kaynağı Mikro Filizlerin Topraksız Yetiştiriciliğinin Optimizasyonu ve İnsan Beslenmesi Bakımından Öne Çıkan Biyoaktif Bileşenlerinin Ortaya Çıkarılması. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 141s.
- Balkaya, A. (2020). Yazlık Sebze Islahı. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Ders Notları (Basılmamış), 168s.
- Bayineni, V. K., & Kavana Herur, N. (2022). Natural *Synedrella* residues as a growing substrate ingredient: An eco-friendly way to improve yield and quality of beet (*Beta vulgaris*) microgreens. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 4, 1–5.
- Berba, K.J., & Uchanski, M.E. (2012). Post-harvest physiology of microgreens. *Journal of Young Investigators*, 24, 1–5.
- Bhaswant, M., Shanmugam, D.K., Miyazawa, T., Abe, C., & Miyazawa, T. (2023). Microgreens-A comprehensive review of bioactive molecules and health benefits. *Molecules* (Basel, Switzerland), 28(2), 867.
- Billings, T.E. (2014). Sprouting: A Brief Overview. <http://www.living-foods.com/articles/sprouting.html> (Erişim Tarihi: 03.01.2014)

- Bliss, R.M. (2014). Specialty greens pack a nutritional punch. *Agricultural Research*, 62(1), 10-12.
- Block, G., Patterson, B., & Subar, A. (1992). Fruits, vegetables, and cancer prevention: A review of the epidemiological evidence. *Nutrition and Cancer*, 18, 1-29.
- Bozokalfa, M.K. (2009). Fonksiyonel sebzelerin ıslahı. *Hasad Gıda*, 24-27 (292).
- Brazaityte, A., Viršilė, A., Jankauskienė, J., Sakalauskienė, S., Samuolienė, G., Sirtautas, R., & Duchovskis, P. (2015). Effect of supplemental UV-A irradiation in solid-state lighting on the growth and phytochemical content of microgreens. *International Agrophysics*, 29(1), 13-22.
- Bulgari, R., Baldi, A., Ferrante, A., & Lenzi, A. (2017). Yield and quality of basil, Swiss chard, and rocket microgreens grown in a hydroponic system. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 45(2), 119-129.
- Cacciola, G. (2014). L'orto dei germogli. *LSWR (Milano)*, pp.208
- Choe, U., Yu, L.L., & Wang, T.T. (2018). The science behind microgreens as an exciting new food for the 21st century. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(44), 11519-11530.
- Çolak, C. (2020). Mikro yeşillikler (microgreens) nedir? Bebek yeşillikler ve sebze filizlerinden farkı nedir? <https://evrimagaci.org/mikro-yesillikler-microgreens-nedir-bebek-yesillikler-ve-sebze-filizlerinden-farki-nedir-8825> (Erişim Tarihi: 09.06.2023)
- Delian, E., Chira, A., Bădulescu, L., & Chira, L. (2015). Insights into microgreens physiology. *Scientific Papers. Series B, Horticulture*, 59, 447-454.
- Demir, K., Sarıkamış, G., & Seyrek, G.Ç. (2023). Effect of LED lights on the growth, nutritional quality and glucosinolate content of broccoli, cabbage and radish microgreens. *Food Chemistry*, 401, 134088.
- Di Bella, M.C., Niklas, A., Toscano, S., Picchi, V., Romano, D., Lo Scalzo, R., & Branca, F. (2020). Morphometric characteristics, polyphenols, and ascorbic acid variation in *Brassica oleracea* L. novel foods: Sprouts, microgreens, and baby leaves. *Agronomy*, 10(6), 782.
- Di Gioia, F., Mininni, C., & Santamaria, P. (2015). Come coltivare micro-ortaggi. In F. Di Gioia & P. Santamaria (Eds.), *Microgreens* (pp. 51-80). *ECO-logica*.
- Dixon, G.R. (2007). Vegetable brassicas and related crucifers. *Crop Production Science in Horticulture*, 14. CABI, Wallingford, Oxfordshire, pp327.
- Ebert, A.W. (2022). Sprouts and microgreens-Novel food sources for healthy diets. *Plants (Basel, Switzerland)*, 11(4), 571.
- Ebert, A.W., Chang, C.H., Yan, M.R., & Yang, R.Y. (2017). Nutritional composition of mungbean and soybean sprouts compared to their adult growth stage. *Food Chemistry*, 237, 15-22.

- El-Nakhel, C., Pannico, A., Graziani, G., Kyriacou, M.C., Giordano, M., Ritieni, A., De Pascale, S., & Roupael, Y. (2020). Variation in macronutrient content, phytochemical constitution, and in vitro antioxidant capacity of green and red butterhead lettuce dictated by different developmental stages of harvest maturity. *Antioxidants*, 9(4), 300.
- Fahey, J.W., Zhang, Y., & Talalay, P. (1997). Broccoli sprouts: an exceptionally rich source of inducers of enzymes that protect against chemical carcinogens. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(19), 10367-10372.
- Freytag, J. (2017). Sprouting and microgreens with mucilaginous seeds. True Leaf Market.
- Guo, L., Yang, R., Wang, Z., Guo, Q., & Gu, Z. (2014). Glucoraphanin, sulforaphane, and myrosinase activity in germinating broccoli sprouts as affected by growth temperature and plant organs. *Journal of Functional Foods*, 9, 70–77.
- Gupta, A., Sharma, T., Singh, S. P., Bhardwaj, A., Srivastava, D., & Kumar, R. (2023). Prospects of microgreens as budding living functional food: Breeding and biofortification through OMICS and other approaches for nutritional security. *Frontiers in Genetics*, 14, 1053810.
- Güvenç, İ. (2017). *Sebzecilik: Temel Bilgiler, Muhafaza ve Yetiştiricilik*. Nobel Yayınları, Ankara, s288.
- Işık, S., Işık, H., Aytemiş, Z., Guner, S., Aksoy, A., Çetin, B., & Topalcengiz, Z. (2022). Mikroyeşillikler: Besinsel içeriği, sağlık üzerine etkisi, üretimi ve gıda güvenliği. *Gıda*, 47(4), 630–649.
- Kanal, R. (2019). *Sebzelerin fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmesi ve çeşit ıslahında kullanımı*. Yüksek Lisans Semineri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karaağaç, O., Yiğit, Ü., Ögütçü, F., Kılıç Tosun, Ö., & Balkaya, A. (2022). Bazı yerel çeşitlere ait tohumların mikrofiliz olarak üretim potansiyellerinin ortaya konulması, yetiştirme koşullarının optimizasyonu ve besin içeriklerinin belirlenmesi. BÜGEM Projesi, 2021-2022.
- Kim, E.H., Kim S.H., Chung J.I., Chi H.Y., Kim J.A., & Chung I.M. (2006). Analysis of phenolic compounds and isoflavones in soybean seeds (*Glycine max* (L) Merrill) and sprouts grown under different conditions. *European Food Research and Technology*, 222, 201-208.
- Kou, L., Luo, Y., Yang, T., Xiao, Z., Turner, E. R., Lester, G. E., Wang, Q., & Camp, M. J. (2013). Postharvest biology, quality and shelf life of buckwheat microgreens. *LWT - Food Science and Technology*, 51(1), 73-78.

- Kou, L., Yang, T., Luo, Y., Liu, X., Huang, L., & Codling, E. (2014). Pre-harvest calcium application increases biomass and delays senescence of broccoli microgreens. *Postharvest Biology and Technology*, 87, 70–78.
- Kyriacou, M.C., El-Nakhel, C., Graziani, G., Pannico, A., Soteriou, G. A., Giordano, M., Ritieni, A., De Pascale, S., & Roupheal, Y. (2019). Functional quality in novel food sources: Genotypic variation in the nutritive and phytochemical composition of thirteen microgreens species. *Food Chemistry*, 277, 107-118.
- Kyriacou, M. C., Roupheal, Y., Di Gioia, F., Kyratzis, A., Serio, F., Renna, M., & Santamaria, P. (2016). Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. *Trends in Food Science & Technology*, 57, 103-115.
- Lee, J.S., & Pill, W.G. (2005). Advancing greenhouse establishment of radish, kale, and amaranth microgreens through seed treatments. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 46(6), 363-368.
- Lee, J.S., Pill, W.G., Cobb, B.B., & Olszewski, M. (2004). Seed treatments to advance greenhouse establishment of beet and chard microgreens. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(4), 565-570.
- Lobiuc, A., Vasilache, V., Pintilie, O., Stoleru, T., Burducea, M., Oroian, M., & Zamfirache, M.M. (2017). Blue and red LED illumination improves growth and bioactive compounds contents in acyanic and cyanic *Ocimum basilicum* L. microgreens. *Molecules*, 22(12), 2111.
- Miller, D.D., & Welch, R.M. (2013). Food system strategies for preventing micronutrient malnutrition. *Food Policy*, 42, 115-128.
- Mohanty, A., Mahalik, G., & Parida, S. (2021). Nutritional analysis of few edible microgreens in variable growth medium using XRF technique. *Asian Journal of Biological and Life Sciences*, 9(2), 360–364.
- Moraru, P.I., Rusu, T., & Mintas, O.S. (2022). Trial protocol for evaluating platforms for growing microgreens in hydroponic conditions. *Foods*, 11(9), 1327.
- Muchajib, U., Suknikom, S., & Butsai, J. (2015). Evaluation of organic media alternatives for the production of microgreens in Thailand. *Acta Horticulturae*, 1102, 157–162.
- Murchie, E.H., & Niyogi, K.K. (2011). Manipulation of photoprotection to improve plant photosynthesis. *Plant Physiology*, 155(1), 86–92.
- Orhun G.E., & Levent, A. (2008). Determining the best sprouting conditions for germination of radish (*Raphanus sativus*) seeds consumed as vegetables. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 6(1), 123-127.
- Paradiso, V.M., Castellino, M., Renna, M., Gattullo, C.E., Calasso, M., Terzano, R., Allegratta, I., Leoni, B., Caponio, F., & Santamaria, P. (2018). Nutritional characterization and shelf-life of packaged microgreens. *Food Function*, 9(11), 5629–5640.

- Pinto, E., Almeida, A.A., Aguiar, A.A., & Ferreira, I.M. (2015). Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. *Journal of Food Composition and Analysis*, 37, 38-43.
- Plaza, L., de Ancos, B., & Cano, P.M. (2003). Nutritional and health-related compounds in sprouts and seeds of soybean (*Glycine max*), wheat (*Triticum aestivum*. L) and alfalfa (*Medicago sativa*) treated by a new drying method. *European Food Research and Technology*, 216, 138-144.
- Renna, M., Di Gioia, F., Leoni, B., & Santamaria, P. (2016). Due espressioni dell'agrobiodiversità in orticoltura: germogli e micro ortaggi. *Italus Hortus*, 23(1), 31-44.
- Riggio, G.M., Wang, Q., Kniel, K.E., & Gibson, K.E. (2019). Microgreens-A review of food safety considerations along the farm to fork continuum. *International Journal of Food Microbiology*, 290, 76-85.
- Samec, D., Ljubej, V., Redovniković, I. R., Fistanić, S., & Salopek-Sondi, B. (2022). Low temperatures affect the physiological status and phytochemical content of flat leaf kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) sprouts. *Foods*, 11(2), 264.
- Samuoliene, G., Brazaitytė, A., Viršilė, A., Jankauskienė, J., Sakalauskienė, S., & Duchovskis, P. (2016). Red light-dose or wavelength-dependent photoresponse of antioxidants in herb microgreens. *PLoS ONE*, 11(9), e0163405.
- Samuoliene, G., Viršilė, A., Brazaitytė, A., Jankauskienė, J., Sakalauskienė, S., Vaštakaitė, V., Novickovas, A., Viškelienė, A., Sasnauskas, A., & Duchovskis, P. (2017). Blue light dosage affects carotenoids and tocopherols in microgreens. *Food Chemistry*, 228, 50-56.
- Sun, J., Kou, L., Geng, P., Huang, H., Yang, T., Luo, Y., & Chen, P. (2015). Metabolomic assessment reveals an elevated level of glucosinolate content in CaCl₂ treated broccoli microgreens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(6), 1863–1868.
- Tamilselvi, N.A., & Arumugam, T. (2017). Breeding approaches for sustainable vegetable production-a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(11), 2845-2860.
- Thuong, V.T., & Minh, H.G. (2020). Effects of growing substrates and seed density on yield and quality of radish (*Raphanus sativus*) microgreens. *Research on Crops*, 21(3), 579-586.
- Treadwell, D.D., Hochmuth, R., Landrum, L., & Laughlin, W. (2010). Microgreens: A new specialty crop. University of Florida, IFAS Extension HS1164, 3.
- Treadwell, D.D., Hochmuth, R., Landrum, L., & Laughlin, W. (2020). Microgreens: A new specialty crop (HS1164, rev. 9/2020). Edis, 2020(5).

- Tuncer, B. (2022). Sebze Mikroyeşillikleri: *Brassicaceae* Familyası Türleri. In Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Güncel Araştırmalar (pp. 65-88). Ankara: Gece Kitaplığı.
- Verlinden, S. (2020). Microgreens: Definitions, product types, and production practices. *Horticultural Reviews*, 47, 85-124.
- Warriner, K., & Smal, B. (2014). Chapter 11-Microbiological safety of sprouted seeds: Interventions and regulations. In: K. R. Matthews, G. M. Sapers, & C. P. Gerba (Eds.), *The Produce Contamination Problem* (2nd ed., pp. 237–268). Academic Press. San Diego, CA, USA, pp. 237–268. ISBN 978-0-12-404611-5.
- Weber, C.F. (2016). Nutrient concentration of cabbage and lettuce microgreens grown on vermicompost and hydroponic growing pads. *Journal of Horticulture*, 3, 190.
- Xiao, Z., Codling, E. E., Luo, Y., Nou, X., Lester, G. E., & Wang, Q. (2016). Microgreens of *Brassicaceae*: Mineral composition and content of 30 varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, 49, 87-93.
- Xiao, Z., Lester, G. E., Luo, Y., & Wang, Q. (2012). Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: Edible microgreens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 7644-7651.
- Yan, H., Li, W., Chen, H., Liao, Q., Xia, M., Wu, D., Liu, C., Chen, J., Zou, L., Peng, L., Zhao, G., & Zhao, J. (2022). Effects of storage temperature, packaging material and wash treatment on quality and shelf life of Tartary buckwheat microgreens. *Foods*, 11(22), 3630.
- Zielinski, H., Frias, J., Piskula, M.K., Kozłowska, H., & Vidal-Valverde, C. (2005). Vitamin B₁ and B₂, dietary fiber and minerals content of Cruciferae sprouts. *European Food Research and Technology*, 221, 78-83.

BÖLÜM 4

SEBZE ÇEŞİTLERİNİN KAYIT ALTINA ALINMASI

Zir. Yük. Müh. Güleda ÖKTEM¹

Doç. Dr. Sıtkı ERMiŞ^{2*}

Zir. Müh. Şakir BERKTAŞ³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13822719>

¹Tohum Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
guledaoktem@gmail.com, 0000-0002-1749-4903

²Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Eskişehir, Türkiye. ermis@ogu.edu.tr, 0000-0003-4919-921X

³Tohum Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
sakir.berktas@tarimorman.gov.tr

*Sorumlu yazar

GİRİŞ

Dünya genelinde karşılaşılan iklim değişiklikleri, artan nüfus, kaynakların sınırlanması ve biyoçeşitlilikteki azalma gibi zorluklar, tarımsal sistemlerimizin karşı karşıya olduğu başlıca problemler arasında yer almaktadır. Bu sorunlarla mücadelede, genetik çeşitliliğin korunması, tarımsal inovasyon ve gıda güvenliği konularında kritik bir öneme sahiptir. Sebze çeşitlerinin kayıt altına alınması, bu çeşitliliği sistemli bir şekilde korumanın ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etmenin temel yöntemlerinden biridir. Sebze çeşitlerinin kayıt altına alınması, genetik kaynakların sürdürülebilir kullanımı için vazgeçilmez bir araçtır. Bu kayıtlar ile sebze türlerinin ve çeşitlerin genetik özelliklerinin detaylı bir envanteri sağlanmakta, bu da biyolojik çeşitliliğin korunmasına ve genetik erozyonun önlenmesine katkıda bulunmaktadır.

1963 yılından bu yana devam eden ve hem çiftçileri hem de tüketicileri koruma amacı güden tescil süreci, bitki çeşitlerinin tanınması, korunması ve ticari olarak değerlendirilmesi amacıyla tasarlanmıştır (Ermiş ve Öktem, 2021). Bu süreç, çeşitlerin resmi olarak kayıt altına alınmasıyla başlamakta ve bu çeşitlerin kalite-performans standartlarına uygunluğu, pazarlanabilirliği gibi kriterler üzerinden değerlendirilmesini de içermektedir. Tescil edilen çeşitlerin yasal bir koruma altına alınmasıyla çiftçilere güvenilir ürünlerin sunulması ve tüketicilere de güvenli gıda erişimi sağlanması hedeflenmektedir. Böylece, tarımsal biyoçeşitliliğin sürdürülebilir bir şekilde kullanılması ve yeni çeşitlerin geliştirilmesi teşvik edilmektedir. Bu süreç, bitki çeşitlerinin ticari pazarlanmasını kolaylaştırırken, Ar-Ge çalışmalarını teşvik ederek tarımsal yenilikleri ve verimliliği artırmayı hedeflemektedir. Çeşit tescili böylece tarımsal sektörde çeşitlilik, kalite ve yeniliğin sürekli geliştirilmesine katkıda bulunarak sektörün sürdürülebilirliğini ve rekabetçiliğini güçlendirmektedir.

Türkiye'de tohumculuk sektörü, 1963 yılında 308 sayılı "Tohumlukların Tescil, Kontrol ve Sertifikasyonu Hakkında Kanun" ile yasal bir temele kavuşmuştur. Bu kanun, tohumlukların korunması, geliştirilmesi ve bu tohumlukların ulusal ve uluslararası pazarlarda rekabet edebilirliğinin artırılmasını amaçlamaktadır. Türk tohumculuğunun daha ileri bir aşamaya

taşınması ise 2006 yılında çıkarılan 5553 sayılı kanun ile sağlanmıştır. Bu iki yasal düzenleme, Türkiye'de tohumculuk sektörünün gelişimine önemli katkılarda bulunmuş ve sektördeki standartların yükseltilmesini sağlamıştır. Bu kitap bölümü, Türkiye'de kayıt altına alınan sebze çeşitlerinin geçmişten günümüze dek sergiledikleri değişimi ve mevcut potansiyellerini ele alacaktır. Özellikle, sebze çeşitlerinin tescil ve üretim izni süreçleri, ilgili yasal düzenlemeler çerçevesinde detaylı bir şekilde incelenerek, bu süreçlerin Türk tohumculuğu üzerindeki etkileri irdelenecektir. Böylece, tescil sürecinin sebze çeşitlerinin kalitesi, genetik çeşitliliği ve ekonomik değeri üzerinde nasıl bir rol oynadığına dair kapsamlı bir perspektif sunulmuştur.

1.DÜNYADA SEBZE TOHUMCULUĞUNUN TARİHSEL GELİŞİMİ

Tohum, tarımsal mirasımızla bağlantı kurmamızı sağlayan hayati bir köprüdür. Sebze tohumculuğunun tarihi, insanlık tarihinde tarımın ilk adımlarıyla neredeyse örtüşür. İlk insan toplulukları, avcı-toplayıcı yaşam biçiminden yerleşik düzene geçiş yaparken, yabani bitkileri kültüre alma ve bunları düzenli bir biçimde ekme işlemini başlatmıştır. Bu evrimsel süreç, M.Ö. 10.000 yıllarına dayanmakta ve Mısır, Çin, Amerika ve tarımın beşiği olan Mezopotamya gibi bölgelerde kendini göstermektedir. O dönemlerde, insanlar kendi geliştirdikleri yöntemlerle bitki türlerine doğal bir seleksiyon uygulamışlardır. Bu da bugünkü ıslahın temellerini oluşturmuş ve tarımın gelişmesini sağlamıştır.

Tohum ticaretinin ilk adımlarını 1607 yılında İngiltere'den Amerika'ya gelen Jamestown kolonicileri, yanlarında getirdikleri sebze tohumlarını bölgedeki çiftliklere satarak atmışlardır. Kuzey Amerika'daki ilk tohum şirketini, David Landreth 1784 yılında Philadelphia'da kurmuştur. Bu şirketin müşterileri arasında dönemin önemli isimleri de bulunmaktadır. 1799 yılında, Landreth tarafından müşterilere yönelik olarak çeşitli sebze tohumları hakkında bilgiler içeren bir katalog yayınlanmıştır. Bu katalog, fasulye, lahana, havuç, soğan, bezelye ve marul gibi sebzelerin farklı türlerini ve nasıl temin edileceklerine dair detaylı bilgileri sunmaktadır (McDonald ve Copeland, 2012). Ancak, sebze tohumlarının ticari olarak geniş çapta satışı 19. yüzyılın ikinci yarısına kadar ne Kuzey Amerika'da ne de Avrupa'da yaygınlaşmamıştır.

O dönemde yapılan tohum ticareti, genellikle küçük paketler halindeki tohumların satışını kapsamıştır (Anonim, 2021).

20. yüzyılın başlarından itibaren gelişmiş ülkelerde, tohumculuk alanındaki kuruluşlar giderek yaygınlaşmış ve zamanla devlet destekli tohum üretimi ve dağıtımı azalarak, bu alandaki görev özel sektöre devredilmiştir. 1950'lerde genetik biliminin ilerlemesi ve sistematik bitki ıslahı tekniklerinin geliştirilmesi, tohumculuk alanında büyük bir ivme oluşturmuştur. Bu değişimle birlikte, 1970'lerden itibaren özel tohum şirketleri, araştırma ve geliştirme faaliyetlerine büyük miktarda kaynak ayırmaya ve bu alana yatırım yapmaya başlamış, bitki ıslahçı haklarının tanınması, bu alandaki gelişmeleri daha da hızlandırmıştır. Modern biyoteknoloji ve rekombinant DNA teknolojilerinin ortaya çıkışıyla sebze tohumculuğu sektörü daha da ilerlemiştir. Bu durum, tohumculuk sektörünün inovasyon ve verimlilik açısından önemli gelişmeler kaydetmesine olanak sağlamıştır (Ermış ve Öktem, 2021; Anonim, 2023a).

Dünyada 1970'lerde yaklaşık 1 milyar dolar olan tohum ticareti, 1980'lerin ortalarına doğru büyük bir artış göstermiş ve 2012 yılında Uluslararası Tohum Ticareti Federasyonu'nun verilerine göre küresel tohum pazarı 44.9 milyar dolara ulaşmıştır. 2023 yılında 62.69 milyar dolar olan pazar büyüklüğünün, 2024 yılında yıllık bileşik büyüme oranı ile 66.94 milyar dolara ulaşacağı belirtilmiştir (Anonim, 2023b). ABD 12 milyar dolar ve Çin 10 milyar dolarla tohum ticaretinde öncü ülkeler arasında yer alırken, Fransa 2,8 milyar dolar, Brezilya 2,1 milyar dolar ve Kanada 2 milyar dolar ile bu sırayı izlemektedir. Türkiye 0,75 milyar dolar ile bu sıralamada 11. sırada yer almaktadır (Anonim, 2023a).

Dünya tohum endüstrisinin tarihsel gelişimi, bilim ve teknolojinin ilerlemesiyle paralel olarak önemli değişimlere sahne olmuştur. İlk tohumluk laboratuvarının kurulması bu değişimin önemli bir kilometre taşıdır. 1869 yılında Almanya'da kurulan bu laboratuvar, tohum kalitesini ve çeşitliliğini artırmayı amaçlayan bilimsel çalışmalara ev sahipliği yapmıştır. Bunu takiben, 1871'de Danimarka ve 1876 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin Connecticut eyaletinde E. H. Jenkins tarafından ilk tohum test laboratuvarının kurulmasına ve 1917 yılında ise ilk "Tohum Test Kuralları"nın yazılmasıyla hızlı bir ivme almıştır (McDonald, 1993). Bu laboratuvarlar, modern

tohumculuk çalışmalarının temelini oluşturmuş ve dünya genelinde tohum üretiminde kalite standartlarının belirlenmesinde öncü rol oynamıştır.

1906 yılında kurulan Avrupa Tohumluk Kontrol Birliği (European Seed Testing Association-ESTA), tohum test ve kontrol çalışmalarında standardizasyon sağlamayı hedeflemiştir. ESTA'nın kuruluşu, Avrupa genelinde tohum kalitesinin artırılmasına yönelik önemli bir adım olmuştur. 1908 yılında ABD ve Kanada tarafından kurulan Resmi Tohumluk Sertifikasyon Ajansları Birliği (Association of Official Seed Certifying Agencies-AOSCA), tohumluk sertifikasyon çalışmalarında uluslararası bir standardizasyon sağlamıştır. AOSCA, tohum üreticileri arasında güvenilirliği artırarak, kaliteli tohumların dünya genelinde ticaretini kolaylaştırmıştır (Ermiş ve Öktem, 2021).

Kökene 19. yüzyıla, özellikle 1877 yılına dayanan çalışmalar sonucunda 1924 yılında Uluslararası Tohum Test Birliği (International Seed Testing Association-ISTA) kurulmuş ve tohum test standartlarının uluslararası düzeyde uyumlaştırılması sağlanmıştır (Steiner ve Kruse, 2006; Pereira ve ark., 2022). ISTA'nın çalışmaları, tohumların çimlenme oranları, çeşit saflıkları ve nem içerikleri gibi kritik parametrelerin belirlenmesinde önemli bir rol oynamıştır. Tohum testi yöntemlerinin bilimsel prensiplere dayalı gelişimi ve uyumlaştırılması, tohum endüstrisinde önemli ilerlemeler sağlamıştır. Aynı yıl kurulan Uluslararası Tohum Ticareti Federasyonu (Fédération Internationale du Commerce des Semences-FIS) güncel ismiyle Uluslararası Tohumculuk Federasyonu (International Seed Federation-ISF), dünya genelinde tohum ticaretinin düzenlenmesine ve desteklenmesine yönelik faaliyetlerde bulunmuştur. ISF, tohum endüstrisindeki paydaşlar arasında bilgi ve deneyim paylaşımını teşvik ederek, küresel tohum ticaretinin gelişimine önemli katkılar sağlamıştır (ISF, 2024).

1931 yılında ISTA tarafından çimlenme, saflık, hijyen durumu, adına doğruluk, tohum ağırlıkları ve nem içeriği gibi temel testler geliştirilmiş ve standartları oluşturulmuştur. 1966 yılında tohum sağlık metodlarının ve tetrazolyum testinin tanıtılmasıyla, tohumların sağlık ve canlılık durumlarını daha hassas bir şekilde belirlemek mümkün hale gelmiştir. 2001 yılında canlılık metodlarının standartlara eklenmesi ve 2004 yılında belirli özelliklerin test edilmesi için performansa dayalı metodların tanıtılması, tohum testlerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmıştır (Muschick ve ark., 2010).

ISTA'nın ana hedeflerinden biri, tohum örnekleme ve test işlemleri için standart prosedürler geliştirmek, bu prosedürleri onaylamak ve yayınlamaktır. Ayrıca, uluslararası tohum ticaretinde birim ve yöntemlerin tutarlı bir şekilde uygulanmasını teşvik etmektedir. İkinci ana hedef ise, tohum bilimi ve teknolojileri alanında yapılan araştırmaları desteklemek, örnekleme, test etme, depolama, işleme ve tohumluk dağıtım gibi konularda ilerleme kaydetmektir. ISTA üyelik ağı, 155'i akredite olmak üzere toplam 275 üye laboratuvarından ve 200 kişisel üyeden oluşmaktadır (ISTA, 2024). ISTA'ya üyelik, tohum alanında çalışan bilim insanları, üniversitelerin tohum analiz uzmanları, araştırma merkezleri ve dünya genelindeki resmi ve özel tohum test laboratuvarları arasında işbirliği fırsatları sunmaktadır. ISTA, üyelikte çeşitliliği ve farklılıkları desteklemektedir ve bu durum, birliğin ekonomik ve politik etkilerden bağımsız kalmasına katkıda bulunmaktadır (ISTA, 2024).

Bu tarihsel süreç içerisinde 1961 yılında Paris'te imzalanan Yeni Bitki Çeşitlerinin Korunması Hakkında Uluslararası Sözleşme ile kurulan Uluslararası Yeni Bitki Çeşitlerini Koruma Birliği (International Union for the Protection of New Varieties of Plants-UPOV), bitki çeşitlerinin kayıt altına alınması için en önemli yeri almaktadır. Uluslararası bir sözleşme çerçevesinde kurulmuş olan bu birlik, bitki ıslahçılarına yeni bitki çeşitleri üzerindeki haklarını koruma imkânı sağlamış, tarımsal yenilikleri teşvik etmeyi ve bitki çeşitlerinin kimliklendirilerek kayıt altına alınmasını amaçlamıştır. UPOV, üyeleri arasındaki uluslararası uyum ve iş birliğini sağlama görevini üstlenmiştir. Bunun yanı sıra, dünya genelinde ülkelerin ve örgütlerin UPOV sistemine uygun düzenlemeler yapmalarını kolaylaştırmıştır. UPOV Sözleşmesi, taraf devletlerin iç hukuklarında bulunması gereken temel kavramları tanımlayarak, düzenlemelerin büyük ölçüde uyumlu olmasını sağlamıştır (Samray, 2008).

UPOV tarafından, bitki çeşitlerinin Farklılık, Yeknesaklık ve Durulmuşluk (FYD) testlerinin yürütülmesi ve morfolojik karakterizasyonlarının yapılabilmesi amacıyla her bir tür için detaylı çeşit özellik belgeleri hazırlanmıştır. 2024 yılı itibarıyla, UPOV tarafından 60'tan fazlası sebze türü olmak üzere, 339 türde çeşit özellik belgeleri yayınlanmış olup, bu belgeler düzenli aralıklarla güncellenmekte ve test yöntemleri sürekli olarak geliştirilerek, hakkında özel test yöntemleri belirlenen türlerin sayısı

artırılmaktadır (UPOV, 2024a). Bu belgeler, bitki çeşitlerinin özelliklerini ayrıntılı bir şekilde tanımlamak ve değerlendirmek amacıyla bilimsel ve teknik standartları içermekte olup, FYD testlerinin objektif ve güvenilir bir şekilde uygulanmasını sağlamaktadır. UPOV'un geliştirdiği bu kılavuzlar, sadece UPOV üyesi ülkeler tarafından değil, aynı zamanda üye olmayan ülkeler tarafından da ulusal bitki kataloglarının hazırlanmasında ve tohumluk sertifikasyon süreçlerinde referans olarak kullanılmaktadır.

Tüm bu gelişmelerle beraber, 1963 yılında genetik kod ile ilgili yapılan çalışmalar, belirli bir DNA veya RNA dizisinin hangi amino asitleri kodladığını belirlemeye yönelik önemli adımlar atılmıştır. Bu çalışmalar, genetik bilginin protein sentezini nasıl yönlendirdiğini anlamamızı sağlamış ve biyoloji biliminde devrim niteliğinde ilerlemeler kaydedilmiştir. Özellikle bitki ıslahı alanındaki bu keşifler, genetik çeşitlilikten daha etkin bir şekilde fayda sağlanmasına ve bunların geliştirilmesine olanak tanımıştır. Buna bağlı olarak, tescil sistemi de önemli ölçüde gelişmiş ve yenilikçi ıslah tekniklerinin uygulanmasında yeni bir ivme kazanılmıştır. Bu dönüm noktası, tarımsal üretimin verimliliğini ve kalitesini artırarak, genetik araştırmalarda ve biyoteknoloji uygulamalarında geniş çaplı yeniliklere kapı aralamıştır. 1980 yılında, DNA'nın belirli bölgelerinde varyasyonları tespit etmeye olanak tanıyan ve genetik haritalama, soy takibi ve genetik çeşitliliğin analizinde kullanılabilen genetik araştırmalarda devrim niteliğinde bir keşif gerçekleşmiş ilk polimorfik RFLP (Restriksiyon Parçalama Uzunluk Polimorfizmi) belirteci tanımlanmıştır. 1983 yılında, genetik mühendislik alanında bir başka önemli dönüm noktası yaşanmış, bilim insanları bitki genomuna yabancı DNA'nın başarılı bir şekilde entegre edilebileceğini ve bu DNA'nın kararlı bir şekilde bitki hücrelerinde ifade edilebileceğini göstermişlerdir (Panneerchelvam ve Norazmi, 2003; Durmaz ve ark., 2015).

1991 yılında, UPOV Sözleşmesi'nin yeni bir yasası kabul edilmiştir. Bu yeni yasa, bitki çeşitlerinin korunması için daha modern ve etkili düzenlemeler getirerek, bitki ıslahçılarına sağlanan koruma düzeyini artırmıştır. 1992 yılında, Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi yayınlanmış, biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir kullanımı için ulusal stratejiler geliştirilmesine yönelik kritik bir belge olarak kabul edilmiştir (Anonim, 1992). Bu sözleşme, dünya genelinde biyolojik çeşitliliğin korunmasına yönelik önemli bir kilometre taşı olmuştur. 1993 yılında, FIS üyeleri tarafından ilk uluslararası tohum sağlığı girişimleri

başlatılmıştır. Bu girişimler, tohumların hastalıklardan arındırılması ve uluslararası ticarete sağlıklı tohumların dolaşımının sağlanması amacıyla önemli adımlar atmıştır. 1994 yılında, tohum sektöründe geçerli olan kurallar ve kullanımların 12. baskısı kabul edilmiştir. 1995 yılında, Dünya Ticaret Örgütü'nün Ticaretle Bağlantılı Fikri Mülkiyet Hakları (TRIPs) Anlaşması yürürlüğe girmiştir. Bu anlaşma, bitki çeşitlerinin korunmasını zorunlu kılarak, küresel düzeyde fikri mülkiyet haklarının korunmasını güçlendirmiştir. 2000 yılında, “Cartagena Biyogüvenlik Protokolü” kabul edilmiştir. Bu protokol, genetik olarak değiştirilmiş organizmaların (GDO'lar) sınır ötesi hareketleri ile ilgili biyogüvenlik önlemlerini düzenlemiştir. 2001 yılında, Uluslararası Gıda ve Tarım için Bitki Genetik Kaynakları Anlaşması (ITPGFRA) kabul edilmiştir. Bu anlaşma, bitki genetik kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımını hedeflemiştir. 2002 yılında, Uluslararası Tohum Federasyonu (FIS) ve ASSINEL (Association Internationale des Sélectionneurs pour l'Industrie des Semences et les Variétés- Uluslararası Tohum Üreticileri ve Çeşit Geliştiricileri Birliği) birleşerek Uluslararası Tohum Federasyonu (ISF) adı altında birleşmiştir. Bu birleşme, küresel tohum endüstrisinin temsil gücünü artırmıştır. 2004 yılında, Uluslararası Gıda ve Tarım için Bitki Genetik Kaynakları Anlaşması (ITPGFRA) yürürlüğe girmiştir. Bu anlaşma, bitki genetik kaynaklarının paylaşımı ve korunması için küresel bir çerçeve sunmuştur. 2005 yılında, tohum sertifikasyonu ve ISTA turuncu sertifika düzenlenmesi için tohum şirketlerinin tam akreditasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu akreditasyon, tohum kalite standartlarının uluslararası düzeyde tanınmasını sağlamıştır. 2006 yılında, Avrupa Birliği, genetiği değiştirilmiş organizmaların (GDO) etiketlenmesi ile ilgili yeni bir yönergeyi yürürlüğe koymuştur. Bu düzenleme, tüketicilerin GDO içeren gıdalar hakkında daha fazla bilgi sahibi olmasını sağlamış ve GDO'ların izlenebilirliğini artırmıştır. 2009 yılında ise CRISPR-Cas9 teknolojisi, genetik materyali son derece hassas bir şekilde düzenleyebilme yeteneği ile genetik mühendisliği ve biyoteknoloji alanlarında devrim yaratmıştır. Bu teknoloji, tarımsal ürünlerin geliştirilmesinde de kullanılmaya başlanmıştır (Howard, 2009; OECD, 2018).

Tohumculuk endüstrisi, özellikle 2000'li yılların başından itibaren genetik mühendisliği ve biyoteknoloji alanındaki büyük ilerlemeler sonucunda daha da güçlenmiştir. CRISPR-Cas9 teknolojisi gibi yenilikler, bitki

genetiğinde hassas düzenlemeler yapmayı mümkün kılarak, tarımsal verimlilik ve dayanıklılığı artırmada yeni bir kapı açmıştır. Günümüzde, tohumculuk sektörü, genetik çeşitliliği koruma ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını destekleme yönündeki çabalarıyla, küresel gıda güvenliğine önemli katkılar sağlamaktadır. Tohumculuk endüstrisinin tarihsel gelişimi, tarımsal üretimin verimliliğini ve kalitesini artırmak amacıyla sürekli bir yenilik ve adaptasyon süreci içinde olduğunu göstermektedir. Günümüzde küresel tohum şirketleri, ileri teknolojileri kullanarak bitki ıslahında büyük ilerlemeler kaydetmekte ve bu sayede küresel gıda güvenliği ve sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkı sağlamaktadır.

2.ÜLKEMİZDE SEBZE TOHUMCULUĞUNUN TARİHSEL GELİŞİMİ

Batı ile olan ticari ve kültürel ilişkiler sayesinde modern tarım teknikleri ve tohumculuk konusunda bazı ilerlemeler kaydedilmiştir. Tanzimat Dönemi'nde (1839-1876), Osmanlı İmparatorluğu'nda çeşitli reformlar ve modernleşme hareketleri başlatılmıştır. Bu dönemde, bitkisel üretimi artırmak, çeşitlendirmek ve ihracat gelirlerini artırmak için yeni bitki türlerinin, bitki çeşitlerinin ve kaliteli tohumların ne kadar önemli olduğu fark edilmiştir (Öz, 1997; Ermiş ve Öktem, 2021; Demir, 2022). 1860 yılında, Osmanlı İmparatorluğu tarımsal verimliliği artırmak ve üretimi çeşitlendirmek amacıyla ABD ve Mısır'dan pamuk tohumu ithalatına başlamıştır. Bu ithal tohumlar, özellikle Ege ve Çukurova Bölgeleri'ndeki çiftçilere dağıtılmıştır. Bu girişim, pamuk tarımının bu bölgelerde yaygınlaşmasına ve çiftçilerin daha kaliteli ve yüksek verimli pamuk üretmelerine olanak tanımıştır. Aynı zamanda, bu adım Osmanlı İmparatorluğu'nun tarımsal modernleşme çabalarının bir parçası olarak değerlendirilmiştir (Damalıbağ, 2011). 1876-1908 yılları arasında, çeşit ve tohum ithalatı devam etmiş ve bu süreçte tarımsal eğitim ve araştırmanın temeli olan deneme çiftlikleri ve demonstrasyon alanları oluşturulmuştur (Bağcı ve Özer, 2021). Bu alanlar, modern tarım tekniklerinin uygulanması ve yaygınlaştırılması için önemli merkezler haline gelmiştir. Tarımsal yükseköğretim, ilk olarak 1847 yılında İstanbul Ayırmama'da kurulan "Ziraat Talimhanesi" ile başlamış, 1892 yılında kurulan "Halkalı Ziraat Mektebi Ali'si" ile devam etmiştir. Bu okullar, modern tarım tekniklerinin öğretilmesi ve yaygınlaştırılmasında öncü rol oynamıştır. Cumhuriyet Dönemi'nde ise bu

eğitim zinciri, Ankara'da kurulan "Yüksek Ziraat Mektebi", ardından "Yüksek Ziraat Enstitüsü Ziraat Fakültesi" ve nihayetinde "Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi" olarak devam ettirilmiştir (Çiftçi, 2016).

Bu döneme kadar tarla bitkileri türlerinde gerekli girişimlere bulunulsa da özellikle sebze tohumcuğu üretimi yönünden herhangi bir gelişme yaşanmamıştır. Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluşuyla birlikte, tarım ve tohumculuk alanında önemli reformlar ve gelişmeler yaşanmıştır. 1925 yılında, bitki ıslahı çalışmalarının yürütülebilmesi ve tohumculuğun geliştirilmesi amacıyla "Tohum Islah İstasyonları" (günümüzdeki Araştırma Enstitüleri) kurulmuştur. Bu istasyonlar, sebze dahil olmak üzere çeşitli bitki türlerinin tohumlarının kalitesini artırmak ve verimliliği sağlamak amacıyla faaliyet göstermiştir. Bu dönemde pırasa, turp, havuç domates, kabak, maydanoz, fasulye gibi türler üzerinde çalışmalar yapılarak seleksiyon ile yeni çeşitler oluşturulmaya başlanmıştır (BİSAB, 2012). Adapazarı, Eskişehir ve Yeşilköy'deki tohum ıslah istasyonlarının ardından, sonraki yıllarda Ankara ve Samsun'da da benzer istasyonlar kurulmuştur. 1926 yılında, ilk kez yurt dışından "anaçlık pancar" tohumu ithal edilmiştir. 1935 yılında, ilk yerli buğday ve arpa çeşitleri geliştirilerek çiftçilere dağıtılmıştır. 1950 yılında ise Devlet Üretme Çiftlikleri (günümüzdeki Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü-TİGEM) kurulmuş ve bu çiftliklerde ıslah edilen tohumlukların üretimine başlanmıştır (TİGEM, 2019; TÜRKTED, 2019). 1953 yılında, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Yetiştirme ve Islahı Kürsüsü, tahıl tohumlarının kontrol ve sertifikasyonu görevini üstlenmiş ve bu çalışmaları 1959 yılına kadar sürdürmüştür. Bu süreçte, 1956 yılında Milli Tohumluk İstişare Komitesi tarafından "Tohumluk Sertifikasyon Talimatnamesi" hazırlanarak tohumlukların sertifikasyonu konusunda bir rehber oluşturulmuştur. 1959 yılında Ankara'da kurulan "Tohumluk Kontrol ve Sertifikasyon Enstitüsü", yeni bitki çeşitlerinin geliştirilmesi ve bu çeşitlerin tarafsız bir kuruluş tarafından tescil edilmesi için önemli bir adım atmıştır. 1960 yılında kurulan "Bölge Çeşit Deneme Enstitüsü" ile birlikte, bu süreç daha sistematik hale gelmiştir. Ayrıca, 1961 yılında kurulan "BETA Ziraat ve Ticaret A.Ş.", sektördeki ilk özel tohumculuk şirketi olarak faaliyetlerine başlamış ve Türkiye'de tohumculuk sektörünün gelişiminde önemli bir rol oynamıştır (Anonim, 2024a).

1960'lı yıllara kadar sebze ıslahında önemli gelişmeler sağlanamamıştır. Tohum ticaretinin genişlemesi, tohumların kalite standartlarının belirlenmesini zorunlu kılmıştır. Bu durum, tohumların hem güvenilirliğini hem de performansını artırmak amacıyla yasal düzenlemelerin yapılmasını gerektirmiştir. 1963 yılında çıkarılan "308 sayılı Tohumlukların Tescil, Kontrol ve Sertifikasyonu Hakkında Kanun" ile Türkiye'de tohumluk üretiminde yeni bir dönem başlamıştır. Bu kanun, çeşit tescili, tohum sertifikasyonu, kalite kontrolü ve piyasa denetimi konularında düzenlemeler getirmiştir. Böylece, T.C. Tarım Bakanlığı, bu alanlarda ilk kez yetki ve sorumluluk alarak, tohumluk üretiminde daha aktif bir rol oynamaya başlamıştır. Ülkemiz aynı yıl ISTA'ya üye olmuştur.

1964 yılında, Türkiye'deki sebze türlerinin çeşit özellikleri kazanmalarını sağlamak amacıyla hem yerli hem de yurt dışından getirilen bazı sebze çeşitleri T.C. Tarım Bakanlığı'nın onayı ile resmi kayıtlara alınmıştır. Bu uygulama, sebze tohumculuğunda kalite ve çeşitliliği artırmak amacıyla atılan önemli bir adım olmuştur. Bakanlık tarafından kayıt altına alınan bu çeşitler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Ülkemiz Kayıt Sistemine İlk Alınan Sebze Türleri.

Tür	Kökene	Çeşit Adı	Başvuru Sahibi Kuruluş
Biber	Yerli	Dolma Biber 11B-14	Geçit Kuşağı Tar. Araş. Ens.
Biber	Yerli	Çarliston 52	Batı Akdeniz Tar. Araş. Ens.
Domates	Yabancı	Earlyana	Ege Tar. Araş. Ens.
Domates	Yabancı	Stepsstella	Ege Tar. Araş. Ens.
Domates	Yabancı	Monalucie 33	Ege Tar. Araş. Ens.
Domates	Yabancı	Texto	Batı Akdeniz Tar. Araş. Ens.
Domates	Yabancı	Viktor	Tarla Bit. Merkez Araş. Ens.
Domates	Yabancı	Amerikan Uçsuz 27	Ege Tar. Araş. Ens.
Domates	Yabancı	Vc 156	Ege Tar. Araş. Ens.
Domates	Yabancı	Pearson	Ege Tar. Araş. Ens.
Domates	Yerli	Ankara 105	Tarla Bit. Merkez Araş. Ens.
Domates	Yabancı	Süper Marmande	Batı Akdeniz Tar. Araş. Ens.
Domates	Yabancı	Marglobe	Batı Akdeniz Tar. Araş. Ens.
Domates	Yabancı	Wisconsin 55	Geçit Kuşağı Tar. Araş. Ens.
Domates	Yerli	Yeşilköy 72	Trakya Tar. Araş. Ens.
Havuç	Yabancı	Lange Rote Stumfe	Trakya Tar. Araş. Ens.
Havuç	Yabancı	Nantes	Tarla Bit. Merkez Araş. Ens.
İspanak	Yabancı	Üniversal	Geçit Kuşağı Tar. Araş. Ens.
Karpuz	Yabancı	Black Sweet	Batı Akdeniz Tar. Araş. Ens.
Kırmızı pancar	Yabancı	Rota Kugel	Trakya Tar. Araş. Ens.
Marul	Yabancı	Golden State A.	Geçit Kuşağı Tar. Araş. Ens.

Patlıcan	Yerli	Kemer 27	Ege Tar. Araş. Ens.
Patlıcan	Yerli	Halkapınar 46	Ege Tar. Araş. Ens.
Patlıcan	Yerli	Topan 374	Ege Tar. Araş. Ens.
Pırasa	Yerli	Kartal	Trakya Tar. Araş. Ens.
Taze bezelye	Yabancı	Wonder Won Kelvedon	Trakya Tar. Araş. Ens.
Taze bezelye	Yabancı	Delicates	Trakya Tar. Araş. Ens.
Taze fasulye	Yerli	Boncuk Ayşe 5663	Trakya Tar. Araş. Ens.
Taze fasulye	Yerli	Şeker Ayşe 5809	Trakya Tar. Araş. Ens.
Taze fasulye	Yerli	4F-89 Fransız	Geçit Kuşağı Tar. Araş. Ens.
Taze fasulye	Yerli	Kara Ayşe 5822	Trakya Tar. Araş. Ens.
Taze fasulye	Yerli	Yer Ayşe 5636	Trakya Tar. Araş. Ens.
Taze fasulye	Yabancı	Contender	Tarla Bit. Merkez Araş. Ens.
Taze fasulye	Yerli	Barbunya 5702	Trakya Tar. Araş. Ens.

1968 yılında OECD Tohum Sertifikasyon Sistemi'ne dahil edilen ülkemizde 1980'lerin başlarına kadar tohum üretim ve dağıtım politikaları büyük ölçüde devlet kontrolünde yürütülmüştür. Bu politikanın temel hedefi, Türkiye'deki çiftçilerin tohum gereksinimlerini tamamen yerli ve milli kaynaklardan karşılamak olmuştur (Bağcı ve Özer, 2021). 1980'lerden sonra Türkiye'de serbest piyasa ekonomisi uygulanmaya başlanmıştır. Bu ekonomik dönüşüm, özellikle 1983 yılında tohum fiyatlarının ve 1984 yılında tohum ithalatının serbest bırakılmasıyla tohumculuk sektöründe önemli etkiler yaratmıştır. Bu düzenlemeler, özel sektörün tohumculuk alanında faaliyet göstermesine ve hızlı bir şekilde büyümesine olanak sağlamıştır. Özel sektör girişimcileri, sadece tohum üretimiyle sınırlı kalmayarak, teknoloji transferi, yeni çeşitlerin geliştirilmesi, tohum işleme ve pazarlama gibi farklı alanlarda da faaliyet göstermeyi hedeflemiştir. Bu değişim, tohumculuk sektörünün daha rekabetçi ve yenilikçi bir yapıya kavuşmasına katkıda bulunmuştur. Devlet tarafından özel sektörün tohumculuk alanında gelişmesini teşvik etmek amacıyla bir dizi önlem ve teşvik politikası uygulamaya koymuştur. Bu kapsamda, 1985 yılında tohumculuğun desteklenmesini amaçlayan bir kararname çıkarılmıştır. Bir yıl sonra, 1986 yılında, tohumlukların sübvansede edilmesini sağlayan yasal düzenlemeler yapılmıştır. Bu adımlar, özel sektörün tohumculuk faaliyetlerini artırmasına ve sektörde daha aktif bir rol almasına olanak sağlamıştır. Bu teşvikler, tohumculuk sektörünün büyümesini hızlandırmış ve özel sektörün yenilikçi yaklaşımlar geliştirmesine katkıda bulunmuştur (Anonim, 2001; Balkaya ve ark., 2020).

1987 yılında şu anki adını alan Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü, yeniden organize edilmiştir. Bu yeniden yapılanma süreci, kurumun uluslararası alanda daha aktif ve etkili olmasını sağlamıştır. Ardından, çeşitli diğer uluslararası organizasyonlara da üye olarak küresel bağlantılarını güçlendirmiştir. Ayrıca, özel sektöre sağlanan teşvikler ve araştırma faaliyetlerine verilen izinler ile tohumculuk sektöründe sürekli bir gelişim ve yenilik ortamı oluşturulmuştur. Bu çabalar, kurumun sektördeki liderliğini pekiştirmiş ve tohumculuk alanındaki ilerlemeleri hızlandırmıştır (Ermiş ve Öktem, 2021).

1994 yılında Türkiye'de, bitki çeşitlerinin korunması ve ıslahçı haklarının tanınmasına yönelik önemli yasal düzenlemeler yapılmıştır. Bu adım, bitki ıslahçılarına yasal koruma sağlamış ve yeni çeşitlerin geliştirilmesini teşvik etmiştir. Ardından, 1997 ve 1999 yıllarında bitki çeşitlerinin tescil edilmesi ve üretim izinlerinin verilmesi konularında yeni yönetmelikler yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelikler, tohumculuk sektörünün düzenlenmesi ve standartlarının yükseltilmesi açısından önemli bir rol oynamıştır. Türkiye'nin 1998 yılında ISF üyeliğine kabul edilmesi, ülkenin uluslararası tohumculuk topluluğunda daha etkin bir konuma gelmesine olanak tanımış ve küresel sektördeki iş birliklerini artırmıştır.

Islahçıların haklarını güvence altına almak amacıyla, 8 Ocak 2004 tarihinde 5042 sayılı "Yeni Bitki Çeşitlerine Ait Islahçı Haklarının Korunması" yasası yürürlüğe girmiştir. Bu yasa, ıslahçıların geliştirdikleri yeni bitki çeşitleri üzerinde sahip oldukları hakları koruma altına almayı hedeflemiştir. Daha sonra, 17 Mart 2007'de, Türkiye Büyük Millet Meclisi tarafından Uluslararası Yeni Bitki Çeşitlerinin Korunması Sözleşmesi (UPOV Sözleşmesi) onaylanmıştır (Anonim, 2007). Türkiye, 18 Kasım 2007'de gerçekleşen UPOV Genel Kurulu'nda, 65. üye olarak kabul edilerek, uluslararası bitki çeşitlerinin korunması topluluğuna dahil olmuştur (UPOV, 2024b). Bu üyelik, Türkiye'nin bitki ıslahı ve çeşit koruma konularında uluslararası standartlara uyum sağlamasını ve küresel iş birliklerini güçlendirmesini sağlamıştır. Kanunun yürürlüğe girmesiyle birlikte, ıslahçı hakkı kapsamında yasal koruma elde eden bir ıslahçı, geliştirdiği bitki çeşidi üzerinde geniş kapsamlı mülkiyet haklarına sahip olmuştur. Bu haklar, çeşidin tohumluklarının ve hasat edilen materyalinin üretimi, çoğaltılması, çoğaltım amacıyla hazırlanması, satışa sunulması, satılması, piyasaya sürülmesi, ihraç

edilmesi, ithal edilmesi ve depolanması gibi çeşitli faaliyetleri içermektedir (Çelen ve Çakmak, 2020).

2006 yılında ülkemiz, tohumculuk mevzuatını Avrupa Birliği standartlarına uyumlu hale getirmek amacıyla kapsamlı bir revizyona gitmiştir. Bu çerçevede, 5553 sayılı yeni bir kanun "Tohumculuk Kanunu" kabul edilmiş ve 2008 yılında Tohumculuk Kanunu'na istinaden çıkarılan 26755 sayılı "Bitki Çeşitlerinin Kayıt Altına Alınması Yönetmeliği" çıkarılarak yürürlüğe girmiştir. AB mevzuatı ile uyumlu bir şekilde yürütülen çalışmalarla, sertifikasyon ve pazarlama yönetmelikleri, Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yürütülen tohumluk, fide, fidan sertifikasyon işlemleri ve piyasa denetimiyle ilgili yetki devrinin esaslarının belirlendiği yönetmeliklerle sektörün işleyişinin alt yapısı kurulmuştur (Balkaya ve ark., 2015). Bu düzenlemeler ile tohumculuk sektörünün disipline edilmesi ve uluslararası normlarla uyumlu hale getirilmesi amaçlanmıştır. Bu adımlar, sektörün daha etkin bir şekilde denetlenmesini ve yönetilmesini sağlamış, ayrıca uluslararası ticaret ve iş birlikleri için gerekli yasal altyapıyı güçlendirmiştir (Çelik ve Nazlı, 2014).

5553 sayılı Tohumculuk Kanunu kapsamında özel sektörün yeniden yapılanma süreci büyük oranda tamamlanmıştır. Bu süreçte, 8 Kasım 2006 tarih ve 26340/5553 sayılı Tohumculuk Kanunu'na göre Türkiye Tohumcular Birliği (TÜRKTOB) kurulmuş ve buna bağlı olarak yedi alt birlik oluşturulmuştur. Bu alt birlikler, sektördeki farklı aktörleri temsil etmekte ve sektörün çeşitli alanlarındaki faaliyetleri düzenlemektedir. Bu alt birlikler, tohumculuk sektörünün farklı kesimlerinin ihtiyaçlarını karşılamak ve sektörü daha organize ve etkin bir şekilde yönetmek amacıyla faaliyet göstermektedirler. 2024 yılı itibarıyla TÜRKTOB, bünyesinde yer alan 7 alt birlik ve toplam 78.720 üyesiyle (Tablo 2), tohum, fide, fidan ve süs bitkileri sektörlerinin tek yasal temsilcisi olarak ıslahçıları, yetiştiricileri, üreticileri ve dağıtıcılarıyla birlikte tarım sektörünü oluşturan en önemli kurumlardan biri haline gelmiştir (Anonim, 2024b).

Tablo 2: Türkiye Tohumcular Birliğine Bağlı Bulunan Alt Birliklerin Sayısı.

Alt Birlik	Üye sayısı
BİSAB (Bitki Islahçıları Alt Birliği)	379
FÜAB (Fidan Üreticileri Alt Birliği)	995
FİDEBİRLİK (Fide Üreticileri Alt Birliği)	206
SÜSBİR (Süs Bitkileri Üreticileri Alt Birliği)	1.051
TODAB (Tohum Dağıtıcıları Alt Birliği)	8.048
TSÜAB (Tohum Sanayicileri ve Üreticileri Alt Birliği)	1.092
TYAB	66.919
Toplam	78.720

Ülkemizde sebze çeşit tescil ve kayıt sistemi, ilk olarak, 1963 yılında, performans kriterlerine dayalı bir tescil sistemi uygulanmaya başlanmıştır. Bu sistem ile bitki çeşitlerinin tescil edilmesinde, çeşitlerin performansını değerlendiren bir yaklaşım benimsemiştir. 1991 yılına gelindiğinde, "Ticari Sebze Tohumluk Kaydı" modeli devreye sokulmuş ve bu model, çeşit özellik belgeleri ile tescil yapılarak sebze çeşitlerinin daha hızlı bir şekilde piyasaya sürülmesine imkân tanımıştır. Bu düzenleme, yeni sebze çeşitlerinin piyasaya girmesini hızlandırarak, çeşitliliğin kısa sürede artmasını sağlamıştır (Demir ve ark., 2010; Çelen ve ark., 2020).

2008 yılında, "Bitki Çeşitlerinin Kayıt Altına Alınması Yönetmeliği" yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik, sebze çeşitlerinin tescil edilmesinde Avrupa Birliği standartlarına uyum sağlamayı amaçlamıştır. Günümüzde tescil süreci, yalnızca Farklılık, Yeknesaklık ve Durulmuşluk (FYD) denemelerinin sonuçlarına göre gerçekleştirilmektedir. Bu kriterler, bir bitki çeşidinin diğerlerinden belirgin şekilde farklı olmasını, genetik özelliklerinin tutarlılığını ve tür ve çeşit özelliklerinin yeknesak olmasını, aynı zamanda çeşitlerin yıllar içinde bu yeknesaklığını kaybetmeyerek durulmuş olmasını ifade etmektedir. Bu denemeler sonucunda uygun bulunan çeşitler, resmi kayıtlara alınmakta ve piyasaya sunulmaktadır (Ermiş ve ark., 2018; Balkaya ve ark., 2020).

"Bitki Çeşitlerinin Kayıt Altına Alınması Yönetmeliği" en güncel haliyle 17 Eylül 2024 tarihli ve 32665 sayılı resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir.

3.ÜLKEMİZDE SEBZE TÜRLERİNDE KAYITLI ÇEŞİT SAYILARI

3.1.Standart Tohumluk Kaydına Alınan Sebze Çeşitleri

Türkiye'de tohumluk ticareti, 5553 sayılı Tohumculuk Kanunu uyarınca yalnızca kayıt altına alınmış tohumluklarla sınırlıdır. Bu kanun, tohumculuk sektöründe düzeni ve kaliteyi sağlamak amacıyla yürürlüğe konulmuş olup, tohumlukların kayıt altına alınmasını zorunlu kılmaktadır. Kayıt altına alma işlemi, tohumlukların belirli standartlara uygunluğunu doğrulayan bir süreçtir ve yalnızca bu süreçten geçen tohumlukların ticaretine izin verilmektedir.

Ülkemizde 1964 yılından günümüze kadar 48 türde 8007 sebze çeşidi kayıt altına alınmış ve bunun 4251 adedi milli çeşit listesinde yer almıştır. Bu çeşitlerin büyük bir kısmı özel sektör tarafından tescil edilmiştir (7716 çeşit), kamu kurumlarının tescil ettiği çeşit sayısı ise 273'tür (Tablo 3). Üniversiteler ise toplam 18 çeşit ile sürece katkıda bulunmuştur. En çok kayıt altına alınan türler sırasıyla domates (2084), biber (1073), hıyar (951), marul (433), kavun (400) ve karpuz (395) olmuştur. Diğer yandan, rezene, sarımsak ve şalgam türlerinde dörder, yaprak lahana ve mantar türlerinde üçer, kuzukulağı türünde iki, nane ve kudret narı türlerinde yalnızca birer çeşit kayıt altına alınmıştır (TTSM, 2024a).

Bu durum ülkemizde sebze türleri çeşit tescil sürecinde özel sektörün büyük bir ağırlığa sahip olduğu, kamu kurumlarının belirli türlerde önemli katkılar sağladığı ve üniversitelerin ise sınırlı ancak değerli katkılarda bulunduğunu göstermektedir. Özellikle son yıllarda yaşanan hızlı ivme, özel sektörün sebze türlerinde kayıt altına alma sayılarındaki artışıyla birlikte, bu alandaki rekabetin ne kadar yoğun olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 3: Ülkemizde Özel Sektör, Kamu Kurumları ve Üniversiteler Adına Kayıtlı Sebze Çeşitlerinin Sayıları.

Tür	Özel	Kamu	Üniversite	Toplam
Domates	2084	54	-	2138
Biber	1073	47	3	1123
Hıyar	943	8	-	951
Marul	420	13	-	433
Kavun	380	16	4	400
Karpuz	388	7	-	395
Taze fasulye	325	32	4	361

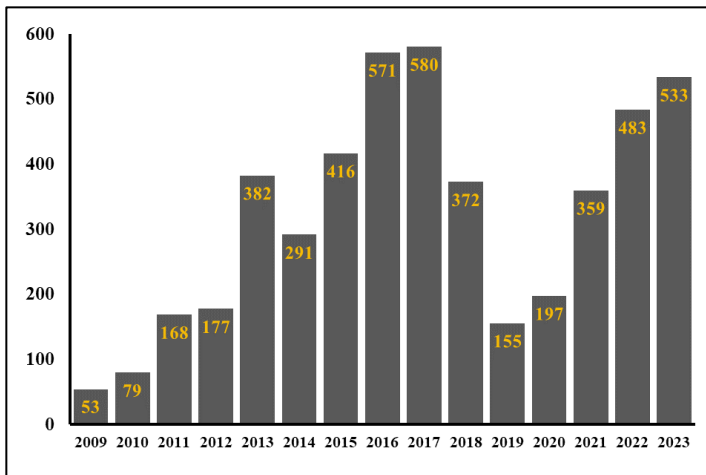
Kabak	312	13	-	325
Karnabahar	257	7	-	264
Soğan	223	6	-	229
Patlıcan	196	17	1	214
İspanak	207	4	-	211
Beyaz lahanası	128	5	-	133
Havuç	131	2	-	133
Brokoli	98	-	-	98
Taze bezelye	89	8	1	98
Kırmızı lahanası	67	3	-	70
Şeker mısır	67	2	-	69
Turp	55	4	1	60
Taze bakla	29	1	-	30
Cin mısır	21	6	-	27
Kırmızı pancar	23	1	-	24
Enginar	19	4	-	23
Kereviz	16	1	-	17
Tere	15	-	1	16
Roka	15	-	-	15
Brüksel lahanası	13	-	-	13
Dereotu	12	-	-	12
Semizotu	12	-	-	12
Alabaş	11	-	-	11
Pırasa	9	2	-	11
Acur	10	-	-	10
Endive	10	-	-	10
Maydanoz	9	-	-	9
Taze börülce	6	-	2	8
Bamya	3	4	-	7
Pazı	7	-	-	7
Çin lahanası	5	-	1	6
Hindiba	6	-	-	6
Kuşkonmaz	6	-	-	6
Rezene	4	-	-	4
Sarımsak	1	3	-	4
Şalgam	4	-	-	4
Mantar	-	3	-	3
Yaprak lahanası	3	-	-	3
Kuzukulağı	2	-	-	2
Kudret Narı	1	-	-	1
Nane	1	-	-	1
TOPLAM	7716	273	18	8007

Türkiye'de sebze türlerinin kayıt altına alınması iki farklı kanun kapsamında gerçekleştirilmiştir. İlk olarak 1963 yılında yürürlüğe giren 308 sayılı Kanun, 2008 yılına kadar olan dönemi kapsamaktadır. Bu süre zarfında,

toplamda 3094 sebze çeşidi kayıt altına alınmıştır. 2008 yılında yürürlüğe giren 5553 sayılı Tohumculuk Kanunu, sebze çeşitlerinin Avrupa Birliği uyum çerçevesinde UPOV kurallarına göre Farklılık, Yeknesaklık ve Durulmuşluk (FYD) testleri yapılarak tescil edilmesini öngörmüştür. FYD testleri, çeşitlerin iki farklı vejetasyon dönemi boyunca değerlendirilmesini içerir. Bu süreç, 2008 yılından itibaren başlamış olup, ilk kayıt 2009 yılında gerçekleştirilmiştir. 2009 yılından 2023 yılına kadar geçen 14 yıllık süre zarfında kayıt altına alınan çeşit sayısı yaklaşık 1.5 kat artarak 4.913'e ulaşmıştır.

2008 yılından 2023 yılına kadar kayıt altına alınan sebze türlerine ait veriler Şekil 1'de gösterilmektedir. Şekil 1 incelendiğinde, bazı yıllarda tescil edilen sebze çeşidi sayılarının düştüğü gözlemlenmektedir. Bu durum, çeşit tescil başvuru taleplerinden ziyade, FYD testlerinin iki vejetasyon süresince yapıyor olmasından kaynaklanmaktadır. FYD testleri tamamlandığında, çeşitler tüm özellikleri bakımından incelenmekte ve tescil komitesine sunulularak kayıt altına alınmaktadır.

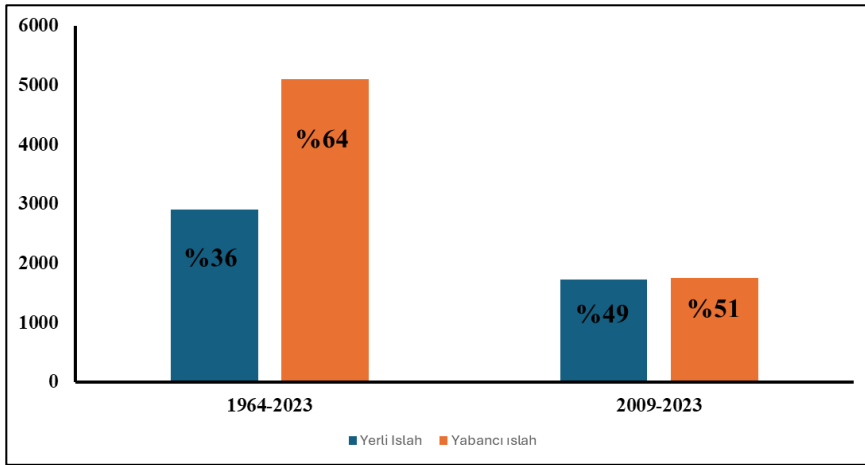
1964-2023 yılları arasında Türkiye'de kayıt altına alınan sebze türlerinin yerli ve yabancı ıslah oranları, sektördeki ıslah çalışmalarının kaynaklarını ve dağılımını anlamak açısından büyük önem taşımaktadır. Şekil 2'de bu dönemde kayıt altına alınan sebze çeşitlerinin yerli ve yabancı kaynaklı ıslah oranları gösterilmektedir (TTSM, 2024a).



Şekil 1: 2009-2023 Yılı Arasında Kayıt Altına Alınan Sebze Çeşit Sayıları

Analizler, kayıt altına alınan sebze çeşitlerinin %64'ünün yurt dışı kaynaklı ıslah çalışmaları sonucunda geliştirildiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, Türkiye'nin sebze tohumu pazarında uluslararası ıslah çalışmalarının önemli bir yer tuttuğunu göstermektedir. Yurt dışı ıslah çalışmaları, genellikle daha geniş genetik kaynaklara ve ileri teknolojiye erişim imkânı sayesinde yüksek verimli ve dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Öte yandan, %36'sı yerli firmaların çeşit ıslah çalışmaları sonucunda kayıt altına alınan çeşitlerden oluşmaktadır (TTSM, 2024a).

2008 yılından günümüze kadar kayıt altına alınan sebze türlerinin %49'unun yerli ıslah çalışmaları sonucu geliştirildiği görülmektedir (Şekil 2). 2008 yılında yürürlüğe giren yeni Tohumculuk Kanunu ve buna bağlı olarak yayımlanan Yönetmelikler, yerli ıslah çalışmalarının artmasında önemli bir rol oynamıştır. Bu yasal düzenlemeler, yerel ve milli tohum firmalarının kurulmasını teşvik etmiş ve desteklemiştir.



Şekil 2: Ülkemizde Kayıt Altına Alınan Sebze Türlerinde Yerli/Yabancı Islah Oranları

Yerli sebze çeşit ıslah çalışmaları, ülkemizin tarımsal genetik kaynaklarının değerlendirilmesi ve yerel koşullara uyumlu çeşitlerin geliştirilmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır. Yerli firmaların bu alandaki katkıları, tarım sektöründe sürdürülebilirlik ve gıda güvenliğinin sağlanması

için stratejik bir önem arz etmektedir. Özellikle tüketici tercihleri doğrultusunda geliştirilen yeni çeşit ve tiplerin ülkemiz çiftçi ve tüketicisine sunulması, yabancı ıslah oranını düşürmekte ve yerli çeşitlerin pazar payını artırmaktadır.

3.2.Üretim İzni Alan Sebze Çeşit Adayları

Türkiye'deki üretim izni mekanizması, etkileri açısından tescil süreci ile benzerlik göstermektedir. Üretim izni verilen çeşit adayları, tescil edilen çeşitlerin sahip olduğu tüm haklardan faydalanabilmektedir. Bu mekanizma, çeşitlerin hızla piyasaya sunulabilmesi için özel ve istisnai bir ayrıcalık olarak tasarlanmıştır (Çelen ve ark., 2020). Ülkemizde sebze türlerinde üretim izni “Bitki Çeşitlerinin Kayıt Altına Alınması Yönetmeliği” kapsamında yapılmaktadır (Anonim, 2008). Bu amaçla çeşit adayları farklılık, yeknesaklık ve durulmuşluk (FYD) testlerine alınmadan tescil edilinceye kadar ticarete konu olabilmektedir. 2024 yılı Mart ayı itibariyle üretim izni alan 27 sebze türünde toplam 773 çeşit adayı bulunmaktadır (Tablo 4).

Tablo 4: Ülkemizde Üretim İzni Sebze Çeşit Adaylarının Dağılımı (Mayıs 2024).

Tür	Özel	Kamu	Üniversite	Toplam
Domates	245	-	-	245
Biber	127	1	-	128
Hıyar	111	-	-	111
Kavun	50	1	-	51
Kabak	44	-	-	44
Soğan	40	-	-	40
Karpuz	31	-	-	31
Marul	26	-	-	26
Patlıcan	25	-	-	25
Ispanak	14	-	-	14
Karnabahar	9	-	-	9
Taze fasulye	9	-	-	9
Beyaz lahana	6	-	-	6
Havuç	5	-	-	5
Brokoli	4	-	-	4
Maydanoz	4	-	-	4
Dereotu	3	-	-	3
Turp	3	-	-	3
Acur	2	-	-	2
Cin mısır	2	-	-	2
Kereviz	2	-	-	2

Kırmızı lahana	2	-	-	2
Şeker mısır	2	-	-	2
Yabani roka	2	-	-	2
Alabaş	1	-	-	1
Taze bakla	1	-	-	1
Yaprak lahana	1	-	-	1
Toplam	771	2	0	773

Kayıt altına alınan sebze çeşitlerinde olduğu gibi, üretim izni alan çeşit adaylarında da en fazla başvuru yapılan türler domates (245 adet), biber (128 adet) ve hıyar'dır (111 adet). Üretim izni için başvuruda bulunan çeşit adaylarının büyük çoğunluğunun özel sektör tarımsal araştırma kuruluşları tarafından geliştirildiği gözlemlenmektedir. Buna karşılık, üretim izni alan çeşit adaylarının yalnızca %0.25'inin kamuya ait kurum/kuruluşlar tarafından geliştirildiği görülmektedir. Tarımsal üretimde pazar ve tüketici taleplerinin genişlemesi ve hızla değişmesi, bu alandaki en önemli faktörlerden biridir. Bu durum, yerli ve uluslararası bitki ıslah çalışmaları sonucunda oluşan rekabetçi çeşit tedarik sistemi ile doğrudan ilişkilidir. Hem iç hem de dış pazarlarda, tarım ürünlerine olan talep sürekli olarak artmakta ve çeşitlenmektedir. Bu artan talep, üreticileri daha verimli, dayanıklı ve tüketici beklentilerini karşılayan yeni çeşitler geliştirmeye teşvik etmektedir. Yerli ve yabancı firmalar arasındaki rekabet, bitki ıslah çalışmalarının hızla ilerlemesine ve piyasada daha fazla seçenek sunulmasına katkıda bulunmaktadır. Bu rekabetçi ortam, tarımsal üretimde inovasyonu teşvik ederek, sektördeki ürün çeşitliliğini ve kaliteyi artırmaktadır (Öztürk ve ark., 2011; Balkaya ve ark., 2015).

4. SEBZE TÜRLERİNDE ÇEŞİTLERİN KAYIT ALTINA ALINMA SÜRECİ

Ülkemizde tarla bitkileri, sebze ve süs bitkileri türleri ile meyve ve asma çeşitlerinde kayıt altına alma işlemleri “Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü (TTSM)” tarafınca yürütülmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı adına çeşit tescilinde yetkilendirilmiş tek kurum olan TTSM dünyadaki aynı işi yapan kurumlar gibi çalışmaktadır. Başvuru, denemelerin kurulumu ve kontrolü, gözlemler, kayıt işlemleri ve kayıt sonrası işlemler tek merkezden yürütülmektedir. Sebze türlerinde başvuru sahibince belirtilen yetiştirme şekli ve yetiştirme sezonuna göre denemeler farklı lokasyonlara

kurulabilmektedir. Ankara TTSM'nin hem örtüaltı hem açık saha deneme alanları mevcut olmakla beraber (Şekil 3), gerekli olduğu takdirde Manisa, Samsun, Kocaeli, Antalya, Adana ve Adıyaman Tohum Sertifikasyon Test Müdürlükleri'nin deneme alanları da kullanılmaktadır.



Şekil 3: Ankara'daki TTSM Bünyesindeki Deneme Alanları

4.1. Mevcut Kayıt Sistemleri ve Temel Kavramlar

Sebze türlerinde çeşit kayıt işlemleri genel olarak iki farklı koldan yürütülmektedir. İlki; daha önce yurtiçinde veya yurtdışında kayıt altına alınmamış veya UPOV üyesi olmayan bir ülkede kayıt altına alınmış çeşit adayları için uygulanan süreçtir. Bu süreçte başvuru, çeşit adayı sahibi tarafından TTSM'ye gerekli evraklar ile yapılmakta ve FYD (farklılık, yeknesaklık ve durulmuşluk) denemeleri TTSM tarafından yapılarak kayıt altına alınmaktadır. İkincisi ise; UPOV üyesi bir ülkede FYD (testleri yapılarak kayıt altına alınan çeşitler için uygulanan süreçtir. Bu süreçte ise; denemeler

çeşit sahibi tarafından bir vejetasyon süresince kurulmakta ve TTSM tarafından gerekli kontrol ve doğrulamalar yapılarak kayıt altına alınmaktadır. Bu iki süreç detaylı olarak bir sonraki kısımda anlatılmıştır.

Ülkemizde kayıt altına alma işlemleri ilk olarak 1963 yılında tarla bitkilerine ait türlerdeki çeşitler ile başlamıştır. Sebze türlerine ait çeşitlerin kayıt altına alınması ise 1964 yılında ticari sebze kaydı ile başlamıştır (TTSM, 2024a). Bu yıllarda 308 sayılı Kanun kapsamında Bakan oluru ile ticari sebze kaydı yapılmaktaydı. Ancak, 2006 yılında çıkarılan 5553 sayılı “Tohumculuk Kanunu”, 2007 UPOV üyelik sözleşmesi ve bunlara istinaden 2008 yılında yürürlüğe giren “Bitki Çeşitlerinin Kayıt Altına Alınması Yönetmeliği” ile FYD (farklılık, yeknesaklık ve durulmuşluk) testleri sonucu çeşit kaydı yapılmaktadır. “Bitki Çeşitlerinin Kayıt Altına Alınması Yönetmeliği” en güncel haliyle 17 Eylül 2024 tarihli ve 32665 sayılı resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir.

4.2. Yeni Sebze Çeşit Adaylarının Kayıt Altına Alınması

Bitki Çeşitlerinin Kayıt Altına Alınması Yönetmeliği’nde “Yurt içinde veya yurt dışında ıslah edilen veya bulunan ve geliştirilen bitki çeşitlerinin farklı, yeknesak ve durulmuş olduğunun ve/veya biyolojik ve teknolojik özellikleri ile hastalık ve zararlılara dayanıklılığının ve tarımsal değerlerinin tespit edilerek kütüğe kaydedilmesi” tescil olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2024c). Tescil diye adlandırılan kayıt sisteminde; önceden yurtiçinde veya yurtdışında kayıt altına alınmamış, FYD testleri UPOV kurallarına uygun olarak yapılmamış veya UPOV üyesi olmayan bir ülkede kayıt altına alınmış çeşit adayları değerlendirilmektedir. Bu süreç başvuru sahibinin gerekli evraklar ile TTSM’ye başvurması ile başlamaktadır. Çeşit adayının FYD denemeleri 2 vejetasyon süresince TTSM tarafından kurularak değerlendirilmekte ve sonuçlar olumlu olduğu takdirde teknik komite tarafından tescil edilmektedir. Bir çeşit adayı için kayıt başvurusunda bulunabilecek ve kütük kaydına ismi yazılacak başvuru sahibi; çeşit adayını ıslah eden veya bulan-geliştiren araştırma kuruluşları, gerçek kişiler veya yetki belgesi olan tohum üreticisi kuruluşlardır. Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü (BÜGEM) tarafından belgelendirilen “Özel Sektör Tarımsal Araştırma Kuruluşları”, “Kamu Tarımsal Araştırma Enstitüleri” ve “Üniversitelerin Ziraat Fakülteleri” araştırma kuruluşları kapsamında başvuru sahibi olarak

değerlendirilmektedir. Bitki Çeşitlerinin Kayıt Altına Alınması Yönetmeliği'nde belirtilen şartları taşıyan ziraat mühendisleri “gerçek kişi” olarak başvuru sahibi olabilmektedir. Bu araştırma kuruluşları ve gerçek kişiler çeşit adayının ıslahçısı olarak da kabul edilmektedirler. Bundan dolayı özel sektör tarımsal araştırma kuruluşu olmayan tohum üreticisi kuruluşların araştırma kuruluşları veya gerçek kişi olan ıslahçıdan mutlaka yetki belgesi alması gerekmektedir. Ayrıca ıslahçı beyanı gerektiren evrakların da yetki belgesi veren kuruluş/kişi tarafından doldurulup imzalanması gerekmektedir. UPOV üyesi herhangi bir ülkede FYD testleri UPOV kurallarına göre yapılarak tescil edilen çeşitlerin ülkemizde kayıt altına alınabilmesi için, 17 Eylül 2024’de yayınlanan yönetmelik gereği bir vejetasyon süresince FYD denemeleri kurularak çeşit özellik belgelerinin kontrolü sağlanacaktır. Bu düzenleme, bitki çeşitlerinin ülkemize adaptasyon yeteneklerinin ve tarımsal performanslarının bilimsel olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır. Yeni bitki çeşit adaylarının kayıt altına alınması sistemlerindeki ilk aşama olan başvuru dosyası evrakları Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5: Tescil Başvuru Dosyasında Bulunması Gerekli Evraklar.

1	Başvuru dilekçesi
2	Başvuru formu
3	Teknik soru anketi
4	Yetki belgesi (ıslahçı ile başvuru sahibi farklı ise)
5	Yabancı dildeki belgelerin yeminli tercüman onaylı Türkçe çevirileri
6	Çeşit adayını tanımlayıcı ölçekli fotoğraf, slayt vb. dokümanlar
7	Ücret dekontu

Başvuru dilekçesi örnekleri TTSM’nin internet sitesinde mevcut olmakla beraber (TTSM, 2024b) çeşit adayının türü, önerilen ismi, başvuru sahibinin adı ve adresi gibi bilgileri içeren ve mutlaka başvuru sahibi tarafınca imzalanması gereken bir dilekçedir. Yönetmelikte belirtilen tescil başvuru zamanları içerisinde başvuru yapılması, tarih yazılması ve ıslak imzalı şekilde başvuru dosyasında bulunması gerekmektedir. Başvuru sahibi firma ise; firma kaşesi ve firma adına imza yetkisi olan kişinin ismi yazılarak imzalanmalıdır. Başvuru sahibi gerçek kişi ise; ad-soyad, tarih ve imza yeterli olmaktadır. Diğer bir evrak olan başvuru formu; yine başvuru sahibi tarafından doldurulması gereken ve çeşit adayının türü, latincesi, önerilen adı, başvuru sahibi adı ve adresi, ıslahçının adı ve adresi, ıslah yeri-yılı ve ıslah yöntemi, yurtdışı kayıt

durumu gibi bilgileri içermektedir. Ayrıca bu formda çeşit adayının kullanım şekli ile kullanım amacının ve yetiştirme şeklinin de belirtilmesi istenmektedir.

Çeşit adayının değerlendirilmesinde en çok önem arz eden ve tescil sürecinin tamamına tesiri olan teknik soru anketi; çeşit adayının ıslahçısı tarafından doldurulması gereken önemli bir belgedir. Her tür için UPOV'a bağlı olarak oluşturulan ve TTSM'nin internet sayfasında yayınlanan 2023 yılının sonu itibarıyla 57 farklı sebze türünün teknik soru anketi mevcuttur (TTSM, 2023a). Bu anket, çeşit adayına ait çoğu kalitatif olarak aktarılan morfolojik bazı özellikleri ile hastalık-zararlı dayanımlarını belirten, ıslah yöntemlerine dair detayları içeren bir belgedir. Ayrıca bu anket, kayıt altına alınmış önceki çeşitlerden farklılıkları, çeşit adayının tipi ve yetiştirme şekli-sezonu gibi bilgileri de kapsamaktadır. Bu bilgiler, çeşit adayının tam ve doğru bir şekilde değerlendirilmesi amacıyla gereklidir. Teknik soru anketi, çeşit adayının ıslahçısı tarafından eksiksiz doldurulmalı ve ıslak imzalı şekilde başvuru dosyasına eklenmelidir. Hastalık ve zararlılara dayanım ile ilgili yapılacak var/yok şeklinde işaretlemelerin yapılması durumunda, bu testlemelerin yapıldığını ve sonuçları içeren belgeler de başvuru dosyasına eklenmelidir. Ayrıca, çeşidin ıslah metodunun detayları da teknik soru anketinin ilgili kısmında ya da ıslah şeması halinde ek olarak sunulmalıdır. Özellikle seleksiyon yöntemiyle bulunan veya geliştirilen çeşitlerde, başvuru sahibinin çeşidini güvence altına alabilmesi için bu bilgi son derece önemlidir.

Başvuru sahibi ile ıslahçının aynı olmaması durumlarında ıslahçı tarafından başvuru sahibine Bitki Çeşitlerinin Kayıt Altına Alınması Yönetmeliği'ne istinaden çeşit adayını kayıt altına aldrabilmek için en az 5 yıllık süre ile yetki belgesi verilmelidir. Bu belge olmadığı takdirde tescil işlemleri başlatılamamakta ve temin edilememesi durumunda başvuru dosyası başvuru sahibine iade edilmektedir. Ayrıca, her bir türe ait çeşit adayı için ayrı ayrı yetki belgesi alınması ve bu yetki belgelerinin ıslak imzalı ve orijinal olması gerekmektedir. Bu düzenleme, çeşit adaylarının yasal olarak tanınmasını ve korunmasını sağlamak amacıyla uygulanmaktadır. Çeşit adayı yurtdışı kaynaklı olan ve/veya uluslararası çalışan firmalarca başvurusu yapılan çeşit adaylarının dosyalarına eklenecek yabancı dildeki tüm evrakların yeminli tercüman onaylı Türkçe tercümelerinin de yeni tarihli olacak şekilde başvuru dosyasına eklenmesi gerekmektedir. Türkçe olmayan çeviriler veya yeminli tercüman onayı olmayan Türkçe çeviriler ile çevirisi uygun yapılan ancak

orijinal yabancı dildeki evrakları olmayan dosyalara eksiklik bildirimi yapılmakta ve bu evraklar uygun olarak tamamlandıktan sonra tescil dosyasının kabulü yapılmaktadır.

Çeşit adayının tescil işlemleri için başvuru dosyasında mutlaka bulunması gereken diğer bir önem arz eden kısım ise çeşit adayını tanımlayıcı benzer çeşitlerden farklarını ortaya koyan ölçekli fotoğraf, slayt vb. dokümanlardır. Teknik soru anketinde belirtilen morfolojik özelliklerin mutlaka fotoğrafla da başvuru dosyasına eklenmesi gerekmektedir. Çeşit adayını tanımlayıcı fotoğraflar her tür için farklı özelliklerde olsa da genel olarak;

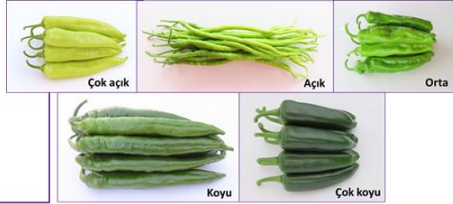
- Çeşit adayının genel görünümü (farklı olum zamanlarında ve birden çok bitki),
- Yaprak, çiçek (çiçek sapı duruşu, cinsiyet durumları vb.) ve diğer yeşil aksam gibi kısımların yakından ve ölçekli (cetvel) fotoğrafları,
- Fide dönemindeki özellikleri istenen türlerde o özelliği gösterir fotoğrafları,
- Bitki büyüklüğünün veya uzunluğunun önemli olduğu türlerde ölçekli (cetvel) bitki fotoğrafları,
- Yığın halindeki meyve fotoğrafları (türe göre farklı olum zamanlarında),
- Ölçekli boyuna (uzunlamasına) ve enine (yatay) kesit fotoğrafları,
- Tohum gözlemleri olan türlerde (bezelye, fasulye, kavun, karpuz, marul gibi) tohumun renginin, şeklinin, büyüklüğünün, vb. özelliklerinin anlaşılabilceği ölçekli fotoğrafları, başvuru dosyasında mutlaka bulunması gerekmektedir.

Bunun dışında fotoğraf ile belirtilmesi zor olan özellikler için (meyve ağırlığı, sapa kalkma zamanı, hasat zamanı, acılık, depo/raf ömrü, vb.) gözlem değerlerini içeren bir tablo eklenebilir. Özellikle daha önceden kayıt altına alınmış benzer çeşitlerden farkını beyan ederken, çeşit adayının farklılıklarının ve/veya üstün olduğu düşünülen özelliklerinin bir kıyaslama tablosu halinde başvuru dosyasına eklenmesi daha etkin olacaktır.

Aday çeşitler ile kıyaslama yapılacak benzer çeşit seçiminde; daha önceden ülke içinde kayıt altına alınmış, aday çeşit ile kısmen benzer özellikler gösteren çeşitler seçilmelidir. Başvuru yapılacak sebze türünde daha önceden o

türde ülke içinde kayıt altına alınmış bir çeşit bulunmaması veya bir türde bariz özellikler yönünden benzeyecek kayıtlı çeşit olmaması durumunda benzer çeşit seçiminde TTSM'nin FYD uzmanları ile görüşülmelidir.

Farklı fizyolojik olum zamanları olan ve özellikle bu olum dönemlerinde yapısal değişimler (örn; renk değişimi) gösteren türlerde bu dönemlerin de ayrı ayrı fotoğraflarının eklenmesi gerekmektedir. Bu fotoğraf, slayt vb. dokümanlar teknik soru anketinde beyan edilen özellikleri karşılamalı, farklı veya yanıltıcı olmamalı, karşılaştırmalı fotoğraflarda aday çeşidin hangisi olduğu anlaşılmalı (fotoğrafı çekerken etikete veya baskı sonrası fotoğraf üstüne yazılmalı), özellikle kesit fotoğrafları çeşit adayının şeklini yansıtacak şekilde fotoğraflanmalıdır. Baskı sırasında renk değişimlerine dikkat edilmeli ve boyutlarıyla oynanmadan net bir şekilde bastırılıp dosyaya eklenmelidir. Temsili birkaç farklı türde fotoğraf örnekleri Şekil 4'te gösterilmiştir.

Özellikler	Characteristics	
5.1 Fide: Hipokotilde antosiyan renklenmesi yok var	Seedling: Anthocyanin coloration of hypocotyl <i>absent</i> <i>present</i>	
5.2 Bitki: Kısa boğum arası (üst kısımda) yok var	Plant: Shortened internode (in upper part) <i>absent</i> <i>present</i>	
5.3 Çiçek: Sapın duruşu dik yarı sarkık sarkık	Flower: Attitude of peduncle <i>erect</i> <i>semi-dropping</i> <i>drooping</i>	
5.4 Meyve: Olgunluk öncesi renk yeşilimsi beyaz sarı yeşil mor	Fruit: Color before maturity <i>greenish white</i> <i>yellow</i> <i>green</i> <i>purple</i>	
5.5 Meyve: Olgunluk öncesi renk yoğunluğu Çok açık Açık Orta Koyu Çok koyu	Fruit: intensity of color (before maturity) <i>very light</i> <i>light</i> <i>medium</i> <i>dark</i> <i>very dark</i>	

Özellikler	Characteristics	
5.6 (28)	Meyve: Boyuna kesit şekli <i>Fruit: Shape in longitudinal section</i>	
kutupları yassı	<i>oblate</i>	
yuvarlak	<i>circular</i>	
kalp şeklinde	<i>cordate</i>	
kare	<i>square</i>	
dikdörtgen	<i>rectangular</i>	
ikizkenar yamuk	<i>trapezoidal</i>	
hafif üçgen	<i>moderately triangular</i>	
dar üçgen	<i>narrow triangular</i>	
boynuz şeklinde	<i>hornshaped</i>	
5.7 (33)	Meyve: Fizyolojik olgunluk rengi <i>Fruit: Color at maturity</i>	
sarı	<i>yellow</i>	
turuncu	<i>orange</i>	
kırmızı	<i>red</i>	
kahverengi	<i>brown</i>	
yeşil	<i>green</i>	
5.8 (40)	Meyve: Çekirdek evi sayısı <i>Fruit: Number of locules</i>	
sadece iki	<i>predominantly two</i>	
eşit iki ve üç	<i>equally two and three</i>	
sadece üç	<i>predominantly three</i>	
eşit üç ve dört	<i>equally three and four</i>	
sadece dört ve daha fazla	<i>predominantly four and more</i>	
5.9 (45)	Meyve: Plasetanta capsaisin varlığı <i>Fruit: Capsaicin in placenta</i>	
yok	<i>absent</i>	
var	<i>present</i>	

Şekil 4: Başvuru Dosyasında Bulunması Gereken Örnek Fotoğraflar (Biber Örneği)
(Tüm fotoğraflar; Güleda ÖKTEM ve Sıtkı ERMİŞ tarafından çekilmiştir.)

Başvuru dosyasında bulunması gereken son kısım ücret dekontudur. Bakanlık tarafından belirlenen fiyat listeleri her yıl güncellenerek TTSM'nin internet sayfasında yayınlanmaktadır. Sebze türlerinde tescil başvurusunda bulunulacak çeşit adayı için münferit olarak açıklama kısmında türü ve önerilen adının yazılı olduğu "FYD test ücreti" dekontu başvuru dosyasına eklenmelidir. Başvuru sahibi birden çok tür ve/veya çeşit adayına aynı dönemde başvuru yaptığı takdirde ücretleri ayrı ayrı yatırmalıdır. Her bir çeşit adayı için TTSM'de kayıt açılmakta ve takip işlemleri yapılmaktadır. Bu nedenle başvuru

dosyasının yalnızca ilgili çeşit adayının evraklarından oluşması büyük önem arz etmektedir.

Genel olarak başvuru dosyasında bulunması gereken tüm evraklar orijinal ıslak imzalı olacak şekilde hazırlanmalı, evrak tarihinin başvuru dönemlerinde olmasına dikkat edilmeli, imza atan kişilerin adı soyadı, firma adı ve/veya kaşesi unutulmamalıdır. Yönetmelikteki gerçek kişi özelliklerini taşıyan başvuru sahipleri diploma ve ıslahçı belgesi fotokopilerini başvuru dosyasına eklemelidir. İlk kez başvuru yapan veya imza yetkilisi değişen başvuru sahipleri imza sirküsü, araştırma kuruluşu belgesi, tohum üretici kuruluş belgesi, ıslahçı belgesi, diploma gibi belgelerin fotokopilerini de başvuru dosyasına eklemelidir. Bununla beraber TTSM'nin FYD uzmanları tarafından gerekli görülen belgeler resmi yazı yazılarak talep edilebilmektedir. Tescil başvuru dosyaları TTSM'nin tescil birimindeki FYD uzmanları tarafından incelenmekte ve dosyadaki eksiklikler, teknik olarak düzeltilmesi veya eklenmesi gereken kısımlar başvuru dosyasının TTSM'ne ulaştığı tarihten itibaren en geç on iş günü içinde, eksikliği gidermesi amacıyla başvuru sahibine yazılı olarak bildirilmektedir. Başvuru sahibinin denemelerin kurulacağı tarihten en az on iş günü öncesine kadar eksikliği gidermesi gerekmektedir. Aksi takdirde, tescil başvuru dosyası başvuru sahibine iade edilmektedir.

Ayrıca tescil denemelerine alınabilmesi için çeşit adaylarının deneme materyallerinin TTSM'nin internet sitesinde yayınlanan tarihler dahilinde TTSM'ye gönderilmesi gerekmektedir. Sebze türlerine ait gönderilmesi gereken deneme materyalleri miktarı TTSM internet sayfasında yayınlamaktadır. Bu süre içinde deneme materyali göndermeyen çeşit adaylarının işlemleri sonlandırılarak, dosyaları başvuru sahibine iade edilmektedir. Deneme materyallerinin fiziksel safiyeti ile biyolojik değerinden başvuru sahibi sorumlu kabul edilmektedir. Tescil denemeleri süresince TTSM'ye gönderilen deneme materyallerindeki olumsuzluğun, denemelerin yürütülmesine veya alınacak gözlemlere engel teşkil etmesi durumunda (çimlenme ve safiyet) çeşit adayının tescil işlemleri sonlandırılmakta ve üretim izni sona erdirilmektedir. Bu kapsama giren çeşit adayları için yeniden tescil başvurusu yapılabilmekte ancak tekrar üretim izni verilmemektedir (Anonim, 2024c).

4.3.Yurtdışı Kayıtlı Sebze Çeşitlerinin Kayıt Altına Alınması

Sebze türlerindeki diğer bir kayıt altına alma sistemi de UPOV üyesi bir ülkede FYD testleri yapılarak kayıt altına alınmış çeşitler için uygulanan ve **Standart Tohumluk Kaydı** (STK) olarak adlandırılan süreçtir. Bu süreçte ise; denemeler başvuru sahibi tarafından bir vejetasyon süresince kurulmakta (ön deneme) ve TTSM tarafından gerekli kontrol ve doğrulamalar yapılarak kayıt altına alınmaktadır. Bu kapsamdaki çeşit adayları için STK başvuru dosyasında bulunması gereken evraklar Tablo 6’da verilmiştir.

Başvuru dilekçesi ve formu önceki kısımda anlatıldığı şekilde olup tek fark söz konusu belgelerde yurtdışı kayıtlı kısmının işaretlenmesi gerekliliğidir. Yetki belgesi, yabancı dildeki belgelerin tercümeleri, çeşit adayını tanımlayıcı çeşitli dokümanlar da bir önceki kısımda anlatıldığı gibidir.

Tablo 6: Standart Tohumluk Kaydı Başvuru Dosyasında Bulunması Gerekten Evraklar.

1	Başvuru dilekçesi
2	Başvuru formu
3	Çeşit özellik belgesi
4	Ön deneme hakkında TTSM tarafından hazırlanmış teknik rapor
5	Yetki belgesi
6	Yabancı dildeki belgelerin yeminli tercüman onaylı Türkçe çevirileri
7	Çeşit adayını tanımlayıcı ölçekli fotoğraf, slayt gibi dokümanlar
8	Ücret dekontu

Çeşit Özellik Belgesi; çeşidin tescil edildiği ülkenin resmi tescil kuruluşunca düzenlenen, çeşidin morfolojik özelliklerini içeren orijinal onaylı belgedir. Bu belge çeşidin kayıtlı olduğu UPOV üyesi ülkeden direk temin edilebileceği gibi TTSM aracılığıyla da talep edilebilmektedir. Ücret dekontu TTSM’nin internet sayfasında belirtilen ücretler kısmındaki “Yurt dışı kayıtlı yeşil alan çim bitkileri, tıbbi aromatik bitkiler, sebze, meyve-asma çeşitleri ve ebeveyn hat kayıt ücreti” diye belirtilen miktardır (TTSM, 2024c). Yine çeşit adayının türü ve adı açıklama kısmına yazılmalı, her çeşit adayı için münferit olarak bulunmalıdır.

Bu kayıt sistemindeki en büyük fark STK başvuru dosyası hazırlığı öncesinde çeşit adayının ön denemelerinin başvuru sahibince kurulması ve denemelerin TTSM tarafından kontrollerinin sağlanmasıdır. Ön denemelerin yalnızca araştırma kuruluşları tarafınca kurulması mümkün olabilmektedir. Ön denemelerin kurulum tarihinden itibaren en geç 30 gün içerisinde TTSM’ye

bildirim yapılması gerekmektedir. Bunun için TTSM'nin internet sitesinde yayınlanmış olan “Sebze Türlerinde Ön Deneme Teknik Talimatı” mutlaka dikkate alınmalıdır. Bu talimatta ön denemelerin hangi sebze türünde nasıl kurulacağı, en az olması gereken bitki sayıları, kontrol çeşit seçiminin nasıl yapılacağı, denemelerin yürütülmesinin ve kontrolünün nasıl ayarlanacağı, ön deneme kontrol başvurusu yapılırken hazırlanması gereken evrakların ne olduğu ayrıntılı şekilde açıklanmıştır. Birkaç sebze türünde minimum kurulması gereken bitki sayısı Tablo 7’de verilmiştir (TTSM, 2023 b). Ön denemesi kurulacak her bir çeşit adayı için; çeşit adayı ile benzer özellikler gösteren (büyüme şekli, meyve tipi, renk vb. özellikleri benzerlik gösteren) ve daha önceden ülkemizde tescil edilmiş bir kontrol çeşit seçilmelidir. Özetle; ön denemenin talimata uygun şekilde kurulumu sonrası TTSM’ye başvuru yaparken başvuru dilekçesi ekinde şu evraklar bulunmalıdır: orijinal Çeşit Özellik Belgesi, Çeşit Özellik Belgesi’nin yeminli tercüman onaylı Türkçe tercümesi, Deneme bilgileri ve planı (talimat ekinde örneği mevcuttur), ücret dekontu (ön deneme kontrol ücreti). Bu başvuru sonrası TTSM yıllık programı dahilinde ön denemelerin kontrolünü sağlar ve teknik rapor düzenler. Teknik talimata uygun olarak kurulan ve çeşit özellik belgesindeki özelliklerle uyuşan çeşit adayı için düzenlenen resmi onaylı ön deneme kontrol raporu, başvuru sahibine resmi yazı ile bildirilmektedir. Bu olumlu rapor, STK başvuru dosyasına eklenerek çeşit kaydı başvurusu yapılmaktadır. Başvuru dosyasında herhangi bir eksiklik veya sorun tespit edilmediği takdirde, komite tarafından çeşit doğrudan kayıt altına alınmaktadır.

Tablo 7: Bazı Sebze Türlerinin Ön Denemesinde İstenen Minimum Bitki Sayıları.

Bitki Türü	Denemedeki Bitki Sayısı	Bitki Türü	Denemedeki Bitki Sayısı
Biber	20	Marul	60
Hıyar	20	Havuç	400
Domates	20	Brokoli	60
Kavun	20	Şeker-cin mısır	100
Lahana	40	Fasulye	Bodur 150/Sırk 100
Soğan	200	Ispanak	100

Ülkemizde tescil başvuruları Şubat, Mayıs ve Ekim ayları boyunca yapılabilmektedir. Yurtdışı kayıtlı çeşitlerde; komiteye sunulacağı için yine Şubat, Mayıs ve Ekim aylarının ilk beş iş günü başvurular alınmakta ve bu

ayların son haftası yapılan komite toplantıları ile kayıt altına alma işlemleri tamamlanmaktadır.

17 Eylül 2024 tarihinde 32665 sayılı Resmi gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren “Bitki Çeşitlerinin Kayıt Altına Alınması Yönetmeliği” ile 2008 yılında yayınlanan yönetmelik yürürlükten kaldırılmıştır. Bu nedenle bu tarihe kadar yapılan işlemler yukarıda anlatıldığı gibi olmaktadır bundan sonra yurtdışı kayıtlı çeşitlerde denemeler TTSM tarafından kurulmaya başlanacaktır. Başvuru sahibi çeşide ait çeşit özellik belgesi ile tescile başvuracak ve bir vejetasyon süresince çeşidin gözlemleri TTSM konu uzmanlarınca alınarak, çeşit özellik belgeleri ile kıyaslanacak ve tescil edilmeye başlanacaktır.

4.4.Üretim İzni Mekanizması

Üretim izni; yurtiçinde veya dışında ıslah edilen, bulunup geliştirilen; daha önce herhangi bir çeşit kaydı olmayan veya UPOV harici bir ülkede kaydı olan çeşit adayları için tescil işlemleri tamamlanıncaya kadar verilen süreli bir satış iznidir (Anonim, 2024c). Üretim izinli bir çeşit adayı daha çeşit vasfı taşımadan yani farklı, yeknesak ve durulmuş olup olmadığı TTSM tarafından tespit edilmeden komitenin onayını alması halinde ülkemiz içerisinde sertifikasyon sistemine dahil olarak satış ve pazarlamasına izin verilmektedir. Ayrıca bu çeşit adayları bu süre boyunca sertifikalı tohum desteğinden de faydalanmaktadır. Bir çeşit adayının gerçekten çeşit olup olmadığı ise ancak TTSM tarafından UPOV kurallarına göre en az iki vejetasyon dönemi boyunca yürütülen FYD testleri sonucunda belirlenmektedir.

Bir çeşit adayı için üretim iznine başvuru yapılmak istendiğinde; öncelikle çeşit adayına ait tescil dosyasının önceki kısımda anlatıldığı gibi hazırlanması gerekmektedir. Bu dosyaya ek olarak üretim izni ücret dekontu ve tüm evrakların taranmış hallerini içeren dijital kopyası başvuru dosyasına eklenmelidir. Üretim izni başvurusu olan çeşit adayları için başvuru dilekçesindeki üretim izni talebi kısmında “var” seçeneğinin de işaretlenmesi gerekmektedir.

Bitki Çeşitlerinin Kayıt Altına Alınması Yönetmeliği’nde üretim izni başvuruları kısmında başvuru dosyasının genel itibarıyla üç kısımdan oluştuğu belirtilmektedir. Bunlar;

- Başvuru dilekçesi,

- Çeşide ait teknik bilgi ve belgeler,
- Ücret Dekontu'dur (Anonim, 2024c).

Başvuru dijital kopyanın da bu başlıklar ile klasörlenmesi gerekmektedir. Her bir çeşit adayı için başvuru dosyasının ve dijital kopyasının ayrı ayrı hazırlanması ve ücret dekontlarının da ayrı ayrı yatırılması esastır. Yönetmeliğin 6. maddesinde de belirtildiği üzere, üretim izni başvuru dosyasında bulunması gereken üç kısımdan birinin olmaması ve üretim izni ücretinin eksik yatırılması durumunda çeşit adayı toplantı gündemine alınmayarak ve başvuru sahibine iade edilmektedir. Üretim İzni başvurusu için dosyanın eksikliklerinin sonradan tamamlanması söz konusu değildir.

Bu dosya hazırlanırken, başvuru dilekçesinde üretim izni talebi kısmında "var" seçeneği işaretlendiğinde, TTSM'nin hem Çeşit Tescil Birimi hem de Çeşit Koruma ve Arşiv Birimi devreye girmektedir. Tescil dosyası ile birlikte üretim izni başvurusu yapıldığında, öncelikle Çeşit Koruma ve Arşiv Birimi sürece dahil olmakta, başvuru dosyasındaki üç temel bölümün eksiksiz olması durumunda ise çeşit adayı üretim izni değerlendirmesine alınmaktadır.

Üretim izni başvuruları yönetmelik gereği Şubat, Mayıs ve Ekim aylarının ilk 5 işgünü yapılabilmektedir. Başvurular alındıktan sonra TTSM'nin Çeşit Koruma ve Arşiv Birimi'nce üretim izni gündemi hazırlanmakta ve bu gündemde yer alan çeşit adaylarına ait dosyalar toplantı tarihlerinden en az bir hafta önce komite üyelerine toplantı davet yazısı ile birlikte TTSM tarafından gönderilmektedir. Üretim izni toplantıları Şubat, Mayıs ve Ekim aylarının son haftasında yapılmaktadır. Üretim izni toplantı tarihleri ve gündem TTSM internet sayfasında yayınlanmaktadır. Bu toplantıda, tescil dosyasında herhangi bir eksiklik bulunmayan, yani FYD uzmanlarınca tam olarak kabul edilen çeşit adaylarının başvuru sahipleri, çeşit adaylarıyla ilgili PowerPoint sunumlarını teknik komite üyelerine sunmaktadır. Bu sunumda, çeşit adayına ait özelliklerin gösterilmesi, kayıtlı diğer benzer çeşitlerle karşılaştırılarak farklılıkların belirtilmesi ve çeşit adayının üstün/tercih edilen özelliklerinin açıklanması istenmektedir.

Sebze türlerindeki komite, STK (Sebze tescil komitesi) olarak adlandırılmaktadır. Bu komite, Genel Müdürlük, ilgili Tarımsal Araştırma Enstitüsü ve Ziraat Fakültesinin ilgili bölümünden birer temsilci, Türkiye Tohumcular Birliği'nden iki temsilci ile TTSM'den iki konu uzmanı olmak

üzere toplam yedi kişiden oluşmaktadır (Anonim, 2024c). Üretim izni gündemi hazırlandıktan sonra komite üyelerine gündemdeki çeşit adaylarının dosyaları dijital ortamda yollanmaktadır. TTSM tarafından belirlenen gün ve saatte komite üyeleri çeşit adaylarını görüşmek üzere toplanmakta ve başvuru sahipleri video konferans yöntemi ile toplantıya katılıp sunularını yapmaktadır. 2022 yılından beri Bakanlık kararı gereği toplantılar hibrit olarak (komite üyeleri TTSM toplantı salonundan, başvuru sahipleri online) düzenlenmektedir. Komite üyeleri başvuru dosyalarında gerekli incelemeleri yaptıktan sonra ilgili türün toplantı gün ve saatinde çeşit adaylarının sunularını görüşmek için toplanmaktadır.

Tescil başvuru dosyasında herhangi bir eksik bulunmayan çeşit adaylarının başvuru sahiplerince sunulması sonrasında komite kendi arasında görüşerek çeşit adayının üretim izni talebini oylamaktadır. Tüm üyelerin oybirliği veya çoğunluğun kabul oyu vermesi sonucu çeşit adayına üretim izni verilmektedir. Başvuru sahibi toplantıya tekrar davet edilerek komitenin kararı açıklanmaktadır. Tescil başvuru dosyasında tespit edilen eksiklikler veya düzeltilmesi gereken unsurlar, çeşit adayına ait üretim izni toplantısının yapıldığı tarihten bir gün öncesine kadar giderilmezse, bu durum çeşit adaylarının, TTSM iç talimatları doğrultusunda, toplantı gündeminde yer almasına rağmen sunum yapmadan reddedilmesi ve komite tarafından üretim izni verilmemesiyle sonuçlanmaktadır. Üretim izni kabul edilmeyen çeşit adayları ile ilgili olarak komite eksikliğin giderilebileceği kanaatindeyse başvuru sahibi tarafından itiraz dilekçesi doldurularak sonraki toplantılara başvuru yapma hakkı tanınabilmektedir.

Üretim izni kabul edilen çeşit adaylarının isimlendirmesi de bu komite tarafından yapılmaktadır. İsimlendirme Bitki Çeşitlerinin Kayıt Altına Alınması Yönetmeliği madde 10'a göre başvuru sahibinin önerileri doğrultusunda yapılmaktadır (Anonim, 2008). Çeşit isimlendirmesi yapılırken;

- Bir veya birden çok kelime, anlamlı kelime oluşturmayan harfler kullanılabilir. Kelimelerin başı veya sonuna harfler, rakamlar eklenebilir. Sadece harfler ve/veya rakamlar kullanılabilir.
- Aldanmaya veya yanılmaya sebep olabilecek, başka bir çeşit ismiyle aynı veya karıştırılacak bir isim verilemez.
- Ülke, bölge, şehir vb. yer adları verilemez.

- Kanunlara aykırı, uygunsuz, saldırgan ifadeler içeren ve/veya kullanılan harflerin bu tür anlamlara geldiği isimler verilemez.
- Kayıt tarihi itibarıyla kanun veya ilgili mevzuatlarca yasaklanmış bir isim verilemez.
- Ülkemizde veya UPOV’da aynı botanik türlere ait kayıtlı bir çeşidin ismi verilemez.
- Kayıt tarihi itibarıyla yaşayan veya kayıt tarihinden önceki 10 yıl içinde ölen bir kişinin ismi kendisinin veya mirasçısının yazılı izni olmadan verilemez.
- Tüzel bir kişilik, kurum veya organizasyonun ismi yazılı izin olmadan verilemez.

Çeşit/çeşit adayı isimlendirmesi komite kararıyla yapıldıktan sonra teknik veya hukuki bir zorunluluk olması hali dışında isimde değişiklik yapılamamaktadır. Teknik veya hukuki zorunluluğun belgelenmesi ile TTSM’ye yapılan başvurular en yakın STK toplantısında komiteye sunulmakta ve komite kararıyla değişiklik yapılmaktadır. Yurt dışında UPOV üyesi bir ülkede kayıt altına alınmış çeşitler ülkemizde kayıt altına alınırken kendi orijinal isimleriyle kayıt altına alınmaktadır. Ancak, aynı tür içerisinde aynı veya benzer isimde kayıtlı bir çeşidin bulunması veya ismin yukarıda belirtilen kurallara uymaması durumunda, çeşide farklı bir isim verilmektedir.

Başvuru sahibinin çeşit adayına önerdiği isim/ler öncelikle FYD uzmanlarınca kayıt altına alınmış tüm çeşitlerin yer aldığı iç kütük sisteminden kontrol edilmektedir. Daha önceden kayıt altına alınmış aynı türdeki çeşit isimlerinin aynısı veya benzeri kabul edilmemektedir. Uzun sürelerdir komite kararlarıyla süregelen uygulama gereği en az iki harf farklı olmalı ve söylenişleri aynı olmamalıdır. Örneğin; “karakter” isminde kayıtlı bir çeşit varsa aynı türde “character” ismi uygun görülmemektedir. Bunun yanı sıra önerilen isimler UPOV’un kayıt sistemi olan PLUTO’dan (UPOV, 2024 c) ve Türk Patent ve Marka Kurumu’nun (Türk Patent, 2024) sisteminden de kontrol edilmektedir. Bu iki sistemde de önerilen isim ile birebir aynı isim olmamasına dikkat edilmelidir. Bu üç farklı yerden gerekli kontrollerin yapılarak isim önerisinde bulunulması başvuru sahibi için de kolaylık sağlayacaktır.

Ayrıca, sadece tescil başvurusunda bulunulan çeşit adayları, tescil işlemlerinin tamamlandığı komite toplantısında nihai isimlerini almaktadır.

İsimlendirme süreci, yine başvuru sahibinin önerileri göz önünde bulundurularak, yukarıda belirtilen koşullara uygun bir şekilde komite kararıyla gerçekleştirilmektedir.

Üretim izni almış çeşit adaylarının, ilerleyen aşamalarda açıklanacak olan standart tohumluk kayıt listesine dahil edilebilmesi için standart numunelerini de TTSM'ye resmi yazı ile göndermeleri gerekmektedir. Bazı sebze türlerinde standart numune miktarları Tablo 8'de verilmiştir. Şeker-cin mısır, taze fasulye, taze bezelye, taze bakla, taze börülce, nane, sarımsak, soğan türleri hariç hibrit çeşitlerde standart numune miktarı 1000 adet olarak belirlenmiştir.

Standart numune gönderimi yapılırken çeşit adayının türü, ismi, başvuru sahibi tohum paketinin üzerine mutlaka yazılmalı ve standart numune olduğunu belli eden bir üst yazı ile TTSM'ye yollanmalıdır. Üretim izni başvurusu komite tarafından kabul edilmeyen çeşit adayı için standart numune gönderilmesine gerek yoktur. Üretim izni almadığı halde standart numune gönderen çeşit adayları için bu numunelerin herhangi bir kayda alınması söz konusu olmayacağından başvuru sahibine iade edilmektedir.

Tablo 8: Sebze Türlerinde Standart Numune Miktarları.

Tür Adı	Latince Adı	Standart Numune Miktarları (5 yıl)
Bamya	<i>Abelmoschus esculentus</i> L. (<i>H. esculentus</i> L.)	500 g (10.000 adet)
Kıbrıs sarımsağı	<i>Allium ampeloprasum</i> var. <i>porrum</i>	15000 adet
Soğan	<i>Allium cepa</i> L.	150 g
Pırasa	<i>Allium porrum</i> L.	150 g
Sarımsak	<i>Allium sativum</i> L.	15000 adet
Dereotu	<i>Anethum graveolens</i> L.	100 gr
Bahçe frenk maydanozu	<i>Anthriscus cerefolium</i> (L.) Hoffm.	20 g (12.000 adet)
Kök kerevizi	<i>Apium graveolens</i> L.	20 g
Sap kerevizi	<i>Apium graveolens</i> L. var. <i>dulce</i>	20 g
Kuşkonmaz	<i>Asparagus officinalis</i> L.	200 g
Pazı	<i>Beta vulgaris</i> L. var. <i>cicla</i>	150 gr
Kırmızı pancar	<i>Beta vulgaris</i> L. var. <i>condivita</i> Alef.	500 g
Beyaz baş lahana	<i>Brassica oleracea</i> L. <i>capitata</i> (L.) Alef. var. <i>alba</i> DC	75 g
Kırmızı baş lahana	<i>Brassica oleracea</i> L. <i>capitata</i> (L.) Alef. var. <i>rubra</i> DC	75 g
Yaprak lahana / Kale	<i>Brassica oleracea</i> L. convar. <i>acephala</i> (DC) Alef. var. <i>sabellica</i> L.	70 g (14.000 adet)

Alabaş	<i>Brassica oleracea</i> L. convar. <i>acephala</i> (DC) Alef. var. <i>gongylodes</i> L.	75 g
Karnabahar	<i>Brassica oleracea</i> L. convar. <i>botrytis</i> (L) Alef. var. <i>botrytis</i>	75 g
Brokoli	<i>Brassica oleracea</i> L. convar. <i>botrytis</i> (L) Alef. var. <i>cymosa</i> Duch.	75 g
Savoy lahanası	<i>Brassica oleracea</i> L. convar. <i>capitata</i> (L) Alef. var. <i>sabauda</i>	75 g
Brüksel lahanası	<i>Brassica oleracea</i> L. convar. <i>oleracea</i> var. <i>gemmifera</i> DC	75 g
Çin lahanası	<i>Brassica pekinensis</i> (Lour) Rupr.	75 g
Pakçoy / Pak choi	<i>Brassica rapa</i> L. subsp. <i>chinensis</i>	75 g
Çin yaprak lahanası	<i>Brassica rapa</i> L. subsp. <i>narinosa</i>	75 g
Şalgam	<i>Brassica rapa</i> L. var. <i>rapa</i>	200 g
Biber	<i>Capsicum annuum</i> L. (<i>C. chinense</i> , <i>C. frutescens</i> , <i>C. baccatum</i>)	40 g
Endive	<i>Cichorium endivia</i> L.	10 g (5.000 adet)
Şikori	<i>Cichorium intybus</i> L. partim	2.000 adet
Karpuz	<i>Citrillus lanatus</i> (Thumb.) Matsum & Nakai	250 gr
Kavun	<i>Cucumis melo</i> L.	150 gr
Acur	<i>Cucumis melo</i> var. <i>flexuosus</i>	150 g
Hıyar	<i>Cucumis sativus</i> L.	150 g
Kestane kabağı	<i>Cucurbita maxima</i> D.	500 g
Bal kabağı	<i>Cucurbita moschata</i> D.	500 g
Sakız kabağı	<i>Cucurbita pepo</i> D.	500 g
Enginar	<i>Cynara cardunculus</i> L.; <i>Cynara scolymus</i> L.	2.000 adet
Havuç	<i>Daucus carota</i> L.	50 g veya 60.000 adet
Yabani roka	<i>Diplotaxis tenuifolia</i> (L.) DC.	4 g veya 15.000 adet
Roka	<i>Eruca vesicaria</i> subsp. <i>sativa</i> (Mill.)	25 g (15.000 adet)
Rezene	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	20 g
Marul	<i>Lactuca sativa</i> L.	2 g veya 15.000 adet
Su kabağı	<i>Lagenaria siceraria</i> (Molina) Standl.	500 g
Tere	<i>Lepidium sativum</i> L.	25 g (15.000 adet)
Nane	<i>Mentha piperita</i> L.	1500 adet
Kudret narı	<i>Momordica charantia</i> L.	30 g
Kıvırcık maydanoz	<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.)	30 g
Maydanoz	<i>Petroselinum hortense</i> (Mill.)	
Taze fasulye	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	50 g

Taze bezelye	<i>Pisum sativum</i> L.	50 g
Semizotu	<i>Portulaca oleracea</i> L.	2 kg
Turp	<i>Raphanus sativus</i> L.	1 kg
Kuzukulağı	<i>Rumex acetosa</i> L.	25 g (5.000 adet)
Yemlik otu, iskorçına	<i>Scorzonera hispanica</i> L.	200 g (14000 adet)
Anaçlık	<i>Solanum habrochaites</i> S. Knapp & D. M.	20 g
Domates	Spooner ve diğer anaçları	
Domates	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	400 g
Patlıcan	<i>Solanum melongena</i> L.	30 g
Anaçlık patlıcan	<i>Solanum torvum</i> ve diğer anaçları	30 g
İspanak	<i>Spinacia oleracea</i> L.	20.000 adet
Kuzu gevreği	<i>Valerianella locusta</i> L.	20 g veya 20.000 adet
Taze bakla	<i>Vicia faba</i> L.	3 kg
Taze börülce	<i>Vigna sinensis</i> L. (syn. <i>V. unguiculata</i> L.)	1 kg
Şeker mısır	<i>Zea mays saccharata</i> Sturt.	
Cin mısır	<i>Zea mays everta</i> Sturt.	1 kg

4.5. Denemelerin Kurulması ve Yürütülmesi

Tescil başvurusu yapılan çeşit adaylarının deneme numunelerinin başvuru zamanı bitiminden itibaren 30 gün içinde TTSM'ye ulaşması gerekmektedir. Bu süre içinde TTSM'ye deneme numuneleri ulaşmayan çeşit adaylarının tüm işlemleri sonlandırılarak başvuru dosyası başvuru sahibine iade edilmektedir. Üretim izni komitece onaylanan çeşit adayları için üretim izni de bu sebeple sona ermektedir. FYD numune miktarlarına ait güncel numune miktarları Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9: Sebze Türlerinde FYD Deneme Numunesi Miktarları.

Tür Adı	Latince Adı	FYD Numune Miktarları (2 yetiştirme sezonu için)
Bamya	<i>Abelmoschus esculentus</i> L. (<i>H. esculentus</i> L.)	200 g
Kıbrıs sarımsağı	<i>Allium ampeloprasum</i> var. <i>porrum</i>	15000 adet tohum veya 60 baş
Soğan	<i>Allium cepa</i> L.	150 g veya 500 adet arpacık
Pırasa	<i>Allium porrum</i> L.	150 g (13000 adet)

Sarımsak	<i>Allium sativum</i> L.	15000 adet tohum veya 60 baş
Dereotu	<i>Anethum graveolens</i> L.	100 g
Bahçe frenk maydanozu	<i>Anthriscus cerefolium</i> (L.) Hoffm.	20 g (12.000 adet)
Kök kerevizi	<i>Apium graveolens</i> L.	20 g
Sap kerevizi	<i>Apium graveolens</i> L. var. <i>dulce</i>	20 g
Kuşkonmaz	<i>Asparagus officinalis</i> L.	Tohumla çoğaltılan çeşitler: 1200 adet tohum
Pazı	<i>Beta vulgaris</i> L. var. <i>cicla</i>	100 g (6.000 adet)
Kırmızı pancar	<i>Beta vulgaris</i> L. var. <i>condivita</i> Alef.	400 g
Beyaz baş lahanası	<i>Brassica oleracea</i> L. <i>capitata</i> (L) Alef. var. <i>alba</i> DC	20 g ya da en az 5000 adet tohum
Kırmızı baş lahanası	<i>Brassica oleracea</i> L. <i>capitata</i> (L) Alef. var. <i>rubra</i> DC	20 g ya da en az 5000 adet tohum
Yaprak lahanası / Kale	<i>Brassica oleracea</i> L. convar. <i>acephala</i> (DC) Alef. var. <i>sabellica</i> L.	20 g (4.000 adet)
Alabaş	<i>Brassica oleracea</i> L. convar. <i>acephala</i> (DC) Alef. var. <i>gongylodes</i> L.	20 g ya da en az 5000 adet tohum
Karnabahar	<i>Brassica oleracea</i> L. convar. <i>botrytis</i> (L) Alef. var. <i>botrytis</i>	20 g ya da en az 5000 adet tohum
Brokoli	<i>Brassica oleracea</i> L. convar. <i>botrytis</i> (L) Alef. var. <i>cymosa</i> Duch.	20 g ya da en az 5000 adet tohum
Savoy lahanası	<i>Brassica oleracea</i> L. convar. <i>capitata</i> (L) Alef. var. <i>sabauda</i>	20 g ya da en az 5000 adet tohum
Brüksel lahanası	<i>Brassica oleracea</i> L. convar. <i>oleracea</i> var. <i>gemmifera</i> DC	20 g ya da en az 5000 adet tohum
Çin lahanası	<i>Brassica pekinensis</i> (Lour) Rupr.	20 g ya da en az 5000 adet tohum
Pakçoy / Pakchoi	<i>Brassica rapa</i> L. subsp. <i>chinensis</i>	20 g ya da en az 5000 adet tohum
Çin yaprak lahanası	<i>Brassica rapa</i> L. subsp. <i>narinosa</i>	20 g ya da en az 5000 adet tohum
Şalgam	<i>Brassica rapa</i> L. var. <i>rapa</i>	200 g
Biber	<i>Capsicum annuum</i> L. (C. <i>chinense</i> , C. <i>frutescens</i> , C. <i>baccatum</i>)	2500 adet
Endive	<i>Cichorium endivia</i> L.	20 g (10.000 adet)
Şikori	<i>Cichorium intybus</i> L. partim	100 g (60.000 adet)
Karpuz	<i>Citrillus lanatus</i> (Thumb.) Matsum & Nakai	1200 adet

Kavun	<i>Cucumis melo</i> L.	100 gram (2000 adet)
Acur	<i>Cucumis melo</i> var. <i>flexuosus</i>	50 g
Hıyar	<i>Cucumis sativus</i> L.	1500 adet
Kestane kabağı	<i>Cucurbita maxima</i> D.	200 gram (1500 adet)
Balkabağı	<i>Cucurbita moschata</i> D.	200 gram (1500 adet)
Sakız kabağı	<i>Cucurbita pepo</i> D.	200 gram (1500 adet)
Enginar	<i>Cynara cardunculus</i> L.; <i>Cynara scolymus</i> L.	1.500 adet
Havuç	<i>Daucus carota</i> L.	50 g veya 60.000 adet
Yabani roka	<i>Diplotaxis tenuifolia</i> (L.) DC.	4 gr veya 15.000 adet
Roka	<i>Eruca vesicaria</i> subsp. <i>sativa</i> (Mill.)	25 gr (15.000 adet)
Rezene	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	4.000 adet
Marul	<i>Lactuca sativa</i> L.	15.000 adet
Su kabağı	<i>Lagenaria siceraria</i> (Molina) Standl.	200 g (1500 adet)
Tere	<i>Lepidium sativum</i> L.	25 g (15.000 adet)
Nane	<i>Mentha piperita</i> L.	1500 adet
Kudret narı	<i>Momordica charantia</i> L.	10 g ya da 2500 adet
Kıvırcık maydanoz	<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.)	10 g ya da 2500 adet
Maydanoz	<i>Petroselinum hortense</i> (Mill.)	30 köklü çelik
Taze fasulye	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	20 g (12.000 adet)
Taze bezelye	<i>Pisum sativum</i> L.	20 g (12.000 adet)
Semizotu	<i>Portulaca oleracea</i> L.	2 kg
Turp	<i>Raphanus sativus</i> L.	2 kg
Kuzukulağı	<i>Rumex acetosa</i> L.	25 g (5.000 adet)
Yemlik otu, iskorçına	<i>Scorzonera hispanica</i> L.	200 g (14000 adet)
Anaçlık domates	<i>Solanum habrochaites</i> S. Knapp & D. M. Spooner ve diğer anaçları	10 g
Domates	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	15.000 adet
Pathcan	<i>Solanum melongena</i> L.	10 g ya da 2500 adet
Anaçlık pathcan	<i>Solanum torvum</i> ve diğer anaçları	10 g ya da 2500 adet
İspanak	<i>Spinacia oleracea</i> L.	20.000 adet
Kuzu gevreği	<i>Valerianella locusta</i> L.	20 g veya 20.000 adet
Taze bakla	<i>Vicia faba</i> L.	3 kg
Taze börülce	<i>Vigna sinensis</i> L. (syn. <i>V. unguiculata</i> L.)	1 kg
Şeker mısır	<i>Zea mays saccharata</i> Sturt.	2 kg
Cin mısır	<i>Zea mays everta</i> Sturt.	

Bu listede belirtilen miktardaki numuneler uygun şekilde paketlenmeli, çeşit adayının başvuru sahibi bilgileri, tür adı ve çeşit adayının adı mutlaka paketin üstüne yazılmalıdır. TTSM'ye üst yazı ile ulaşan deneme numuneleri sebze tohum birimi tarafından teslim alınmakta ve uygun koşullarda saklanmak üzere depoya konulmaktadır. 30 günlük süreç sonunda tescil için FYD deneme numuneleri kuruma ulaşmayan çeşit adayları tutanakla FYD uzmanlarına bildirilmektedir.

Tescil denemeleri için çeşit adaylarının başvuru dosyalarındaki teknik soru anketinde belirtilen özellikler temel alınarak, FYD uzmanları tarafından deneme deseni hazırlanmakta ve tohum talepleri gerçekleştirilmektedir. Teknik soru anketinde belirtilen yetiştirme şekli ve yetiştirme sezonuna göre, sebze türlerinde genel olarak denemeler örtüaltı ilkbahar-yaz sezonu, örtüaltı sonbahar sezonu, örtüaltı kış sezonu (tek sezon), açık tarla ilkbahar sezonu ve açık tarla sonbahar sezonu olarak planlanmıştır. Özel yetiştirme koşulları gerektiren veya başvuru sahibi tarafından özellikle belirtilen türlere ait denemeler ise, FYD uzmanlarınca uygun zaman ve koşullarda denemeye alınmaktadır.

TTSM'nin Ankara içerisinde örtüaltı ve açık tarla denemelerinin kurulmasına olanak sağlayan imkanları mevcuttur. Bununla beraber farklı koşul ve sezonlara göre denemeler çoğunlukla Manisa (Beydere), Antalya, Samsun lokasyonlarındaki Tohum Sertifikasyon Test Müdürlüklerinin arazilerinde kurulmaktadır. Her tür için denemeye kaç bitki alınması gerektiği UPOV test rehberlerinde belirtilmektedir. Bazı sebze türlerindeki bitki sayıları Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10: Bazı Sebze Türlerinin FYD Testleri Denemesindeki En Az Bitki Sayıları.

Türü	Denemedeki Bitki Sayısı (min.)	Türü	Denemedeki Bitki Sayısı (min.)
Lahana	40	Domates	20
Marul	60	Biber	20
Brokoli	60	Patlıcan	20
Karnabahar	60	Hıyar	20
İspanak	100	Kavun	20
Şeker-cin mısır	100	Karpuz	20
Soğan	200	Kabak	20
Havuç	400	Nane	20

Deneme materyalleri türlere göre değişen miktarlarda talep edilerek kodlu halde FYD uzmanı ile beraber hazırlanmakta, fide elde etmek amacıyla fideliklere ekim veya doğrudan toprağa ekim yapılmak suretiyle denemelere alınmaktadır. Denemeler en az bir lokasyonda ve her lokasyonda en az iki tekerrür olacak şekilde kurulmaktadır. Türler içinde farklı tipler varsa aynı tipler artarda sıralanmaktadır. Örneğin, bodur domates için pembe, köy, sofralık, sanayilik gibi farklı tipler, deneme içinde yan yana gelecek şekilde düzenlenmektedir. Denemede kullanılacak kontrol çeşitlerin seçimi, denemedeki aday çeşitlere uygun olarak, FYD uzmanları tarafından belirlenmektedir. Kontrol çeşitler seçilirken, aday çeşitlerin tipi, başvuru sahibinin belirttiği özellikler ve yetiştirme koşulları göz önünde bulundurularak, daha önce kayıt altına alınmış benzer çeşitlerden faydalanılmaktadır. Tohum ekimi veya fide dikimi yapılarak kurulan bu denemelerin tamamı kod numarasıyla işleme alınmakta ve tescil aşamasına ginceye kadar bu kodlarla kalmaktadırlar. Fide dikimi ile yetiştirilecek türlerde tohumların fideliklerde ekilmesi ve daha sonra bu fidelerin toprağa dikilmesi aşamalarının tamamında herhangi bir karışıklık vb. durumun önüne geçmek için FYD uzmanları bizzat deneme başında olmakta ve her aşamayı kontrol etmektedirler. Yine aynı şekilde tohum ekimi yapılacak türlerde de tohum ekimi FYD uzmanı tarafından yapılmaktadır. Ayrıca her tür ya da çeşit için gerekli özel kültürel işlemler ile farklı zamanlarda çeşit tanısı için tüm morfolojik karakterizasyonların alınması ve izlenmesi yine FYD uzmanlarınca yürütülmektedir.

4.6.FYD Tanımı, Önemi ve Gözlemler

Sebze türlerinde yeni çeşit adaylarının kayıt altına alınabilmesi için, morfolojik karakterlerin çeşitli yöntemlerle gözlemlenmesi ile çeşit özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Sebze türlerinde morfolojik tanımlamalar ölçme, tartma, sayma şeklinde sayısal veriler, mikroskop (çiçek gözlemleri, nişasta bileşikler), renk skalası ve en önemlisi gözle yapılmaktadır. Çeşit tanımlamasında kullanılan bu gözlemler için üye ülkeler arasında metod birliği olması amacıyla türlere ait çeşit özellik belgeleri UPOV tarafından oluşturulmakta ve her sene yapılan sebze teknik çalışma grubu toplantılarında alınan kararlar ile (Technical Working Party for Vegetables) gerekli görülen zamanlarda güncellenmektedir. Ülkemizde de UPOV üyeliği sonrası çeşit

tanımlanması için bu çeşit özellik belgeleri ile TGP belgeleri “UPOV Technical Guidelines and Protocols” faydalanılarak çeşit tanısı ve kimliği oluşturulmaktadır. UPOV TGP belgeleri, bitki çeşitlerinin tescili, değerlendirilmesi ve ticarileştirilmesi için kullanılan teknik kılavuzları ve protokolleri içermektedir. Bu belgeler, üye ülkeler ve ıslahçılar tarafından kullanılarak, bitki çeşitlerinin korunması ve ticari kullanımı için uluslararası standartların sağlanmasına yardımcı olmaktadır.

Çeşit adayının tanımlanması için yapılan testler ülkemizde FYD) olarak tanımlanmaktadır. FYD testleri bir çeşit adayının morfolojik ve fizyolojik karakterlerinin kayıt, koruma, kimliklendirme ve sertifikasyona esas olmak üzere kayıt altına alınması ve belgelenmesinden oluşmaktadır. Bitki Çeşitlerinin Kayıt Altına Alınması Yönetmeliğinde;

- **Farklılık**; Çeşit adayının, tescil başvurusunun yapıldığı tarih itibarıyla kayıtlı olan diğer çeşitlerden en az bir ya da birkaç özellik bakımından açıkça ayırt edilebilmesi,
- **Yeknesaklık**; Çeşit adayının çoğaltımı sırasında, çoğaltma yöntemine bağlı olarak beklenen varyasyonun dışındaki diğer özellikler yönünden yeterince homojen olması,
- **Durulmuşluk** ise; Çeşit adayının tekrarlanan üretimlerden sonra veya belirli üretim devreleri sonunda ilgili özellikler yönünden değişiklik göstermeden kalması olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2008).

FYD testleri kapsamında yapılan morfolojik karakterizasyon için UPOV test rehberleri referans alınmakta, Türkçeye çevrilerek çeşit özellik belgeleri oluşturulmakta ve çeşit tanımlamasında kullanılmaktadır. Morfolojik karakterizasyonda her tür için farklı özellikler bulunmaktadır. Örneğin; ıspanakta 17 adet, brokolide 25 adet, hıyarda 43 adet, domateste 45 adet, karpuzda 36 adet, soğanda 36 adet, lahanada 35 adet, havuçta 32 adet, marulda 37 adet, biberde 47 adet, bezelyede 57 adet, kabakta 81 adet, şeker-cin mısırdaki 41 adet morfolojik gözlem bulunmaktadır. Bunlar; kalitatif, kantitatif ve yalancı-kalitatif karakterlerden oluşmaktadır.

Kalitatif karakterler, dölden döle aktarılan karakterler olup kalıtımı Mendel kurallarına göre sürdürülebilmektedir. Çeşit özellik belgelerinde “QL” (Qualitative) ifadesiyle gösterilen bu karakterler çevreden etkilenmedikleri için

tanımlanması kolaylıkla yapılabilen karakterlerdir. Birçok kalitatif karakterin gözlemleri var-yok şeklinde olmakta ve 1-9 skalasıyla numaralandırılmaktadır. Örneğin, hıyarda partenokarpi, domateste yeşil yaka, lahanagillerde erkek kısırılığı, biberde hipokotilde antosiyanin renklenmesi gibi özellikler kalitatif karakterler olup var-yok şeklinde kodlanmaktadır. Kalitatif karakterlerin bazılarında da (çiçek rengi, çiçek cinsiyeti, bitki büyüme şekli, tohum şekli, tohumdaki renk sayısı gibi) tanımlama ifadeleri türe özel olup bitkinin genetiğini tanımlamada büyük rol oynamaktadır. Bu nedenle test rehberlerinde belirtilen gruplama karakterlerinin çoğu kalitatif karakterlerden oluşmaktadır.

Gruplama karakterleri ise benzer özellikler gösteren çeşitlerin sınıflandırılması için kullanılan ve bu sayede deneme deseni oluşturmada kolaylık sağlayan karakterlerdir. Bir tür içindeki farklılıkları belirlemek için kullanılan ana karakterler olup çoğunlukla kalitatif karakterlerden oluşmaktadırlar. Ayrıca yalancı-kalitatif karakterler de gruplama karakterleri için kullanılabilir. Gruplama karakterleri aynı zamanda türlere ait teknik soru anketlerinde de kullanılan karakterlerdir. Buna birkaç farklı türde örnek verilecek olursa;

Kavunda gruplama karakterleri;

1. Çiçeklenme: Cinsiyet durumlarının açıklaması (özellik 12)
2. Meyve: Uzunlamasına kesit şekli (özellik 28)
3. Meyve: Yüzey zemin rengi (özellik 29)
4. Meyve: Siğillerin varlığı (özellik 38)
5. Meyve: Oluk varlığı (özellik 43)
6. Meyve: Mantar oluşumu (özellik 48)
7. Meyve: Meyve et rengi (özellik 54)
8. Tohum: Uzunluk (özellik 60)
9. Tohum: Renk (özellik 63)

Lahanada gruplama karakterleri;

1. Dış yaprak: renk (yüzeyindeki mumsulukla birlikte) (özellik 11)
2. Baş: boylamasına şekil (özellik 17)
3. Baş: çap (özellik 20)
4. Baş: sıkılık (özellik 30)
5. Hasat olum zamanı (özellik 33)

Patlıcanda gruplama karakterleri;

1. Meyve: uzunluk (özellik 16)
2. Meyve: uzunluk/maksimum çap oranı (özellik 18)
3. Meyve: genel şekil (özellik 19)
4. Meyve: hasat olgunluğunda kabuğun ana rengi (özellik 24)
5. Meyve: çizgililik (özellik 28)
6. Meyve: et rengi (özellik 40)

FYD testlerindeki morfolojik gözlemlerden biri de yalancı-kalitatif karakterlerdir. Bunlar temelde kalitatif gibi görünen ancak altında kantitatif genetik kontrol olan özellikler olup test rehberlerinde “PQ” (Pseudo-qualitative) ifadesiyle gösterilmektedir. Genellikle belirgin şekilde ayırt edilebilen özellikler ile ifade edilir ancak bu özellikler birçok genin etkisi altında olabilmektedir. Yalancı-kalitatif karakterler genetik aktarımın yanı sıra çevresel faktörlerden de etkilenebilmektedir. Bu da fenotip olarak kalitatif gibi görünse de çevrenin etkisi ve poligenik kalıtım sebebiyle kantitatif bir görünüme sahip olabileceği anlamına gelmektedir. Örneğin; domateste meyve boyuna kesit şekli, biberde yaprak şekli, kavunda meyve baş kısmı şekli, marulda yapraktaki antosiyanin renklenmesinin tonlaması, havuçta meyve omuz şekli, fasulyede tohum ana rengi ve ikincil renk gibi özellikler yalancı-kalitatif karakterlerdir. FYD testleri sırasında yalancı-kalitatif karakterlerin tespiti için kontrol çeşitleri kullanılması gerekmektedir. Kullanılacak kontrol çeşitlerinin morfolojik özellikleri daha önceden saptandığı için çevre koşullarının etkisi rahatlıkla gözlemlenebilecek ve yeni çeşit adaylarının yalancı-kalitatif karakterlerinin tespiti doğru şekilde yapılabilecektir. Bu maksatla UPOV test rehberlerinde yayınlanan referans çeşitleri kullanılabilir.

Diğer bir morfolojik gözlem olan kantitatif karakterler sayısal olarak ölçülebilen ve genelde sürekli bir dağılım gösteren karakterlerdir. Bunlar birçok genin ve çevre şartlarının ortak etkisiyle belirlenmekte ve Mendel genetiği kurallarıyla kalıtılan kalitatif karakterlerden farklılık göstermektedirler. Kantitatif karakterler bu nedenle ıslah çalışmalarında, ayrıca botanik ve tarım ile ilgili araştırmalarda büyük önem taşırlar. Test rehberlerinde “QN” (Quantitative) şeklinde ifade edilmektedirler. Örnek olarak birçok sebze türünde gözlem olarak mevcut olan gövde uzunluğu, bitki uzunluğu, bitki

duruşu, yaprak genişliği, yaprak yeşil renk yoğunluğu, yaprak kenarındaki dişlilik, meyve duruşu, meyve ağırlığı, meyve uzunluğu, et kalınlığı, sap kalınlığı, kabuk kalınlığı, çiçeklenmeye başlama zamanı, fizyolojik olum zamanı, hasat olum zamanı, tohum uzunluğu, tohum ağırlığı, raf ömrü/depolama ömrü, vb. gözlemler verilebilir. Kantitatif karakterler geniş bir varyasyon oluşturmakta ve sürekli olarak değişiklik göstermektedirler. Birden fazla gen tarafından yönetildikleri için her bir genin küçük küçük etkisi toplanarak karakterin genline etki etmektedir. İklim-toprak koşulları, ekim/dikim zamanı, gübreleme, sulama, vb. kültürel işlemler, yetiştirme şekli ve zamanı gibi çevresel faktörlerden de önemli ölçüde etkilenen bu karakterlerin tespitinde kimi zaman görsele kimi zaman da ölçüme dayalı gözlemler yapılmaktadır. Ölçümle yapılan gözlemler için cetvel, metre, kumpas, terazi, refraktometre, penetrometre gibi aletler kullanmakla beraber; başlangıç tarihi, gün sayısı gibi sayımlar da kullanılmaktadır. Görsele dayalı gözlemlerde ise kontrol çeşitler ile karşılaştırmalı olarak gözlem yapılmakta böylelikle aday çeşit ile referans alınacak çeşit arasındaki farklılıklar belirlenmektedir. Bu gözlemlerde FYD uzmanının tecrübesi ile görsel karşılaştırma çok büyük önem taşımaktadır. Diğer yandan tat, koku ve dokunma gibi duyuşal gözlemlere de başvurulmaktadır.

4.7. Deneme Sonuçlarının Değerlendirilmesi

FYD testleri her tür için en az 2 vejetasyon süresince yapılmaktadır. Sebze türlerinde çok değişik vejetasyon süreleri mevcut olduğu için bazı türlerde bu süreç kısa sürmekte (mantar, maydanoz, roka, tere) bazılarında ise daha uzun (lahanagiller, soğangiller, kabakgiller) sürebilmektedir. Çeşit adayında 1. veya 2. denemede herhangi bir yeknesaklık sıkıntısı görülmesi halinde şu anki Yönetmeliğe göre başvuru sahibine yazılı olarak bildirim yapılmaktadır. Yeknesaklık probleminin 2. denemede görülmesi üzerine başvuru sahibine resmi yazı yazılarak deneme bir vejetasyon süresi daha uzatılabilmektedir. İki vejetasyon döneminde yeknesaklık sıkıntısı tespit edilen çeşit adaylarının tescil işlemleri sonlandırılmaktadır. Bu durum, başvuru sahibine olumsuz olarak düzenlenen “Teknik İnceleme Raporu” ve gerekli görüldüğü hallerde bu olumsuzluklara ait fotoğraflar ile birlikte resmi yazı ile bildirilmektedir.

Ayrıca denemenin herhangi bir döneminde çevresel koşullar (don, dolu, sel, vb. doğal afetler) sebebiyle denemenin zarar görmesi söz konusu olduğunda da denemenin uzaması söz konusu olabilmektedir. Herhangi bir aksilik yaşanmadan 2 vejetasyon süresince gözlemleri tam olarak alınabilen sebze türlerinde her iki deneme gözlemleri birbirleriyle kıyaslanarak çeşit adayının tescile uygun olup olmadığı FYD uzmanlarınca belirlenmektedir.

4.8.Çeşit Adayının Tescil Edilmesi

Denemeler sonucunda 1. ve 2. vejetasyondan alınan tüm gözlemler değerlendirilmekte, diğer çeşitlerden farklı, durulmuş ve yeknesak olduğu anlaşılan tüm çeşitlere ait tescil raporları hazırlanmaktadır. Bu raporlar ile beraber FYD uzmanları tarafından görsel bir sunu hazırlanarak çeşide ait gözlemlerin fotoğrafları da komite üyelerine sunulmaktadır. Daha sonra bu çeşitler tescil komitesinde tartışılmakta ve aynı komite tarafından çeşit ismi de onaylanmaktadır.

Tescil toplantısı sonrasında kabul edilen çeşitlerin çeşit özellik belgelerinin oluşturulması ve başvuru sahibine gönderilmesiyle tescil süreci tamamlanmaktadır. Sebze çeşitlerinde tescil komite toplantıları yönetmelik gereği her yılın Mart, Nisan aylarında yapılmaktadır (Anonim, 2008). STK komite toplantılarında tescil edilen çeşitlere ait “Tescil Raporları” ve “Çeşit Katalogları” yine FYD uzmanları tarafından oluşturularak, TTSM internet sayfasında yayınlar başlığı altında paylaşılmaktadır (TTSM, 2024ç).

4.9. Çeşit Kayıt Listeleri

Yeni bitki çeşitlerinde kayıt altına alınma sürecinde çeşitlerin ve çeşit adaylarının yayınlandığı listelere genel olarak çeşit kayıt listeleri adı verilmektedir. Sebze türlerinde bu listeler TTSM internet sayfasında kayıt listeleri başlığı altında, standart tohumluk kayıt listesi (sebze türleri) adıyla sürekli güncellenerek yayınlanmaktadır (TTSM, 2024d). Bu listelerde kayıt altına alınan çeşitler ve ticareti yapılan çeşit adayları yayınlanmaktadır.

Genel olarak sebze türlerinde, standart tohumluk kayıt listeleri 3 farklı listeden oluşmaktadır. Bunlardan ilki; "Sadece Standart Tohumluk Üretimi Yapılacak Çeşitler Listesi"dir. Bu liste UPOV üyeliği öncesi "Ticari Sebze" kayıt prosedürü ile kayıt altına alınmış sebze çeşitlerini içermektedir. UPOV üyeliği öncesinde kaydedilen ticari sebzeler 20 yıllık süreler dahilinde kayıt

altında tutuluyorken, UPOV üyeliği ve 2012 yılında yapılan yönetmelik güncellemesi ile FYD testleri yapılarak tescil edilen çeşitler 10'ar yıllık süreler dahilinde kayıt altına alınmaktadır. Dolayısıyla bu listedeki çeşitler halen üretilmekteyse, kayıt tarihi itibarıyla 20 yıl bitmeden kayıt süresi uzatımına başvurulması gereken çeşitler olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca bu çeşitler, güncel yönetmelik kapsamında olmadıkları için herhangi bir sertifikasyon sistemine dahil olamamakta, sadece standart tohumluk olarak üretimine olanak sağlanmaktadır. Bu kayıt listesinde Mayıs 2024 itibarıyla 2004-2008 yılları arasında kayıt altına alınmış farklı türlerde 404 çeşit yer almaktadır (TTSM, 2024d).

Bir diğer sebze kayıt listesi "Sertifikalı Tohumluk Üretimi Yapılabilecek Çeşitler Listesi"dir. Bu listede UPOV üyeliği sonrası FYD testleri yapılarak kayıt altına alınmış çeşitler bulunmaktadır. 2024 yılı Mayıs ayı itibarıyla 4043 çeşit FYD testleri yapılarak kayıt altına alınan çeşitler olarak bu listede yer almaktadır (TTSM, 2024d). Ticari sebze olarak kayıt altına alınmış çeşitlerin kayıt süresi uzatma başvurusunun yapılması halinde bu çeşitlere bir vejetasyon süresince FYD testleri yapılmakta ve bu çeşitler artık sertifikasyon sistemine de dahil olabilecek hale gelmektedir. Dolayısıyla eskiden ticari sebze adıyla "Sadece Standart Tohumluk Üretimi Yapılacak Çeşitler Listesi"nde bulunan bu çeşitlerin kayıt süresi uzatma işlemleri başarılı olduğu takdirde "Sertifikalı Tohumluk Üretimi Yapılabilecek Çeşitler Listesi"ne geçmesi sağlanmaktadır. Tescil uzatma tarihleri de bu listede belirtilmektedir.

Diğer bir kayıt listesi ise "Üretim İzinli Çeşitler Listesi"dir. Bu liste de yalnızca tescil işlemleri tamamlanana kadar üretim izni alarak ticarete konu olan çeşit adaylarının yer aldığı bir kayıt listesidir. 2024 Mayıs itibarıyla farklı sebze türlerinden 597 adet çeşit adayı bu listede yer almaktadır (TTSM, 2024d). Üretim izni kısmında da bahsettiğimiz gibi komite onayıyla üretim izni alan çeşit adaylarına ait standart numuneler resmi yazı ile TTSM'ye gönderildiği takdirde bu çeşit adayları "Üretim İzinli Çeşitler Listesi"ne eklenmektedir. Standart numune gönderilmediği zaman her ne kadar komitenin onayını alsa da bu çeşit adayları bu listeye eklenmemektedir. Üretim iznli çeşitler listesinde yer alan çeşit adaylarının denemelerinin tamamlanması sonucu komite marifetiyle tescil edilmesi halinde yer alacağı kayıt listesi "Sertifikalı Tohumluk Üretimi Yapılabilecek Çeşitler" listesidir.

4.10. Tescil Sonrası İşlemler

Tescil başvurusunda bulunmuş yeni bir çeşit adayının “henüz üretim izni almamış veya hiç üretim izni için başvuruda bulunmamışsa” komite marifetiyle tescil edilmesi durumunda, çeşide ait standart numune STK komite toplantısının ardından TTSM’ye resmi yazı ile gönderilmelidir. Bu konuyla ilgili olarak, sebze türlerinde standart numune miktarları, daha önce Tablo 8’de belirtilmiştir.

Standart numuneler yönetmelik gereği 5 yıl süre ile TTSM’de uygun depo koşullarında saklanmaktadır. Başvuru sahibi tescil olan çeşidinin kayıt listelerinde kalmasını devam ettirmek istediği sürece 5 yılda bir standart numuneyi yenilemekle yükümlüdür. Her yılsonu standart numunesini yenilemediği takdirde kayıt listesinden düşecek çeşitlerin listesi TTSM internet sayfasında duyuru halinde yayınlanmaktadır.

Daha önce üretim izni almış ve FYD denemeleri tamamlanarak tescil edilmiş çeşitler için ise; “Üretim İzni Çeşitler Listesi”nde yer alması amacıyla standart numune gönderimi zaten yapılmış olduğu düşünülerek 5 yıllık yenileme süresinin takibi bu koşullara göre değerlendirilmelidir. Bu çeşitler için tescil toplantısı sonrası yeniden standart numune gönderimi gerekmemektedir.

4.11. Kayıt Süresi Uzatma İşlemleri

UPOV üyeliği öncesi kayıt altına alınan çeşitler için kayıt süresi 20 yıl, sonrası kayıt altına alınan çeşitler için kayıt süresi 10 yıldır. Yani 2008 öncesi kayıt altına alınmış sebze çeşitleri standart numune gönderme koşullarını sağladığı takdirde 20 yıl süreyle kayıt listelerinde kalmaktadır. Ancak 2008 sonrası kayıt altına alınmış çeşitler yine standart numune gönderme koşullarını sağladığı takdirde 10 yıl süreyle kayıt listelerinde kalmaktadır. Bu sürenin bitiminden sonra çeşitlere başvuru sahibi tarafından kayıt süresi uzatma başvurusu zamanında yapılmadığı halde çeşitler kayıt listelerinden düşmektedir.

Genel olarak kayıt süresi uzatma ile ilgili bir talimat hazırlanmış ve TTSM’nin internet sayfasında yayınlanmıştır (TTSM, 2023c). Bir çeşidin kayıt süresi uzatma başvurusunun, kayıt süresinin sona ereceği tarihin 2 yıl öncesinde yapılması gerekmektedir. Bu başvurunun kayıt listelerinde de yazılı olan

başvuru sahibi tarafınca yapılması esas teşkil etmektedir. Kayıt süresi uzatma başvurusu dosyasında bulunması gereken evraklar Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11: Kayıt Süresi Uzatma İçin Başvuru Dosyasında Bulunması Gereken Evraklar.

Sertifikalı Üretim Yapılan Çeşitler İçin	
1	Başvuru dilekçesi
2	Başvuru formu
3	Çeşit özellik belgesi
4	Son üç yıl içerisinde (mısır ve ayçiçeği ebeveyn hatları hariç) herhangi bir yıla ait çeşit garantisi ve tarla kontrolü yapılarak verilen sertifika (yurt içi veya yurt dışı)
Sertifikalı Üretim Yapılmayan ve Kayıt Listelerinden Düşen Çeşitler İçin	
1	Başvuru dilekçesi
2	Başvuru formu
3	Çeşit özellik belgesi (yoksa ıslahçı imzalı Teknik Soru Anketi)
4	Yabancı dildeki belgelerin yeminli tercüman onaylı Türkçe çevirileri
5	Ücret Dekontu (1 yıllık FYD deneme ücreti)
6	FYD deneme numunesi

Kayıt süresi uzatımı başvuruları, türlere ait tescil başvuru tarihlerinde (Şubat, Mayıs, Ekim ayları) alınmaktadır. Kayıt süresi içinde kayıt uzatma başvurusu yapılmayan veya başka bir sebeple kayıt listesinden düşen çeşitler için, yeniden listeye eklenmesi amacıyla başvuru yapılması halinde bir yıl süreyle FYD testleri yapılamakta ve FYD test ücretinin yarısı alınmaktadır. Kayıt süresi uzatma başvurusunda bulunulan çeşidin farklılık, yeknesaklık ve durulmuşluk (FYD) koşullarını sağlaması durumunda kayıt süresi 10 yıllık süre ile uzatılmaktadır. Ancak çeşidin FYD koşullarını sağlamaması durumunda ise kayıt süre uzatımı sonlandırılmakta ve bu durum çeşit sahibine resmi yazı ile bildirilmektedir.

17 Eylül 2024 tarihinde 32665 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren 'Bitki Çeşitlerinin Kayıt Altına Alınması Yönetmeliği' çıkana kadar işlemler yukarıda açıklandığı şekilde yapılırken, bundan sonra kayıt süresi uzatımı için listelerde yer alan çeşitler için yalnızca dilekçe ve kayıt süresi uzatımı ücret dekontu ile başvuru yapılması yeterli olacak; herhangi bir denemeye tabi tutulmadan, kayıt yılının bitiminden itibaren 10’ar yıllık sürelerle uzatma yapılacaktır. Ancak, listeden çıkarılan çeşitler için dosya ile başvuru yapılması gerekecek ve bu çeşitler, 2 yıl boyunca FYD testlerine tabi tutularak komite kararıyla yeniden listelere eklenebilecektir.

4.12.Yönetmelik Değişikliği (17 Eylül 2024) İle Güncellenen Bazı Kısımlar

Yönetmelik değişikliği ile beraber sebze türlerinde, yurtdışı kayıtlı çeşitler ve kayıt süresi uzatımı kısımlarında önemli değişiklikler yapılmıştır.

Yönetmelik değişikliği ile güncellenen bazı kısımlar şöyledir:

1-Kayıt süresi uzatımı; kayıt listelerinde yer almakta olan çeşitlerde sadece dilekçe ve kayıt süresi uzatımı ücret dekontu ile işlem yapılabilir hale gelmiştir. Ancak, listeden düşen çeşitler için başvuru dilekçesi, çeşit özellik belgesi (bulunmayanlar için teknik soru anketi), FYD test numunesi ve FYD test ücreti dekontu ile başvuru yapılması gerekmektedir. Bu başvurular, 2 yıl süreyle FYD testlerine tabi tutulacak ve Sebze Tescil Komitesi kararıyla tekrar listelere eklenebilecektir.

2-Yurtdışı kayıtlı çeşitler; ön deneme kontrolü tamamen kaldırılarak direk tescil olayına son verilmiştir. Başvuru sahibi yurtdışında UPOV üyesi bir ülkede kurallara uygun şekilde FYD testleri yapılarak tescil edilen çeşidi için TTSM'ye başvuru yaparak denemeye alınmasını talep edecektir. Bu çeşitler 1 vejetasyon süresince gözlemleri alınarak çeşit özellik belgelerinin doğrulanması sonucunda bir sıkıntı olmaması halinde Sebze Tescil Komitesine sunulacak ve bu şekilde tescil edilebilecektir.

3-Sebze Tescil Komitesi; önceki yönetmelik ile 5 kişiden oluşan komitenin sayısı arttırılmıştır. Yeni yayınlanan Yönetmelik gereği Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, ilgili Tarımsal Araştırma Enstitüsü ve Ziraat Fakültesinin ilgili bölümünden birer, Türkiye Tohumcular Birliğinden iki temsilci ile TTSM'den iki konu uzmanı olmak üzere yedi kişiden oluşmaktadır. Ayrıca tohumculuk konusunda faaliyet gösteren herhangi bir özel sektör kuruluşu ile ticari ilişkisi bulunan ve/veya danışmanlık yapan kişiler Komite üyesi olamaz diye de ekleme yapılmıştır.

4-Tescil komite tarihleri; önceki yönetmelikle Mart ve Nisan aylarında yapılabilen tescil işlemleri Şubat, Mayıs ve Ekim aylarında yapılabilir hale gelerek güncellenmiştir.

5.SONUÇ

Bu çalışmada, dünya genelinde ve Türkiye’de sebze tohumculuğunun tarihsel gelişimi, ülkemizdeki kayıtlı sebze çeşitlerinin sayısı ve çeşitlerin kayıt altına alınma süreci kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Elde edilen bulgular, sebze tohumculuğunda hem uluslararası hem de ulusal düzeyde önemli ilerlemeler kaydedildiğini göstermektedir. Türkiye’de sebze tohumculuğu, tarımsal araştırmalar ve devlet destekleri sayesinde önemli bir gelişim sürecinden geçmiştir. Özellikle son yirmi yılda geliştirilen hibrit çeşitlerle birlikte kayıtlı sebze çeşitlerinin sayısı artmış ve bu çeşitlerin kalitesi, tüketici tercihleri doğrultusunda ön plana çıkmıştır. Ancak, hem Türkiye’de hem de dünya genelinde verim ve kaliteyi sınırlayan en önemli faktörlerden biri olan virüs ve fungal hastalıklar gibi biyotik stres faktörlerine dayanıklı çeşitlerin ıslahı ve kayıt altına alınması büyük bir önem taşımaktadır. Bu nedenle, hastalıklara karşı dirençli çeşitlerin geliştirilmesi ve bunların kayıtlı çeşitler arasına dahil edilmesi, tarımsal verimliliği artırmak ve ürün kalitesini korumak açısından kritik bir rol oynamaktadır. Son yıllarda ıslah edilen sebze çeşitlerinin çoğu biyotik streslere dayanıklı olarak kayıt altına alınmaktadır.

Çeşitlerin kayıt altına alınma süreci, belirli standartlar ve yönetmeliklere uygun olarak yürütülmektedir ve bu süreç, tarım sektörünün modernleşmesine ve gıda güvenliğine büyük katkı sağlamaktadır. Kayıt altına alma sürecinde yapılan morfolojik karakterizasyonlar ile çeşitlerin kimlik kartları ortaya çıkarılarak diğer çeşitlerden farklı yeknesak ve durulmuş oldukları saptanmaktadır. Ancak, kayıt altına alma çalışmalarında hem moleküler olarak çeşitler arasındaki farklılıkların saptanması hem de hastalıklara dayanıklılık konusundaki değerlendirmelerin başlatılması da büyük önem taşımaktadır. Bu

testlerinin sistematik bir şekilde yapılması, hem tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini hem de üretici ve tüketici için ürün güvenliğini sağlamak açısından gerekli bir adımdır. Bu tür çalışmalar, kayıtlı çeşitlerin daha sağlıklı ve verimli olmasını sağlayarak, tarım sektöründeki genel başarıyı destekleyecektir.

Gelecekte, ülkemizde tohumculuk sektörünün daha da büyümesi ve güçlenmesi beklenmektedir. Yenilikçi teknolojiler, genetik araştırmalar ve sürdürülebilir tarım uygulamaları, tohumculuk sektörünün gelişimine büyük katkı sağlayacaktır. Özellikle, kayıt altına alma süreçlerinin daha kapsamlı hale getirilmesi, hastalıklara karşı dirençli çeşitlerin geliştirilmesi ve moleküler testlerin entegrasyonu, sektördeki kaliteyi ve verimliliği artıracaktır. Bu nedenle TTSM bu sorumluluğun farkında olarak çalışmalar başlatmıştır. Ayrıca, bu gelişmeler, uluslararası düzeyde rekabet gücünü artırarak, ülkemizin tarımsal üretkenliğini ve gıda güvenliğini güçlendirecektir.

KAYNAKÇA

- Anonim, (1992). Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi, 25 s. <http://www.surdurulebilirlikalkinma.gov.tr/wp-content/uploads/2016/06/Bi.pdf> (Erişim tarihi 26.04.2024)
- Anonim, (2001). Bitkisel üretim özel ihtisas komisyonu tohumculuk alt komisyon raporu, 114 s.
- Anonim, (2007). 10 Kasım 1972, 23 Ekim 1978 ve 19 Mart 1991 Tarihlerinde Cenevre’de Gözden Geçirilen 2 Aralık 1961 Tarihli Yeni Bitki Çeşitlerinin Korunması Uluslararası Sözleşmesine Katılmamızın Uygun Bulunduğuna Dair Kanun. 17 Mart 2007 tarih ve 26465 sayılı Resmi Gazete, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/03/20070317-4.htm> (Erişim tarihi 20.04.2024).
- Anonim, (2008). Bitki Çeşitlerinin Kayıt altına Alınması Yönetmeliği (RG 13.01.2008/26755).
- Anonim, (2021). Chelsea green publishing. <https://www.chelseagreen.com/2021/a-short-history-of-agricultural-seed/> (Erişim tarihi: 28.03.2024)
- Anonim, (2023a). Kavramlar ve Verilerle Tohumculuk Sektörü, Türkiye Tohumcular Birliği, 29 s.
- Anonim, (2023b). Global Market Seed insights, <https://www.skyquestt.com/report/seed-market> (Erişim tarihi: 30.04.2024)
- Anonim, (2024a). Beta Ziraat ve Ticaret A.Ş. Hakkında, <http://betaziraat.com.tr/Tr/kurumsal>. (Erişim Tarihi: 18.03.2024).
- Anonim, (2024b). Türkiye Tohumcular Birliği Güncel Üye Sayıları, <https://www.turktob.org.tr/tr/dergi/sayi-45> (Erişim tarihi:21.04.2024).
- Anonim, (2024c). Bitki Çeşitlerinin Kayıt altına Alınması Yönetmeliği (RG 17.09.2024/32665).
- Bağcı, S. A., Özer, İ. (2021). Türkiye Tohumculuğunun Tarihsel Gelişimi, Mevcut Durumu, Problemleri ve Çözüm Önerileri. Journal of the Institute of Science and Technology, 11(özel sayı), 3559-3572.
- Balkaya, A., Duman, İ., Engiz, M., Ermiş, S., Onus, A. N., Özcan, M., Çelikel, F., Demir İ., Kandemir, M., Özer, M. (2015). Bahçe Bitkileri Tohumluğu Üretimi ve Kullanımında Değişimler ve Yeni Arayışlar. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-2, 985.
- Balkaya, A., Duman, İ., Arın, L., Özcan, M., Demir, İ., Kandemir, D., Zengin, S., Ermis., S., Sarıbaş, Ş. (2020). Bahçe Bitkilerinde Tohum Üretimi, Mevcut Durum ve Gelecek, Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi, 13-17.
- BİSAB, (2012). Bitki Islahçılarının Öncüsü Emcet C. Yektay., Ankara, 59 s.
- Çelen, H., Çakmak, M. (2020). Sebze Türlerinde Türkiye ve Avrupa Birliğinde Bitki Islahçı Hakları Uygulamaları. Journal of Agriculture, 2(2), 60-68.

- Çelen, H., Ermiş, S., & Ata, A. (2020). Avrupa Birliği ve Türk Sebze Çeşit Tescili Mevzuatının Karşılaştırılması. *Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi*, 3(2), 77-86.
- Çelik, Y., Nazlı, T. (2014). Konya İlinde Sertifikalı Tohumluk Üreten İşletmelerin Yapısal Analizi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(2): 124-131.
- Çiftçi C. Y, (2016). Türkiye Tarımsal Yüksek Öğretiminin ve Tarla Bitkileri Bölümünün Durumu. *Tarla Dergisi*, Ekim-Aralık 20: 4-7. *Dergisi*, Ocak-Mart 2013 5:24-27.
- Damlıbağ, F. (2011). Batı Anadolu'da İhracat İçin Pamuk Üretimi (1860-1870). In *Journal of Social Policy Conferences*, İstanbul Üniversitesi, No.60, s. 433-471.
- Demir, İ., Balkaya, A., Yılmaz, K., Onus, A.N., Uyanık, M., Kaycıoğlu M., Bozkurt, B. (2010). Sebzelerde tohumluk ve fide üretimi. *Türkiye ZMO VII. Teknik Kongresi*, Ankara, s. 11-15.
- Demir, M. (2022). 16. Yüzyılda Osmanlı Devleti'nde Zirai Üretimi Etkileyen Faktörler Üzerine Bir Değerlendirme. *Selçuk Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Dergisi*, (55), 283-311.
- Durmaz, A. A., Karaca, E., Demkow, U., Toruner, G., Schoumans, J., Cogulu, O. (2015). Evolution of genetic techniques: past, present, and beyond. *BioMed research international*.
- Ermiş, S., Aras, V., Öktem, G., ve Sari, N. (2018). Ülkemizde Kayıt Altına Alınan Kavunların Yıllar Bazındaki Değişimi. *Uluslararası Katılımlı Türkiye 6. Tohumculuk Kongresi*.
- Ermiş, S., Öktem, G. (2021). Ülkemizde Tescilli Sebze Çeşitlerinin Mevcut Durumu ve Tescil Sistemi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11 (özel sayı), 3447-3454.
- Howard, P. H. (2009). Visualizing consolidation in the global seed industry: 1996-2008. *Sustainability*, 1(4), 1266-1287.
- ISF, (2024). International Seed Federation, What we do, <https://worldseed.org/about/what-we-do/> (Erişim tarihi: 29.03.2024).
- ISTA, (2024). International Seed Testing Assosication, member search, <https://www.seedtest.org/en/membership/member-search.html> (Erişim tarihi: 29.03.2024).
- McDonald, M. B. (1993). The history of seed vigor testing. *Journal of Seed Technology*, 93-100.
- McDonald, M. F., Copeland, L. O. (2012). Seed production: principles and practices. *Evolution of the Seed Industry*, Springer Science & Business Media.
- Muschick, M., Muschick, P., & Taylor, J. (2010). The evolution of seed testing. *Seed Testing International*, 139, 3-7.
- OECD, (2018). Concentration in Seed Markets Potential Effects and Policy Responses, 236 pages.

- Öz, M. (1997). XVI. Yüzyıl Anadolu'sunda Köylülerin Vergi Yükü ve Geçim Durumu Hakkında Bir Araştırma. Osmanlı Araştırmaları/The Journal of Ottoman Studies, (17), 78-90.
- Öztürk, B., Balkaya, A., Özden, Y. Ş., Yılmaz, K., 2011. Ülkemizdeki Sebze Çeşit Kayıt Sistemi ve Uygulamada Karşılaşılan Sorunlar. Türkiye IV. Tohumculuk Kongresi, Ondokuzmayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 14-17 Haziran 2011, Samsun, 1: 1-6.
- Panneerchelvam, S., Norazmi, M. N. (2003). Forensic DNA profiling and database. The Malaysian journal of medical sciences: MJMS, 10(2), 20.
- Pereira, V. J., Santana, D. G. D., Salomão, A. N., Wielewicz, A. P., & Maag, G. B. (2022). From crop seeds to Brazilian forest seeds: history of validation methods for germination tests. Pesquisa Agropecuária Tropical, 52, e72452.
- Samray H. (2008) Avrupa Birliği Bitki Çeşit Hakları ve Türkiye'deki Uygulamaları. Avrupa BirliğiUzmanlık Tezi,79 sayfa
- Steiner, A. M., Kruse, M. (2006). Centennial: the 1st International Conference for Seed Testing 1906 in Hamburg, Germany. Seed Testing International, v. 132, n. 1, p. 19-21.
- TİGEM, (2019). Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü, 2019 yılı Tohumculuk Sektör Raporu, 32 s.
- TTSM, (2023a). Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü, Teknik Soru Anketleri, <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Menu/47/Teknik-Soru-Anketleri> (Erişim tarihi: 23.04.2024).
- TTSM, (2023b). Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü, Sebze Türlerinde Ön Deneme Teknik Talimatı, <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Menu/122/Sebze-Turleri-On-Deneme-Teknik-Talimati> (Erişim tarihi: 23.04.2024).
- TTSM, (2023c). Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü, Kayıt Süresi Uzatımı Talimatı, <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Duyuru/187/Kayit-Suresi-Uzatimi> (Erişim tarihi: 23.04.2024).
- TTSM, (2024a). Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü Resmi Kayıtları.
- TTSM, (2024b). Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü, Sebze Başvuru Dilekçe Örnekleri, <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=119> (Erişim tarihi: 23.04.2024).
- TTSM, (2024c). Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü, Ücretler, <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Menu/24/Ucretler> (Erişim tarihi: 23.04.2024).

- TTSM, (2024ç). Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü, Yayınlar, Tüm Tescil Gruplarındaki Çeşit Kataloğu ve Tescil Raporları, <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Menu/114/Yayinlar> (Erişim tarihi: 26.04.2024).
- TTSM, (2024d). Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü, Çeşit Kayıt Listeleri, <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=86> (Erişim tarihi: 28.04.2024).
- Türk Patent, (2024). Marka Araştırma, <https://www.turkpatent.gov.tr/arastirma-yap> (Erişim tarihi 21.04.2024).
- TÜRKTED, (2019). Türkiye Tohumculuk Endüstrisi Derneği Ürün Grupları Bazlı Türkiye Tohumculuk Sektörü Raporu. <http://turkted.org.tr/urun-gruplari-bazli-turkted-raporu.pdf>, (Erişim tarihi 19.04.2024).
- UPOV, (2024a). The International Union for The Protection of New Varieties of Plants, List all Test Guidelines by TG Reference, https://www.upov.int/test_guidelines/en/list.jsp ((Erişim tarihi 19.04.2024).
- UPOV, (2024b). The International Union for The Protection of New Varieties of Plants https://www.upov.int/edocs/pubdocs/en/upov_pub_423.pdf (Erişim tarihi 21.04.2024).
- UPOV, (2024c). PLUTO Plant Variety Database, <https://pluto.upov.int/login1> (Erişim tarihi 21.04.2024).

BÖLÜM 5

SEBZE TOHURLUK KONTROL VE SERTİFİKASYON SİSTEMİNİN AŞAMALARI

Doç. Dr. Onur KARAAĞAÇ^{1*}

Zir. Müh. Fatih ÖĞÜTCÜ²

Zir. Müh. İbrahim ÖZKAN³

Zir. Yük. Müh. Üzeyir YİĞİT⁴

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13822725>

^{1*}Tohum Sertifikasyon Test Müdürlüğü, Samsun, Türkiye. Onur.Karaagac@tarimorman.gov.tr, Orcid ID: 0000-0002-8794-2556

²Tohum Sertifikasyon Test Müdürlüğü, Samsun, Türkiye. Fatih.Ogutcu@tarimorman.gov.tr, Orcid ID: 0009-0009-7137-0029

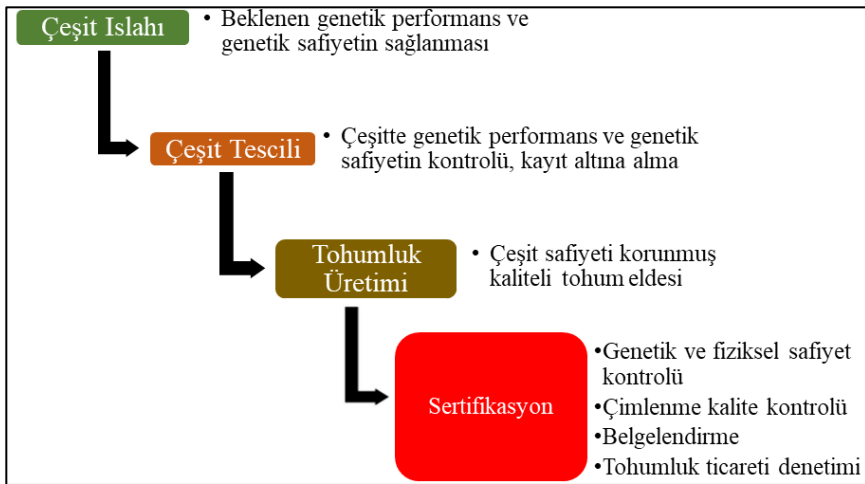
³Tohum Sertifikasyon Test Müdürlüğü, Samsun, Türkiye. İbrahim.Oskan@tarimorman.gov.tr, Orcid ID: 0009-0000-7351-5978

⁴Tohum Sertifikasyon Test Müdürlüğü, Samsun, Türkiye. Uzeyir.Yigit@tarimorman.gov.tr, Orcid ID: 0009-0009-0238-3766

*Sorumlu yazar

GİRİŞ

Bitkisel üretimde verim ve kaliteyi arttırmanın ilk faktörü, tohumun niteliğidir. Tohumda nitelik; genetik potansiyel, genetik ve fiziksel safiyet ile çimlenme kalitesi faktörlerinden oluşmaktadır. Çeşidin genetik potansiyeli ve genetik safiyetin sağlanması bitki ıslahçıların ve bu özelliklerin kontrolü ise çeşit tescil kurumlarının sorumluluğundadır. Tohumluk üreticilerinden; kayıt altına alınan çeşitlere ait tohumlukların genetik/fiziki safiyetlerini sürdürmeleri ve canlılıkları yüksek tohumlukları üretmeleri beklenmektedir. Tohumluk sertifikasyonu; tohumlukların arazi ve laboratuvar kontrolleri sonucunda genetik, fiziksel ve biyolojik değerlerinin standartlara uygunluğunun tespit edilmesi ve bunun belgelendirilmesi işlemidir. Tohumluk kontrol ve sertifikasyon kuruluşları; kayıt altına alınan ve tohumluk üretiminde kullanılan çeşidin genetik özelliklerini devam ettirip ettirmediklerini, tohumluğun diğer yabancı maddelerden ayrılma oranını ve çimlenme kalitesinin limit üstü olup olmadığının kontrolünü sağlamaktadır (Şekil 1). Söz konusu bu aşamalar, sebze tohumluk sektöründe de aynıdır. Ancak sebzeler, doğası itibariyle diğer tarla bitkisi türlerine göre daha hassas olup üretimi için daha çok bilgi ve tecrübe isteyen bitkilerdir. Bundan dolayı da diğer türlere göre tohumlukları nispeten daha pahalıdır. Üstelik sebzelerin organoleptik diğer bir deyişle; tat, görünüş ve koku gibi özellikleri daha fazla ön plana çıkmaktadır. Bu durum, tohumluğun genetik ve fiziksel safiyetini daha önemli kılmaktadır.



Şekil 1: İslahattan pazarlamaya tohumluk sektörünün aşamaları

Kitabın bu bölümünde, ülkemizde sebze tohumluğunun tarihsel gelişimine bir bakış sunduktan sonra sebze tohumluklarının nasıl sertifikalandırıldığı ve ticarete konu edildiği ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

1. GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE TÜRKİYE'DE SEBZE TOHURLUĞU ÜRETİMİ VE TİCARETİ

Türkiye Cumhuriyeti'nin kurulması ile birlikte farklı bölgelerde (Eskişehir-1925, İstanbul-1926, Sakarya-1926, Adana-1926 ve Ankara-1928) tohum ıslah istasyonları açılarak, bitki ıslahı ve tohumluk üretimi devlet eliyle yapılmaya başlanmıştır. Elbette ki o yıllarda öncelikle halkın karnının doyması için serin ve sıcak iklim tahıl tohumluklarının üretimine öncelik verilmiştir. Ülkemizde sebze genetik kaynaklarının toplanması, muhafazası, çeşit ıslahı ve sebze tohumluk üretimi çalışmaları 1960'lı yıllardan itibaren üniversite ve tarımsal araştırma enstitülerinde yapılmaya başlanmıştır (Balkaya ve Karaağaç, 2006). Buna rağmen 1980'li yıllara kadar sebze üreticilerinin büyük bir kısmı kendi tohumunu ürettiği için tohumluk sektörü oluşmamıştır. Tohumluk ithalatının serbest bırakılmasıyla birlikte sebzelerde hibrit çeşitler piyasaya girmiştir. Bu çeşitlerin üstün performansından dolayı kayıtlı tohumluk kullanım oranı 1990'lı yıllardan itibaren hızla artmıştır. Eş zamanlı olarak kamunun sebze ıslahı ve tohumluk üretimindeki payı giderek azalmış ve sebze tohumluk sektörünün büyük çoğunluğu tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de özel sektör tarafından yapılmaya başlanmıştır (Balkaya ve ark. 2020).

Tablo 1 incelendiğinde; tüm türler bakımından son beş yılda tohumluk üretiminin neredeyse iki kat artışla 1.2 milyon ton seviyelerine ulaştığı, tohumluk ihracatının iki kat artışla 85 bin ton'a yaklaştığı, ithalat miktarının ise ihracat miktarının yarısı kadar olduğu anlaşılmaktadır. Genel olarak tüm türlerin tohumluk üretimi birlikte değerlendirildiğinde, ülke olarak kendi kendimize yeterli olduğumuz yettiğimiz söylenebilir. Ancak aynı başarının sebze tohumlukları kategorisinde olduğunu söylemek imkânsızdır. Türkiye, son 30 yılda sebze üretimini sürekli arttıran ve günümüzde ise yaklaşık 30 milyon tonu aşan sebze üretim değeri ile Çin, Hindistan ve Amerika Birleşik Devletleri'nden sonra dünyada 4. sırada yer alan önemli sebze üreticisi bir ülkedir (FAO, 2022; TUİK, 2023). Ülkemizde sebze türleri yönünden zengin bir gen havuzu ve çeşitlilik bulunmaktadır. Birçok sebze türünün ana vatanı ve gen merkezi durumundadır (Karaağaç ve Balkaya, 2017). Son 60 yıldır

üniversite ve kamu kurumlarında ve 40 yıldır özel sektörde çok sayıda ıslah projesi yürütülmüş ve bunun sonucunda çok sayıda çeşit geliştirilmiştir. Ancak ülkemiz hala uluslararası sebze tohumluğu rekabetinde istenilen seviyede değildir. Üstelik sebze tohumluğu dış ticaret açığı giderek büyümektedir. 2002-2022 yılları arasında yılda ortalama 1546 ton sebze tohumluğu ithal edilmişken bu miktar 2017-2022 arasında ortalama 1942 ton seviyesine yükselmiştir. Tohum üretimi yaklaşık 200 ton ve ithalat ise 400 ton artmıştır. İthalat/ihracat oranı 2.7’den 3.3’e yükselmiştir (Tablo 1). Tohumluk dış ticareti parasal olarak incelendiğinde ise tüm türlerde son 5 yılda ithalat ile ihracat arasındaki fark kapanırken, sebze tohumluklarında yaklaşık yıllık 70 milyon \$’lık ticaret açığı devam etmiştir (Tablo 2). Toplam tohumluk dış ticaret açığının yarısını sebze tohumlukları oluşturmaktadır (Tablo 2).

Tablo 1: 2002-2022 (Son 20 Yıl) ve 2017-2022 (Son 5 Yıl) yıllarına ait ülkemiz tohumluk üretim, ihracat ve ithalat verileri (Miktar) (BÜGEM, 2023).

Türler	Yıl	Ortalama tohumluk üretimi (t)	Ortalama Tohumluk İhracatı (t)	Ortalama Tohumluk İthalatı (t)	İthalat / İhracat (miktar)
Sebze türleri	2002-2022	2276	568	1546	2.7
	2017-2022	2475	593	1942	3.3
Tüm türler	2002-2022	700834	41525	36309	0.9
	2017-2022	1226134	84595	43455	0.5

Tablo 2: 2002-2022 (Son 20 Yıl) ve 2017-2022 (Son 5 Yıl) yıllarına ait ülkemiz tohumluk ihracat ve ithalat verileri (Değer) (BÜGEM, 2023).

Türler	Yıl	Ortalama Tohumluk İhracatı (Milyon \$)	Ortalama Tohumluk İthalatı (Milyon \$)	İthalat / İhracat (değer)	Sebze tohumluklarının parasal ithalat payı (%)
Sebze türleri	2002-2022	15	92	6.3	59
	2017-2022	27	101	3.8	53
Tüm türler	2002-2022	107	159	1.5	
	2017-2022	183	191	1.0	

Dünyada sebze tohumluk dış ticareti değeri (ithalat+ihracat) 9 milyar \$ olup bu ticaretin yaklaşık 1/3’ünü tek başına Hollanda gerçekleştirmektedir. Sebze tohumluğu dış ticareti fazlası en fazla olan ülkeler sırasıyla; Hollanda,

Fransa, ABD, Şili, İsrail ve Tayland'dır. Ülkemizin sebze tohumluğu dış ticareti 71 milyon \$ açık vermekte olup, ülkeler arasında 36 milyon \$ ihracat değeri ile 18. sırada ve 107 milyon \$ ithalat değeri ile 12. sıradadır (Tablo 3).

Tablo 3: Dünya sebze tohumluk ihracatı ve ithalatı değerleri (Milyon \$) (ISF, 2020).

Ülkeler	İhracat	İthalat	İhracat-İthalat
Hollanda	2000	535	1465
Fransa	524	250	274
ABD	516	306	210
Şili	149	34	115
İsrail	147	50	97
Tayland	108	20	88
Danimarka	84	25	59
Güney Afrika	44	40	4
Hindistan	97	95	2
G. Kore	57	78	-21
Almanya	79	119	-40
Türkiye	36	107	-71
Japonya	77	153	-76
Birleşik Krallık	37	115	-78
İtalya	146	232	-86
Rusya	3	102	-99
Çin	167	282	-115
Kanada	2	143	-141
İspanya	81	311	-230
Meksika	10	357	-347
Diğer	444	1319	
Toplam	4715	4589	

Ülkemizin tahıl tohumlarında yakaladığı başarıyı sebze tohumlarında yakalayamamasının en önemli nedeni, yabancı tozlanan türlerdeki hibrit çeşit kullanımıdır. Kendine döllen türlerde gerek ıslah ve gerekse tohumluk üretimi nispeten daha kolay olmaktadır. Katma değeri düşük ve yükü ağır tohumluklarda kendi kendine yeter bir ülke durumundayken katma değeri yüksek, yükü hafif ve pahada ağır tohumluklarda ise kendimize yettiğimiz

söylenemez. Genel olarak günümüzde yurt içinde tüketilen sebze tohumluğunun yarısı ithal tohumluktur. Bu gerçek göz önünde bulundurularak Şekil 1’de sunulan her aşamanın titizlikle ve ilgili kalite standartları çerçevesinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

2. TÜRKİYE SEBZE TOHUMLUKLARI KONTROL VE SERTİFİKASYON SİSTEMİ

2.1. Mevzuat

Ülkemizde tohumluk ticaretinin belirli standartlara göre yapılmasının sağlanmasına yönelik ilk faaliyetler; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi’nde başlamıştır. Daha sonra, aynı amaçla 1959 yılında "Tohumluk Kontrol ve Sertifikasyon Enstitüsü" kurulmuş ve bu tarihten itibaren tohumluk sertifikasyonu ile ilgili hizmetler bu enstitü tarafından yürütülmüştür. 29/8/1963 tarihinde 308 sayılı Tohumlukların Tescil, Kontrol ve Sertifikasyonu Kanunu yürürlüğe girmiştir. Beş yıl sonra, 2/10/1968 tarihinde ülkemizin OECD (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Teşkilatı) şeker pancarı tohumluğu sertifikasyon sistemine katılmasıyla ilk uluslararası tohumluk anlaşması yapılmıştır (OECD, 2024). Türkiye; 20/10/1988 tarihinde mısır, sorgum, darı ve 7/11/1989 tarihinde yem, baklagiller, *Brassica* tohumları ve yağ bitkilerinde OECD sertifikasyon sistemine dahil edilmiştir. Türkiye’nin uluslararası sebze sertifikasyonu şartlarını sağlaması ve katılımı, OECD üyesi olduktan 44 yıl sonra, 11/11/2007 tarihinde gerçekleştirilebilmiştir. Tohumluk laboratuvar kalite test metodlarını belirleyen ISTA (Uluslararası Tohum Test Birliği)’ya 2001 yılında üye olunmuştur. 308 sayılı yasa sektörün gereksinimini karşılayamadığı için 8/11/2006 tarihinde 5553 sayılı yeni tohumculuk kanunu yürürlüğe girmiştir. Bu kanuna bağlı olarak ve OECD sebze tohumluk standartları temel alınarak 18/01/2008 tarihinde “Sebze Tohum Sertifikasyonu ve Pazarlaması Yönetmeliği” çıkarılmıştır. Ülkemizde sebze tohumluklarının sertifikasyonu ilgili yönetmelik esas alınarak, tarla kontrolleri OECD standartları (OECD, 2024) ve laboratuvar kontrolleri ise ISTA standartlarından (ISTA, 2024) yararlanılarak gerçekleştirilmektedir. Tarla kontrolleri, 8/8/2010 tarih ve 27666 sayılı “Tohumluk Kontrolör Yönetmeliği” hükümlerince yetkilendirilen tohumluk kontrolörleri tarafından yapılmaktadır. Sertifikalı sınıf tohumlukların laboratuvar kontrolleri ise 3/6/2012 tarihli Tohumluk Tescil

ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü, Tohum Sertifikasyon Test Müdürlükleri ile Zeytincilik Üretme İstasyonu Müdürlüğü Çalışma Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik ile güncel Tohumculuk Hizmetleri Uygulama Talimatına göre gerçekleştirilmektedir. Dünyada tohumluk analizlerini yapan kuruluşlar son yıllarda uluslararası kalite akreditasyon sistemlerine katılmaya başlamışlardır. Örneğin SASA (UK Official Seed Testing Station), SNES (France National Seed Testing Station) gibi kuruluşlar; “Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarlarının Yeterliliği İçin Genel Gereklilikler (ISO IEC 17025)” alanında akredite olmuştur. Ülkemizde de Samsun Tohum Sertifikasyon Test Müdürlüğü (STSTM); tohumluk analizleri alanında TS EN ISO/IEC 17025 gerekliliklerini sağlayarak Türk Akreditasyon Kurumu tarafından akredite edilen ilk kuruluş olmuştur. Diğer sertifikasyon kuruluşlarında uluslararası akreditasyon çalışmaları halen devam etmektedir.

2.2. Sebze Tohumluğu Sertifikasyon Sınıfları

2.2.1. Sertifikalı Tohumluk

Tarla kontrolleri ve laboratuvar analizlerinde uygunluğu tespit edilerek bu durumu belgelenen tohumluğa sertifikalı tohumluk denilmektedir. Tarla kontrollerinde; tohumluklara ait bitkilerin çeşit safiyeti, ismine doğruluğu, izolasyon, münavebe ve hastalık durumları incelenmektedir. Laboratuvar kontrollerinde ise fiziksel safiyet ve çimlenme oranlarında uygunluk değerlendirilmesi yapılmaktadır. Sebze Tohumluğu Sertifikasyon Yönetmeliğine göre orijinal, sertifikalı ve ham tohum olmak üzere üç farklı sertifikalı tohumluk sınıfı bulunmaktadır.

Elit tohumluk: Elit tohumluk, ıslahçı materyalinden kontrollü bir şekilde üretilen tohumluktur. Bu tohumluk sınıfına ve etiketleme işlemlerine yönetmelikte yer verilmemiştir. OECD sebze sınıflandırma sisteminde ise elit tohumluk sınıfı bulunmaktadır.

Orijinal tohumluk: Islahçı materyalinden çoğaltılan, çeşit safiyetini ve sağlığını devam ettiren, araştırma, ıslah ve deneme kuruluşlarında veya bu kuruluşların denetimi altında üretilen tohumluktur.

Sertifikalı tohumluk: Orijinal tohumluk veya kendisinden elde edilen, çeşit safiyetini ve sağlığını devam ettiren tohumluktur. Döl kademesi, sertifikalı sınıfta (enginar hariç) iki yetiştirme sezonudur. Yani sertifikalı sebze

tohumluğundan bir sezon daha sertifikalı tohumluk üretilebilmesine izin verilmiştir.

Ham tohumluk: Hasat edilmiş ancak ticarete arz olunmamış tohumluk partilerine tohumluk üreticisinin talebi halinde ham tohumluk sertifikası düzenlenir. Bunun için numune alma işlemleri ve laboratuvar analizleri yapılmalıdır. Bu sertifikaya sahip tohumluk partilerinin perakende ya da son kullanıcıya ticari satış yapılamamaktadır.

“Tohumculuk Hizmetlerinde Yetki Devri Yönetmeliği” uyarınca tarla kontrolü ve numune alma işlemleri (alan kontrolü) özel firma ve özel tohumluk kontrolörü sorumluluğuna verilebilmektedir. Ancak bu yetki sadece “Sertifikalı” sınıftaki tohumluklar için geçerlidir. Yetki Devri Yönetmeliği kapsamında genel olarak laboratuvar analizleri de yetkin özel kuruluşlara devri mümkün olsa da laboratuvar yetki devri yapılacak bitki türleri listesi içerisinde sebze türleri bulunmamaktadır. Orijinal ve sertifikalı sınıf sebze tohumlarının sertifikasyon işlemleri (beyanname kabulü, alan kontrolü, numune alma) Tarım ve Orman Bakanlığı İl Müdürlükleri tarafından, laboratuvar kontrolleri ise Tarım ve Orman Bakanlığı’na bağlı Tohum Sertifikasyon kuruluşları tarafından gerçekleştirilmektedir.

2.2.2. Standart Tohumluk

Standart tohumluk sınıfında; ilgili yönetmeliğe göre belgelendirme öncesi tarlada çeşit safiyeti, ön bitki, izolasyon ve hastalık-zararlı kontrolü diğer bir deyişle tarla kontrolleri şartı aranmamaktadır. Tohumlukların çeşit safiyeti ve patojen bulaşıklığı tohumluk üreticisinin beyanına ve sorumluluğuna bırakılmaktadır. Ulusal sebze standart tohumluk sınıfı, OECD sebze tohumluğu sınıflama sistemine uygun olarak düzenlenmiştir. Ülkemizdeki sebze tohumluk firmaları, çoğunlukla sertifikalı tohumluk yerine standart tohumluk üretimini tercih etmektedir. Çünkü tarla kontrolü şartının olmayışını, prosedürün kolaylığını ve dört ya da beş yıl boyunca standart tohumluk olarak üretme imkanının bulunmasını bir avantaj olarak görmektedirler. Bunun yanında “Araştırmacı kuruluş yetki belgesine” sahip çeşit sahibi kuruluşlar; standart tohumluk üretimlerini herhangi bir sertifikaya dayandırmak zorunda olmadığı için tohumluk analizleri dahil tüm aşamaları kendileri gerçekleştirmektedir. Araştırmacı kuruluş yetkisi bulunmayan kuruluşlar ise ürettikleri standart

tohumlukları, yetkili sertifikasyon laboratuvarlarından tohumluk analiz raporu olarak satışa arz edebilmektedirler. Çeşit sahibi olmayan araştırma kuruluşları ise standart tohumlukları, çeşit sahibinden almış oldukları orijinal sertifikayla en çok beş yıl, sertifikalı sınıftaki sertifikayla dört yıl süreyle üretim yapabilmektedir.

3. SEBZE TOHURLUKLARINDA SERTİFİKASYON AŞAMALARI

3.1. Ön Şartlar

3.1.1. Çeşit

Sebze türlerine ait tohumlukların, ulusal tohumluk sertifikasyon sisteminde üretilmesi için, tohumluğu üretilmek istenen çeşide ait tür ismi, ilgili yönetmelikte listelenen (Tablo 4) türler içerisinde olmalıdır. Söz konusu tür-alt tür listesi her ne kadar kapsamlı oluşturulmaya çalışılmış olsa da hala bazı türler (tatlı mısır, yer elması, ravent, endive, tatlı patates, kudret narı, kuzukulağı) yönetmelikte bulunmamaktadır. Bu durum, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü web sitesinde bulunan “Kayıt Altına Alınacak Tür” listesine eklenmiş olsa da hukuki geçerliliği değerlendirilmelidir. Ayrıca son yıllarda mikro yeşillik – filiz talebinin artış göstermesiyle birlikte amarant (*Amaranthus spp.*), hodan (*Borago officinalis*), frenk soğanı (*Allium schoenoprasum*) gibi sebze türlerine ait tohumluk talebinin olduğu ancak bu türlerin listede yer almaması nedeniyle yurt içinde kullanılan tohumluğun tedariki ve kayıtlanmasında sorunlar yaşanabilmektedir. Bu nedenle yönetmeliğin revize edilerek ekli olmayan sebze türlerinin ilgili listeye eklenmesi uygun olacaktır.

3.1.2. Standart Tohumluk Kaydı

Tohumluğu üretilmesi planlanan sebze çeşidinin 13/1/2008 tarihli ve 26755 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan “Tohumluğu üretilmesi planlanan sebze çeşidinin 17/9/2024 tarihli ve 32665 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan “Bitki Çeşitlerinin Kayıt Altına Alınması Yönetmeliği” hükümlerince ülkemizde kayıt altına alınması gerekmektedir. Tescil edilerek kayıt altına alınan ya da üretim izni (geçici kayıt) alınan çeşitlerin listeleri Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü web sitesinde güncel

olarak ilan edilmektedir. Kayıt altına alınan çeşide ait özellik belgesi, başvuru aşamasında gerekli olacaktır.

Tablo 4: Sertifikasyon sisteminde tohumluğu üretilebilecek sebze türleri*

Soğan	Frenk Maydanozu	Karnabahar
Pırasa	Marul	Alabaş
Sarımsak	Kıvırcık maydanoz	Yaprak lahanası
Kıbrıs sarımsağı	Maydanoz	Brüksel lahanası
Kavun	Roka	Brokoli
Karpuz	Tere	Savoy lahanası
Hıyar	Dereotu	Şalgam
Bal kabağı	Rezene	Turp
Kestane kabağı	Semizotu	Çin lahanası
Acur	Taze fasulye	Sap kerevizi
Yazlık kabak	Tazebarbunya	Kök kerevizi
Su kabağı	Taze bezelye	Pazı
Domates	Taze börülce	Kuşkonmaz
Biber	Bakla	Şikori
Patlıcan	Ateş fasulyesi	Endive
Bamya	Kırmızı baş lahanası	Enginar
İspanak	Kırmızı pancar	Yemlik otu
Havuç	Beyaz baş lahanası	Kuzu gevreği

*Tohumculuk Hizmetleri Uygulama Talimatı ile şeker (tatlı) mısır ve cin mısırı türleri yönetmeliğe ekli kılınmıştır.

3.1.3. Tohumluk Yetiştiricisi

Sözleşmeli olarak tohumluk üreticileri adına yetiştiricilik yapan kişi ya da kuruluşlara tohumluk yetiştiricisi adı verilmektedir. Tohumluk yetiştiricisi olabilmek için üretim sınırlarının bulunduğu yerdeki Tarım ve Orman İl Müdürlükleri'nden "Tohumluk Yetiştiriciliği Belgesi" alınması gerekmektedir. Bunun için; Çiftçi Kayıt Sistemine dâhil olunması, örtü altı sebze için en az bir dekar sera, açık alan sebze için en az beş dekar araziye sahip olması veya kiralanması gerekmektedir. Ayrıca Tohum Yetiştiricileri Alt Birliği'ne (TYAB) üye olunması zorunludur.

3.1.4. Tohumluk Üreticisi

Tohumluk üreticisi; tohumları üreten ve/veya tohumluk yetiştiricilerine sözleşmeli olarak ürettiren ve/veya ithal eden, işleyen, satışa hazırlayan ve dağıtan gerçek veya tüzel kişilerdir. Tohumluk üreticisi olarak yetki almak isteyen kişi veya kuruluşlar, tohumculuk kanununda yer alan belgelerden

oluşan dosya ile üretim tesislerinin bulunduğu Tarım ve Orman İl Müdürlüğüne başvurmaktadır. Açık veya kapalı alanda sebze türlerinde sertifikalı veya standart tohumluk üretmek isteyen tohumluk üreticileri; işletme için yeterli bina, üretim kapasitesine uygun depo, üretimi yapılan sebze türlerine uygun numune alma ile ilgili sonda ve bölücü ve laboratuvara (çimlendirme dolabı, hassas terazi, etüv, mikroskop, ayaklı büyüteç, nem tayin cihazı, çimlendirme kabı, buzdolabı, şahit numune saklama deposu ile pipet, erlenmayer vb. gibi diğer laboratuvar malzemeler) sahip olmalıdır. Yapılan denetimde gerekli koşulları sağlayan firmalara beş yıl süre ile “Tohumluk Üreticisi Belgesi” düzenlenmektedir. Ardından Tohum Sanayicileri ve Üreticileri Alt Birliği’ne (TSÜAB) üye olunması da zorunlu hale getirilmiştir.

3.2. Başvuru Aşaması

Genel şartları sağlayan tohumluk üreticileri, elde ettikleri tohumlukları tohumlukları sertifikalandırarak ticarete konu edebilmesi için öncelikle tohumluk yetiştiriciliğinin yapıldığı yerdeki Tarım ve Orman İl Müdürlüğü’ne Şekil 2 ve Şekil 3’te sunulan beyannameleri tohumluğun ekim tarihinden itibaren 30 gün içerisinde vermeleri gerekmektedir. Bu beyannameler, her çeşit ve her ada/parsel için ayrı ayrı düzenlenmektedir. Beyannameye ek olarak; ekilen tohumluğa ait tohumluk sertifikasının aslı veya sertifika aslının bulunduğu resmi kuruluştan onaylı sureti, çeşide ve/veya ebeveynlere ait çeşit özellik belgeleri ile üretim arazilerini gösteren krokiler sunulmalıdır.

3.3. Tarla Kontrolü Aşaması

Ekilen ya da dikilen sebze çeşidine ait tohumluk bitkilerin tarla kontrolü; ismine doğru olup olmadığının, fenotipik olarak safiyet derecesinin, mesafe izolasyonunun, hastalık/zararlı bulaşıklık durumunun ortaya konulması ve beyannameye sunulan diğer bilgilerin kontrol edilmesi işlemidir. Tarla kontrolü, “Tohumluk Kontrolör Yönetmeliği” hükümlerince eğitim verilen ve yetkilendirilen tohumluk kontrolörleri tarafından %50 çiçeklenme dönemi ve

TOHURLUK BEYANNAMESİ (Hibritler çeşitler için)		EK-2								
Beyannamenin (1)		Tarih:...../...../..... Numarası:								
Üreticinin adı soyadı (varsa), Kurumu veya ticari Ünvanı(2)										
Üreticinin açık adresi										
Tohumluğun cinsi ve çeşidi										
Botanik Adı										
Ekilen tohumluğun sınıf ve döl kademesi										
Ana Tohumluğun	Adı veya numarası	:								
	Alındığı yerin adı ve adresi	:								
	Alınan tohumluk miktarı (kg)	:								
	Sertifikanın alındığı resmi kurum (3)	:								
	Sertifikasının tarih ve numarası	:								
	Ekilen tohumluk miktarı (kg)	:								
Baba Tohumluğun	Adı veya numarası	:								
	Alındığı yerin adı ve adresi	:								
	Alınan tohumluk miktarı (kg)	:								
	Sertifikanın alındığı resmi kurum (3)	:								
	Sertifikasının tarih ve numarası	:								
	Ekilen tohumluk miktarı (kg)	:								
Tohumluğun ekildiği tarih (4)		:								
Tohumluğun ekildiği tarla veya parselin yeri adı veya numarası (5)										
Tarla veya parselin alanı (da)										
Yukarıdaki beyanımın doğru olduğunu bildirir 5553 sayılı Tohumculuk Kanunu ve bu Kanuna ilişkin Yönetmeliklere uymayı taahhüt eder gereğinin yapılmasını arz ederim. <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 25%;">Tohumluk Yetiştiricisi</td> <td style="width: 25%;">Tohumluk Üreticisi</td> <td style="width: 25%;">Kabul eden</td> <td style="width: 25%;">Onaylayan</td> </tr> <tr> <td>Adı, Soyadı, Açık Adresi</td> <td>Adı, Soyadı, Tarih, İmza</td> <td>Adı, Soyadı, Tarih, İmza</td> <td>Adı, Soyadı, Tarih, İmza</td> </tr> </table> Önemlidir: (1) Beyannamenin tarih ve numarası beyannameyi veren tarafından yazılacaktır. (2) Sözleşmeli tohumluk yetiştiriliyorsa, sözleşme yapan firmanın adı yazılacaktır. (3) Sertifikaı veren tohumluk sertifikasyon kuruluşudur. (4) Ekilen tohumluğun kışlık-yazlık veya ana ürün- II. ürün ve örtü altı olduğu belirtilecektir. (5) Tohumluklar hangi il sınırları içerisinde ekilmiş ise o ilin adı da yazılacaktır.			Tohumluk Yetiştiricisi	Tohumluk Üreticisi	Kabul eden	Onaylayan	Adı, Soyadı, Açık Adresi	Adı, Soyadı, Tarih, İmza	Adı, Soyadı, Tarih, İmza	Adı, Soyadı, Tarih, İmza
Tohumluk Yetiştiricisi	Tohumluk Üreticisi	Kabul eden	Onaylayan							
Adı, Soyadı, Açık Adresi	Adı, Soyadı, Tarih, İmza	Adı, Soyadı, Tarih, İmza	Adı, Soyadı, Tarih, İmza							

Şekil 2: Başvuru aşamasında hibrit sebze türleri için düzenlenecek beyanname

hasat dönemi olmak üzere iki defa yapılmaktadır. Bu aşamadaki kontrolleri, ilgili Tarım ve Orman İl Müdürlüğünde görevli tohumluk kontrolörleri ya da sadece sertifikalı tohumluklar için (Orjinal sınıf hariç) özel tohumluk kontrolörleri gerçekleştirmektedir. Standart tohumluklarda tarla kontrolü, üreticinin sorumluluğuna verilmiştir. OECD Programı (OECD, 2024)'na göre sertifikalı sebze tohumluklarında üretim aşamasındaki minimum koşullar aşağıda verilmiştir:

- a. Tohumluk üretiminde kullanılacak tohum, hastalık ve zararlıdan arı olmalıdır. Bunun için gerekli kontroller yapılmalı ve gerekirse ilaçlanmalıdır.

- b. Açık tarla ve örtüaltı arazinin, ana tohumluk türe negatif etkisi olacak bitki türlerinden (yabancı tozlanma, patojen konukçuluğu) arılığı sağlanmalıdır. Önceki arazi kullanımlarında toprak kaynaklı patojen riski en aza indirilmelidir. Arazinin uygun olmama riski oluşmuşsa gerekli ölçüm, teşhis ve analizler yapılarak risk en aza indirilmelidir.

TOHURLUK BEYANNAMESİ (Hibrit olmayan çeşitler için)		Ek-3
Beyannamenin (1)	Tarih : .../.../..... Numarası :	
Üreticinin adı, soyadı (varsa), Kurumu veya ticari ünvanı (2)		
Üreticinin açık adresi		
Tohumluğun cins ve çeşidi		
Botanik Adı		
Ekilen tohumluğun sınıf ve döl kademesi		
Tohumluğun alındığı yerin adı ve adresi		
Alınan tohumluğun miktarı (kg)		
Tohumluk sertifika veya raporu hangi resmi kurumdan verilmiştir. (3)		
Tohumluk sertifika veya raporunun tarih ve numarası		
Tohumluğun ekildiği tarla veya parselin yeri adı veya numarası (4)		
Tarla veya parselin alanı (da)		
Bu tarlaya ekilen tohumluk miktarı (kg)		
Tohumluğun ekildiği tarih (5)		

Yukandaki beyannamenin doğru olduğunu bildirir 5553 sayılı Tohumculuk Kanunu ve bu Kanuna ilişkin Yönetmeliklere uymayı taahhüt eder gereğinin yapılmasını arz ederim.

Tohumluk Yetiştiricisi	Tohumluk Üreticisi	Kabul eden	Onaylayan
Adı, Soyadı, Açık Adresi	Adı, Soyadı, Tarih, İmza	Adı, Soyadı, Tarih, İmza	Adı, Soyadı, Tarih, İmza

Önemlidir:

(1) Beyannamenin tarih ve numarası beyannameyi veren tarafından yazılacaktır.

(2) Sözleşmeli tohumluk yetiştiriliyorsa, sözleşme yapan firmanın adı yazılacaktır.

(3) Sertifikayı veren tohumluk sertifikasyon kuruluşudur.

(4) Ekilen tohumluğun kışlık-yazlık veya ana ürün- II. ürün ve örtü altı olduğu belirtilecektir.

(5) Tohumluklar hangi il sınırları içerisinde ekilmiş ise o ilin adı da yazılacaktır.

Şekil 3: Başvuru aşamasında hibrit olmayan sebze türleri için düzenlenecek beyanname

- c. Tohumluk bitkiler, riskli polen bulaşması ve tohum kaynaklı patojenlerden (yabani bitkiler ve tohum kaynaklı hastalıkları taşıyan virüs enfeksiyon riski dahil) yeterince uzak olmalıdır. Ancak örtü altında yaprak biti gibi taşıyıcıların içeri girmesini önleyici tedbirler alınırsa bu mesafe izolasyonu gözardı edilebilir.

- d. Sebze tohumluk üretimi yapılan arazi en az bir kez denetlenmelidir. Arazideki bitkilerin en az %20'si incelenmelidir. Çeşit safiyeti ve kimliği yönünden doğrulanmalıdır. Tohum kaynaklı hastalıklar mümkün olan en düşük seviyede olmalıdır.

Sebze Tohum Sertifikasyonu ve Pazarlaması Yönetmeliği, yukarıda sunulan OECD koşulları göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır. Ancak OECD dört şarttan biri olan tohumluk üretiminde kullanılacak tohum hijyeni, yönetmelikte konu yapılmamıştır. Diğer bir eksiklikte yönetmelik eki içerisinde tarla kontrol raporu şablonu bulunmamaktadır.

3.3.1. Ön Bitki Standartları

Sertifikalı sebze tohumu üretiminde sebze türü bazında ön bitki (önceki ürün) şartları Tablo 5'te sunulmuştur.

OECD'de tür bazında ön bitki listesi bulunmuyorken, ilgili yönetmelikteki ön bitki şartları daha ayrıntılı açıklanmıştır. Ancak yönetmeliğe OECD koşullarında yer almayan "Fideden üretilen tohumluklarda ön bitki şartı aranmaz." ifadesi eklenmiştir. Bu uygulamada fide dikimi uygulamasının önceki seneki bitki türünün muhtemel zararını nasıl engellediği ya da nasıl bir bağlantı kurulduğu anlaşılamamıştır. Ön bitki ile ilgili diğer bir eksiklik ise beyanname içeriğinde ön bitki ile ilgili bir kısmın olmayışıdır. Tohumluk kontrolörü; ilgili parselde daha önceki dönemlerde hangi tür bitkinin ekildiği ve ön bitki yasağına uygun olup olmadığını belirlemesi için Çiftçi Kayıt Sistemine (ÇKS) giriş yaparak kontrol etme gereksinimi iş gücünü zorlayıcı bir durumdur. Ayrıca; ön bitki şartını sağlayan arazi bulunamaması, yetiştiricinin ÇKS kayıtlarındaki ada/parsel bilgileri ile gerçek arazi bilgilerinde uyuma sorunları da bulunmaktadır.

3.3.2. Mesafe İzolasyonu Standartları

Mesafe izolasyonu, sebze tohumluk üretiminde çeşit safiyetinin korunması için en çok dikkat edilmesi gereken faktörlerden birisidir. Türün yabancı tozlanma oranı ve yabancı formlardan polen bulaşma riskine göre OECD tarafından sertifika sınıfına göre minimum mesafe tablosu oluşturulmuş ve yurt içi mevzuatta da aynen yer verilmiştir (Tablo 6). Mesafe izolasyonu şartlarının sağlanması hususunda tohum kontrolörünün çevredeki üretim

desenine hâkim olması ve ÇKS ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) sistemlerini kullanarak bu durumu kontrol etmesi beklenmektedir.

Tablo 5: Sertifikasyon sisteminde sebze tohumluğu ön bitki şartları.

Tür	Yasak Ön Bitki (Önceki Ürün)	Yıl
Acur	Acur, hıyar	1
Bakla	Bakla	2
Bamya	Bamya, ebegümeci ve gülhatmi	3
Biber, Domates, Patlıcan	Biber, domates, patlıcan	3
Dereotu	Dereotu	1
Enginar	Enginar	3
Havuç	Havuç, yabani havuç, kereviz, Maydanoz	2
Ispanak	Ispanak	2
Helvacı Kabağı, Sakız Kabağı	Kabak, hıyar, kavun, karpuz	3
Karpuz, Kavun, Hıyar	Kabak, hıyar, kavun, karpuz	3
Kereviz	Kereviz	2
Kuşkonmaz	-	-
Lahanagil sebzeleri	Lahanalar, turp, yabani hardal, kolza, karnabahar	3
Baş Salatalar, Marul, Kıvırcık Salata	Baş salatalar, marul,	2
Maydanoz	Maydanoz	2
Pazı	Pazı	2
Pırasa Sarımsak Soğan	Pırasa, sarımsak, soğan	3
Roka	Roka	3
Yemeklik Pancar	Şeker pancarı, pazı, yemeklik pancar	2
Semizotu	Semizotu	1
Bezelye	Börülce, fasulye, bezelye	1
Taze Fasulye	Fasulye, bezelye	1
Tere	Tere	3
Turp	Turp, lahanalar	3

Tablo 6: Sertifikasyon sisteminde sebze tohumluğu mesafe izolasyonu şartları.

Türler	Orijinal Sınıf	Sertifikalı Sınıf
Yabancı polen, safiyet yönünden Beta ve Brassica türlerini ciddi seviyede etkilerse	1000 m	600 m
Yabancı polen, safiyet yönünden Beta ve Brassica türlerini etkilerse	500 m	300 m
Yabancı polen, safiyet yönünden diğer tüm yabancı tozlanan türleri ciddi seviyede etkilerse	500 m	300 m
Yabancı polen, safiyet yönünden diğer tüm yabancı tozlanan türleri etkilerse	300 m	100 m

3.3.3. Patojen Bulaşıklık Standartları

Tohumluk bitkilerin hastalık ve zararlıdan ari bir şekilde yetiştiriciliğinin yapılması, tohumun kalitesini ve canlılık oranını direkt etkileyen faktörlerden birisidir. OECD programında tür bazında patojen çeşitliliğine yer verilmemiştir. Ancak tohum kaynaklı etmenlerin kontrolüne atıfta bulunulmuştur. İlgili yönetmelikte ise tür bazında hangi etmenlere dikkat edilmesi gerektiği belirtilmiştir (Tablo 7). Ayrıca sadece tohum kaynaklı değil ilgili türlerde en yaygın görülen hastalık ve zararlı etmenleri dikkate alınarak bu liste hazırlanmıştır. Bu listede belirtilen etmenler yönünden sebze türlerinde, orijinal sınıfta % 0 ve sertifikalı sınıfta en fazla % 2 bulaşıklık üst limit şartı getirilmiştir. Tohumculuk Hizmetleri Uygulama Talimatı (2019/1) kapsamında havuç için ilgili listede olmayan *Candidatus liberibacter solanacearum* etmeninin kontrolü şartı da getirilmiştir. Yönetmelikteki söz konusu listedeki etmenlerin tespiti ve bulaşıklık oranının tespiti konusunun uygulamaya aktarılmasında eksikliklerin ve sorunların olacağını tahmin etmek çokta zor olmayacaktır. Tarla kontrolünü yapan tohumluk kontrolörlerinin hepsi Bitki Koruma Bölümü mezunu değildir. Bitki Koruma Bölümü mezunu olsa dahi listede yer alan tüm bakteri, virüs, fungus ve zararlıları arazi şartlarında ve tür bazında teşhis etmek ve % 2 limiti aşp aşmadığına karar verebilmek hiçte kolay olmamaktadır. Etmen bulaşıklığı ile ilgili diğer bir husus ise “Bitki Karantinası Yönetmeliği” ile “Sebze Tohum Sertifikasyonu ve Pazarlaması Yönetmeliği” ekinde yer alan listelerde ortak etmenlerin olmasıdır. Bitki Karantinası Yönetmeliği’nde sıfır toleransı olan bir etmen, Sebze Tohum Sertifikasyonu ve Pazarlaması Yönetmeliği’nde % 2 toleranslıdır. Dolayısıyla iki listedeki ortak etmenlerin aynı toleransa sahip olması yönünde revizyona ihtiyaç bulunmaktadır.

Yukarıda sıralanan koşulları sağlayan arazi ve tohumluk bitkilere “Tarla Kontrol Raporu” ve ilgili yönetmelikçe belirlenen herhangi bir “giderilebilir sorun” tespit edilmişse “Tarla Kontrolü İhbarnamesi” düzenlenmektedir. İhbarnamede belirtilen zamanda kontrolör tarafından yeniden tarla kontrolü yapılmakta ve sorun giderilmişse rapor onayını vermektedir. Ancak kontrol sırasında arazide ya da tohumluk bitkilerde Yönetmelikçe belirlenen herhangi bir “giderilemez sorun” tespit edilmişse rapor olumsuz olarak düzenlenerek bir sonraki aşamaya geçilememektedir.

Tablo 7: Sertifikasyon sisteminde sebze tohumluğu patojen bulaşıklık listesi.

Tür	Patojen
Acur	Antraknoz, hıyar mozaik virüsü
Bamya	Yaprak yanıklığı
Biber	Solgunluk, tüm virüs hastalıkları, meyve siğil lekesi, beyaz çürüklük
Dereotu	Külleme, kök ve taç çürüklüğü ve tüm virüs hastalıkları
Domates	Erken yaprak yanıklığı, sürgün yanıklığı, mildiyö, bakteriyel kanser, bakteriyel leke, bakteriyel benek, bakteriyel solgunluk, virüs hastalıkları, beyaz çürüklük, kurşuni küf, orobanş
Enginar	Yaprak yanıklığı, solgunluk
Havuç	Erken yaprak yanıklığı, kuyruk çürüklüğü, bakteriyel çürüklük, havuç çürüklüğü
Hıyar	Antraknoz, köşeli yaprak lekesi, tüm virüs hastalıkları, solgunluk, beyaz çürüklük
Ispanak	Mildiyö, yaprak lekesi, yaprak yanıklığı, orobanş
Kabak	Tüm virüs hastalıkları, solgunluk
Karnabahar	Erken yaprak yanıklığı, yaprak lekesi, kök çürüklüğü, kök uru, siyah damar çürüklüğü, beyaz çürüklük, orobanş
Bezelye	Yaprak yanıklığı, sap çürüklüğü, solgunluk, orobanş, tüm virüs hastalıkları
Karpuz	Antraknoz, solgunluk, beyaz çürüklük, tüm virüs hastalıkları, meyve lekesi
Kavun	Antraknoz, solgunluk, beyaz çürüklük, köşeli yaprak lekesi, tüm virüs hastalıkları
Kereviz	Yaprak lekesi, bakteriyel yaprak yanıklığı, tüm virüs hastalıkları
Kuşkonmaz	Kuşkonmaz pası, solgunluk, yaprak lekesi
Lahanagil sebzeleri	Yaprak yanıklığı, yaprak lekesi, kök çürüklüğü, kök uru, siyah damar çürüklüğü, beyaz damar çürüklük
Baş Salatalar, Marul, Kıvrıcık Salata	Mildiyö, göbek çürüklüğü, yaprak kenarı yanıklığı, tüm virüs hastalıkları, antraknoz, kurşuni küf, marul beyaz çürüklüğü
Maydanoz	Yaprak lekesi, köpek maydanozu, bahçe baldıranı
Patlıcan	Yaprak yanıklığı, meyve çürüklüğü, orobanş, beyaz çürüklük, bakteriyel solgunluk
Pazı	Yaprak lekesi, orobanş, kök çürüklüğü, mildiyö
Pırasa, Sarımsak, Soğan	Pas, beyaz çürüklük
Roka	Yaprak lekesi
Bahçe Pancarı	Mildiyö, yaprak lekesi, pas
Semizotu, Tere	Beyaz pas

Standart tohumluklarda tarla kontrolü yapılma zorunluluğu bulunmamaktadır. Satışa arz edilen bu sınıftaki tohumlukların ismine

doğruluğu, çeşit safiyeti ve patojen bulaşıklığı riskinden tohumluk üreticisi sorumludur.

3.4. Numune Alma Aşaması

Araziden hasat edilen tohumlukların izlenebilirliğinin sağlanması ve tohumluk miktarının standardize edilmesi için yönetmelikçe belirlenmiş olan maksimum tohumluk miktarına “tohumluk partisi (seed lot)” adı verilmektedir. Her tohumluk partisi sırasıyla; 1. Ülke kodu (TR), 2. Tohumluğun üretildiği ilin plaka numarası, 3. Üretici kod numarası (dört hane) ve 4. Sıra numarası (dört hane) içerecek şekilde numaralandırılmaktadır. OECD koşulları sebze tohumları için azami parti ağırlıklarını, buğday tanesinden küçük olanlar için 10 ton ve büyük olanlar için 20 ton olarak bildirmiştir. Yönetmeliğimizde ise bu oranlar buğday danesi >10 ton ve buğday danesi <25 ton aralığındadır. Hem yönetmelik hem de OECD, bu miktar sınırlamasının aşımına %5 tolerans imkânı vermiştir. Ambalajlama işlemi ile eş zamanlı olarak etiketleme işlemleri de yapılmaktadır. Sebze tohumlukları etiket özellikleri ve rengi, OECD etiket kurallarına göre düzenlenmiştir (Tablo 8). Sertifikalı tohumluklarda etiket basım işlemi, üreticinin talebi üzerine Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Standart tohumluk etiketini ise tohumluk üreticileri basmaktadır.

Araziden hasat edilen, azami parti büyüklükleri dikkate alınarak paketlenen ve parti numarası tanımlanan tohumluklar, tohumluk üreticisinin deposunda muhafaza altına alınmaktadır. Tarla kontrolü sonucuna göre; çeşidi, sınıfı ve üretim yılı aynı olan tohumluklar, azami parti büyüklüğünü aşmamak koşulu ile karıştırılabilmektedir. Yönetmelikçe limitleri belirlenen tohumluktaki fiziksel safiyet, patojen bulaşıklığı ve çimlenme oranı gibi tohum kalitesinin değerlendirilmesi için tohumluk partisini temsil edecek şekilde numune alma işlemi yapılmaktadır. Sertifikalı sınıf ile araştırmacı kuruluş belgesine sahip olmayan standart tohumluk üreticileri; tohumlukları mevzuata uygun olarak ambalajlayıp, etiketleyerek partileri oluştururlar. Tohumluk partileri pazara hazır duruma getirildikten sonra ilgili İl Tarım ve Orman Müdürlüğüne başvuru yapılarak numune alma talebinde bulunmaktadır. Numune alma işlemini yine resmi tohumluk kontrolörleri yapmaktadır.

Araştırmacı kuruluş belgesi olan üreticiler laboratuvar analizlerini kendileri yapacaksa, standart tohumluklarının numunelerini kendileri alabilirler.

Tablo 8: Sebze tohumluk sınıfları ve etiket renkleri.

Tohumluk Sınıfları	Etiket Renkleri
Orijinal	Beyaz
Sertifikalı	Mavi
Ham Tohumluk	Gri
Standart tohumluk	Koyu sarı

Tohumluk partisi oluşturulurken mümkün olabildiğince homojen hale getirilmiş olması gereklidir. Tohumluk kontrolörü, parti içindeki farklı ambalajlardaki tohumları incelediğinde tohumluğun homojen olmadığı şüphesi edinirse ISTA kurallarına göre heterojenite testinin yapılması gerekmektedir. Heterojenite testi için alınan numunelerde yapılan safiyet ve çimlenme analizleri sonucuna göre hesaplanan kritik H değeri aşılsa partinin heterojen olduğuna karar verilerek ve analiz numunesi alınmadan sertifikalandırma işlemi sonlandırılmaktadır (Tablo 9, ISTA, 2024).

Homojen tohumluk partisi içerisinde tesadüfi olarak ISTA'nın önerdiği minimum sayıda ambalajlar seçilerek bunlardan belirli bir miktar tohumluk alınarak karıştırılmaktadır. Tekniğine uygun alınmayan numuneler, partiyi tam olarak temsil etmeyeceğinden labotuvarda yapılan analizler tohumluk partisinin özelliklerini veremeyecektir. Ambalajlardan numune alma işlemi; kovanlı (sleeve) ve konik (nobbe) tip sondalarla yapılabilir. Ambalaj çok küçükse ya da tohumun zararlanma ihtimali varsa tekniğe uygun olarak el ile numune alınabilmektedir. Son yıllarda ilgili bakanlıkça onaylanmış ve denetime tabi otomatik numune alma sistemleri de kullanılmaya başlanmıştır. Bir partiden uygun bir şekilde alınan karışım tohum numunesi içerisinde alınacak asgari numune miktarı Tablo 10'da verilmiştir. Tablo incelendiğinde ilgili yönetmelikçe belirlenen asgari numune miktarları, ISTA Kurallarından çok daha az miktarda olduğu anlaşılmaktadır. OECD programı da, laboratuvar analizlerinin ISTA Kurallarına göre yapılması gerektiğini bildirmektedir. Laboratuvara gönderilen asgari numune miktarının ISTA kurallarından düşük olması bir çelişkiyi beraberinde getirmektedir. Ayrıca yönetmelik listesinde bamyı, tere ve bakla gibi sebze tohumları için asgari numune miktarlarının bulunmaması da önemli bir eksiklik.

Tablo 9: Tohumluk partisi heterojenite testi için kritik H değeri listesi ($p < 0.01$).

Parti içindeki ambalaj sayısı	Minimum numune sayısı	Safiyet ve Çimlendirme sonuçları için kritik H değeri		Diğer tohum sayısı için kritik H değeri	
		Kavuzsuz tohum	Kavuzlu tohum	Kavuzsuz tohum	Kavuzlu tohum
5	5	2.55	2.78	3.25	5.10
6	6	2.22	2.42	2.83	4.44
7	7	1.98	2.17	2.52	3.98
8	8	1.80	1.97	2.30	3.61
9	9	1.66	1.81	2.11	3.32
10	10	1.55	1.69	1.97	3.10
11–15	11	1.45	1.58	1.85	2.90
16–25	15	1.19	1.31	1.51	2.40
26–35	17	1.10	1.20	1.40	2.20
36–49	18	1.07	1.16	1.36	2.13
50 <	20	0.99	1.09	1.26	2.00

Tablo 10: Sebze tohumluğu partisinden alınacak asgari numune miktarı.*

Tür	Asgari Numune Miktarı (g)		Tür	Asgari Numune Miktarı (g)	
	Yönetmelik	ISTA		Yönetmelik	ISTA
Soğan	25	80	Kavun	100	150
Pırasa	20	70	Hıyar	25	150
Frenk maydanozu	20	60	Kestane kabağı	250	1000
Kereviz	5	10	Yazlık kabak	150	1000
Kuşkonmaz	100	1000	Enginar	50	900
Pancar	100	500	Havuç	10	30
Lahanalar	25	100	Rezene	25	180
Çin lahanası	20	100	Marul	10	30
Şalgam	20	70	Domates	20	15
Biber	40	150	Maydanoz	10	40
Hindiba	15	40	Turp	50	300
Şikori	50	40	Patlıcan	20	150
Endive	15	50	Ispanak	75	250
Karpuz	250	1000	Kuzu gevreği	20	70

*Kaplanmış tohumluklarda laboratuvar analizleri için alınacak numune miktarı en az 10.000 adet tohum olacak şekilde alınmalıdır (Tohumculuk Hizmetleri Uygulama Talimatı 2019/1)

Tohumculuk Hizmetleri Uygulama Talimatı'na göre karışım numunesinden ilgili yönetmelikteki asgari miktara dikkat edilerek üç adet numune ve asgari miktarın yarısı kadar olacak şekilde bir adet post kontrol numunesi olmak üzere dört adet numune alınmaktadır.

a. Laboratuvar numunesi: Tohumluğun safiyet ve çimlenme analizlerinin yapılacağı ilgili laboratuvara gönderilen numune

b. Şahit Numune: Laboratuvar sonuçlarına yapılan itiraz durumunda tekrar safiyet ve çimlenme analizlerinin yapılacağı ilgili laboratuvara gönderilen numune

c. Üreticiye Verilen Numune: Asgari miktar kadar numune, alınarak sonraki muhtemel adli ve idari işlemlerde kullanılmak üzere üreticiye verilen numune.

d. Post (Son) Kontrol Numunesi: Sebze çeşidinin, çeşit özellik belgesinde yazılı özelliklerini taşıyıp taşımadığını incelemek amacıyla kurulacak denemede kullanılmak üzere alınan numunedir.

Numuneler alındıktan sonra, ilgili sertifikasyon kuruluşuna gönderilmek üzere bir ambalaja konularak ağzı mühürlenir. Ambalajın üzerine tohumluğun parti numarası yazılmalıdır. Numune torbası temiz, sağlam ve dikişleri içte kalacak şekilde yapılmış olmalıdır. Numune ambalajının içerisine; tarla kontrol raporu, Numune Gönderme Protokolü (Şekil 4) ve beyanname evrakları konulmalıdır. Tohumluk numunelerinde safiyet ve çimlendirme testlerinin yanı sıra tohum nem tayini (%) ve 1000 tane ağırlığı gibi başka testlerin yapılması isteniyorsa numune gönderme protokolünde belirtilmelidir. Nem tayini için gönderilen numuneler, rutubeti geçirmeyen maddelerden üretilmiş kaplara konulmalıdır. Numuneler; Tohumculuk Hizmetleri Uygulama Talimatı ile sorumluluk alanları belirlenmiş olan Sertifikasyon Kuruluşlarına, safiyet ve çimlendirme analizlerinin yapılması için gönderilmektedir (Tablo 11).

3.5. Laboratuvar Analiz Aşaması

Ülkemizde ticarete konu olabilecek tohumlukların belirli kalite limitlerinin üzerinde olup olmadığının tespitini Tablo 11’de belirtilen kuruluşlar yapmaktadır. Tohumlukta kaliteden kasıt; fiziksel safiyet, tohum morfolojisinden tespit edilebilecek genetik safiyet ve çimlenme oranı (normal fide oluşturabilme oranı)’dır. Bunların haricinde tohum canlılık, nem, hektolitre tayini gibi ekstra kalite parametreleri de incelenebilmektedir. Aslında Tohumculuk Hizmetlerinde Yetki Devri Yönetmeliği uyarınca Tablo 11’deki kuruluşların haricinde bazı özel kuruluşlara da bazı türlerde ilgili analizleri yapabilme yetkisi verilmiştir. Ancak bu yetki, sebze türleri için verilmemiştir.

FORM: 1	
TOHURLUK NUMUNESİ GÖNDERME PROTOKOLÜ	
1. Üreticinin Adı, Soyadı ve Adresi	
2. Tedarikçinin Adı, Soyadı ve Adresi	
3. Tohumluğun Cinsi(botanik adı) ve Çeşidi	
4. Tohumluk Numunesinin Alındığı Yerin Adresi	
5. Numunenin Temsil Ettiği Tohumluk Partisinin Numarası veya İşareti	
6. Numunenin Temsil Ettiği Partinin Ağırlığı (Kg)	
7. Numunenin Temsil Ettiği Ambalaj Adedi (Çuval, torba, kutu, paket)	
8. Beyannamenin Tarih ve Numarası	
9. Tarla Kontrol Raporunun Tarih ve Numarası	
10. Beyanname ve Tarla Kontrol Raporunun Başka Bir Numune ile Gönderilmesi Halinde Bu Numunenin Ait Olduğu Parti Numarası	
11. Yeniden Ambalajlama ve Etiketlemede Kullanılan Sertifika Numarası ve tarihi	
12. Etiket seri numaraları (*)	
13. Tohumluk Numunesini Alan Kuruluş	
14. Numunenin Alındığı Tarih	
15. Numuneyi Alanların Numune Hakkındaki Düşünceleri:	
Önemlidir. • Protokoldeki bütün sorular cevaplandırılacaktır. • Tohumluk numunesi gönderme protokolüne beyanname ve tarla muayene raporlarının asıl ve tasdikli suretlerinin eklenmesi şarttır. Ancak raporlar daha önceki numunelerle gönderilmişse 11. satırda belirtilir.	
Numuneyi Alanların Adı, Soyadı ve Görevi İMZA	Üretici veya temsilcinin Adı ve Soyadı İMZA

Şekil 4: Numune alma esnasında düzenlenerek numune torbasının içine yerleştirilen numune gönderme protokolü (NGP)

İstisnai olarak kendi adına kayıt altına alınmış çeşidi olan veya kayıtlı çeşidi üretme yetkisi olan araştırıcı kuruluşlar, standart tohumluklarının laboratuvar analizlerini kendileri yapabilmektedirler. OECD programı, laboratuvar tohumluk analizlerinin ISTA kurallarına göre yapılmasını tavsiye etmiş ya da her ülkenin normlara uygun metodları kullanabileceğini bildirmiştir. Ancak yurt içi sair mevzuatta laboratuvar analizlerinin nasıl yapılacağı ile ilgili teknik bilgiler (yönerge, talimat) bulunmamaktadır. Bu nedenle yönetmelikte bu konuyla ilgili ISTA'ya atıfta bulunulması ya da ilgili bir mevzuatın oluşturulması tavsiye edilmektedir.

Tablo 11: Sertifikasyon kuruluşları sorumluluk alanları.

Kuruluş	Sorumlu olduğu iller
Adana Tohum Sertifikasyon Test Müdürlüğü	Adana, Aksaray, Gaziantep, Hatay, K. Maraş, Kilis, Mersin, Osmaniye, Şanlıurfa,
Antalya Tohum Sertifikasyon Test Müd.	Afyon, Antalya, Burdur, Isparta, Karaman, Konya, Muğla
Beydere Tohum Sertifikasyon Test Müd.	Aydın, Balıkesir, Çanakkale, Denizli, Eskişehir, İzmir, Kütahya, Manisa, Uşak,
Çayırova Tohum Sertifikasyon Test Müdürlüğü	Bartın, Bilecik, Bursa, Bolu, Düzce, Edirne, İstanbul, Karabük, Kırklareli, Kocaeli, Sakarya, Tekirdağ, Yalova, Zonguldak
Samsun Tohum Sertifikasyon Test Müdürlüğü	Ağrı, Amasya, Artvin, Ardahan, Bayburt, Bingöl, Bitlis, Çorum, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Giresun, Gümüşhane, Iğdır, Kars, Kastamonu, Kayseri, Kırşehir, Muş, Ordu, Rize, Samsun, Sinop, Sivas, Tokat, Trabzon, Tunceli, Yozgat
Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müd.	Ankara, Çankırı, Kırıkkale, Nevşehir, Niğde,
Adıyaman Tohum Sertifikasyon Test Müdürlüğü*	Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Hakkâri, Malatya, Mardin, Siirt, Şırnak, Van

*25.06.2024 tarihinde Tohumculuk Hizm. Uyg. Talimatında yapılan revizyon ile sorumluluk verilmiştir.

3.5.1. Numune Kabul ve Kayıt

Kontrolörler tarafından tohumluk üreticisinin deposundan alınan numuneler, ambalajlanıp mühürlenerek sorumlu laboratuvar kuruluşuna gönderilmektedir. Laboratuvara ulaşan numuneler öncelikle görsel olarak incelenerek ambalajında herhangi bir ıslaklık, yırtıklık ya da delinme durumunun olup olmadığı incelenmektedir. Ardından mühür durumu ve parti numaraları, elektronik olarak iletilen üst yazı ile karşılaştırılmaktadır. Gönderilen laboratuvar numunesi, şahit numune ve post-kontrol numunelerinin eksik olup olmadığı kontrol edilmektedir. Ardından sadece analiz yapılacak olan numunenin mührü açılarak öncelikle içinde bulunan evrakların kontrolü yapılmaktadır. Numune gönderme protokolü, tarla kontrol raporu, beyanname ve hak sahipliği (tohumluk çeşidinin hak sahipliği ve varsa sözleşmenin kontrolü) belgeleri kontrol edilmektedir. Belge eksikliği durumunda analiz işlemine evraklar gelinceye kadar başlanmamaktadır. Daha sonra Tablo 10'da belirtilen sebze türlerinde ya da bu listede bulunmayan sebzeler ise ISTA Kurallarında (ISTA, 2024) belirtilen asgari numune miktarından daha az

olmadığı tartım yapılarak doğrulanmaktadır. Eş zamanlı olarak numuneyi oluşturan karışımın homojenizasyonu ve gerekli miktarlara bölünmesi gerekmektedir. Bunun için ISTA'nın önerdiği; konik, toprak (>10 kanallı), santrüfuj ve döner bölücü gibi mekanik bölücüler kullanılmaktadır. Numune, safiyet analizinin yapılması için safiyet laboratuvarına teslim edilmektedir. Şahit ve post kontrol numuneleri ise açılmadan iklim kontrollü tohumluk depolarına alınarak bir yıl süreyle muhafaza edilmektedir.

3.5.2. Tohumluk Safiyet Analizi

Tohumluk numunesinin içerisindeki sadece hedef çeşidin tohum oranı, bize saf tohum oranını vermektedir. Hedef çeşide ait olduğu tespit edilen; ölü, buruşmuş, hastalıklı, önceden çimlenmiş ya da yarisından azı kırık tohumlar da saf tohum oranı hesabına dâhil edilmektedir. ISTA kuralları çerçevesinde sebzelerde familya ve tür bazında saf tohum olarak kabul edilebilecek durumlar Tablo 12'de verilmiştir. Daha detaylı açıklamalar ISTA Saf Tohum Belirleme El Kitabından (ISTA, 2010) incelenebilir. Tohumun cansız olduğu morfolojik özelliklerinden anlaşılabilir bu tohumları saf tohum olarak kabul edilmesinin nedeni çimlendirme analizinde gerçeğe en yakın sonuca ulaşmak içindir. Bu tip tohumlar saf tohum kapsamından çıkarılırsa çimlendirme oranı verileri muhtemelen gerçekten daha yüksek seviyede bulunacaktır.

Sebze sertifikasyon yönetmeliğinde ve ISTA kurallarında tohumluk numunesinin içerik ayırım kategorileri Tablo 13'de verilmiştir. Cansız madde oranı; herhangi bir türe ait tohumlar dışındaki her türlü taş, toprak, bitki ya da tohum parçasının (testa, kavuz vs) toplamının numune miktarına oranıdır. Diğer tür ve çeşit tohumları; tohumluğu üretilen hedef çeşitle akrabalığı bulunan tür ve çeşitleri, diğer mahsul tohumları ise kültürü yapılan diğer türlere ait tohumları, ot tohumları da yabancı ot sınıfında olduğu teşhis edilen tohumları kastetmektedir. Sebze sertifikasyon yönetmeliği ile ISTA kuralları arasında var olan asgari numune alma miktarları arasındaki farklılık safiyet analizi asgari numune miktarında da bulunmaktadır (Tablo 14). ISTA kuralları kapsamında, safiyet oranı (%) ve yabancı tohum sayısı (adet/kg) olmak üzere iki adet değerlendirme yapılmaktadır. Bu analizler için gerekli asgari numune miktarları ISTA'da farklı iken ilgili yönetmelikte bu tespitler için tek bir miktar belirtilmiştir. Kaplamasız bir sebze tohumunda ise safiyet analizi için yönetmelikte belirtilen miktar mı yoksa ISTA'da belirtilen miktarın mı dikkate alınacağı konusunda çelişki meydana gelebilmektedir. Bu nedenle yurt içi

sertifikalandırma sistemindeki safiyet analizinin ISTA kurallarına göre yapılıp yapılmadığının ortaya konulması gerekmektedir.

Tablo 12: ISTA kurallarına göre saf tohum sayılacak sebze tohumları.

<i>Alliaceae</i> <i>Malvaceae</i> <i>Solanaceae</i> <i>Cucurbitaceae</i>	Testasız tohum, Testalı ya da testasız orijinal büyüklüğünün yarısından fazla olan tohum parçası
<i>Brassicaceae</i> <i>Fabaceae</i>	Testanın bir kısmı tohuma bağlı olan tohum Testanın bir kısmı bağlı ve orijinal büyüklüğünün yarısından fazla olan tohum parçası Ayrılmamış kotiledonlar Kırılmış ancak testa içinde birarada tutunan kotiledonlar (<i>Fabaceae</i> familyası için)
<i>Apiaceae</i>	Tohumun açıkça görülemediği durumlarda orijinal büyüklüğünün yarısından fazla olan şizokarp/merikarp parçası Tohumun açıkça görülemediği durumlarda çiçek saplı ya da sapsız şizokarp/merikarp Perkarpı kısmen ya da tamamen ayrılmış orijinal büyüklüğünün yarısından fazla olan tohum parçası Şizokarp boyundan uzun çiçek sapı parçasına sahip merikarp
<i>Chenopodiaceae</i> (Ispanak)	Tohumun açıkça görülemediği durumlarda orijinal büyüklüğünün yarısından fazla olan aken ya da küme parçası Perikarp ya da testası kısmen ya da tamamen ayrılmış orijinal büyüklüğünün yarısından fazla olan tohum parçası

Tablo 13: Safiyet analizinde fiziksel yönden içerik ayrımı.

Yönetmelik	ISTA
Saf tohum	Saf tohum
Cansız Madde	Cansız Madde
Diğer mahsul tohumları	Diğer tohumlar
Diğer tür ve çeşit tohumları	
Ot tohumları	

Sebze türlerinin safiyet analizinde izin verilen içerik limitleri, sebze sertifikasyon yönetmeliğinde belirtilmiştir. Buna göre safiyet oranı en az %98 olmalıdır. Orijinal sertifika talebinde bulunulan tohumluk numunelerinde; diğer tür ve çeşit, diğer mahsul tohumu ve ot tohumu bulunmamalıdır. Sertifikalı tohum başvurusunda ise diğer tür ve çeşit oranı %1, diğer mahsul tohum oranı %0.5 ve ot tohumu %0.5'ten fazla olmamalıdır. Yönetmelik, her iki sertifika türünde de cansız madde oranının en fazla %2 olması gerektiğini bildirmiştir (Tablo 15). Standart tohumlar için limit değerler, ilgili yönetmeliğin ek tablosunda belirtilmemiştir. Buna rağmen standart

tohumluklar uygulamada, sertifikalı tohumluk limitleri kapsamında değerlendirilmektedir.

Tablo 14: Sebze tohumluğu safiyet analizinde incelenmesi gereken asgari numune miktarı.

Tür	Asgari Numune Miktarı (g)		Tür	Asgari Numune Miktarı (g)	
	Yönetmelik	ISTA		Yönetmelik	ISTA
Soğan	25	8	Kavun	100	70
Pırasa	20	7	Hıyar	25	70
Frenk maydanozu	20	6	Kestane kabağı	250	700
Kereviz	5	1	Yazlık kabak	150	700
Kuşkonmaz	100	100	Enginar	50	90
Pancar	100	50	Havuç	10	3
Lahanalar	25	10	Rezene	25	18
Çin lahanası	20	10	Marul	10	3
Şalgam	20	10	Domates	20	7
Biber	40	15	Maydanoz	10	4
Hindiba	15	4	Turp	50	30
Şikori	50	5	Patlıcan	20	15
Endive	15	4	İspanak	75	25
Karpuz	250	250	Kuzu gevreği	20	7

Sebze sertifikasyon yönetmeliğinde safiyet analizi yönünden tohumun kaplanmış olma durumu konusunda bir açıklama yapılmamıştır. Bu eksiklik, Tohumculuk Hizmetleri Uygulama Talimatında (2019/1) açıklanmıştır (Tablo 16). Tablo 15 ve Tablo 16 birarada değerlendirildiğinde sadece kaplanmış sebze tohumları için ot tohumları ve diğer mahsul tohumlarındaki %0.5'lik üst limit sınırına ek olarak sırasıyla 10 adet ve 30 adet yabancı tohum üst sınırlandırılması getirilmiştir.

Tablo 15: Sebze türlerinin safiyet analizinde izin verilen içerik limitleri.

Numune İçeriği (%)	Orijinal	Sertifikalı
Saf tohum oranı	98 <	98 <
Diğer tür ve çeşit	0	< 1
Cansız yabancı madde	< 2	< 2
Diğer mahsul tohumları	0	< 0.5
Ot tohumları	0	< 0.5

*Standart tohumluk içerik limitleri belirtilmemiş olsa da sertifikalı tohumluk limitleri kapsamında değerlendirilmektedir.

Tablo 16: Kaplanmış tüm türler (şeker pancarı hariç) için laboratuvar standartları.

Oran	Sertifikalı
Kaplanmış tohum (%)	97 <
Kaplanmamış tohum (%)	< 1
Cansız Yabancı madde (%)	< 2
Ot tohumları (adet)	< 10
Zararlı ot tohumları (adet)	0
Diğer mahsul tohumları (adet)	< 30

3.5.3. Tohumluk Çimlendirme Analizi

Safiyet analizi tamamlanan ve sadece saf tohum içeren numunede çimlendirme analizi yapılmaktadır. Bu analiz için de her ne kadar yönetmelikte ISTA'ya atıf yapılmamış olsa da ulusal sertifikasyon sisteminde kullanılan çimlendirme metodları, ISTA metodlarıdır.

3.5.3.1. Çimlendirme Koşulları

Yetiştirme Ortamı ve Koşulları

ISTA, yetiştirme ortamı olarak sebze türüne göre değişmekle birlikte; kağıt (kağıt arası, kağıt üzeri), kum ve organik madde önerisinde bulunmaktadır. Nemlendirilmiş yetiştirme ortamının pH'ı 6.0-7.5 aralığında ve elektriksel iletkenliği 40 ms/m'den az olmalıdır. Yetiştirme ortamı, tohumların çimlenmesine veya fidelerin büyümesine veya değerlendirilmesine olumsuz etkiye bulunabilecek mantar, bakteri veya toksik maddelerden arındırılmalıdır. Bunun için ortamların sterilizasyonu ve fitotoksiste testlerinin yapılması gerekmektedir. Yetiştirme ortamının su içeriği, ortamın maksimum su tutma kapasitesi saptanarak, test edilen türlerin ihtiyaçlarına uygun şekilde ayarlanmalıdır. ISTA'nın önerdiği çimlendirme testinde; tohumluk numunesinden tesadüfen seçilen 400 tohum kullanılmaktadır. Bu tohumlar yetiştirme ortamlarına dört tekerrür halinde ekilmektedir. Çimlendirme analizi için sıcaklık kontrollü ve yalıtımlı iklim odaları ya da çimlendirme dolapları kullanılmalıdır. Odanın sıcaklık hassasiyeti, Tablo 17'de verilen değerlerden en fazla ± 2 °C olmalıdır. Her sebze türü için ISTA'nın önerdiği yetiştirme ortamı, çimlendirme ortamı sıcaklığı ve ön işlem uygulamalarına yönelik bilgiler Tablo 17'de sunulmuştur. Bu metodlar ISTA üyesi laboratuvarlar arasında yapılan validasyon çalışmaları sonucunda oluşturulmuştur.

Tablo 17: ISTA tarafından sebze tohumları için önerilen çimlenme test metodları.

Tür	Ortam*	Sıcaklık**	Sayım (g)	Ön İşlem
Bamya	KÜ, KA, K	20/30	4-21	-
Soğan, Pırasa	KÜ, KA, K	20; 15	6-12	Ön üşütme
Kereviz	KÜ	20/30	10-21	Ön üşütme; KNO ₃ , Işık
Pancar	KÜ, KA, K	20/30	4-21	Ön yıkama, Kurutma
Lahanalar	KÜ, KA	20/30; 20	5-10	Ön üşütme; KNO ₃
Biber	KÜ, KA, K	20/30	7-14	KNO ₃
Karpuz	KA, K	20/30; 25	5-14	-
Kavun	KA, K	20/30; 25	4-8	-
Hıyar	KÜ, KA, K	20/30; 25	4-8	-
Kabaklar	KA, K	20/30; 25	4-8	-
Havuç	KÜ, KA	20/30; 20	7-14	-
Rezene	KÜ, KA, K	20/30	7-14	-
Roka	KÜ, KA	20	4-7	-
Marul	KÜ, KA	20	4-7	Ön üşütme
Tere	KÜ	20/30; 20	4-10	Ön üşütme
Maydanoz	KÜ, KA	20/30; 20	10-28	-
Fasulye	KA, KKÜ, K, O	20/30; 25; 20	5-9	-
Bezelye	KA, KKÜ, K	20	5-8	-
Turp	KÜ, KA, K	20/30; 20	4-10	Ön üşütme
Domates	KÜ, KA, K	20/30	5-14	KNO ₃
Patlıcan	KÜ, KA, K	20/30	7-14	-
Ispanak	KÜ, KA	15; 10	7-21	Ön üşütme
Bakla	KA, KU, O	20	4-14	Ön üşütme

*KÜ: Kağıt üzeri, KA: Kağıt arası, K: Kum, KKÜ: Kumlu kağıt üzeri, O: Organik substrat

** “/”: düşük sıcaklık 16 saat, yüksek sıcaklık ise 8 saat, tek sayı: sürekli aynı sıcaklık

Ön İşlemler

Farklı ön işlemler yaparak, dormansiye gidermek ve gerçek çimlenme değerine ulaşmak amaçlanmıştır. Sebze tohumlarında uygulanan ön işlemler aşağıda sunulmuştur:

Ön Üşütme: Tohumlar ekildikten sonra 5 °C- 10 °C sıcaklıklarda 7 güne kadar bekletilmektedir.

Ön Isıtma: Tohumlar ekim öncesi 7 güne kadar hava sirkülasyonlu ortamda 30 °C - 35 °C sıcaklıklarda bekletilmektedir.

KNO₃: Ekim öncesi çimlendirme ortamı %0.2 KNO₃ çözeltisi ile doyurulur. Sonraki aşamalarda nemlendirme amacıyla saf su kullanılmaktadır.

Işık: Tohumlar, 8 saat/gün süreyle 3000 K (nötr beyaz) - 4000 K (soğuk beyaz) lambalar veya LED eşdeğerlerinde ışığa maruz bırakılmaktadır.

Ön yıkama: Kaplamasız tohumlar, akan suda 25 ± 2 °C sıcaklıkta yıkanıp kurutulmaktadır (*Beta vulgaris*).

Dezenfeksiyon: Normal şartlar altında ISTA, tohumlarda dezenfeksiyon işlemini yasaklamıştır. İstisnai olarak *Beta vulgaris* türünde önceden bir kimyasal uygulanmadığı biliniyorsa raporda belirtmek şartıyla fungusit uygulaması yapılabilir.

3.5.3.2. Tohum ve Fide Değerlendirmesi

Normal Fide

Arın ve ark. (2019), tohum kabuğunun yırtılarak kökçüğün dışarı çıkış zamanını, fizyolojik çimlenmenin gerçekleştiği nokta olarak tanımlamıştır. Birçok bilimsel çalışmada, tohumdan çıkan kökçüğün en az 2 mm olması ile çimlenme olayının gerçekleştiği bildirilmiştir (Ross ve Hegarty, 1979; Smith ve Cobb, 1991; Bowden ve Landais, 2018). Ulusal Tohum Sertifikasyon sisteminde ise bu şart, çimlenmenin gerçekleşmesi için yeterli değildir. Çimlenmenin gerçekleşme aşamasını ISTA şu şekilde tanımlamaktadır: Bir tohumun, üreticiyi memnun edici bir bitkiye dönüşmesini sağlayacak temel yapılarını yeterince oluşturduğu fide aşamasıdır. O halde sadece kökçüğün belirli bir uzunlukta olmasının ötesinde detaylı bir fide incelemesi sonucunda çimlenme oranı tespit edilebilmektedir. Aslında sertifikasyon sisteminde tohumun çimlenmesi demek normal fide oluşturma oranı demektir. Normal fide; toprakta uygun nem, sıcaklık ve ışık koşulları altında büyütüldüğünde, tatmin edici bitkilere dönüşme potansiyelini gösterir. Bir fidenin normal olarak sınıflandırılması için Tablo 18’de verilen kategorilerden birine uygun olması gerekir.

Anormal Fide

Toprakta uygun nem, sıcaklık ve ışık koşulları altında büyütüldüğünde, normal bitkiye dönüşme potansiyelini gösteremeyen fidelerdir. Fide değerlendirme gruplarına (Tablo 19) göre değerlendirme örnekleri Şekil 5-8’de verilmiştir. Fidenin anormal olup olmadığının tespit edilmesinde öncelikle ISTA Kurallarından (Tablo 20) faydalanılmaktadır. Ayrıca Detaylı bilgiler ISTA Fide Değerlendirme El Kitabında (ISTA, 2018) mevcuttur.

Tablo 18: Çimlendirme analizinde normal fide kabul edilen sınıflar.

1. Sağlam Fide • İyi gelişmiş bir kök sistemi (Çok sayıda emici tüyle kaplı, ince bir uçla sonlanan ince ve uzun birincil köke sahip. Ayrıca ikincil kök varlığı) • İyi gelişmiş bir sürgün eksen (epigeal çimlenme gösteren fidelerde düz ve genellikle ince ve uzun bir hipokotil, hipogeal çimlenme gösteren fidelerde iyi gelişmiş bir epikotil, epigeal çimlenme gösteren bazı cinslerde hem uzun bir hipokotil hem de epikotil) • Gerekli kotiledon sayısına sahip, yeşil ve gelişmekte olan en az bir ya da iki gerçek yapraklı • Sürgün ucu aktif
2. Hafif Kusurlu Fide • Ana kökte sınırlı zararlanma (örneğin iletim dokuları zarar görmemeli) ve ana kökte hafif büyüme yavaşlaması (örneğin ıspanakta ana kök uzunluğu, hipokotil boyunun yarısından daha uzun olmalıdır), • Ana kök hasarlı olsa bile yeterli ikincil kökün varlığı (<i>Cucurbitaceae</i> ve <i>Fabaceae</i>) • Hipokotil ya da epikotilde sınırlı zararlanma (örneğin iletim dokuları zarar görmemeli) • Sürgün ucun ve çevre dokularında hasar olmaması şartıyla kotiledon yaprak alanının en fazla yarısının zararlanması (% 50 kuralı), • Sürgün ucun ve çevre dokularında hasar olmaması şartıyla dikotiledon türlerde tek kotiledon varlığı, % 50 kuralını taşıyorsa kaynaşmış kotiledonlar • Birincil gerçek yaprakta sınırlı zararlanma (% 50 kuralı) • Terminal tomurcuğun hasar gördüğüne veya çürümeye dair bir kanıt yoksa <i>Phaseolus</i> cinsinde sadece tek gerçek yaprak • <i>Phaseolus</i> cinsinde olması gereken boyutunun en az ¼'ünden büyük ancak boyutları küçülmüş birincil gerçek yaprakları • <i>Phaseolus</i> cinsinde iki yerine üç veya daha fazla birincil yaprak (% 50 kuralı)
3. İkincil (Sekonder) Enfeksiyonlu Fide • Mantar veya bakteri enfeksiyonundan dolayı zararlanmış • Buna rağmen gerekli yapıların mevcut olduğu saptanmış • Enfeksiyon kaynağının tohum kaynaklı olmadığı saptanmış Yukarıdaki şartların hepsi gerçekleşmiş ise fide normal olarak sınıflandırılır.

Çimlenmeyen (Ölü - Cansız) Tohum

Yukarıda Tablo 17’de verilen koşullar altında çimlendirildiğinde test süresi sonunda çimlenmeyen tohumlar ISTA’ya göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır:

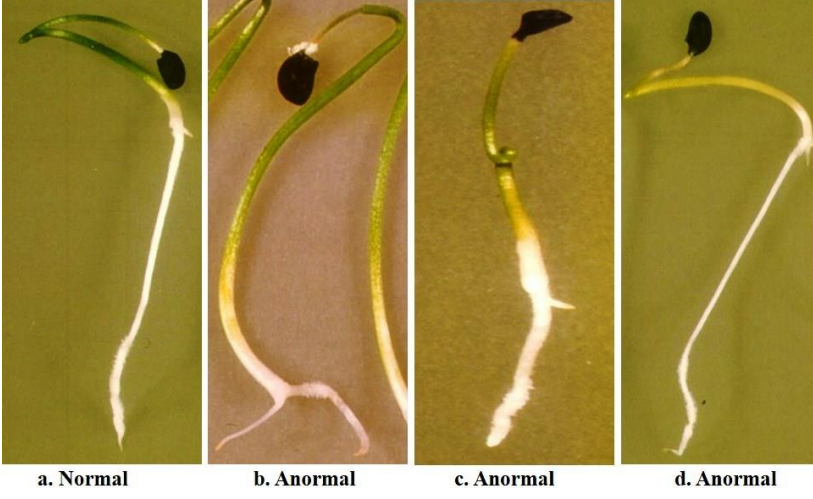
- a. **Sert tohum:** İçerisine su alımı yapamadıkları için test sonunda sert kalan çimlenmeyen tohumlardır. Fabaceae familyasının birçok türünde yaygındır ancak diğer familyalarda da ortaya çıkabilir. Bu tohumlar Tablo 17’de belirtilen koşullar altında suyu ememez ve sert kalır.
- b. **Taze tohum:** Sert tohumlar dışında, çimlenme testi koşulları altında dormansi nedeniyle çimlenemeyen, ancak temiz ve sağlam kalan ve normal bir fideye dönüşme potansiyeline sahip olan tohumlar. Tablo 17’de belirtilen koşullar sağlandığında suyu emse de çimlenme süreci engellenir
- c. **Ölü tohumlar:** Test süresinin sonunda ne sert ne de taze olan ve fidenin herhangi bir kısmını üretmemiş olan tohumlardır. Ölü tohumlar suyu emer, genellikle yumuşaktır, rengi değişir veya sıklıkla küflenir ve fide gelişimi belirtisi göstermezler.

Tablo 19: Sebze fidelerinin değerlendirilmesinde kullanılan A grupları.

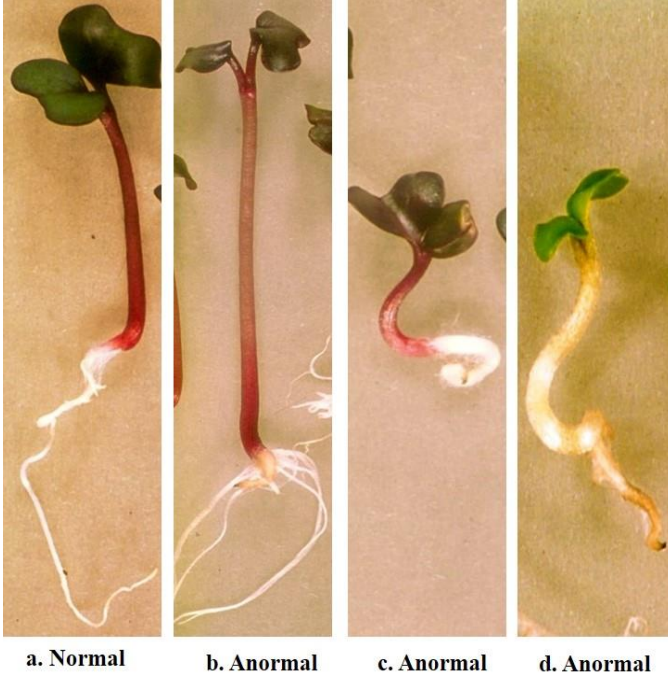
Kriter	Özellik	Türler
Çenek Sayısı	Tek (1)	
Çimlenme türü	Epigeal (1)	Pırasa, Soğan
Epikotil	Uzamaz (1)	(A-1-1-1-1)
Ana kök oluşumu	Gerekli (1)	
Çenek Sayısı	Çift (2)	Maydanoz, Patlıcangiller
Çimlenme türü	Epigeal (1)	Havuç, Ispanak, Kereviz,
Epikotil	Uzamaz (1)	Marul, Tere, Lahanagiller
Ana kök oluşumu	Gerekli (1)	(A-2-1-1-1)
Çenek Sayısı	Çift (2)	
Çimlenme türü	Epigeal (1)	Bamya, Kabakgiller
Epikotil	Uzamaz (1)	(A-2-1-1-2)
Ana kök oluşumu	İkincil kök yeterli (2)	
Çenek Sayısı	Çift (2)	
Çimlenme türü	Epigeal (1)	Fasulye
Epikotil	Uzar (2)	(A-2-1-2-2)
Ana kök oluşumu	İkincil kök yeterli (2)	
Çenek Sayısı	Çift (2)	
Çimlenme türü	Hipogeal (2)	Bakla, Bezelye
Epikotil	Uzar (2)	(A-2-2-2-2)
Ana kök oluşumu	İkincil kök yeterli (2)	

Tablo 20: Çimlendirme analizinde anormal fide kabul edilen genel sınıflar.

1. <u>Anormal Fide</u> • Deforme olmuş • Kırık • Ana kökten önce kotiledonların çıkışı • Kaynaşmış ikiz fide • Sarı-beyaz renklenme		• Cılız • Camsı • Birincil enfeksiyon sonucu çürüme • Fitotoksik belirti, dengesiz
2. <u>Anormal Birincil Kök:</u> • Bodur • Küt • Yavaş gelişim • Eksik • Derinden çatlak veya kırık Birincil kök bulunma şartı aranmayan türlerde, yukarıdaki kusurlardan bir veya daha fazlasını gösteren ikincil kökler de anormaldir.		• Kabuk içinde sıkışmış • Negatif jeotropizm • Cılız • Camsı • Birincil enfeksiyon ve çürüme
3. <u>Anormal Seminal Kök</u> • Bodur ve Küt • Yavaş gelişim • Eksik		• Negatif jeotropizm • Camsı • Birincil enfeksiyon sonucu çürüme
4. <u>Anormal Epikotil ve Hipokotil</u> • Kısa ya / ya da kalın • Derinden çatlak veya kırık • Tam olarak bölünmüş • Eksik • Spiral döngü ve Sıkıca büküklük		• İnce • Cılız • Camsı • Birincil enfeksiyon sonucu çürüme • Fitotoksik semptom, dengesiz
5. <u>Anormal Sürgün Ucu ve Çevresi</u> • Deforme olmuş • Hasarlı • Eksik Kotiledonların veya birincil yaprakların koltuğundan çıkan yardımcı tomurcukların (örneğin <i>Phaseolus</i>) veya yardımcı sürgünlerin (örneğin <i>Pisum</i>) varlığına bakılmaksızın, ana sürgün normal şekilde gelişemezse fide anormal kabul edilir.		• Nekrotik • Çürük
6. <u>Kotiledon (%50 kuralı aktif):</u> • Şişmiş ya da kıvrılmış • Deforme olmuş ya da Kırılmış • Eksik ya da ayrılmış • Solmuş ya da nekrotik Kotiledonların fide eksenine bağlandığı iki noktada veya sürgün ucunun yakınında kotiledonların hasar görmesi veya çürümesi, %50 kuralına bakılmaksızın bir fideyi anormal hale getirir. Bir kotiledonun bir bağlanma noktasının nekrotik veya çürümüş olması ve diğer kotiledonun da sağlam olmaması halinde de %50 kuralı uygulanmaz; bu tür fideler de anormal olarak kabul edilir.		• Camsı • Nekrotik • Birincil enfeksiyon sonucu çürüme • İki taraf kaynaşmış
7. <u>Birincil yaprak (%50 kuralı aktif):</u> • Deforme olmuş • Hasarlı • Eksik • Solmuş		• Nekrotik • Sadece <i>Phaseolus</i> cinsinde normal boyutun dörtte birinden küçük • Birincil enfeksiyon sonucu çürüme



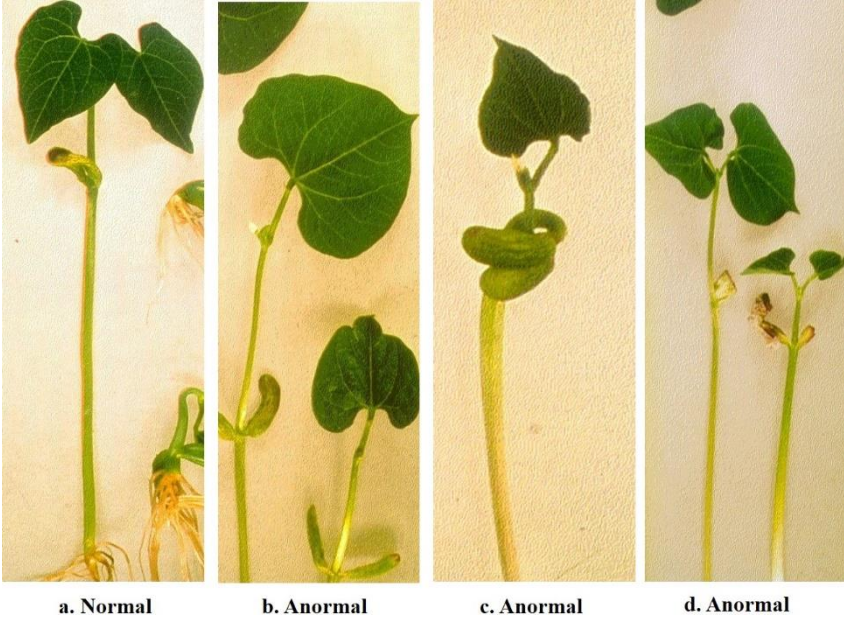
Şekil 5: A-1-1-1-1 grubu fidelerde (soğan örneği) değerlendirme [a. Normal (Tüm organlar yeterince gelişmiş ve kotiledonda dirsek oluşmuş) b: Ana kök oluşmamış, c: Ana kök küt ve kotiledonda spiralleşme, d: Kotiledonda sarılaşma] (ISTA, 2018)



Şekil 6: A-2-1-1-1 grubu fidelerde (lahangil örneği) değerlendirme (a. Normal, b: Ana kök oluşmamış, c: Ana kök kütleşmiş, d: Hipokotil halka yapmış) (ISTA, 2018)



Şekil 7: A-2-1-1-2 grubunda (kabakgöl) değerlendirme (a. Normal, b: Hipokotil kısa ve küt, c: Kotiledon zarar görmüş, d: Yetersiz ana ve ikincil kök) (ISTA, 2018)



Şekil 8: A-2-1-2-2 grubu fidelerde (fasulye örneği) değerlendirme (a. Normal, b: Sürgün ucu hasarı, c: Kotiledon halka yapmış, d: Kotiledon kırılmış) (ISTA, 2018)

Tablo 21: En yüksek ve en düşük tekerrürdeki normal fide oranları (%) arasındaki tolerans yüzdeleri (%2.5 anlamlılık düzeyinde iki yönlü test).

Normal Fide (%)	Tolerans (%)	Normal Fide (%)	Tolerans (%)
99	5	46-50	20
98	6	35-45	19
97	7	29-34	18
96	8	24-28	17
95	9	21-23	16
93-94	10	18-20	15
91-92	11	15-17	14
89-90	12	13-14	13
87-88	13	11-12	12
84-86	14	9-10	11
81-83	15	7-8	10
78-80	16	6	9
73-77	17	5	8
67-72	18	4	7
56-66	19	3	6
51-55	20	2	5

3.5.4. Sonuçların Raporlandırılması / Sertifikalandırılması

Sertifikalandırma sürecinin önemli bir kısmı; Tarım ve Orman Bakanlığının kontrolü altındaki <https://tohum.tarim.gov.tr/> adresindeki “Tohum Veri Yönetim Sistemi (TVYS)” üzerinde yapılmaktadır. Laboratuvar kuruluşları tarafından ilgili yönetmeliğin safiyet ve çimlendirme analizi limit değerlerine uygunluk kontrolü yaparak bu sistem üzerinden sertifikalandırma işlemlerini gerçekleştirmektedir. Tohumluk sınıfına bağlı olarak Sertifikalı tohumluklarda “Tohumluk Sertifikası” (Orijinal, Sertifikalı ve Ham Tohumluk) ve Standart tohumluklarda “Standart Tohumluk Raporu” düzenlenmektedir. Safiyet ve çimlenme değerleri yönünden uygunluk değerlendirmesinden geçemeyen tohumluk partilerine ise “Tohumluk Olamaz Raporu” düzenlenmektedir. Tohumluk olamaz raporu düzenlenen numunenin temsil ettiği partiler, tohumluk olarak değerlendirilememekte ve pazarlanamamaktadır.

3.5.5. Laboratuvar Analizlerinin Tekrarlanması

Cansız yabancı madde, ot tohumları ve diğer mahsul tohumu oranlarının standartların altında kalması veya bu faktörler sebebiyle saf tohumluk oranının

asgari istenen orandan düşük olması durumunda üretici, yeniden eleme yaparak tekrar numune alınmasını ve bu numunenin laboratuvar analizlerine tabi tutulmasını talep edebilir. Bunun için Şekil 9’da verilen form doldurulmaktadır. Ancak diğer çeşit oranı ve çimlenme standartları düşük olarak raporlanırsa, üretici analiz tekrarı talebinde bulunamaz.

3.5.6. Laboratuvar Analizlerine İtiraz

Analiz sonucundan memnun olmayan tohumluk üreticisi, analizin tekrar yapılmasını isteyebilmektedir (Şekil 10). Bu talep laboratuvar kuruluşuna bir dilekçe ile gönderilmektedir. Laboratuvar kuruluşunda kontrollü şartlarda muhafaza edilen itiraza konu tohumluğun şahit numunesi ve diğer resmi belgeler, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü’ne gönderilmektedir. Burada ulaşılan nihai analiz sonucu hükme alınarak gerekli belgeler düzenlenmektedir.

Ek-9		
ANALİZ TEKRARI FORMU		
Üreticinin Adı, Soyadı Kurumu veya Ticari Unvanı Adresi Tohumluğun cinsi ve çeşidi		
İlk Tohumluk Numunesi	1. Alındığı yerin adı ve adresi 2. Alan eksperlerin adı ve soyadı 3. Alan eksperin bağlı olduğu kuruluş 4. Sertifika veya raporu veren Sertifikasyon Kuruluşu 5. Alınan sertifika veya raporun tarih ve numarası 6. Sertifikadaki tohumluk sınıfı ve döl kademesi	
İkinci Tohumluk Numunesi	1. Alınacağı yerin adı ve adresi 2. Tohumluğun miktarı (kg) 3. Tohumluk ambalaj adedi 4. Tohumluğun parti numarası 5. Selektörlemenin yapılacağı tarih 6. Selektörlemenin kaç gün süreceği	
Üreticinin Adı, Soyadı İmzası, Mühür ve Tarih		

Şekil 9: Analiz Tekrarı Formu

ANALİZ İTİRAZ FORMU		
Üreticinin Adı, Soyadı - Kurumu veya Ticari Unvanı : Adresi : Tohumluğun cinsi ve çeşidi :		Ek-10
Şahit Numunenin	1. Alındığı yerin adı ve adresi :	
	3. Alan eksperin bağlı olduğu kuruluş :	
	4. Sertifika veya raporu veren Sertifikasyon Kuruluşu :	
	5. Alınan sertifika veya raporun tarih ve numarası :	
	6. Ekilen tohumluğun sınıfı ve döl kademesi :	
Üreticinin Adı, Soyadı İmzası, Mühür ve Tarih		

Şekil 10: Analiz İtiraz Formu

3.5.7. Tohumluk Denetimleri

Bir çeşide ait tohumluk partilerini temsil eden bitkilerin uniformite durumları ile ismine doğruluğu, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü tarafından kontrol edilmektedir. Her yıl TTSM tarafından tesadüfen seçilen çeşit tohumluklarına ait partilerin post-kontrol (son kontrol) numuneleri, çeşit özellik belgesinde belirtilen kriterlere uygun olup olmadığı tespit edilmektedir. Ayrıca Tohumculuk Sektöründe Yetkilendirme ve Denetleme Yönetmeliği ile Tohumculuk Hizmetleri Uygulama Talimatı kapsamında; planlı zamanlarda sebze tohumluğu üreticisinden numune alınarak ilgili sertifikasyon kuruluşlarına denetim numunesi olarak gönderilmesi gerekmektedir. Standart tohumluk olarak üretilen partilerden seçilen örnek bir partiye ait tarla kontrolü, numune alınması ve laboratuvar analizleri ile ilgili belgeler belirli aralıklarla kontrol edilmektedir. Bunun yanında ambalajlanan, etiketlenen ve sertifikalandırılan tohumluklar pazarlama aşamasında da denetime tabiidir.

Tohumluk kontrolörleri tarafından, bayilerden tesadüfî seçtikleri her bir çeşide ait tohumluk partilerinden 400-500 adet civarında numune alınarak gerekli analizlerin yapılması için ilgili sertifikasyon kuruluşlarına göndermektedir. İllerde her yıl kayıtlı bayi sayısının en az %10'undan

denetleme numunesi alınması ilgili yönetmelikte belirtilmiştir. Diğer taraftan Tohumculuk Hizmetleri Uygulama Talimatında belirtilen tür ve denetim sayıları haricinde (Tablo 21) önemli ticari hacmi bulunan türlerde toplam ticarete sunulan tohumluk parti sayısının %5'i civarında numune alınarak ilgili tohumluk sertifikasyon kuruluşuna analiz amacıyla gönderilmektedir.

Tablo 21: Sebze türlerinde piyasa denetimi kapsamında il bazlı numune sayısı.

	Biber	Domates	Hıyar	Karpuz	Kavun	Toplam
Adana	-	-	-	1	3	4
Antalya	2	5	12	15	4	38
Balıkesir	13	6	2	1	10	32
Bursa	4	8	4	-	1	17
Konya	1	1	2	-	2	6
Mersin	-	-	-	1	-	1
Toplam	20	20	20	18	20	98

Sebze tohumu üretimi konusunda yetkilendirilmiş özel sektör tarımsal araştırma kuruluşları, üretimini yaptıkları standart sebze tohumluklarına ait üretim verilerini her yıl bakanlığa bildirmekle yükümlüdür. Tohumculuk kanununa göre yurt içinde sadece kayıt altına alınmış çeşitlere ait tohumlukların ticaretine izin verilmektedir. Bunun yanısıra ticareti yapılan her tohumluğun sertifikalandırılmış olması da esastır. Sertifikasyon işlemine tâbi tutulmayan, yönetmeliğe uygun şekilde ambalajlanmayan veya etiketlenmeyen tohumlukları dağıtan ve satanlar hakkında idari para cezası, tekrarı halinde beş yıl süreyle faaliyetten men cezası verilmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye yurt içi tohumluk sertifikasyon sistemi, uluslararası kabul görmüş OECD ve ISTA kurallarından yararlanılarak yapılandırılmıştır. Ancak 2008 yılında yayınlanmış olan Sebze Tohum Sertifikasyonu ve Pazarlaması Yönetmeliğinin de yukarıda detaylı olarak verilen aşamalarla ilgili birçok eksiği olduğu da aşîkârdır. Tarım ve Orman Bakanlığı bu eksiklikleri tamamlamak adına Tohumculuk Hizmetleri Uygulama Talimatını yayınlamak durumunda kalmıştır. Ayrıca “Tohumluklardan Numune Alma Esasları” şeklinde bir dosya da yayınlanmış ancak bu belge de, Kamu Mevzuat Sisteminde bulunmamaktadır. Hâlihazırdaki yönetmelikte, laboratuvar

analizleri ile ilgili olarak ISTA Kurallarına atıf ya da bağlı teknik talimat-yönerge bulunmamaktadır. Bu nedenlerden dolayı geniş bir istişare ile yeni ve kapsamlı bir yönetmeliğin oluşturulması önerilmektedir.

Sebze tohumluğu üreticileri, kamu idaresi kontrolünün nispeten çok daha düşük olduğu standart tohumluk üretimini tercih etmektedirler. Sebze üreticileri kullanmış oldukları standart tohumluklarla ilgili herhangi bir safiyet ve çimlenme sorunu yaşamaları durumunda, adli sürecin uzun olmasından ve bilirkişilerin zamanında görevlendirilememesinden dolayı genellikle tespit yapılamayarak mağduriyet yaşayabilmektedirler. Bu nedenle özellikle standart sebze tohumluklarında üretim, post kontrol ve piyasa denetimlerinin daha sık yapılması önerilmektedir.

Tohumluk üretim alanlarında izolasyon ve ön bitki şartlarının daha kolay sağlanabilmesi adına “Tohumlukların Yetiştirileceği Özel Üretim Alanlarının Özellikleri ve Bu Alanlarda Uyulması Gereken Kuralların Belirlenmesine Dair Yönetmelik” çıkarılmıştır. Ancak hala sebze tohumluklarının üretiminde, münavebe zorunluluğunu sağlayan, izolasyon şartlarını taşıyan arazi bulunmasında zorluklar yaşanmaktadır. Bu nedenle sebze tohumluk üretimleri için özel üretim alanlarının yaygınlaştırılması adına teşvik uygulamalarına ihtiyaç bulunmaktadır.

Tohumluğu çuval ambalajıyla satılan ve tarlaya mibzerle ekimi yapılan buğdayda ilgili yönetmelikçe belirtilmiş minimum çimlenme oranı %85’dir. Neredeyse altının gramına eşdeğer hibrit sebze tohumlarında ise bu oran %75 gibi düşük sayılabilecek bir değerdir. Ayrıca entansif tarımın uygulandığı sebze tarımında ya da fideliklerde ekilen tohumun $\frac{1}{4}$ ’ünün çimlenmemesi büyük bir problem oluşturmaktadır. Bu oranın arttırılması, üretilen sebze tohumlarının daha kaliteli olmasını sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca OECD kurallarında olduğu gibi minimum çimlenme oranlarının tür bazında belirlenmesi de gerekli bir husustur.

ISTA, analizlerle ilgili olarak çeşitli metodlar tavsiye etse de yurt içi laboratuvar analizlerinde tercih edilen analiz yöntemlerinde daha iyi bir standardizasyon sağlanması önerilmektedir. Bu amaca yönelik olarak analizlerde belirli bir standardizasyon ve kalite yönetim sistemlerinin oluşturulması son derece önemlidir. Buna yönelik olarak 2023 yılı itibariyle Samsun Tohum Sertifikasyon Test Müdürlüğü ülkemizde ilk defa; tohumluk laboratuvar analizlerinde uluslararası kabul görmüş “Deney ve Kalibrasyon

Laboratuvarlarının Yeterliliği İçin Genel Gereklilikler (ISO IEC 17025)” akreditasyonunu sağlamıştır. Diğer kamu tohumluk sertifikasyon kuruluşlarının ve kendi laboratuvar analizlerini yapma imkânı verilen özel kuruluşların ve laboratuvarların da ISO IEC 17025 sertifikasına sahip olmaları son derece gereklidir. Böylelikle hem bakanlığın denetim yükü hafifleyecek hem de yapılan işlemlerin daha standart ve kaliteli olması sağlanmış olacaktır.

Son yıllarda ülkemizde “ata tohum” ve “doğal tohum” vb. adı altında yerel sebze genetik kaynaklarımızın tohumlarına olan talep artmıştır. Anavatanı Anadolu olmasa dahi bu topraklarda uzun yıllar üretim ve tüketimi yapılarak doğal adaptasyonu sağlanmış farklı bitki popülasyonlarından geliştirilen çeşitlere “yerel çeşit” adı verilmektedir. Bu nedenle “Ata Tohum” olarak nitelenen tohumların aslında yerel çeşit olarak ifade edilmesi uygun olacaktır. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından, 2019 yılında “Yerel Çeşitlerin Kayıt Altına Alınması, Üretilmesi ve Pazarlamasına Dair Yönetmelik” yayınlanmıştır. Bu yönetmeliğe göre kayıt altına alınmamış ve Yerel Çeşit Tohumluk Sertifikası olmayan yerel çeşitlerin ticareti yapılamamaktadır. Özellikle internet kanalıyla sertifikasyon işlemine tabi tutulmamış ve ismine doğruluğu tanımlanmamış yerel ya da Ata tohum isimleriyle sebze çeşidi tohumlarının satışı bir hayli artmıştır. Uzaktan ticarete tohumluk denetimlerinin gerçekleştirilmesi de oldukça zordur. Bu durum hem üretici mağduriyetine hem de tohumluk ticaretinde haksız rekabete neden olmaktadır. Bu amaca yönelik olarak aracı alışveriş siteleri ile görüşülerek, tohumluğun e-ticarete konu olabilmesi için sertifika beyan etmeleri konusunda gerekli yönerge ve anlaşmaların yapılmasına ihtiyaç vardır. Ticari amacı ya da para alışverişi olmayan yerel çeşit tohumluklarının takas edilmesinde hukuken bir sakınca yoktur. Ancak herhangi bir denetime tabi tutulmayan, ismine doğru olup olmadığı bilinmeyen ve yerel çeşit olduğu iddia edilen bu tohumlukların; ülke içerisinde ki farklı farklı yörelerin arazilerine olası bir hastalık ve/veya zararlıyı taşıma tehlikesi bulunmaktadır. Bu nedenle genellikle belediyeler, STK’lar ve hatta kamu idaresi tarafından yapılan yerel tohum takas şenliği gibi etkinliklerdeki tohumlukların da denetime tabi tutulması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Arın, L., Eser, M.B., & İlbi, H., (2009). Tohum Biyolojisi. Tohum Tohumculuk ve Teknolojileri-1. Ed.: Kesici, T. 978-605-64360-1-7, 52-143. Ankara.
- Balkaya, A., & Karaağaç, O., (2006). Vegetable genetic resources of Turkey. *Journal of Vegetable Science*, 11(4): 81-102.
- Balkaya, A., Duman, İ., Arın, L., Özcan, M., Demir, İ., Kandemir, D., ... & Sarıbaş, Ş. (2020). Bahçe bitkilerinde tohum üretimi, mevcut durum ve gelecek, *Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi*, 13-17.
- Bowden, L., & Landais, L., (2018). The impact of light and high light on seed germination and the radicle emergence test. *Seed Science and Technology*, 46(3): 465-471.
- BÜGEM, (2023). Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü Tohumluk İstatistikleri
- FAO, (2022). Uluslararası Gıda ve Tarım İstatistikleri (<https://www.fao.org/faostat>)
- ISF, (2020). Uluslararası Tohum Federasyonu (International Seed Federation) İstatistikleri
- ISTA, (2010). Handbook on Pure Seed Definitions, 3rd Edition. International Rules for Seed Testing. ISBN: 978-3-906549-46-0
- ISTA, (2018). Handbook on Seedling Evaluation, 4th Edition. International Rules for Seed Testing. ISBN 978-3-906549-39-2
- ISTA, (2024). Uluslararası Tohum Test Birliği Kuralları (Rules Proposals for the International Rules for Seed Testing) 2024 Edition. <http://www.ingentaconnect.com/content/ista/rules>
- Karaağaç, O., & Balkaya, A. (2017). Türkiye’de yerel sebze çeşitlerinin mevcut durumu ve ıslah programlarında değerlendirilmesi. *Türktob*, (23): 8-15.
- OECD, (2024). Seed Schemes Rules and Regulations. <http://www.oecd.org/agriculture/code/seeds.htm>
- Ross, H.A., & Hegarty, T.W. (1979). Sensitivity of seed germination and seedling radicle growth to moisture stress in some vegetable crop species. *Annals of Botany*, 43(2): 241-243.
- Smith, P.T., & Cobb, B.G. (1991). Accelerated germination of pepper seed by priming with salt solutions and water. *HortScience*, 26(4): 417-419.
- TÜİK, (2023). Türkiye İstatistik Kurumu verileri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>

BÖLÜM 6

SEBZE TOHUMLARINDA KALİTE KONTROL KRİTERLERİ

Prof. Dr. Haluk Çağlar KAYMAK^{1*}

Dr. Öğr. Üyesi Raziye KUL²

Araş. Gör. Serpil TIRAŞCI³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13822729>

^{1*}Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye. hckaymak@atauni.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-0836-7654

²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye. raziye.kul@atauni.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-5836-6473

³Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye. serpiltirasci@atauni.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-3357-4348

*Sorumlu yazar

GİRİŞ

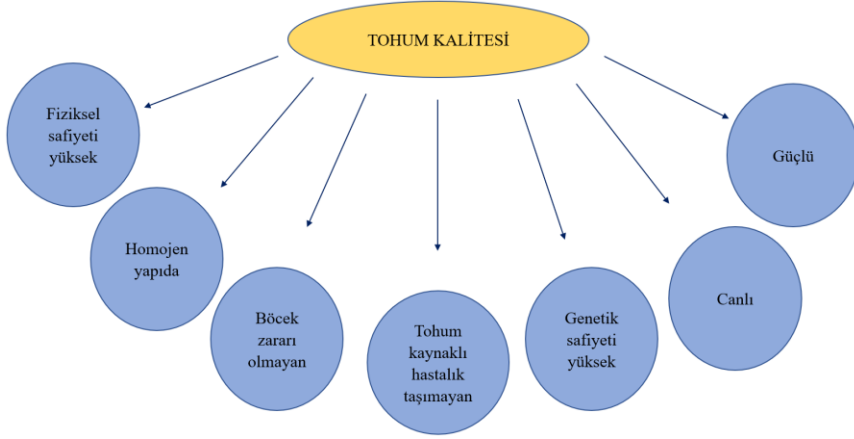
Dünya nüfusundaki artışın önümüzdeki elli ya da altmış yıl boyunca devam etmesi ve 2024 yılında 8,2 milyar olan kişi sayısının 2080'lerin ortalarında yaklaşık 10,3 milyar kişi ile zirveye ulaşması beklenmektedir (United Nations, 2024). Çeşitli sosyo-ekonomik ve iklim değişikliği analizleri gelecekteki küresel gıda güvenliğini değerlendirebilmek için niceliksel projeksiyonlar sunmaktadır. Bu projeksiyonlara göre küresel gıda talebinin 2010 ve 2050 yılları arasında %35-%56 oranında artacağı öngörülmektedir (Van Dijk ve ark., 2021). Bu anlamda 2050 yılına kadar yaklaşık 10 milyardan fazla insanın beslenmesi için tarım sektöründe gıda üretiminin %50 arttırılması gerekliliği söz konusudur (FAO, 2017). Artan insan nüfusu ile beraber gıdaya yönelik yükselen talep, tarım sistemimiz üzerinde büyük bir baskı oluşturmaktadır. Birleşmiş Milletler “Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 2” 2030 yılına kadar dünya genelinde açlığı sona erdirmeyi ve yıl boyunca güvenli, besleyici ve yeterli gıda sağlamayı hedeflemektedir. Ancak mevcut arazi yetersizliği, yanlış tarımsal uygulamalar, tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı, sanayi tesislerinin verimli arazilere kurulması ve üretimde yoğun kimyasal kullanımı nedeniyle toprağın zarar görmesi vb. gibi etmenler nedeniyle tarımsal üretim artışında istenilen başarı sağlanamamaktadır (Dağ ve Akbay, 2022). Bununla birlikte tarım sektörü, son dönemde enerji krizi, küresel iklim değişikliği ve doğal kaynakların yetersizliğine bağlı birçok sorunla karşı karşıyadır (Chauhan, 2015). Diğer yandan yetersiz gıda üretiminin neden olduğu gıda fiyatlarındaki artış ve yaşanan gıda güvensizliği, yetersiz tohum miktarı ve düşük kalitedeki tohumlarla ilişkilendirilmektedir (McGuire ve Sperling, 2014). Kaliteli tohum üretimi kendi kendine yeterlilik, gıda güvenliği ve ekonomik kalkınma için etkili bir araç olup, gıda güvenliğinin tüm boyutlarına (beslenme, gıda bulunabilirliği, erişim, istikrar vb.) doğrudan etki edebilmektedir (Chand ve Kc, 2020).

Bitkilerin genetik potansiyelini bünyesinde barındıran tohum, diğer tarımsal girdilerin verimliliğini de etkileyebilmektedir. Bununla birlikte yetiştirildiği yöreye iyi adapte olmuş ve çiftçiler tarafından tercih edilen çeşitlere ait kaliteli tohum üretimi, erişimi ve kullanımı diğer teknolojik araçların etkinliği ve verimliliğinde belirleyici rol oynamaktadır (Bishaw ve ark., 2012). Bu nedenle kaliteli tohum, tarımın en önemli ve temel

bileşenlerinden biri olarak kabul edilmekte ve günümüzde çeşit ıslah programlarının öncelikli hedefleri arasında yer almaktadır (Zheng ve ark., 2021). Tarımsal üretimdeki verimlilik, hızlı ve üniform tohum çıkışı sağlayan iyi kalitede tohumla yüksek oranda ilişki göstermektedir. Tohum kalitesinin yetersizliği tohumun çimlenme ve çıkış oranının da büyük ölçüde azalmasına neden olabilmektedir (Finch-Savage ve Bassel, 2016). Bununla birlikte geleneksel yetiştiricilikte kaliteli tohum kullanımı sonucunda verimin %15-20 veya daha fazla oranda artırabileceği bildirilmektedir (Prasad ve ark., 2017). Bu nedenle tohum üretim programının en temel amacı, kaliteli tohumu doğru zamanda ve uygun fiyatlarla tedarik edebilmektir. Bunun sağlanmasında, tohumun nasıl ve ne zaman yetiştirildiğinden, tohum üreticisinin çeşidin genetik yapısını, çiçeklenme ve döllenme mekanizmasını ve kaliteli tohum üretiminin diğer temel ilkelerini tam olarak bilip bilmemesine kadar birçok faktör etkili olmaktadır (Kumar ve ark., 2023).

Tohum kalitesi, mükemmelliğin derecesi veya ölçütü olarak tanımlanan “kalite” kavramından yola çıkılarak, ekildiğinde veya depolandığında tohumun performansını belirleyen bazı nitelik veya vasıflardaki mükemmellik ölçütü olarak değerlendirilmektedir. Uygulamada ise “tohum kalitesi” tohumun kullanım amacına yönelik genel değerini yansıtmayı ve üretim girdisi olarak kullanılan tohumlar için, tohumun son kullanıcısının memnuniyeti dikkate alınmaktadır (Hampton, 2002). Kaliteli tohum, adaptasyon yeteneği iyi olan bir çeşidin yüksek genetik saflığa ve fiziksel safiyete, canlılığa ve güce sahip, tohum kaynaklı hastalıklardan ve zararlılardan ari (mantarlar, bakteriler, virüsler, böcekler, nematodlar, parazitik yabancı otlar), iyi temizlenmiş, işlenmiş, testleri yapılmış ve etiketlenmiş tohumu olarak tanımlanmıştır (Bishaw ve ark., 2007). Bu anlamda tohum kalitesi, tohumun yüksek fiziksel ve genetik safiyeti, homojenliği, böcek zararından ve tohum kaynaklı hastalıklardan ari olması, canlı ve güçlü olması gibi birçok kriteri içermektedir (Şekil 1). Tohumun genetik safiyeti, tohumun istenen çeşit özelliklerini taşıyıp taşımadığını belirtirken; fiziksel safiyeti, tohumun yabancı maddelerden ari olup olmadığını, homojenliği, tohum partisinin benzer özellikler taşımasını ve tohum ağırlığı ve boyutunun standartlara uygunluğunu; canlılığını, tohumun her koşulda çimlenme yeteneğini ve gücünü anlatmaktadır. Tohum sağlığı ise, tohumun hastalık ve zararlılardan arınmış olmasını ifade etmektedir (Delouche ve Caldwell, 1960). Tohum kalitesini oluşturan tüm özellikler aynı ölçüde

önemli olmadığı gibi, her koşulda da eşit öneme sahip değildir. Örneğin genetik ve fiziksel olarak %99 oranında saf ve hijyenik açıdan temiz olan bir tohumun canlılığı %5 gibi düşük bir oranda ise, söz konusu tohumun kalitesinin belirlenmesinde canlılığın daha öncelikli bir faktör olduğu ortaya çıkmaktadır (Anonim, 2005).



Şekil 1: Tohum kalite bileşenleri

Tohum kalitesini belirleyen ve etkileyen bileşenler Fougereux (2000) tarafından genetik kalite, fizyolojik kalite, fiziksel kalite ve tohum sağlığı olmak üzere dört grupta incelenmiştir. Yüksek genetik kaliteye sahip bir tohum, çeşidine özgü olmalıdır, nitekim yüksek genetik potansiyel homojen bir popülasyondan elde edilebilmektedir. Diğer yandan fizyolojik kalitesi iyi bir tohum ise yüksek canlılığa ve güce sahip olup, bu durum arazide fide çıkışının ve ürün gelişiminin daha iyi olması anlamına gelmektedir. Tohumun fiziksel kalitesi ise fiziksel saflığı ile ilişkilendirilmekte olup tohum partisinin; diğer ürün tohumları, yaygın zararlı veya parazit ot tohumları, mekanik hasarlı tohumlar, rengi bozulmuş tohumlar; boyutu ve ağırlığı düşük tohumlar ile karışmamış olması ürün verimliliğinin artmasına katkı sağlamaktadır. Son olarak tohum sağlığı tohum kaynaklı hastalık ve zararlılarla (mantarlar, bakteriler, virüsler, nematodlar, böcekler, vb.) bulaşık olup olmamasını ifade

etmekte ve sağlıklı tohum ile yapılan üretimde bitkilerin daha sağlıklı ve verimli olmaları ile sonuçlanmaktadır (Rajendra Prasad, 2023).

Sebze tohum üretimi için yapılan yetiştiricilik, ticari sebze yetiştiriciliğinden birçok yönden farklılıklar göstermektedir (Tablo 1). Tohum üretimi, sadece sebze tohumlarının ana üründen çok daha sonra hasat edilmesi nedeniyle değil, çiçeklenme ve tohum tutumunu teşvik etmek için arı kovanları bulundurarak ek tozlaşma ve özel işlemler gerektirmesi nedeniyle de özel bilgi ve teknik isteyen faaliyetlerdir. Bu nedenle, sebze ürünlerinin tohum üretimini yapabilmek için bitki biyolojisi, polinasyon kontrol teknikleri ve iklim gereksinimleri ile ilgili detaylı bilgiye ve bilimsel alt yapıya sahip olunması gerekmektedir (Pandita ve ark., 2023).

Tablo 1: Tohum üretimi ile bitkisel üretim arasındaki farklar (Pandita ve ark., 2023).

Sebze tohum üretimi	Sebze yetiştiriciliği
Tohum üretimi, kendi adaptasyon alanında, toprak koşulları ve çevresel gereksinimlere göre yapılmalıdır.	Genel adaptasyonun sağlandığı herhangi bir alanda yetiştirilebilir.
Diğer ürün çeşitliliklerinden izole edilmesi gerekir.	İzolasyon gerekli değildir.
Genetik safiyet ve kalitenin korunması konusunda teknik beceri gerektirir.	Sebze yetiştiriciliği konusunda beceri gerektirir.
Yabancı ot kontrolü zorunludur.	Genel yabancı ot temizliği yapılır.
Hasatlar, fizyolojik olgunluk/ hasat olgunluğu döneminde yapılmalıdır.	Ticari olgunlukta (taze tüketim) hasat edilmelidir.
Çiçeklenmeyi teşvik etmek ve tozlaşmayı desteklemek için özel işlem gerekebilir.	Zorunlu değildir.
Tohum kalitesi için olgunluk indeksleri göz önünde bulundurulmalıdır.	Hasat için pazarlanabilir kalite kriterleri göz önünde bulundurulmalıdır.

1. TOHUM KALİTE KRİTERLERİ VE DEĞERLENDİRMESİ

1.1. Tohum Kalitesini Belirleyen Faktörler

Tohum kalitesi, tohumun genetik, fizyolojik ve fiziksel özelliklerini içeren genel bir terim olup çeşidin potansiyeli ile ilişkili ürün performansı ve verimini de belirlemektedir. Tohum kalitesinin ölçülmesinde; genetik ve fiziksel safiyet, canlılık, güç (vigor), üniform tohum büyüklüğü, tohum kaynaklı hastalık ve zararlılar ile arazide tohum performansını etkileyen diğer faktörler gibi çeşitli parametrelerden yararlanılmaktadır (Doijode, 2006; Elias,

2006). Bu parametrelerden tohum canlılığı, tohum kalitesi kavramı içerisinde çok önemli bir yere sahiptir. Nitekim canlı olmayan bir tohumda, diğer kalite özelliklerinden bahsetmenin pratikte pek önemi olmayacaktır.

Kaliteli tohum, bitkisel üretiminde sağlanacak başarı için aşağıda belirtilen hususlar nedeniyle önemli bir rol oynamaktadır (Singh, 2011);

- ✓ Tohumun fiziksel sağlığını güvence eder,
- ✓ Üniform büyüme ve olgunluk sağlar,
- ✓ Zararlılar ve hastalıklardan arı, güçlü ve hızlı fide gelişimi sağlar,
- ✓ Kök gelişiminin daha iyi olmasını sağlar,
- ✓ Ürünün olumsuz stres koşullarına dayanıklılık gösterebilmesini sağlar,
- ✓ Ürünün gübreleme ile diğer girdilere daha iyi yanıt verebilmesini sağlar.

1.1.1. Fiziksel Özellikler

Fiziksel özellikleri iyi tohum; diğer tür ve çeşitlere ait tohumlar, yaygın yabancı ot tohumları ve mekanik zarar görmüş, renk bozulmaları olan, küçük ve düşük ağırlıklı tohumlardan arı, iyi kalitede tohum anlamına gelmektedir (McDonald ve Copeland, 1997). Tohum kalitesinin önemli bir kriteri, istenmeyen maddelerden arındırılmış olmasıdır. Sağlık, tohum partisinin ne kadar 'temiz' olduğunun bir ifadesi olup, sadece tohumun pazarlanabilirliğini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda yetiştiricinin satın aldığı çeşidin daha iyi performans göstermesini sağlar.

1.1.2. Genetik Özellikler

Tohumların genetik değeri, tarımsal üretimde kullanılan bir tohumluktan meydana gelen yeni bitkilerde ortaya çıkarak kendini gösteren tüm kalıtsal özelliklerin toplamıdır. Bu özellikler, elde edilecek ürünün sağlığı, kalitesi ve verimliliği için önemlidir. Sebze tohumlarının genetik özellikleri bitkisel üretimin temel taşıdır. Bu özellikler verimden, hastalık dayanımına ve besin değerine kadar birçok faktörü etkiler. Tohum kalitesi özelliklerinin genetik temelini anlamının aynı zamanda gıda güvenliği ve sürdürülebilirliği açısından da etkileri vardır. Küresel nüfus arttıkça, verimli ve dayanıklı ürünler sağlayabilecek nitelikteki kaliteli tohumlara olan talep artmaktadır. Islah

çalışmaları sayesinde, daha verimli ve aynı zamanda değişen çevre koşullarına uyum sağlayan yeni çeşitler geliştirilebilmektedir. Tohum çimlenmesine ilişkin moleküler bilgi birikiminin artması, artan bitki genom dizileme çalışmaları, markör destekli ıslah çalışmaları ile kantitatif genetik için kullanılan araçların artması ve gelecekte ıslah programlarına tohum kalitesinin de dahil edilmesi genetik özelliklerin iyileştirilmesinde önemli katkılar sağlayacaktır (Anonim, 2024a).

1.1.3. Fizyolojik Faktörler

Yüksek çimlenme oranı ve tohum gücü, arazi koşullarında homojen fide gelişimi ile yüksek verimi etkileyen önemli fizyolojik kalite göstergelerindendir. Nitekim, tohumun fizyolojik kalitesi, yetiştiricilik için tohumun gerçek değerini belirler. Tohumun sahip olduğu fizyolojik kalite, tohumun canlılık ve gücü gibi iki önemli özelliği kapsamaktadır (Marcos Filho, 2015; Costa ve ark., 2021). Bu iki özellik, farklı yetiştirme koşulları altında tohumun çimlenme ve tarlada iyi bir şekilde kök gelişim potansiyelini belirleyerek optimum popülasyonla istenen üretimin elde edilmesini sağlar. Tohumun uygun koşullar altında canlı kalabilme ve çimlenebilme yeteneği, genetik yapısıyla belirlenir ve dış faktörler tarafından kontrol edilir. Çimlenme ve canlılığın en üst düzeyde olduğu olgun tohumlar, sonrasında tamamen yaşayamaz hale gelene kadar kademeli bir düşüş yaşar. Yağlı tohumların, optimum koşullarda depolanmadığı takdirde, canlılık kaybı hızlıdır. Bir partideki tohumların fizyolojik durumları farklılık gösterebilir ve bu nedenle, test edildikten sonra bazı tohumlar sağlam ve normal fideler üretirken, bazıları anormal ya da zayıf fideler üretebilir veya hiç fide üretmeyebilir. Bazı türlerde ise tohumlar dormansi nedeniyle çimlenememektedir. Dolayısıyla, bir tohum partisinin uygun koşullar altında sağlıklı ve normal fideler üretme kabiliyetini çimlenme testleri yaparak değerlendirmek önemlidir. Bu testler, ISTA (Uluslararası Tohum Test Birliği) Tohum Test Kurallarına veya diğer resmi prosedürlere uygun olarak optimum nem, sıcaklık ve ışık koşullarını garanti eden laboratuvar koşullarında belirli bir süreyle gerçekleştirilmektedir. Çimlenme testi, tohumda kalite güvencesi için zorunlu gerekliliklerden biridir.

1.2. Tohum Kalitesi Ölçüm Yöntemleri

Dünya genelinde yetiştiriciler ettikleri tohum hakkında net bilgiler almayı beklemektedir. Öncelikle, satın almayı düşündükleri tür ve çeşidin uyumlu olmasını talep ederler. Bu anlamda genetik potansiyeli üstün bir genotipin ancak homojen bir popülasyondan elde edilebileceği göz önüne alındığında tohum çeşidinin ismine özgü olması gerekmektedir. İkinci olarak ise, ettikleri tohumun yabancı otlardan ve tohumdan bulaşan hastalıklardan arınmış bir şekilde gelişmesini isterler. Bu gereksinimlerin karşılanmasında ISTA tarafından geliştirilen ve standartlaştırılan kalite test yöntemleri uygulanmaktadır. Bu testler tohum kalitesinin sağlanması ve korunması için tohum üretimi ve pazara hazırlanması esnasında gerçekleştirilmektedir. Tohum testlerinde üzerinde durulan bu iki husus, çeşit ve saflık testleri, üreticinin istediği tür ve çeşidi, yabancı ot ya da diğer ürün tohumları ile karışmadan ekebilmesini sağlamaktadır. Test esnasında dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise uygulanacak tüm testlerin, ekilecek olan popülasyonu iyi temsil eden tohum partisinden alınmış numuneler üzerinde gerçekleştirilmesidir.

1.2.1. Laboratuvar Testleri

Çeşit Testi: Çeşit testinin iki önemli boyutu bulunmaktadır. Bunlardan ilki numunenin istenen tür ya da çeşit olduğundan emin olmak, ikincisi ise çeşidin saflığından, yani çeşidin diğer çeşitlerin tohumlarıyla karışık olup olmadığını kontrol etmektir. Çeşit saflığı bir çeşidin, örneğin iddia edildiği gibi tamamen F₁ çeşidi olup olmadığının ya da genetiği değiştirilmiş tohumlarla bulaş olup olmadığının kontrol edilmesi anlamına gelebilmektedir. Geleneksel çeşit test yöntemleri morfolojik ölçüm ve gözlemleri içermektedir. Bu yöntemle tohumun morfolojik özellikleri karşılaştırılabilmektedir. Örneğin tohum rengindeki farklılıklar çeşit karışımının olduğunu ortaya koyabilir. Ayrıca fide özellikleri laboratuvar da veya tarlada gözlemlenebilmekte yahut diğer bitki veya meyve özellikleri yine tarlada incelenebilmektedir. Modern çeşit test yöntemleri ise bir dizi biyokimyasal ve moleküler teknikleri içerebilmektedir (ElMasry ve ark., 2020). Biyokimyasal yöntemler, tohumların protein yapılarının elektroforez yoluyla analizini içermektedir. F₁ hibritleri ile ebeveyn hatların karşılaştırılmasında yararlı bir uygulamadır. Moleküler yöntemler ise, moleküler belirteçlerin kullanımını kapsamaktadır. Bu yöntemlerde DNA

ekstraksiyonu ile elde edilen DNA'nın çoğaltıldığı polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) işlemleri uygulanır. Moleküler yöntemlerde yaygın olarak mikrosatellitler ve tek dizi tekrarları (SSR) kullanılmaktadır. Diğer yandan genetiği değiştirilmiş tohum materyali tespitine ilişkin testler, ilgi uyandıran ve araştırılmaya konu edilen tohum testlerindendir. Bu kapsamda ise ELISA gibi protein bazlı yöntemler ve son nokta ve gerçek zamanlı PCR gibi DNA bazlı yöntemler de dahil olmak üzere birçok biyolojik test yöntemi kullanılmaktadır (Powell, 2009; Santhy, 2023).

Fiziksel Saflık Testi: Tohumların analitik saflığının analizi, bir tohum örneğinin diğer tohumlarla (yabani otlar ve diğer tür veya çeşitler) ve diğer bitki kalıntıları ve yabancı maddelerle ne ölçüde bulaş olduğunu inceler. Böylece çiftçinin satın aldığı tohumun aslında ne ölçüde arzu edilen ürün olduğunu ortaya koyar. Saflık analizi yöntemleri, tohum numunelerinin laboratuvarlarda mercekler ve mikroskoplar kullanılarak gözlemlenmesini ve tohumların çeşitli bölümlere ayrılmasını içerir. Manuel mercekler veya binoküler mikroskoplar küçük tohum gruplarının ve tohum parçalarının tanımlanmasına ve ayrılmasına yardımcı olmak için; elekler çer çöpü, toprağı, küçük tohum parçalarını ve diğer küçük partikülleri ayırmak için; üfleme makineleri ise sap saman ve boş çiçekler gibi hafif materyalleri tohum örneklerinden uzaklaştırmak için kullanılmaktadır. Fiziksel saflık test sonucu, bir numunede bulunan saf tohumun, teşhis edilen diğer tohumların ve inert materyalin ağırlıkça yüzdesini ortaya koyar (Powell, 2009).

Çimlendirme Testleri: ISTA Uluslararası Tohum Testi Kuralları, tarla ve sebze türlerini, ağaç ve çalıları, çiçek, baharat, ot ve tıbbi türleri kapsayan 600'den fazla tür için binlerce alternatif çimlendirme test yöntemi sunmaktadır (ISTA, 2024). Çimlenme testinin amacı, çimlenme için ideal koşulları sağlayarak tohumun maksimum potansiyelini ortaya çıkarmaktır. Çimlenme için ideal koşullar türler için ortam, sıcaklık ve zaman açısından farklılıklar göstermektedir. Çimlenme ortamı olarak kum, organik besiyeri, kağıt üstü veya kağıt arası tercih edilebilmektedir. Çimlenme için kullanılan sıcaklıklar sabit ya da dönüşümlüdür; bir süre belirli bir sıcaklık uygulanır, geriye kalan sürede ise belirlenen başka bir sıcaklık uygulanır. Diğer yandan ISTA Uluslararası Tohum Testi Kurallarına göre 5 günden 35 güne kadar değişebilen sürelerde çimlendirme işlemleri uygulanan türler bulunmaktadır. Çimlenme testinde

dikkate alınması gereken bir diğer husus ise tohum dormansisidir. Çoğu bitki türünde dormansinin varlığı, belirli bir çevresel uyarı almadıkları sürece ideal koşullar mevcut olsa bile canlı tohumun çimlenmeyeceği anlamına gelir. Bu özellik, tohumun yalnızca çevresel koşullar uygun hale geldiğinde fide oluşumu ve bitki gelişimi için çimlenmesine olanak tanıyan ve çimlenmeyi belli bir süreye yayan bir hayatta kalma stratejisidir. Dormansinin çeşitli türlerine ilişkin ayrıntılı tanımlar bulunmakla birlikte, genellikler fizyolojik ve fiziksel olmak üzere iki şekilde açıklanmaktadır (Baskin ve Baskin, 2000). Bu nedenle, çimlenme testi için gerekli şartlara ek olarak, birçok türde dormansiyi kırmak için gerekli ön işlemler de tanımlanmıştır. Fizyolojik dormansinin kırılması uygulanan işlemler arasında genellikle kısa dormansi dönemine sahip türler için geçerli olan kuru depolama, nemli ön soğutma, ön ısıtma, ışık ve çimlenme esnasında potasyum nitrat veya gibberellik asit uygulamaları yer almaktadır. Fiziksel dormansi ise çimlenmenin başlangıcında su alımını engelleyen sert bir tohum kabuğu nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Bu tohum kabuğu sertliği 24-48 saat suda bekletme, mekanik veya asit ile skarifikasyon yöntemleri ile giderilebilmektedir. Çimlenme testi öncesinde veya süresince dormansiyi kırmak için gereken işlemler ISTA kurallarında da bildirilmektedir. Çimlenme testinin sonucu normal fide, anormal fide, sert (kabarmamış), taze (yani nemli ama sıkı) ve ölü tohumların yüzdesi olarak rapor edilir (ISTA, 2018). Dormansi sebze türlerinde yaygın bir durum değildir.

a) Normal Fideler: Botanik anlamda kökçük oluşturmuş bir tohum çimlenmiş olarak kabul edilse de tohum testi için çimlenme oranı (%) yalnızca normal fidelere göre hesaplanır. Normal fidelerin değerlendirilmesinde bir standart sağlamak için aşağıdaki tanımlardan biri takip edilmelidir:

- Elverişli toprak ve uygun su, sıcaklık ve ışık koşullarında yetiştirildiğinde normal bir bitkiye dönüşme kapasitesi gösteren fideler.
- Yapay ortamlar üzerinde test edildiğinde aşağıda belirtilen tüm temel yapılara sahip fideler:
 - İyi gelişmiş bir kök sistemi (birincil kök içeren).
 - İletken dokuları zarar görmemiş, iyi gelişmiş ve sağlam bir hipokotil.

- İyi gelişmiş embriyonik yapraklı veya sürgün tomurcuklu sağlam bir epikotil.
- Monokotiledonlarda fideler için bir kotiledon ve dikotiledonlarda fideler için iki kotiledon.
- Genel olarak aşağıda belirtilen diğer temel yapıların sağlıklı ve düzgün gelişimini göstermeleri koşuluyla hafif kusurlu fideler:
 - Birincil kök hasarlı, ancak fideleri toprakta desteklemek için yeterli uzunlukta ve güçte birkaç ikincil kök.
 - Fidelerde yüzeysel hasar veya hipokotil, epikotil veya kotiledonlarda iletken dokulara hiçbir etkisi olmayan bir alanla sınırlı çürüme.
 - Sadece bir kotiledon içeren dikotiledon fideler.
- Bakteri veya mantarlardan zarar görmüş fideler, enfeksiyon kaynağının tohum olmadığı ve tüm temel yapıların mevcut olduğu tespit edilebildiğinde.

b) Anormal Fideler: Elverişli toprak ve uygun su, sıcaklık ve ışık koşullarında yetiştirildiğinde normal bitkilere dönüşme kapasitesini göstermeyen fideler anormal fidelerdir.

Aşağıda belirtilen kusurlara sahip fideler farklı şekilde sınıflandırılır:

- **Hasarlı fideler:** Kotiledonu olmayan; epikotil, hipokotil veya kökün iletim dokularını etkileyen daralma, yarık, çatlak veya lezyonları olan zarar görmüş fidelerdir.
- **Deforme olmuş fideler:** Spiral bir şekilde kıvrılmış veya bodur sürgün tomurcukları, hipokotiller veya epikotiller; şişmiş sürgünler ve bodur kökler, yeşil yaprağı olmayan bölünmüş sürgün tomurcukları veya koleoptiller; zayıf gelişmiş fideler, kotiledonların ortaya çıkmasından sonra hiçbir gelişme olmaması gibi temel yapıların yetersiz veya dengesiz geliştiği fidelerdir.
- **Çürümüş fideler:** Enfeksiyon kaynağının tohum olduğunu gösteren kesin kanıtlar olmadığı sürece, fidelerin temel yapılarından herhangi birinin normal gelişimi engelleyecek şekilde hastalıklı veya çürümüş olması.

c) Sert Tohumlar: Tohum kabuğunun geçirimsiz olması nedeniyle suyu emmediği için test süresinin sonunda sert kalan tohumlar.

d) Taze tohumlar: Test süresinin bitiminde henüz çimlenmemiş olan ancak sert olmayan, temiz ve sağlam kalan ve görünüşe göre canlı olan tohumlardır.

e) Ölü Tohumlar: Test süresinin sonunda ne sert ne de taze olan ve herhangi bir fide kısmı üretmemiş olan tohumlardır. Bu tohumlar çöküktür ve testin sonunda bastırıldığında içinden macuna benzeyen doku parçaları çıkar.

Tetrazolium Testi: Boyama maddeleri kullanılarak tohum embriyo dokusunun ne derece canlı olduğunun hızlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlayan biyokimyasal bir testtir. Testte kullanılan boyama maddesi 2, 3, 5 trifenil tetrazolyum klorürdür ve bu madde tohum dokusundaki aktif solunum enzimleriyle reaksiyona girerek kırmızı bir renk oluşturur. Yani doku kırmızıya boyanıyorsa canlı demektir. Farklı türlerin tohumlarda normal bir bitki oluşabilmesi için hangi dokuların ne ölçüde canlı olması gerektiği araştırma konusu olmuştur. Canlı bir tohumda çimlenme için hangi yapıların boyanmış olması gerekliliği ile birlikte türe bağlı bazı farklılıkların olabileceği görülmüştür. Tohumun boyanmayan kısımlarındaki küçük miktarlarda ölü doku canlılık için kabul edilebilir sonuçlar olarak değerlendirilmektedir. Tetrazolium testi, bir tohum partisinin canlılığının hızlı bir şekilde belirlenmesinin gerekli olduğu ve çimlenme testinin çok uzun süreceği durumlarda oldukça kullanışlıdır. Özellikle tohumların hasattan hemen sonra ekilmesi gerektiği durumlarda, dormansi gösteren tohumlarda, çok yavaş çimlenme gösteren tohumlarda veya çimlenme potansiyelinin çok hızlı bir şekilde tahmin edilmesi gereken durumlarda kullanılabilir. Ayrıca çimlendirme testinin sonunda çimlenemeyen ve uykuda olan ancak ölmemiş tohumların canlılığını belirlemek için de kullanışlı bir yöntemdir. Bu yöntem, hasat ve işleme sırasında ısı ve mekanik tahribat gibi hasarları tespit etmek için de kullanılmakta ve böylece daha az zarar veren tekniklerin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Tohumun hazırlanması, boya konsantrasyonu ve boyama zamanı ve sıcaklığı ile ilgili detaylar ISTA kurallarında (ISTA, 2018) yer almaktadır.

Çimlenme testleri, bir tohumun çimlenme ve arazide çıkış yeteneğinin öncelikli değerlendirmesidir. Ancak, her ne kadar standart çimlenme testinin sonuçları elverişli tarla koşullarında çimlenme ve çıkış gücü oranları arasında iyi bir korelasyon sağlasa da bir tohum partisinin soğuk ve yüksek su oranına

sahip topraklar gibi olumsuz tarla koşullarında ürün oluşturma yeteneğini ortaya koymada yetersiz kalabilmektedir. Birçok türde, laboratuvar çimlenme oranları yüksek olan tohum partilerinin, tarlada farklı çıkış oranı gösterdiği durumlar tanımlanmıştır. Bu durum küçük tohumlu sebze türleri (Matthews, 1980), çeşitli sebze türleri (Perry, 1973; Bekendam ve ark., 1985), şeker pancarı (Perry, 1973; Akesson ve Widner, 1980; Matthews, 1980) ve mısır (Nijenstein, 1986; Bekendam ve ark., 1985) gibi birçok türde problem olarak gösterilmiştir. Laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen çimlendirme testlerinde yüksek çimlenme oranlarına sahip bir tohum partisi tarlada, özellikle kötü tarla koşullarında, düşük çıkış oranı sergileyebilmektedir. Bu nedenle kaliteli tohum üretimi için çimlenme oranından daha fazla fizyolojik bilgi sağlayan ve ‘tohum gücü’ olarak adlandırılan performans değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (ISTA, 1995).

Tohum Gücü Testleri: ISTA tohum gücünü, geniş bir çevresel yelpazede kabul edilebilir çimlenme yeteneğine sahip tohum lotlarının etkinliğini ve performansını belirleyen özelliklerin toplamı olarak tanımlanmıştır (ISTA, 2022). ISTA’ya göre tohum gücü testlerinin amacı, tohum lotlarının değişen çevresel koşullardaki ekim değeri ve/veya depolama potansiyeli hakkında bilgi sağlamaktır. Bu testler çimlenme hızı, homojen çimlenme, fide gelişimi, elverişsiz ortamdaki çıkış oranı ve depolama sonrası performans gibi canlı tohumların performansını ortaya koyan testlerdir. Yüksek çimlenme oranına sahip ancak tarlada kötü çıkış gösteren tohum partileri için gücü düşük tohumlar denilmektedir. Düşük güçteki tohumlar yavaş çimlenme hızına sahip değişken boyutlarda fideler meydana getirirken, tohum gücü yüksek olanlar hızlı ve eş zamanlı çimlenme gösterirler ve daha büyük ve üniform fideler meydana getirirler. Ayrıca, güçlü tohumlar daha iyi depolama potansiyeline sahipken, gücü düşük tohumlar depolama süresi boyunca çimlenme yeteneğini daha hızlı kaybeder. Çimlenebilir tohumların güç farklılıkları, tohum yaşlanma süreciyle açıklanabilir. Çimlenme oranının daha yavaş düştüğü dönemde tohumlar yaşlanır. Daha sonra tohum partisindeki ölüm oranı artar ve çimlenme oranı hızla düşer. Güç farklılıkları, çimlenmedeki yavaş düşüşün başlangıcındaki bir tohum partisinin fizyolojik olarak genç ve yüksek canlılıkta olduğu, düşüş eğrisinin sonundaki bir tohum partinin ise fizyolojik olarak yaşlı ve düşük güçte olduğu gerçeği ile ortaya koyulmaktadır.

Bu bağlamda tohum gücü, tohum çimlenme oranı ve homojenliği, fide büyümesi, elverişsiz ortamlarda çıkış yeteneği ve depolama sonrası performans dahil olmak üzere genel tohum performansından sorumlu kantitatif bir özelliktir. Bu özellik genetik faktörler, başlangıçtaki tohum kalitesi, üretim koşulları, hasat ve depolama koşulları tarafından kontrol edilmektedir.

Son yıllarda tohum gücü testi geliştirme çalışmalarına çeşitli yaklaşımlar getirilmiştir. Bunlardan bazıları ISTA onaylı testlere yeni türlerin eklenmesi; ISTA onaylı testlerin değiştirilmesi, ISTA tarafından doğrulanan testlerin daha geniş bir tür yelpazesine uygulanma potansiyelinin araştırılması; güç testlerinde fizyolojik değerlendirmelerin (solunum vb.) kullanılması ve ileri teknolojinin farklı formlarının (görüntü analizi, yakın kızılötesi görüntüleme vb.) uygulanmasıdır (Powell, 2022). Bilgisayarlı görüntü analizi kullanılarak canlılık ve gücün değerlendirilmesine yönelik ilerlemeler, bu yöntemin soya fasulyesi (Lee ve ark., 2017), havuç (Marchi ve Cicero 2017), mısır (Castan ve ark., 2018) ve soğan (Gonçalves ve ark., 2017) dahil olmak üzere çok sayıda üründe etkili olduğunu kanıtlamıştır.

Tohum gücü testleri, tohumun yaşlanma sürecindeki metabolik aktivitesini ve performansını değerlendirir. Güç testleri fiziksel, fizyolojik ve biyokimyasal testler olmak üzere üç gruba ayrılarak da incelenebilmektedir. Fiziksel testlerde, tohum olgunluğu ile ilişkili olması bakımından, tohum büyüklüğü, şekli ve ağırlığı incelenmektedir. Fizyolojik testlerde, çimlenme veya fide büyümesi ile ilgili çeşitli ölçümler yapılmaktadır. Biyokimyasal testlerde ise, çimlenme ve güç ile ilişkili olarak çeşitli kimyasal reaksiyonlar (örneğin; enzim aktivitesi veya solunum) değerlendirilir (Sivritepe, 2011). Ancak bunlardan sadece bazıları ISTA ve/veya AOSA kurumları tarafından tavsiye edildiği üzere resmi olarak kullanılmaktadır. ISTA, kalitenin vigor testleri ile değerlendirilebileceği ve karşılaştırılabileceği bir çerçeve sağlamaktadır. ISTA tohum gücü değerlendirme komitesi, tohum gücü test yöntemlerinin performansını, güç test yönteminin tekrarlanabilirliği ve test sonuçları ile tarladaki fide çıkışı arasındaki ilişkiye göre değerlendirmektedir.

Fiziksel Testler

Tohum ağırlığı ve boyutu: Tohum gücü tahminlerinde tohum boyutu ve ağırlığı baz alınarak değerlendirme yapılabilmektedir. Genel olarak yüksek

ağırlığa sahip büyük tohumlar, küçük ve hafif tohumlara göre daha iyi tohum gücüne sahiptir.

Performansa dayalı testler

Hızlı çimlenme, tohum gücü kavramının önemli bir bileşeni olup genellikle hızlı fide gelişimi ve tarla çıkışına işaret etmektedir. Fide gelişim parametrelerine dayanan bu testlerin yapılması oldukça basittir ve genellikle çimlenme için kullanılan malzemelerin dışında özel bir ekipman gerektirmez. Bu tür güç testleri, çimlendirme testinin ilk sayımı, çimlenme oranı veya fide çıkışı, ortalama çimlenme süresi, fide gelişimi (uzunluk veya kuru ağırlık), fide güç indeksleri ve son zamanlarda radikula çıkış oranı (kökçük çıkışı) dahil olmak üzere fide performansını esas alarak gerçekleştirilmektedir.

Radikula çıkış testi: Çimlenme hızının yavaş olması, tohum yaşlanmasının ilk fizyolojik ifadesi olup, güç kaybının temel göstergelerinden birisidir. Radikula çıkışı, tohumun nemlendirilmesinden sonra belirli bir dönem içerisinde normal fidelerin erken ve geç sayımı ile değerlendirilir. Radikula çıkış testi, 2 mm'ye ulaşan köklerin sayımı ile gerçekleştirildiği için güç tahmini açısından nispeten daha hızlı bir testtir. Mısır, patlıcan ve turp için kabul edilmiş bir vigor testidir (ISTA, 2017). Hızlı kökçük çıkışı, yüksek gücün bir göstergesi olarak kabul edilmektedir.

Stres Testleri

Aşağıda ayrıntılı olarak açıklanan testler, tohum üzerinde stres koşulları oluşturan stres testleridir ve stres koşulları altında tohumların performansına bağlı olarak tohum partisinin kalitesi güç açısından ölçülmektedir.

Serin çimlendirme testi: Özellikle pamuk tohumu için geliştirilen bu test, 18 °C'de nem içeriği kontrol edilen rulo kağıt havlular arasında normal çimlenen fideler değerlendirilerek gerçekleştirilir. Pamuk tohumu 12-40 °C arasındaki sıcaklıklarda çimlenebilmektedir. Ancak test sıcaklığı olan 18 °C, çimlenme için en ideal kabul edilen 24-34 °C aralığının altında bir sıcaklıktır. Dolayısıyla tohumlar bu sıcaklıkta daha yavaş çimlenmektedir.

Soğuk testi: Soğuk testi, toprağın nemli ve soğuk olduğu durumlarda tohumun düşük sıcaklık stresine dayanma kabiliyetini ölçmekte ve erken ilkbahar ekimi sırasında yaşanan zayıf fide gelişiminin engellenmesine katkıda

bulunmaktadır. Bu test mısırdaki tohum canlılığını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Caseiro ve Marcos-Filho, 2000). Yöntemde tohumlar mısır tarlasından alınan toprağa (tarla koşullarını ve mikrobiyal yükü benzetmek için) ekilir ve 7 gün boyunca düşük sıcaklığa (10 °C) maruz bırakılır, ardından tohum çimlenmesi değerlendirilir. Soğuk test sonrasında yüksek çimlenme gösteren tohum partilerinin güçlü olduğu rapor edilmektedir. Bu test hem ISTA (1995) hem de AOSA (1983) tarafından bildirilmiştir, ancak test yöntemindeki standardizasyonun zor olması nedeniyle önerilmemektedir (Matthews ve Powell, 2009).

Hiltner (Tuğla-çakıl) testi: “Hiltner Tuğla Çakıl Testi” veya “Hiltner Testi” ilk olarak Hiltner ve Ihssen (1911) tarafından geliştirilmiştir. Hiltner testi başlangıçta patojenlerle, özellikle de *Fusarium* cinsi mantarlarla enfekte olmuş tohumları belirlemek için kullanılmıştır (Hiltner ve Ihssen, 1911). Hiltner testinde tohumlar 2-3 mm nemli tuğla çakılları veya kum üzerine ekilir ve 3-4 cm kalınlığında nemlendirilmiş tuğla çakıllarıyla kaplanır. Daha sonra tohumlar sabit sıcaklıkta ve karanlıkta çimlendirilmektedir. Mantar hastalığı etmenleri taşıyan, mekanik olarak hasar görmüş veya depolama sırasında bozulmaya uğramış güçsüz tohumlar tuğla-çakıl katmanlarından çıkamayacaktır. Test süresinin sonunda, tohum partisinin güç seviyesini belirlemek için normal çıkan fideler değerlendirilmektedir. Çakıl tabakasından çıkan fide sayısı ne kadar yüksekse, tohum partisinin gücü de o kadar yüksek demektir. Bu yöntemin prensibi, zayıf fidelerin tuğla çakıllarının oluşturduğu baskısının üstesinden gelmek için yeterli güç ortaya koyamaması ile ilişkilidir (Nautiyal ve Perihar, 2013). Hiltner testi tahıl tohumlarının güç seviyelerini belirlemek için uygun görülmüştür (Vujaković ve ark., 2003; Yadav ve ark., 2024). Kağıt delme testi (Fritz, 1965) de prensip olarak Hiltner tuğla çakıl testine benzerdir. Bu testte ise nemli bir kağıt tabakası ile kaplanmış kumda çıkış ölçümü yapılmakta ve yüksek güçteki tohum partileri kağıdı delerek dışarı çıkabilmektedir.

Hızlandırılmış yaşlandırma testi: Hızlandırılmış yaşlandırma testi en yaygın kullanılan güç testidir. Bu test, Delouche ve Baskin (1973) tarafından çeşitli türlerin depolama potansiyelini değerlendirmek için geliştirilmiş ve McDonald ve Phannendranath (1978) tarafından da bir güç testi olarak

önerilmiştir. Bu testte tohumlar belirli bir süre boyunca nispeten yüksek sıcaklık (40-45 °C) ve neme (%90-100 bağıl nem) maruz bırakılır, bu durum özellikle düşük güçteki tohumlarda bozulma ile metabolik inaktivasyona neden olur. Hızlandırılmış yaşlandırma testi sonrasında yüksek çimlenme yüzdesi gösteren partiler, düşük çimlenme yüzdesi gösteren partilere kıyasla daha yüksek güce sahiptir (Baalbakı ve ark., 2009). ISTA bu canlılık testini sadece soya (*Glycine max*) için onaylamıştır (ISTA, 2015). Bununla birlikte hızlandırılmış yaşlandırma testi, sebze türlerinin de içinde bulunduğu birçok türün tohum gücünü değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Demir, 2004; Dutra ve Vieira, 2006; Hyatt ve Tekrony, 2008; de Tunes ve ark., 2013; da Silva Almeida ve ark., 2014; Ortiz ve ark., 2024). Hızlandırılmış yaşlandırma testleri, tohum patilerinin depolanma ve arazi çıkış potansiyelleri hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır (Marcos Filho, 2015). Ancak küçük boyutlu tohum türleriyle yapılan çalışmalarda, testten sonra numunelerin nem içeriğinin çok hızlı değişmesi nedeniyle tutarsız sonuçlar gözlenmiştir (Ramos ve ark., 2004). Bu türlerin tohumları ile yapılacak hızlandırılmış yaşlandırma testlerinde, suyun tuzlu su çözeltileri ile değiştirilmesi gibi alternatifler önerilmiştir (Jianhua ve McDonald, 1996; Bennett ve ark., 2004).

Kontrollü bozulma testi: Kontrollü bozulma testi Matthews (1980) tarafından geliştirilmiştir ve tohumun tarla ekim potansiyelinin tahmin edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu test, tohumların yüksek sıcaklık ve nem koşullarında hızlı yaşlandırmaya tabi tutulması bakımından hızlandırılmış yaşlandırma testine oldukça benzemektedir. Bununla birlikte, hızlandırılmış yaşlandırma testinde tohum nemi testin başlangıcından itibaren kademeli olarak artarken, kontrollü bozulma testinde tohumlar önce yüksek neme dengelenir (%20) ve ardından yüksek sıcaklık stresine maruz bırakılır. Hızlandırılmış yaşlandırmada tohumlar yüksek bağıl nemde belli bir süre tutulur ve bu süre zarfında tohumun nem içeriği artar. Buna karşın, kontrollü bozulma testi sırasında, tohumlar yüksek sıcaklıkta yaşlandırılmadan önce nem içeriği kesin olarak %20'ye yükseltilir, böylece tüm tohum partileri aynı koşullar altında bozulur. Her iki test de hızlandırılmış yaşlandırma için 120 (Demir ve ark., 2004) veya 144 saat (Mavi ve Demir, 2007a, b); kontrollü bozulma için 96 saate (Mavi ve Demir, 2005) varan bozulma süresi gerektirmektedir. Bozulma süresinin akabinde test edilen türe bağlı olarak 14 güne kadar sürebilen bir

çimlenme testi gerçekleştirilir. Testin süresini kısaltmaya yönelik kontrollü bozulmadan sonra kökçük çıkışı testinin doğruluğuna ilişkin çalışmalar yapılmaktadır (Eksi ve Demir, 2011; Ermiş ve ark, 2015). Bununla birlikte bozulma sonrası elektriksel iletkenlik ölçümleri de testin süresini kısaltmaya yönelik bir diğer yöntem olarak gösterilmektedir (Ma ve ark., 2020). Diğer yandan, tohum nem içeriğini arttırmaya ve bozulma sonuçlarını değerlendirmeye yönelik alternatif yollar sağlamak amacıyla kontrollü bozulma testinde değişiklikler yapılmıştır. Buna göre tohum neminin %20'ye çıkarılması ve tohumlar arasında nem dengesinin sağlanması işlemlerinin eş zamanlı olarak gerçekleştirildiği 'su ekleme, yuvarlama' yöntemi ile artırılabilir (ISTA, 2022). Kontrollü bozulma testi özellikle küçük boyutlu sebze tohumlarının güç testinde tavsiye edilmektedir (Matthews, 1980; ISTA, 1995). ISTA bu testi *Brassica* türlerinin tohumlarını test etmek için onaylamıştır (ISTA, 2022).

Ozmotik stres testi: Tohumların araziye ekildiği dönemde genellikle kuraklık stresine maruz kalmakta ve bu nedenle çıkış oranları düşmektedir. Bu kurak koşulların laboratuvarında toprak, toprak çözeltisi ve diğer çözelti sistemleri kullanılarak taklit edilmesi mümkündür. Bu gibi uygulamalarda, toprak koşullarını standartlaştırmak zor olduğu için bir çözelti yöntemi tercih edilmektedir. Bu yöntemde tohumlar, ozmotik potansiyelleri ayarlanmış NaCl, gliserol, sukroz, mannitol ve polietilen glikol (PEG) gibi çözeltiler kullanılarak çimlendirilmektedir. Ancak bazı düşük molekül ağırlıklı ozmotik maddeler (NaCl, gliserol, sukroz ve mannitol) çimlenmekte olan tohumların hücrelerine girerek toksik etkilere neden olabilmektedir (Sivritepe, 2011). Bu anlamda yüksek molekül ağırlıklı PEG, gerçek kuraklığa benzer etki oluşturan kullanışlı bir bileşendir. PEG 6000 çözeltilerinin farklı konsantrasyon ve sıcaklıklardaki ozmotik potansiyelleri Michel ve Kaufmann (1973) tarafından belirlenmiştir.

Biyokimyasal testler

1. GADA testi: GADA (Glutamik Asit Dekarboksilaz Aktivitesi) çimlenme sırasında önemli bir solunum enzimidir. Bu enzimin aktivitesi canlılığın tahmin edilmesine yardımcı olmaktadır. Bu anlamda canlılık değerlendirmesi glutamik asit dekarboksilaz enzim aktivitesinin tahminine dayanmaktadır (Basu ve Groot, 2023). Tohum canlılığı, tohumların solunum

hızıyla orantılıdır; yani solunum hızı ne kadar yüksekse, karbondioksit salınımı ve dolayısıyla canlılık da o kadar yüksek olur. Bu test, tohum gücü değerlendirilmesinde ozmotik stres toleransı, solunum hızı ve adenosin trifosfat (ATP) içeriği gibi diğer ölçümlerle birlikte kullanılan bir dizi testin bir parçasıdır.

2. Tetrazolium (TZ) güç testi: Özellikle hızlı bir canlılık testi olarak kullanılır. Fakat Kittock ve Law (1968), boyanmış embriyoların veya kotiledonların renk yoğunluğuna dayanarak tohumların canlılık tahmini için de kullanılabileceğini bildirmiştir. TZ testinin prensibi, solunum işlemi sırasında canlı tohum dokularında dehidrojenaz aktivitesinin varlığına dayanmaktadır. Dehidrojenaz, renksiz 2,3,5 trifenil tetrazolyum klorür çözeltisini kırmızı boya formazan halinde katalize edebilir. Bu nedenle, tetrazolyum klorürü emen tohumların canlı dokuları kırmızıya boyanırken, ölü dokular doğal renklerini koruyacaktır. ISTA, tetrazolium testini çok sayıda ürünün tohum canlılığının değerlendirilmesi için (Leist ve ark., 2003) ve soya (*Glycine max*) için tohum gücü testi olarak doğrulamıştır (ISTA, 2015).

3. Solunum katsayısı testi: Solunum işlemi sırasında tohumlar oksijen alır ve karbondioksit açığa çıkartır. Ortaya çıkan karbondioksit hacminin birim zamanda tüketilen oksijen hacmine oranı solunum katsayısı olarak adlandırılır. Tohumların solunum hızı, ne kadar aktif olarak metabolize olduklarını ve enerji ürettiklerini yansıtır. Daha yüksek solunum hızları, daha fazla metabolik aktivite ve canlılık demektir. Bu anlamda tohumun solunum katsayısının yüksek olması onun canlılığı ve gücünün yüksek olduğunu göstermektedir.

4. Solunum aktivitesi testi: Solunum aktivitesi testi, tohumun su emme işleminin başlamasından sonra hücre içindeki organik maddelerin oksidasyonundan kaynaklanan solunum işlemi esnasında tohumdan salınan karbondioksit miktarını ölçer. Bu anlamda, hücrelerde bulunan yüksek miktardaki rezerv organik maddenin oksidasyonuna bağlı yüksek solunum oranları güçlü tohumlar ile ilişkilendirilmektedir (De Sousa Leite ve ark., 2018).

5. İletkenlik testi: Bu test, tohum canlılığı ile ilişkili olan hücre zarlarının bütünlüğünü ölçer. Test, tohum yaşlanması sırasında hücre zarının bozulduğu, zayıf membran bütünlüğüne sahip olan tohumların canlılığının azaldığı ve dolayısıyla çözeltinin elektrik iletkenliğini artırarak suyun içine daha fazla çözünen madde salınmasına neden olduğu hipotezine

dayanmaktadır. Tohumlar, iyonlardan arındırılmış suda belirli bir süre bekletilerek tohum sızıntı maddelerinin bekletme suyuna geçmesi sağlanır. Suyun elektrik iletkenliği tohumun canlılığı ile ters orantılıdır. İletkenlik testi, yaşlanma sırasında artan ölü doku miktarının iyon sızıntısına neden olduğu büyük kotiledonlara sahip türlerde kullanılabilir. Bu nedenle, ISTA kurallarında testin uygulama potansiyeli genellikle tane baklagiller (*Pisum sativum* L., *Glycine max* L. Merr., *Phaseolus vulgaris* L., *Cicer arietinum* L.,) için doğrulanmıştır (ISTA, 2022). Bununla birlikte turp (*Raphanus sativus* L.; ISTA, 2022), soğan (*Allium cepa* L.; İlbi ve Eser, 2006), tere (*Lepidium sativum* L.; Demir ve ark., 2019) ve lahanada (*Brassica oleracea* var. *capitata*; Matthews ve ark., 2009) yapılan çalışmalar, iletkenlik testinin küçük tohumlu dikotiledon türlerde de uygulanabileceğini göstermiştir. Ek olarak iletkenlik testi sonuçlarının mısır (Sivritepe ve ark., 2015) ve soya fasulyesi (Prado ve ark., 2019) için tarla çıkışı ile önemli ölçüde ilişkili olduğu bildirilmektedir.

1.2.2. Alan Testleri

1.2.2.1. Ön Bitki

Tohum üretiminin yapılacağı alanlarda hangi ön bitkilerin yasak olduğu Türkiye’de ilgili yönetmelikte geniş bir liste ile belirtilmiş ve hangi türlerde hangi ön bitkilerin yasak olduğu sıralanmıştır (Tablo 2). Bununla birlikte söz konusu yönetmelikte "Fideden üretilen tohumluklarda ön bitki şartı aranmaz" denilerek birçok sebze türünde ön bitki şartının aranmayacağı da dolaylı olarak ifade edilmektedir (Anonim, 2008).

Ön bitki ve tarla temizliği şartı:

Sebze tohumluğu üretilen tarla veya seralarda aranacak şartlar aşağıda sıralanmıştır.

- a. Tohumu, üretilen tohumdan zor ayrılabilen kendi gelen bitkiler bulunmamalıdır.
- b. Yabancı döllenebilen sebeplerle kendi gelen bitkiler bulunmamalıdır.
- c. Tohumla geçen hastalıkları nakleden kendi gelen bitkiler bulunmamalıdır.
- d. Ön bitki, toprakla bulaşan herhangi bir hastalık etmenini taşıma riski en az olan bir bitki olmalıdır. Böyle bir durum varsa gerekli tedbirler alınmış olmalıdır.

e. Tohum üretilen tarla yabancı ve zararlı yabancı otlardan mümkün olduğu kadar arınmış olmalıdır.

f. Aşağıda her sebze turu için belirtilen ekim nöbeti şartı aranır.

Tablo 2: Sebze tohumluğu üretim alanlarında ön bitki şartında dikkat edilecek hususlar (Anonim, 2008).

Türler	Ön bitki şartı
Acur	Tarlada 1 yıl süre ile acur ve hıyar üretilmemiş olmalıdır.
Bakla	Tarlada 2 yıl süre ile bakla üretilmemiş olmalıdır.
Bamya	Tarlada 3 yıl süre ile bamya, ebegümeci ve gülhatmi üretilmemiş olmalıdır.
Biber, domates, patlıcan	Tarlada 3 yıl süre ile domates, biber ve patlıcan üretilmemiş olmalıdır.
Dereotu	Tarlada 1 yıl süre ile dereotu üretilmemiş olmalıdır.
Enginar	Tarlada 3 yıl süre ile enginar üretilmemiş olmalıdır.
Havuç	Tarlada 2 yıl süre ile havuç, yabani havuç, kereviz ve maydanoz üretilmemiş olmalıdır.
İspanak	Tarlada 2 yıl süre ile ıspanak üretilmemiş olmalıdır.
Bal kabağı, sakız kabağı	Tarlada 3 yıl süre ile helvacı ve sakız kabağı, hıyar, kavun ve karpuz üretilmemiş olmalıdır.
Karnabahar	Tarlada 3 yıl süre ile lahanalar, trup, yabani hardal, kolza, karnabahar üretilmemiş olmalıdır.
Karpuz, kavun, hıyar	Tarlada 3 yıl sine ile kabak, hıyar, kavun, karpuz üretilmemiş olmalıdır.
Kereviz	Tarlada 2 yıl süre ile sap kereviz ve kök kereviz üretilmemiş olmalıdır.
Kuşkonmaz	Ön bitki şartı yoktur.
Kırmızı lahana, beyaz lahana, kara lahana Brüksel lahanası, brokoli	Tarlada 3 yıl süre ile lahanalar, trup, yabani hardal, kolza, karnabahar üretilmemiş olmalıdır.
Baş salatalar, marul, kıvırcık salata	Tarlada 2 yıl süre ile marul, kıvırcık salata ve baş salata üretilmemiş olmalıdır.
Maydanoz	Tarlada 2 yıl süre ile maydanoz üretilmemiş olmalıdır.
Pazı	Tarlada 2 yıl süre ile pazı üretilmemiş olmalıdır.
Pırasa, sarımsak, soğan	Tarlada 3 yıl süre ile sarımsak, soğan ve pırasa üretilmemiş olmalıdır.
Roka	Tarlada 3 yıl süre ile roka üretilmemiş olmalıdır.
Yemeklik pancar	Tarlada 2 yıl süre ile şeker pancarı, pazı, yemeklik pancar üretilmemiş olmalıdır.
Semizotu	Tarlada 1 yıl süre ile semizotu üretilmemiş olmalıdır.
Bezelye	Tarlada 1 yıl süre ile börülce, fasulye ve bezelye üretilmemiş olmalıdır.

Taze fasulye	Tarlada 1 yıl süre ile fasulye ve bezelye üretilmemiş olmalıdır.
Tere	Tarlada 3 yıl süre ile tere üretilmemiş olmalıdır.
Turp	Tarlada 3 yıl süre ile turp ve lahanaya üretilmemiş olmalıdır.

1.2.2.2. İzolasyon Mesafesi

Orijinal ve sertifikalı kademede yer alan bitkiler için dört farklı kategoride izolasyon mesafeleri belirlenmiştir (Anonim, 2008). Tohumluk tarlaları her çeşit polen ve tohumla geçen hastalık bulaşmasına karşı izole edilmelidir (tohumla geçen virüs enfeksiyonu ve hastalık kaynağı olabilecek yabancı bitkiler dahil). İzolasyon mesafeleri sebze türleri için tohumluğun sınıfına göre aşağıda belirtilen mesafelerden daha az olmamalıdır (Tablo 3). Bu mesafeler, üretilen tohumluklarla aynı zamanda çiçeklenen diğer tohumluklara veya sebze olarak yetiştirilenlere de uygulanır. Şayet, istenmeyen polen kaynakları ve tohumla geçen hastalıklar için yeterli bir engel varsa, bu mesafeler dikkate alınmayabilir (Örnek: Afid geçirmeyen seralar içinde yapılan üretim).

Tablo 3: Orijinal ve sertifikalı bitkiler için izolasyon mesafeleri (Anonim, 2008).

Türler	İzolasyon Mesafesi
Yabancı polen bozulmaya yol açtığında Beta ve Brassica türlerinde	Orijinal: 1000 m
	Sertifikalı: 600 m
Beta ve Brassica türlerini etkileyen diğer yabancı polen kaynaklarından	Orijinal: 500 m
	Sertifikalı: 300 m
Yabancı polen diğer bütün çapraz döllenen türlerde bozulmaya neden olduğunda	Orijinal: 500 m
	Sertifikalı: 300 m
Diğer bütün çapraz döllen türleri etkileyen başka yabancı polen kaynaklarından	Orijinal: 300 m
	Sertifikalı: 100 m

1.2.2.3. Tarla Kontrolleri

Tarla denetimleri, ilgili sertifikasyon kuruluşu tarafından başvurusu alınan tüm alanlarda gerçekleştirilir. Tarla denetiminin amacı, çoğaltma sırasında tohumların genetik saflığını ve fiziksel sağlığını etkileyebilecek

faktörleri kontrol etmek için gerekli özenin gösterildiğini doğrulamaktır. Tarla denetimlerinin sayısı türden türe ve sertifikasyon programlarına göre farklılık gösterir. Genel olarak, tarla denetimleri çiçeklenme öncesi, çiçeklenme, hasat öncesi ve hasat aşamalarında en az iki veya daha fazla kez gerçekleştirilir (Kumar ve ark., 2023). Tarla denetimi sırasında izolasyonlar doğrulanır; tip dışı bitkilerin, diğer ürünlerin, yabancı ot kontaminasyonlarının ve hastalıklı bitkilerin varlığı kontrol edilir ve gerekirse tohum üreticilerine gerekli önlemleri almaları için rehberlik edilir. Tanımlanan standartlara uymayan ve kontamine olmuş tarlalar sertifikasyon için reddedilir. Yönetmelikte tarla kontrollerinin "%50 çiçeklenme dönemi ve pazar olgunluğu dönemi" olmak üzere iki kez gerçekleştirileceği belirtilmiş ancak kontrol oranı hakkında detay verilmemiştir (Anonim, 2008). Tarla kontrol zamanı, yetiştirici tarafından, bitki tarla kontrol devresine girmeden bir hafta kadar önce görevli ekspere bildirilir.

Tarla kontrol usul ve tekniği:

- Bakanlık tarafından görevlendirilen eksper, tarla kontrol zamanını geçirmeden, bakanlık tarafından kendisine gönderilen beyannameleri yanına alarak görev yerine gider.
- Eksper, kontrol edeceği tarla hakkında genel bir fikir edinmek üzere tarlayı önce iyice gezer. Bu sırada belirtilen ön bitki ve izolasyon mesafesi şartlarına uyulup uyulmadığını kontrol eder. Bu şartlara uyulmadığını saptadığı takdirde tarlayı aşağıda belirtilen yöntemle göre kontrole devam eder, ancak tarla muayene raporunun düşünceler bölümünde durumu belirtir.
- Sebzeler için tarla muayenesine esas alınacak birim 100 bitkidir.
- Eksper tarla kontrolünü yaparken tarlanın hemen kenarından olmamak şartı ile herhangi bir yerinden seçeceği 100 bitkilik alandaki,
 - ✓ Diğer çeşitleri
 - ✓ Orabanjlı bitkileri (Standardı olanlarda)
 - ✓ Hastalıklı bitkileri sayar. Eksper, birim büyüklük üzerinde yaptığı bu işlemi, tarlanın büyüklüğüne göre;
 - Arazinin alanı 1 da kadar ise 5
 - Arazinin alanı 1-10 da ise 10
 - Arazinin alanı 10 da' dan fazla ise 15 birim saha üzerinde tekrarlar.

- Her defasında 100 bitkilik birimin seçimi, tarlanın büyüklük ve biçimine göre, bir önceki gidiş istikametine dik, çapraz veya sağa, sola kaymak suretiyle tarlaya dağılacak şekilde yapılır.
- Her 100 bitkilik birim üzerinde de belirtilen işlemin yapılmasından sonra, eksper saydığı unsurlara ait rakamları her unsurun tarla muayene raporundaki özel hanesine işler. (Tarla muayene raporunda bulunan hastalıklar hanesi altındaki sütun başlıklarına kontrol edilmekte olan sebze için ait tarla standartlarında belirtilmiş bulunan hastalıkların adları önceden yazılır.)
- Tarla muayene raporundaki bütün sütunların toplam ve ortalaması alınır ve rapora işlenir.
- Eksper tarla muayene raporunun üst bölümündeki bütün soruları beyanname ile faydalanmak ve yetiştiriciye sormak suretiyle cevaplandırır.
- Tarla muayene raporu 3 nüsha halinde düzenlenir.

Tarla muayene raporunun değerlendirilmesi

Değerlendirmede tarla şartlarına ve standartlarına uygunluk dikkate alınır.

1) Tarla şartlarına uygunluk: Eksper tarla kontrolü sırasında tarlada ön bitki ve izolasyon mesafesi şartlarına uyulmadığını tespit ettiği takdirde tarla muayene raporunda sonucu “hiçbir tohumluk sınıfına giremez” şeklinde belirtir.

2) Tarla standartlarına uygunluk: Tarla kontrol neticelerinin tarla standartlarına uygun olup olmadığı tarla muayene raporuna işlenmiş bulunan ortalama rakamları, tarla standartlarında belirtilen rakamlarla mukayese etmekle bulunur.

Raporda bulunan ortalamalardan herhangi birinin tarla standartlarında belirtilen rakamlardan yüksek olması halinde tohumluk sınıfı bir alt sınıfa düşürülür ve buna sebep olan faktörün ortalaması daire içine alınır.

Sınıf ve aynı sınıftaki üretim yılı sayısı (Döl kademesi)

Tohumluk sınıfı, tohumlukların üretilmesinde takip edilen döl sırasıdır. Tohumluk kademesi, herhangi bir sınıfta tohumluğun yıl (jenerasyon) olarak üretilme süresidir. Tohum sınıfı ne kadar yüksekse, yabancı tozlanma o derece

kabul edilemezdir. Elit tohumda, ıslahçının gözlemi altında her safhanın kontrolü yapılmaktadır. Orijinal tohum, elitten üretilir, anaçlığın materyalini oluşturur. Anaç tohum, ilgili enstitüce üretimi kontrol edilir ve sertifikalı tohum üretimi için kullanılır. Sertifikalı tohum, anaç tohumdan üretilir, ticaridir ve anaçlıktan yeniden üretimi şarttır.

Türkiye'deki mevzuatta sadece orijinal (temel), sertifikalı ve standart (standart) tohumluklar ile ilgili standartlar açıkça belirtilirken, elit (temel öncesi) tohumluklar ile ilgili standartlar OECD Tohumculuk Programı'nda tanımlanmıştır. Nitekim Türkiye'de elit tohumluğun pazarlanabilmesi ile ilgili bir düzenleme bulunmamakla birlikte, AB yönetmeliği'nde elit tohumluğun da pazarlanabileceği ve beyaz üzerine mor bantlı bir etiket kullanılması gerektiği belirtilmektedir (Anonim, 2002, 2008, 2022). Mevzuatta sertifikasyon kademeleri "enginlar hariç olmak üzere, orijinal sınıfta döl kademesi için bir yetiştirme sezonu, sertifikalı sınıf için iki yetiştirme sezonudur. Enginlarda orijinal sınıfta döl kademesi üç yetiştirme sezonu, sertifikalı sınıfta beş yetiştirme sezonu" şeklinde yer almıştır (Anonim, 2008). Üretilen tohumluğun sınıfı ve o sınıfta kaçınıcı yıl üretimi olduğu, ekilen tohumluğun sınıfına ve aynı sınıftaki üretim yılı sayısına göre tayin edilir (Tablo 4). Ekilen tohumluk o sınıf için tespit edilen üretim yılı sayısını doldurmuşsa, tarla standartlarına uygunluğu tespit edilse dahi bir alt sınıfa düşürülür.

Tablo 4: Sebze tohumluklarının aynı sınıftaki üretim yılı kademesi.

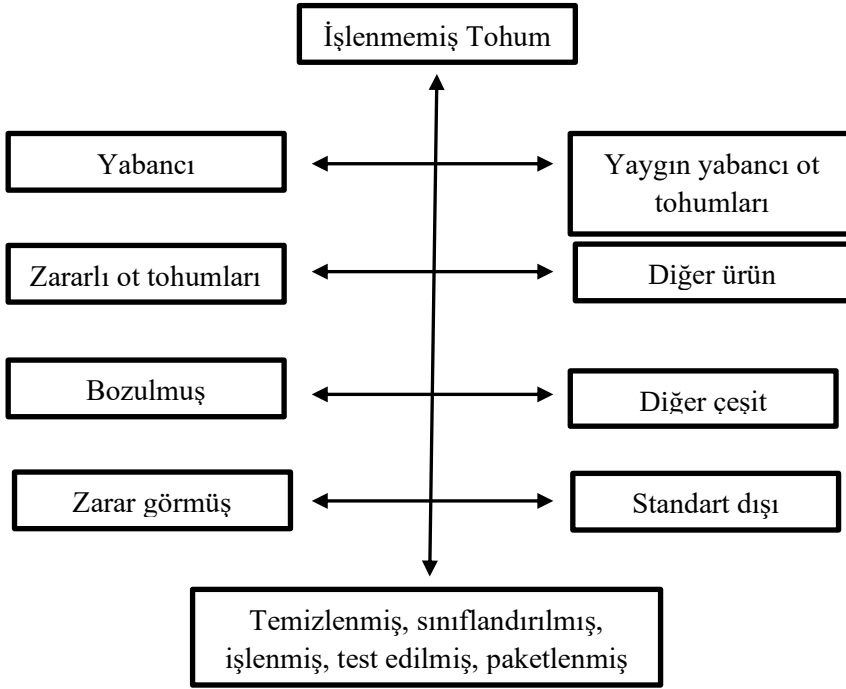
Türler	Orijinal	Anaç	Sertifikalı
Ispanak	1	1	1
Sebze pancarı	1	1	1
Baş salata	2	2	2
Marul	2	2	2
Hıyar	1	1	1
Kabak	1	1	1
Karpuz	1	1	1
Bakla	2	1	2
Bezelye	2	2	2
Fasulye	2	2	2
Pırasa	1	1	1
Biber	2	1	2
Domates	2	2	2
Patlıcan	2	1	2
Havuç	1	1	1

1.2.2.4. Zararlı Organizma Standartları

Yönetmelikte bildirilen belirli zararlı organizmalar (yaprak yanıklığı, solgunluk, mildiyö vb.) yönüyle orijinal sınıfta %0, sertifikalı sınıfta en fazla %2 standart belirlenmiştir (Anonim, 2008). Bitki Karantinası Yönetmeliği ekinde yer verilen tüm hastalık etmenleri doğrudan karantinaya tabidir ve sıfır toleransa sahiptir (Anonim, 2011). Örneğin bezelyede "virüs hastalıklarının tümü" olarak listelenmiştir. Karantina etmeni olmayan virüs hastalıkları için sertifikalı sınıfta %2 oranında tolerans uygulanabilir ancak karantina etmeni olan bir virüs için bu tolerans uygulanamamaktadır. Bu durum uygulamada karışıklığa neden olabilmektedir. Bununla birlikte, hastalık standartları sadece bitkilerde yapılacak kontroller için belirlenmiş olup, tohumluklar için herhangi bir hastalık standardı belirlenmemiştir (Anonim, 2008). Bitki Karantinası Yönetmeliğinde bazı karantina etmenleri için tohumluklarda sıfır tolerans olmasına rağmen (Anonim, 2011) tohumluk üretim sisteminde laboratuvar da hastalık kontrolü yapılmamaktadır (Çelen ve İnce, 2022).

2. TOHURLARDA FİZİKSEL VE GENETİK SAFLIK

Fiziksel saflık, tohum partisindeki arzu edilen çeşidin ağırlık yüzdesi olarak ifade edilir. Fiziksel kalitesi iyi olan tohumların boyutları, ağırlıkları ve renkleri aynı olmalı ve tohumlar taş, çamur, toz, yaprak, dal, sap, çiçek, diğer ürün tohumları, yabancı ot tohumları ve inert materyaller gibi istenmeyen maddelerden arındırılmış olmalıdır. Ayrıca büzüşmüş, hastalıklı, lekeli, küflenmiş, rengi bozulmuş, zarar görmüş ve içi boş tohumlar içermemelidir (Du ve Sun, 2004). Kaliteli tohum aynı zamanda aynı ürünün ayırt edilebilir diğer çeşitlerinin tohumlarından da arındırılmış olmalıdır. Saflık, tarla ve tohum kontrolleri ile muhafaza standartları ve işleme şartnamelerine bağlı kalınarak korunur. Bu nedenle, tohum morfolojisinin bilinmesi ve yabancı ot tohumlarının tanımlanması önemlidir. Kaliteli tohum için saflık testi ve etiketleme bu nedenle mutlaka yapılmalıdır (Sundareswaran ve ark., 2023). İşlenmemiş tohum aşağıdaki materyaller bertaraf edildikten sonra temizlenmiş, sınıflandırılmış, işlenmiş, test edilmiş ve paketlenmiş halde pazara sunulmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2: Fiziksel safiyetin sağlanması için temizlenmesi gereken materyaller

Çeşit kimliği, çeşidin belirli bir genotip veya genotiplerin kombinasyonundan ortaya çıkan özelliklerinin resmi tanımını ifade ederken, genetik saflık, çeşidin beyan edilen (resmi) tanımıyla uyumlu olan bir popülasyon içerisindeki bitki veya tohum oranını ifade eder. Bitkiler veya tohumlar, çeşidin resmi tanımından farklı olduklarında çeşit safiyetsizliği (tip dışı) olarak kabul edilirler. Bu nedenle, belirli bir çeşide ait bir tohum partisinin genetik saflığı, tohum üretiminin farklı aşamalarında çeşide uygunluk açısından değerlendirilir (Misra ve ark., 2023). Dolayısıyla, arzu edilen çeşit saflığını korumak için hem tohum üretimi hem de hasat ve hasat sonrası işlemler sırasında sıkı tedbirler alınması gerekmektedir. Ürün yetiştiriciliğinden farklı olarak tohum yetiştiriciliğinde; tohum üretimi için uygun yer seçiminde özen gösterilmesi (önceki ürün geçmişine dayalı olarak); tohum yatağı hazırlığı; toprak işleme uygulamalarının zamanında yapılması; ihtiyaç durumuna göre sulanması; gerekiyorsa tozlaşmayı destekleyici işlemlerin yapılması; yabancı ot kontrolü; hastalık ve zararlılarla mücadele kapsamında önlemlerin alınması; yabancı otların, tip dışı bitkilerin, zararlı bitki türlerinin, tohumdan bulaşan

hastalıkların vb. belirlenmesi ve bertaraf edilmesi gibi işlemler uygulanmaktadır (Kumar ve ark., 2023).

Bir çeşidin tekrarlanan kullanım süresi boyunca genetik saflığının bozulmasından sorumlu çeşitli faktörler bulunmaktadır. Yabancı tozlanan türler kendi kendine tozlanan türlere kıyasla, dışarıdan tozlanmaya ve genetik bozulmalara daha fazla eğilimlidir. Benzer biçimde, hibrit ve kombine ebeveynlerle geliştirilen çeşitlerin genetik yapısının korunması, saf hat çeşitlere göre daha fazla dikkat gerektirmektedir. Rezidüel heterozigotluk ve anoplidi oluşumu, yüksek oranda kendi kendine tozlanan türlerde bile farklı genetik yapıların ortaya çıkmasına ve genetik bozulmaya neden olabilir (Atwal, 1994). Modern çeşitler çoğunlukla belirli bir çevresel koşulda performans gösterebilecek şekilde geliştirilmektedir. Böyle bir durumda, tohum üretimi değişen çevresel koşullarda (farklı toprak verimliliği koşulları, değişen ışık ve sıcaklık dönemleri, bağıl nem ve rakım) gerçekleştiriliyorsa, bazen farklı gelişim tepkilerinden dolayı farklı bitki fenotipleri şeklinde gelişimsel varyasyonlar ortaya çıkabilmektedir. Bu tür varyasyonların ortaya çıkma olasılığını en aza indirmek için, tohumluk bitkilerin çeşidin adaptasyon alanlarında ve önerilen yetiştirme mevsimlerinde yetiştirilmesi tavsiye edilmektedir.

Fiziksel olarak diğer çeşitlerin tohumlarının yanlışlıkla karışmasıyla oluşan mekanik karışıklık da söz konusu çeşidin genetik saflığını bozulmasına neden olan bir diğer faktördür. Bu durum ekim işlemi esnasında mibzerle, hasat edilen ürünün bir alandan diğerine rüzgarla taşınmasıyla, harman yerinde çok sayıda çeşidin bir arada tutulmasıyla, işleme sırasında ve hatta kemirgenler ya da diğer etkenlerle meydana gelebilmektedir. Bu nedenle, mekanik karışımları önlemek için üretim, hasat, harman ve diğer işlemler sırasında dikkatli olunması gerekmektedir. Depolama alanlarında uygun hijyenin sağlanması ve tohum işleme ekipmanlarının her tohum partisini işledikten sonra iyice temizlenmesi gerekmektedir. Hibrit tohum üretiminde, tohum bitkisi (dış ebeveyn sıraları) hasat edilmenden önce erkek ebeveyn sıraları hasat edilmeli ve tarladan uzaklaştırılmalıdır.

Bir diğer genetik safiyet kaybı eşeyli olarak çoğaltılan bitki türlerinde, birbirine benzemeyen genotiplerden (birbiriyle çapraz uyumlu olan) gen akışı yoluyla meydana gelmektedir. Söz konusu gen akışının boyutu, tip dışı

bitkilerle doğal yollarla gerçekleşen yabancı döllemenin boyutuna bağlıdır. Doğal melezlenmenin üstesinden gelebilmek için tohumluk mahsulün söz konusu kirleticilerden yeterince izole edilmesi gerekmektedir. Bulaşma derecesi aynı zamanda rüzgarın yoğunluğuna, yönüne ve tozlayıcıların faaliyetlerine de bağlıdır. *Brassica* cinsine ait yüksek oranda yabancı tozlanan türler, kabakgiller vb. bitkilerin farklı çeşitlerinin bulunduğu tarlalardan yeterince izole edilerek doğal melezlemenin önüne geçilmesi gerekmektedir.

Hastalıkların yaprakta görüldüğü durumlarda, enfekte olmuş bitki kısımlarından fotosentatların yetersiz beslenmesi nedeniyle tohum büyüklüğü etkilenmektedir. Tohum ve toprak kaynaklı hastalıklarda, enfekte tohumların kullanılması ticari üründe yaygın hastalık oluşumuna neden olabilmektedir. Sağlıklı tohum kullanımı ve bazı durumlarda zirai ilaçla işlenmiş tohumlar sayesinde hastalıkların kontrolü, ürünlerde ilaç kullanımını en aza indiren etkili bir yöntemdir. Buna paralel olarak, vejetatif çoğaltım materyalleri de viral, fungal veya bakteriyel hastalıklarla enfekte olduklarında hızla tahrip olurlar. Bu nedenle, zararlı ve hastalıkların görülme sıklığını kontrol etmek için tohum üretimi sırasında bitki koruma önlemlerinin doğru aşamalarda uygulanması gerekmektedir.

Yabancı tozlaşan türlerde ve çok hatlı çeşitlerdeki popülasyon, farklı bireysel genetik yapıya sahip bir grup bitki tarafından temsil edilir. Bu nedenle, bu tür çeşitlerin sürdürülmesi sürecinde, hatalı örneklemeden dolayı birkaç gen kombinasyonu atlanırsa, ortaya çıkan nesil orijinal çeşidin genotipinde bulunan gen kombinasyonlarının tamamını temsil edemeyecektir. Böyle bir popülasyonda mevcut olması gereken genetik denge bir anda kaybedilmektedir (Nagel ve ark., 2019). Bu durum genetik sürüklenme olarak bilinir. Yeterince büyük bitki popülasyonlarının muhafaza edilmesi ve çeşit muhafaza sürecinde uygun örnekleme yöntemlerinin izlenmesi ile genetik bozulma sıfıra yakın bir seviyeye indirilebilir.

Genellikle, piyasaya sürüldüğünde fenotipik olarak tek tip ve homojen görünen çeşitte bazı küçük oranlarda genetik heterojenlikler mevcut olabilmektedir. Bu durum, tekrarlanan çoğaltmalar sırasında farklı bitki türlerinin ortaya çıkmasına neden olabilir. Dolayısıyla, bir çeşidin vaktinden önce piyasaya sürülmesi, çeşidin daha hızlı bozulmasına yol açabilmektedir. Örneğin, bir çeşit hastalığa dayanıklılık için geliştirilmişse ve bu özelliği sağlayan gen(ler) piyasaya sürüldüğünde yeterince sabitlenmemişse, sonraki

çoğaltma döngüleri sırasında duyarlı ve dayanıklı bitkiler üreterek ayrışabilirler. Bu durum sadece verimi ve diğer agronomik özellikleri etkilemekle kalmaz, aynı zamanda tohum parsellerinde tip dışı bitkilerin ortaya çıkmasıyla ilgili olarak sertifikasyon sürecinde de önemli sorunlara yol açabilmektedir. İslahçı tohumunun kontrol sonrası yetiştirme testi ve çekirdek tohumun birkaç yılda bir sıkı önlemler alınarak üretilmesi, bu tür genetik varyasyonları önlemek için tavsiye edilmektedir. Bu gibi genetik farklılıklar yabancı tozlanan türlerde daha sık görülmekte ve çeşit bakımı sırasında daha fazla özen gösterilmesi gerekmektedir (Kumar ve ark., 2023).

2.1. Genetik Saflığın Değerlendirilmesi İçin Yöntemler

2.1.1. Genetik Testler ve Analizler

Tohum fenotipi temel olarak ağırlık, renk, boyut, şekil ve adet gibi görünürdeki özgül niteliklerden oluşmaktadır. Bunun yanında, tohum çeşitliliğinde protein, nem, yağ içeriği, gıda güvenliği açısından fungal bulaşma ve tohum hasarı açısından ise içsel yapı gibi fizyolojik ve biyokimyasal özellikler de bulunmaktadır (Rahman ve Cho, 2016). Tohum fenotiplerinin değerlendirilmesi, ıslahçıların tohum kalitesi hakkında doğru bilgi elde etmeleri açısından temel bir uygulama olup, daima verimli, doğru ve hızlı olma gibi zorluklarla karşı karşıyadır (Araus ve Cairns, 2014; Liu ve ark., 2023).

Çeşit saflığı, tipe özgü tohumu ifade eden temel bir kalite gereksinimidir ve belirli bir çeşide ait saf bitki popülasyonunun elde edilmesi açısından önemlidir. Çeşit karışımları düzensiz olgunlaşma, düşük verim potansiyeli, hastalık ve zararlılara karşı hassasiyetin artması ve farklı çevre koşullarına adaptasyonun zayıf olması gibi durumlara neden olabilmektedir (Sendekie, 2020). Ulusal ve uluslararası makamlarca, kalite parametrelerinin tümü için, bir ülkeden diğerine belli ölçüde farklılık gösterebilen özel standartlar getirilmiştir. Bu standartların sağlanması belirtilen sınıf için tohum kaynağına ilişkin gereklilik ve kurallara uyulması, belirli aşamalarda tarla kontrollerinin yapılması, üretim ve işlemede tarla ve tohum standartlarının karşılanması, kontrol sonrası tarla ve laboratuvar testleri ile güvence altına alınmaktadır (Sundareswaran ve ark., 2023).

Bitki ıslahçıları tarafından yeni çeşitler geliştirildiğinde, tohum miktarı yetiştiricilerin ihtiyaçlarını karşılamaya yetecek kadar artırılmaktadır. Tohum

miktarı arttıkça, ıslahçı tohumunun genetik saflığının bozulmadığından emin olmak için tohumun kontrol edilmesi gerekir.

Genetik saflığın sağlanmasında iki temel kaygı ön plana çıkmaktadır. İlk olarak, ıslahçı tarafından geliştirilmiş olan genetik kompozisyonun, tohum üretiminin birkaç rejenerasyonu sonrasında yetiştiricilere pazarlanan genetik kompozisyonla aynı olması gerekir. İkinci olarak, hibrit tohum ürünleri için, melezleme başarısı kendileme ve çaprazlama yüzdesini minimuma indirerek sağlanmalıdır.

Geleneksel olarak, ıslahçılar, tohum şirketleri ve sertifikasyon kurumları tohum, fide ve/veya olgun bitki ile ifade edilen fiziksel özellikleri kullanarak genetik saflığı belirlemektedir. Ancak, çevresel stres veya hasat sonrası işleme faaliyetleri tohum ve tohumluk anatomik/morfolojik özelliklerini maskeleyiği veya değiştirdiği için laboratuvar ve saha testlerinin başarısı sınırlanmaktadır. Bu nedenle, genetik saflık belirleme çalışmaları, genellikle elektroforetik jellerde ayrıştırılan tohum/tohumluk enzimlerinin biyokimyasal karakterizasyonlarına kaymıştır. Örneğin, mısır tohumu endüstrisinde, nişasta jel elektroforezleri kullanarak melez genetik saflığı rutin olarak taranmaktadır (McDonald, 1990). Bu teknikler bile, melez ebeveynlere ait polimorfik bant desenleri üreten birkaç enzimatik testle sınırlıdır. Ancak, genetiği değiştirilmiş üstün çeşitlerin ve hibritlerin gelecekte piyasaya sürülmesi, daha yüksek hassasiyete sahip genetik saflık testlerinin geliştirilmesi konusunda çok daha ağır bir yük getireceği düşünülmektedir.

Islah teknolojilerindeki ilerleme ve dünya çapında tohum arzının genişlemesiyle birlikte, çeşit tanımlaması ve genetik saflık testi, yakın akraba çeşitler arasında farklılığın belirlenmesi, tohum sağlığı testi, genetiği değiştirilmiş çeşitlerde özellik saflığının değerlendirilmesi, genetiği değiştirilmiş tohumlarda rastlantısal durumun tespit edilmesi ve ıslah hatlarının korunması için daha kesin, hızlı ve güvenilir teşhis araçlarına ve yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, tohum kalitesi ile ilgili çeşitli parametrelerin değerlendirilmesi için daha yüksek doğruluğa sahip uygun maliyetli moleküler teknolojilerin acilen standartlaştırılması gerekmektedir.

Serbest piyasaya sürülen çeşitlerin tohum canlılığı, ömrü ve dormansisi gibi tohum özellikleri açısından karakterizasyonu yeterince iyi yapılmamaktadır. Özellikle daha iyi tohum üretimi, vaktinde hasat ve güvenli depolama için bu bilgilere fazlasıyla ihtiyaç duyulmaktadır. Yeni moleküler

teknolojilerin ilerlemesiyle birlikte, çeşit performansını değişken koşullar altında iyileştirmek için ıslah programlarının yürütülmesi ve farklı tohum kalitesi özelliklerinin tanımlanması gerekmektedir. Genetik saflık için moleküler araçların kullanımı ve tohum izlenebilirliğinin uygulanması, önümüzdeki yıllarda tohum kalitesinin sağlanmasında tohum sektöründe devrim yaratacak iki önemli gelişme olacaktır.

Küreselleşen tohum ticareti ve geliştirilen transgenik çeşitlerle birlikte, tohum kalitesine yönelik moleküler teknolojilerin uygulanması gerek iç piyasada gerekse uluslararası piyasalarda giderek daha çok önem kazanmaktadır. Genetik saflık ve tohum sağlığı, çimlenme özelliğinin yanı sıra tohum kalitesinin en önemli parametreleri arasındadır. Geleneksel test yöntemleriyle karşılaştırıldığında, moleküler markör teknolojileri daha isabetli, kullanışlı, daha çeşitli ve hızlı oldukları için kalite analizinde daha etkilidir. Markörler arasında, basit dizi tekrarları (SSR'ler), genom çapında bulunmaları, tekrarlanabilirlikleri, çoklu alelik yapıları ve eş baskın kalıtları nedeniyle, çeşit farklılığını, kimliğini ve çeşit/hibrit tohum saflığı kontrolünü sağlamak için en iyi markörler olarak ortaya çıkmıştır. Yeni nesil dizileme (NGS) teknolojisinin ortaya çıkmasıyla birlikte, tohum genetik saflık testinde SSR'lerin yanı sıra tek nükleotid polimorfik (SNP) belirteçler de oldukça popüler hale gelmiştir. Büyük ölçekli genetiği değiştirilmiş ürün yetiştiriciliği ile birlikte, rastlantısal varoluşun ve genetik saflığın test edilmesi, tohum kalite testinin iki ek bileşeni haline gelmiştir. Genetiği değiştirilmiş tohum kalite testi yöntemleri arasında DNA tabanlı (geleneksel ve gerçek zamanlı PCR), protein tabanlı (yanal akış testi ve ELISA) ve biyoanaliz tabanlı teknolojiler bulunmaktadır. DNA temelli yöntemler (PCR/gerçek zamanlı PCR testleri) özellikle uluslararası düzeyde tohum ticaretinde ve germplasmanın korunması için ulusal gen bankalarında transgenik tohumların rastlantısal varlığının tespit edilmesinde başarıyla kullanılmaktadır. ISTA, uluslararası uyumlaştırma ve genetiği değiştirilmiş tohumları tespit etmek için farklı yöntemlerin kullanımına ilişkin evrensel kılavuzlar sağlama konusunda önemli bir rol oynamaktadır. Uluslararası Bitki Koruma Birliği'nin (UPOV) Birleşmiş Milletler Tohum Teknolojisi Grubu (BMT) ve ISTA'nın Çeşit Komitesi'nin DNA Yöntemleri Çalışma Grubu, çeşit kimliği ve saflık testinde uygun moleküler teknikleri standartlaştırmak için birlikte çalışmaktadır. Ayrıca tohum

sağlığı testleri alanında, PCR (iç içe PCR, çoklu PCR, gerçek zamanlı PCR), izotermal döngü aracılı amplifikasyon (LAMP) ve DNA mikro-dizisi gibi moleküler tanımlama analizlerinin, geleneksel analizlere göre birçok avantaja sahip olduğu ve oldukça faydalı olduğu da kanıtlanmıştır (Santhy ve ark., 2023).

2.1.2. Alan Testleri ve Gözlemler

Çeşidin orijinallliği, ancak bitkilerin arazi koşullarındaki büyüme ve gelişiminin kontrolü ile test edilmektedir. Son kontrol, yeni elde edilen tohumun karşılaştırmalı bir yetiştirme programında orijinal tohumla yan yana test edilmesi anlamına gelir. Takip kontrolü için, rezerv numune olarak saklanan orijinal tohumdan bir numune gerekmektedir. Takip kontrolünde karşılaştırma için her yıl en az 40 bitki bulundurulması tavsiye edilir. İki parseli vejetasyon dönemi boyunca görsel olarak karşılaştırılır. Yeni mahsülün tohumlarından elde edilen bitkilerin orijinal tohumlardan elde edilen bitkilerden sapma gösterip göstermediği kontrol edilir (Şekil 3).



Şekil 3: Turpların kontrol sonrası ekim. Sol: Orijinal tohumdan elde edilen ürün, Sağ: Çoğaltmadan elde edilen ürün (Lehman, 2014)

3. TOHUM CANLILIĞINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Üreticilerin korumalı yetiştiricilik ve sulama gibi yeni teknolojiler kullanmaları ve işletmeyi geliştirerek kârlarını korumaları, üretimin farklı aşamalarındaki teknik gelişmeleri artırma eğiliminin bir göstergesidir. Bu amaçla, üreticilerin artan taleplerini karşılamak için sağlıklı ve güçlü, kalitesi ispatlanmış fideye erişimi oldukça önemlidir. Buna karşılık, tohum kalitesi ile fidelerin üniformitesi doğrudan ilişkilidir. Yüksek kaliteli tohum, üreticiler tarafından beklenen standartlar dahilinde yüksek çimlenme seviyeleri ve iyi gelişmiş toprak üstü aksam ve kökler oluşturan fidelerin ortaya çıkmasını sağlar. Öte yandan, düşük kaliteli tohumlarda, henüz fide çıkış aşamasında, özellikle canlılık açısından sorunlar ortaya çıkmaktadır. Tohum kalitesinin fide gelişimi üzerindeki etkisi, marul (Franzin ve ark., 2005) ve roka (Pêgo ve ark., 2011) türlerinde olduğu gibi, genellikle yüksek fizyolojik kalitedeki tohumların daha fazla yaprak sayısı, bitki boyu, kök uzunluğu ve bitki ağırlığına sahip fideler ürettiği birçok tür için rapor edilmiştir. Marcos Filho'ya (2015) göre, tohumun biyolojik potansiyeli, bitkilerin çıkış yüzdesini ve canlılığını doğrudan etkileyerek tarla koşullarındaki performansını dolaylı olarak etkilemektedir. Bu etki kısa vejetasyon süresine sahip sebzelerde, örneğin marulda, daha da belirgindir. Çünkü hasat işlemi bitkilerin vejetatif döngüsü sırasında gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, yüksek genetik, biyolojik ve sağlık standartlarına sahip fideler üreten ve güvenilir tedarikçiler olabilmek adına üretim yapan tesislere olan ilgi giderek artmaktadır. Yüksek çimlenme seviyesine ve yeterli güce sahip, orijini bilinen tohumlar ile üretime başlamak son derece önemlidir. Bu da yüksek kalitede ve tek tip tohum içeren tohumluk partilerinin kullanılması anlamına gelmektedir (Costa ve ark., 2021).

3.1. Tohum Yaşı ve Depolama Koşulları

Tohum yaşı ve depolama koşulları tohum kalitesini etkileyen önemli faktörlerdendir. Yaşlanmanın tohum canlılığı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Tohumlar yaşlandıkça, çimlenme oranlarının azalmasına neden olabilecek doğal bir bozulma sürecinden geçerler (Anonim, 2024b). Tohum canlılığı ve tohum kalitesindeki (yani çimlenebilirlik ve güç) düşüş, su kaybına karşı toleransa bağlı olup üç önemli faktör tarafından düzenlenir: atmosferin nispi nemi ile dengede olan tohum nem içeriği, depolama sıcaklığı ve ortamdaki

gazlar (Corbineau, 2024). Buna göre tohumlar ortodoks (kurutmaya dayanıklı), rekalsitrant (nem içeriği yüksek ve şiddetli kurutmaya dayanamayan) ve intermediate (susuzluğa dayanabilen ancak düşük sıcaklıkta kuru depolama yapıldığında ölen) olarak sınıflandırılır. Tohumun canlı kalma süresi bulunduğu kategoriye göre değişmekte ve türler arasında farklılık göstermektedir.

3.2. Çevresel Koşullar

Tarımsal ve çevresel faktörlerin yanı sıra tohum işleme prosedürleri de dahil olmak üzere birçok faktör, tohumların başlangıçtaki kalitesini etkiler. Kaliteli tohum üretimi için bitkinin ideal arazi koşullarında yetişmesi gerekir. Bu nedenle, toprağın yapısı, pH'sı ve verimlilik durumu açısından uygun çevre ve üretim alanlarının seçilmesi, söz konusu ürünün çoğaltılması için dikkate alınması gereken önemli hususlardır. Tohum üretimi açısından elverişli toprak özellikleri hakkında ürüne özgü yönergeler tohum üretim el kitaplarında mevcuttur ve bunlar germplasm rejenerasyonu için takip edilebilir (McDonald ve Copeland, 1997; Kelly ve George, 1998; Copeland ve McDonald, 2012). Toprak, iyi drene olmuş, üniform ve derin olmalı, iyi su tutma kapasitesine sahip olmalıdır. Tohum üretimi esnasında, genetik bütünlüğün korunmasını sağlamak için özel dikkat gereklidir. Genetik bütünlüğü etkileyebilecek çeşitli faktörler arasında (örnek büyüklüğü, tozlanma, hastalıklar vb.), tozlanma kontrolü muhtemelen tohum kalitesi üzerinde doğrudan etkisi olan en kritik faktördür (Engels ve Rao, 1998). Kafes, torba ve diğer tozlanma kontrol yöntemleri gibi teknikler, çoğaltılan çeşitlerde yabancı tozlanmayı ve kontaminasyonu azaltmak için kullanılmaktadır. Ayrıca, gerekli izolasyon mesafesi, tozlanma yöntemi dikkate alınarak farklı türler için değişiklik göstermektedir. Örneğin, rüzgarla tozlanan türler için böceklerle tozlananlara göre daha fazla mesafe gereklidir.

3.3. Genetik Faktörler

Tohum genetik kalitesinin iyileştirilmesi araştırmalarında tohum canlılığına ilişkin çalışmalar oldukça önemlidir. Tohum canlılığı, birçok faktör tarafından etkilenen kapsamlı bir özelliktir ve homojen ve hızlı çimlenme, fide boyu, kök boyu, fide yaş ağırlığı, fide kuru ağırlığı, tohum ömrü, olumsuz koşullara tolerans gibi özelliklerle ifade edilir (Qun ve ark., 2007). Bahsedilen

bu özellikler, tohum olgunluğu, hasat ve depolama sırasında çevresel faktörlerden etkilenen çok sayıda gen ile kontrol edilen kantitatif karakterlerdir (Dickson, 1980). Bununla birlikte tohum canlılığının genetik analizi oldukça zordur, ancak son yıllarda DNA moleküler işaretçi ve genom haritalama tekniklerinin gelişimi ile tohum canlılığının kantitatif özellik lokusu (QTL) haritalamasında büyük ilerlemeler kaydedilmiştir (Qun ve ark., 2007). Clerckx ve ark. (2004), *Arabidopsis* ekotipleri Landsberg *erecta* ve Shakhara arasındaki melezlemeden türetilmiş yeni bir rekombinant kendilenmiş hat popülasyonunda (114 F9) çimlenme hızı, tohum şeker içeriği, kontrollü bozulma sonrası tohum çimlenmesi, ABA uygulaması ve dört farklı stres koşulu üzerine analiz yapmış, farklı tohum canlılığı özellikleri için birçok QTL belirlemiş ve her özellik için bir veya daha fazla QTL tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, Bettey ve ark. (2000), 105 çift haploit *Brassica oleracea* hattının ayrımcı bir popülasyonunda tohum canlılığı ile ilişkilendirilen özellikleri belirlemiş ve çeşitli özelliklerin kalıtım derecelerinin tipik olarak %10-15 aralığında olduğunu ve O1, O3, O6, O7 ve O9 bağlantı gruplarında önemli lokuslar tespit etmişlerdir. Bununla birlikte yapılan çalışmalarda, tohum canlılığının farklı çeşit ve genotiplere göre değiştiği, hatta genotiplerin tamamında tohum canlılığı ile ilgili tüm özelliklerin farklı olduğu ifade edilmiştir (Adebisi ve ark., 2014; Beredee Sheferie, 2023).

4. TOHUM SERTİFİKASYONU: BAŞARILI MAHSUL ÜRETİMİ İÇİN KALİTE VE SAFLIĞIN SAĞLANMASI

Tohum kalitesi ve güvencesinin sağlanması için çeşit geliştirmeden paketleme ve dağıtıma kadar tüm üretim süreci boyunca tohum kalitesinin izlenmesi ve aynı kalitenin sürdürülebilmesi için sistematik bir süreç takibi gerekmektedir. Tohum şirketleri, kamu kurumları ve diğer paydaşlar kaliteli tohumların üreticiye ulaşmasını sağlamak ve sonuçta tarımsal verimliliğin ve gıda güvenliğinin artmasına katkıda bulunmak için bu takip sürecinin izlenmesinde birlikte hareket ederler. Tohum sektörü, yeterli miktar ve kalitede tohum tedarik edilebilmek için, genetik saflıktan tohum rengi analizlerine kadar değişen bir dizi tohum kalite testleri kullanmaktadır (Kelly, 2013). Tohum kalite standartları resmi olarak tohum üretiminde faaliyet gösteren sektöre ilişkin olup ulusal ve uluslararası tohum ticaretine yönelik sertifikasyon için

gereklidir. Resmi olarak faaliyet gösteren sertifikasyon kurumu, pazarlama için belirlenmiş asgari standartları karşılayacak kalitede tohum üretmek üzere teknik, idari ve düzenleyici çerçeveler oluşturmuştur. Burada çeşit saflığını korumak için uygulanan ürün yönetiminin yanı sıra, temel tohum kalite özelliklerini değerlendirmek üzere laboratuvar testleri de yapılmaktadır (Bishaw ve ark., 2012).

Tohum kalitesi ürün verimi, randımanı ve maliyetinin optimizasyonu ile güçlü bir şekilde bağlantılı olduğundan, ulusal tohum test istasyonları ve denetim merkezleri, tohum kalitesi parametrelerinin güvenilir ölçümünü sağlayan en tutarlı test araçlarını kullanma ve akabinde saha denetimi, test ve sertifikasyon yapma yoluna gitmektedir. İyi kalitede tohum üretmek için üretimi tüm yönleriyle denetleyecek bir kalite kontrol sistemine sahip olunması gerekmektedir (Misra ve ark., 2023). Tohumda canlılık, fiziksel saflık, güç ve nem içeriği vb. laboratuvar testleri hızlı bir şekilde yapılabilse de çeşidin genetik saflığına yönelik testlerin tamamlanması genellikle tüm bir yetiştirme sezonunu kapsamaktadır. Dolayısıyla tohum kalite kontrollerinin büyük bir bölümü üretim süreçlerinin kontrolüne dayanmaktadır. Birçok ülkede devlet tarafından finanse edilen ve bitki ıslahı kapasitesine sahip ulusal bir tarımsal araştırma kuruluşu bulunmaktadır (Kelly, 2013). Bu kuruluşlar bünyelerinde bir çeşit test laboratuvarı bulundurabilirler ya da farklı bir yerdeki çeşit test laboratuvarından hizmet alabilirler.

Türkiye’de tohum sektöründeki kamu kuruluşlarını, Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) bünyesinde yer alan Genel Müdürlükler oluşturmaktadır. Bu yapıda Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü (BÜGEM) tohumculuk politikaları, teşvik ve desteklemeler, üretim ve tedarik, ithalat ihracat ön izin işlemleri, çeşit tescili, tohum kontrol ve sertifikasyon hizmetleri, piyasa denetimi ve yeni bitki çeşitlerinin korunması hizmetlerini yürütmektedir. Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü (GKGM) bitki sağlığı ve karantina hizmetlerini, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) ise bitki ıslahı, çeşit ve yetiştirme teknikleri geliştirme hizmetlerinde bulunmaktadır. Ayrıca, sektörde TOB’a bağlı araştırma enstitüleri ve TİGEM, kooperatifler, birlikler ve özel Şirketler sektörün diğer önemli aktörleridir.

Tohum ticaretinin dünya çapında giderek artması, tohumlarda kalite kriterlerini tanımlamayı zorunlu hale getirmiş ve neredeyse tüm ülkeler bu konuda ulusal mevzuatlarını geliştirmişlerdir. Tohumculuk faaliyetlerini

düzenlemek üzere "Avrupa Tohum Kontrol Birliği (ESTA)", "Amerika ve Kanada Resmi Tohum Sertifikasyon Kuruluşları Birliği (AOSCA)", "Uluslararası Tohum Test Birliği (ISTA)" ve "Uluslararası Tohum Federasyonu (ISF=FIS)" gibi kuruluşlar bulunmaktadır. Türkiye’de tohum sertifikasyonu ile ilgili faaliyetler ilk olarak "Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi" tarafından başlatılmıştır. Ardından 1959 yılında "Tohumluk Kontrol ve Sertifikasyon Enstitüsü" kurulmuş ve o tarihten bu yana tohum sertifikasyonu ile ilgili faaliyetler bu merkez, bakanlığa bağlı bölgesel sertifikasyon kuruluşları ve yetkilendirilmiş özel sektör kuruluşları bünyesinde yürütülmektedir (Bağcı ve Yılmaz, 2016; Bağcı ve Özer, 2021).

Tohumculuk organizasyonu Türkiye’de uluslararası ve ulusal mevzuat hükümlerine göre şekillendirilmiştir. Yeni çeşit geliştirme ve kayıt altına alma, çeşit koruma, üretim, sertifikasyon, pazarlama/ticaret ve denetim gibi tohumculuk hizmetleri uluslararası yasal mevzuata uyumlu ulusal yasal mevzuat çerçevesinde yürütülmektedir. Türkiye’de tohum üretimi ile ilgili yasal düzenlemeler için 1963 yılında yürürlüğe giren 308 sayılı "Tohumlukların Tescil, Kontrol ve Sertifikasyonu Hakkında Kanun" ile ilk adım atılmış ve bu kanunla Türkiye’de tohum üretiminde yeni bir döneme girilmiştir. Bu kanun ile Tarım Bakanlığı çeşit tescili, tohum sertifikasyonu, kalite kontrolü ve piyasa kontrolü alanlarında faaliyet göstermeye başlamış ve tohum üretiminde daha aktif bir rol üstlenmiştir. Ayrıca 1963 yılında ISTA (Uluslararası Tohum Test Birliği) ve 1968 yılında OECD Tohum Sertifikasyon Sistemine dahil olunmuştur (Bağcı ve Özer, 2021).

Tohumculuk sektöründeki gelişime ve yapılanmaya ilişkin 308 sayılı Kanun’un yetersiz kalması neticesinde 5042 sayılı "Yeni Bitki Çeşitlerine Ait Islahçı Haklarının Korunmasına İlişkin Kanun" (2004) ve 5553 sayılı "Tohumculuk Kanunu" (2006) yürürlüğe konulmuştur. Ayrıca bitki Islahçı haklarının korunması kapsamında Türkiye 2007 yılında UPOV'a (Yeni Bitki Çeşitlerinin Korunması Uluslararası Birliği) üye olmuştur. Söz konusu gelişmeler neticesinde Türkiye tohumculuk sektörünün mensupları, dünyada tohumculuk endüstrisi ve politikalarına yön veren ISF, ISTA ve OECD gibi kuruluşlarda etkin bir şekilde yer almaya başlamıştır (Bağcı ve Yılmaz, 2016). Tohumculuk Kanununun bitki çeşitlerinin tescili, tohum ve fide kalitesi ve standartları hakkında 2008 ve sonraki yıllarda ikincil mevzuat (yönetmelik,

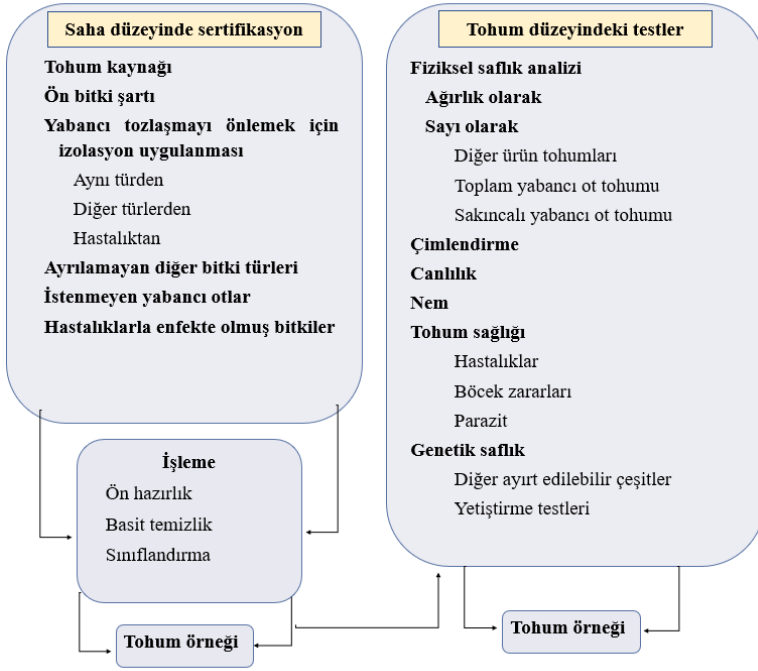
tebliğ, yönerge, genelge) yürürlüğe girmiştir. Böylece tohumculuk sektörünün yeniden yapılandırılmasıyla, yeni bitki çeşitlerinin korunması ve bu çeşitlerin sınai ve fikri mülkiyet haklarının tescili sağlanmaktadır.

Türkiye’de tohum üretim ve pazarlanmasının denetimi yetkilendirilmiş kurum ve kuruluşlar tarafından ilgili kanun ve yönetmelikler çerçevesinde gerçekleştirilmektedir. Sektörde, tohumlukları yetiştiren, üreten, işleyen ve satışa hazırlayan, dağıtan ve satan gerçek veya tüzel kişilerin yetkilendirilmesi ve denetlenmesi ile ilgili usul ve esasları belirleyerek, ismine doğru, kaliteli ve standartlara uygun tohumlukların üretimi ve pazarlanması hizmetleri 5553 sayılı Tohumculuk Kanunu çerçevesinde yürütülmektedir. Tohumlukların ticareti ve piyasa denetimi ile ilgili işlemler de bu kanuna göre çıkarılan Tohumculuk Sektöründe Yetkilendirme ve Denetleme Yönetmeliği ve Tohumculuk Hizmetleri Uygulama Talimatı (2017/05) hükümlerine göre TOB, TTSM, TSTM ve İl Müdürlüklerince gerçekleştirilmektedir. Tohum üreticileri tarafından üretilen ve/veya ithal edilen tohumlukların bitki sağlığı ve karantina hizmetleri ise 5996 Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu (2010) çerçevesinde TOB-GKGM tarafından yürütülmektedir. Tohum, fide, fidan ve çiçek soğanı gibi çoğaltım materyalleri ithalat aşamasında ilgili teknik düzenlemesine uygunluğu açısından 2018/5 sayılı Ürün Güvenliği ve Denetimi Tebliği çerçevesinde denetlenmektedir (Anonim, 2018).

Tohumluk üretmek isteyen asıl veya tüzel kişilerin; Tohumluk Yetiştirici, Üretici veya Özel Sektör Araştırmacı Kuruluş Yetki Belgesi almış olmaları gerekmektedir. Elit veya orijinal tohumluk üretimleri ıslahçı, çeşit sahibi veya bunların yetki verdiği, lisans sahibi araştırma kuruluşları tarafından üretilmekte ve pazarlanmaktadır. TOB tarafından, ihraç amaçlı üretimlere ait tohumluk beyannamelerinin kabul edilmesi ve onaylanması işlemleri Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğüne devredilmiştir. Tohumluk tescil, sertifikasyon ve kontrol hizmetleri 8 adet kamu sertifikasyon kuruluşu, 29 adet yetkilendirilmiş özel laboratuvar ve kamu araştırma kuruluşu; 198 adet özel sektör tarımsal araştırma kuruluşu vasıtasıyla yürütülmektedir (Anonim, 2018).

Tohum kalitesinin kontrolünde anahtar rol oynayan tohum sertifikasyonu sürecinde, tarla standartlarının doğrulanması ve tohum standartlarına yönelik laboratuvar analizleri için aşağıdaki adımlar takip edilmektedir (Şekil 4). Bu

konu ilgili detaylı inceleme Bölüm 5 (Tohumluk Kontrol ve Sertifikasyon Sisteminin Aşamaları)’te yapııştır.



Şekil 4: Tohum sertifikasyon aşamaları (Sundareswaran ve ark., 2023)

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yüksek verim, kalite ve sağlıklı bitkiler için en önemli faktörlerden biri tohum kalitesidir. Tohum kalitesini belirleyen en önemli faktörler ise genetik ve fiziksel saflıyet, canlılık, güç (vigor), tohum kaynaklı hastalık ve zararlılardan arı olmasıdır. Sebze üretiminde tohum kalitesinin sağlanması, bitkisel üretimin artırılması ve gıda güvenliğinin temini açısından büyük önem taşımaktadır. Yüksek kaliteli tohumlarla yapılan üretimde bitkiler homojen ve güçlü bir şekilde büyüüp gelişebilmekte ve olumsuz çevresel koşullar ile hastalık ve zararlılara karşı daha fazla direnç gösterebilmektedir. Ayrıca tohum kalitesinin verim, kalite ve tüm tarımsal üretkenliği doğrudan etkileyen önemli bir unsur olduğu göz önüne alındığında kaliteli tohum temini ve kullanımı, sebze üreticileri için kritik bir öneme sahiptir. Yapılan araştırmalar sadece

kaliteli tohum kullanımının bile verimi %15-20 veya daha fazla, artırabildiğini göstermektedir.

Genetik saflık tohumun çeşide özgü olması, yani belirtilen çeşidin genetik özelliklerini doğru bir şekilde temsil etmesi anlamına gelmektedir. Genetik saflığı yüksek tohumlardan yetiştirilen bitkilerin hemen hemen tamamında verim, kalite ve belirli stres unsurlarına karşı direnç gibi özellikleri sergilemesi beklenmektedir. Sebze tohumlarında genetik saflığı sağlamak için tohum üretim süreci boyunca çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu amaçla kullanılan en yaygın uygulamalar; ön bitki kontrolü, izolasyon mesafelerinin korunması, kontrollü tozlaşma, tip dışı bitkilerin ayıklanması ve moleküler tekniklerle genetik saflığın teyit edilmesidir. Tohum sertifikasyon programları genetik saflığın sağlanması ve korunması noktasında tohum üretimi için katı kurallar belirlemiştir. Bu nedenle sertifikalı tohumlar kontrollü koşullar altında üretilir ve gerekli saflık seviyelerini karşıladıklarına ilişkin çeşitli arazi ve laboratuvar testlerine tabi tutulurlar. Bununla birlikte tüm tohum üretim ve işleme aşamaları boyunca doğru bir şekilde kayıt tutma ve izleme oldukça önemlidir. Tohum üreticileri tohumların menşeyini, uygulanan üretim yöntemlerini ve gerçekleştirilen testleri dikkatli bir şekilde belgeleyerek üretimin il aşmasından son paketlemeye kadar tohumların genetik saflığının korunduğundan emin olurlar.

Bir diğer önemli faktör ise tohumun fiziksel saflığıdır. Tohumun fiziksel saflığı bir tohum örneğinin diğer tohumlarla (yabani otlar ve diğer tür veya çeşitler) ve diğer bitki kalıntıları ve yabancı maddelerle karışıklık durumunu ifade etmektedir. Fiziksel kirliliğin önlenmesi tohum üretimi, hasat ve işleme aşamaları boyunca özenli bir süreç yönetimi gerektirir. Fiziksel saflığı sağlamasında tohum üretimi için kullanılan tarlaların yabani otlardan ve diğer tür ve çeşitlerden arındırılmış olması en temel adımlardan biridir. Hasat sırasında da istenmeyen maddelerin karışmamasına özen gösterilmelidir. Tohumlar elde edildikten sonra, her türlü yabancı maddelerden arındırılmak üzere tasarlanmış temizleme işlemlerine tabi tutulurlar. Bu işlem, tohumların kir, toz ve diğer tohum dışı maddelerden ayrıştırılmasına yardımcı olan eleme, üfleme ve ayıklama gibi mekanik temizleme yöntemlerini içermektedir. Fiziksel saflığın sağlanıp sağlanmadığı tohum sertifikasyon programları tarafından incelenmektedir. Saflık analizi yöntemleri, tohum numunelerinin laboratuvarlarda mercekler ve mikroskoplar kullanılarak gözlemlenmesini ve

tohumların çeşitli bölümlere ayrılmasını içerir. Fiziksel saflık analizi, bir numunede bulunan saf tohumun, teşhis edilen diğer tohumların ve yabancı maddelerin ağırlıkça yüzdesini ortaya koymaktadır.

Tohum canlılığı ve gücü, sebze tohumlarının kalitesini belirlemede kullanılan temel iki unsur olup bir örnek çimlenmeyi, sağlıklı bitki gelişimini ve yüksek verimi sağlamak için gereklidir. Tohum canlılığı, tohumun uygun koşullar altında çimlenme ve sağlıklı bir fide üretme kabiliyetini ifade etmektedir. Öte yandan tohum gücü, bir tohumun stres altında veya uygun olmayan koşullar da dahil olmak üzere bir takım zorlayıcı koşullar altında ne kadar iyi performans gösterebileceğini ölçmek suretiyle canlılığın sınırlarını genişletir. Canlılık çimlenme potansiyelini ölçerken, güç tohumun sağlıklı ve güçlü bir bitkiye dönüşme ve büyüme kapasitesini ölçmektedir. Yüksek güce sahip tohumlar topraktaki sıcaklık dalgalanmaları, olumsuz toprak koşulları veya su yetersizliği gibi zorlu koşullara karşı daha fazla direnç gösterebilmektedir. Bununla birlikte canlılık ve güç tohum performansının genel başarısını birlikte belirlemektedir. Tohumlar yüksek canlılık gösterse bile, düşük güçteki tohumlar hastalıklara, zararlılara ve çevresel risklere karşı duyarlı zayıf fidelerin oluşmasına neden olabilmektedir. Zayıf gelişen bitkilerin ise olgunluğa ulaşması daha zor olacağından verim ve kalite kayıplarına neden olabilmektedir. Bu nedenle düşük canlılık ve güce sahip tohumlar çiftçilerin üretim başarısı önemli düzeyde azaltmaktadır. Bu bağlamda ticari sebze üretiminde, tohum canlılığı ve gücünün rolü doğrudan ekonomik sonuçlarla ilişkilidir. Tohumun canlılık ve gücü ile ilişkili kalite standartlarını karşılayıp karşılamadığı çeşitli yöntemler kullanılarak test edilmektedir. Standart çimlendirme testleri tohum canlılığı ile ilgili bilgiler sağlamaktadır. Diğer yandan tohum gücünün belirlenmesinde fiziksel özelliklere; performansa, stres koşullarına; biyokimyasal analizlere dayalı pek çok test yöntemi kullanılmaktadır.

Son olarak tohum sağlığı tohum kaynaklı hastalık ve zararlılarla bulaşık olup olmamasını ifade etmekte ve sağlıklı tohum ile yapılan üretimde bitkilerin daha sağlıklı ve verimli olmaları ile sonuçlanmaktadır. Tohumlar hastalık ve zararlıların varlığı açısından laboratuvarlarda çeşitli testlere tabi tutulmaktadır. Tohum sağlığı testleri tohumların üzerinde veya içinde bulunabilecek zararlı organizmaların belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Görsel inceleme,

mikroskobik inceleme gibi yöntemler ve polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) testi gibi daha gelişmiş moleküler teknikler hastalık ve zararlı teşhisinde kullanılan yöntemler arasındadır.

Tohum kalitesini garanti etmek için çeşit geliştirmeden paketlenme ve dağıtımına kadar tüm üretim sürecini kapsayan bir sertifikasyon sistemi takip edilmektedir. Resmi sertifikasyon kurumları, asgari standartları karşılayacak kalitede tohum üretimi için teknik, idari ve düzenleyici çerçeveler hazırlamışlardır. Bu süreçte, çeşit saflığını korumak amacıyla arazi kontrolleri yapılmakta ve temel tohum kalite özelliklerini değerlendirmek için laboratuvar testleri uygulanmaktadır. Sonuç olarak tohum kalitesinin iyileştirilmesi ve korunması için kalite bileşenlerine yönelik ürün yönetimi ve tohum testlerinin yapılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Adebisi, M.A., Kehinde, T.O., Porbeni, J.B.O., Oduwaye, O.A., Biliaminu, K., & Akintunde, S.A. (2014). Seed and seedling vigour in tropical maize inbred lines. *Plant Breeding and Seed Science*, 67(1), 87-102.
- Akeson, W.R., & Widner, J.N. (1980). Laboratory Packed Sand Test for Measuring Vigor of Sugarbeet Seed 1. *Crop Science*, 20(5), 641-644.
- Anonim, (2002). Council Directive 2002/55/EC of 13 June 2002 on the marketing of vegetable seed.
- Anonim, (2005). Tohum Bilimi ve Teknolojisi. Editörler: B. Eser, Saygılı, H., Gökçöl, A. ve İlker, E., Ege Üniversitesi Tohum Teknolojisi Uygulama ve Araştırma Merkezi (TOTEM) Yayın, (3).
- Anonim, (2008). Sebze Tohumu Sertifikasyonu ve Pazarlaması Yönetmeliği.
- Anonim, (2011). Bitki Karantinası Yönetmeliği.
- Anonim, (2018). Tohumculuk Sektör Politika Belgesi 2018-2022. Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara. (Erişim Tarihi: 15.04.2024)
- Anonim, (2022). OECD Seed Schemes Rules and Regulations.
- Anonim, (2024a). Genetics of seed quality. <https://www.wur.nl/en/project/genetics-of-seed-quality.htm> (Erişim tarihi: 08.04.2024)
- Anonim, (2024b). Understanding Seed Viability: Ensuring Successful Germination. <https://plantpropagation.org/seed-viability/> (Erişim tarihi: 15.05.2024).
- Aosa, I. (1983). Seed vigor testing handbook. Association of Official Seed Analysts. Contribution, 32, 88.
- Araus, J.L., & Cairns, J.E. (2014). Field high-throughput phenotyping: the new crop breeding frontier. *Trends in Plant Science*, 19(1), 52-61.
- Atwal, S.S. (1994). Genetic purity standard for breeder seed of wheat. *Seed Science Research*, 22, 168-169.
- Baalbaki, R., Elias, S., Marcos Filho, J., & McDonald, M. B. (2009). Seed vigor testing handbook: contribution n. 32 to The handbook on seed testing.
- Bağcı, S.A., & Özer, İ. (2021). Türkiye tohumculuğunun tarihsel gelişimi, mevcut durumu, problemleri ve çözüm önerileri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(özel sayı), 3559-3572.
- Bağcı, S.A., & Yılmaz, K. (2016). Türkiye tohumculuk sektöründeki gelişmeler ile bu gelişmelerin sertifikalı tohumluk kullanımına ve verim üzerine muhtemel etkileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25 (ÖZEL SAYI-1), 299-303.
- Baskin, J.M., & Baskin, C.C. (2000). Evolutionary considerations of claims for physical dormancy-break by microbial action and abrasion by soil particles. *Seed Science Research*, 10(4), 409-413.

- Basu, S., & Groot, S.P. (2023). Seed vigour and invigoration. Malavika Dadlani, 67.
- Bekendam, J., Kraak, H. L., & Vos, J. (1985). Studies on field emergence and vigour of onion, sugar beet, flax and maize seed. *Seed Research in Horticulture* 215, 83-94.
- Bennett, M. A., Grassbaugh, E. M., Evans, A. F., & Kleinhenz, M. D. (2004). Saturated salt accelerated aging (SSAA) and other vigor tests for vegetable seeds. *Seed Technology*, 67-74.
- Bereded Sheferie, M. (2023). Effect of seed priming methods on seed quality of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) genotypes. *Advances in Agriculture*, 2023, 1-9.
- Bettay, M., Finch-Savage, W.E., King, G.J., & Lynn, J.R. (2000). Quantitative genetic analysis of seed vigour and pre-emergence seedling growth traits in *Brassica oleracea*. *The New Phytologist*, 148(2), 277-286.
- Bishaw, Z., Niane, A. A., & Gan, Y. (2007). Quality seed production. Lentil: An ancient crop for modern times, 349-383.
- Bishaw, Z., Struik, P.C., & Van Gastel, A.J.G. (2012). Farmers' seed sources and seed quality: 1. Physical and physiological quality. *Journal of Crop Improvement*, 26(5), 655-692.
- Caseiro, R.F., & Marcos Filho, J. (2000). Alternative methods of the cold test for evaluation of corn seed vigor. *Scientia Agricola*, 57, 459-466.
- Castan, D.O.C., Gomes-Junior, F.G., & Marcos-Filho, J. (2018). Vigor-S, a new system for evaluating the physiological potential of maize seeds. *Scientia Agricola*, 75(2), 167-172.
- Chand, H., & Kc, B. (2020). Quality seeds for food security and food self-sufficiency during havoc of Covid-19 in Nepal. *Tropical Agroecosystems (TAEC)*, 1(2), 80-87.
- Chauhan, J.S. (2015). Quality seed: A mega factor in enhancing crop productivity in (ED: Singh, LA) Recent advances in crop physiology. Daya publishing house. Astral International PVT Ltd. New Delhi, 2, 357-366.
- Clerkx, E.J., El-Lithy, M.E., Vierling, E., Ruys, G.J., Blankestijn-De Vries, H., Groot, S.P., Vreugdenhil, D. & Koornneef, M. (2004). Analysis of natural allelic variation of Arabidopsis seed germination and seed longevity traits between the accessions *Landsberg erecta* and Shakhara, using a new recombinant inbred line population. *Plant Physiology*, 135(1), 432-443.
- Copeland, L.O., & McDonald, M.F. (2012). Principles of seed science and technology. Springer Science & Business Media.
- Corbinau, F. (2024). The effects of storage conditions on seed deterioration and ageing: how to improve seed longevity. *Seeds*, 3(1), 56-75.

- Costa, C. J., Meneghello, G. E., Jorge, M. H. A., & Costa, E. (2021, August). The importance of physiological quality of seeds for agriculture. *In Colloquium Agrariae*. ISSN: 1809-8215 (Vol. 17, No. 4, pp. 102-119).
- Çelen, H., & İnce E. (2022). Türkiye ve avrupa birliği sebze tohumu standartlarının karşılaştırılması. *Lapseki Meslek Yüksekokulu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi*, 3(6), 25-33.
- da Silva Almeida, A., Deuner, C., Borges, C.T., Meneghello, G.E., de Tunes, L.M., & Vilella, F.A. (2014). Accelerated aging in tomato seeds. *American Journal of Plant Sciences*, 2014.
- Dağ, M.M., & Akbay, C. (2022). Sürdürülebilir tarımsal uygulamalar ile küresel gıda krizine karşı alternatif çözümler. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 101-113.
- De Sousa Leite, M., Torres, S. B., de Freitas, R.M.O., Nogueira, N.W., Leite, T.D.S., & de Paiva, E.P. (2018). Vigor determination of okra seeds by respiratory activity. *Bioscience Journal*, 34(6), 1551-1554.
- de Tunes, L.M., Pedroso, D.C., Gadotti, G.I., Muniz, M.F.B., Barros, A.C. S., & Vilella, F. A. (2013). Accelerated aging to assess parsley seed vigor. *Horticultura Brasileira*, 31, 457-460.
- Delouche, J.C., & Baskin, C.C. (1973) Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology*, 1, 427-452.
- Delouche, J.C., & Caldwell, W.P. (1960, January). Seed vigor and vigor tests. *In Proceedings of the Association of Official Seed Analysts* (Vol. 50, No. 1, pp. 124-129). Association of Official Seed Analysts.
- Demir, I., Kenanoglu, B.B. and Ozden, E. (2019). Seed vigour tests to estimate seedling emergence in cress (*Lepidium sativum* L.) seed lots. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici*, 47, 881-886.
- Demir, I., Ozden, Y.S. and Yilmaz, K. (2004). Accelerated ageing test of aubergine, cucumber, and melon seeds in relation to time and temperature variables. *Seed Science and Technology*, 32, 851-855.
- Dickson, M.H. (1980). Genetic aspects of seed quality. *Hortscience*, 15(6, I), 771-774.
- Doijode, S.D. (2006). Seed quality in vegetable crops. *Handbook of Seed Science and Technology*, 677-701.
- Du, C.J., & Sun, D.W. (2004). Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends In Food Science & Technology*, 15(5), 230-249.
- Dutra, A.S., & Vieira, R.D. (2006). Accelerated ageing test to evaluate seed vigor in pumpkin and zucchini seeds. *Seed Science and Technology*, 34(1), 209-214.
- Eksi, C. and Demir, I. (2011). The use of a shortened controlled deterioration vigour test in predicting field emergence and longevity of onion seed lots. *Seed Science and Technology*, 39, 190-198.

- Elias, S. (2006). Seed quality testing. *Handbook of Seed Science and Technology*, 561-601.
- ElMasry, G., ElGamal, R., Mandour, N., Gou, P., Al-Rejaie, S., Belin, E., & Rousseau, D. (2020). Emerging thermal imaging techniques for seed quality evaluation: Principles and applications. *Food Research International*, 131, 109025.
- Engels, J.M.M.; Ramanatha Rao, R. (eds.) (1998). *Regeneration of seed crops and their wild relatives*. 167 p. ISBN: 978-92-9043-389-7, ISBN: 92-9043-389-2. <https://hdl.handle.net/10568/104467>
- Ermis, S., Ozden, E. and Demir, I. (2015). Early radicle emergence count after controlled deterioration (CD) predicts emergence potential better than final standard germination after CD in tomato varieties.
- FAO, (2017). *The future of food and agriculture – Trends and challenges*. Rome.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/2e90c833-8e84-46f2-a675-ea2d7afa4e24/content> (Erişim tarihi: 26.07.2024)
- Finch-Savage, W.E., & Bassel, G.W. (2016). Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. *Journal of Experimental Botany*, 67(3), 567-591.
- Fougereux, J. (2000). Germination quality and seed certification in grain legume. *Special Report. Grain Legumes*, 27, 14-16.
- Franzin, S. M., Menezes, N.L.D., Garcia, D.C., & Santos, O.S.D. (2005). Effect of seed quality on lettuce seedlings development. *Horticultura Brasileira*, 23, 193-197.
- Fritz, T. (1965) Germination and vigour tests of cereals seed. *International Seed Testing Association*, 30, 923–927.
- Gonçalves, N.R., Cicero, S.M., & Abud, H.F. (2017). Seedling image analysis and traditional tests to evaluate onion seed vigor. *Journal of Seed Science*, 39, 216-223.
- Hampton, J.G. (2002). What is seed quality? *Seed Science and Technology*, v.30, p.1-10.
- Hampton, J.G., & Tekrony, D.M. (1995). *Handbook of ISTA vigour test methods*. 3 rd Edn., Zurich: ISTA. 10.
- Hiltner, L. and Ihssen, G. (1911). Über das schlechte uflaufen und die Auswinterung des Getreides infolge Befalls des Saatgutes durch Fusarium. On the poor emergence and overwintering of grain as a result of infestation of the seed with Fusarium. *Landirtschaftliches. Jahrbuch fur Bayern*, 20-60, 231-278
- Hyatt, J.E., & Tekrony, D.M. (2008). Factors influencing the saturated salt accelerated aging test in tomato and onion. *Seed Science and Technology*, 36(3), 534-545.

- Ilbi, H. and Eser, B. (2006). The potential of vigour tests to identify differences in the extent of ageing in onion seeds. *Seed Science and Technology*, 34, 713-718.
- ISTA. (2017). International rules for seed testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- ISTA. (1995). Handbook of Vigour Test Methods. 3 rd Edition, Edited by J.G. Hampton and D.M. TeKrony, Zurich, Switzerland.
- ISTA. (2015). International rules for seed testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- ISTA. (2018). In: Don R, Ducournau S (eds) Handbook on seedling evaluation. In: Don R, Ducournau S (eds) International Seed Testing Association, Zurich. ISBN 978-3-906549-39-2
- ISTA. (2022). International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- Jeng, T.L., & Sung, J.M. (1994). Hydration effect on lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzyme activity of artificially aged peanut seeds. *Seed Science and Technology*, 22, 531-539.
- Jianhua, Z.; McDonald, M.B. 1996. The saturated salt accelerated aging test for small seeded crops. *Seed Science and Technology* 25: 123-131.
- Kelly, A.F. (2013). Seed production of agricultural crops. Scientific Publishers, New York.
- Kelly, A.F., George, R.A. (Eds.). (1998). Encyclopaedia of seed production of world crops (pp. ix+-403).
- Kittock, D.L., & Law, A.G. (1968). Relationship of seedling vigour to respiration and tetrazolium reduction in germinating wheat seeds. *Agronomy Journal*, 60, 268–288.
- Kumar, S., Sripathy, K.V., Bhaskar, K.U., & Vinesh, B. (2023). Principles of Quality Seed Production. Malavika Dadlani, 109.
- Lee, H., Huy, T. Q., Park, E., Bae, H. J., Baek, I., Kim, M. S., Mo, C., Cho, B. K. (2017). Machine vision technique for rapid measurement of soybean seed vigor. *Journal of Biosystems Engineering*, 42(3), 227.
- Lehman, C. (2014). Leitfaden zur Qualitätsprüfung von On-Farm erzeugtem Saatgut von Gemüsearten. <https://www.agrar.huberlin.de/de/institut/departments/dntw/oekophysiologie/links/SaatQual> (Erişim tarihi: 10.03.2024)
- Leist, N., Krämer, S., & Jonitz, A. (2003). ISTA working sheets on tetrazolium testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf.
- Liu, F., Yang, R., Chen, R., Guindo, M. L., He, Y., Zhou, J., Lu, X., Chen, M., Yang, Y., & Kong, W. (2023). Digital techniques and trends for seed phenotyping using optical sensors. *Journal of Advanced Research*.
- Ma, W.-G., Zhang, Z.-H., Zheng, Y.-Y., Pan, W., Qiu, T., Guan, Y.-J. and Hu, J. (2020). Determination of tobacco (*Nicotiana tabacum*) seed vigour

- using controlled deterioration followed by a conductivity test. *Seed Science and Technology*, 48, 1-10.
- Marchi, J. L. D., & Cicero, S. M. (2017). Use of the software Seed Vigor Imaging System (SVIS®) for assessing vigor of carrot seeds. *Scientia Agricola*, 74, 469-473.
- Marcos Filho, J. (2015). Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agricola*, 72, 363-374.
- Marcos Filho, J. (2015). Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia agricola*, 72(4), 363-374.
- Matthews, S. (1980). Controlled Deterioration: A New Vigor Test for Crop Seeds. In *Seed Production*, (ed. P.D. Hebblethwaite) pp. 647-660, Butterworths, London.
- Matthews, S., & Powell, A. (2009). Seed viability and vigour. In: Singhal NC (ed) *Seed science and technology*. Kalyani Publishers, New Delhi, 115–146.
- Matthews, S., Demir, I., Celikkol, T., Kenanoglu, B.B. and Mavi, K. (2009). Vigour tests for cabbage seeds using electrical conductivity and controlled deterioration to estimate relative emergence in transplant modules. *Seed Science and Technology*, 37, 736-746.
- Mavi, K. and Demir, I. (2007a). Controlled deterioration and accelerated aging tests predict relative seedling emergence potential of melon seed lots. *HortScience*, 42, 1431-1435.
- Mavi, K. and Demir, I. (2007b). Controlled deterioration and accelerated ageing tests to predict seedling emergence of watermelon under stressful conditions and seed longevity. *Seed Science and Technology*, 35, 445-459.
- McDonald, M.B. (1990). Validation of starch gel electro-phoresis for corn seed purity determination. In *Proceedings of the Annual American Seed Trade Association Corn and Sorghum Research Conference*, 45, 43-53.
- McDonald, M.B., & Copeland, L.O. (1997). *Seed Quality and Performance*. In: *Seed Production*. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4074-8_8 (Erişim tarihi:12.04.2024).
- McDonald, M.B., & Phannendranath, B.R. (1978). A modified accelerated aging vigor test procedure. *Journal of Seed Technology*, 3, 27–37.
- McGuire, S., & Sperling, L. (2014). The links between food security and seed security: facts and fiction that guide response. In *Global Food-Price Shocks and Poor People* (pp. 39-54). Routledge.
- Michel, B.E., & Kaufmann, M.R. (1973). The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 51(5), 914-916.
- Misra, M. K., Harries, A., & Dadlani, M. (2023). Role of seed certification in quality assurance. *Seed Science and Technology*. Singapore: Springer, 267-98.

- Nagel, R., Durka, W., Bossdorf, O., & Bucharova, A. (2019). Rapid evolution in native plants cultivated for ecological restoration: not a general pattern. *Plant Biology*, 21(3), 551-558.
- Nautiyal P.C., Perihar S.S. (2013). Principle of Seed Germination and Vigour. ICAR Sponsored Short Course, 205.
- Nijenstein, J.H. (1986). Effects of some factors influencing cold test germination of maize. *Seed Science and Technology*, 14(2), 313-326.
- Ortiz, T. A., Gomes, G. R., & Takahashi, L. S. A. (2024). Standardization of the accelerated aging test methodology for snap bean seed to differentiate batches by physiological quality. *International Journal of Vegetable Science*, 1-7.
- Pandita, V.K., Singh, P.M., & Gupta, N. (2023). Vegetable Seed Production. In *Seed Science and Technology: Biology, Production, Quality* (pp. 133-152). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Pêgo, R.G., Nunes, U.R., & Massad, M.D. (2011). Seed physiological quality and field performance of rocket plants. *Ciência Rural*, 41, 1341-1346.
- Perry, D.A. (1973). Interacting Effects of Seed Vigor and the Environment. In *Seed Ecology*, (ed. W. Heydecker). pp. 311-323, Butterworths, London, pp. 311-323.
- Powell, A. (2009). What is seed quality and how to measure it. In *Responding to the challenges of a changing world: The role of new plant varieties and high quality seed in agriculture*. Proceedings of the Second World Seed Conference, Rome (pp. 8-10).
- Powell, A. A. (2022). Seed vigour in the 21st century. *Seed Science and Technology*, 50(2), 45-73.
- Prado, J.P.D., Krzyzanowski, F.C., Martins, C.C., & Vieira, R.D. (2019). Physiological potential of soybean seeds and its relationship to electrical conductivity. *Journal of Seed Science*, 41, 407-415.
- Prasad, S.R., Chauhan, J.S., & Sripathy, K.V. (2017). An overview of national and international seed quality assurance systems and strategies for energizing seed production chain of field crops in India. ICAR.
- Qun, S., Wang, J.H., & Sun, B.Q. (2007). Advances on seed vigor physiological and genetic mechanisms. *Agricultural Sciences in China*, 6(9), 1060-1066.
- Rahman, A., & Cho, B.K. (2016). Assessment of seed quality using non-destructive measurement techniques: a review. *Seed Science Research*, 26(4), 285-305.
- Rajendra Prasad, S. (2023). Testing Seed for Quality. In *Seed Science and Technology: Biology, Production, Quality* (pp. 299-334). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Ramos, N.P., Flor, E.P.O., Mendonça, E.A.F.D., & Minami, K. (2004). Envelhecimento acelerado em sementes de rúcula (*Eruca sativa* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, 26, 98-103.

- Santhy, V., Sandra, N., Ravishankar, K.V., & Chidambara, B. (2023). Molecular techniques for testing genetic purity and seed health. *Malavika Dadlani*, 365.
- Sendekie, Y. (2020). Review on; Seed genetic purity for quality seed production. *International Journal of Scientific Engineering and Science*, 4(10), 1-7.
- Singh, B.D. (2011). *Plant breeding: principles and methods*, 4th edn. Kalyani Publisher, Ludhiana, p 916
- Sivritepe, H.O., Senturk, B., & Teoman, S. (2015). Electrical conductivity tests in maize seeds. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 2(7), 296-297.
- Sivritepe, H.Ö. (2011). Tohum canlılığının değerlendirilmesi. *Alatarım Dergisi*, 10(2), 94-105.
- Sundareswaran, S., Ray Choudhury, P., Vanitha, C., & Yadava, D.K. (2023). Seed quality: Variety development to planting—An overview. *Seed Science and Technology: Biology, Production, Quality*, 1-16.
- United Nations, (2024). *World Population Prospects 2024, Summary of Results*, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, UN, New York. Erişim adresi: file:///C:/Users/Raziye%20KUL/Downloads/1411546-EN.pdf / (Erişim tarihi: 26.007.2024)
- Van Dijk, M., Morley, T., Rau, M. L., & Saghai, Y. (2021). A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050. *Nature Food*, 2(7), 494-501.
- Vujaković, M. M., Milošević, M. B., Zlokolica, M. Ž., & Nikolić, Z. T. (2003). Effect of fungicides on wheat seedling growth (*Triticum aestivum* L) and activity of superoxide dismutase. *Biljni lekar*, 31(6), 564-570.
- Yadav, S., Rao, D., Sushma M.K, Kumar, R., Kumar Yadav, S (2024). *Principles and Methods of Seed Vigour Testing. Training Manuel on Seed Production, Testing and Storage in Field and Vegetable Crops*, March 13-15, 2023, New Delhi, India. <https://www.researchgate.net/publication/379083320> (Erişim Tarihi: 30.07.2024)
- Zheng, Y., Yuan, F., Huang, Y., Zhao, Y., Jia, X., Zhu, L., & Guo, J. (2021). Genome-wide association studies of grain quality traits in maize. *Scientific Reports*, 11(1), 9797.

BÖLÜM 7

TOHUMLARDA DİNLENME VE ÇİMLENMENİN DÜZENLENMESİ

Prof. Dr. H. Özkan SİVRİTEPE^{1*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13822733>

^{1*}Bağımsız Bilim İnsanı ve Tarımsal Danışman, 16280 Nilüfer, Bursa, Türkiye.
ozkan.sivritepe@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-0093-9785

*Sorumlu yazar

GİRİŞ

Tohumlarda görülen dinlenme ve çimlenme süreçleri, bitkilerin uygun koşullar altında büyüme ve gelişmelerinde anahtar rol oynamaktadır. Bu fizyolojik süreçler, bitki topluluklarının oluşması ve sürdürülmesinin temeli olarak görülmektedir (Copeland ve McDonald, 2001; Auge ve ark., 2018; Hilhorst, 2022; Nautiyal ve ark., 2023). Ayrıca, tohumlarda dinlenme ve çimlenme temel olarak çeşitli fizyolojik süreçler ve çevresel faktörler aracılığıyla düzenlenmektedir. Her ne kadar ifadeleri farklı olsa da, her iki süreç de tohum ekiminin yönetimi ve planlanması açısından eşit derecede önemlidir. Bu nedenle, birbiriyle bağlantılı ve zıt olan bu iki süreci kontrol eden faktörlerin anlaşılması hayati önem taşımaktadır (Naylor, 1983; Shu ve ark., 2015; Hilhorst, 2022; Nautiyal ve ark., 2023). Daha önce yapılan çok sayıda çalışma, çevresel faktörler (ışık, sıcaklık ve su durumu) ile büyüme hormonları (absizik asit, giberellik asit ve etilen) arasındaki etkileşimin, dinlenme ve çimlenmede önemli bir rol oynadığını göstermiştir (Copeland ve McDonald, 2001; Finch-Savage ve Leubner-Metzger, 2006; Bewley ve ark., 2013; Shu ve ark., 2015; Nautiyal ve ark., 2023).

Dinlenme, normalde çimlenme için uygun olan çevresel koşullar altında bile tohumların çimlenmesinin engellendiği bir durum olarak tanımlanır. Dinlenme ile ilgili en eski deliller, Paleozoyik döneme ait bir Konifer fosilinin olgun tohumlarında bulunmuştur (Mapes ve ark., 1989). Dinlenmenin evrimsel tarihi oldukça karmaşıktır. Zira tohumlarda dinlenme türleri ve yoğunlukları bakımından zengin bir çeşitlilik vardır. Bu da dinlenmenin farklı şekillerde sınıflandırılmasına neden olmuştur (Nikolaeva, 1999; Copeland ve McDonald, 2001; Baskin ve Baskin, 2004; Hilhorst, 2022).

Uzun bir kültüre alma geçmişi olan bitkiler, genellikle yabani veya daha yakın zamanda kültüre alınmış türlere göre daha az tohum dinlenmesi gösterir. Kültüre alınmış türlerin tohumlarında görülen dinlenme bazen bir sorun olarak algılanabilir. Bununla birlikte, hasat öncesi filizlenmeyi önlediği ve tohum kalitesinin korunmasına yardımcı olduğu için bazı türlerde (örneğin kışlık tahıllar) dinlenme bir dereceye kadar arzu edilir. Ancak, dinlenme birçok türe ait tohumların toprakta uzun yıllar çimlenmeden kalmasına da neden olabilir (Copeland ve McDonald, 2001).

Çimlenme sürecinde tohumun rolü bir çoğaltım birimi olmasıdır. Aynı zamanda tüm bitki türlerinin hayatta kalmasını sağlayan ana unsur

niteliğindedir. Ayrıca, fide oluşumundaki rolü nedeniyle de tohum çimlenmesi modern tarımın anahtarı olmayı sürdürmektedir. Bu nedenle, özellikle gıda ihtiyacı ile dünya nüfusu arasındaki hassas dengenin kurulması ve maksimum bitkisel üretimin elde edilmesi için çimlenmenin temel olarak anlaşılması şarttır.

Çimlenme, hareketsiz bir embriyoyu metabolik olarak aktif bir embriyoya dönüştüren ve sağlıklı bir fide oluşturmak için gerekli olan doku ve organları (apikal meristem, kök ve sürgün) geliştiren bir süreçler zinciri olarak görülebilir. Çimlenme süreci suyun emilmesiyle başlar, ardından metabolik olarak aktif bir aşamaya gelir; bu sırada enerji sağlayan ve kökçük oluşumu ve fide büyümesine yol açan hücresel süreçleri destekleyen bir dizi biyokimyasal reaksiyon gerçekleşir. Metabolik olarak aktif faz, enzim aktivasyonu, hidrolizi ve depolanan besin rezervlerinin mobilizasyonu ile başlar. Rezerv besin maddelerinin mobilize edilmesinden sonra, embriyo büyümesi başlar ve ardından tohum kabuğunun zayıflaması, yırtılması ile kökçük ortaya çıkar. Bunlar doğrudan fide oluşumuyla ve dolayısıyla ürünün verimliliğiyle ilgili çok önemli adımlardır (Nautiyal ve ark., 2023).

Tohum testi ve tohum ticaretinde, tohum kalitesinin ve ekim değerinin güvenilir bir şekilde değerlendirilmesi ve doğru kararların alınabilmesi için tohumda dinlenme ve çimlenmenin iyi bilinmesi gerekir. Bu nedenle bu bölümde, tohumlarda dinlenme ve çimlenmenin düzenlenmesinin altında yatan temel süreçler ile çimlenmenin ölçülmesine yönelik olarak uluslararası standartlarda çimlendirme testinin yöntemleri incelenmiştir.

1. TOHUMLARDA DİNLENME

1.1. Dinlenmenin Tanımı

Tohumlarda dinlenme araştırmacılar tarafından farklı şekillerde tanımlanmıştır. Genel olarak araştırmacıların çoğunluğu dinlenmeyi, uygun çevresel koşullar altında bile canlı bir tohumun çimlenmeyi başlatma yeteneğinin geçici olarak askıya alınması durumu olarak tanımlamıştır (Bewley, 1997; Baskin ve Baskin, 2004; Hiroyuki ve ark., 2018). Öte yandan, dinlenme halinde olmayan canlı bir tohum, uygun çevre koşulları sağlandığında çimlenecektir (Baskin ve Baskin, 1998). Bu nedenle, dinlenmede olan bir tohumun bazı yetersizlikler nedeniyle çimlenemediği veya çimlenmeyi

başlatmak için aşılması ve serbest bırakılması gereken bazı doğal engelleyicilere sahip olduğu varsayılmaktadır (Bewley ve Black, 1994). Dinlenme hali, çimlenme için gerekli olan su, sıcaklık veya hava gibi yeterli koşulların sağlanmaması nedeniyle, su almamış bir tohumun çimlenmeden kaldığı hal için kullanılan bir terim olan sükûnet (quiescence) halinden farklıdır. Bu özellik, kurutmaya toleranslı “orthodox” tohumların uzun süreli depolanabilirliği ya da uzun ömürlü olmalarının temelidir. Dolayısıyla, dinlenmenin, tohum çimlenmesinin zaman veya mekân içindeki dağılımını düzenleyen ve büyük öneme sahip bir fizyolojik mekanizma olduğu da açıktır.

Çeşitli bitki türlerinin tohumlarının dinlenme derecesinde değişkenlik göstermesi, dinlenme durumundan ara sıra çıkarak düzensiz çimlenmeye yol açmasından anlaşılmaktadır. Bu nedenle, dinlenme süreçleri bir türün hayatta kalmasına ve yayılmasına yardımcı olmaktadır. Doğada mevsimsel olarak meydana gelen çevresel değişiklikler (özellikle ışık ve sıcaklık), toprağın yapısı, tohumun ekim derinliği, kuşların ve diğer hayvanların müdahaleleri, tohumda dinlenme ve çimlenme süreçlerini belirleyen önemli faktörlerden bazılarıdır. Tohumda olgunlaşmanın sonuna doğru dinlenmenin tetiklenmesi ve aynı zamanda hasat öncesi filizlenmeye karşı tohumun korunmasını da sağlar. Ortam sıcaklığı ve ışığın hem dinlenmeyi hem de çimlenmeyi düzenlediği uzun zamandır bilinen bir gerçektir (Vleeshouwers ve ark., 1995; Batlla ve ark., 2004). Fakat, dinlenmenin tetiklenmesinde ışığın rolü hâlâ tartışmalı bir konudur (Baskin ve Baskin, 2004; Nautiyal ve ark. 2023).

1.2. Dinlenmenin Sınıflandırılması

Tohum fizyologları, farklı dinlenme biçimleri için farklı sınıflandırma sistemleri önermektedirler. Oysa tohum teknolojileri, tohumda dinlenmenin kırılmasına yönelik uygulamaların geliştirilmesi için uluslararası kabul edilebilir hiyerarşik bir sisteme ve bunun altında yatan mekanizmalara ihtiyaç duymaktadırlar. Baskin ve Baskin (2004), tohum dinlenmesini sınıflandırmak için Rus tohum fizyoloğu Marianna G. Nikolaeva'nın planının değiştirilmiş bir versiyonunu önermişlerdir. Buna göre, değiştirilmiş sistem üç hiyerarşik katmana (sınıf, seviye ve tip) bağlı olarak beş farklı dinlenme sınıfı içermektedir (Tablo 1). Bunlar: fizyolojik dinlenme (FYD), morfolojik dinlenme (MRD), morfofizyolojik dinlenme (MFD), fiziksel dinlenme (FKD) ve kombine dinlenmedir (FKD+FYD). En kapsamlı sınıflandırma şemaları, üç

seviye ve beş tip dinlenmeyi içeren FYD için oluşturulmuştur. MFD ise sekiz seviye içerir; ancak tiplerinde farklılık yoktur. FYD, açık tohumlular (*Coniferales*, *Gnetales*) ve kapalı tohumlularda (*Angiospermae*) meydana gelen en yaygın dinlenme tipidir. Son zamanlarda, tohum dinlenmesindeki çeşitlilik ve buna bağlı olarak yapılan sınıflandırma Baskin ve Baskin (2021) tarafından detaylı olarak incelenmiştir.

Tablo 1: Tohum dinlenmesinin sınıflandırılması (Nikolaeva, 1977; Baskin ve Baskin, 2004).

Sınıf A	Fizyolojik dinlenme (FYD) Seviyeler – derin, orta ve derin olmayan Tipler – 1, 2, 3, 4 ve 5 (derin olmayan FYD)
Sınıf B	Morfolojik dinlenme (MRD) (farklılaşmamış embriyolara sahip tohumları içermez)
Sınıf C	Morfofizyolojik dinlenme (MFD) Seviyeler – derin olmayan basit, orta basit, derin basit, derin basit epikotil, derin basit çift, derin olmayan kompleks, orta kompleks ve derin kompleks (bkz. Tablo 3) (farklılaşmamış embriyolara sahip tohumları içermez)
Sınıf D	Fiziksel dinlenme (FKD) (muhtemelen alt bölümlere ayrılması gerekir)
Sınıf E	Kombine dinlenme (FKD+FYD) Seviye – derin olmayan FYD (muhtemelen hem Tip 1 hem de Tip 2)

Fizyolojik Dinlenme (FYD): Nikolaeva (1977) FYD'nin üç seviyesini tanımlamıştır. Bunlar: derin, orta ve derin olmayan dinlenme seviyesidir ve her birinin özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. FYD görülen tohumların büyük çoğunluğunda derin olmayan FYD vardır. Ayrıca, dinlenmenin kırılması sırasında sıcaklığa verilen fizyolojik tepkilerdeki değişim modellerine dayanarak, beş tip derin olmayan FYD oluşmaktadır .

FYD en iyi şekilde tohum bünyesinde yer alan, absisik asit (ABA)'in engelleyici ve giberellik asit (GA)'in de teşvik edici olarak görev yaptığı hormonal denge ile açıklanır. Bu hormonlar aynı anda ve antagonistik olarak dinlenmenin başlangıcını, sürdürülmesini ve sonlanmasını düzenler (Wareing ve Saunders, 1971).

Tablo 2: Derin, orta ve derin olmayan FYD görülen tohumlarda dinlenmenin özellikleri (Nikolaeva, 1977; Baskin ve Baskin, 2004).

FYD Seviyeleri	Dinlenmenin Özellikleri
Derin	Çıkarılan embriyo anormal fide üretir, GA çimlenmeyi teşvik etmez, Tohumların çimlenmesi için ~ 3-4 aylık soğukta stratifikasyon* gerekir.
Orta	Çıkarılan embriyo normal fide üretir, GA bazı türlerde (ama hepsinde değil) çimlenmeyi teşvik eder, Tohumlar dinlenmenin kırılması için 2-3 aylık soğukta stratifikasyona ihtiyaç duyar, Kuru depolama soğukta stratifikasyon süresini kısaltabilir.
Derin Olmayan	Çıkarılan embriyo normal fide üretir, GA çimlenmeyi teşvik eder, Türlerle bağlı olarak, soğuk (~ 0-10°C) veya sıcak ($\geq 15^{\circ}\text{C}$) stratifikasyon dinlenmeyi kırar, Tohumlar kuru depolamada sonradan olgunlaşabilir, Skarifikasyon** çimlenmeyi teşvik edebilir.

* Stratifikasyon: Katlama (soğukta veya sıcakta)

** Skarifikasyon: Aşındırma (mekanik veya kimyasal)

Hilhorst ve ark. (2010), çevreye tepki olarak ABA ve GA etkileşimini takiben dinlenmeden çıkış ve çimlenmenin başlangıcı için bir model önermişlerdir. Bu modelde GA ve ABA doğrudan etkileşime girmez. Embriyo tarafından üretilen ABA, tohum gelişimi sırasında dinlenmeye neden olurken, GA ise dinlenmede olmayan tohumların çimlenmesini teşvik eder. Ayrıca, olgun tohumların çimlenmesi için gereken GA miktarı, tohum gelişimi sırasındaki ABA konsantrasyonları ile belirlenir. Bu nedenle, gelişimleri sırasında üretilen düşük seviyede ABA'ya sahip tohumlar, düşük seviyede dinlenme sergiler ve çimlenmeyi teşvik etmek için düşük konsantrasyonlarda GA'ya ihtiyaç duyar. Halbuki yüksek konsantrasyonda ABA içeren tohumlar, derin dinlenme gösterir ve daha yüksek GA konsantrasyonlarına ihtiyaç duyar.

Domates (Groot ve Karssen, 1992), ayçiçeği (Le Page-Degivry ve Garello, 1992) ve yabani yulaf (Fennimore ve Foley, 1998) tohumlarında yapılan çalışmaların sonuçları bu modeli desteklemektedir. Patates (Alvarado ve ark., 2000) ve yer fıstığı (Nautiyal ve ark., 2001) tohumlarında dinlenmenin kırılmasında hem ABA hem de GA'nın rol oynadığına dair kanıtlar sunulmuştur. ABA ve GA'ya ek olarak, üçüncü bir bitki hormonu olan etilen de bazı türlerde tohum dinlenmesi ve çimlenmesinin düzenlenmesinde rol oynamaktadır (Nautiyal ve ark., 1993; Kepczynski ve Kepczynska, 1997;

Matilla, 2000). Dolayısıyla etilen, ABA'nın etkisine müdahale ederek çimlenmeyi destekleyebilir (Beaudoin ve ark., 2000).

Morfolojik Dinlenme (MRD): Bu tipte dinlenme gösteren tohumlar, genellikle küçük ve az gelişmiş embriyolarla karakterize edilir; ancak kotiledon(lar) ve radikula-hipokotil eksenini iyi geliştirmiştir (Baskin ve Baskin, 2004). MRD görülen tohumlardaki embriyolar fizyolojik olarak dinlenmede değildir ve çimlenebilmek için dinlenmenin kırılmasına ihtiyaç duymazlar. Bunların sadece embriyonun tam boyutuna ulaşması ve daha sonra çimlenmesi için gelişimini tamamlaması amacıyla zamana ihtiyaçları vardır. Bu tür tohumlarda dinlenme süresi (yani tohum ekiminden kökçük çıkışına kadar geçen süre) birkaç günden 1-2 haftaya kadar uzayabilir ve çimlenme yaklaşık 30 günde tamamlanır. Ayrıca, morfolojik dinlenmesi olan tohumlarda aşağıdaki özellikler de yaygın olarak görülür:

- Tohum kabuğunun veya perikarpın su ve oksijene karşı geçirimsizliği vb. fiziksel faktörler,
- Perikarp veya tohum kabuğundaki kimyasal engelleyiciler (fenoller) gibi kimyasal faktörler
- Mekanik faktörler (yani perikarpın, tohum kabuğunun veya endospermin embriyo büyümesine karşı mekanik direnci).

Bu tür tohumlar zaman zaman ışığa karşı hassasiyet de gösterirler (Nautiyal ve ark., 2023).

Morfofizyolojik Dinlenme (MFD): Bu tip dinlenme özelliği olan tohumlar, dinlenmenin fizyolojik bileşeni olan az gelişmiş bir embriyoya sahiptir. Bu nedenle, çimlenebilmeleri için dinlenmenin kırılması amacıyla bir ön uygulamaya ihtiyaç duyarlar. MFD olan tohumlarda, embriyo büyümesi/kökçük ortaya çıkışı, MRD görülen tohumlara göre çok daha uzun bir süre gerektirir. Tohum dinlenmesinin kırılması ve çimlenmesine yönelik protokole dayalı olarak bilinen sekiz MFD düzeyi vardır (Baskin ve Baskin, 2004; Tablo 3).

Tablo 3: Sekiz düzeyde morfofizyolojik dinlenme ve bunları kırmak için gereken sıcaklık veya sıcaklık dizisi (Baskin ve Baskin, 2004).

MFD ^b tipi	Gerekli sıcaklık ^a		GA ₃ dinlenmeyi kırar
	Tohum dinlenmesini kırmak için	Embriyo büyümesi sırasında	
Derin olmayan basit	W veya C	W	+ ^c
Orta düzey basit	W + C	W	+
Derin basit	W + C	W	+/-
Derin basit epikotil	W + C	W	+/-
Derin basit çift	C + W + C	W	?
Derin olmayan kompleks	C	C	+
Orta düzey kompleks	C	C	+
Derin karmaşık	C	C	-

^aW, sıcakta stratifikasyon; C, soğukta stratifikasyon.

^bMFD, morfofizyolojik dinlenme.

^c+, evet; +/-, evet/hayır; -, hayır.

Fiziksel Dinlenme (FKD): Çimlenmenin ilk gereksinimi olan suyun tohum tarafından emilmesine izin vermeyen bazı fiziksel bariyerler nedeniyle tohumların dinlenmede olduğu duruma denir. Bunun temel nedeni tohumun veya meyve kabuğunun su geçirimsizliğidir (Jayasuriya ve ark., 2009). Daha açık olarak, FKD'nin tohum veya meyve kabuğundaki bir veya daha fazla su geçirmez palizat hücre katmanından kaynaklandığı bilinmektedir (Baskin ve ark., 2000). Tipik olarak FKD, hem doğal çevre koşulları altında hem de tohum (veya meyve) kabuğu üzerinde bir açıklık (su boşluğu) veya özel bir anatomik yapı oluşmasına yardımcı olan bazı fiziksel veya kimyasal uygulamalara tabi tutularak kırılır. Diğer bir deyişle, mekanik veya kimyasal aşındırma, FKD'nin kırılması ve çimlenmenin desteklenmesi için genellikle etkili ve basit yöntemlerdir (Nautiyal ve ark., 2023).

Kombine Dinlenme (FKD+FYD): Bu dinlenme tipinin görüldüğü tohumlarda, tohum (veya meyve) kabuğu su geçirimsizdir ve ayrıca embriyo fizyolojik olarak dinlenme halindedir. Bilinen tüm örneklerde fizyolojik dinlenmenin derin olmayan düzeyde olduğu görülmektedir (Baskin ve Baskin, 2004). Bazı kışlık yıllık bitkilerde olgunlaşmış tohumların embriyoları [örneğin *Geranium* (*Geraniaceae*) ve *Trifolium* (*Fabaceae*)] koşullu dinlenme özelliğine sahiptir ve kuru depolama veya tarla koşullarında olgunlaştıktan

sonraki birkaç hafta içinde dinlenmeden çıkarlar. Cercis (*Fabaceae*) ve Ceanothus (*Rhamnaceae*) gibi cinslerde ise tohumların embriyoları daha derin dinlenme halindedir (ancak yine de bu durum tam anlamıyla derin dinlenme değildir) ve bu nedenle FKD kırıldıktan sonra, birkaç haftalık soğukta katlama uygulaması çimlenme için yeterli olur (Nautiyal ve ark., 2023).

1.3. Dinlenmenin Teşvik Edilmesi

Tohumlar her ne kadar dinlenmeye genetik olarak yatkın olsalar da bunun teşvik edilmesi, tohum gelişimi sırasında sıcaklık, nem ve ışık gibi çeşitli çevresel faktörler tarafından kontrol edilir ve bunlar, tohumda dinlenmenin başlangıcını ve kırılmasını önemli ölçüde etkiler. Bu nedenle, değişen çevre koşullarının tarlada tohumun çimlenmesi üzerine olan etkileri iyi anlaşılmalıdır (Nautiyal ve ark., 2023). Transkriptomik, proteomik ve epigenetik gibi farklı biyoloji disiplinlerinden araştırma tekniklerinin entegre edilmesi, tohum çimlenmesini kontrol eden süreçlerin mekanizmalarının ve tohumda dinlenmenin tetiklenmesinin anlaşılmasına yardımcı olmaktadır (Klupczyńska ve Pawłowski, 2021). Tohumda dinlenme, iklimin hem kısa hem de uzun vadeli etkilerinden dolayı ortaya çıkar. Uzun vadeli etkiler türler, ekotip ve klonal çeşitlilik yoluyla kalıtsal dinlenme farklılıklarına neden olabilir (Montague ve ark., 2008), kısa vadeli etkiler ise tohumun olgunlaşması (Huang ve ark., 2015) veya çimlenme sırasındaki hava koşullarına bağlı olabilir. Tohum gelişim sürecinin erken safhalarında gözlenen veya ana bitki tarafından tetiklenen dinlenme, primer dinlenme olarak bilinirken; sekonder dinlenme, tohumun çimlenmesi için elverişsiz olan çevre koşullarından kaynaklanır (Nadella ve Foley, 2003).

Primer Dinlenme: Birçok araştırmacı, tohumun olgunlaşması sırasında embriyonik eksende meydana gelen ABA sentezinin ve bunun *de novo* olarak devam eden sentezinin, dinlenmenin teşvik edilmesi ve kalıcılığı için temel bir gereklilik olduğunu göstermiştir. Ayrıca, embriyo gelişiminin ilerleyen aşamasında bol miktarda bulunan proteinler gibi, ABA'ya yanıt veren genlerin ekspresyonunun ABA tarafından kontrol edildiği de bildirilmiştir. Bu proteinler, olumsuz koşullardan kaçınmak için çimlenmeyen, bir dereceye kadar primer dinlenmede olan birçok türde görüldüğü gibi, gelişmekte olan tohumdaki dinlenmeyi kontrol ederler (Hilhorst, 2007; Hilhorst ve ark., 2010).

Sekonder Dinlenme: Sekonder dinlenmenin sıcaklık, ışık, karanlık ve oksijen yetersizliği gibi çevresel koşullar tarafından teşvik edilebileceğini bildiren çok sayıda çalışma vardır (Copeland ve McDonald, 2001; Corbineau ve Come, 2003; Leymarie ve ark., 2008). Örneğin arpa ve yulaf tohumlarında yapılan araştırmalarda, yüksek sıcaklık nedeniyle dinlenmenin (termodormansinin) teşvik edilmesinin 30°C’de 3-8 saatlik inkübasyondan sonra belirgin olduğu ve 1-3 gün sonra maksimuma çıktığı bulunmuştur (Leymarie ve ark., 2008). Buna ilave olarak, termodormansinin teşvik edilmesi, embriyoda kritik bir nem içeriği gerektirmekte (kuru ağırlık bazında yaklaşık %40-50) (Hoang ve ark., 2012) ve hücre döngüsünün aktivasyonu ile birlikte gelişmektedir (Gendreau ve ark., 2008). Primer dinlenme görülen tohumlarda düşük oksijen stresi ile birlikte, düşük sıcaklıklardaki (10-15°C) su alımı sırasında sekonder dinlenme de ortaya çıkabilir (Hoang ve ark., 2014).

1.4. Dinlenmenin Kırılması

Tohum teknolojisi açısından bakıldığında, çimlenebilirlik, fide oluşumunda uniform bir çıkışın gerçekleşmesini ve optimum bitki popülasyonunun korunmasını sağlayan en önemli faktördür. Bu nedenle farklı türlerdeki dinlenme davranışı ve dinlenmenin kırılmasında (ortadan kaldırılmasında) kullanılan yöntemlere ilişkin bilgiler hayati önem taşımaktadır. Farklı seviyelerde ortaya çıkan dinlenmenin kırılması için çeşitli fiziksel, kimyasal veya fizyolojik uygulamaların detayları aşağıda verilmiştir.

Aşındırma (Skarifikasyon): Sert tohum kabuğuna (testa) sahip tohumlarda dinlenmeyi kırmanın en yaygın yöntemi aşındırmadır. Bu, kelimenin tam anlamıyla tohum kabuğunda bir yara izi oluşturmak anlamına gelir, böylece su tohuma girebilir ve embriyoyu nemlendirebilir. Tohumlar fiziksel ve kimyasal işlemler gibi herhangi bir yöntemle aşındırılabilir. Kimyasal işlemde, tohumlar ticari sülfürik asit (H_2SO_4 ; %95’lik) veya güçlü bir alkali olan sodyum hidroksit ($NaOH$; %20’lik) ile 2-3 dakika işleme tabi tutulabilir, ardından akan suda yıkanır. Uygulama süresi tohum kabuğunun sertlik derecesine ve oranına bağlı olarak değişebilir. Baklagiller, gül ve *Acacia* spp. gibi türlerin tohumlarında asitle aşındırma uygulanırken, kaju fıncığının sert kabuklu meyvelerinde alkali uygulaması etkilidir. Sert tohumluluğun ortadan kaldırılması için ısı veya mekanik aşındırma gibi fiziksel yöntemler de kullanılır. Ayrıca, tohumların yüksek sıcaklıklara maruz bırakılması, tohum

kabuğunun yırtılmasına neden olurken, tohum kabuğunun eksen dışı ucunun delinmesi veya kesilmesi, su alımına yardımcı olur. Nohut, *Acacia* spp. ve yonca tohumları, tohum kabuğunu yumuşatmak için sıcak suda 10-15 dakika bekletilmeye iyi yanıt verir. Yüksek sıcaklığa ($\sim 50^{\circ}\text{C}$) maruz kalma aynı zamanda birçok tahıl tohumunda dinlenmenin kırılmasını sağlar. 7-14 günlük kuru ısıtma işlemi, pirinç tohumlarında dinlenmenin ortadan kaldırılmasını sağlar. Ayrıca, bitkisel materyallerin kömürleştirilmesiyle üretilen bileşiklerin de birçok odunsu türde dinlenmenin kırılması üzerinde uyarıcı etkiye sahip olduğu bildirilmektedir (Keeley ve Fotheringham, 2000; Baskin ve ark., 2002).

Katlama (Stratifikasyon): Morfofizyolojik dinlenme görülen tohumlar, katlamanın ardından diğer uygulamalara tabi tutulabilir. Bu süreçte tohumlara, ABA'nın etkisine karşı koymak için dışsal GA_3 veya tiyoüre uygulaması yapılır. Soğukta katlama, dinlenmeyi ortadan kaldırmanın başka bir yoludur. Bu uygulamada tohum, 1:4 oranında ıslak kum / toprak / talaş / pamuk yünü gibi materyallerin arasına tabakalı olarak (bir sıra tohum, bir sıra katlama materyali olacak şekilde) yerleştirilir. Tohumlar, türe bağlı olarak 2-3 günden birkaç aya kadar $3-5^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa maruz bırakılır. Katlama uygulaması, olgunlaşma sonrası (after-ripening) dönemini gerektiren tohumlarda dinlenmenin kırılmasında yaygın olarak kullanılır. Bazı türlerde tohumlar 48 saat süreyle $3-5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki soğuk suya tamamen batırılır. Suyu boşaltıldıktan sonra, morfolojik dinlenmenin üstesinden gelmek için tohumlar, türe bağlı olarak 2-6 haftalık bir süre boyunca nemli kumda (1:4 oranında; 20 veya 25°C 'de sabit sıcaklık veya $20-30^{\circ}\text{C}$ 'lik değişken sıcaklıklarda) tutulur (Nautiyal ve ark., 2023).

Büyümeyi Engelleyici Maddelerin Tohumdan Uzaklaştırılması: Tohum veya meyve kabuğunda bulunan büyümeyi engelleyici maddelerin, tohumların ıslatılması veya akan suyun altında tutulması suretiyle yıkanmasıdır. Esas olarak tohumların bir süre (türe bağlı olarak 2-4 saat ile 3 gün arasında) suda bekletilmesini içerir. Uzun süreli ıslatmalarda, fermentasyonu veya çürümeyi önlemek için suyun 12 saatte bir değiştirilmesi şarttır. Örneğin şeker pancarı tohumları, siyanürler ve fenolik bileşikler gibi büyümeyi engelleyici maddelerin tohumdan uzaklaştırılması için bir gün boyunca akan suda bekletilir (Kumar ve Goel, 2019).

Kimyasal Aktifleştiriciler ve Büyüme Hormonlarının Uygulanması: Esas olarak büyümeyi engelleyici hormonların (çoğunlukla ABA) varlığına

bağlı olarak mevcut olan tohum dinlenmesi, uzun süreli yıkama ile ortadan kaldırılabilir. Ayrıca, GA_3 ve kinetin (100-1000 ppm) uygulanarak ta tohumda meydana gelen dinlenme kırılabilir. İlave olarak, GA_3 ve potasyum nitrat (KNO_3) ışık etkisinin yerini alabilen kimyasallar olarak kullanılmakta ve çimlenme için ışığa ihtiyaç duyan domates tohumları bu uygulamalar sayesinde karanlık koşullarda da çimlenebilmektedir. Tiyoüre, hem ışık hem de soğutma işlemi gerektiren marul tohumları için kullanılmaktadır (Nautiyal ve ark., 2023; Prasad, 2023).

2. TOHURLARDA ÇİMLENME

Çimlenme sürecinde tohum, üreme birimi olarak önemli bir role sahiptir. Böylece tüm bitki türlerinin hayatta kalmasını sağlamaktadır. Ayrıca, fide oluşumundaki rolü nedeniyle de tohum çimlenmesi, modern tarımın anahtarı olmayı sürdürmektedir. Günümüzde özellikle gıda üretimi ile dünya nüfusu arasındaki hassas dengenin daha çok farkına varılmış olması nedeniyle, maksimum ürünün elde edilmesinde çimlenmenin çok iyi anlaşılması da bir gerekliliktir.

2.1. Çimlenmenin Tanımı

Çimlenme terimi, tohum ile ilgili farklı çalışma alanlarında farklı şekillerde algılanmaktadır. Tohum fizyologlarına göre çimlenme, radikulanın (kökçük) testadan (tohum kabuğu) çıkışı olarak tanımlanırken, tohum analizi yapan kişilere (tohum teknologları ya da tohum analistleri) göre, kökçüğün çıkışı ve uygun koşullar altında embriyodan normal bir bitkiyi oluşturacak temel organların gelişimi olarak tanımlanmaktadır. Bu durumda, fizyolojik anlamda çimlenme esas alınacak olursa (örneğin radikulanın testadan çıkarak birkaç mm ya da en fazla 1 cm'ye kadar uzaması), bir popülasyondaki çimlenen tohumların ileride uygun koşullar altında normal bir fide ve bundan da normal bir bitkinin oluşma garantisi yoktur. Diğer bir deyişle, çimlendiği kabul edilen fide ileride normal ya da anormal bir fide olabilir. Anormal fidelerin de (anormalliğin derecesine bağlı olarak) arazi koşullarında yaşamlarını sürdürebilme olasılığı oldukça düşüktür. Ancak, teknolojik anlamda çimlenmenin esas alındığı durumda ise embriyodan normal bir bitkiyi oluşturacak temel organlar değerlendirilerek (oluşan genç bitkiciğin yani

fidenin normal ya da anormal olarak değerlendirilmesi) normal fideler tespit edilir. Böylece, tohum numunelerinin laboratuvar ve arazi performanslarının karşılaştırılmasında daha yakın ya da birbirine paralel sonuçlar elde edilebilir (Sivritepe, 2011).

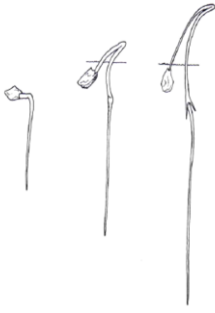
2.2. Çimlenmenin Morfolojisi

Fide büyümesi esnasında, kotiledonlar ya da depolama organlarına bağlı olarak iki farklı çimlenme tarzı ortaya çıkmaktadır. Bunlar; epigeal çimlenme ve hipogeal çimlenme olarak adlandırılırlar. Bu iki büyüme tarzı, tohum yapısı ile ilgili değildir ve hem tek çeneklilerde (monokotiledonlar) hem de çift çeneklilerde (dikotiledonlar) meydana gelir (Copeland ve McDonald, 2001; Elias ve ark., 2012; Nautiyal ve ark., 2023).

Epigeal Çimlenme: Epigeal çimlenmede hipokotil uzar, kotiledonlar ve plumula ile birlikte toprak üzerine çıkar (Örnek: fasulye, domates ve soğan; Şekil 1). Daha sonra kotiledonlar açılır, plumula büyümesi devam eder ve kotiledonlar kuruyup yere düşer (Copeland ve McDonald, 2001; Elias ve ark., 2012; Nautiyal ve ark., 2023).

Hipogeal Çimlenme: Hipogeal çimlenmede ise kotiledonlar ya da diğer depo organları toprak altında kalır (Örnek: bezelye, bakla, ateş fasulyesi ve tahıllar; Şekil 2). Plumulayı çevreleyen geçici bir kılıf olan koleoptil, birçok türün (örneğin tahıllar) hipogeal çimlenmesiyle ilişkilidir. Toprağın içinden çıkarak ışığa maruz kalan plumulaya koruma ve destek sağlar (Copeland ve McDonald, 2001; Elias ve ark., 2012; Nautiyal ve ark., 2023).

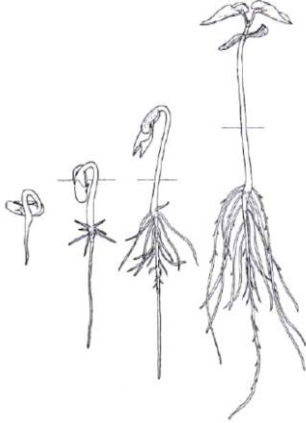
Çimlenme tarzını anlamak, tohum ekim yerlerinin hazırlanması, ekim, planlama ve ayrıca tarla çıkışını değerlendirme (çimlenmiş ve sağlıklı fidelerin sayılması) sırasında faydalı olmaktadır.



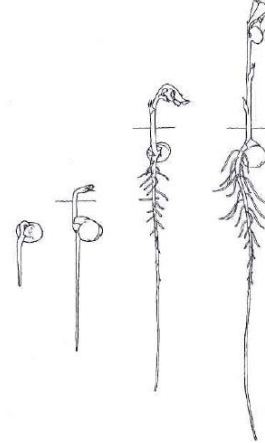
Epigeal çimlenme: Soğan



Hipogeal çimlenme: Buğday

Şekil 1: Tek çeneklilerde (monokotiledonlar) fide büyüme modelleri

Epigeal çimlenme: Fasulye



Hipogeal çimlenme: Bezelye

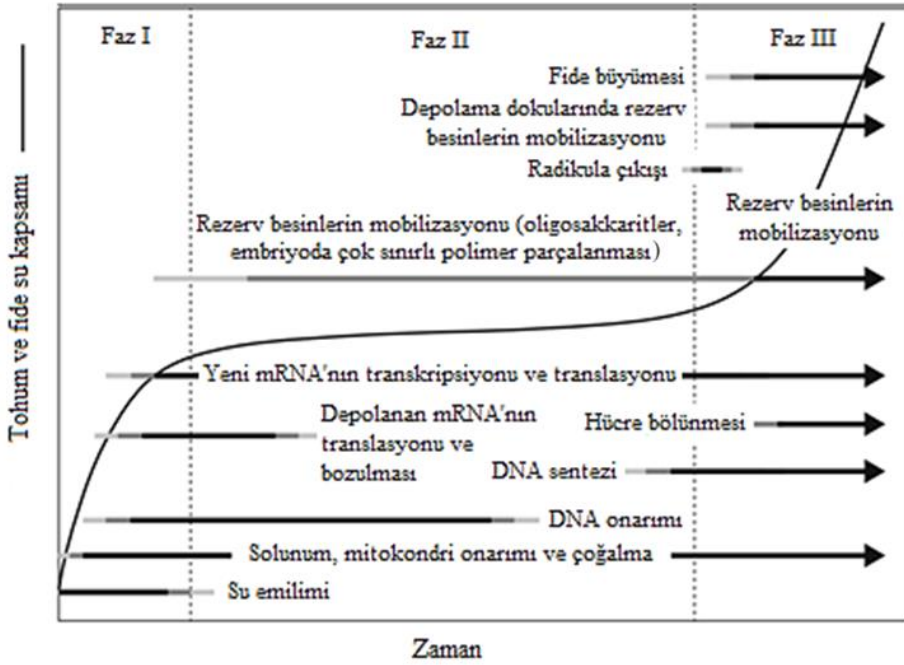
Şekil 2: Çift çeneklilerde (dikotiledonlar) fide büyüme modelleri

2.3. Çimlenme Esnasındaki Metabolik Süreçler

Tohumlarda çimlenme hem tarla çıkışını hem de fide oluşumunu etkileyen bir dizi fizyolojik, biyokimyasal ve morfolojik değişimin sonucunda meydana gelir. Kuru tohumlar genellikle -350 ila -50 MPa aralığında çok düşük su potansiyeline sahiptir. Kuru bir tohumun metabolik aktivasyonu, genellikle kökçüğü çevreleyen dokular tarafından suyun emilmesiyle başlar. Geçirgen tohum kabuğuna sahip olan tohumlarda su emilimi, faz II'nin (bkz. Şekil 3) başlangıcına kadar neredeyse tamamen fiziksel bir olaydır. Bu dokuların

enzimatik etkiyle zayıflaması, kökçüğün ortaya çıkış zamanlamasını düzenleyen önemli bir olaydır. Bu süreçte dokuların zayıflamasında endo- β -mannanazın rol oynadığı ileri sürülmektedir. Doğal koşullar altında kökçük oluşumunu etkileyen diğer birçok faktör olduğundan, kökçüğün ortaya çıkması için tek belirleyici faktörün bu olmayabileceği de tahmin edilmektedir (Loic ve ark., 2012).

Dolayısıyla tohum çimlenme süreci üç ana faza ayrılmaktadır: (1) hızlı su emilimi ile karakterize edilen faz I; (2) metabolizmanın yeniden aktivasyonu ve hücre uzaması ile karakterize edilen faz II; ve (3) hızlı hücre bölünmesi ile karakterize edilen ve radikula çıkışı ile başlayan faz III (Şekil 3).



Şekil 3: Belirli bir zaman periyodunda, tohumda su alımına bağlı olarak çimlenme ve fide büyümesinin başlangıç aşamasında meydana gelen bazı önemli değişiklikler (Bewley ve ark., 2013)

Tohum tarafından suyun ilk emilimi, yani faz I'deki emilim, yukarıda belirtildiği gibi fiziksel bir süreçtir. Fizyolojik aktiviteler, bir ya da birkaç hücrenin su ile temasından birkaç dakika sonra, yani tüm tohum dokuları su emilimini tamamlamadan çok önce başlayabilir. Enzim aktivasyonu da faz I ve II esnasında başlar. Faz II'de tohumun su içeriği oldukça sabittir ve yeni

genlerin önemli miktarda transkripsiyonuyla metabolik aktiviteler artar. Çimlenmenin başlangıcında anahtar rol oynayan besin rezervlerinin hidrolizi, makromoleküler biyosentez, solunum, alt hücre yapılarının yeniden düzenlenmesi ve hücre uzaması gibi fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerin yeniden etkinleştirildiği faz II çok önemlidir. Bu aşamanın sonunda kendisini çevreleyen yapılardan radikulanın ortaya çıkması, fizyolojik çimlenmenin tamamlandığını gösterir ve faz III'te, depolanan ana rezervleri kullanarak genç fideler oluştuğça daha fazla su alımı olur. Çimlenmenin başlamasından sonra, depolanmış ve *de novo* sentezlenmiş mRNA'lar önemli roller oynar (Copeland ve McDonald, 2001; Bonsager ve ark., 2010; Loic ve ark., 2012; Bewley ve ark., 2013). Üç fazlı olarak gösterilen bu çimlenme eğrisi, tohumun su alımına bağlı olarak gelişen bir süreçtir (Şekil 3). Bu olayların tamamlanması için geçen süre ise türlere ve tohumun maruz kaldığı çimlenme koşullarına göre değişir.

Hidrolitik Enzimler ve Tohum Çimlenmesi

Tamamen su emmiş olan bir tohumda, depolanmış nişasta, protein, lipid, hemiselüloz, polifosfatlar ve diğer yedek besin maddelerinin basit karbonhidratlara parçalanması için hidrolitik enzimlerin aktivasyonu veya sentezi gibi çeşitli metabolik süreçler aktive edilir. Krebs döngüsü ve elektron taşıma zincirinde yer alan mitokondriyal enzimlerin aktivitelerinin artmasıyla birlikte oksijen ihtiyacında da artış meydana gelir (Mayer ve Poljakoff-Mayber, 1989). Hidrolize olmuş besin maddeleri, genç fidelerin büyümesi ve gelişmesi için karbon iskeletini sağlayan enerji kaynağıdır. Birçok türde tohum çimlenmesi sırasındaki bu metabolik süreçler, zaman zaman çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Loic ve ark., 2012; Renu, 2018).

Nişastanın Hidrolizi

Monokotiledon tohumlarında karbonhidratlar birincil depolama rezervini temsil eder. Monokotiledon tohumlarının aleuron tabakasındaki α -amilaz, endospermde depolanan nişastanın kökler ve sürgünlerin büyümesi için enerji sağlayan şekerlere hidrolize edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Xu ve ark. (2011), endospermde depolanan nişastanın, çeşitli tahıl türlerinin tohumlarında çimlenme sırasında hızla hidrolize edildiğini ortaya koymuşlardır. Bu tohumlarda çoğu hidrolitik enzim, çimlenme sinyallerine yanıt olarak aleuron veya skutellumda üretilir. Kaneko ve ark. (2002) ise sürgün oluşumu ve epitel hücre gelişiminde kusurlu mutantlar kullanarak, epiteldeki aktif giberellin sentezinin endospermde α -amilaz ekspresyonu için önemli

olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca kalsiyumun rolünün amilaz stabilitesini içermesi ve enzim aktivitelerinin düzenlenmesinde çok daha karmaşık bir rol oynaması da beklenebilir. Amilaz aktivitesi, hem kotiledonlarda hem de eksenlerde *in vivo* indirgeyici şeker konsantrasyonuyla düzenlenir. Bu konsantrasyon yavaş yavaş artarken nişasta azalır (Wang ve ark., 2011). Kuru tohumlardaki nişasta, protein ve yağ rezervlerinin çimlenme yüzdesi veya çimlenme hızı ile anlamlı bir ilişkisi bulunmamasına rağmen, farklı çimlenme aşamalarında çözünebilir şeker ve protein içeriklerinin bazı çim türlerinde çimlenme oranı ile pozitif yönde ilişkili olduğu da belirlenmiştir (Zhao ve ark., 2018).

Proteinlerin Hidrolizi

Tohum çimlenmesi ve fide gelişimi sırasında, rezerv besin maddelerindeki proteinlerin hidrolizi ile serbest amino asitler üretilir. Bunlar endosperm ve embriyoda protein sentezi için yapı taşları olarak kullanılır. İlave olarak karboksipeptidaz ile sistein proteinaz enzimlerinin kombinasyonu protein hidrolizinin akışını kolaylaştırır. Çimlenen tohumda proteinlerin hidrolizini ve biyosentezini katalize eden diğer anahtar enzimler proteinazlar, proteazlar, baklagil benzeri proteinaz, metaloproteinaz ve aminopeptidazlardır (Nautiyal ve ark., 2023).

Lipidlerin (Yağların) Hidrolizi

Yağ bakımından zengin tohumlarda çimlenme sırasında, basit şekerler, büyüyen dokularda önemli bir düzenleyici madde olarak görev yapan lipid parçalanmasının son ürünleridir. Baklagil tohumlarının geliştirilmesinde, depo proteinlerinin birikimi ile depo lipidleri arasında genellikle güçlü bir negatif ilişki görülür. Lipidler, oleozomlarda triasilgliseroller formunda depolanır ve yağ açısından zengin tohumlarda, tohum kuru ağırlığının %35-40'ını oluşturabilir (Graham, 2008). Çimlenme ilerledikçe triasilgliseroller serbest yağ asitlerine ve gliserol moleküllerine hidrolize olur. Bu şekilde salınan gliserol ayrıca şekerlerin, amino asitlerin (esas olarak asparagin, aspartat, glutamin ve glutamat) ve embriyonik büyümeyi sürdürmek için diğer makromoleküllerin gereksinim duyduğu karbon zincirlerinin sentezinde glikolitik ara form olan dihidroksiaseton fosfata metabolize edilir (Quettier ve Eastmond, 2009). Lipid türevi karbon iskeletlerinin amino asitlere akışı acı bakla tohumlarında gösterilmiştir. Buna göre, depo lipidlerinin parçalanmasından yeni sentezlenen amino asitlere kadar karbon akışının en az

dört alternatif veya karşılıklı tamamlayıcı yolu bulunmaktadır (Sławomir ve ark., 2015). Bu nedenle lipazlar, çimlenme sırasındaki lipid metabolizmasıyla ilişkili olarak, yağ asitleri ve organik alkollerini serbest bırakan ester karboksilat bağlarının hidrolizini katalize eden, hidrolitik enzimlerin en önemli grubudur (Perreira ve ark., 2003).

Fitik Asidin Hidrolizi

Fitik asit (inositol heksafosfat veya IP6), baklagiller ve tahıl tohumlarındaki toplam fosforun (P) başlıca depolanma şeklidir. Fitin, esas olarak çoğu tohumun aleuron tabakasındaki ve scutellum hücrelerindeki protein gövdelerinde depolanır. Çimlenen tohumlarda fitin, gelişen fide tarafından kullanılan fosfat, katyonlar ve inositol açığa çıkaran bir asit fosfataz enzimi olan fitaz (Raboy ve ark., 1991) tarafından hidrolize edilir. Ayrıca, pirofosfat içeren inositol fosfatlar (PP-IP) gibi IP6 ile ilgili bileşikler, çimlenmenin başlangıç aşamalarında ATP sentezi için Pi sağlanmasında hayati bir rol oynar. Fosfat metabolizması çeşitli stresli ortamlarda olumsuz etkilenen süreçlerden biridir. Stres koşulları altında, büyümenin ve fosfor mevcudiyetinin kısıtlanması, serbest fosfat alımı mekanizmasını modüle eden hidroliz yoluyla Pi üretmek için fosfatazların aktivitesinin artmasına neden olur (Nautiyal ve ark., 2023).

2.4. Çimlenmeye Etki Eden Faktörler

Çimlenmeye etki eden çok sayıda faktör bulunmaktadır. Şimdiye kadar bu faktörler çeşitli araştırmacılar tarafından farklı şekillerde incelenmiştir. Bu bölümde söz konusu faktörler, Copeland ve McDonald (2001), Bewley ve ark. (2013) ve Nautiyal ve ark. (2023)'den derlenerek dört başlık altında incelenmiştir. Bunlar tohum olgunluğu, çevresel faktörler, kimyasal faktörler ve diğer faktörler olarak sıralanabilir.

Tohum Olgunluğu

Çoğu türün tohumları fizyolojik olgunluktan çok önce çimlenme yeteneğine sahiptir. Örneğin kılçıksız brom (*Bromus inermis*) tohumları, döllenmeden yalnızca birkaç gün sonra çimlenebilir. Diğer durumlarda maksimum tohum çimlenmesi ancak tohumun olgunlaştıkça yavaş yavaş kurumaya izin verilirse elde edilebilir. Örneğin soya fasulyesi tohumlarında, çimlenme için gerekli olan malat sentaz ve izositrat liyaz gibi enzimleri sentezleme yeteneği yavaş olgunlaşma süreci sırasında gelişmektedir

(Copeland ve McDonald, 2001).

Çevresel Faktörler

Tohumlarda çimlenme, su, gazlar, sıcaklık ve ışık gibi çevresel faktörler tarafından etkilenmektedir (Copeland ve McDonald, 2001; Bewley ve ark., 2013; Nautiyal ve ark., 2023).

a. Su: Su çimlenme için temel bir gereksinimdir. Enzim aktivasyonu, parçalanması, translokasyonu ve yedek depolama materyalinin kullanımı için gereklidir. Dinlenme halindeki tohumların nem oranı karakteristik olarak düşüktür ve metabolik olarak nispeten aktif değildir. Böylece, tohumlar toprakta ve depolama sırasında uzun süreli hayatta kalmalarını garanti eden minimum düzeyde metabolik aktiviteyi koruyabilirler.

Nem mevcudiyeti çeşitli şekillerde açıklanmaktadır. Tarla kapasitesi nemi, toprakta çimlenme için optimum düzeyi tanımlar. Ancak çimlenme türler arasında farklılık gösterir ve kalıcı solma noktasına yakın toprak nemlerinde bile meydana gelebilir. Topraklarda tuz konsantrasyonunun çok yüksek olduğu koşullarda ya da yarı kurak bölgelerde ise tohumların çimlenmesi için daha az miktarda su kullanılabilir durumdadır. Ayrıca, çimlenmenin ilk aşamaları, yüksek nemli bir ortamdan elde edilen nem ile bile ilerleyebilir. Fakat bu koşullar tam çimlenme için yeterli değildir. Bu genellikle erken çimlenme veya filizlenme olarak bilinen bir olguyla, yağmur veya yüksek nem koşullarının ardından tohumların tohumluk bitki üzerinde baş veya baklada filizlenmesi şeklinde görülebilir.

b. Gazlar: Hava yaklaşık %20 oksijen (O_2), %0,03 karbondioksit (CO_2) ve yaklaşık %80 nitrojen (N) gazından oluşur. Deneysel koşullar altında bu üç gazın farklı oranları sağlanırsa, çoğu türün çimlenmesi için oksijenin gerekli olduğu kısa sürede anlaşılır. %0,03'ten yüksek CO_2 konsantrasyonları çimlenmeyi geciktirirken, N gazının etkisi yoktur. Tohum çimlenmesi sırasında solunum keskin bir şekilde artar. Solunum esas olarak oksidatif bir süreç olduğundan, yeterli miktarda O_2 'in mevcut olması gerekir. O_2 konsantrasyonu havadaki çok altına düşürülürse çoğu tohumun çimlenmesi gecikir. Anaerobik koşullar altında çimlenmenin azalmasının nedenleri hala bilinmemekle birlikte, bu koşulların hücrelerde normal metabolizma için toksik olan etanol üretimine yol açtığı varsayılmaktadır.

Çimlenme sırasında solunum için temel yaşam destek sistemi olan O_2 , aynı zamanda singlet oksijen ($^1O_2$), süperoksit ($O_2^{\bullet-}$) veya hidroksil ($\bullet OH$) radikalleri ve hidrojen peroksit (H_2O_2) gibi reaktif oksijen türlerini (ROS) de üretir. Bunlar hücrel sinyalleşmede yer alan ana ROS olarak kabul edilir (Petrov ve Van Breusegem, 2012). ROS, kuru depolama sırasında da tohumda birikir; ancak bunların çoğu, başlangıçtaki su emme aşamasında baskılanırlar. Kontrollü ROS üretimi, çimlenmeyi kontrol eden çevresel koşulların algılanması ve iletilmesinde önemli bir rol oynar. Bu koşullar çimlenmeye izin verdiğinde, ROS seviyeleri, hormon sinyali gibi çimlenmeyle ilişkili hücrel olayları tetikleyen bir seviyede tutulur (Christophe, 2019). Öte yandan H_2O_2 birikimi, antioksidan mekanizmadaki oksidatif hasarlarla ilişkilidir ve çimlenmeyi baskılayabilecek stres kaynağı olarak kabul edilmektedir (Chmielowska-Bkak ve ark., 2015). Matilla (2020), ROS'in homeostazı ile tohum olgunlaşma sonrası süreci arasında bir bağlantı olduğunu da bildirmiştir.

CO_2 'in tohum çimlenmesi üzerindeki etkisi genellikle O_2 'in tersidir. CO_2 kısmi basıncı, havanın %0,03'ünün üzerine çıkarılırsa (orana bağlı olarak) çoğu tohumda çimlenme gecikir, azalır ya da durur. Bazı çalışmalar O_2 'in içsel büyümeyi düzenleyicilerden engelleyicilerin seviyelerini azaltabildiğini göstermiştir. Bu meydana geldiğinde, tohumların çimlenmeye olan tepkileri de artmaktadır.

c. Sıcaklık: Tohum çimlenmesi, her biri sıcaklıktan etkilenen birçok bireysel reaksiyonu ve aşamayı içeren karmaşık bir süreçtir. Çimlenme üzerindeki etki ana sıcaklıklar cinsinden ifade edilebilir; yani çimlenmenin gerçekleşeceği minimum, optimum ve maksimum sıcaklıklardır. Minimum sıcaklığın tanımlanması bazen zordur. Çünkü çimlenme fiilen devam ediyor olabilir, ancak bu yavaş bir hızda gerçekleşir. Bu durumda çimlenmenin tespiti genellikle gerçek çimlenme tamamlanmadan önce yapılmış olur. Optimum sıcaklık, en kısa sürede en yüksek çimlenme yüzdesini temin eden sıcaklık olarak tanımlanabilir. Maksimum sıcaklık ise çimlenme için gerekli olan proteinlerin denatürasyonunun meydana geldiği sıcaklıktır. Çimlenmenin yalnızca ana sıcaklıkları yoktur, aynı zamanda her aşamanın kendi ana sıcaklığı vardır. Bu nedenle, tohumların sıcaklığa verdikleri tepki çimlenme dönemi boyunca değişebilir.

Sıcaklığa verilen tepki tür, çeşit, yetiştirme bölgesi, tohumun kalitesi ve hasattan sonraki süre gibi birçok faktöre bağlı olarak değişebilir. Genel bir kural olarak, ılıman iklim tohumları tropik iklim tohumlarına göre daha düşük sıcaklıklara ihtiyaç duyarken, yabani türler kültürü yapılan bitkilere göre daha düşük sıcaklık gereksinimlerine sahiptir. Yüksek kaliteli tohumlar, düşük kaliteli tohumlara göre daha geniş sıcaklık aralıklarında çimlenebilir. Çoğu tohum için optimum sıcaklık 15-30°C, maksimum sıcaklık 30-40°C arasındadır. İstisnai olarak, bazı türler donma noktasına yaklaşan sıcaklıklarda bile çimlenebilmektedir.

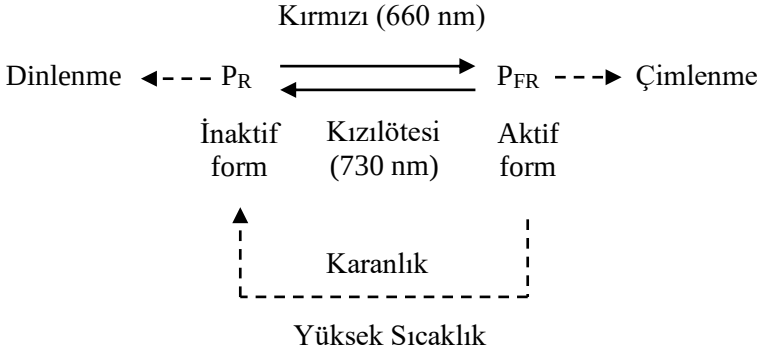
Birçok türün tohumları, optimum çimlenme için günlük olarak değişen sıcaklıklara ihtiyaç duyar. Bu tür günlük periyodiklik yaygındır ve uzun bir kültüre alma geçmişi olmayan türlerde daha yaygın olduğu görülmektedir. Örneğin, birçok ağaç ve çim türünün tohumları, değişken sıcaklık koşulları altında en iyi şekilde çimlenir. Çimlenme sırasında değişken sıcaklıklara duyulan ihtiyaç, dinlenme ile ilişkili gibi görünmektedir. Ancak değişken sıcaklıklar, dinlenmede olmayan tohumların çimlenmesini de hızlandırabilir. Değişken sıcaklıklara olan gereksinimin uyarlanabilir bir avantajı vardır. Örneğin bitki örtüsü, toprak yüzeyini büyük günlük sıcaklık dalgalanmalarına karşı yalıtır ve açık alanlarda toprak, profilin daha derin kısımlarının daha sabit sıcaklıklarda kalmasını sağlayarak bir yalıtkan görevi görür. Bu nedenle, değişken sıcaklıkların gerekliliği, çevredeki bitki örtüsünün yokluğunda çoğu tohumun toprak yüzeyi üzerinde veya yakınında çimlenmesini sağlar. Değişken sıcaklıkların gerekli olduğu durumlarda, yüksek ve düşük sıcaklıklar arasındaki aralık, gerçek sıcaklıklardan daha önemli görünmektedir.

Değişken sıcaklıkların çimlenen tohumlar üzerindeki etkisinin nedeni bilinmemektedir. En sık bahsedilen etki, çimlenmenin ardışık adımları üzerindeki farklı etkileri olmuştur. Ayrıca, alternatif sıcaklıkların, yüksek sıcaklık döngüsünde solunumun ara ürünleri arasında bir denge yaratabileceği, bu sıcaklıkta çimlenme için elverişsiz olsa da, daha düşük bir sıcaklıkta çimlenmeyi destekleyebileceği ileri sürülmüştür. Belki de en muhtemel açıklama, değişken sıcaklıkların içsel büyümeyi engelleyici ve teşvik edici maddeler arasındaki dengede bir kayma yaratması olabilir. Burada büyümeyi engelleyicilerin düşük sıcaklık döngüsü sırasında azalması ve teşvik edicilerin yüksek sıcaklık fazı sırasında artması ve sonuçta çimlenmeye yol açması söz konusu olmaktadır.

d. Işık: Tüm tohumların çimlenmesi için nem, oksijen ve uygun sıcaklık gerekli olsa da bazı türler de ışığa ihtiyaç duyar. Işığın tohumların çimlenmesi üzerindeki etkisi uzun zamandır bilinmektedir. Çok sayıda türün tohumlarının ışığa olan tepkisi, çimlenmesi ışıkla, karanlıkla desteklenen veya ışığa karşı kayıtsız olanları belirlemek için incelenmiştir. Araştırılan türlerin neredeyse yarısı ışığa tepki vermiştir. Tohum çimlenmesindeki ışık kontrol mekanizması, çiçek oluşumunun, gövde uzamasının, bazı meyve ve yapraklarda pigment oluşumunun, bazı fidelerin radikula gelişiminin ve fasulye fidelerinin epikotilinin açılmasının kontrol edilmesine benzer. Hem ışık yoğunluğu (lüks veya mum gücü) hem de ışık kalitesi (renk veya dalga boyu) çimlenmeyi etkilemektedir.

Tohumlardaki ışıkla tersinir çimlenmenin, tek bir eşleşmiş ışıkla tersinir kimyasal reaksiyondan kaynaklandığı bilinmektedir. Kimyasal reaksiyon, bitki hücrelerinde emilen ışığın dalga boyu tarafından kontrol edilir. Işıkla tersine çevrilebilir madde ilk olarak karanlıkta yetiştirilen mısır fidelerinden izole edilmiştir. Bu fitokrom olarak bilinen bir protein pigmentidir. En yoğun haliyle mavi görünür, kırmızı ışıkla soluklaşır ve kızılötesi ışıkla yeniden yoğunlaşır. Kızılötesi emici formun (kırmızı ışığa maruz bırakılarak teşvik edilen), çimlenme için gerekli enzimlerin sentezini teşvik ederek işlev gören ve biyolojik olarak aktif olan form olduğuna inanılmaktadır.

Işığa duyarlı marul tohumunun etki spektrumu 1930'ların ortalarında keşfedilmiştir. Belirli bir ışıınımdan kaynaklanan en büyük teşvik edici tepkinin kırmızı bölgede (600-700 nm) meydana geldiği ve spektrumun kızılötesi (720-760 nm) kısmının en büyük engelleyici tepkiye neden olduğu ortaya konmuştur. Fitokromun aydınlık ve karanlık tepkisi Şekil 4'te gösterilmektedir. Kırmızı ışığa (660 nm) maruz kalma, fitokromu fizyolojik olarak aktif, kızıl ötesi ışığı absorbe eden forma dönüştürür ve çimlenme devam eder. Kızılötesi ışığa (730 nm) maruz kalma, fitokromu fizyolojik olarak aktif olmayan kırmızı ışığı absorbe eden forma yeniden dönüştürür ve çimlenme engellenir. Fitokromu zıt forma dönüştürmek için kırmızı veya kızılötesi ışığın yalnızca kısa süreli bir ışıınımlı yeterlidir.



Şekil 4: Işıkla tersine çevrilebilir fitokrom tepkisi

Kimyasal Faktörler

Tohumlarda çimlenmeye etki eden kimyasal faktörler, aşağıda verildiği gibi; bitki büyüme hormonları, hidrojen peroksit, potasyum nitrat ve tiyoüre olmak üzere dört temel grupta incelenebilir (Copeland ve McDonald, 2001; Bewley ve ark., 2013; Nautiyal ve ark., 2023).

Bitki Büyüme Hormonları: Çimlenmeyi teşvik eden çeşitli hormonlar, çimlenme sırasında metabolik olayları veya besin maddelerinin taşınmasını düzenler. Bunlar; giberellinler, sitokininler, oksinler ve etilendir.

a) Giberellinler: Yaklaşık 1955'ten bu yana, giberellinlerin çok çeşitli türlerde tohum çimlenmesini teşvik ettiği bilinmektedir. Tiyoüre gibi giberellinler de rutin çimlenme testlerinde yaygın olarak kullanılmaz; ancak bazı durumlarda faydalı olabilir. Çok sayıda giberellin çimlenmeyi teşvik eder; ancak en sık kullanılan form giberellik asittir (GA_3). Tiyoüre gibi giberellinler de çimlenmeyi teşvik etmede ışık ve sıcaklığın yerini alabilir. Giberellinlerin doğada tohumların çimlenmesini kontrol etmede önemli olduğuna inanılmaktadır. Giberellin benzeri maddeler fasulye, marul ve diğer birçok türün tohumlarından da izole edilmiştir. Böylece, giberellinlerin tohum çimlenmesinin düzenlenmesinde önemli bir rol oynadığı artık iyice anlaşılmıştır.

b) Sitokininler: Bazı türlerde tohum çimlenmesini destekleyen diğer bir hormon grubu da sitokininlerdir. Bunlardan en iyi bilineni kinetin (6-furfurilaminopurin)'dir. Sitokininler bazı tohumlarda primer dinlenmeyi kırabilirken, sekonder dinlenmenin kırılmasında daha etkili olmaktadır.

Tohum çimlenmesini teşvik etmede sitokininlerin kesin rolü henüz çözülmemiştir. Bununla birlikte sitokininler, akçaağaç gibi soğutma gereksinimi olan veya marul ve kereviz gibi ışık gereksinimi olan tohumlarda dinlenmenin kırılmasını sağlamaktadır.

c) Oksinler: En iyi bilinen oksin olan indolasetik asidin (IAA) marul tohumlarında çimlenmeyi arttırdığı ve sıcaklığa bağlı olduğu gösterilmiştir. IAA'nın yüksek konsantrasyonları çimlenmeyi engellese de, düşük konsantrasyonları genellikle teşvik edici olmakta veya bazı durumlarda etkisiz kalmaktadır. Ayrıca, IAA'nın tohum çimlenmesini etkilemede ışıkla etkileşime girdiğine dair kanıtlar da vardır. Bununla birlikte, şimdiye kadar yapılan çalışmalar, oksinlerin tohum çimlenmesi üzerinde çok az teşvik edici etkisinin olduğunu göstermiştir.

d) Etilen: Etilenin, meyve olgunlaşması, tomurcuk dinlenmesi, yaprak dökülmesi ve diğer büyüme süreçleri üzerindeki etkilerinin yanı sıra birçok türün tohumunda çimlenmeyi teşvik ettiği bilinmektedir. Olgunlaşmamış tohumların yanı sıra yaşlanmış tohumların çimlenme oranını arttırdığı da gösterilmiştir. Etilenin, dinlenme halindeki tohumda oksin seviyelerinin düzenlenmesinde rol oynadığı bilinmektedir. Ayrıca, marul tohumlarının çimlenmesinde giberellin ve kırmızı ışıkla sinerjistik etki gösterebilmektedir. Etilen ve nitratin tohum çimlenmesini uyarmada etkileşime girdiği de bildirilmiştir. Etilen, yer fıstığı ve ayçiçeği tohumlarında dinlenmenin kırılması için tohum testlerinde kullanılmaktadır.

Hidrojen peroksit (H₂O₂): Hidrojen peroksidin tohum çimlenmesi ve fide gücü üzerindeki uyarıcı etkisi, baklagiller, domates ve arpada gözlemlenmiştir. Bu kimyasal, tohumda yedek besin maddelerinin parçalanmasını hızlandıran bir solunum uyarıcısı görevi görerek, büyüme noktalarında sentez için daha hızlı besin maddesi ve enerji temini sağlar. Hidrojen peroksit ayrıca dezenfektan özelliklere sahiptir. Tohum ve çimlenme ortamında küf oluşumunu önlemede tohumu dezenfekte etmek için kullanılabilir.

Potasyum nitrat (KNO₃): Tohum çimlenmesini teşvik etmek için en yaygın olarak kullanılan kimyasaldır. Birçok türün rutin çimlendirme testlerinde; %0,1-0,2'lik KNO₃ solüsyonları Resmi Tohum Analistleri Birliği (AOSA) ve Uluslararası Tohum Test Birliği (ISTA) tarafından tavsiye

edilmektedir. KNO_3 'a duyarlı tohumların çoğu aynı zamanda ışığa da duyarlıdır. KNO_3 , bazı türlerde tohum çimlenmesini etkilemede sıcaklıkla etkileşime girmektedir. Ayrıca, tütün tohumunun çimlenmesini teşvik etmede giberellik asit ve kinetin ile sinerji etkisi olduğu veya işbirliği içinde hareket ettiği de bilinmektedir.

Tiyoüre: KNO_3 gibi rutin çimlendirme testlerinde kullanılsa da tiyoüre birçok tohumun çimlenmesini teşvik eder. KNO_3 'ın aksine tiyoüre, çimlenmenin ışık ve sıcaklık gereksinimlerinin yerini alabilir. Ayrıca, olgunlaşma sonrasında doğal olarak meydana gelen fizyolojik süreçlerin ışık ve sıcaklık gereksinimlerini de karşılayabilir. Tohumlarda dinlenmenin kırılması için yapılan katlama uygulaması esnasında doğal olarak gelişen büyümeyi teşvik edici hormonların yerini tiyoürenin aldığı da bilinmektedir. Diğer bir deyişle, katlama uygulamasına alternatif olarak, tohuma yapılan dışsal tiyoüre uygulaması ile aynı etki elde edilebilmektedir.

Diğer Faktörler

Buraya kadar bahsedilen, çimlenmeye etki eden tohum olgunluğu, çevresel ve kimyasal faktörlerin dışında kalan, diğer faktörler olarak tanımlayabileceğimiz çeşitli faktörler (Copeland ve McDonald, 2001; Bewley ve ark., 2013; Nautiyal ve ark., 2023) de aşağıda verilmiştir.

Ozmotik Basınç: Çimlenme çözeltisinin yüksek ozmotik basınçları, tohumun su alımını zorlaştırır ve dolayısıyla çimlenmeyi geciktirir. Tohumların yüksek ozmotik basınç altında çimlenme yeteneği, türlerin yanı sıra çeşitlere göre de farklılık göstermekte, ancak hepsi etkilenmektedir. Çimlenme tepkilerini incelemek için farklı ozmotik basınçlar elde etmek amacıyla değişen konsantrasyonlardaki mannitol çözeltileri uzun süredir kullanılmaktadır. Ayrıca çok sayıda çalışmada, tohumları değişen ozmotik basınçlara maruz bırakmak için polietilen glikol (PEG) kullanılmıştır. Bu ozmotik çözeltilerin kullanılmasındaki amaçlardan biri de, tuz toksisitesinin etkilerini en aza indirmektir.

Hidrojen İyon Konsantrasyonu (pH): Çimlenme geniş bir hidrojen iyon konsantrasyonu aralığında meydana gelmektedir. Hemen hemen tüm türlerin tohumlarında çimlenme 4,0-7,6 pH değerleri arasında kolaylıkla gerçekleşmektedir.

Hidrasyon-Dehidrasyon Uygulamaları: Hidrasyon işlemleri (yani suda bekletme, priming ve humidifikasyon) sırasında tohumun nem kapsamı

artar; ancak çimlenmeyi başlatmak için gereken nem seviyesinin altında kalır. Tohumlar genellikle hidrasyon uygulamalarını takiben, depolamadan veya ekimden önce yeniden kurutulur. Hidrolitik işlemler hidrasyon sırasında başlar ve ortaya çıkan basit şekerler, çimlenmenin hemen ardından sentez için kullanılabilir. Hidrasyon işlemi sırasında aktive olan enzimler tarafından membran onarımının meydana gelmesi de mümkündür.

Radyasyon: Gama radyasyonuna maruz kalmak genellikle tohum çimlenmesini geciktirmektedir. Etkisi çeşitlere ve türlere göre farklılık göstermekle birlikte, daha yüksek sıcaklıklar ve tohum nem kapsamalarında bu etki daha belirgindir. Tohumlarda %38'e varan çimlenme kayıpları; 10 Krad radyasyon uygulaması ile çayır salkımotu, yertifıstığı ve soğanlarda, 20-40 Krad'da buğday ve sorgumda, 40-80 Krad'da mısırdada ve 80 Krad'da kıvıl yonca ve turpta gözlemlenmiştir. Ayrıca, 80 Krad'a kadar olan gama radyasyonu uygulamaları, farklı türlerin tohumlarında sürgün ve kök büyümesinin gecikmesine de neden olmuştur. Ancak, 10 Krad'ın altındaki radyasyon uygulamaları, pirinç tohumlarında çimlenme hızını arttırmıştır.

Mekanik Hasar: Hasat, harman ve tohum işleme süreçleri sırasındaki mekanik hasar, tohum endüstrisinde özellikle de kırılğan büyük tohumlu türler (örneğin yemeklik dane baklagiller, bamya) için önemli bir sorundur. Yaralanma semptomları birkaç farklı biçimde olabilir:

- (1) Yarıklar ve tohum kabuğu çatlakları gibi tohum kabuğunda kolayca görülebilen büyük hasar.
- (2) Yalnızca tohum çimlenmesinden sonra görülebilen iç hasar.
- (3) Performansı düşüren ve mikroorganizmalara karşı duyarlılığı arttıran, özellikle tohum kabuğundaki mikroskobik kırılmalar.
- (4) Doğası gereği muhtemelen fizyolojik olan ve çimlenme gücünü azaltan, olgunluğa kadar geçen süreyi uzatan ve verimi azaltan bazı gizli veya dahili yaralanmalar.

3. TOHURLARDA ÇİMLENMENİN ÖLÇÜLMESİ

Tohumlarda canlılığın belirlenmesinde en yaygın ve pratik yol çimlenmenin ölçülmesidir. Bu da herhangi bir tohum partisi için çimlendirme testi kurarak, belirli standart yöntemler çerçevesinde bu testin sonucunda elde edilen verilerin analitik bir değerlendirmesini yapmayı gerektirir.

Çimlendirme testinin amacı, bir popülasyondan tesadüfi olarak alınan bir tohum partisinin çimlenme potansiyelini belirlemek ve ayrıca farklı tohum partilerinin kalitelerini karşılaştırmaktır. Tarla koşullarında yapılan testlerin sonuçları güvenilir bir şekilde tekrarlanamadığından doğal olarak yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, belirli bir türün tohum örnekleri için en düzenli, hızlı ve tam çimlenmeyi sağlamak üzere dış koşulların kontrol edildiği laboratuvar yöntemleri geliştirilmiştir (ISTA, 2022). Ancak, bu sayede standart bir çimlendirme testi ile uygun koşullar altında bir tohum numunesinin en yüksek çimlenme potansiyeli belirlenmektedir.

Teknolojik anlamda çimlenen fidelerin değerlendirilmesinde, aynı ülkede ya da farklı ülkelerdeki laboratuvarlar arasında birliktelik sağlamak amacıyla çimlendirme test tekniklerinde uluslararası standartlar geliştirilmiştir. Bu konuda 20. yüzyılın ilk çeyreğinden itibaren çalışmalarını sürdüren, dünya çapındaki tek kuruluş Uluslararası Tohum Test Birliği (ISTA)'dır. Bugün dünya çapında 83 ülkede 249 laboratuvar ISTA üyesidir ve bunlardan 153'ü ISTA tarafından akredite edilmiştir (ISTA, 2024). Türkiye'de Tarım ve Orman Bakanlığı, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü Laboratuvarları ISTA tarafından akredite edilmiştir. Bu alanda yalnızca ABD ve Kanada'yı kapsayan diğer önemli bir kuruluş da Resmi Tohum Analistleri Birliği (Association of Official Seed Analysts-AOSA)'dır (AOSA, 2024). ISTA ve AOSA, tohum çimlendirme testleri ve tohum kalitesine yönelik diğer testlerle ilgili olarak belirli zaman aralıklarında karşılıklı olarak bilgilerini güncellemektedir. Türkiye'de tohum teknolojisi alanında, tohum kalitesi ile ilgili yapılan testlerde çoğunlukla ISTA Kuralları'na uyulmaktadır. Bu nedenle tohumlarda çimlendirme test kuralları ve fide değerlendirme ilkelerini içeren bu bölümde ISTA el kitaplarından yararlanılmıştır (ISTA, 2009, 2022).

Çimlendirme testleri sıcaklık, nem ve ışık kontrolü yapılan çeşitli alet ve cihazlar kullanılarak yapılmaktadır (Şekil 5-6). Bunlar: 1. Çimlendirme kabini (inkübatör / iklim dolabı), 2. Çimlendirme odası (iklim odası) ve 3. Jacobsen cihazı (Kopenhag tankı) olarak tanımlanmaktadır. Tüm tohum test ekipmanları gibi bu cihazların da sıcaklık, nem ve ışık değerlerinin istenilen düzeylerde sağlandığından emin olmak için düzenli olarak kalibre edilmesi gerekir.



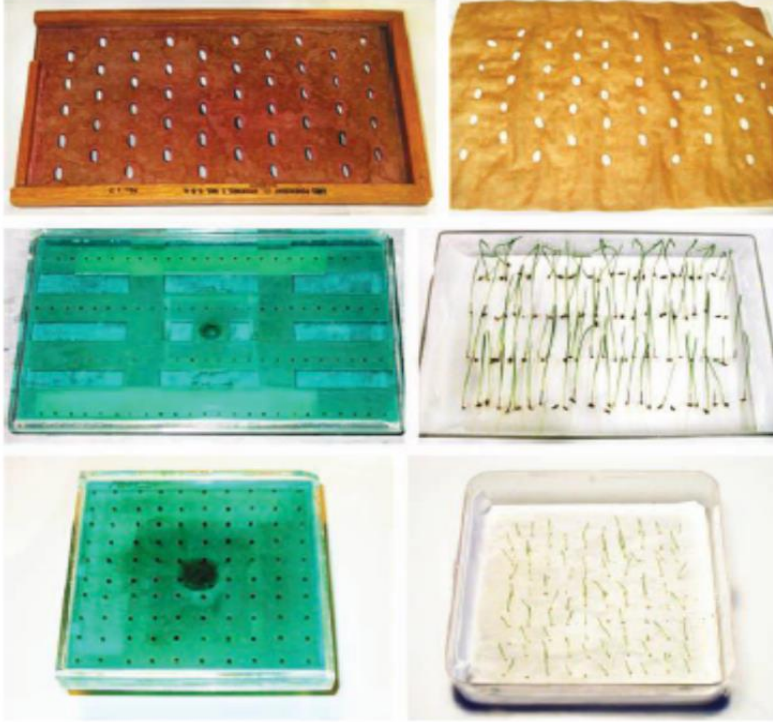
Şekil 5: Tohum çimlendirme testlerinde kullanılan iklim dolapları



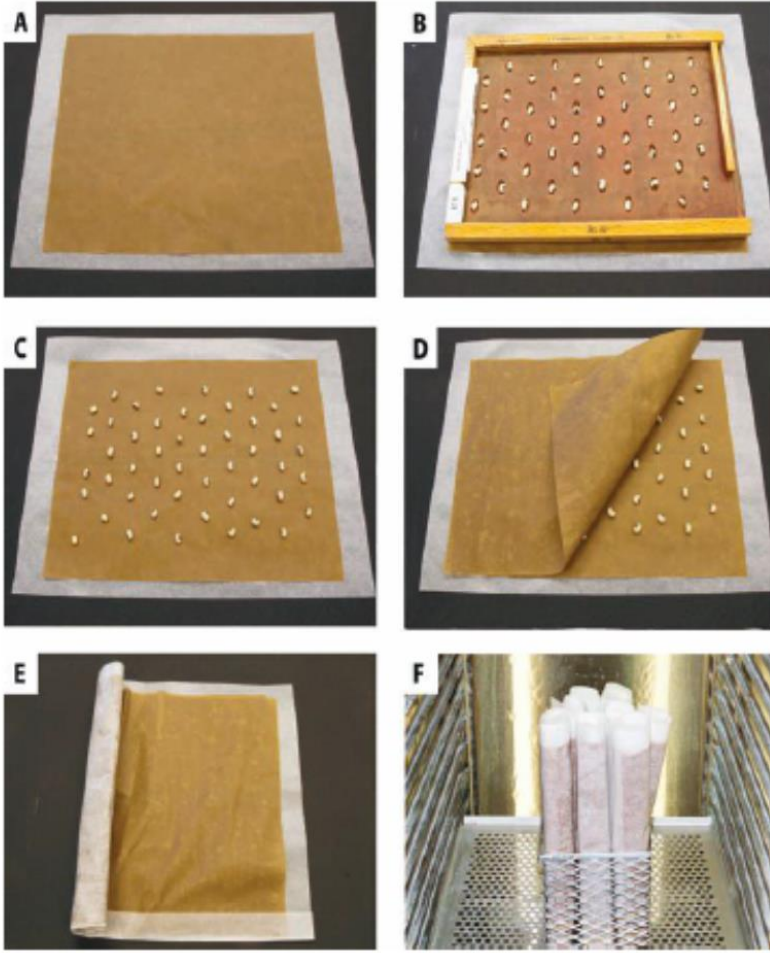
Şekil 6: Tohum çimlendirme testlerinde kullanılan bir iklim odası

Çimlendirme testlerinde kullanılan tohum numunelerinden her bir test için tesadüfî olarak toplam 400 tohum alınır. Diğer bir deyişle, standart bir çimlendirme testinde en uygun 400 tohum (en az 200 tohum) kullanılır. Testte kullanılacak tohumlar, çimlendirme ortamına bağlı olarak 4 ya da 8 tekerrüre ayrılır (4×100 tohum = 400 tohum = 8×50 tohum). Çimlendirme testlerinde kullanılan ortamlar (kâğıt, kum ya da organik yetiştirme ortamı) çeşitli

materyaller (cam, plastik, metal, vb. kap, tepsi ya da örtüler) içine yerleştirilir (Şekil 7-9). Çimlendirme testinin başından itibaren ortamın kuruması önlenmeli ve ihtiyaca göre su verilerek, ortam test sonuna kadar sürekli olarak nemli tutulmalıdır (Şekil 10).



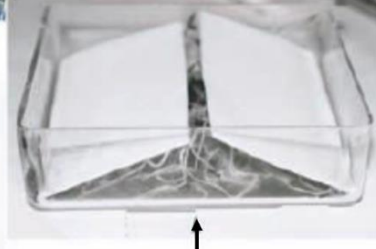
Şekil 7: Tohum sayma ve çimlendirme ortamına yerleştirme işlemleri: üst solda sayma tahtası, sağda ise sayılmış ve yerleştirilmiş tohumlar. Orta solda 25 tohumluk dört sıra halinde tohumların yerleştirilmesi için dikdörtgen bir vakumlu sayıcı başlık, sağda ise sayılmış ve yerleştirilmiş tohumlar. Alt solda her biri 10 tohumluk 10 sıra halinde tohumları eşit aralıklarla yerleştirmek için kare bir vakumlu sayıcı başlık, sağda ise sayılmış ve yerleştirilmiş tohumlar.



Şekil 8: Çimlendirme ortamı olarak kâğıt havlu: **(A)** Nemlendirilmiş ve ekime hazır, **(B)** Ekim tahtası, **(C)** Ekilmiş tohumlar, **(D)** Tohumların üstünün örtülmesi, **(E)** Kâğıt havlunun rulo edilmesi (bazı laboratuvarlarda testin kurummasını önlemek için bir kat mumlu kâğıt eklenirken, diğer laboratuvarlarda rulo edilmiş havlu plastik bir torbaya konulmaktadır), **(F)** İklim dolabına yerleştirilmiş rulo havlular



Kurutma kağıtları arasında



Yükseltilmiş kurutma kağıtları

Kurutma kağıtları üzerinde

Şekil 9: Kurutma kağıtlarında yapılan çimlendirme testi için farklı yöntemler



Şekil 10: Optimum ve homojen sulama yaparak testten daha doğru sonuçlar alınmasını sağlayan otomatik bir sulama sistemi

ISTA kuralları'na göre çimlendirme testlerinde tohumlar üç gruba ayrılır: 1. Sebze ve tarla bitkileri tohumları, 2. Ağaç ve çalı tohumları, 3. Çiçek, baharat, yabani ot ve tıbbi bitkilerin tohumları. Her grupta yer alan türlerin çimlendirme test yöntemleri, ISTA'nın "Tohum Testleri İçin Uluslararası Kurallar" el kitabında (5. Bölüm) tablolar şeklinde verilmiştir. Birinci gruba örnek olarak, çeşitli sebze ve tarla bitkilerinin tohumları için çimlendirme testlerinde önerilen koşullar Tablo 4'te verilmiştir.

Tohumların uluslararası çimlendirme test yöntemlerini daha iyi açıklayabilmek amacıyla, ISTA El Kitabı'ndan örnek olarak alıntılanan Tablo

4'te olduğu gibi, soldan sağa doğru birinci sütunda, ilgili gruba giren türlerin Latince isimleri harf sırasına göre verilmektedir. İkinci sütunda her bir tür için önerilen çimlendirme ortamı/ortamları yer almaktadır. Üçüncü sütunda önerilen sıcaklık dereceleri ($\pm 1^{\circ}\text{C}$ tolerans ile) sabit ya da değişken sıcaklıkları (düşük sıcaklık 16 saat / yüksek sıcaklık 8 saat) göstermektedir. Dördüncü ve beşinci sütunlar, sırasıyla çimlendirme testinin başlangıcından itibaren ilk ve son sayım günlerini işaret etmektedir. Son olarak, altıncı sütunda, çeşitli nedenlerden dolayı (fizyolojik dinlenme, sert tohumluluk ve çimlenmeyi engelleyici maddeler gibi) çimlenemeyen tohumlarda çimlenmenin teşvik edilmesi için önerilen ek uygulamalar verilmektedir.

Bu tablodan bir türü ele alarak, çimlendirme test yöntemini detaylandıracak olursak; örneğin *Phaseolus vulgaris* (Fasulye)'de, tohumlar nemli kâğıt havlular arasında, kum ya da organik yetiştirme ortamı içine ekilerek çimlendirme testine alınabilir. İklim dolabı ya da iklim odasında üç sıcaklık rejiminden biri tercih edilebilir. Bunlardan ilki, bir gün içerisinde değişken sıcaklık rejiminin kullanılmasıdır. Sıcaklık, her 24 saat için, 16 saat 20°C ve 8 saat 30°C 'de tutulur. Tercih edilebilecek ikinci ve üçüncü sıcaklık rejimleri, çimlendirme testi süresince sabit tutulan, sırasıyla 25°C ve 20°C 'lerdir. İlk sayım 5. günün sonunda, son sayım ise çimlendirme testinin tamamlandığı 9. günün sonunda yapılır. Fasulye tohumlarında çimlendirme testi öncesi herhangi bir ek uygulamaya gerek duyulmaz. Ancak birçok türde, çeşitli nedenlerle çimlenemeyen tohumlara yapılan ek uygulamalar aşağıda verilmiştir.

Tablo 4: Bazı sebze ve tarla bitkileri tohumlarında çimlendirme testleri için önerilen koşullar (ISTA, 2022).

Türler	Çimlendirme ortamları	Sıcaklık (°C)	İlk sayım günü	Son sayım günü	Dinlenmenin kırılması ve çimlenmenin teşviki için gerekli ek uygulamalar
<i>Allium cepa</i> (Soğan)	KÜ; KA; K	20; 15	6	12	Ön-üşütme
<i>Apium graveolens</i> (Kereviz)	KÜ	20⇔30	10	21	KNO ₃ ; Ön-üşütme; Işık
<i>Asparagus officinalis</i> (Kuşkonmaz)	KÜ; KA; K	20⇔30	10	28	-
<i>Avena sativa</i> (Yulaf)	KA; K	20	5	10	GA ₃ ; Ön-ısıtma; Ön-üşütme
<i>Beta vulgaris</i> (Pancar)	KÜ; KA; K	20⇔30; 15⇔25; 20	4	14	Ön-yıkama (2-4 saat). Kurutma en çok 25°C'de
<i>Brassica juncea</i> (Hardal)	KÜ	20⇔30; 20	5	7	KNO ₃ ; Ön-üşütme
<i>Brassica oleracea</i> (Lahana)	KA; KÜ	20⇔30; 20	5	10	KNO ₃ ; Ön-üşütme
<i>Capsicum spp.</i> (Biber)	KÜ; KA; K	20⇔30	7	14	KNO ₃
<i>Cicer arietinum</i> (Nohut)	KA; K	20⇔30; 20	5	8	-
<i>Citrullus lanatus</i> (Karpuz)	KA; K	20⇔30; 25	5	14	-
<i>Cucumis melo</i> (Kavun)	KA; K	20⇔30; 25	4	8	-
<i>Cucurbita pepo</i> (Sakız Kabağı)	KA; K	20⇔30; 25	4	8	-
<i>Daucus carota</i> (Havuç)	KÜ; KA	20⇔30; 20	7	14	-
<i>Glycine max</i> (Soya)	KA; K; O	20⇔30; 25	5	8	-
<i>Gossypium spp.</i> (Pamuk)	KA; K	20⇔30; 25	4	12	-
<i>Helianthus annuus</i> (Ayçiçeği)	KA; K; O	20⇔30; 25; 20	4	10	Ön-ısıtma; Ön-üşütme
<i>Hordeum vulgare</i> (Arpa)	KA; K	20	4	7	Ön-ısıtma; GA ₃ ; KNO ₃ ; Ön-üşütme

Tablo 4: Bazı Sebze ve Tarla Bitkileri Tohumlarında Çimlendirme Testleri İçin Önerilen Koşullar (Devamı).

Türler	Çimlendirme ortamları	Sıcaklık (°C)	İlk sayım günü	Son sayım günü	Dinlenmenin kırılması ve çimlenmenin teşviki için gerekli ek uygulamalar
<i>Lactuca sativa</i> (Marul)	KÜ; KA	20	4	7	Ön-üşütme
<i>Lycopersicon lycopersicum</i> (Domates)	KÜ; KA; K	20↔30	5	14	KNO ₃
<i>Medicago sativa</i> (Yonca)	KÜ; KA	20	4	10	Ön-üşütme
<i>Nicotiana tabacum</i> (Tütün)	KÜ	20↔30	7	16	KNO ₃
<i>Phaseolus vulgaris</i> (Fasulye)	KA; K; O	20↔30; 25; 20	5	9	-
<i>Pisum sativum</i> (Bezelye)	KA; K	20	5	8	-
<i>Solanum tuberosum</i> (Patates)	KÜ	20↔30	3	14	%1,5'lik GA ₃ 'te 24 saat
<i>Spinacia oleracea</i> (Ispanak)	KÜ; KA	15; 10	7	21	Ön-üşütme
<i>Triticum aestivum</i> (Buğday)	KÜ; KA; K	20	4	8	Ön-ısıtma; Ön-üşütme; GA ₃
<i>Vicia faba</i> (Bakla)	KA; K; O	20	4	14	Ön-üşütme
<i>Vigna unguiculata</i> (Börülce)	KA; K	20↔30; 25	5	8	-
<i>Zea mays</i> (Mısır)	KA; K	20↔30; 25; 20	4	7	-

Kısaltmalar:

KÜ: Kâğıt üzerinde (Filtre kâğıdı); **KA:** Kâğıtlar arasında (Kâğıt havlu); **K:** Kumda; **O:** Organik yetiştirme ortamı (Torf, perlit, vermikulit, vd.); **Işık:** Günde en az 8 saat (750-1250 lux) Değişken sıcaklıklarda, yüksek sıcaklık fazında; **↔:** Değişken sıcaklık rejimlerini belirtmektedir (1. sıcaklık: 16 saat; 2. sıcaklık: 8 saat); **KNO₃:** Su yerine başlangıçta %0,2'lik potasyum nitrat çözeltisi kullanılır; **GA₃:** Su yerine başlangıçta 200-1000 ppm giberellik asit çözeltisi kullanılır; **Ön-ısıtma:** 30-35°C'de 7 güne kadar; **Ön-üşütme:** 5-10°C'de 7 güne kadar (Gerektiğinde tekrarlanır)

Fizyolojik dinlenmenin kırılması için kullanılan yöntemler: Kuru depolama, kuru ön-üşütme ya da nemli ön-üşütme (katlama), ön-ısıtma, ışık, KNO_3 , GA_3 , vb.

Sert tohumluluğun giderilmesi için kullanılan yöntemler: Suda bekletme (soğuk/sıcak), aşındırma: mekanik ya da asitle.

Engelleyici maddelerin uzaklaştırılması için kullanılan yöntemler: Ön-yıkama ve tohum etrafındaki yapıların çıkarılması.

Çimlendirme testlerinde; normal fideler, anormal fideler ve çimlenemeyen tohumlar olmak üzere üç temel gruptan söz edilebilir.

Normal fideler: Uygun koşullar altında büyümesine devam eden fidelerdir ve bunlar:

- a) Eksiksiz fideler,
- b) Hafif hasarlı fideler,
- c) Sekonder enfeksiyonlu fideler olmak üzere üç alt kategoride değerlendirilir.

Anormal fideler: Uygun koşullar altında normal bitki geliştiremeyecek yapıda olan fidelerdir ve bunlar da yine üç alt kategoride incelenir:

- a) Zarar görmüş fideler,
- b) Deforme olmuş ya da dengesiz fideler,
- c) Çürümüş fideler.

Çimlenemeyen tohumlar: Test süresinin sonunda çimlenemeyen tohumlardır ve dört alt kategoriye ayrılır.

- a) Sert tohumlar,
- b) Taze tohumlar,
- c) Ölü tohumlar,
- d) Diğerleri (örneğin boş tohumlar).

Tohumlarda anormal çimlenmenin çok sayıda nedeni olduğu bilinmektedir. Bunlardan en çok üzerinde durulanlar:

- a) Düşük canlılık,
- b) Patojen organizmalarla enfekte olma,
- c) Mekanik zarar görme,
- d) Böcek zararı,
- e) Tohumların ilaçlanmasıdır.

Fide büyümesi esnasında, kotiledonlar ya da depolama organlarına bağlı olarak, hipogeaal ya da epigeal olmak üzere iki farklı çimlenme tarzı ortaya

çıkılmaktadır. Bu iki büyüme tarzı, tohum yapısı ile ilgili değildir ve hem tek çeneklilerde (monokotiledonlar) hem de çift çeneklilerde (dikotiledonlar) meydana gelir (bkz. Bölüm 7.2.2).

Sistematikteki familyalarına göre fide gruplarının tanımlanması ve değerlendirilmesi mümkün değildir. Çift çenekliler sınıfında yer alan familyaların çoğunun fideleri benzer tarzda çimlenirken, *Fabaceae* (*Leguminosae*) familyasında yer alan türlerin fideleri farklı tarzda çimlenmektedir. Tek çenekliler sınıfında yer alan familyalara dahil olan türlerin çoğunda hipogeal çimlenme görülürken, *Liliaceae* familyasındaki bazı türlerde epigeal çimlenme görülür. Bu nedenle fideler, sistematikteki cinslerine göre, benzer morfolojiye sahip gruplara ayrılır ve benzer ölçütler kullanılarak değerlendirilir.

ISTA kuralları'na göre; cinsler iki farklı **kategoriye** ayrılmaktadır:

- Bahçe bitkileri ve tarla bitkileri (**A** harfi ile temsil edilir) ve
- Ağaçlar ve çalılar (**B** harfi ile temsil edilir).

Daha sonra **A** ve **B** kategorileri, aşağıdaki ölçütlere göre alt **gruplara** ayrılır:

• Sistematikteki sınıfı	1	Tek çenekliler (Monokotiledonlar)
	2	Çift çenekliler (Dikotiledonlar)
	3	İbreliler/İğne Yapraklılar (Koniferler)
• Çimlenme tarzı	1	Epigeal çimlenme
	2	Hipogeal çimlenme
• Sürgün gelişimi	1	Epikotil uzaması olmadan
	2	Epikotil uzaması ile
	3	Sürgün uzaması olmadan; Sürgün ucu bir kılıfın (koleoptil) içinde
	4	Yumrulu hipokotil
• Kök sistemi ve değerlendirme için önemi	1	Primer kök esas alınır
	2	Sekonder kökler primer kökü telafi eder
	3	Çok sayıda eşit seminal kökler

Harfler ve rakamlar birlikte **Grup Numarasını** oluştururlar. Böylece örneğin; **A-2-1-2-2 grubu** fideler aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- A-2-1-2-2 Bahçe bitkisi ya da tarla bitkisi
- A-2-1-2-2 Çift çenekliler sınıfına ait
- A-2-1-2-2 Epigeal çimlenme tarzında
- A-2-1-2-2 Epikotil uzaması ile sürgün geliştiren
- A-2-1-2-2 Primer kök zararlanmış ise sekonder kökleri dikkate alınır.

Yukarıdaki ölçütlere bağlı olarak, ISTA kuralları kapsamında değerlendirmeye alınan türler ilgili sistematik ve morfolojik özellikleri içeren on dört **Fide Grubu**'na ayrılmaktadır (Tablo 5).

Tablo 5: A ve B kategorilerindeki cinslerin fide tip ve grupları (ISTA, 2009).

Kategori	Fide Tipi	Fide Grubu	Temsil Eden Cins
Bahçe bitkileri ve Tarla bitkileri (A Kategorisi)	A Tipi	A-1-1-1-1	<i>Allium</i>
	B Tipi	A-1-2-1-1	<i>Freesia</i>
	C Tipi	A-1-2-2-1	<i>Asparagus</i>
	D Tipi	A-1-2-3-1	<i>Lolium</i>
		A-1-2-3-2	<i>Oryza, Sorghum, Zea</i>
		A-1-2-3-3	<i>Hordeum, Secale, Triticum</i>
	E Tipi	A-2-1-1-1	<i>Brassica, Beta, Daucus, Dianthus, Helianthus, Lactuca, Trifolium, Zinnia</i>
		A-2-1-1-2	<i>Cucumis, Gossypium</i>
		A-2-1-4-3	<i>Cyclamen</i>
Ağaçlar ve Çalılar (B Kategorisi)	F Tipi	A-2-1-2-2	<i>Arachis, Phaseolus</i>
	G Tipi	A-2-2-2-2	<i>Pisum, Vicia</i>
	E Tipi	B-2-1-1-1	<i>Robinia</i>
	G Tipi	B-2-2-2-2	<i>Quercus</i>
	H Tipi	B-3-1-1-1	<i>Abies, Pinus</i>

Çimlendirme testinin sonunda, her bir tekerrürde ekilen 100 tohumdan çimlenen normal fidelerin sayısı hesaplanarak, test sonucu 4 tekerrürün ortalaması şeklinde, yüzde olarak ifade edilir. Sonuç ondalıklı bir sayı olursa, yüzde değer en yakın tam sayıya çevrilir. Her tekerrürde ve ortalama değerlerde, normal ve anormal fideler ile çimlenemeyen tohum yüzdelерinin toplamı 100 olmalıdır.

Bir çimlendirme test sonucunun geçerliliğini kontrol etmek için, önce ortalama yüzde değeri hesaplanır ve daha sonra tekerrürler “Tohum Testleri İçin Uluslararası Kurallar” el kitabında (ISTA, 2022) 5. Bölüm’de yer alan tolerans tabloları dikkate alınarak karşılaştırılır. En yüksek ve en düşük tekerrürler arasındaki farkın tolerans sınırları içinde olması durumunda bir test sonucu güvenilir olabilir ve dolayısıyla geçerli sayılır. Aksi takdirde çimlendirme testi tekrar edilir.

4. SONUÇ

Dinlenme, sağlıklı bir çimlenme ve fide oluşumu için tohumların olumsuz çevre koşullarından sakınmalarını destekleyen ve hayatta kalmalarını sağlayan önemli bir fizyolojik mekanizmadır. Ancak, başarılı bir bitki yetiştiriciliği için çimlenmeyi düzenleyen tohum dinlenmesi süreçlerini anlamak çok önemlidir. Ayrıca, iklim değişikliğinin ciddi tehditlerini azaltmak bakımından, düşük derecede tohum dinlenmesi ve ardından hızlı bir çimlenme, kurak ve yarı kurak bölgelerde yetişen ürünler için önemli bir strateji olabilir. Öte yandan, dışsal uygulamalar yoluyla dinlenmenin kontrol edilmesi için kullanılan çeşitli yöntemler sayesinde, büyüme koşullarının uygun olmadığı durumlarda tohumların dinlenme halinde tutulması da mümkün olabilmektedir.

Tohumun olgunlaşması sırasında biriken rezerv besin maddelerinin (proteinler, lipitler veya nişasta) çimlenme sırasında ve fide büyümesinin ilk dönemlerinde önemli bir katkı sağladığı iyi bilinmektedir. Tohum üretim alanlarında, özellikle tohumun oluşumundan olgunlaşmasına kadar geçen süreçlerde uygun koşulların sağlanması ya da çeşitli olumsuz etkilerin en aza indirilmesi tohum teknolojileri ve üreticilerinin önemli görevleri arasındadır.

Çimlendirme testleri ile tohum canlılığının doğru bir şekilde belirlenmesi, tarımsal verimlilik üzerinde önemli etkilere sahiptir. Üreticiler, ekim için yalnızca uygun tohumları seçerek daha düzenli bir ürün büyümesi sağlayabilir, yeniden ekim ihtiyacını azaltabilir ve mevcut arazi ve kaynakların kullanımını en üst düzeye çıkarabilir. Bu, daha yüksek ürün verimine ve daha verimli tarım uygulamalarına yol açabilir. Ayrıca, tohumun canlılığını anlamak, bitki biyolojik çeşitliliğinin korunmasına da yardımcı olabilir. Çeşitli türlerin, özellikle de nadir veya tehlike altında olanların tohumlarını koruyarak, genetik çeşitlilik korunabilir ve ekosistemlerin dayanıklılığı sağlanabilir.

Tohum endüstrisinde, tohum kalitesinin ortaya konmasında çimlendirme testinin büyük önemi vardır. Müşteriler arasında güven oluşmasına yardımcı olur ve üreticilerin çimlenme ve büyüme beklentilerini karşılayan tohumlar almasını sağlar.

Sonuç olarak, tohum canlılığı ve çimlendirme testleri modern tarımın temel unsurlarıdır. Ürün veriminin en üst düzeye çıkarılmasında, biyolojik çeşitliliğin korunmasında ve tarımsal uygulamaların verimliliğinin sağlanmasında çok önemli rol oynarlar. Tohum firmaları ve üreticiler bu kavramları anlayıp uygulayarak sürdürülebilir ve daha verimli bir tarımsal üretime katkıda bulunabilirler.

KAYNAKÇA

- Alvarado, V., Hiroyaki, H. & Bradford, K.J. (2000). Expression of endo-mannanase and SNF-related protein kinase genes in true potato seeds in relation to dormancy, gibberellin and abscisic acid. In: Viemont, J.D. & Crabbe, J. (eds), *Dormancy in Plants: From Whole Plant Behavior to Cellular Control*, vol. 26. CABI Publishing, Wallingford, pp. 347-364.
- AOSA. (2024). Association of Official Seed Analysts (<http://www.aosaseed.com>).
- Auge, G.A., Blair, L.K., Karediya, A. & Donohue, K. (2018). The autonomous flowering-time pathway pleiotropically regulates seed germination in *Arabidopsis thaliana*. *Annals of Botany*, 121(1): 183-191.
- Baskin, C.C. & Baskin, J.M. (1998). *Seeds-ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, San Diego, California.
- Baskin, J.M. & Baskin, C.C. (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14:1-16.
- Baskin, J.M. & Baskin C.C. (2021). The great diversity in kinds of seed dormancy: a revision of the Nikolaeva-Baskin classification system for primary seed dormancy. *Seed Science Research*, 34(4): 249-277.
- Baskin, J.M., Baskin, C.C. & Li, X. (2000). Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. *Plant Species Biology*, 15(2):139-152.
- Baskin, C.C., Zackrisson, O. & Baskin, J.M. (2002). Role of warm stratification in promoting germination of seeds of *Empetrum hermaphroditum* (Empetraceae), a circumboreal species with a stony endocarp. *American Journal of Botany*, 89:486-493.
- Batlla, D., Kruk, B.C. & Benech-Arnold, R.L. (2004). Modelling changes in dormancy in weed soil seed banks: implications for the prediction of weed emergence. In: Benech-Arnold, R.L. & Sanchez, R.A. (eds), *Handbook of Seed Physiology: Applications to Agriculture*. Food Product Press and the Haworth Reference Press, New York, pp. 245-270.
- Beaudoin, N., Serizet, C., Gosti, F. & Giraudat, J. (2000). Interactions between abscisic acid and ethylene signaling cascades. *Plant Cell*, 12:1103-1115.
- Bewley, J.D. (1997). Breaking down the walls - a role for endo- β -mannanase in release from seed dormancy. *Trends in Plant Science*, 2:464-469.
- Bewley, J.D. & Black, M. (1994). *Seeds: Physiology of Development and Germination*, 2nd edn. Plenum Press, New York, 445 p.
- Bewley, J.D., Bradford, K.J., Hilhorst, H.W.M. & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*, 3rd edn. Springer, New York, 392 p.
- Bonsager, B.C., Shahpiri, A., Finnie, C. & Svensson, B. (2010). Proteomic and activity profiles of ascorbate-glutathione cycle enzymes in germinating barley embryo. *Phytochemistry*, 71: 1650-1656.

- Chmielowska-Bkak, J., Izbiańska, K. & Deckert, J. (2015). Products of lipid, protein and mRNA oxidation as signals and regulators of gene expression. *Frontiers in Plant Science*, 6:405.
- Christophe, B. (2019). The signalling role of ROS in the regulation of seed germination and dormancy. *Biochemistry Journal*, 476:3019-3032.
- Copeland, L.O. & McDonald, M.B. (2001). *Principles of Seed Science and Technology*. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, USA, 467 p.
- Corbineau, F. & Come, D. (2003). Involvement of energy metabolism and ABA in primary and secondary dormancies in oat (*Avena sativa* L.) seeds-a physiological approach. In: Nicolas, G., Bradford, K.J., Come, D. & Pritchard, H. (eds), *The Biology of Seeds: Recent Research Advances*. CAB International, Oxon, pp. 113-120.
- Elias, S.G., Copeland, L.O., McDonald, M.B. & Baalbaki, R.Z. (2012). *Seed Testing: Principles and Practices*. Michigan State University Press, East Lansing, Michigan, 354 p.
- Fennimore, S.A. & Foley, M.E. (1998). Genetic and physiological evidence for the role of gibberellic acid in the germination of dormant *Avena fatua* seeds. *Journal of Experimental Botany*, 49:89-94.
- Finch-Savage, W.E. & Leubner-Metzger, G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, 171:501-523.
- Gendreau, E., Romaniello, S., Barad, S., Leymarie, J., Benech-Arnold, R. & Corbineau, F. (2008). Regulation of cell cycle activity in the embryo of barley seeds during germination as related to grain hydration. *Journal of Experimental Botany*, 59:203-212.
- Graham, I.A. (2008). Seed storage oil mobilization. *Annual Review of Plant Biology*, 59:115-142.
- Groot, S.P.C. & Karssen, C.M. (1992). Dormancy and germination of abscisic acid-deficient tomato seeds. *Plant Physiology*, 99:952-958.
- Hilhorst, H.W.M. (2007). Definitions and hypotheses of seed dormancy. In: Bradford, K. & Nonogaki, H. (eds), *Seed Development, Dormancy and Germination*. Annual Plant Reviews, vol 27. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, pp. 50-71.
- Hilhorst, H.W.M. (2022). Seed dormancy and germination: a critical update. In: Buitink, J. & Leprince, O. (eds), *Advances in Seed Science and Technology for More Sustainable Crop Production*. Burleigh Dodds Science Publishing, Philadelphia, pp. 3-34.
- Hilhorst, H.W.M., Finch-Savage, W.E., Buitink, J., Bolingue, W. & Leubner-Metzger, G. (2010). Dormancy in plant seeds. In: Lubzens, E., Cerdà, J. & Clarck, M. (eds), *Dormancy and Resistance in Harsh Environment*. Springer, Berlin, pp. 43-67.
- Hiroiyuki, N., Barrero, J.M. & Li, C. (2018). Editorial: Seed dormancy, germination, and pre-harvest sprouting. *Frontiers in Plant Science*, 9:1783.

- Hoang, H.H., Sotta, B., Gendreau, E., Bailly, C., Leymarie, J. & Corbineau, F. (2012). Water content: a key factor of the induction of secondary dormancy in barley grains as related to ABA metabolism. *Physiologia Plantarum*, 148:284.
- Hoang, H.H., Sechet, J., Bailly, C., Leymarie, J. & Corbineau, F. (2014). Inhibition of germination of dormant barley (*Hordeum vulgare* L.) grains by blue light as related to oxygen and hormonal regulation. *Plant Cell & Environment*, 37:1393-1403.
- Huang, Z., Olçer-Footitt, H., Footitt, S. & Finch-Savage, W.E. (2015). Seed dormancy is a dynamic state: variable responses to pre- and post-shedding environmental signals in seeds of contrasting *Arabidopsis* ecotypes. *Seed Science Research*, 25:159-169.
- ISTA. (2009). *ISTA Handbook on Seedling Evaluation*. International Seed Testing Association. Bassersdorf, Switzerland.
- ISTA. (2022). *International Rules for Seed Testing*. Edition 2022. International Seed Testing Association. Bassersdorf, Switzerland.
- ISTA. (2024). *International Seed Testing Association* (<http://www.seedtest.org>).
- Jayasuriya, K.M., Baskin, G.G., Geneve, R.L. & Baskin, C.C. (2009). Sensitivity cycling and mechanism of physical dormancy break in seeds of *Ipomoea hederacea* (Convolvulaceae). *International Journal of Plant Science*, 170(4):429-443.
- Kaneko, M., Itoh, H., Ueguchi-Tanaka, M., Ashikari, M. & Matsuoka, M. (2002). The alpha-amylase induction in endosperm during rice seed germination is caused by gibberellin synthesised in epithelium. *Plant Physiology*, 128(4):1264-1270.
- Keeley, J.E. & Fotheringham, C.J. (2000). Role of fire in regeneration from seeds. In: *Plant Communities*, Fenner M (eds), *Seeds: The Ecology of Regeneration*. CAB International, Wallingford, pp. 311-330.
- Kepczynski, J. & Kepczynska, E. (1997). Role of enzymes in seed germination. Ethylene in seed dormancy and germination. *Physiologia Plantarum*, 101:720-726.
- Klupczyńska, E.A. & Pawłowski, T.A. (2021). Regulation of seed dormancy and germination mechanisms in a changing environment. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(3):1357.
- Kumar, N. & Goel, N. (2019). Phenolic acids: natural versatile molecules with promising therapeutic applications. *Biotechnology Reports*, 24:e00370.
- Le Page-Degivry, M.T. & Garello, C. (1992). In situ abscisic acid synthesis. *Plant Physiology*, 98:1386-1390.
- Leymarie, J., Robayo-Romero, M.E., Gendreau, E., Benech Arnold, R.L. & Corbineau, F. (2008). Involvement of ABA in induction of secondary dormancy in barley (*Hordeum vulgare* L.) seeds. *Plant & Cell Physiology*, 49:1830-1838.

- Loic, R., Duval, M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J., Job, C. & Job, D. (2012). Seed germination and vigor. *Annual Review of Plant Biology*, 63:507-533.
- Mapes, G., Rothwell, G.W. & Haworth, M.T. (1989). Evolution of seed dormancy. *Nature*, 337(6208): 645-646.
- Matilla, A.J. (2000). Ethylene in seed formation and germination. *Seed Science Research*, 10:111-126.
- Matilla, A.J. (2020). Seed dormancy: molecular control of its induction and alleviation. *Plants*, 9(10):1402.
- Mayer, A.M. & Poljakoff-Mayber, A. (1989). *The germination of seeds*. Pergamon Press, Oxford. 270 p.
- Montague, J.L., Barrett, S.C.H. & Eckert, C.G. (2008). Re-establishment of clinal variation in flowering time among introduced populations of purple loosestrife (*Lythrum salicaria*, *Lythraceae*). *Journal of Evolutionary Biology*, 21:234-245.
- Nadella, D. & Foley, M.E. (2003). Seed dormancy: genetics of dormancy. In: Thomas, B. (ed), *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*. Elsevier, Amsterdam, pp. 1323-1333.
- Nautiyal, P.C., Bandyopadhyay, A. & Ravindra, V. (1993). Problems with defining seed dormancy characteristics of groundnut varieties. *Journal of Oilseeds Research*, 10:271-276.
- Nautiyal, P.C., Bandyopadhyay, A. & Zala, P.V. (2001). In situ sprouting and regulation of fresh seed dormancy in Spanish type groundnut (*Arachis hypogaea* L. ssp. *fastigiata* var. *vulgaris*). *Field Crops Research*, 70:233-241.
- Nautiyal, P.C., Sivasubramaniam, K. & Dadlani, M. (2023). Seed dormancy and regulation of germination. In: Dadlani, M. & Yadava, D.K. (eds.) *Seed Science and Technology: Biology, Production, Quality*. Springer, Singapore, pp. 39-66.
- Naylor, J.M. (1983). Studies on the genetic control of some physiological processes in seeds. *Canadian Journal of Botany*, 61:3561-3567.
- Nikolaeva, M.G. (1977). Factors controlling the seed dormancy pattern. In: Khan, A.A. (ed.) *The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination*. Amsterdam, pp. 51-74.
- Nikolaeva, M.G. (1999). Patterns of seed dormancy and germination as related to plant phylogeny and ecological and geographical conditions of their habitat. *Russian Journal of Plant Physiology*, 46:369-373.
- Perreira, E.P., Zanin, G.M. & Castro, H.F. (2003). Immobilisation and catalytic properties of lipase on chitosan for hydrolysis and etherification reactions. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 20(4):343-355.
- Petrov, V.D. & Van Breusegem, F. (2012). Hydrogen peroxide-a central hub for information flow in plant cells. *Annals of Botany Plants*, 2012:pls014.

- Prasad, S.R. (2023). Testing seed for quality. In: Dadlani, M. & Yadava, D.K. (eds.), *Seed Science and Technology: Biology, Production, Quality*. Springer, Singapore, pp. 299-334.
- Quettier, A.L. & Eastmond, P.J. (2009). Storage oil hydrolysis during early seedling growth. *Plant Physiology & Biochemistry*, 47(6):485-490.
- Raboy V, Noaman MM, Taylor GA, Pickett SG (1991) Grain phytic acid and protein are highly correlated in winter wheat. *Crop Science*, 31:631-635.
- Renu, J. (2018). Role of enzymes in seed germination. *International Journal of Creative Research Thoughts*, 6(2): 1481-1485.
- Shu, K., Meng, Y.J., Shuai, H.W., Liu, W.G., Du, J.B., Liu, J. & Yang, W.Y. (2015). Dormancy and germination: How does the crop seed decide? *Plant Biology*, 17(6): 1104-1112.
- Sivritepe, H.Ö. (2011). Tohum canlılığının değerlendirilmesi. *Alatarım*, 10(2):94-105.
- Ślawomir, B., Ratajczak, W. & Ratajczak, L. (2015). Regulation of storage lipid metabolism in developing and germinating lupin (*Lupinus spp.*) seeds. *Acta Physiologia Plantarum*, 37:119.
- Vleeshouwers, L.M., Bouwmeester, H.J., Karssen, C.M. (1995) Redefining seed dormancy: an attempt to integrate physiology and ecology. *Journal of Ecology*, 83(6):1031-1037.
- Wang, T., Sistrunk, L.A., Leskovar, D.I. & Cobb, B.G. (2011). Characteristics of storage reserves of triploid watermelon seeds: association of starch and mean germination time. *Seed Science & Technology*, 39:318-326.
- Wareing, P.F. & Saunders, P.F. (1971). Hormones and dormancy. *Annual Review of Plant Physiology*, 22:261-288.
- Xu, T.M., Tian, B.Q., Sun, Z.D. & Xie, B.J. (2011). Changes of three main nutrient during oat germination. *Natural Product Research*, 23:534-537.
- Zhao, M., Zhang, H., Yan, H., Qiu, L. & Baskin, C.C. (2018). Mobilisation and role of starch, protein, and fat reserves during seed germination of six wild grassland species. *Frontiers in Plant Science*, 9:234.

BÖLÜM 8

TOHUM VİGOR TESTLERİ

Prof. Dr. Hülya İLBİ^{1*}

Prof. Dr. Ahmet KORKMAZ²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13822735>

^{1*}Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, İzmir, Türkiye, hulya.ilbi@ege.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-7691-7996

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye, akorkmaz@ksu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-3886-5953

*Sorumlu yazar

GİRİŞ

Bitkisel üretimin başlangıç materyali olan tohumun kalitesi, hem tohum ve fide firmaları hem de üreticiler için önemli bir unsurdur. Tohum kalitesi, tohumun genetik, fizyolojik, biyokimyasal ve hijyen özellikleri bakımından mükemmelliğin derecesini belirtmektedir. Tarımsal üretimde yüksek kaliteli tohum kullanmak direkt verim ve kalitede artışa neden olmaktadır. Günümüzde küresel iklim değişimine bağlı olarak artan sıcaklık ve kuraklık, tarımsal üretim ve verimlilikte azalmalara yol açmaktadır. Küresel iklim değişiminin tarımsal üretimdeki bu olumsuzluklarına karşı ıslah çalışmaları ile yeni çeşit geliştirme çalışmaları devam etmekle birlikte, çiçeklenme, tozlanma, tohum gelişimi, tohum çimlenmesi ve fide gelişimi gibi bitki yaşam döngüsünün belli aşamaları iklim değişimine duyarlılığını korumaktadır (Reed ve ark., 2022). Dolayısıyla iklim değişimine dayanım genetik yapının iyileştirilmesi ile birlikte tohumun kalitesinin korunması ve özellikle de tarlada iyi çimlenme ve çıkışın sağlanması ile mümkündür.

Günümüzde tohumun uluslararası ticaretteki parasal değerinin yüksekliği ve bu pazarda ülkelerin konumunu korumaları açısından tohum kalitesinin belli seviyede tutulması zorunluluktur. Tohumun kalitesi, tohum sertifikasyon sisteminde sertifikasyon laboratuvarları ve tohum üretimi sürecinde tohum firmaları tarafından birtakım testler ile sürekli takip edilmektedir. Tohumun fizyolojik kalitesi, ağırlıklı olarak optimum sıcaklık ve nemdeki laboratuvar koşullarında gerçekleşen çimlenme testlerine dayalı olarak belirlenmektedir. Çimlenme testi ile tohumun tarla çıkışının tahmini, toprak ve çevre koşullarının laboratuvar test koşulundaki gibi optimuma yakın ise mümkündür (Durrant ve Gummerson, 1990). Ancak, tarla ve sera koşulları laboratuvar koşulları gibi optimum değildir ve bu nedenle çimlenme testleri tohumun gerçek performansını yansıtmada yetersiz kalmaktadır (Kavak ve ark., 2008a). Fideliklerde tohumların çimlenme değerinin, laboratuvar testlerindekienden daha düşük değerde olduğu rapor edilmiştir (Hyatt ve Tekrony, 2008). Yüksek çimlenme gücüne sahip pek çok tür tohumlarının tarla çıkış performanslarının düşük olduğunun görülmesi (Powell, 2006), tohumda kalite parametresi olarak canlılığa dayalı çimlenme gücü dışında vigor (güç) kavramını geliştirmiştir. Tohumda vigor, tarla performansı yanı sıra depolanma potansiyellerini de içeren kompleks bir agronomik özelliktir. Uluslararası Tohum Test Birliği (ISTA, 1995) vigor, çok farklı çevre koşullarında

tohumların çimlenebilme ve fide oluşturma potansiyellerinin toplamı olarak tanımlanmıştır. Amerikan Tohum Test Birliği (AOSA, 2009) de vigor, farklı tarla koşullarında tohumun hızlı, uniform çimlenme ve sağlıklı fide geliştirebilme potansiyeli olarak tanımlanmıştır.

Tohumda vigor konsepti, ilk olarak 1876'da Friedrich Nobbe tarafından çimlenme gücü ile vigor arasındaki farkı açıklayan “itici güç” veya “sürme gücü” olarak tanımlanmıştır. 20. yy.'da da vigor tanımı ve testleri konusunda tartışmalar ve gelişmeler devam ederken, vigorun tarladaki çıkış gücü üzerine etkileri dışında çimlenme hızı, fide gelişimi (Dornbos, 1995; Powell, 2006) ve verim (TeKrony ve Egli, 1991) üzerine etkileri de rapor edilmiştir. Frank (1950)'de ISTA kongresinde vigor tanımlamak ve vigor testlerini geliştirmek için ISTA Biyokimyasal ve Fide Vigor Komitesi'ni kurmuştur (Marchos-Filho, 2015).

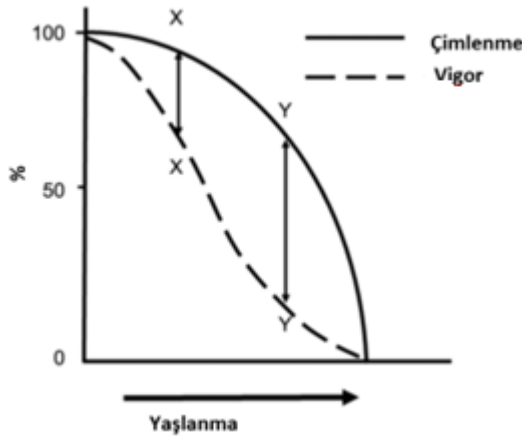
Vigor testlerinin gelişimi, gözlemlerden hipoteze dayalı olmak üzere değişim göstermiştir. İlk geliştirilen testlerden Hiltner testi ve soğuk testi, tohum partilerinin mekanik strese, düşük sıcaklık ve nemli koşullarda çimlenmelerinde gözlenen farklılığın laboratuvar ortamında simüle edilmesine dayanmaktadır. Elektriksel iletkenlik testi hem gözlem hem de hipoteze dayalı olarak geliştirilmiş iken hızlandırılmış yaşlanma testi ise yaşlanma hipotezine dayanmaktadır. 21. yy'da geliştirilen vigor testleri ise ISTA tarafından onaylanan testlerin diğer türlere yaygınlaştırılması, vigor testlerinin modifikasyonu, fizyolojik değerlendirmeler (solunum hızı) ve yeni teknolojilerin kullanımı (görüntü analizi) şeklindedir (Powell, 2022). Bu bölümde tohumlara uygulanan vigor testlerinin önemi ve protokolleri konusunda bilgiler verilecektir.

1. VİGOR TESTLERİNİN ÖNEMİ

Tohum maksimum fizyolojik potansiyele hasat olgunluk döneminde veya hemen sonrasında ulaşır. Tohumda, hasat zamanına, çevresel faktörlere ve kurutma, işleme, depolama gibi hasat sonrası işlemlerde uygulanan prosedürlere bağlı olarak zararlanma veya yaşlanma başlar. Tohumda meydana gelen yaşlanmaya/zararlanma, çimlenme/çıkış gücünde azalma, çimlenmenin yavaşlaması ve anormal fide oluşumunun artmasına neden olur. Birçok araştırmacı, tohumda yaşlanmanın vigor kaybı ile ilişkisini açıklamaya çalışmıştır. Tohumda yaşlanma mekanizmasına bağlı olarak protein

denatürasyonu, protein sentezi ve enzim aktivitesinde azalma, membranlarda organizasyon kaybı gibi metabolik bozulmaların gerçekleştiği ortaya konmuştur (Matthews, 1985; Basavarajappa ve ark., 1991; McDonald, 1999).

Şekil 1, X ve Y tohum partilerinin yaşlanmaya bağlı olarak çimlenme ve vigor kaybı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Yüksek kaliteli tohum partisinde (X) çimlenme ile vigor arasındaki fark az olup, yaşlanmaya bağlı bozulmanın da az olduğunu göstermektedir. Buna karşın düşük fizyolojik kalitedeki tohum partisinde (Y) yaşlanmanın ilerlemesiyle artan bozulmaya karşın optimum koşullarda gerçekleşen çimlenme testinde performans yüksek iken vigor oldukça düşüktür (Delouche ve Caldwell, 1960; Marcos-Filho 2015).



Şekil 1: Tohum partilerinde yaşlanmaya bağlı olarak çimlenme ve vigor performanslarındaki değişim (Marcos-Filho, 2015)

Tohumda yaşlanma mekanizmalarının sonucu oluşan bozulmalara dayalı vigor kaybı, hem tohumun tarla koşullarında özellikle uygun olmayan koşullarda çimlenme performansının düşmesine hem de depolama potansiyelinin azalmasına neden olmaktadır. Tohum partilerinin yüksek ya da düşük vigor kapasitesine sahip olmasına bağlı olarak tohum çimlenme hızı ve buna dayalı bitki gelişim uniformitesi, tarla çıkışı ve depolama potansiyelleri farklılık göstermektedir (Tablo 1). Tohumda meydana gelen bu bozulmalar erken dönemde çimlenme testi ile belirlenemezken; vigor testleri ile belirlenebilmektedir (Justice ve Bass, 1978; Panayotov, 2006). Pek çok araştırmacı tarafından farklı sebze türü tohumlarında vigor testlerinin sonuçları

ve tarla/fidelik çıkışı arasında yüksek korelasyon olduğu ve çimlenme testlerine göre tohum partilerinin fizyolojik performanslarını daha iyi yansıttığı ortaya konmuştur (Tablo 2).

Tablo 1: Tohumun vigor seviyesinin çimlenme, çıkış ve depolama potansiyeline etkisi.

Tohum performansı	Vigor seviyesi	
	Yüksek	Düşük
Çimlenme hızı	Hızlı	Yavaş
Çimlenme homojenliği	Homojen	Heterojen
Fide büyüklüğü	Büyük ve uniform gelişme	Küçük ve heterojen gelişme
Tarla/fide çıkışı	İyi	Kötü
Depolanma potansiyeli	İyi	Kötü

Tablo 2: Bazı sebze tohumu partilerinde çimlenme ve vigor testleri ile tarla çıkış testleri ilişkisi.

Tür	Çimlenme (%)	Vigor Testi (%)	Tarla/fidelik çıkışı %	Kaynak
Patlıcan	%87-94	Kontrollü Bozulma Testi (KB) (%35-69)	%63-93*	Demir ve ark., 2005
Biber	%86-93	KB (%3-95)	%63-93*	Başak ve ark., 2006
Kavun	%84-100	Hızlandırılmış Yaşlanma Testi (HYT) (%41-91)	%67-89*	İlbi ve ark., 2008
Fasulye	%75-95	HYT (%4-81) İletkenlik Testi (E.İ.) (15-29 $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	%43-75	Kavak ve ark., 2008a, Kavak ve ark., 2012
Biber	%75-95	KB (%53-94)	%58-94	Kavak ve ark., 2008b
Mısır	%91-99	Düşük sıcaklık testi	%62-95	İlbi, ve ark., 2009
Kadife çiçeği	%78-88	Radisil çıkış testi	%34-86	İlbi ve ark., 2020

* Fidelik çıkışı değerleri

Vigor testlerinin temel amacı, ticari olarak kabul edilir ve benzer çimlenme gücüne sahip tohum partileri arasındaki fizyolojik performans farklılığını ortaya koymasındır. Vigor testleri ile tohum partisinin ekim sonrası tarla çıkışı veya depolama süresince canlılığın korunumu en doğru şekilde tahmin edilmektedir. Bu nedenle, bir vigor testinde olması gereken özellik, çimlenme ve canlılık testleriyle belirlenemeyen tohumun gerçek fizyolojik

performansını belirleyebilmesi ve tohum partilerini bu performanslara göre sıralayabilmesidir.

Vigor testlerinin tohumun tarla koşullarında fide çıkış performans özelliğini tahmin etmesinin yanı sıra tohumun depo performansı hakkında da fikir vermesi, tohum stok yönetiminde ve tohum pazarlamasında strateji oluşturulması açısından büyük önem taşımaktadır. Vigor testleri ile tohum partisinin, stres koşullarının olduğu dönemde ya da erken dönem ekime uygun olup olmadığı veya çimlenme ve çıkışı için uygun olan koşulların sağlandığı daha geç dönemde mi ekilmesi gerektiği yönünde karar verilmesi mümkündür. Yine vigor testleri sonucunda düşük vigorlu tohum partisinin depolanma potansiyeli de düşük olacağı için hemen satışa sunulması veya yüksek vigorlu tohum partisinin depolanması söz konusudur.

Tohum partilerinin fizyolojik performansını belirleyen vigor testlerinin geliştirilmesi, tür bazında optimize edilmesi ve uluslararası kurallarda geçerliliğinin onaylanması ISTA'ya bağlı Vigor Komitesi tarafınca yürütülmektedir. ISTA kurallarına 2001'de dahil edilen ilk vigor testi bezelye tohumlarında geliştirilen Elektriksel iletkenlik testi olup, bunu diğer testler izlemiştir (Powell, 2022). ISTA, türlere özgü vigor testleri geliştirilmesi ve kurallarda yer almasında (onaylanması) iki kriterin sağlanmasını zorunlu tutmaktadır. Bunlardan biri uygulanan metodun laboratuvarlar arasında ve aynı laboratuvarlarda her bir test sonucunun aynı olmasını içeren tekrarlanabilirliği, diğeri de vigor test sonuçlarının tarla çıkışı sonucu ile aynı ya da benzer olmasıdır. Bir vigor testinin ISTA tarafından onaylanması, testin geliştirilmesi sonrası farklı laboratuvarlarda testin aynı tohum partileri ile eş zamanlı test edilmesi ve sonuçların doğruluğunun onanması sonucu olmaktadır. Bugüne kadar ISTA tarafından onaylanan vigor testleri Tablo 3'te görülmektedir. Bu testlerin dışında ISTA tarafından onaylanmamış ama belli türlerde uygulanması önerilen vigor testleri ise Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 3: ISTA tarafından türlere spesifik onaylanan vigor test listesi.

Vigor Testi	Türler	Sonuçların ifadesi	Referans
Elektrikli iletkenlik testi	<i>Pisum sativum</i> L. <i>Glycine max.</i> (L) Merr <i>Phaseolus vulgaris</i> L. <i>Cicer arietinum</i> L. <i>Raphanus sativus</i> L.	Tohum sızıntısının iletkenlik değeri ($\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	Matthews ve Powell (2006)
Kontrollü bozulma	<i>Brassica</i> spp	% toplam çimlenen tohum (normal ve anormal fide)	Powell ve Matthews (2005)
Hızlandırılmış yaşlanma	<i>Glycine max</i> L. Merr.	% normal fide	TeKrony (1983)
Tetrazolium	<i>Glycine max</i> L. Merr.	Boyanma deseni	França-Neto ve Krzyzanowski (2019)
Radisil çıkış testi	<i>Zea mays</i> L. <i>Raphanus sativus</i> L. <i>Brassica napus</i> L. <i>Triticum aestivum</i> sub sp. <i>aestivum</i>	% radisil çıkışı olan tohum	Matthews ve Powell (2011)

Tablo 4: ISTA onaylı olmayan fakat önerilen vigor testleri.

Vigor testi	Türler	Referans
Soğuk testi (10 °C)	<i>Zea mays</i> L.	AOSA (2009)
Hızlandırılmış yaşlanma testi	Çeşitli türler	TeKrony (1983)
Sature edilmiş tuzlu ortamda yaşlandırma testi	Küçük tohumlu türler	Jianhua ve McDonald (1996)
Fide büyüme ve uniforme testi	Çeşitli türler	Matthews ve Powell (2011)
Serin testi (18 °C)	<i>Gossypium hirsutum</i> L.	AOSA (2009)

2. VİGOR TESTLERİ

Sebzeler de dahil olmak üzere tüm bitki türlerinin tohumları için geliştirilmiş ve kabul edilmiş bir vigor testi bulunmamaktadır. Bununla birlikte tohum türünün biyolojik ve fizyolojik özellikleri dikkate alınarak vigor testleri araştırmalarda kullanılmaktadır. Tohumlarda uygulanabilecek vigor testleri dayandıkları prensibe göre farklı şekillerde gruplandırılmaktadır.

a. Direkt testler; tohumların performansını tarla koşullarında tohum çimlenme ve çıkışını azaltıcı stres faktörlerinin laboratuvarında kontrollü

koşullarda simüle edilmesine dayalı olarak ölçen testlerdir. Örneğin düşük sıcaklık, düşük toprak nemi ve çimlenme ortamında fiziksel engeller yaratma gibi stres koşulları kullanılmaktadır.

b. Endirekt testler; tohumun bazı özelliklerinin belirlenerek tarla çıkış performansını tahmin etmeye yönelik testlerdir. Örneğin laboratuvaradaki standart çimlenme testinde ilk sayım değerlerinin kullanılması veya membran bütünlüğündeki bozulmayı ölçen elektriksel iletkenlik testi kullanılması ile tohum vigorunun dolaylı tahmin edilmesidir.

Vigor testlerinin diğer gruplanması, testin dayandığı hipoteze göre olup, 3 gruba ayrılmaktadır.

- 1) Fizyolojik testler (direkt)
 - Çimlenmeye dayalı testler; fide büyüme testi, çimlenme hızı testi, radisil çıkışı
 - Stres testleri; soğuk testi, serin çimlendirme
- 2) Biyokimyasal testler (endirekt)
 - Elektriksel iletkenlik testi (EC)
 - Tetrazolium (TTC) testi
 - Glutamik asit dekarboksilaz aktivitesi (GADA) testi
- 3) Yaşlandırma uygulamalarına dayalı testler (endirekt)
 - Hızlandırılmış yaşlanma
 - Kontrollü bozulma testi

2.1. Fizyolojik Testler

2.1.1. Çimlenmeye Dayalı Testler

Bu testlerin esasları ISTA (2022) kurallarına göre standart çimlendirme testine dayanmaktadır. Bu testler fide büyüme testi, ilk sayım, çimlenme hızı ve radisil çıkış testini içermektedir.

Fide büyüme hızı testi

Perry (1977) tarafından geliştirildiği belirtilen bu test (ISTA, 1987), arpa ve buğdayda yaygın kullanım alanı bulmuştur. Bu test ile arpa veya buğday üretiminde hangi partiye ait tohumlukların stres koşullarında ekilebileceği ve hangi tohumlukların depolama performanslarının daha iyi olduğunun ortaya

konması ile ekim planlamaları ve depolama stratejilerinin daha sağlıklı yapılması sağlanmış olur.

Bu testin esası; tohum partilerinin çimlenme testi sonucunda fide boylarının ölçülmesine dayanmaktadır. Test sonucunda en uzun fidelere sahip partiler, vigoru yüksek olarak nitelendirilmektedir.

İlk sayım testi

Bu testte, ISTA kurallarına göre yapılan çimlendirme testlerinde (ISTA, 2022), ilk sayım gününde belirlenen normal fide oranları tohum partilerinin vigorunu göstermektedir. İlk sayım gününde normal fide oranı yüksek olan tohumun vigoru da yüksektir.

Çimlenme hızı testi

Çimlenme hızı en eski vigor kavramlarından biridir. Çimlenme hızı yüksek olan tohum partisinin tarla koşullarında da fide çıkışı hızlı olmaktadır. Çimlenme hızının hesaplanmasına dayalı farklı araştırmacılar farklı formüller geliştirmiş olmakla birlikte Maguire (1962) tarafından geliştirilen formül daha yaygın kullanılmaktadır (Marcos-Filho, 2015). Standart çimlendirme testi süresince çimlenen tohumlar her gün sayılır ve elde edilen sonuçlar, J.D. Maguire tarafından 1962’de geliştirilen, aşağıdaki formülde yerine konularak çimlenme indeksi hesaplanır (Copeland ve McDonald, 2001).

$$\text{Çİ} = \Sigma n / d$$

Çİ: Çimlenme indeksi; n: d gününde elde edilen normal fide sayısı; d: Testin başlangıcından itibaren sayılan günler

Çimlenme hızını belirlemede Ellis ve Roberts (1980)’ın geliştirmiş olduğu aşağıdaki formülden yararlanılarak hesaplanan ortalama çimlenme zamanı da tohum partilerinin vigor farkını belirlemede kullanılır. Bu hesaplamaya göre ortalama çimlenme zamanı gün olarak ifade edilir.

$$\text{OÇZ} = \Sigma dn / \Sigma n$$

OÇZ: Ortalama çimlenme süresi (gün); d: Testin başlangıcından itibaren sayılan günler, n: d gününde çimlenen tohum sayısı

Radisil (Kökçük) çıkışı testi

Tohumun çimlenmesinde su alımı ile başlayan ve tohum kabuğunun çatlayarak radisilin görüldüğü aşamaya kadar devam eden süreçte gerçekleşen değişimler ve bunların süresi, çimlenmenin başarılı bir şekilde gerçekleşmesini belirler. Bu süreçte, tohuma suyun girişi ile embriyo hücrelerinde oluşturduğu hacim artışı yanında, farklı enzimleri sentezleyen genler aktif hale gelir. Sentezlenip salgılanan bu enzimlerin önemli bir kısmı, embriyonun büyümesine katkı yapacak hazırlıkların gerçekleşmesinde rol alır ve bu amaçla birçok enzim sentezlenir. Bu aşamada aktif hale geçen ve tamir mekanizmasını harekete geçiren enzimler, tohumun embriyo hücrelerinde değişik nedenlerden dolayı meydana gelmiş yapısal veya moleküler bozulmaların tamir edilerek çimlenmenin sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesini sağlamaktadır. Bu sürecin kısa sürede tamamlanması, o tohumun kısa sürede çimlenip fide oluşturmasının göstergesidir. Bu sürecin uzunluğu ve sonuçta tohumun geç ve düzensiz çimlenmesi, tohum vigorunun düşük olduğunun göstergesidir. İşte bu sürecin ölçülerek tohum kalitesinin belirlenmesi fikrinden hareketle radisil çıkış testi geliştirilmiştir (Matthews ve ark., 2011, Matthews ve Powell, 2011, Powell ve Matthews, 2012).

Radisil çıkış testinin temeli, tohumda meydana gelen yaşlanmaya dayanmaktadır. Tohumda meydana gelen yaşlanma oranı ne kadar az ise, tohum o oranda çabuk çimlenip fide oluşturacaktır. Erken radisil çıkışı olmasının erken fide oluşumunu sağlayacağı ve yüksek vigora sahip tohum anlamına gelmektedir. Mısırdaki 20 °C’de yapılan klasik çimlenme testinin 66. saatinde veya 13 °C’de yapılan çimlenme testinin 6. gününde yapılacak sayımlar ile tohum vigoru belirlenmektedir (Matthews ve ark., 2011). Testte önerilen protokole göre, tohumlar önce belirlenen sıcaklıkta çimlenme testlerine alınır ve testte önerilen sürelerde yapılan sayımlarla 2 mm’den uzun kökçüğe sahip tohumların oranı % olarak belirlenir.

ISTA tarafından mısır için onaylanan bu test sonrasında turp, kanola ve buğdayda da protokolleri geliştirilerek onay almıştır. Uygulama açısından kolay olan radisil çıkış testi, standart çimlenme testine dayalı olarak sebze tohumlarında tarla/fidelik çıkışını tahmin ettiği pek çok araştırmacı tarafından belirlenmiştir. Bu çalışmalarda sebze türü özelinde radisil çıkış testi ile tarla/fide çıkış gücü arasındaki ilişkinin en iyi yansıtıldığı belirlenmiş, çimlenme sıcaklığı ve 2 mm’den uzun radisil çıkışı yapan tohumların sayım

saati optimize edilmiştir (Tablo 5). Radisil çıkış testinin, kontrollü bozulma veya hızlandırılmış yaşlanma testi sonrası uygulanan çimlenme testi yerine de kullanılarak, vigor ile ilişkilendirildiği çalışmalar da bulunmaktadır. Soğan tohumlarında kontrollü bozulma testi sonrası çimlendirme testinde 74 veya 89 saat sonrası radisil çıkışı sayımın test süresini kısaltarak, tarla çıkışı ile ilişkisi ortaya konmuştur (Ekşi ve Demir, 2011). Ermiş ve ark. (2015a), domates tohumlarında kontrollü bozulma sonrası çimlendirme testinin 96. saatindeki radisil çıkışı sayımının, serada fide çıkışı ile yüksek korelasyonda olduğunu göstermiştir.

Tablo 5: Sebze tohumlarında uygulanan radisil çıkış testinin sıcaklık ve süreleri.

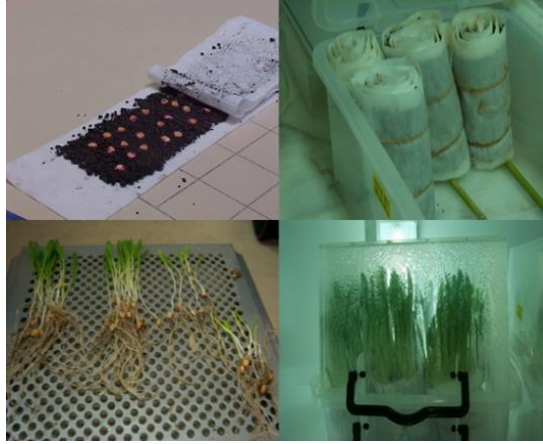
Tür	Test koşulu (sıcaklık; süre)	Referans
<i>Tere</i>	20 °C; 24 saat	Demir ve ark. (2019)
<i>Roka</i>	20 °C; 24 saat	Özden ve ark. (2020)
<i>Pırasa</i>	20 °C; 120 saat	Ermiş ve ark. (2015b); Özden ve ark. (2017)
Kabak anaçları	25 °C; 30 ve 34 saat	Ermiş ve ark. (2022)

2.1.2. Stres Testleri

Soğuk testi

Soğuk testi en eski vigor testi olarak bilinir. Tüm dünyada ama özellikle ABD’de mısır tohumu endüstrisinde en yaygın kullanılan ve kabul görmüş testtir. Mısırın yanı sıra marul, patlıcan, fasulye ve havuç gibi bahçe bitkileri ve çeltik, arpa, soya fasulyesi ve pamuk gibi tarla bitkileri türleri için de yaygın olarak kullanılan bir testtir (Marcos-Filho, 2015). Soğuk testinin geliştirilmesi, tarla koşullarında fide çıkışını standart çimlenme testine kıyasla daha yüksek oranda ve güvenilir bir şekilde tahmin etme ihtiyacından doğmuştur. Ayrıca sıcaklıkların düşük seyredebileceği ilkbaharda erken ekime uygun tohum partilerinin ya da genotiplerin belirlenmesi, ayırt edilmesi ve tohum ekim oranlarının belirlenmesi de bu testin amaçları arasında yer almaktadır. Bu nedenlerden dolayı da tarla çıkışını tahmin etmek için toprağı substrat bileşeni olarak içeren bu testin, mısır tohumu endüstrisi tarafından düzenli olarak kullanılan ilk vigor testi olması şaşırtıcı değildir (AOSA, 2009).

Soğuk testinde tohumlar içerisinde tarla toprağı bulunan kaplara ya da topraklı kağıt havlulara ekilirler (Şekil 2). Daha sonra kaplar veya kâğıt havlular suyla nemlendirilir ve tohumlar 10 °C’de 7 gün boyunca karanlıkta soğuk toprağı yapılan erken bahar ekimlerini taklit etmek amacıyla tutulurlar (Sivritepe, 2012). Soğuk uygulamasını takiben, tohumlar ISTA kurallarına göre en uygun büyüme koşullarında (ISTA, 2022) çimlendirme testlerine alınır ve sonuçlar yorumlanır. Test prosedürünün amacı, düşük sıcaklığa, yüksek substrat su içeriğine ve mümkünse patojenlerin varlığına maruz kalan tohum numunelerinin tepkisini değerlendirmektir. Bu testte tohumlar iki tür strese maruz kalmaktadırlar: ilk olarak optimumun altındaki sıcaklık, membran sistemlerinin organizasyonunun bozulması nedeniyle tohumun su alımı sırasında hücre içinde çözünmüş durumda sitoplazmada bulunan maddelerin sızmasını kolaylaştırır. Böyle bir durumda membran onarımı nispeten yavaş olur ve şekerler de dâhil olmak üzere maddelerin sızması artar. Diğer ise substrat olarak tarladan alınan (mümkünse bir önceki sezonda mısır yetiştirilen yerden) topraktaki mikroorganizma yoğunluğu, yalnızca düşük sıcaklığa maruz kalmanın bir sonucu olarak değil aynı zamanda şeker sızıntısıyla da artar ve tüm bunlar tohum performansına verilen zararın artmasına neden olur (Marcos-Filho, 2015).



Şekil 2: Mısır tohumlarında soğuk testinin kurulması ve fidelerin değerlendirilmesi

Alberts (1927), soğuk ve nemli ortamda ekimden sonra fungusitlerin etkinliğini değerlendirmek için bir test geliştirmiştir ve bu prosedür, soğuk testin öncüsü olarak kabul edilmektedir. Takip eden yıllarda özellikle

1940'lardan bu yana Kuzey Amerika'daki hibrit mısır tohumu üreten şirketler tarafından tohum kalite kontrol programlarında rutin olarak kullanılmaya başlanmıştır (Hoppe, 1951). Fakat bu test ancak 1976'dan itibaren Avrupalı bilim adamlarının ve tohum şirketlerinin daha fazla ilgisini çekmeye başlamıştır (TeKrony, 1983). Milosevic ve ark. (1994), mısır partilerine ait tohumların performanslarını ortaya koymak için kullandıkları farklı yöntemler arasında soğuk testi ile tarla çıkışı arasında yüksek korelasyon bulunduğunu belirlemişlerdir. Lovato ve ark., (2005) soğuk testinde üç farklı sıcaklığın (5, 7.5 ve 10 °C) mısır çimlenmesine etkisini test etmişler ve elde edilen veriler, tohum partilerinin vigor farklılıklarına göre ayrılmasında soğuk testinin 10 °C'de başarıyla uygulanabileceğini göstermiştir. Ancak araştırmacılar, düşük sıcaklıkların (5 °C ve 7.5 °C), soğuk koşullara oldukça toleranslı olan partilerin ayrılması için daha iyi olduğunu da belirtmişlerdir.

Soğuk testi mısır dışında diğer türlerin tohum partilerinin performanslarını belirlemek için de kullanılmaktadır. Örneğin, Demir ve ark., (2005) 4 farklı patlıcan tohum partisi üzerinde gerçekleştirdikleri soğuk testi sonuçları ve ısıtılmayan seradaki fide çıkış oranları ile arasındaki ilişkinin oldukça yüksek ($r: 0.88$) olduğunu belirtmişlerdir. Vieira ve ark. (2010), çeşitli soya fasulyesi tohum partilerinin performansını belirlemek için standart soğuk testi yöntemine alternatif olabilecek bir yöntemi test etmişler ve sonrasında toprak olmadan soğuk su (10 °C) altında rulo kâğıt havlu kullanarak yapılan soğuk testinin daha iyi sonuç verdiğini bildirmişlerdir. Havuçlarda yürütülen bir çalışmada da soğuk testinin tohumların şemsiye (çiçek) üzerindeki bulunma yerinden kaynaklanan vigor farklılıklarını ayırt etmede başarı ile kullanılabileceği bildirilmiştir (Pereira ve ark., 2008).

Soğuk testinin en büyük dezavantajı ise teste kullanılan tarla toprağında homojenliğin düşük olmasıdır (Copeland ve McDonald, 2001). Topraklar pH, nem, parçacık bileşimi ve patojen seviyeleri bakımından farklılık gösterir ve tüm bunlar bu testin sonuçlarının değişmesine neden olur. Toprak koşullarının değişkenliğinden kaynaklanan sorunların çözümü olarak, daha homojen bir ortam olan vermikülitin tarla toprağı yerine kullanılması önerilse de (Sivritepe, 2012), test laboratuvarları bir soğuk testinde başarılı sonuçlar elde etmek için tarla toprağının kullanılması gerektiği üzerinde ısrar etmektedirler. Bazı araştırmacılar ise mısırdaki soğuk testinin bu dezavantajına karşı standartlaştırılması çok daha kolay ve yapılabilir olan serin çimlendirme

testinin (18 °C) tohum partileri arasındaki farklılıkları ortaya koymak için bir alternatif olabileceğini bildirmişlerdir (İlbi ve ark., 2009).

Serin çimlendirme testi

Serin çimlendirme testi, Tohum Vigor Testi El Kitabı'nda (AOSA, 2009) yer alan ve 60 yılı aşkın süredir pamuk tohumlarının test edilmesinde kullanılan bir vigor testidir. Soğuk testinin aksine, serin çimlendirme testi standart laboratuvar koşulları altında, düşük sıcaklıklarda (18 °C) gerçekleştirilir ve çimlenmekte olan tohumları strese sokan mikroorganizma faaliyetlerine dayanmaz. Bu test, özellikle pamuk tohumları için geliştirilmiştir ve nem içeriği kontrol edilen rulo kâğıt havlular arasında ve 18 °C'de normal çimlenen fidelerin değerlendirilmesi şeklinde yürütülür (Copeland ve McDonald, 2001). Bu testin en kritik bileşeni, çimlenme odasının test sıcaklığının test boyunca 18 ± 0.5 °C'de sabit tutulmasıdır. Pamuk gibi sıcak iklim bitkilerinden elde edilen düşük canlılıktaki tohumların, nispeten düşük sıcaklıklarda büyüme hızlarının düştüğü ve çimlenme performanslarının olumsuz etkilendiği bilinmektedir. Pamuk tohumları 14-40 °C arasındaki sıcaklıklarda çimlenebilseler de en iyi çimlenmeyi 25-30 °C arasında göstermektedirler (Krzyzanowski ve Delouche, 2010). Test sıcaklığı olarak kullanılan 18 °C'nin optimum çimlenme sıcaklıklarının altında olması nedeniyle tohumlar için bir stres unsuru olmakta ve dolayısıyla daha yavaş çimlenmektedirler. Bu testte kullanılan soğuk koşullar genellikle standart sıcak çimlenme testine kıyasla tarla koşullarıyla daha yakından ilişkilidir. Bu durum özellikle sezonun başında ekim yapıldığında veya toprak işlemeden ekim yapıldığında geçerlidir. Araştırmalar, soğuk toprak koşullarında yüksek vigora sahip tohumların daha hızlı çimlendiğini ve fidelerin daha hızlı geliştiğini, böylece fide hastalıklarına neden olan patojenlerin çoğundan kaçınıldığını göstermiştir. Bu nedenle serin çimlendirme testi, farklı tohum partilerinde çimlenme hızının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu testin en büyük avantajı standart çimlenme testine benzer olması ve normal fidelerin yorumlanmasında aynı kriterlerin kullanılmasıdır. Başlıca sınırlaması ise şu anda kullanımının pamukla sınırlı olmasıdır.

Serin çimlendirme testi sonuçları ile tarla çıkışı arasındaki ilişkinin oldukça yüksek olduğu ve soğuğa tolerant çeşitlerin belirlenmesinde kullanılabileceği bildirilmiştir. Örneğin 10 farklı pamuk genotipinin tohumlarının kullanıldığı bir araştırmada serin çimlendirme testi sırasında elde

edilen fide boyu ile tarla çıkışı arasında oldukça yüksek bir korelasyon ($r: 0.73$) olduğunu bildirilmiştir (Tuck ve ark., 2010). Yüz on pamuk çeşidinin kullanıldığı bir çalışmada ise optimum koşullarda yüksek ($> \%90$) çimlenme gösteren varyetelerin büyük çoğunluğunun ($> \%58$) serin çimlendirme testi sonrasında da yüksek performans ($> \%85$) gösterdiği bildirilmiştir (Baytar ve ark., 2022). Yine aynı araştırmacılar, serin çimlendirme testi sonuçlarına göre $> \%70$ ve üzeri çimlenme gösteren genotiplerin tohumlarının daha ağır olduğunu dolayısıyla da tohum ağırlığı ile tohumların serin çimlendirme test sonuçları arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu bulmuşlardır. Smith ve Varvil (1984), standart çimlenme oranları $> \%80$ olduğunda pamuk tohumunun kalitesinde varyasyon tespit edilip edilemeyeceğini görmek için $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de serin çimlenme testi kullanmışlardır. Araştırmacılar, net bir ayrım olmamasına rağmen, $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de $\%60$ çimlenmenin kabul edilebilir ile mükemmel kaliteye sahip bir tohumun göstergesi olduğunu belirtmişlerdir. Bölek (2010) $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de kâğıt havlu ya da kum kullanarak gerçekleştirdiği serin çimlendirme testinde kâğıt havlu kullanarak yapılan serin çimlendirme testinin tarla çıkış yüzdesini tahmin etmede, genotipleri soğuğa tolerans açısından ayırmada ve tohum vigorunu belirlemede daha iyi sonuç verdiğini bulmuştur. Serin çimlendirme testinin *Gossypium hirsutum* dışındaki farklı pamuk türlerinin tohumları üzerinde de kullanılabilirliği araştırılmıştır. Örneğin El-Hawary ve El-Galfy (2010) farklı sıcaklıkların ($16, 18$ ve $20\text{ }^{\circ}\text{C}$) 8 farklı *G. barbadense* çeşitinin tohumları üzerinde yaptıkları bir araştırmada $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de yapılan serin çimlendirme testi sonuçlarının tohum partileri arasında vigor farklılıklarını ortaya koymada daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Serin çimlendirme testi bazı küçük değişikliklerle pamuk harici tohumların vigor durumlarını ortaya koymak ve tarla çıkışlarını tahmin etmek için de kullanılmaktadır. Örneğin, Kaya ve Kulan (2019) aspir tohumlarına $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de gerçekleştirilen serin çimlendirme testi sonrası elde edilen çimlenme oranları ile tarla çıkışı arasında yüksek oranda korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. Yine Trawatha ve ark. (1990), çeşitli vigor testlerinin biber tohumlarının tarla çıkışlarını tahmin etmede kullanılabilirliğini araştırdıkları bir çalışmada $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de gerçekleştirilen serin çimlendirme testinin tarla çıkışını tahmin etmede en iyi sonucu verdiğini bildirmişlerdir.

2.1.3. Biyokimyasal Testler

Elektriksel iletkenlik testi (EC)

Biyokimyasal vigor testi olarak sınıflandırılan elektriksel iletkenlik (EC) testinin prensibi ilk olarak Fick ve Hibbard (1925) tarafından ortaya konmuştur. Araştırmacılar, çayır otu (*Phleum pratense*) tohumlarının düşük çimlenme performanslarının nedeni olarak çimlenmede tohumun su alımı sırasında yüksek çözünen madde salınımıyla ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Daha sonra Priestley (1958), pamuk tohumu ıslatma çözeltilisinin elektriksel iletkenliğinin çimlenmeyle ters orantılı olduğunu rapor etmiştir. Ancak o zamana kadar bu testin olası bir tohum vigorunu değerlendirme testi olarak kullanılabileceğinden bahsedilmemiştir. Daha sonra bu fikir, bezelyelerde fide çıkış yüzdesini tahmin etmek için Matthews ve Bradnock (1967) tarafından geliştirilmiş ve önerilen yöntemin kullanılması çeşitli türlerde yaygınlaşmıştır.

Elektriksel iletkenlik ölçümleri, özellikle iri tohumlu baklagiller (fasulye, soya fasulyesi ve bakla) başta olmak üzere, çok sayıda bahçe ve tarla bitkilerine ait türlerin (lahana, domates, soğan, Brüksel lahanası, mısır, buğday, pamuk vd.) tohumlarında yapılmaktadır. Ancak elektriksel iletkenlik testi, ISTA tarafından ilk olarak bezelye ve daha sonra da fasulye, soya fasulyesi, nohut ve turp tohumlarında olmak üzere beş farklı türde vigor testi olarak onaylanmıştır (Matthews ve Powell, 2006; Powell, 2022). Diğer türler için henüz tavsiye niteliği taşımasına rağmen basit, hızlı, ucuz ve sonuçlarının güvenilir bir şekilde tekrar edilebilir bir test olması nedeniyle çok çeşitli türlerde yaygın olarak tohum vigorunun belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır.

EC testinin prensibi, daha düşük vigorlu veya daha fazla yaşlanmış tohumların, çimlenme için su alımı sırasında hücre membranı onarımında daha düşük bir hız göstermesi ve dolayısıyla dış ortama daha fazla miktarda hücre içerisinde çözünen madde salmasıdır. Hücreden dolayısıyla tohumdan su içerisine salınan maddeler arasında şekerler, amino asitler, yağ asitleri, proteinler, enzimler ve inorganik iyonlar (K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ ve Mn^{+2} gibi) bulunur ve bu test iyon sızıntısının özellikle K^+ iyonunun miktarını değerlendirir. Tarla koşullarında, hücre zarı organizasyonunun ve seçici geçirgenliğin kaybını yansıtan bu durum, tohumun etrafında ya da üzerinde patojenlerin gelişmesini teşvik eder ve fide çıkışını olumsuz etkiler. Yapılan araştırmalar, tohumun su alması sırasında sızıntının artmasının, hücre membran

sistemlerinin bozulması ve geçirgenlik kontrolünün kaybıyla doğrudan ilişkili olduğunu ve dolayısıyla tohum vigorundaki azalmanın bir göstergesi olduğunu doğrulamıştır (Nagel ve ark., 2019; Lin ve ark., 2022;).

Bezelye, fasulye, nohut ve soya fasulyesi tohumlarının EC testinde, nemi %10-14 arasında olan tohumlar 4 tekrarlı ve her tekerrürde 50 adet tohum olacak şekilde tartılıp, içerisinde 250 ml saf su veya deiyonize su bulunan erlene (çapı 8 ± 0.5 cm olan 400-500 ml hacimli) konur ve erlenler ağızları streç filmle kapatılarak iklim dolabına yerleştirilir (Şekil 3). Tohumlar karanlık koşullarda 24 saat süreyle $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta bekledikten sonra bir EC-metre yardımıyla çözeltilerin elektriksel iletkenlik değerleri ölçülür. Ölçümler sonucunda elde edilen değerden testte kullanılan suyun elektriksel iletkenlik değeri çıkarılır. Bulunan değer tohum ağırlığına bölünerek, 1 g tohumdan sızan maddelerin elektriksel iletkenliği $\mu\text{S cm}^{-1}\text{ g}^{-1}$ tohum olarak belirlenir (ISTA, 2022). Turp tohumlarında test prosedürü aynı olmakla birlikte testte bazı değişiklikler vardır. Kullanılan tohum sayısı her bir tekerrürde 100 adet olup, erlen yerine çapı 4 cm yüksekliği 7-8 cm olan tüpler kullanılmaktadır. Testte tohumlar 40 ml olan saf suda, $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 17 saat bekletildikten sonra suyun elektriksel iletkenliği ölçülür (ISTA, 2022).

EC test sonuçları, tohum partilerinin vigor seviyesi bakımından sınıflandırılması amacıyla da kullanılmaktadır. Bu konuda sadece bezelye tohumları için Matthews ve Powell (1981) tarafından oluşturulan aşağıdaki sınıflandırma grupları İngiltere'de halen kullanılmaktadır. Ancak bu sınıflandırma coğrafi ve iklim koşullarına göre değişebileceği için genellendirilemez. Böyle bir sınıflandırma oluşturulması için ülke veya bölgesel bazda EC testi ile tohum partilerinin farklı ekim zamanlarında ve tarla koşullarında çıkış testlerinin sonuçları arasında ilişkinin (korelasyonun) belirlenmesi gerekmektedir.

$< 25\text{ }\mu\text{S cm}^{-1}\text{ g}^{-1}$: Tohum erken ekim ve olumsuz koşullardaki ekimden hiçbir şekilde etkilenmez.

$25\text{-}29\text{ }\mu\text{S cm}^{-1}\text{ g}^{-1}$: Tohum erken ekim için uygun olabilir; ancak olumsuz koşullarda yapılan ekim risklidir.

$30\text{-}43\text{ }\mu\text{S cm}^{-1}\text{ g}^{-1}$: Tohum özellikle olumsuz koşullarda, erken ekim için uygun değildir.

$> 43\text{ }\mu\text{S cm}^{-1}\text{ g}^{-1}$: Tohum hiçbir şekilde ekim için uygun değildir.



Şekil 3: EC testinin bezelye tohumlarında uygulanışı

İlk olarak bezelye tohumları için geliştirilen bu testin diğer türlerde tohum partilerinin vigor seviyelerini tespit etmek amacıyla kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. Örneğin 21 sorgum genotipine ait tohumlarda yapılan EC testi sonrasında elektriksel iletkenlik testi sonuçları ile tohumların tarla çıkış performansları arasında yüksek bir korelasyon ($r: 0.89$) olduğu ve bu testin sorgumda tohum vigor testi olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Fatonah ve ark., 2017). On farklı tere tohum partisinin kullanıldığı bir çalışmada, 16 saat suda ıslatma sonrası elde edilen elektriksel iletkenlik ölçümleri ile fide çıkışı arasında çok kuvvetli bir ilişki olduğu ve iletkenlik testinin tohumların tarla performanslarını belirlemede başarı ile kullanılabileceği belirtilmiştir (Demir ve ark., 2019). Hampton ve ark. (2009), lahana, Çin lahanası ve kolza gibi farklı Brassica türlerinin tohumları üzerinde yürüttükleri bir çalışmada elektriksel iletkenlik test sonuçlarının tarla çıkış performanslarını tahmin etmede oldukça başarılı olduğunu bulmuşlardır. Benzer şekilde EC testi yardımıyla tohumlardan çözünen madde sızıntısının belirlenmesinin dereotu tohumlarındaki tohum canlılığı seviyesini ve tarla çıkış performansını tahmin etme potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir (Özden ve ark., 2021).

Tetrazolium testi (TZ)

Bu yöntem, canlı ve ölü tohumları selenyum tuzlarına maruz bırakarak ayırt etmeye çalışan Alman bilim insanı Prof. Georg Lakon tarafından 1940'lı yılların sonunda geliştirilmiştir. Laboratuvarda tohum canlılığının tespit edilmesinde o zamanlar kullanılan selenyumun insan sağlığı üzerine olumsuz özelliklerini fark ettikten sonra Prof. Lakon, çeşitli TZ tuzlarından bazılarını

test etmiş ve topografik test için en uygun olanın 2,3,5-trifenil tetrazolyum klorür (TTC) olduğu sonucuna varmıştır (França-Neto ve Krzyzanowski, 2019). 1956 yılında ISTA bünyesinde Tetrazolyum Komitesi oluşturulmuş ve 1966 yılında topografik TZ testi ISTA kurallarına dâhil edilmiştir. Kısa bir süre sonra da 1970 yılında TZ testinin kullanımı, AOSA tarafından Tetrazolyum Testi El Kitabı'nın yayınlanmasıyla kabul edilmiştir (Grabe, 1970). TZ testi ISTA tarafından soya fasulyesi tohumları için onaylanmış bir vigor testidir (Powell, 2022).

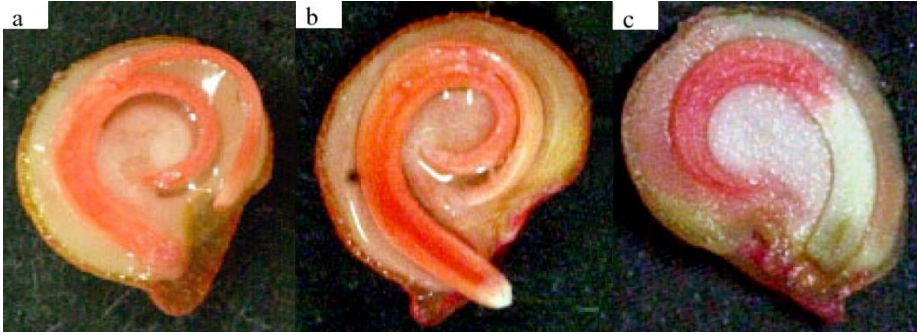
TZ testi, tetrazolyum tuzu çözeltisi ile temas halinde olan tohumların canlı dokularının renk değiştirmesine dayalı olarak tohumun canlılığını ve gücünü belirlemek için kullanılan hızlı bir biyokimyasal testtir. TZ testi tohum solunumuyla ve canlılığıyla yakından ilişkili dehidrogenaz enzim sisteminin aktivite derecesini yansıtır. Tetrazolyum tuzu normalde renksiz iken canlı hücrelerde solunumda aktif rol alan dehidrogenaz enzim aktivitesi ile indirgenerek, kırmızı renkli formazan bileşiğine dönüşür fakat bu renk değişimi ölü hücrelerde görülmez. Tohum canlılığı ve vigor, embriyonun topografik (yersel) boyama düzenine ve renklenmenin yoğunluğuna göre yorumlanır (Sivritepe, 2012).

TZ testinde indirgenme reaksiyonunun en iyi şekilde gerçekleşebilmesi için, kullanılan TZ çözeltisinin konsantrasyonu %1 ve pH'ı 6.5-7.5 arasında olmalıdır. Ancak türlere göre değişmekle beraber daha yüksek ya da daha düşük konsantrasyonlar da kullanılabilir. TZ testi, her biri 100 tohum içeren dört tekerrürde toplam 400 tohum ile yapılır. TZ testi sonunda, her bir tekerrürde kullanılan 100 tohumdan canlı olarak belirlenenlerin sayısı hesaplanarak, test sonucu 4 tekerrürün yüzde olarak ortalaması şeklinde verilir.

Tohumlar test öncesinde ya belli sürelerde su içerisinde bekletilerek ya da nemli kağıt arasında tutularak su almalarına izin verilir ve böylece enzim aktivitesi artar ve embriyo büyümeye başlar. Ayrıca testanın daha kolay uzaklaştırılması sağlanır ve boyanma süreci kolaylaşır. Birçok türün tohumlarında TZ testi sırasında tohumlar bütün olarak yumuşatılır ve boyanır. Ancak bazı türlerde, TZ çözeltisinin nüfuz etmesini kolaylaştırmak için boyama öncesi kesme, çizme ya da delme gibi bazı ön işlemler uygulanır. Hangi ön işlemin uygulanacağı, tohum şekli, büyüklüğü ve tohum kabuğunun yapısı, embriyo büyüklüğü ve pozisyonu ile yakından ilişkilidir ve çeşitli bahçe ve tarla bitkisi türleri için bu yöntemler Sivritepe (2011)'de özetlenmiştir.

Tohumlar %1 konsantrasyonundaki TZ çözeltisi içinde, 30 °C sabit sıcaklıktaki karanlık bir inkübatörde türlere göre değişen sürelerde bekletilirler. Boyamanın süresi; tohumun türüne, örneğin hazırlanış şekline, çözeltinin konsantrasyonuna ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Örneğin; sıcaklıktaki her 5 °C'lik artış, boyanma süresini yarıya indirmektedir. Tohumlar TZ çözeltisi içinde gereğinden uzun süre kalırsa, aşırı boyanma nedeniyle değerlendirme aşaması güçleşebilir. Testin sonunda, tohumlar TZ çözeltisinden çıkarılır, akan su altında iyice yıkanır ve boyanmanın yeri ve şiddeti incelenir. Değerlendirme ölçütleri için TZ el kitabına başvurulur (ISTA, 2007). Boyanmanın şiddeti ve yerine bağlı olarak tohumlar genelde türe göre değişen sayıda gruplara ayrılırlar ve yüksek vigorlu, canlı ama düşük vigorlu ve cansız gibi çeşitli kategorilere ayrılırlar (França-Neto ve Krzyzanowski, 2022).

Gagliardi ve Marcos-Filho (2011) 10 farklı biber tohum partisini kullandıkları bir çalışmada tohumların tarla çıkış performansları ile tetrazolyum boyanması arasındaki ilişkiyi incelemişler ve tarlada %91 oranında çıkış gösteren tohum partisinin TZ testi sonrasında vigor seviyesinin %84 olduğunu; buna karşılık tarlada %56 çıkış gösteren tohum partisinin TZ testi vigor seviyesinin ise %69 olduğunu bulmuşlardır. Araştırmacılar, TZ testi sonrasında tohumların boyanma durumlarına göre tohumları 3 gruba ayırmışlardır (Şekil 4) ve TZ testi sonrasında yüksek vigor seviyesine sahip olan tohum partilerinin özellikle düşük sıcaklıklarda laboratuvar çimlenme yüzdelerinin de daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Santos ve ark. (2007), domates tohumlarını TZ testi sonrası boyanma seviyelerine göre 4 farklı gruba ayırmışlar ve canlı ve yüksek vigorlu tohum partisinin hem fide çıkış oranının hem de kontrollü bozulma ve hızlandırılmış yaşlandırma sonrası vigor seviyesinin yüksek olduğunu bulmuşlardır. DeVries ve Goggi (2006), 6 ay süreyle depolanmış mısır tohumlarında yapılan TZ testinde elde edilen canlı ve yüksek vigorlu tohum oranı ile soğuk testi sonrası elde edilen normal fide oranı arasında yüksek pozitif ($r: 0.86$) bir ilişki olduğunu rapor etmişlerdir.



Şekil 4: Biber tohumlarının TZ testi sonrasında vigor seviyeleri. a: Canlı ve yüksek vigorlu, b: Canlı fakat düşük vigorlu, c: Cansız tohum (Gagliardi ve Marcos-Filho, 2011)

Diğer testlerde olduğu gibi tohum canlılığı ve vigorunu etkileyecek çevresel faktörlerin bu test için konu olmaması ve hızlı ve ucuz olması bu testin en büyük avantajlarından bazılarıdır. Ayrıca, dormansi gösteren tohumlarda da kullanılabilmesi bir diğer avantajıdır. Bunun yanında en büyük dezavantaj ise yapıma zorluğu ve sonuçların doğru yorumlanması için gerekli deneyim gerektirmesidir. Ayrıca, sonuçların değerlendirmeyi yapacak olan kişiye göre değişme ihtimalinin olması yani subjektif olması da bir diğer dezavantajdır (França-Neto ve Krzyzanowski, 2019).

Glutamik asit dekarboksilaz aktivitesi (GADA) testi

Tohumlar yaşlandıkça ölmeden önce bir takım yıkıcı değişiklikler meydana gelir ve bu değişikliklerin çoğu laboratuvarında ölçülebilir. Tespit edilebilecek ilk değişikliklerden biri, glutamik asit dekarboksilaz da dahil olmak üzere enzimlerin aktivitelerinin belirlenmesidir. Glutamik asit dekarboksilaz aktivitesi (GADA) testi, tetrazolyum gibi bir enzim sistemi yerine spesifik bir enzimin aktivitesini ölçen bir testtir. Enzim aktivitesinin seviyesi, açığa çıkan karbondioksit (CO_2) miktarıyla belirlenir ve bazı araştırmalar çıkan CO_2 miktarı ile tohum kalitesi arasında pozitif korelasyon olduğunu göstermiştir (Baskin, 1969; Grabe, 2021).

Test, ağzı kapalı bir kavanozda bulunan ince bir şekilde öğütülmüş tohuma glutamik asit eklenerek gerçekleştirilir. Glutamik asit, tohumda bulunan dekarboksilaz enzimi tarafından parçalanır ve aminobutirik aside çevrimi esnasında parçalanma ürünlerinden biri olarak CO_2 açığa çıkar. Açığa çıkan CO_2 'in ölçümü, tohumdaki dekarboksilaz enzim aktivitesinin miktarının

bir göstergesidir. Diğer faktörler eşit olduğunda, GADA ne kadar düşük olursa tohumdaki bozulma miktarı yüksek ve dolayısıyla tohum vigoru da o kadar düşük olduğu anlamına gelmektedir (Grabe, 2021).

Bu test, mısır ve buğday tohumlarında depolama potansiyeli açısından iyi sonuçlar verse de GADA ve tarla çıkışı arasındaki korelasyonlar her zaman arzu edilen düzeyde olmamıştır. Örneğin buğday ve arpada tarlada fide çıkışı yüzdesi ve GADA arasında pozitif bir ilişkinin olduğu bildirilmiştir (Grabe, 1964; Steiner ve ark., 1989). Parera ve ark. (1995), tatlı mısır tohumlarında GADA ile fide tarla çıkışı arasında çok kuvvetli bir ilişkinin varlığını bildirmişlerdir. Buna karşılık Kamffer ve van de Venter (1990) suni olarak yaşlandırılmış mısır tohumlarında GADA ile fidelerin tarla çıkışı arasında önemli bir ilişkinin olmadığını ve bu testin mısır tohumlarının tarla performanslarının belirlenmesinde güvenilir bir şekilde kullanılamayacağını belirtmiştir. Yine van de Venter ve Barla-Szabo (1994), sorgum tohumlarının çimlenmesi ve GADA arasında önemli bir ilişkinin olmadığını dolayısıyla GADA testinin tohumların tarla performanslarını tahmin etmede kullanılamayacağını bildirmişlerdir. Bu nedenlerden dolayı, GADA'nın uluslararası rutin bir test olarak kullanılması yerine, araştırma programları içerisinde bir tohum vigor parametresi olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Powell, 2006).

2.2. Yaşlandırma Uygulamalarına Dayalı Testler

Hızlandırılmış yaşlandırma testi

Hızlandırılmış yaşlandırma testinin geliştirilmesi, Crocker ve Groves'un (1915) depolama sırasında tohum bozulmasının protein yapısının bozulmasından kaynaklandığını ve bu sürecin tohumun sıcaklığının artmasıyla hızlandığını öne süren gözlemleriyle başlamıştır. Araştırmacılar, tohum partilerinin depolanabilirliğini tahmin etmek için tohumları nispeten kısa süreler boyunca 50 °C ila 100 °C arasındaki sıcaklıklara maruz bıraktıktan sonra çimlenme testi yapılmasını önermişlerdir. Daha sonra Helmer ve ark. (1962), tohumun 35 °C ila 40 °C arasındaki sıcaklıklara ve %100 bağıl neme verdiği tepkilerin yonca tohumunun vigoru ile yakından ilişkili olduğunu bildirmiş ve bu hızlandırılmış veya hızlı yaşlanmanın, tohum vigoru ve depolama potansiyelinin değerlendirilmesinde yararlı olabileceğini öne sürmüştür. Bu çalışmaların ilerlemesi, Helmer ve ark. (1962) tarafından

vurgulanan hedeflere ulaşmak amacıyla farklı türlerdeki tohumlar için hızlandırılmış yaşlandırma testinin gerçekleştirilmesine yönelik bir protokol önerisine yol açmıştır. Daha sonra Delouche ve Baskin (1973) bu testin yöntemini geliştirmişlerdir ancak geleneksel hızlandırılmış yaşlandırma testini uygulamak için şu anda önerilen protokol, McDonald ve Phannendranath (1978) tarafından revize edilmiş yöntemidir.

Hızlandırılmış yaşlandırma testi, tohumların depolama sonrası canlılığı ve tarla koşullarında fide çıkış potansiyelleri hakkında değerli bilgiler sağlayan bir vigor testidir. Bu test sırasında tohumlar nispeten yüksek sıcaklığa (40- 45 °C, genellikle 41 °C) ve neme (%100 civarında bağıl nem) maruz bırakılarak nem seviyeleri belli bir düzeye kadar yükselir. Bu yaşlandırma işleminin ardından tohumlar standart çimlenme testine tabi tutulur ve daha yüksek vigorlu tohum partileri, bu yaşlanma koşullarını düşük vigorlu tohum partilerine göre daha iyi tolere eder ve daha yüksek oranda normal fideler üretir (Baalbaki ve ark., 2009). Hızlandırılmış yaşlandırma testi AOSA ve ISTA tarafından sadece soya fasulyesi tohumları için onaylanmış bir vigor testi (AOSA, 2009; ISTA, 2015) olsa da diğer birçok tür (marul, domates, biber, soğan, fasulye, mısır, buğday, kolza, tütün, sorgum, yonca vb.) için de uzun zamandır tavsiye niteliğindedir (ISTA, 1995; Powell, 2022).

Hızlandırılmış yaşlandırma testinde belli ağırlıktaki tohum tek sıra halinde bir eleğin üzerine konur ve elek de içinde az miktarda (40 ml) su bulunan bir iç bölmeye (plastik kutu) yerleştirilir. Plastik kutunun kapağı sıkıca kapatılarak içeride %100'e yakın bir bağıl nemin oluşması sağlanır ve kutu da sıcaklığı hassas bir şekilde 41-45 °C'ye ayarlanan bir inkübatöre yerleştirilir. İnkübatörün tepsilerine yerleştirilirken sıcaklığın eşit dağılımı için tohumun içinde bulunduğu kutular arasında boşluk bırakılır (Şekil 5). Tohumların bu şekilde yüksek nem ve sıcaklıkta kalma süreleri türlere göre 48 ile 96 saat arasında değişir. Ayrıca, tohumların hassas bir şekilde istenilen sıcaklığa maruz kalmaları için su ceketli (water jacketed) yöntemiyle ısıtılan inkubatörlerin kullanılması önem arz etmektedir (Şekil 5). Test sırasında tohumlar, iç haznedeki nemli ortamdan nem alır ve yüksek sıcaklık ve nem nedeniyle strese girerler. Dolayısıyla, yüksek vigora sahip tohumlar düşük vigorlu tohumlara göre daha yavaş bozulur ve tohum partileri arasındaki vigor farklılıkları belirlenebilir. Değişik türlerin tohumları için önerilen hızlandırılmış yaşlandırma testi koşulları Tablo 6'da sunulmuştur (TeKrony, 2005).



Şekil 5: Hızlandırılmış yaşlanma testinde kullanılan ekipmanlar ve testin uygulanışı

Hızlandırılmış yaşlandırma testi hızlı, ucuz, basit ve tüm türler için kullanışlıdır. Bireysel tohum partilerinin değerlendirilmesi için kullanılabilir ve doğru değerlendirme için ek bir eğitim gerektirmez. Fakat çeşitli türlerin tohumlarının canlılığı ve vigor durumları hakkında bilgi vermesine rağmen sebze tohumları ve diğer küçük tohumlu türler için sonuçlar bazen başarılı sonuçlar üretmeyebilir. Bunun nedeni küçük tohumların suyu daha hızlı absorbe etmesi nedeniyle tohum nem içeriğinde büyük farklılıkların oluşması ve tohum numuneleri arasında homojenliğin kaybedilmesidir (Powell, 1995). Bu problemler, yaşlanma oranında büyük farklılıklara ve dolayısıyla da hızlandırılmış yaşlandırma sonrasında çimlenmenin düşmesine neden olur. Bu nedenlerden dolayı, Jianhua ve McDonald (1996), standart hızlandırılmış yaşlandırma testiyle aynı ekipmanı ve prosedürü izleyen fakat suyun yerine doymuş tuz çözeltisi (genelde NaCl) kullanılan doymuş tuzla hızlandırılmış yaşlandırma testini önermiştir. Bu test sırasında yüksek sıcaklıklarda tohum nem içeriğinde daha düşük bir artış olması nedeniyle bu yöntemin, geleneksel hızlandırılmış yaşlandırma testinin aksine, tohumların "doğal yaşlanmasına" daha çok benzediği ileri sürülmüştür.

Öztürk (2011) lahanası (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) tohum partilerinde tohum gücü performanslarının belirlenmesi amacıyla hızlandırılmış yaşlandırma testinin kullanımında farklı sıcaklık, tohum nemi ve yaşlandırma süresinin etkilerini incelemiştir. Araştırmacılar, test koşulları

olarak 40 °C sıcaklık, %12 ve %14 tohum nemi ve 72 ve 96 saat test sürelerinin tarla performansını belirlemede en iyi sonucu verdiğini belirtmişlerdir.

Matera ve ark. (2019), 15 farklı soya fasulyesi çeşitinin tohumlarını hızlandırılmış yaşlandırma testi ile suni olarak yaşlandırmışlar ve sonrasında tohumların tarla çıkış performanslarını belirlemişlerdir. Araştırmacılar hızlandırılmış yaşlandırma sonrası tohumların çimlenme yüzdesinin %21-98 arasında değiştiğini ve bu sonuçların tarla koşullarında fide çıkış yüzdesi ile çok yüksek oranda ($r: 0.92$) ilişki içerisinde olduğunu bildirmişlerdir. Schuab ve ark. (2006), 10 soya fasulyesi genotipinin tohumlarının fizyolojik kalitesini değerlendirmiş ve hızlandırılmış yaşlandırma testi ile tarla çıkış yüzdesi arasında oldukça yüksek korelasyon değerlerine işaret etmiştir. Mali ve ark. (2014) soya fasulyesi tohumlarının depolanabilirliği üzerine yaptıkları bir araştırmada ise hızlandırılmış yaşlandırma testi sonuçlarının tohumların 12 ay süren depolama sonrası performanslarını başarı ile tahmin edebileceğini belirlemişlerdir.

Tarımsal öneme sahip diğer türlerde hızlandırılmış yaşlandırma testi ile tarla fide çıkış değerleri ve vigor farklılıkları arasında yüksek korelasyon rapor edilmiştir. Örneğin, Demir ve ark. (2019) 10 tere tohum partisi arasındaki vigor farklılıklarını çeşitli vigor testleri yardımıyla belirledikleri çalışmalarında hızlandırılmış yaşlandırma testi sonuçları ile tarlada fide çıkış oranları arasında oldukça kuvvetli bir ilişki ($r: 0.81 - 0.94$) olduğunu tespit etmişlerdir. Mavi ve Demir (2007), kavun tohumu partilerinin fizyolojik kalite farklılıklarının başarılı bir şekilde ayırt edilmesi için 45 ila 47 °C'de 120 saat süren hızlandırılmış yaşlandırmanın gerekli olduğunu bulmuşlardır. Dereotu tohumları için optimum hızlandırılmış yaşlandırma testi süresinin ortaya konduğu bir araştırmada 45 °C ve değişen sürelerde (24, 48 ve 72 saat) gerçekleştirilen hızlandırılmış yaşlandırma testi sonuçları ile fide tarla çıkış oranları arasında $r: 0.89$ 'a varan oranlarda oldukça kuvvetli bir ilişkinin olduğu bildirilmiştir (Özden ve ark., 2021). Yine Türkiye'de yaygın olarak kullanılan 38 çeltik genotipine ait tohumlarda depolama ve tarla çıkış potansiyelinin belirlenmesinde hızlandırılmış yaşlanma testinin vigor testi olarak kullanılabilirliğinin belirlendiği bir araştırmada tohumların 44 °C'de 72 saat süreyle hızlandırılmış yaşlandırma testine tabi tutma sonrası elde edilen sonuçların tarla çıkış testi ile yüksek korelasyon ($r: 0.98$) gösterdiği bulunmuştur (Yiğit ve Gökçöl, 2021).

Tablo 6: Bazı türlerin tohumları için hızlandırılmış yaşlandırma testi koşulları.

Tür	Tohum ağırlığı (g ± 1%)	Yaşlanma sıcaklığı (°C±0.3°C)	Yaşlanma süresi (±15 dk)	Yaşlanma dan sonra tohum nemi (%)
Soya fasulyesi	42	41	72	27-30
Soğan	1	41	72	40-45
Kanola	1	41	72	39-44
Biber	2	41	72	40-45
Kamışsı yumak	1	41	82	47-53
İngiliz çimi	1	41	48	36-38
Domates	1	41	72	44-46
Yonca	3.5	41	72	40-44
Tütün	0.2	43	72	40-50
Maş fasulyesi	40	45	96	27-32
Kuru fasulye	42	41	72	28-30
Yer fasulyesi	50	45	48	26-30
Sırk fasulyesi	30	41	72	31-32
Sorgum	15	43	72	28-30
Buğday	20	41	72	28-30
Kırmızı yonca	1	41	72	39-44
Mısır	40	43	72	26-69
Tatlı mısır	24	41	72	31-35
Marul	0.5	41	72	38-41

Kontrollü bozulma testi

Bir diğer vigor testi olan kontrollü bozulma testinin geçmişi 45 yıldan daha eskiye dayanmaktadır (Matthews, 1980). Kontrollü bozulma, ilk olarak küçük tohumlu sebze türlerine (başta lahanagiller olmak üzere soğan, havuç, marul vb.) ait tohum partilerinde vigor düzeylerini ve depolama potansiyellerini belirlemek amacıyla geliştirilmiş bir testtir (Powell ve Matthews, 1984a,b). Daha sonra yapılan çalışmalar sayesinde bu testin çok sayıda türün potansiyel performanslarına bağlı olarak tohum partilerinin sınıflandırılmasında da kullanılabileceği belirlenmiştir. Kontrollü bozulma testi, yüksek ve düşük vigor seviyelerine sahip olan tohum partilerini oldukça tutarlı bir şekilde ayırt etmektedir. Bu nedenle, ISTA tarafından lahanagil türlerinde (lahana, karnabakar, şalgam vd.) onaylanmış, diğer türler (soğan, marul, havuç, bezelye, pancar, yonca vd.) için de henüz tavsiye edilen bir vigor testidir (ISTA, 1995, 2022).

Hızlandırılmış yaşlandırma testi gibi kontrollü bozulma da tohum yaşlanmasının ana aktörleri olan yüksek nem ve sıcaklık koşullarına tabi tutar. Fakat hızlandırılmış yaşlandırma testinin aksine, kontrollü bozulma testinde tohum nemi sabit tutulur. Adından da anlaşılacağı gibi test, yüksek nem içeriğine sahip tohum örneklerinin (türe bağlı olarak genellikle %20-24) yüksek sıcaklıkta (45 °C) belirli bir süre boyunca (24-96 saat) hassas ve kontrollü bir şekilde bozulmasını içerir. Kontrollü bozulmayı takiben tohumlar ISTA kurallarına göre standart çimlenme testlerine alınırlar ve sonuçlar yorumlanır. Böylece fizyolojik olarak genç olan (yüksek vigora sahip) tohumlar kontrollü bozulma uygulamasından sonra yüksek çimlenme yeteneklerini korurlar, fakat fizyolojik olarak yaşlı (düşük vigorlu) olanların çimlenme yeteneklerinde düşüş görülür (Sivritepe, 2012). Matthews (1993), küçük tohumlu sebzelerin kontrollü bozulması için 45 °C'de %20 nem içeriğiyle 24 saat yaşlandırmanın uygun olduğunu belirtmiş olsa da optimum yaşlandırma koşullarının her türde yapılacak deneylerle belirlenmesi gerektiğini de eklemiştir. Çok sayıda araştırma sonuçlarına dayanarak çeşitli türlerin tohumları üzerinde gerçekleştirilen kontrollü bozulma testi koşulları Tablo 7'de özetlenmiştir (Powell, 2022).

Test edilecek tohum partilerine ait tohumların başlangıç nem içerikleri belirlenir ve sonrasında nemli kâğıt havluların üzerine konarak nem almalarına izin verilir. Tohumlar sık aralıklarla tartılır ve istenilen nem seviyelerine ulaşmış olmadıkları kontrol edilir. Arzu edilen ağırlığa (nem seviyesine) ulaşan tohumlar alüminyum folyolara sarılarak tüm tohumların istenilen nem içeriğine sahip olmalarına izin vermek için buzdolabı koşullarında bir gün bekletilirler. Daha sonra da tohumlar alüminyum folyolara sarılı bir şekilde sıcaklığı ayarlanmış su banyosu içerisinde istenilen sürelerde bekletilir ve test tamamlanır. Testin bitişini takiben tohumlar soğuk su altında yıkanır ve ISTA koşullarına göre o test için belirlenen koşullarda çimlenme testine alınır ve sürenin sonunda normal çimlenen fidelerin oranı belirlenir (Powell ve Matthews, 2005).

Kontrollü bozulma testi tohum partilerinin vigor farklılıklarının ortaya konmasında ve tarla performanslarının tahmin edilmesinde başarı ile kullanılmaktadır. Örneğin Demir ve ark. (2005), 24 saat süreyle patlıcan tohum partilerini kontrollü bozulma testine tabi tutmuşlar ve kontrollü bozulma sonrası tohumların çimlenmesi ve fide çıkış oranları arasında oldukça kuvvetli

bir ilişkinin (r : 0.92) olduğunu bildirmişlerdir. On üç biber partisi tohumlarının farklı sıcaklık (41, 43 ve 45 °C) ve sürelerde (24, 48 ve 72 saat) kontrollü bozulma testine tabi tutulduğu bir araştırmada kontrollü bozulma sonrası çimlenme ve tarla çıkışı arasındaki en kuvvetli ilişkinin (r : 0.91) 24 saat süreyle 45 °C’de gerçekleştirilen yaşlandırma sonrası elde edildiği bildirilmiştir (Kavak ve ark., 2008b). Yine kontrollü bozulma testinin soğan partilerinin vigor seviyelerini belirlemede ve tarla performanslarını tahmin etmede başarı ile kullanılabileceği çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Rodo ve Filho, 2003; Ekşi ve Demir; 2011). Ayrıca benzer sonuçlar domates (Korkmaz ve ark., 2004), arpa (Mishra ve ark., 2017), bezelye (Powell ve ark., 1997), yaprak lahanası ve beyaz baş lahanası (Öztürk, 2011), bamya (Torres ve ark., 2013) gibi çok çeşitli türün tohumları için de rapor edilmiştir.

Tablo 7: Çeşitli türlerin tohumları için kontrollü bozulma testi koşulları (Powell, 2022).

Tür	Tohum nemi (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (saat)
<i>Capsicum annuum</i>	22-24	45	24
<i>Solanum melongena</i>	20	45	24
<i>Cucumis melo</i>	20	45	24, 48 ve 72
<i>Citrullus lanatus</i>	20-24	45	48-72
<i>Cucumis sativus</i>	20	45	72
<i>Cucumis sativus</i>	20	45	48
<i>Cucurbita maxima</i>	24	45	96
Cucurbit anaç türleri	24	45	24, 48 ve 72
<i>Allium cepa</i>	20	45	24
<i>Allium cepa</i>	19-24	45	18-24
<i>Solanum lycopersicon</i>	24	47-49	72
<i>Nicotiana tabacum</i>	20	45	24
<i>Glycine max</i>	28	40	24
<i>Lens culinaris</i>	24	45	48
<i>Beta vulgaris subsp.</i>	24	45	24
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	20	45	24
<i>Daucus carota</i>	24	45	24
<i>Lactuca sativa</i>	20	45	24
<i>Beta vulgaris</i>	24	45	24
<i>Triticum aestivum subsp. aestivum</i>	18	45	72
<i>Solanum aethiopicum</i>	24	45	24

3. VİGOR TESTLERİNDE İLERİ TEKNOLOJİLERİN KULLANIMI

Son yıllarda tohumlarda vigor testi uygulamalarında farklı dalga boylarına dayalı görüntü analizi gibi ileri teknolojilerin kullanımı da söz konusudur. Görüntü analizinde kullanılan dalga boylarına göre 3 farklı analiz yapılmaktadır. Kırmızı-yeşil-mavi (RGB) görüntülemeye 435-545-650 nm dalga boylarında, multispektral görüntülemeye 375 ile 970 nm arası dalga boylarında, yakın-kızılötesi (NIR) görüntülemeye 750 ile 900 nm arasındaki dalga boylarında görüntü analizi yapılmaktadır. RGB analizi yeni bir yaklaşım olarak çimlenme testinde kullanılmıştır (van der Heijden ve ark., 2000). Sonrasında yaşlanmış lahana tohumlarında tuz stresinde su alımının 24. ve 25. saatleri arasındaki RGB'ye dayalı tohum yüzey alanındaki farklılıklar ile tohumun elektriksel iletkenlik testi ve çimlenme testi arasında ilişki olduğu belirlenmiştir (Dell'Aquila., 2003). Cam güzeli tohumlarında RGB görüntülemeye dayalı fide gelişim takibinin tohumun vigoru ile ilişkili olduğu da ortaya konmuştur (Oakley ve ark., 2004).

Soya fasulyesi tohumlarında vigor belirlemek için Tohum Vigor Görüntüleme Sistemi (SVIS) olarak tanımlanan bir otomatize görüntüleme analizi sisteminde, 3 günlük kotiledonlu fidelerin uzunluk, büyüme hızı ve uniforme hesaplamasına dayalı gruplandırma yapılarak, tohum partisinin vigor indeksi oluşturulmuştur (Hoffmaster ve ark., 2005). Vigor indeksi daha sonra soya fasulyesi ve mısır tohumlarında (Hoffmaster ve ark., 2005), marul, soya fasulyesi ve mısır tohumlarında (McDonald, 2007) ve kavun tohumlarında (Marcos-Filho ve ark., 2006), farklı tohum partileri kullanarak 4 günlük fide gelişimine dayalı SVIS analizi sonuçları ile hızlandırılmış yaşlanma ve fide çıkış testinin ilişkili olduğunu belirlemiştir. Marul tohum partilerinde SVIS analizi ile fide çıkışı ile tohum büyüklüğü arasındaki yüksek korelasyon nedeni ile, bu analizin vigor testi olarak kullanılabileceği önerilmiştir (Penaloza ve ark., 2005). Fasulye (Gomes Junior ve ark., 2014) ve hıyar tohumlarında (Chiquito ve ark., 2012) da SVIS indeksinin vigor belirlemede kullanılabildiği gösterilmiştir.

Multispektral görüntüleme analizi de tohumda fiziksel saflık, patojen ve canlılık testi yanı sıra radisil çıkış testi olarak önerilmiştir (Boelt ve ark., 2018). NIR görüntü analizinin de vigor testi olarak kullanılabileceği *Pinus patula*'nın yaşlanmış tohumlarında gösterilmiştir (Tigabu ve Oden, 2004). Farklı soya

tohumlarında NIR analizine göre düşük, orta ve yüksek vigorlu olarak gruplandırılmıştır (Al-Amery ve ark., 2018).

Vigor testi olarak kullanılabilecek diğer ileri teknolojiler, nükleer manyetik spektroskopi (NMR) ve klorofil floresans değerlendirilmesidir. Ancak, bu teknolojilerin ticari tohum partilerinin vigor farkını belirleyen araştırmalar henüz yapılmamıştır ve ileride bunların vigor testi olarak farklı türlerin tohumlarında kullanımına yönelik araştırma yapılmasına gereksinim bulunmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Vigor testleri, tohumların tarla/fidelik çıkışı ve depolama performanslarının göstergesi olup, sertifikasyonda zorunlu olan çimlenme testlerini destekleyen testlerdir. Farklı türlerin tohum partilerinde farklı vigor testleri kullanılarak, tohumların depolanma veya tarla çıkış performanslarının vigor testleri ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Ancak, sertifikasyonda vigor testlerinin kullanımı için her bir türde önerilen vigor testlerinin ISTA tarafından organize edilen ve farklı laboratuvarlarda gerçekleştirilen çapraz testleri geçerek, onaylanması gerekmektedir. Tür bazında onaylanan vigor testleri rutin olarak kullanılabilmektedir. Vigor testleri çimlenme testlerinin yanı sıra tohum partilerinin gerçek performansını yansıttığı için özellikle tohum firmaları ve fidelikler için büyük önem taşımaktadır.

Yeni teknik ve teknolojiler geliştikçe görüntüleme sistemleri gibi ileri teknolojilerin tohum partilerinin vigorlarını belirlemede kullanımı da yaygınlaşacaktır. Ancak tohum partilerinin fizyolojik performansını belirleyecek vigor testleri; güvenilir ve kısa sürede sonuç veren, tüm laboratuvarlarda rutin kullanılabilecek özellikte olmalıdır.

Vigor testlerinin geliştirildiği türlerin ağırlıklı direkt tarlaya ekim yapılan ve büyük alanlarda üretilen tarla bitkileri tohumlarında olduğu görülmektedir. Bu nedenle sebze türlerinde de vigor testlerinin geliştirilmesine ihtiyaç bulunmakta olup, bu türlerde farklı vigor testlerinin fidelik veya tarla çıkışı performansları yanı sıra depolanma performansları ile ilişkileri kurulmalıdır.

KAYNAKÇA

- Al-Amery, M., Geneve, R.L., Sanches, M.F., Armstrong, P.R., Maghirang, E.B., Lee, C., Vieira, R.D., & Hildebrand, D.F. (2018). Near-infrared spectroscopy used to predict soybean seed germination and vigour. *Seed Science Research*, 28: 245-252.
- Alberts, H.W. (1927). Effects of pericarp injury on moisture absorption, fungus attack, and viability of corn. *Journal of the American Society of Agronomy*, 19: 1021-1030.
- AOSA (2009). *Seed Vigour Testing Handbook*. Association of Official Seed Analysts, Ithaca, New York.
- Baalbaki, R., Elias, S., Marcos-Filho, J., & McDonald, M.B. (2009). *Seed vigor testing handbook*, AOSA, Ithaca, NY, USA. (Contribution to the Handbook on Seed Testing, 32).
- Basak, Ö., Demir, F., Mavi, K. and Matthews, S. (2006). Controlled deterioration test for predicting seedling emergence ve longevity of pepper (*Capsicum annuum* L.) seed lots. *Seed Science ve Technology*, 34, 701-712.
- Basavarajappa, B., Shetty, H.S., & Prakash, H.S. (1991). Membrane deterioration and other biochemical changes associated with accelerated ageing of maize seeds. *Seed Science and Technology*, 19: 279-286.
- Baskin, C.C. (1969). Glutamic acid decarboxylase activity (GADA) and seedling growth measurements as tests for seed quality. *Proceedings of the Short Course for Seedsmen*, 213.
- Baytar, A.A., Peynircioğlu, C., Sezener, V., Frary, A., Doğanlar, S. (2022). Association analysis of germination level cold stress tolerance and candidate gene identification in Upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 28: 1049–1060.
- Boelt, B., Shrestha, S., Salimi, Z., Jorgensen, J.R., Nicolaisen, M., & Carstensen, J.M. (2018). Multispectral imaging – a new tool in seed quality assessment. *Seed Science Research*, 28: 1-7.
- Bölek, Y. (2010) Genetic variability among cotton genotypes for cold tolerance. *Field Crops Research*, 119: 59–67.
- Chiquito, A.A., Gomes Junior, F.G., & Marcos-Filho, J. (2012). Assessment of physiological potential of cucumber seeds using the software Seedling Vigor Imaging System. *Revista Brasileira de Sementes*, 34: 255-263.
- Copeland, L.O., & McDonald, M.B. 2001. *Principles of Seed Science and Technology*. 4th edn. Norwell, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers. 488 pp.
- Crocker, W., & Groves, J.F. (1915). A method for prophesying the life duration of seeds. *Proceedings of the National Academic Sciences*, 1 (3): 152-155.

- Dell'Aquila, A. (2003). Image analysis as a tool to study deteriorated cabbage (*Brassica oleracea* L.) seed imbibition under salt stress conditions. *Seed Science and Technology*, 31, 619-628.
- Delouche, J.C., & Baskin, C.C. (1973). Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology*, 1: 427-452.
- Delouche, J.C., & Caldwell, W.P. (1960). Seed vigor and vigor tests. *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts*, 50: 124-129.
- Demir, I., Ermis, S., Okçu, G., & Matthews, S. (2005). Vigour tests for predicting seedling emergence of aubergine (*Solanum melongena* L.) seed lots. *Seed Science and Technology*, 33: 481-484.
- Demir, I., Kenanoglu, B.B., & Özden, E. (2019). Seed vigour tests to estimate seedling emergence in cress (*Lepidium sativum* L.) seed lots. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(3): 881-886.
- DeVries, M., & Goggi, A. S. (2006). Determining the extent of frost damage in maize seed using the tetrazolium test. *Crop Management*, % (1): 1-9.
- Dornbos, D.L. (1995). Seed vigor. In *Seed Quality, Basic Mechanisms and Agricultural Implications*, Ed. A.S. Basra, pp. 45-80, Food Products Press, New York.
- Durrant, M. J., & Gummerson, R.J. (1990). Factors associated with germination of sugarbeet seed in the standard test and establishment in the field. *Seed Science and Technology*, 18(1): 1-10.
- Eksi, C., & Demir, İ. (2011). The use of a shortened controlled deterioration vigour test in predicting field emergence and longevity of onion seed lots. *Seed Science and Technology*, 39 (1): 190-198.
- El-Hawary, M., & Galfy, A. (2010). Identification of low temperature requirements for cool germination testing for different Egyptian cotton *Gossypium barbadense* L. varieties. *Journal of Plant Production*, 1 (4): 511-517.
- Ellis, R.H., & Roberts, E.H. (1980) Improved equations for the prediction of seed longevity. *Annals of Botany*, 45: 13-30.
- Ermis, S., Oktem, G., Mavi, K., Hay, F.R., & Demir, I. (2022). The radicle emergence test and storage longevity of cucurbit rootstock seed lots. *Seed Science and Technology*, 50: 1-10.
- Ermis, S., Ozden, E., & Demir, I. (2015a). Early radicle emergence count after controlled deterioration (CD) predicts emergence potential better than final standard germination after CD in tomato varieties. *Seed Science and Technology*, 43: 278-283.
- Ermis, S.; Karslioglu, M.; Ozden, E., & Demir, I. (2015b). Use of a single radicle emergence count as a vigour test in prediction of seedling emergence potential of leek seed lots. *Seed Science and Technology*, 43: 308-312.

- Fatonah, K., Suliansyah, I., & Rozen, N. (2017). Electrical conductivity for seed vigor test in sorghum (*Sorghum bicolor*). Cell Biology and Development, 1: 6-12.
- Fick, G.L., & Hibbard, R.P. (1925). A method for determining seed viability by electrical conductivity measurements. Michigan Academy of Sciences, Arts and Letters, 5: 95-103.
- França-Neto, J.B., & Krzyzanowski, F.C. (2019). Tetrazolium: an important test for physiological seed quality evaluation. Journal of Seed Science, 41 (3): 359-366.
- França-Neto, J.B., & Krzyzanowski, F.C. (2022). Use of the tetrazolium test for estimating the physiological quality of seeds. Seed Science and Technology, 50 (1): 31-44.
- Gagliardi, Bruna., & Marcos-Filho, Julio. (2011). Assessment of the physiological potential of bell pepper seeds and relationship with seedling emergence. Revista Brasileira de Sementes, 33: 162-170.
- Gomes Junior, G.G., Carmignani Pescarin Chamma, H.M., & Cicero, S.M (2014). Automated image analysis of seedlings for vigor evaluation of common bean seeds. Acta Scientiarum Agronomy, 36: 195-200.
- Grabe, D.F. (1970). Tetrazolium testing handbook for agricultural seed. Association of Official Seed Analysts, 1970. 62p.
- Grabe, D.F. (2021). The GADA test for seed storability. Seed Technology Papers. 217.
- Grabe, D.F. (1964). Glutamic acid decarboxylase activity as a measure of seedling vigor. Proceedings of the Association of Official Seed Analysts. 54: 100-109.
- Hampton, J.G., Leeks, C.R.F., & McKenzie, B.A. (2009). Conductivity as a vigour test for Brassica species. Seed Science and Technology, 37: 214-221.
- Helmer, J.D., Delouche, J.C., & Lienhard, M. (1962). Some indices of vigor and deterioration in seed of crimson clover. Proceedings of the Association of Official Seed Analysts, 52: 154-161.
- Hoffmaster, A.L., Xu, L., Fujimura, McDonald, M.B., Bennett, M.A. and Evans, A.F. (2005). The Ohio State University seed vigor imaging system (SVIS) for soybean and corn seedlings. Seed Technology, 27: 7-24.
- Hoppe, P.E. (1951). A new technique for incubation seed corn in cold soil for disease tests. Phytopathology, 41: 18.
- Hyatt, J. E., & Tekrony, D.M. (2008). Factors influencing the saturated salt accelerated aging test in tomato and onion. Seed Science and Technology, 36(3), 534-545.
- ISTA, (1987). Seed Vigour Testing Handbook. Zurich, Switzerland.

- ISTA, (1995). Handbook of Vigour Test Methods. Third Edition. (J.G. Hampton, D.M. TeKrony, editorler) International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland.
- ISTA, (2007). International Rules for Seed Testing. Edition 2007. International Seed Testing Association. Bassersdorf, Switzerland.
- ISTA, (2015). International Rules for Seed Testing. Edition 2012. International Seed Testing Association. Bassersdorf, Switzerland.
- ISTA, (2022). *International Rules for Seed Testing*. International Seed Testing Association, Wallisellen, Switzerland.
- İlbi, H., Kavak, S., & Eser, B. (2009). Cool germination test can be an alternative vigour test for maize. *Seed Science and Technology*, 37: 516-519.
- İlbi, H., Powell, A. A., & Alan, O. (2020). Single radicle emergence count for predicting vigour of marigold (*Tagetes* spp.) seed lots. *Seed Science and Technology*, 48(3), 381-389.
- İlbi, H., Kavak, S., Pullu, H., & Kahraman, A. (2008). Kavun tohumlarının performansını belirlemede hızlandırılmış yaşlanma testinin kullanımı. Türkiye III. Tohumculuk Kongresi Bildiri Kitabı, 25-28, Haziran, Kapadokya, Bildiri Kitabı, 2008, s.36 (Özet).
- Jianhua, Z., & McDonald, M.B. (1996). The saturated salt accelerated aging test for small seeded crops. *Seed Science and Technology*, 25: 123-131.
- Justice, O. L., & Bass, L.N. (1978). Principles and practices of seed storage (No. 506). US Department of Agriculture Beltsville, MD
- Kamffer, F. H., van de Venter, H. A. (1990). The GADA seed vigour test for maize (*Zea mays* L.) II. Relationships with field emergence. *South African Journal of Plant and Soil*, 7 (4): 222-225.
- Kavak, S. İlbi, H., Eser, B., Powell, A.A., Matthews, S., Pullu, H., Sarı, H., & Usta, N. (2008a). Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) tohumluklarında tarla çıkışının tahmini ve güç testleri. Türkiye III. Tohumculuk Kongresi Bildiri Kitabı, 25-28, Haziran, Kapadokya, Bildiri Kitabı, 2008, s.42-45.
- Kavak, S., İlbi, H., & Eser, B. (2008b). Controlled deterioration test determines vigour and predicts field emergence in pepper seed lots. *Seed Science and Technology*, 36. 456-461.
- Kavak, S., İlbi, H., Eser, B., Powell, A.A., & Matthews, S. (2012). Tohum nemi ve ayırım yöntemlerinin fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) tohum kalitesi üzerine etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 7(1), 51-57.
- Kaya, M.D., & Kulan, E.G. (2019). Asperde tohumluk kalitesinin tohum güç testleri yardımıyla belirlenmesi. Türkiye 13. Ulusal, Tarla Bitkileri Kongresi, 01-04 Kasım 2019, Antalya, s-100-105.
- Korkmaz, A., Ozbay, N., & Eser, B. (2004). Assessment of vigor characteristics of processing tomato cultivars by using various vigor tests. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3 (2): 181-186.

- Krzyzanowski, F., & Delouche, J. (2010). Germination of cotton seed in relation to temperature. *Revista Brasileira de Sementes*, 33: 543-548.
- Lin, Y-x., Xu, H-j., Yin, G-k., Zhou, Y-c., Lu, X-x., & Xin, X. (2022). Dynamic changes in membrane lipid metabolism and antioxidant defense during soybean (*Glycine max* L. Merr.) seed aging. *Frontiers in Plant Science*, 13: 908949.
- Lovato, A., Noli, E., & Lovato, A.F.S. (2005). The relationship between three cold test temperatures, accelerated ageing test and field emergence of maize seed. *Seed Science and Technology*, 33 (1): 249- 253.
- Maguire, J.D. (1962). Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2: 176-177.
- Mali, M.S., Shelar, V.R., & Nagawade, D.R. (2014). Effect of accelerated ageing on seed storage potential of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Journal of Food Legumes*, 27 (3): 192-196.
- Marcos-Filho, J. (2015). Seed vigor testing: An overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agricola*, 72 (4): 363-374.
- Marcos-Filho, J., Bennett, M.A., McDonald, M.B., Evans, A.F., & Grassbaugh, E.M. (2006). Assessment of melon seed vigour by an automated computer imaging system compared to traditional procedures. *Seed Science and Technology*, 34: 485-497.
- Matera, T.C., Caiubi, L., Piana, S., Cesar, D., Marteli, D., Pereira, R., Ferri, G., & Suzukawa, A. (2019). Accelerated aging test and its relationship to physiological potential of soybean seeds. *Journal of Seed Science*, 41 (3): 301-308.
- Matthews, S. (1980). Controlled deterioration test: a new vigour test for crop seeds. In: *Seed Production*. PD Hebblethwaite, (ed). Butterworths, London. pp 647-660.
- Matthews, S. (1985). Physiology of seed ageing. *Outlook on Agriculture*, 14: 89-94.
- Matthews, S. (1993). Ageing tests as a basis for the evaluation of seed quality. *Acta Horticulturae*, 362: 251–262.
- Matthews, S., & Bradnock, W.T. (1967). The detection of seed samples of wrinkle-seeded peas (*Pisum sativum* L.) of potentially low planting value. *Proceedings of the International Seed Testing Association*, 32: 553-563.
- Matthews, S., & Powell, A.A. (1981). Electrical conductivity test. In: *Vigour Test Handbook*. (ed. D. A. Perry), pp 37-41, International Seed Testing Association, Zurich.
- Matthews, S., & Powell, A.A. (2006). Electrical conductivity vigour test: physiological basis and use. *Seed Testing International*, 131: 32-35.
- Matthews, S., & Powell, A.A. (2011). Towards automated single counts of radicle emergence to predict seed and seedling vigour. *Seed Testing International*, 142: 44-48.

- Matthews, S., Wagner, M.-H., Ratzenboeck, A., Khajeh Hosseini, M., Casarini, E., El Khadem, R., Yakhli, M., & Powell, A.A. (2011). Early counts of radicle emergence during germination as a repeatable and reproducible vigour test for maize. *Seed Testing International*, 141: 39-45
- Mavi, K., & Demir, İ. (2007). Controlled deterioration and accelerated aging tests predict relative seedling emergence potential of melon seed lots. *HortScience*, 42(6): 1431-1435.
- McDonald, M.B. (1999). Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Science and Technology*, 27: 177-237.
- McDonald, M.B. (2007). Computer imaging to assess seed germination performance. In *Seeds: Biology, Development and Ecology*, pp. 307-314, CABI, UK.
- McDonald, M.B., & Phannendranath, B.R. (1978). A modified accelerated aging vigor test procedure. *Journal of Seed Technology*, 3 (1): 27-37.
- Milosevic, M., Rnprecht, J., Cirovic, M., & Zlokolica, M. (1994). Methods for testing corn seed viability. *Plant Breeding and Seed Production*, (1): 179-182.
- Mishra, K., Kumar, V., Sharma, A.D., & Srinivasan, K. (2017). Evaluation of seed quality of barley varieties through controlled deterioration test. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(6): 3123-3131.
- Nagel, M., Seal, C. E., Colville, L., Rodenstein, A., Un, S., & Richter, J. (2019). Wheat seed ageing viewed through the cellular redox environment and changes in pH. *Free Radical Research*, 53: 641-654.
- Oakley, K., Kester, S.T., & Geneve, R.L. (2004). Computer-aided digital image analysis of seedling size and growth rate for assessing seed vigour in impatiens. *Seed Science and Technology*, 32: 837-845.
- Özden, E., Mavi, K., Sari, E., & Demir, I. (2017). Radicle emergence test predicts longevity (half viability period, p50) of leek seed lots. *Seed Science and Technology*, 45: 1-5.
- Özden, E., Memis, N., Gokdas, Z., Catikka, E., & Demir, I. (2020). Seed vigour evaluation of rocket (*Eruca sativa* Mill.) seed lots. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10: 1486-1493.
- Özden, E., Memiş, N., Kenanoğlu, B., & Demir, İ. (2021). Vigour assessment of dill (*Anethum graveolens* L.) seed lots in relation to predicting seedling emergence potential. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 27: 50-55.
- Öztürk, B. (2011). Lahana (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) tohum partilerinde tohum gücü performanslarının belirlenmesinde kontrollü bozulma ve hızlı yaşlandırma testlerinin kullanımı. Yüksek Lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 42 s., Samsun.
- Panayotov, N. (2006). Quality of vegetable seeds: Main factors and modern aspects. *Selekcija i Semenarstvo*, 12(1-2), 35-44.

- Parera, C., Cantliffe, D., Stoffella, P., & Scully, B. (1995). Field Emergence of shrunken-2 corn predicted by single-and multiple-vigor laboratory tests. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120: 128-132.
- Penaloza, P., Ramirez-Rosales, G., McDonald, M.B., & Bennett, M.A. (2005). Lettuce (*Lactuca sativa* L.) seed quality evaluation using seed physical attributes, saturated salt accelerated aging and the seed vigour imaging system. *Electronic Journal of Biotechnology*, 8: 299-307.
- Pereira, R.S., Nascimento, W.N., & Vieira, J.V. (2008). Carrot seed germination and vigor in response to temperature and umbel orders. *Scientia Agricola* (Piracicaba, Braz.), 65 (2): 145-150.
- Perry, D.A. (1977). A vigour test for seeds of barley (*Hordeum vulgare*) based on measurement of plumule growth. *Seed Science and Technology*, 5 (4): 709-719.
- Powell, A.A. (1995). The controlled deterioration test. p. 73-87. In: van der Venter, H.A., ed. *Seed Vigour Testing Seminar*. The International Seed Testing Association, Copenhagen, Denmark.
- Powell, A.A. (2006). Seed vigor and its assessment. (A.S. Basra, editör). *Handbook of Seed Science and Technology*. The Haworth Press, Inc., New York, USA.
- Powell, A.A. (2022). Seed vigour in the 21st century. *Seed Science and Technology*, 50 (1): 45-73.
- Powell, A.A., & Matthews, S. (1984a). Prediction of the storage potential of onion seed under commercial storage conditions. *Seed Science and Technology*, 12: 641-647.
- Powell, A.A., & Matthews, S. (2005). Towards the validation of the controlled deterioration vigour test for small seeded vegetables. *Seed Testing International*, 129: 21-24.
- Powell, A.A., & Matthews, S. (2012). Seed ageing / repair hypothesis leads to new testing methods. *Seed Technology*, 34: 15-25.
- Powell, A.A., Ferguson, A., & Matthews, S. (1997). Identification of vigour differences among combining pea (*Pisum sativum*) seed lots. *Seed Science and Technology*, 25: 443-464.
- Powell, A.A., Matthews, S. (1984b). Application of the controlled deterioration test to detect seed lots of Brussels sprouts with low potential for storage under commercial conditions. *Seed Science and Technology*. 12: 49-657.
- Priestley, J.T. (1958). Relation of protoplast permeability to cotton seed viability and predisposition to seedling disease. *Plant Disease Reporter*, 42: 852.
- Reed, R.C., Bradford, K.J., & Khanday, I. (2022). Seed germination and vigor: ensuring crop sustainability in a changing climate. *Heredity*, 28(6):450-459.

- Rodo, A.B., & Filho, J.M. (2003). Accelerated aging and controlled deterioration for the determination of the physiological potential of onion seeds *Scientia Agricola*, 60 (3): 465-469.
- Santos, M.A.O., Novembre, A.D.L.C., & Marcos-Filho, J. (2007). Tetrazolium test to assess viability and vigour of tomato seeds. *Seed Science and Technology*, 35(1): 213-223.
- Schuab, S.R.P., Braccini, A.L., França-Neto, J.B., Scapim, C.A., & Meschede, D.K. (2006). Soybean physiological seed potential and the relationship with seedlings emergence in field. *Acta Scientiarum Agronomy*, 28 (4): 553-561.
- Sivritepe, H.Ö. (2011). Tohum canlılığının değerlendirilmesi. *Alatarım*, 10 (2): 94-105.
- Sivritepe, H.Ö. (2012). Tohum gücünün değerlendirilmesi. *Alatarım*, 11 (2): 33-44.
- Smith, C.W., & Varvil, J.J. (1984). Standard and cool germination tests compared with field emergence in upland cotton. *Agronomy Journal*, 76: 587-589.
- Steiner, J.J., Grabe, D.F., & Tulo, M. (1989). Single and multiple vigor test for predicting seedling emergence of wheat. *Crop Science*, 29: 782-786.
- TeKrony, D.M. (1983). Seed vigor testing 1982. *Journal of Seed Technology*, 8: 55-60.
- TeKrony, D.M. (2005). Accelerated aging test: Principles and procedures *Seed Technology*, 27 (1): 135-146.
- TeKrony, D.M., & Egli, D.B. (1991). Relationship of seed vigor to crop yield: A review. *Crop Science*, 3: 816-822.
- Tigabu, M., & Oden, P.C. (2004). Rapid and non-destructive analysis of vigour of *Pinus patula* seeds using single seed near infrared transmittance spectra and multivariate analysis. *Seed Science and Technology*, 32, 593-606.
- Torres, S.B., Gomes, M.D.A., Silva, F.G., Benedito, C.P., & Pereira, F.E.C.B. 2013. Controlled deterioration to evaluate okra seed vigor. *Horticultura Brasileira*, 31: 317-321.
- Trawatha, S., Steiner, J., & Bradford, K. (1990). Laboratory vigor tests used to predict pepper seedling field emergence performance. *Crop Science*, 30: 713-715.
- Tuck, C. A., Tan, D. K. Y., Bange, M.P., & Stiller, W.N. (2010). Cold-tolerance screening for cotton cultivars using germination chill protocols. H. Dove, R. Culvenor. eds, *Food security from sustainable agriculture*. 15th Australian Agronomy Conference, Lincoln, New Zealand, 15-18 November 2010.
- van de Venter, H. A., & Barla-Szabo, G. (1994). Rapid viability tests for kernels of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). *South African Journal of Plant and Soil*, 11(1): 12-14.

- van der Heijden, G.W.A.M., Polder, G., van Eck, J.W., Jalink, H., & van der Schoor, R. (2000). Automatic determination of germination of seeds. In *Proceedings of the 1999 World Seed Conference, Bassersdorf, Switzerland, 6-8 September 2000*, pp. 151-160, ISTA Secretariat, 8303.
- Vieira, B.G.T.L., Vieira, R.D., Krzyzanowski, F.C., & Neto, J.B.F. (2010). Alternative procedure for the cold test for soybean seeds. *Scientia Agricola* (Piracicaba, Braz.), 67 (5), 540-545.
- Yiğit, A., & Gökçöl, A. (2021). Çeltik (*Oryza sativa* L.) tohumlarına uygulanabilecek vigor test yöntemlerinin optimizasyonu. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58 (4): 601-613.

BÖLÜM 9

SEBZE TOHUMLARINDA KALİTEYİ İYİLEŞTİRİCİ GÜNCEL UYGULAMALAR

Doç. Dr. Süleyman KAVAK^{1*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13822740>

^{1*}Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Çünür, Isparta. suleymankavak@isparta.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-0365-3747.

*Sorumlu yazar

GİRİŞ

Bitkisel üretimde iyi bir ürün deseni oluşturmak, öncelikli olarak ekilen tohumların homojen çimlenme ve çıkış göstermesi, bir örnek bitki gelişiminin sağlanması, kaliteli fidelerin dikimde kullanılması, yetiştiricilik sırasındaki kültürel işlemlerin eksiksiz olarak gerçekleştirilebilmesi ile mümkündür. Unutulmamalıdır ki, üretimde kullanılan tohum harici diğer girdiler ve koşullar ne kadar uygun olursa olsun, elde edilecek ürün miktarı tohumun genetik potansiyeli ve kalitesi ile sınırlıdır. Bu bakımdan tohum kalitesi, sürdürülebilir bitkisel üretim ve gıda güvenliği açısından hayati öneme sahiptir. Fizyolojik kalitesi yüksek tohumlar çiftçiler tarafından her zaman talep edilmektedir (Pedrini ve ark., 2017). Tohum kalitesi çeşitli bileşenlerden oluşan çoklu bir kavramdır ve kimlik (tür ve çeşit safiyeti, fiziki safiyet, homojenlik ve tohum iriliği), hijyen (tohum patojenleri ve zararlılarından arı) ve performans (çimlenme, tarla çıkışı ve homojenlik, tohum gücü, tohum nemi, depolama potansiyeli) gibi üç farklı kategori içerisinde değerlendirilebilir (Hampton, 2002). Tohum kalitesini iyileştirici uygulamalar, tohumun hasadından yeniden ekimde kullanılana kadar gerçekleştirilen bir dizi aşamaları içermektedir. Tohumlarda hasat anındaki kalitenin korunumu ve iyileştirilmesi amacıyla yapılan kaliteyi iyileştirici uygulamalar, tohumların fiziksel veya fizyolojik performanslarını iyileştirmek için tohumlar üzerinde gerçekleştirilen pratik faydalı uygulama tekniklerini tanımlayan geniş bir terimdir. Kalite iyileştirici uygulamalar, tohumların veya meyvelerin toplanmasından itibaren bir dizi aşamayı içeren, bazı durumlarda meyvelerin sonradan olgunlaşması, ekstraksiyon ve fermentasyon, temizleme ve ön kurutma işlemleri, kurutma, ayırma ve sınıflandırma işlemleridir. Pratikte ise, fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemler gibi çeşitli işlemleri, tohum dezenfeksiyonu, dormansinin (dinlenme) kırılması gibi çeşitli yöntemleri, priming ve ön çimlendirilmiş tohumların ekimi (sıvı ekim tekniği) vb. diğer uygulamaları içermektedir. Bu uygulamalar, özellikle ekonomik değeri yüksek olan bahçe bitkileri tohumları için, entegre edilmiş kalite iyileştirici uygulamalar olarak tanımlanmaktadır (Khan, 1992; PJB, 1994; Desai ve ark., 1997; Taylor, 1997; Copeland ve McDonald, 2001; Halmer, 2003). Tohumlarda kalite iyileştirici uygulamalar birçok tohum türünde çok farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Bunlar sırasıyla sistemik etkili kimyasallar ile yapılan uygulamalar, mikroorganizmalar ile yapılan uygulamalar, tohum patojenlerinin kontrolü için yapılan fiziksel uygulamalar,

tohum kaplama uygulamaları, çimlenme ve bitki performansını iyileştiren fizyolojik uygulamalar, tohumun nem ilişkilerini etkileyen, tohumun depolanabilirliğini veya performansını arttıran uygulamalar olarak gruplandırılabilir (Taylor ve Harman, 1990). Yine Taylor ve ark. (1998), tohumlarda kullanılan kalite iyileştirici uygulamaları, hasat sonrası uygulamalar olarak adlandırmakta, çimlenme ve fide büyümesini iyileştiren veya tohumların ekimini ve ekim sırasında gerekli olan diğer materyallerin dağıtımını kolaylaştıran uygulamalar olarak tanımlamaktadır. Bu uygulamalar, tohum işleme, hidrasyon uygulamaları (priming / ön çimlendirme) ve kaplama teknolojileri olmak üzere üç farklı grup altında değerlendirilmektedir. Yukarıda ifade edildiği gibi tohumlarda kalitenin iyileştirilmesinde kullanılan uygulamaların farklı araştırmacılar tarafından farklı kategorilerde sınıflandırıldığı ve değerlendirildiği görülmektedir. Bu uygulamalar, yeni kavramların, yöntemlerin, uygulamalarda kullanılan materyallerin, makinelerin, yetiştirme yerlerinin ve kültürel uygulamaların gelişmesiyle birlikte hızlı değişimler geçirmektedir (Lee, 2004; Taylor ve ark., 2021).

Sebze tohumlarında güncel uygulamaların irdelendiğinde bu bölümde, kalite iyileştirici uygulamalar, fiziksel, kimyasal ve biyolojik uygulamalar, tohum kaplama (peletleme, kabuk kaplama/mini pelet ve film kaplama) ve diğer uygulamalar (sıvı ekim tekniği, bantlanmış tohum vb.), olmak üzere 3 farklı kategoride incelenmiştir. Kalite iyileştirici uygulamalardan olan tohum işleme ise, hasat ve harman (tohum ayırma), tohumların kalibrasyonu, sınıflandırılması, temizlenmesi vb. birçok uygulamayı kapsayan uygulamalar olduğu için bu bölümde değinilmeyecektir. Ancak tohumların çimlenme ve fiziksel özelliklerini iyileştiren ve tohum kabuğu üzerindeki tüy, çengel, perikarpın (meyve kabuğunun) uzaklaştırıldığı bazı uygulamalar 3. bölüm olan diğer uygulamalar bölümünde ele alınmıştır.

1. FİZİKSEL, KİMYASAL ve BİYOLOJİK UYGULAMALAR

1.1. Fiziksel Uygulamalar

Fiziksel uygulamalar tohumlara herhangi bir hidrasyon veya kimyasal madde uygulanmadan gerçekleştirilen, temel amaç olarak ekimi kolaylaştıran, çimlenme, çıkış ve fide oluşumunu arttırmayı hedefleyen uygulamalardır.

Tohumlarda çimlenme ve çıkış performansının artırılması, tohum dezenfeksiyonu, tohumla taşınan hastalık etmenlerinin arındırılması vb. amaçla birçok fiziksel uygulama tekniği söz konusudur ve bu uygulamaların birçoğu organik tohum uygulamaları olarak da kullanılabilmektedir. Bu uygulamalar sıcaklık uygulamaları (kuru sıcak veya sıcak su uygulamaları), manyetik uygulamalar, UV ışınları, mikro dalga uygulamaları, ultrason uygulamaları, plazma uygulamaları vb. birçok fiziksel uygulamayı içermektedir.

1.1.1. Sıcaklık Uygulamaları

Sıcaklık uygulamaları, özellikle kuru sıcaklık, tohumla taşınan hastalık etmenlerinin arındırılmasında veya tohumdaki yoğunluğunun azaltılmasında yaygın olarak kullanılan fiziksel işlemlerden biridir. Sıcak su uygulamaları, bitki korumanın klasik fiziksel yöntemleridir ve her ürüne ve patojene göre kesin bir sıcaklık ile belirli koşullar altında uygulandığında, tohum kaynaklı mantarların görülme sıklığını azaltmakta, çimlenme ve fide çıkışını artırmaktadır (Mancini ve Romanazzi, 2014; Alkemade ve ark., 2022). Sıcak su, sıcak su + soğuk su uygulamaları yetiştiriciler tarafından oldukça yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Ancak tohum şirketleri veya tohum üreticileri tarafından tohumların suda ıslatılmasıyla ilgili problemler nedeniyle, bazı tür tohumları hariç kullanımı tercih edilmemektedir. Bununla birlikte, kuru sıcaklık uygulamaları ekonomik değeri yüksek türlerin tohumlarında (hibrit sebze tohumları) yaygın olarak uygulanmaktadır. Kuru sıcaklık ile güvenli bir şekilde işlenen tohumlar arasında kabakgiller (karpuz, kavun, hıyar, kabak, su kabağı ve çeşitli kabakgil anaç türleri), patlıcangiller (domates, biber ve patlıcan), lahanagiller (lahana ve Çin lahanası, turp vb.) ile marul, ıspanak ve havuç tohumları yer almaktadır. Kuru sıcaklık uygulamaları özel ekipman gerektirmesi ve uzun sürmesine rağmen, tütün mozaik virüsü (TMV), hıyar yeşil benek mozaik virüsü (CGMMV), marul mozaik virüsü (LMV) ve bazı tohum kaynaklı virüslerin tamamen etkisizleştirilmesinde, Erwinia gibi tohum kaynaklı zararlı bakteriyel hastalıkların ve Fusarium, Alternaria, Cladosporium ve diğerleri gibi mantar hastalıklarının güvenli ve tam olarak etkisizleştirilmesinde tohum üreticileri tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır (Jang, 1998; Kim ve Lee, 2000; Kim ve ark., 2003; Lee ve ark., 2003). Sıcak su uygulamalarının havuç, lahana, kereviz, maydanoz, marul, hıyar, bal kabağı, su kabağı, fasulye, domates, patlıcan, biber ve turp

tohumlarında tohum kaynaklı patojenleri arındırmakta veya azalmada etkin olduğu belirlenmiş ve organik tarımda kullanılabilecek alternatif tohum uygulaması olduğu belirtilmiştir (Nega ve ark., 2003; Sultana ve ark., 2021). Bazı sebze türlerinde tohum kaynaklı hastalık etmenlerinin arındırılmasında kullanılan farklı sıcaklık uygulamaları Tablo 1’de verilmiştir.

Sıcak uygulamaların başarısı patojenler üzerinde oluşturduğu termal etkiye bağlıdır. Örneğin, tohumların yaklaşık 50°C’de 20 ila 30 dakika süreyle daldırılmasıyla yapılan sıcak su muamelesi yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu yöntem virüslere karşı etkili değildir ve ayrıca bir tohum partisinin tamamını 50°C’de tutmak ve çimlenmeyi tetiklemeden hızla kurutmak oldukça zordur (Nakamura, 1982). Sıcaklık değeri ve tohumun suya batırılma süresi, tohum kabuğunun dokusuna ve hedef patojene bağlıdır. Bu bakımdan gerek kuru sıcak gerekse sıcak su uygulamalarında elimine edilmek istenen patojene, patojenin tohumda bulunduğu yere, patojene etkili ve tohum canlılığına zarar vermeyen uygulama süresi ve etkin sıcaklığa dikkat edilmesi gereklidir. Ayrıca uzun süren uygulamalarda tohumun iç sıcaklığı artacağı için uygulama sonrası tohum ısısı mümkün olan en kısa sürede düşürülmelidir.

1.1.2. Manyetik Alan Uygulamaları

Tohum kalitesinin iyileştirilmesinde kullanılan fiziksel uygulamalardan bir diğeri ise tohumların farklı sürelerde, düşük veya yüksek dozlarda (0.1 ile 200 mT) manyetik alana maruz bırakılması veya manyetik alandan geçirilmiş su ile muamele edilmesidir. Ancak bu uygulamalar bazı araştırmalar tarafından fiziksel uygulamalar olarak sınıflandırılmakla birlikte bazı araştırmacılar tarafından ise “manyetik priming” uygulaması olarak adlandırılmaktadır (Aladjadjiyan, 2007; Kubisz ve ark., 2012; Silva ve Dobranszki, 2014; Araujo ve ark., 2016; Shahin ve ark., 2016; Koukounaras ve ark., 2023). Bu bakımdan, manyetik tohum uygulamalarına bu bölümde değinilmeyecek olup, bu kitabın 10. bölümünde magnetopriming olarak ele alınmıştır.

Tablo 1: Bazı sebze türlerinde tohum kaynaklı hastalık etmenlerinin eliminasyonunda kullanılabilen Kuru Sıcak (KSU) ve Sıcak Su (SSU) tohum uygulamaları (Nega ve ark., 2003; Lee, 2004; Anonim, 2014; Sultana ve ark., 2021).

Tür	Hastalık etmeni	Uygulama
Turp	• <i>Alternaria brassicae</i>	• 50°C, 10-40 dak. SSU sonrası 6 sa. soğuk suya daldırma • 75°C, 72 sa. KSU
Lahanagiller	• Siyah leke (<i>Alternaria</i>) • Rhizoctania (kök çürüklüğü) • Bakteriyel yaprak lekesi • <i>Xanthomonas campestris</i> • Siyah halka lekesi	• 50°C, 30 dak. SSU sonrası 6 sa. soğuk suya daldırma; 75°C, 72 sa. KSU • 50°C, 30 dak. SSU sonrası 6 sa. soğuk suya daldırma • 50°C, 30 dak. SSU sonrası 6 sa. soğuk suya daldırma • 50°C, 30 dak. SSU sonrası 6 sa. soğuk suya daldırma • 50°C, 20 dak. SSU
Marul	• <i>Cercospora</i> yaprak lekesi	• 40°C, 30 dak. SSU
Kereviz	• Erken yanıklık • <i>Erwinia cartovora</i>	• 50°C, 25 dak. SSU • 50°C, 25 dak. SSU
Patlıcan	• Kahverengi leke (<i>Phomopsis</i> blight)	• 50°C, 30 dak. SSU
Domates	• Yaprak lekesi (<i>Passalora fulva</i>) • Gövde kanseri (<i>Alternaria alternata</i> fsp. <i>lycopersici</i>) • Çökerten etmenleri (fungus etmenleri) • Bakteriyel kanser (Cmm) • Tütün mozaik virüsü (TMW)	• 70°C, 48 sa. KSU • 45-50°C, 30 dak. SSU • 50°C, 30 dak. SSU • 50°C, 1-2 dak. SSU sonrası 55°C 25 dak. yıkama; 70°C 4-6 gün KSU • 70°C, 48 sa. KSU
Biber	• Tütün mozaik virüsü (TMW)	• 70°C, 48 sa. KSU
Kabakgiller	• Antraknoz • Hıyar yeşil benek mozaik virüsü (CGMMV) • <i>Fusarium</i> kök çürüklüğü • <i>Cladosporium</i> sp. • Su kabağında <i>Fusarium</i> etmeni	• 50°C, 30 dak. SSU • 70°C, 48 sa. KSU • 55°C, 15 dak. SSU • 70°C, 48 sa. KSU • 75°C, 7 gün KSU
Havuç	• Bakteriyel yanıklık (<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>Carotae</i>)	• 50-53°C, 20 dak. SSU

1.1.3. Ultraviyole (UV) Uygulamaları

Tohum kaynaklı patojenlerin arındırılmasında kullanılan uygulamalardan birisi de UV ışınlarıdır. UV ışınları, dalga boyuna göre uzun UV-A (315–390 nm), orta UV-B (280–315 nm) ve kısa UV-C (100–280 nm) olarak ayrılmaktadır (Falconi ve Yanez–Mendizabal, 2022). UV-C ışınları, fasulye tohumlarının çimlenme oranını (%24) ve tohum kabuğundaki biyoaktif moleküllerin konsantrasyonunu artırmıştır (Guajardo-Flores ve ark., 2014). Yapılan diğer bir çalışmada ise marul tohumlarında UV-C uygulamalarının tuz stresi (NaCl) toleransını arttırdığı ifade edilmiştir (Qhibi ve ark., 2014). Domates tohumlarında 4, 8 ve 12 kJ m² UV-C uygulamalarının, *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici* (FOL) ve f. sp. *radicis-lyco persici* (FORL) etmenlerinin neden olduğu hastalıkları kontrol ettiği ve fidelerinin kök ve gövde gelişiminde artışa neden olduğu belirtilmiştir (Scottab ve ark., 2019). Düşük dozda UV-C (3.6 kJ m²) ile tohum uygulamasının lahanada (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) siyah çürüklüğe (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*) karşı dayanımı artırdığı rapor edilmiştir (Brown ve ark., 2001). Bununla birlikte tohum uygulamalarında UV ışınlarının kullanımının çimlenmeyi ve kök uzunluğunu azaltabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Bokhari ve ark., 2013). Bu bakımdan patojenleri daha iyi kontrol etmek ve tohum çimlenmesi üzerindeki olumsuz etkiyi sınırlamak için uygun UV ışın dozu ve uygulama süresine dikkat edilmelidir (Shaukat ve ark., 2013).

1.1.4. Mikro Dalga Uygulamaları

Mikrodalga, tarım-gıda endüstrisi, iletişim, tıp ve metalurji gibi insan yaşamının birçok alanında yaygın olarak kullanılan ultra yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalardır. Mikrodalga işleminin termal etkileri en iyi bilinenlerdir, ancak mikrodalgaların canlı organizmalar üzerindeki etkisi göz önüne alındığında, çeşitli moleküler dönüşümlere ve değişikliklere yol açan bazı termal olmayan etkilerinin de olduğu öne sürülmüştür (Banik ve ark., 2003). Tohum teknolojisi bağlamında, öldürücü olmayan mikro dalga uygulamaları, ekimden veya depolamadan önce tohumların dezenfeksiyonu için yaygın olarak kullanılmaktadır (Aladjadjiyan, 2007; Aladjadjiyan, 2010). Yapılan bir çalışmada *Alternaria dauci* ve *A. radicina* ile enfekte havuç tohumları su içerisine daldırılmış ve 15, 30, 45, 60, 75 ve 90 sn, 500, 650 ve 750 W mikrodalga uygulamalarına tabi tutulmuştur. Mikrodalga dozundan

bağımsız olarak 30 sn ve üzeri uygulamalar *Alternaria spp.*'nin tohum üzerindeki yoğunluğunu azaltmakla birlikte, 60 sn üzeri uygulamaların tohum çimlenmesi üzerine negatif etkide bulunduğu saptanmıştır (Szopinska ve Dorna, 2021). Birçok sebze türünde yapılan farklı çalışmalarda mikro dalga uygulamasının fasulyede kök taze ağırlığını arttırdığı (Aladjadiyan ve Svetleva, 1997), turpta çimlenme oranını ve hipokotil büyümesini azalttığı (Scialabba ve Tamburello, 2002), biberde tohum çimlenmesi ve fide büyümesini arttırdığı (Mohsenkhah ve ark., 2018), domateste gövde kuru ağırlığını, domates ve turpta fide boyunu arttırdığı bununla birlikte havuçta fide boyu üzerine negatif etkide bulunduğu (Radzevicius ve ark., 2013) belirtilmiştir. Literatürlerde mikro dalganın tohum çimlenmesi üzerine etkisi ile ilgili çelişkili sonuçlar bulunmaktadır. Monteiro ve ark. (2008) çimlenmenin azaldığını, Ragha ve ark. (2011) ise çimlenme ve tohum gücünü uyarıcı etki gösterdiğini ama artan doz ve süre uygulamasında zararlı olduğunu belirtmişlerdir.

1.1.5. Ultrason Uygulamaları

Ultrasonik tohum uygulamalarında, düşük ila orta frekanslı dalgalar (20-100 kHz) kullanır ve bu teknolojinin tarım, gıda sektörü, kimya ve uygulamalı endüstrilerde birçok kullanımı vardır (Mason ve Povey, 1998; Benedito ve ark., 2002; Gaba ve ark., 2008). Ultrason tohumlar üzerinde kısa sürede ısı, mekanik ve kimyasal etkiler dahil olmak üzere çeşitli etkiler üreten, tohum çimlenmesini ile bitki büyümesini artıran, çevre dostu, uygun maliyetli, kullanımı kolay, güvenli bir uygulamadır (Wang ve ark., 2012; Teixeira Da Silva ve Dobranszki, 2014). Ultrason uygulamalarının tohum çimlenmesi üzerindeki faydalı etkisi, uygulama ile tohum kabuğunda oluşan mikro çatlaklar nedeniyle tohumun su alımının artması ve sonuç olarak kök çıkışının hızlanması olarak açıklanmaktadır (Shimomura, 1990). Bamya tohumlarında yapılan çalışmada ultrason uygulamasının tohum nemini ve kökçük uzunluğunu arttırdığı fakat çimlenme üzerine etkili olmadığı belirlenmiştir (Kavak ve ark., 2012). Tohumlarda sert tohum kabuğundan kaynaklanan dormansinin ortadan kaldırılması, çimlenme ve çıkışın düzenlemesi için kullanılan uygulamalardan biri de ultrason uygulamalarıdır (Goussous ve ark., 2010). Sebze tohumlarında yapılan ultrason uygulamalarında, turpta (Shimomura, 1990), bezelyede (Ciu ve Sung, 2014), dere otu ve domateste (Ramteke ve ark., 2015), havuçta

(Aladadjjyan, 2007), karpuz, havuç, biber ve pırasada (Memiş ve ark., 2022) çimlenmenin arttığı belirlenmiştir. Goussous ve ark. (2010), ultrason uygulamasının karpuzda çimlenmeyi artırdığını ancak biberde azalttığını, Abd-El Sattar ve ark. (2024) ise tere tohumlarının yüksek sıcaklık (35°C) çimlenmesinin arttığını rapor etmişlerdir. Kavak ve ark. (2012) uzun süreli ultrason uygulamalarında ultrasonik banyo su sıcaklığına dikkat edilmesi gerektiğini ifade etmiştir.

1.1.6. Plazma Uygulamaları

Genel olarak plazma uygulamaları üretim mekanizmasına göre termal ve termal olmayan plazma uygulamaları olarak ikiye ayrılır. Termal plazma üretimi, ağır elektronlarla yüksek basınç ve sıcaklık gerektirir. Termal olmayan veya ortam sıcaklığına yakın plazma (soğuk plazma), atmosferik veya vakum altında üretilir ve 30-60°C sıcaklıklar düşük enerji gerektirir (Misra ve ark., 2011). Tohum gelişimi ve bitki büyümesini arttırmak için, mikrodalga plazma, mıknatıslanmış plazma, atmosferik plazma, soğuk plazma (termal olmayan) uygulamaları benimsenmiştir (Sera ve ark., 2010). Soğuk plazma uygulamaları; tarımda skarifikasyon, stratifikasyon ve priming uygulamalarına alternatif olarak uygulanmakta ve bitki büyümesinin iyileştirilmesine yardımcı olmaktadır (Dhayal ve ark., 2006). Plazma, tohumlarda zararlanmaya neden olmayan ve kimyasal kullanılmayan uygulamalar olarak çevre dostu tohum uygulamaları olarak adlandırılır (Volin ve ark., 2000; Dhayal ve ark., 2006). Plazma tohumlarda, enzimatik aktivitede değişikliklere ve tohum yüzeyinin sterilizasyonuna neden olarak tohum kalitesini ve bitki büyümesini iyileştirir (Selçuk ve ark., 2008; Henselova ve ark., 2012).

Soğuk plazma uygulamalarının, turp ve bezelye (Volin ve ark., 2000), patlıcan (Sidik ve ark., 2018), havuç (Guragain ve ark., 2021), bamya (Kumar ve ark., 2019), biber (Nalwa ve ark., 2017; Selçuk ve ark., 2008), domates (Jiang ve ark., 2014; Li ve ark., 2021), karpuz (Lotfy, 2017) tohumlarında elde edilen uygulama sonuçları Tablo 2’de özetlenmiştir. Özellikle mikro yeşillik (ıspanak, bezelye, amaranth, reyhan, frenk soğanı ve dereotu) olarak değerlendirilen bitki türlerinde soğuk plazma uygulamaları son yıllarda ticari olarak uygulanmaya başlamıştır. Zayndu isimli bir firmanın geliştirmiş olduğu AURORA Activated Air™ - Aurora-Z10 (Soğuk plazma) teknolojisi ile mikro yeşilliklerde fungus ve bakterileri kimyasal kullanmadan öldüren, çimlenmeyi

hızlandıran ve artıran, yaklaşık %15-25 oranında verim artışı sağlayan tohum uygulaması geliştirilmiştir (Anonim, 2024a).

Tablo 2: Bazı sebze türlerinde soğuk plazma uygulamalarının çimlenme ve büyüme parametreleri üzerine etkileri.

Uygulama	Tür	Sonuç
Soğuk plazma	Turp	Sürgün boyunda %60 artış
Soğuk plazma	Bezelye	Çimlenmede %30'luk artış
Soğuk plazma	Patlıcan	Çimlenme hızında ve büyümede artış
Soğuk plazma	Havuç	Çimlenme oranı, vigor ve klorofil içeriğinde artış
Soğuk plazma	Bamya	Çimlenme oranı ve çimlenme hızında artış
Soğuk plazma + osmotik priming	Biber	Büyüme karakterleri, meyve verimi ve tohum veriminde artış
Soğuk plazma	Biber	<i>Aspergillus</i> ve <i>Penicillium</i> fungal yüklerinde azalma
Soğuk plazma	Domates	<i>R. solanacearum</i> direncinde %25 artış, çimlenme ve fide büyümesinde artış
Soğuk plazma	Domates	Domates fidelerinde kotiledon yaşlanmasında azalma ve fide kalitesinde artış
Soğuk plazma	Karpuz	Çimlenme, kök ve gövde uzunluğu, fide kuru ağırlığında artış

1.2. Kimyasal Uygulamalar

Tohumları ilk çimlenme aşamasında enfeksiyondan korunmak için (özellikle çökerten etmenlerine karşı) fungusitler uygulanarak bitki çıkışı iyileştirilmektedir. Yine tohumları çimlenmenin ilk aşamalarında, fide gelişimi ve büyümenin ilk evrelerinde böcek zararlanmalarına karşı korumak amacıyla insektisitlerde uygulanmaktadır. Eski nesil insektisitler sadece toprak kökenli böceklerle karşı etkili iken yeni nesil sistemik etkili (imidacloprid, thiamethoxam ve clothianidin) olanlar, bitkinin çıkışı ve çıkıştan sonraki birkaç hafta boyunca bitkilerin toprak üstü kısımlarını da koruyacak insektisitlerdir (Jamieson, 2008). Tohum ilacı olarak kullanılabilecek bazı pestisitler Tablo 3'de verilmiştir (Lee, 2004'den faydalanılarak hazırlanmıştır). Tohumların pestisitler ile muamele edilmesinde aktif madde kaybının önüne geçilmesi ve etkili bir uygulama için yayıcı yapıştırıcı kullanılarak uygulamanın yapılması tavsiye edilir. Günümüzde tohum ilaçlamasında en etkin uygulama şekli pestisitlerin tohumlara film kaplama şeklinde uygulanmasıdır.

Tablo 3: Tohum uygulamaları için kullanılabilecek bazı pestisitler.

Pestisit türü	Etken madde*
Fungusitler	Captan, difenoconazole, metalaxyl, tebuconazole, thiabendazole, thiram, metalaxyl-M, Fludioxonil, Tebuconazole, azoxystrobin
İnsektisitler	Acetamiprid, imidacloprid, tefluthrin, Thiamethoxam,
Bakterisitler	Kasugamycin, streptomycin

* Kullanılacak pestisit in hangi bitki türlerinde (<https://bku.tarimorman.gov.tr/>), ihracat veya ithalat amaçlı uygulamalarda ruhsatlı olup olmadığına dikkat edilmelidir.

Tohumla taşınan hastalık etmenlerinin eliminasyonunda sodyum hipoklorit (NaOCl), trisodyum fosfat (Na₃PO₄) ve hidrojen peroksit (H₂O₂), hidroklorik asit (HCl), peroksi asetik asit (CH₃CO₃H) gibi ağartıcı, yakıcı ve aşındırıcı kimyasal maddelerde kullanılmaktadır. Sebze tohumlarında yaygın olarak kullanılan kimyasal dezenfektanlar, Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4: Tohum dezenfeksiyonu amacıyla kullanılan bazı dezenfektanlar (Hopkins ve ark. 2003; Anonim, 2014; Munmun ve ark., 2017).

Kimyasal adı	Uygulama şekli
Sodyum hipoklorit (NaOCl)	%1’lik sodyum hipoklorit solüsyonu (1:4 tohum/solüsyon), 1, 5 ve 10 dakika, bakteriyel patojenlere ve bazı virüslere (TMV) karşı etkili, tüm sebze türlerinde kullanılabilir.
Trisodyum fosfat (Na ₃ PO ₄)	%10’luk TSP, 15 dakika, domates tohumla taşınan TMV etmenleri, diğer sebze türlerinde de kullanılabilir.
Hidrojen peroksit (H ₂ O ₂)	%1-3’lük H ₂ O ₂ , biber tohumlarında <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>Colletotrichum capsici</i> , <i>Curvularia lunata</i> , <i>Alternaria alternata</i> ve <i>Fusarium moniliforme</i> etmelerine karşı etkili bulunmuştur.
Hidroklorik asit (HCl)	Domateste, %3-5’lik, 30 dakika ile 6 saat uygulama süresi <i>Xanthomonas spp.</i> , <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>Tomato</i> , <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>Michiganensis</i> ,
Peroksi asetik asit (CH ₃ CO ₃ H)	1.600 µg/ml, 30 dakika karpuzda <i>Acidovorax avenae</i> subsp. <i>Citrulli</i>

Ancak bu uygulamalar dikkatli bir şekilde yapılmaz ise, tohum canlılığına, gücüne ve depo ömrüne zarar verebilir. Özellikle bu uygulamaların büyük ölçekte gerçekleştirilmesi riskli ve zorlu bir iş olup, doz, süre ve etkin bir uygulama için özel uygulama ekipmanlarına gereksinim duyulmaktadır. Bu kimyasallar tüm tohum partisine uygulanmadan önce az miktarda tohuma uygulanıp, tohum canlılığı ve hedef patojene etkinliğine bakılmalıdır. Çünkü

yapılan uygulama ile tohum canlılığı zarar görebilir veya patojen tam olarak arındırılamayabilir. Ayrıca bu kimyasallar ile uygulama sonrası tohumlar akan su altında veya birkaç kez çeşme suyunda durulanmalıdır.

1.3. Biyolojik Uygulamalar

Kimyasal girdilerin artan kullanımının, uygulanan etken maddelere karşı patojen direncinin gelişmesi ve hedeflenmeyen çevresel etkilerinin ortaya çıkması gibi olumsuzlukları söz konusu olmaktadır. Entegre hastalık yönetiminde, biyolojik uygulamaların tohum ve toprak kaynaklı hastalık etmenlerinin kontrolünde, çevresel açıdan daha sağlıklı ve ekonomik açıdan daha uygun alternatifler sağlayabileceğine dair artan bir farkındalık vardır (Spadaro ve Gullino, 2005; Nicolopoulou-Stamati ve ark., 2016). Ayrıca, özellikle dünyanın daha az varlıklı bölgelerinde pestisitlerin artan maliyeti ve pestisit içermeyen gıdalara yönelik tüketici talebi, bu tür kimyasal bileşiklerin yerine geçecek maddelerin arayışına yol açmıştır. Ayrıca kimyasal çözümlerin az olduğu, etkisiz olduğu veya hiç bulunmadığı bazı hastalıklar da vardır (Gerhardson, 2002; Raveau ve ark., 2020). Tüm bu faktörler, sentetik fungusitlerin kullanımına yönelik alternatif ürünlere olan talebin artmasına neden olmuştur. Bu nedenle biyolojik kontrol, tarımda sentetik kimyasalların kullanımını azaltmak için bir alternatif veya ek olarak değerlendirilmektedir. Günümüzde bitki ekstraktları (uçucu ve temel yağlar) ve biyokontrol ajanlarını (faydalı mikroorganizmalar) içeren tohum uygulamaları, sentetik pestitlerin kullanımının yerini alacak alternatif bir yöntem olarak görülmektedir (Compant ve ark., 2005; Raveau ve ark., 2020).

Mevcut organik tarım yönetmeliğine göre, organik tarımda kullanılan tüm tohumlar ve ekim malzemelerinin organik yöntemlerle üretilmesi gerekmektedir. Bitki ekstraktları doğal bileşikler (temel yağlar) içermekte olup, bu bileşiklerin antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu ve tohum kaynaklı bazı bakteri ve mantarların kontrolünde etkili olduğu yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (Halmer, 2008). Bu bileşikler tohum dezenfeksiyonunda tek başlarına veya fiziksel uygulamalar ile birlikte kombine edilerek kimyasallara alternatif olarak kullanılabilir (Begum ve ark., 2010). Bu ekstraktlar arasında çay ağacı, karanfil, nane, biberiye, defne, çörek otu, lavanta, adaçayı ve kekik yağları dahil olmak üzere in vitro denemelerde antifungal ve anti bakteriyel aktivite gösteren çeşitli türlerde uçucu yağlar bulunur. Bu tür

yağların, baklagillerde *Ascochyta* yanıklığına neden olan *Ascochyta* spp., havuç tohumlarını etkileyen *Alternaria* spp., ve domateste *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Cmm) gibi patojenlere karşı etkili olduğu rapor edilmiştir (Riccioni ve ark., 2013; Yılmaz ve ark., 2014). Ancak bitkilerden ekstrakte edilen temel ve uçucu yağlardaki etken maddenin konsantrasyonunun, elde edilen bitki türüne, yetiştirme şekline, yetiştirildiği rakıma ve ekstraksiyon yöntemine göre vb. değişebildiği unutulmamalıdır (Yılmaz ve ark., 2014).

Biyolojik tohum uygulamalarından bir diğeri de faydalı mikroorganizmaların (bakteri ve funguslar) değişik teknikler kullanılarak (tohum kaplama, solüsyonlara daldırma ve priming vb.) tohumlara yüklenmesidir. Yararlı mikroorganizmalarla tohum uygulamalarının önemi giderek artmaktadır. *Rhizobium* türleri baklagil türlerinin tohum uygulamalarında uzun yıllardır kullanılmakta olup, *Azospirillum* spp. ve diğer nitrojen sabitleyici bakteriler de aynı amaçla araştırılmaktadır. Bunun yanında bazı faydalı bakteri ve funguslar, patojenlerin kontrolü veya zararlarının azaltılması amacıyla da tohum uygulamalarında kullanılmaktadır. Biyolojik tohum uygulamalarında etkinliğin artırılması için, mikro organizmaların gelişimini sağlayan takviye edici besin maddeleri, uygulama ve toprak pH'sı, uygulama öncesi mikroorganizmanın yeterli kolonizasyonu, uygulama zamanı ve kimyasal maddeler ile etkileşim dikkate alınması gereken diğer faktörlerdir (Taylor ve Harman, 1990). Tohum uygulamalarında yaygın olarak kullanılan faydalı mikroorganizmalar ve etkileri Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5: Tohum uygulamalarında yaygın olarak kullanılan bazı faydalı mikro organizmalar ve etkileri (Bano ve Fatima, 2009; Egamberdieva, 2011; Belal ve ark., 2013; Hanci ve ark., 2014; Anonim, 2014).

Mikroorganizma türü	Hedef patojen	Bitki üzerindeki etkisi
<i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Trichoderma harzianum</i> , T22 HC ırkı	<i>Pythium</i> spp. <i>Rhizoctonia</i> spp. <i>Fusarium</i> spp.	Abiyotik stres koşullarında, çimlenme, sürgün uzunluğunda ve taze ağırlığında artış
<i>Trichoderma virens</i>	<i>Pythium</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp	-

<i>Rhizobium spp.</i>	-	Kuraklık ve tuzluluk stresi altında artan nodülasyon ve nitrojen fiksasyonu
<i>Streptomyces lydicus</i>	<i>Pythium spp.</i> , <i>Rhizoctonia spp.</i> , <i>Phytophthora spp.</i> , <i>Fusarium spp.</i> , <i>Verticillium spp.</i> , <i>Phymatotrichum omnivorum</i>	-
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>S. sclerotiorum</i> , <i>S. minor</i>	-
<i>Coniothyrium minitans</i>	<i>S. sclerotiorum</i> , <i>S. minor</i>	-
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	-	Abiyotik stres koşullarında sürgün büyümesini, kuru maddeyi ve meyve verimini artırma
<i>Reynoutria sachalinensis</i> ekstraktı	<i>Pythium spp.</i> , <i>Rhizoctonia spp.</i> , <i>Phytophthora spp.</i> , <i>Fusarium spp.</i> , <i>Verticillium spp.</i> , <i>S. sclerotiorum</i> , <i>S. minor</i> , <i>Sclerotium rolfsii</i> , <i>Plasmodiophora brassicae</i> , <i>Streptomyces scabies</i>	-

2. TOHUM KAPLAMA

Tohum kaplama, en yaygın olarak kullanılan ve en çok bilinen kaliteyi iyileştirici uygulamalardan birisidir. 2023 yılı küresel tohum kaplama pazarının yaklaşık 2 milyar \$ civarında olup 2028 yılında bu değerin 3.1 milyar \$ civarında olacağı tahmin edilmektedir (Anonim, 2024b). Tohum kaplama, en geniş anlamıyla, tohuma madde eklenmesine yönelik her türlü işlemi; en basit şekliyle tohuma yüklenmek istenen bir malzemenin tohumlara doğrudan uygulanmasıdır. Tohum kaplama uygulamaları, tohum ve fide performansını arttırmak amacıyla tohumların üzerine uygulanmak istenen biyolojik ve kimyasal vb. maddelerin yüklenmesinde taşıyıcı sistemler olarak bilinir. Çeşitli tohum kaplama teknikleri olmakla birlikte, ticari olarak en yaygın bilinen ve kullanılan teknikler, tohumların etrafına katı partiküllerin sardırılması ile şeklinin düzeltildiği ve iriliğinin artırılarak makineli ekimin kolaylaştırıldığı “peletleme”, tohum kabuğunun az bir katı materyalle kaplandığı “mini pelet (kabuk kaplama)” ve tohumun polimer (plastikliği sağlayıcı ve yapıştırıcı maddeler) ve renklendiriciler ile ince film halinde kaplandığı “film kaplama” teknikleridir (Şekil 1; Taylor ve Harman, 1990; Taylor ve ark., 2004; Kavak ve

Eser, 2005). Bunun dışında araştırma bazında olan veya özel amaçlar için kullanılan tohum kaplama teknikleri olarak, çayır mera ve süs bitkilerinde birden çok tohum türünün tek bir kütle olarak kaplanması, aglomerasyon / kümelenme (Sikhaoa ve ark., 2015), nano materyallerin tohum üzerine kaplanmasında kullanılan, elektro spinleme ve elektro spreyleme teknikleri kullanılarak yapılan kaplama (Zaim ve ark., 2023) teknikleri de söz konusudur.

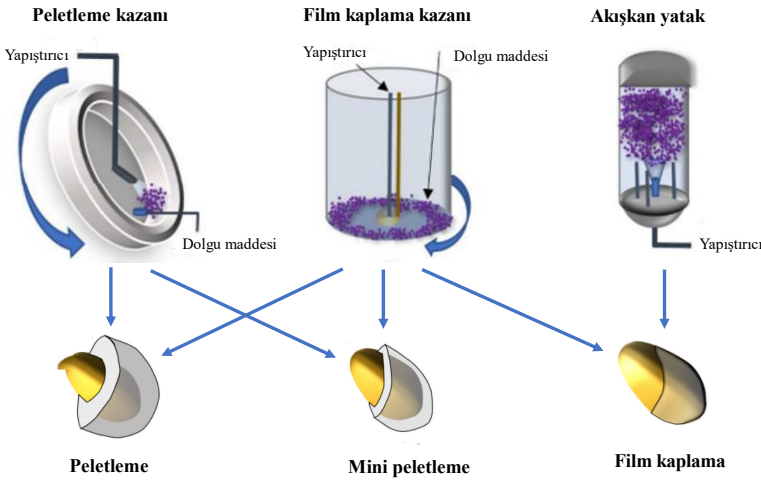


Şekil 1: Peletlenmiş, film kaplanmış, mini pelet ve orijinal soğan tohumlarının görünümü (Taylor, A.G., Cornell University, Basılmamış)

2.1. Peletleme

Küçük hafif ve şekilsiz tohumların makineli ekime uygun hale getirilmesi için katı partiküllerin tohumun etrafına sardırılması işlemine “peletleme” denir (Kavak, 2006). Pek çok bitki türünün tohumu küçük ve düzensiz şekillidir, bu da tohumların makineli ekimini ve istenilen miktarda tohum ekimini zorlaştırır veya bu tür tohumların ekiminde özel ekim makinelerine ihtiyaç duyulur. Peletlemenin asıl amacı, görünür tohum boyutunu ve ağırlığını arttırmak ve ekim makineleri için tohum şeklini değiştirmektir. Peletleme aynı zamanda tohumların etrafına daha fazla malzeme yükleme fırsatı sağlar (Taylor ve Harman, 1990; Taylor ve ark., 1998). Peletleme işlemi genellikle parti bazında gerçekleştirilir ve eğimli bir döner

tambur (peletleme kazanı) veya döner tava (film kaplama makinesi) kullanılır (Şekil 2). Peletleme kazanında dönme hızı 10 ila 35 devir/dakika aralığında iken film kaplam kazanında 100-400 rpm'dir (Scott, 1989; Ni, 2001). Peletleme kazanında tohum peletleme, istenilen tohum büyüklüğünün sağlanması için, tohum üzerine su ve yapıştırıcı, aktif materyal ve dolgu malzemesinin defalarca tekrarlanan işlemler olarak uygulanması nedeniyle, genellikle uzun çalışma saatleri, yoğun emek ve beceri gerektiren bir işlemdir.

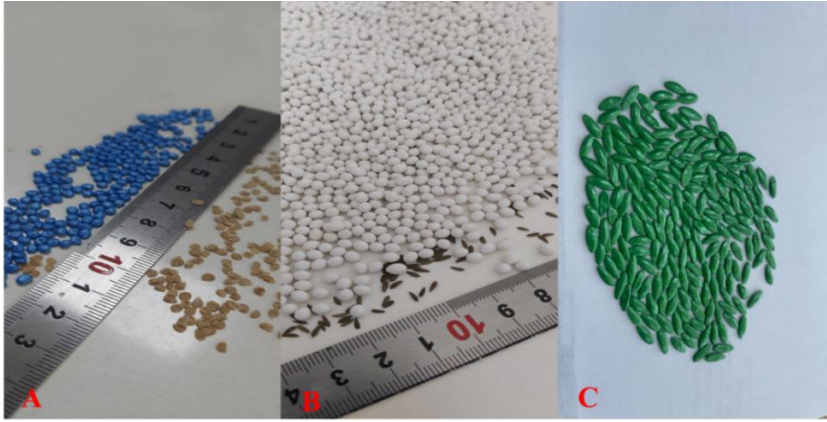


Şekil 2: En Yaygın kullanılan tohum kaplama teknikleri ve ekipmanları (Pirzada ve ark., 2020; Afzal ve ark., 2020)

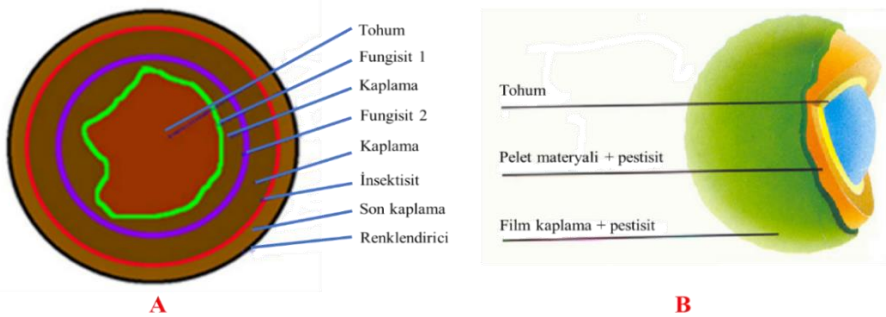
Peletleme işlemi aynı zamanda film kaplama kazanlarında gerçekleştirilmekte olup, kaplama işlemi peletleme kazanına göre daha kolay ve kısa zamanda olmaktadır. Her durumda tohumlar birleştirici madde (yapıştırıcı) ve dolgu maddesi (hacim artırıcı madde) kombinasyonu ile kaplanır. Bazı durumlarda pelet üzeri film kaplanır ve kaplama işlemi bittiğinde kurutmaya alınır (Şekil 3 ve Şekil 4). Ticari kaplama formülasyonları genellikle bağlayıcı (yapıştırıcı) ve dolgu maddelerinin karışımlarından oluşur ve kuru tozlar halinde formüle edilir (Taylor ve ark., 1998). Peletleme işleminde yapıştırıcı olarak, arap zıncı, jelatin, nişasta, ve farklı polimerler örneğin; metil selüloz, etil selüloz, polivinil alkol ve karboksimetil selüloz kullanılırken, dolgu maddeleri olarak ise kalsiyum karbonat, gri ve beyaz kireçtaşı, alçıtaşı, talk pudrası, vermikülit, diyatumlu toprak, kaolin kili, bentonit kili, kırmızı kil,

zeolit ve turba, silika unu, soya unu, aljinat tozu vb. çok çeşitli materyaller kullanılmaktadır (Kitamura ve ark., 1981; Lewis ve Papavizas, 1985; Taylor, 2020). Peletleme işleminde kullanılan dolgu maddeleri veya yapıştırıcılar tohum üzerine toksik etkili olmamalı, tohumun çimlenmesi ve büyümesi için negatif bir etki oluşturmamalı, tohum üzerine yüklenecek aktif bileşikler ile uyumlu olmalı ve aktif maddeler ile pelet materyali taşıma ve ekim sırasında kolay dağılmamalı, ancak ekimin yapıldığı ortamda suyu alarak tohumun çimlenmesine izin vermelidir. Pelet bütünlüğü, malzemenin (dolgu maddeleri ve bağlayıcılar) ve uygun teknolojinin seçimine ve uygulayan operatörün becerisine bağlıdır (Taylor ve Harman, 1990). Peletleme küçük ve şekilsiz, havuç, marul, soğan, pırasa, domates, kereviz, ıspanak, gibi sebze tür tohumlarında (Şekil 1 ve 3) ve süs bitkileri ile tarla bitkileri (yonca, haşhaş vb.) tohumlarında ticari olarak kullanılmaktadır (Yılmaz ve Kavak, 2011). Amaç, tohumları tek tek kaplamak olmalı, tohumların kaplama işlemi sırasında aglomerasyonuna (birden fazla tohumun topaklaşmasına) neden olunmamalıdır (Taylor ve Harman, 1990; Taylor ve ark., 1998).

Peletleme işleminde temel amaç tohumların iriliğini arttırmak veya şeklini düzetmek olsa da tohumlara pestisit, besin elementi, çimlenmeyi teşvik edici maddeler, faydalı mikro organizmalar vb. tohumun çimlenmesi, fide gelişimi veya bitkinin ilerleyen büyüme döneminde ihtiyaç duyacağı herhangi bir madde yüklenebilmektedir. Peletleme ile tohum üzerine çok katmanlı olarak fungusit ve insektisit kaplaması bir arada yapılabilir. Film kaplama ve pelet yöntemleri kombine edilmekte ve peletlemenin bitiminde tohum son adım olarak film ile kaplanmaktadır (Şekil 4). Bunun amacı tozlaşma (pelet materyalinin toz halinde dağılması) ile aktif materyalin kaybının engellenmesidir (Kavak, 2006).



Şekil 3: Peletlenmiş domates (A) ve marul tohumları (B; Seedperform Tohum Uygulamaları San. Ve Tic. Ltd. Şti., Bursa) ile film kaplanmış hıyar tohumları (C; Petektar Tohum San. Tic. Ltd. Şti., Antalya)



Şekil 4: Peletleme işleminde çok katmanlı fungusit ve insektisit kaplaması (A) ve peletleme sonrası film kaplama (B) (Anonim, 2024e)

Pelet oluşumu türe göre değişmekte olup, büyük veya daha küresel tohumlar genellikle son şekli vermek için daha az dolgu materyali gerektirir. Peletlenmiş tohumdaki ağırlık artışı türlere göre değişmekle birlikte 2 ile 50 kat (%200- %5000) arasında artabilmektedir (Taylor, 1997; Afzal ve ark., 2020).

2.2. Mini Pelet (Kabuk Kaplama)

Pelet tohum ile karşılaştırıldığında, mini pelet (kabuk kaplama) uygulaması tohuma daha az kaplama materyalinin yüklenildiği ve orijinal tohum şeklinin hala görülebildiği veya belli olduğu kaplama tekniğidir. Hatta

bazı durumlarda eklenen malzeme miktarının daha az olduğu durumlarda, ortaya çıkan kabuklaşmış tohum ürününün film kaplı tohumdan ayırt edilmesi zor olabilir. Kaplama sırasında su miktarının artırılması, taze kaplanmış tohumun, ambalajlama ve depolama öncesinde orijinal tohum nem içeriğine geri dönecek şekilde kurutulmasını gerektirir. Mini peletteki ağırlık artışı ise %8 ile %500 arasında değişebilmektedir (Afzal ve ark., 2020) ve peletlemeye göre tohum üzerine daha az dolgu materyali yüklendiği için daha ekonomiktir. Mini peletleme işlemi de peletlemenin yapıldığı şekilde yapıldığı için peletleme kazanında veya film kaplama makinesinde gerçekleştirilir (Şekil 2). Tohum kaplama kalınlığı ve kaplamanın sıklığı/bütünlüğü mini pelet tohumun çimlenme oranını etkileyebilir ve film kaplama ile kıyaslandığında çimlenme zamanını geciktirebilir (Şekil 1; Taylor, 1997; Afzal ve ark., 2020; Taylor, 2020).

2.3. Film Kaplama

Film kaplama, tohumların orijinal şekil ve iriliklerinde herhangi bir değişiklik meydana getirmeden tohumların plastikliği sağlayıcı maddeler (polimer vb.) ile ince bir film tabakası ile kaplanmasıdır. (Kavak, 2006). Film kaplama, eczacılık ve şekerleme endüstrilerinden adapte edilmiş bir metottur. Film kaplama esas olarak, pigment, pestisit, çimlenmeyi teşvik ediciler ve biyolojik vb. uygulamaların tohumlara homojen ve doğru bir şekilde yüklenmesini sağlamak ve ekonomik değeri yüksek tohumları çekici bir şekilde satışa sunmak için kullanılır (Taylor ve Harman, 1990; Halmer, 2000). Film kaplama formülasyonları; plastikliği sağlayıcı maddeler (polimerler) ve renklendiricilerden oluşur. Polimerler hidrofilik (suyu tutan) ve hidrofobik (suyu tutmayan) olmak üzere ikiye ayrılır. Kaplamanın gözle görünür hale gelmesi için kullanılan renklendiriciler ise tohuma estetik bir görüntü sağlamaktadır (Halmer, 1987; Halmer, 1994; Robani, 1994). Plastikliği sağlayıcı polimer ve renklendiriciler ile formüle edilmiş film kaplama solüsyonları tohum teknolojisi konusunda faaliyet gösteren firmalardan temin edilebilmektedir. Bu konuda çalışan ve önde gelen firmalar, Incotec, Hollanda; Germains Seed Technology, İngiltere; Universal Coating Systems, ABD'dir. Film kaplama, dış kazan ile arasında havalandırma kanalları veya delikleri bulunan tohumları döndüren bir tava ile bu tavanın merkezine yerleştirilmiş, yapıştırıcının (polimerin) tohumlar üzerine uygulanmasını sağlayan bir diskten

oluşan film kaplama kazanlarında gerçekleştirilir (Şekil 2). Bu tür ekipmanlar 1-2 kg tohumu kaplayan laboratuvar tipi ekipmanlar olabildiği gibi saatte 200 ton/sa kapasiteli ekipmanlarda olabilmektedir (Halmer, 1987; Robani, 1994; Kavak, 2006). Film kaplama aynı zamanda, tohumların aşağıdan yukarıya doğru sıcak hava akışıyla süspansiyon halinde tutulduğu ve kaplama malzemelerinin püskürtüldüğü dikey silindirik bir aparat olan “akışkan veya püskürtmeli yatak” kullanılarak da gerçekleştirilmektedir (Şekil, 2; Robani, 1994). Film kaplama ile tohumda meydana gelen ağırlık artışı tohumun %2 ile %5’i kadar olup, bu artış pelet ve mini pelet kaplamayla kıyaslandığında oldukça azdır (Taylor, 2020). Tohumların film kaplanmasında ticari olarak kullanılan birçok polimer solüsyonu hidrofilik özelliktedir ve uygulama öncesi kullanılacak tohum türünü göre, belirli oranda su ile seyreltilerek tohum üzerine uygulanmaktadır. Bununla birlikte özel amaçlar için, özellikle yüksek su stresinde ve düşük sıcaklıkta su alım zararına karşı tohumu korumak amacıyla, hidrofilik ve hidrofobik polimer karışımları veya hidrofobik polimerler bazı tohum türlerinin film kaplanmasında kullanılmaktadır. Bu tür kaplamada tohumlar önce hidrofobik polimer sonra ise hidrofilik polimer ile kaplanmakta ve böylece tohum çimlenmesi için gerekli olan su iki polimer katmanı arasına hapsedilmektedir (Taylor ve Harman, 1990). Bu tür özel amaçlı film kaplamada kullanılan polimerler tohum üzerine toksik etkili olmamalı, tohumun su alımına engel olacak şekilde bir kaplama gerçekleştirilmemeli ve polimer kökçük çıkışına karşı fiziksel bir bariyer oluşturmamalıdır (Kavak ve Eser, 2005; Kavak ve Eser, 2009).

2.4. Tohum Kaplama Uygulamalarının Faydaları

Yukarıda bahsedilen tohum kaplama uygulamaları ile tohumlara çimlenme, çıkış, fide gelişimi ve bitkinin ilerleyen döneminde ihtiyaç duyduğu her türlü madde yüklenebilmektedir. Bu bakımdan tohum kaplama uygulamaları tohuma istenilen maddenin etkili ve kolay bir şekilde yüklenmesini sağlayan bir yükleme tekniği olarak bilinir. Tohum kaplama uygulamaları ile;

- Ekim işlemlerini kolaylaştırma (küçük ve şekilsiz tohumlarda, Taylor ve Harman, 1990; Sharma ve ark., 2015),
- Faydalı mikroorganizma (inoculant) yükleme (Taylor ve Harman, 1990; Taylor ve ark., 1991; Ma ve ark., 2019; Paravar ve ark., 2023),

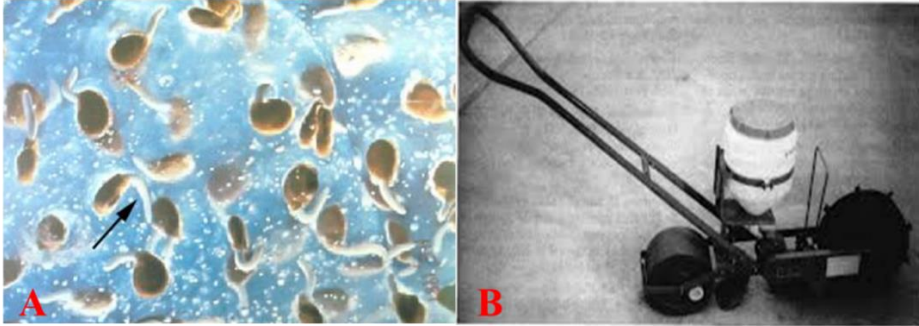
- c. Koruyucu tohum kaplama (fungusit, insektisit vb.). Bu kaplama ile fungusit ve insektisitler, bitki üzerine direkt uygulamaya göre dekar başına çok daha düşük bir dozajda uygulanabilmekte (Scott, 1989; Taylor ve ark., 2001),
- d. Makro ve mikro bitki besin maddelerinin yüklenmesi (Scott, 1989; Johnson ve ark., 2005; Farooq ve ark., 2012),
- e. Oksijen sağlayan (peroksitler) kimyasalların yüklenmesi (Leaver ve Roberts, 1984; Scott, 1989; Javed ve Afzal, 2020),
- f. Kullanılan tohum miktarından tasarruf sağlama (Taylor ve Harman, 1990; Taylor ve ark., 1998),
- g. Çimlenmeyi teşvik edici birtakım maddelerin yüklenmesi (büyüme düzenleyiciler, biyostimülantlar) ve bitki büyümesini teşvik eden bakterilerin yüklenmesi (Ma ve ark, 2011; Madsen ve ark., 2016),
- h. Kaplama materyaline herbisitlere karşı antogonistik ajanlar ilavesi ile çıkış sonrası yabancı ot mücadelesinin kolaylaştırılması (Walsh ve ark., 1998; Madsen ve ark., 2014),
- i. Sıcaklığa duyarlı polimer kullanarak düşük sıcaklıkta tohumun su alımının kısıtlanması ve su alım zararının azaltılması (Johnson ve ark., 1999; Ni, 2001, Taylor ve Kwiatkowski, 2001;),
- j. Hidrofilik (su tutan) materyaller ile kaplanarak düşük su stresine, hidrofobik (su tutmayan) materyaller kullanarak da yüksek su stresine karşı koruma sağlanabilir (West ve ark., 1985; Baxter ve Waters, 1986; Schneider ve Renault, 1997),
- k. Farklı genetik özelliğe sahip çeşitlerin ayrımında, özel uygulamaların yapıldığını gösteren ve farklı tohum partilerinin izlenmesini sağlayan renk kodlarının oluşmasını sağlayacak renklendiricilerin ve işaretleyicilerin kullanımını (Walsh ve ark., 1998; Pedrini ve ark., 2017),
- l. Özellikle film kaplamada kullanılan polimerler ile tohumların nem ve gaz alışverişi kısıtlanarak depo ömrünün uzatılabilmesi (Kavak, 2006), gerçekleştirilebilmektedir.

3. DİĞER UYGULAMALAR

3.1. Sıvı Ekim Tekniği

Sıvı ekim tekniği (aynı zamanda jel tohumlama olarak da anılır), çimlendirilmiş tohumların bir jel ortamında süspanse edilmesi ve ekstrüzyon yoluyla tohum ekim yatağına aktarılması için kullanılan bir teknik olup, geleneksel kuru tohum ekimiyle ilgili bazı sorunların üstesinden gelme potansiyeline sahiptir. Tohumlar ideal koşullar altında çimlendiğinden, tohumun ekim yapıldığı arazi koşullarının tohum çimlenmesi üzerine olan olumsuz etkilerinden (özellikle uygun olmayan çevre koşulları; kaymak tabakası oluşumu ve patojen etkisi vb.) kaçınılır ve geleneksel kuru tohum ekimine göre çimlenme ve çıkış daha hızlı, homojen ve bir örnek olabilir (Gray, 1981; Gray, 1984). Önceden çimlendirilmiş tohumlar, kuru tohumlara göre fiziksel olarak daha hassas olduğundan, daha dikkatli kullanılmalıdır. Sıvı ekim tekniğinde tohumlar, özel çimlendirme ekipmanlarında kök çıkışı olacak şekilde çimlendirilir, çimlenmemiş tohumlar ile çimlenmiş tohumlar (fotoselli makine görüşü, yuzdürme vb. ile) ayrılır ve hemen ekimde kullanılır (Şekil 5) ya da kurutma toleransını sağlamak için kademeli olarak kurutulur (%30-55 tohum nemi) ve böylece tohum birkaç hafta veya birkaç ay boyunca canlı kalabilir (Taylor ve Kenny, 1985). Çimlenmiş tohumların ekiminin kolaylaştırılması için, hidroksi etil selüloz, karboksimetil selüloz, magnezyum silikat, alüminyum silikat (laponit), hidrolize nişasta ve poliakrilamid jel dahil olmak üzere birçok jel üreten bileşik kullanılmaktadır (Taylor ve Warholiç, 1987). Sıvı ekim tekniğinde tohumların askıya alındığı jel ortamlarına, herbisitlerin etkisinden korumak için aktif karbon (Taylor ve Warholiç, 1987), bitki büyüme düzenleyicileri (Pyzik ve Orzolek, 1986), monosodyum fosfat ve amonyum polifosfat gibi bitki besin maddeleri (Finch-Savage, 1985), özellikle toprak kökenli patojenlere karşı pestisitler ve biyolojik preparatlar (Hadar ve ark., 1983; Fisher ve Conway, 1983; Giammichele ve Pill, 1984; Conway, 1986) eklenmiştir. Taylor ve Harman (1990) domates tohumlarında *Pythium spp.* kaynaklı çökerten etmenine karşı, metalaxyl, captan vb. fungusitlerin bu teknikte kullanıldığı bildirmişlerdir. Sıvı ekim tekniği, direkt tohum ekiminin yapıldığı küçük tohumlu sebze türlerinde, havuç, maydanoz, kereviz, domates, marul, soğan, kırmızı pancar, turp ve kabakgil anaçlarında bir örnek çimlenme ve çıkışın sağlanması, homojen fide gelişimi için kullanılmış olan bir tohum ekim tekniğidir (Currah ve ark., 1974; Bussel ve Gray, 1978; Salter, 1978;

Finch-Savage, 1985; Özden ve ark., 2018). Sıvı ekim tekniği, işlem görmemiş direkt tohum ekim tekniği (konvansiyonel ekim) ile kıyaslandığında; a) erken, güçlü ve homojen fide çıkışı, b) erken hasat ve yüksek verim ve c) bazı bitki türlerinde tek hasat için bir örnek olgunluk sağlamaktadır. Yine sıvı ekim tekniği ile konvansiyonel ekim tekniğine göre havuçta %22, kerevizde %36, maydanozda %107 ve domateste %12 oranında daha yüksek verim elde edildiği belirtilmiştir (Gray, 1984). Son yıllarda, hazır fide kullanımı, çimlenme ve çıkışı iyileştiren priming yöntemlerinin yaygın kullanımı, çimlenmiş tohumların muhafazasının zor olması, sıvı ekim tekniğinde tohumların çimlenmesi ve ekimi için özel ekipmanlara ihtiyaç duyulması ve fazla zaman gerektirmesi, aynı tohum partisinde çimlenmiş ve çimlenmemiş tohumların bulunması gibi nedenlerle sıvı ekim tekniğinin ticari olarak kullanımı giderek azalmıştır (Pill, 1991).



Şekil 5: Ön çimlendirilmiş ve jel içinde askıya alınmış domates tohumları (A; Anonim, 2024c) ve sıvı ekim tekniğinde kullanılan basit bir ekim makinesi (B; Pill, 1991)

3.2. Bantlanmış Tohum

Tohum ekimi tarımsal üretimin en önemli halkalarından birisidir. Günümüzde tarımsal üretimde çoğaltım materyalinin toprakla buluşturulması yaygın olarak, direk tohum ekimi ve fide dikimi şeklinde yapılmaktadır. Farklı tür tohumlarının gerek boyutlarının gerekse de yüzey özelliklerinin farklı olması, tohum ekim derinliklerinin değişkenliği ve bitkinin ilerleyen büyüme ve gelişme döneminde istemiş oldukları sıra arası ve üzeri mesafelerin farklı olması nedeniyle birçok türün ekimini yapabilen tek bir ekim makinesi tasarlamak zordur. Bu nedenle farklı tohum türlerinin ekimi için çeşitli ekim

makinelerinin tasarlanması gerekli olup, çoğu üreticinin tüm bu ekim makinelerine ekonomik nedenlerden ötürü sahip olması mümkün olmamaktadır (Chancellor, 1969; Li, 2008). Direkt tohum ekimi yapılan küçük tohumlu sebze türlerinin ekimi sonrasında istenilen bitki sıklığının sağlanması için elle ve makine ile seyreltme ihtiyacı doğmakta ve bu durum üreticilerin artan üretim maliyetleri nedeniyle seyreltme ihtiyacını ortadan kaldıran hassas ekim tekniklerine ilgi duymasını sağlamıştır (Wetzel ve Batson, 1980). Bantlanmış tohum ekim teknolojisi (tohum ipi) ilk kez, McComb (1913) tarafından, basit ekim makineleriyle ekimi zor olan sebze, süs bitkileri ve diğer türlerin küçük tohumların hassas şekilde ekilmesi (ekim sıklığının ayarlanması) için önerilmiş ve geliştirilmiş olup, farklı büyüklükteki tohumların ekim sorununu çözmek için önerilmiş bir tekniktir. Bantlanmış tohum ekim tekniği, esas olarak iki kısma ayrılmıştır. Bunlardan biri tohum bandının imalatı, diğeri ise tohum bandının döşenmesidir (Fan ve ark., 1995). Tohum bandı basit olarak, tohumların su bazlı bir yapıştırıcı veya mısır nişastası vb. kullanarak tohumların kâğıt şeritler/rulolar üzerine, tür için belirtilen aralıkta yapıştırılması ve elde edilen tohum bandının rulo haline getirilmesi şeklinde yapılır. Genel olarak bantlanmış tohum teknolojisi sırasıyla temel olarak katlama, çok katmanlı kâğıt bant sarma ve ip bükme olmak üzere üç grup içerir. Katlama tipi, tohumların bir kat bant içinde ikiye katlanarak sarılmasını, çok katmanlı kâğıt bant sarma tipi, bir tohum bandı oluşturmak için iki veya daha fazla tohum katmanının kullanılmasını, ip büküm tipi ise yalnızca bir kâğıt bandın bükülerek bant şeklinin verilmesini ifade eder (Zhang ve ark., 2021). Tohum bandı malzemelerinin geri kazanılması karmaşık ve sıkıcı bir süreç olup, bu nedenle kullanılan malzemenin biyolojik olarak parçalanabilir olması gerekir (Zhang ve ark., 2021). Tarımsal plastik filmin bozunması (toprakta parçalanması), biyolojik olarak parçalanabilen ve plastikleştiriciler içeren nişastanın eklenmesiyle hızlandırılabilir. Tohum bandı üretiminde kullanılan biyolojik olarak parçalanabilen malzemeler temel olarak iki tür içerir; biri biyolojik olarak parçalanabilen selüloz elyaf malzemesi, diğeri ise biyolojik olarak parçalanabilen sentetik selüloz malzemedir (Zhang ve ark., 2003). En yaygın kullanılan malzemeler suda çözünen polyethylene oxide, polylactic acid fiber (PLA), keten-PLA dokunmamış elyaf ve suda çözünen ethyl cellulose, methyl cellulose vb. polimerlerdir (Zhang ve ark., 2021). Bantlanmış tohum ekim tekniği ile tohum, gübre, pestisit, faydalı mikroorganizmalar, çimlenme teşvik

ediciler vb. maddeler aynı anda uygun malzemeden yapılmış bir bant taşıyıcıya yerleştirilir ve tek bir ekim makinesi birden fazla türün bantlanmış tohumlarının ekimi için kullanılabilir (Zhang ve ark., 2021). Wetzel ve Batson (1980) polietilen oksit ile bantlanmış domates tohumlarında, *Rhizoctonia solani* ve *Pythium aphanidermatum* enfeksiyonlarının misel gelişiminin, doğrudan domates ekimine kıyasla ile önemli ölçüde azaldığını belirlemişlerdir.



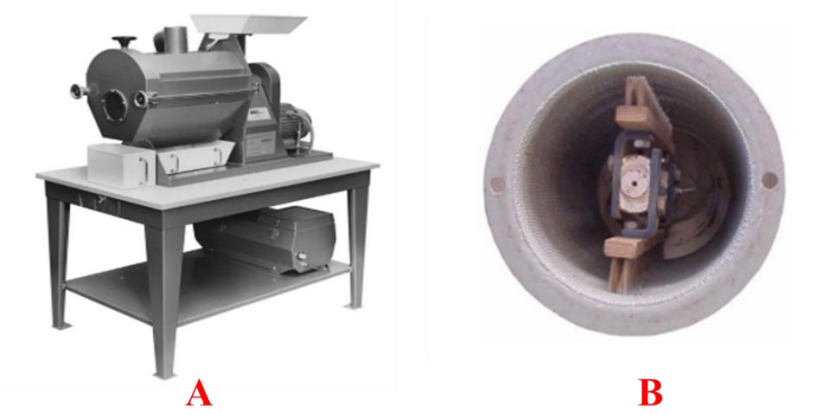
Şekil 6: Bantlanmış tohum (A) ve bantlanmış tohum ekim makinesi (B). (Anonim, 2024d)

Bantlanmış tohum ekim tekniği aynı zamanda elle ekim veya üreticiler tarafından basit ekim makineleriyle yapılan ekimin neden olduğu tohum israfını da önlemektedir (Lin ve ark., 2020). Bantlanmış tohum ekim tekniği yaygın olarak direkt tohum ekimi yapılan, marul, turp, ıspanak, kırmızı pancar, soğan, havuç (Chancellor, 1969; William ve Kratky, 1972; Nakajima ve ark., 2003) gibi türlerin yanı sıra, kabak, kavun, karpuz, hıyar, biber, patlıcan ve lahanagil sebzelerinin tohumlarında kullanılmaktadır (Şekil 6; Anonim, 2024d).

3.3. Tohum Kabuğundaki Tüy, Diken ve Çengellerin Uzaklaştırılması

Bazı sebze türlerinin tohumları, tohum çimlenmesinin iyileştirilmesi, makineli ekimin kolaylaştırılması amacıyla, tohum kabuğu üzerindeki, tüy, diken ve uzantıların uzaklaştırılması için hasat sonrasında fiziksel birtakım uygulamalara tabi tutulmaktadır. Tohum kabuğunun keskin bıçak, zımpara kağıdıyla kısmen çıkarılması veya kimyasal uygulamalara tabi tutulması tohum çimlenmesini ve fide oluşumunu önemli ölçüde artırabilir. Triploid karpuz tohumları sıklıkla bu şekilde işlenir. Kabak gibi bazı sert tohumlu anaç tohumlarının kökçük ucu kısmı tırnak makası ile alınır veya çitlatılır. Havuç

tohumlarından dikenlerin veya çengellerin uzaklaştırılması, erken tohum çimlenmesini büyük ölçüde artırır. Botanik olarak meyve olan ıspanak tohumlarından perikarpın (meyve kabuğunun) uzaklaştırılması, tohum çimlenmesini büyük ölçüde iyileştirir ve böylece bir örnek bitki gelişimi sağlanarak tek bir hasat yapılabilir (Lee, 2004). Havuç ve dereotu tohumlarında, tohumların birbirine yapışarak kümeler oluşturmalarına neden olan ve tohum partisinin serbest akışını engelleyen uzantılar (dikenler) bulunur. Yine domates tohumları üzerinde bulunan tüyler (hav) ve hıyar gibi türler (kabakgiller) tohum kabuğu üzerinde jelimsi madde içermekte, tohum partileri kurutulduklarında birbirine yapışmış tohum kümelerini içermektedir. Tohum uzantılarının çıkarılması ve çiçek salkımlarının ayrılması, genellikle tohum partisinin bir "kılçık sökücü" makineden veya "fırçalama" makinesinden geçirilmesi ile sağlanabilir. Fırçalama makineleri (Şekil 7), havuç tohumlarının kuru şemsiyelerden ayrılması veya marul tohumlarının saplarının ve kurutulmuş çiçek salkımlarının çıkarılması gibi özel bir temizleme veya ayırmanın gerekli olduğu durumlarda kullanılır. Bu makineler, özel olarak hazırlanmış silindirik gözenekli yüzeylere (metal elekler) karşı dönen bir dizi fırçadan oluşur (George, 2009). Tohum üzerindeki uzantılarının fırçalama makinelerinde uzaklaştırılması sırasında, tohum nemi, fırça sertliği, elek tipi, fırça ile elek arasındaki açıklık ve fırçalama süresi önemli faktörler olup, uygulama sırasında tohumun zarar görmemesine dikkat edilmelidir (Kavak ve Taylor, 2013). Domates tohumları üzerinde bulunan uzantılar (hav), tohumların meyveden ekstraksiyonunda HCl asit kullanılarak da uzaklaştırılabilmektedir. Bu amaçla domates tohumları %1 ile %3 arasında değişen HCl solüsyonlarında 15-30 dakika süreyle tutulmakta ve uygulamadan hemen sonra en az 2-3 kez su ile durulanmaktadır (Raval ve ark., 2016).



Şekil 7: Tohum kabuğu üzerindeki uzantıların uzaklaştırılmasında kullanılan fırçalama makinesi (A) ve iç görünüşü (Anonim, 2024f)

4. SONUÇ

Tohumların işlenmesi, depolanması, hijyeni, ekimi sırasında ve hatta fide dönemi boyunca etkisini gösteren çeşitli kalite iyileştirici uygulamalar konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Tohumların kalitesini arttırmak amacıyla kullanılan kalite iyileştirici uygulamalar, tohum partisi içindeki heterojenliği azaltmakta, her bir tohumun hasat edildiği andaki maksimum kalite ve potansiyelini korumak veya ortaya çıkarmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu uygulamalar ile tohumların bireysel (tek tek) veya birlikte (tohum partisinin) kalitesi ve performansı artırılmakta ve ekim için hazır hale getirilmektedir.

Kalite iyileştirici uygulamalardan olan fiziksel uygulamalar, mevcut kimyasal uygulamalara alternatif bir yaklaşım olarak kullanılmakta ve tercih edilmektedir. Tohum çimlenmesini ve fide çıkışını arttırmak için kullanılan fiziksel uygulamalar, çevre dostu uygulamalar olup organik tohum uygulamaları olarak kullanılabilir. Birlikte, tohumun zarar görebilme riskinden dolayı kullanımında dikkatli olunması gereken uygulamalardır. Kimyasal uygulamaların başında gelen pestisitler, tohumla taşınan hastalık etmenlerinin kontrolü ve tohumun çimlenme sırasında karşılaşılabileceği toprak kökenli patojenlere karşı koruma sağlamak amacıyla, bazı ağartıcı ve aşındırıcı kimyasallar (sodyum hipoklorit, hidrojen peroksit vb.) ise dezenfeksiyon amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Biyolojik uygulamalar ise kimyasal pestisitlerin kullanımına alternatif sağlar. Biyolojik tohum uygulamasının

hedefleri arasında toprak kaynaklı patojenlerin kontrolü, bitki kök bölgesinde faydalı mikroorganizmaların kolonizasyonu ile kök bölgesinin korunması ve bitki büyümesinin artırılması yer alır. Tohum, koruyucu malzemeler (kimyasal, biyolojik vb.), çimlenmeyi teşvik edici büyüme düzenleyiciler, çimlenme ve bitki büyümesi sırasında ihtiyaç duyulan besin maddeleri için uygun bir taşıyıcı ve dağıtım sistemidir. Bu amaçla, peletleme, mini pelet, film kaplama gibi tohum kaplama teknolojileri yaygın olarak kullanılmaktadır. Yine tohumların ekim öncesi çimlenmesini iyileştirmek amacıyla priming (ön çimlendirme), sıvı ekim ve bantlanmış tohum ekim teknikleri araştırılmıştır. Bu uygulamaların amacı ise tohumların çimlenme ve çıkış oranını arttırmak, ekim işlerini kolaylaştırmak ve iyi bir bitki deseni elde etmektir.

Tohum kalitesini iyileştirici uygulamaların gelecekteki gelişimi ve ticari kullanımları, amaçlanan fayda bakımından uygulamanın çok değişik tarla ve fidelik koşulları altında etkili olması, tohuma herhangi bir zararlı etkisinin olmaması, ekonomik ve pratik olması, kolay uygulanabilmesi ve çevre dostu olması gibi faktörlere bağlıdır. Çoğunlukla akademik çalışmalarda, az miktardaki tohum partisi ve tohum ile çalışılırken, endüstriyel olarak çok daha fazla tohum partisi ve miktarı ile çalışılmaktadır. Özellikle tohumla taşınan hastalık etmenlerinin ortadan kaldırılmasında kullanılan fiziksel ve kimyasal uygulamaların endüstriyel ölçekte tohum canlılığı, gücü ve raf ömrünü (depo) tehlikeye atmadan uygulanmasında zorluklar vardır. Hem tohum endüstrisi hem de yetiştiriciler, tüm bu işlemlerin tohuma doğru, eşit ve güvenli bir şekilde uygulanması konusunda hassasiyet göstermektedir. Bu bakımdan, tohum endüstrisinde faaliyet gösteren firmalar veya tohumu kullanan üreticiler, bu uygulamaları ve teknolojileri açık bir fayda veya yaptıkları yatırımın net bir getirisini gördüklerinde kullanmaktadır.

KAYNAKÇA

- Abd El-Sattar, A.M., Tawfik, E. & Ahmed, E.Z. (2024). Physiological and genetical responses of *Lepidium sativum* L. seeds to ultrasonic pretreatment under heat stress. *Egyptian Journal of Botany*, 64(1), 257-275.
- Afzal, I., Javed, T., Amirkhani, M. & Taylor, A.G. (2020). Modern seed technology: seed coating delivery systems for enhancing seed and crop performance. *Agriculture*, 10(11), 526. doi:10.3390/agriculture10110526
- Aladjadjiyan, A. & Svetleva, D. (1997) Influence of magnetron irradiation on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 3(6): 741-747.
- Aladjadjiyan, A. (2007). The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. *Journal of Central European Agriculture*, 8(3), 369-380.
- Aladjadjiyan, A. (2010). Effect of microwave irradiation on seeds of lentils (*Lens Culinaris*, Med.). *Romanian Journal of Biophysics*, 20, 213-221.
- Alkemade, J.A., Arncken, C., Hirschvogel, C., Messmer, M.M., Leska, A., Voegelé, R.T., & Hohmann, P. (2022). The potential of alternative seed treatments to control anthracnose disease in white lupin. *Crop Protection*, 158, 106009. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.106009>
- Anonim, (2014). Seed Treatments Vegetables. In: Louisiana Plant Disease Management Guide. LSU AgCenter Research & Extension.
- Anonim, (2024a). <https://zayndu.com/> Erişim Tarihi: 14.05.2024
- Anonim, (2024b). Seed Coating Market. <https://www.marketsandmarkets.com> Erişim Tarihi: 18.05.2024
- Anonim, (2024c). Fluid drilling. <https://propg.ifas.ufl.edu/04-seeds/03-germination/03-seedsgermination-fluiddrilling.html>. Erişim tarihi: 20.05.2024
- Anonim, (2024d). <http://www.plantseeder.co.jp/en.html> Erişim tarihi: 20.05.2024
- Anonim, (2024e). Multi-layering with pesticides. <https://www.seedquest.com/technology/from/Incotec/rotarycoating/multilayering.htm> Erişim Tarihi: 27.05.2024
- Anonim, (2024f). Tohum fırçalama makinesi. <https://www.hoffmanmfg.com/products/westrup-model-la-h-en/> Erişim Tarihi: 28.05.2024
- Araujo, S.D.S., Paparella, S., Dondi, D., Bentivoglio, A., Carbonera, D., & Balestrazzi, A. (2016). Physical methods for seed invigoration: advantages and challenges in seed technology. *Frontiers in Plant Science*, 7, 646. doi: 10.3389/fpls.2016.00646

- Banik, S., Bandyopadhyay, S. & Ganguly, S. (2003). Bioeffects of microwave- A brief review. *Bioresource Technology*, 87, 155-159.
- Bano, A. & Fatima, M. (2009). Salt tolerance in *Zea mays* (L). following inoculation with *Rhizobium* and *Pseudomonas*. *Biology and Fertility of Soils*, 45(4),405-413.
- Baxter, J. & Waters, L. (1986). Effect of a hydrophilic polymer seed coating on the imbibition, respiration and germination of sweet com at four matric potentials. *The Journal of the American Society for Horticultural Science*, 111, 517-520.
- Begum, J., Anwar, M.N., Akhter, N., Nazrul Islam Bhuiyan, M.D. & Hoque, M.N. (2010). Efficacy of essential oils as jute seed protectant. *Chittagong University Journal of Biological Sciences*, 5,1-7.
- Belal, E.B., Hassan, M.M. & El-Ramady, H.R. (2013). Phylogenetic and characterization of salt-tolerant rhizobial strain nodulating faba bean plants. *African Journal of Biotechnology*, 12(27), 4324-4337.
- Benedito, J., Carcel, J. A., Gonzalez, R. & Mulet, A. (2002). Application of low intensity ultrasonics to cheese manufacturing processes. *Ultrasonics*, 40, 19-23.
- Bokhari, N.A., Siddiqui, I., Parveen, K., Siddique, I., Rizwana, H., & Soliman, D. A. (2013). Management of anthracnose of banana by UV irradiation. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 23, 1211-1214.
- Brown, J.E., Lu, T.Y., Stevens, C., Khan, V.A., Lu, J.Y., Wilson, C.L., Collins, D.J. Wilson, M.A. Igwegbe, E.C.K., Chalutz, E., Droby, S. (2001). The effect of low dose ultraviolet light-C seed treatment on induced resistance in cabbage to black rot (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*). *Crop Protection*, 20(10), 873-883. doi: 10.1016/S0261-2194(01)00037-0
- Bussell, W.T. & Gray, D. (1978). Effects of pre-sowing seed treatments and temperatures on tomato seed germination and seedling emergence. *Scientia Horticulturae*, 5, 101-109.
- Chancellor, W.J. (1969). Seed tape system for precision selection and planting of small vegetable seeds. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 12, 876-879.
- Ciu, K.Y. & Sung, J.M (2014). Use of ultrasonication to enhance pea seed germination and microbial quality of pea sprouts. *International Journal of Food Science and Technology*, 49, 1699-1706.
- Compant, S, Duffy, B., Nowak, J., Clement, C. & Barka, E.A. (2005). Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action and future prospects. *Applied and Environmental Microbiology*, 71 ,4951-4959.
- Conway, K.E. (1986). Use of fluid drilling gels to deliver biological control agents to soil. *Plant Disease*, 70, 835-839.

- Copeland, L.C. & McDonald, M.B. (2001). Principles of Seed Science and Technology (4th ed.). Kluwer Academic Publ. Dordrecht, The Netherlands.
- Currah, E., Gray, D., & Thomas, T.H. (1974). The sowing of germinating vegetable seeds using a fluid drill. *Annals of Applied Biology*, 76(3), 311-318.
- Desai, B.B., Kotecha, P.M. & Salunkhe, D.K. (1997). Seeds Handbook, Biology, Production, Processing, and Storage. Marcel Dekker. p.503-520.
- Dhayal, M., Lee, S.Y. & Park, S.U. (2006). Using low-pressure plasma for *Carthamus tinctorium* L. seed surface modification. *Vacuum*, 80, 499-506.
- Egamberdieva, D. (2011). Survival of *Pseudomonas extremorientalis* TSAU20 and *P. chlororaphis* TSAU13 in the rhizosphere of common bean (*Phaseolus vulgaris*) under saline conditions. *Plant, Soil and Environment*, 57(3), 122-127.
- Falconi, C. E. & Yanez-Mendizabal, V. (2022). Available strategies for the management of andean lupin anthracnose. *Plants*, 11, 654. <https://doi.org/10.3390/plants11050654>
- Fan, Z., Gao, K. & Mi, X. (1995) Preliminary study on carrier tape sowing method of maize seeds. *Journal of Shanxi Agricultural University*, 15, 241-243.
- Farooq, M., Wahid, A. & Siddique, K.H. (2012). Micronutrient application through seed treatments: A review. *The Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12, 125-142.
- Finch-Savage, W.E. (1985). Some effects of seed-bed conditions on seedling establishment from fluid drilled pregerminated seed. *Acta Horticulturae*, 198, 277-286.
- Fisher, C. G. & Conway, K. E. (1983). Fluid drilling: a potential delivery system for fungal biological control agents with small-seeded vegetables. *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science*, 63,100-101.
- Gaba, V., Kathiravan, K., Amutha, S., Singer, S., Xiaodi, X. & Ananthakrishnan, G. (2008). The uses of ultrasound in plant tissue culture. In *Focus on Biotechnology*, Vol VI. Plant Tissue Culture Engineering, 417-426 (Eds G. S. Dutta and Y. Ibaraki). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- George, R.A.T. (2009). Vegetable Seed Production, 3rd Edition. Oxfordshire, UK, Cambridge, USA: CAB International.
- Gerhardson, B. (2002). Biological substitutes for pesticides. *Trends in Biotechnology*, 20, 338-343.
- Giammichele, L.A. & Pill, W.G. (1984). Protection of fluid-drilled tomato seedlings against damping-off by fungicide incorporation in a gel carrier. *HortScience*, 19, 877-879.

- Goussous, S.J., Samarah, N.H., Alqudah, A.M. & Othman, M.O. (2010). Enhancing seed germination of four crop species using and ultrasonic technique. *Experimental Agriculture*, 46 (2), 231-242.
- Guajardo-Flores, D., Serna-Guerrero, D., Serna-Saldivar, S.O., & Jacobo-Velazquez, D.A. (2014). Effect of germination and UV-C radiation on the accumulation of flavonoids and saponins in black bean seed coats. *Cereal Chemistry*, 91, 276-279. [https:// doi.org/10.1094/CCHEM-08-13-0172-R](https://doi.org/10.1094/CCHEM-08-13-0172-R)
- Gray, D. (1981). Fluid drilling of vegetable seeds. *Horticultural Reviews*, 3, 1-27.
- Gray, D. (1984). The role of fluid drilling in plant establishment. *Aspects of Applied Biology*, 7, 153-172.
- Guragain, R.P., Baniya, H.B., Pradhan, S.P., Dhungana, S., Chhetri, G.K., Sedhai, B., Basnet, N., Panta, G.P., Joshi, U.M., Pandey, B.P., & Subedi, D.P. (2021). Impact of non-thermal plasma treatment on the seed germination and seedling development of carrot (*Daucus carota sativus* L.). *Journal of Physics Communications*, 5(12), 125011.
- Hadar, Y., Hannan, G.E., Taylor, A.G. & Norton, J.M. (1983). Effects of pre-germination of pea and cucumber seeds and of seed treatment with *Enterobacter cloacae* on rots caused by *Pythium* spp. *Phytopathology*, 73, 1322-1325.
- Halmer, P. (1987). Technical and commercial aspects of seed pelleting and film-coating. BCPC Mono. No: 39 Application to Seed and Soil, 191-204.
- Halmer, P. (1994). The development of quality seed treatments in commercial practice-objectives and achievements. BCPC Monograph No. 57: Seed Treatment: Progress and Prospects, 363-374.
- Halmer, P. (2000). Commercial seed treatment technology. In: *Seed Technology and Its Biological Basis*. Ed. Black, M and Bewley, J.D., Sheffield Academic Press Ltd, England, p. 257-283.
- Halmer, P. (2003). Enhancing seed performance for better yield and quality. *Asian Seed*, 10(2), 4-7.
- Halmer, P. (2008). Seed technology and seed enhancement. *Acta Horticulturae*, 771, 17-26.
- Hampton, J.G. (2002). What is seed quality? *Seed Science and Technology*, 30, 1-10.
- Hanci, F., Cebeci, E., & Polat, Z. (2014). The effects of *Trichoderma harzianum* on germination of onion (*Allium cepa* L.) seeds. *TABAD Research Journal of Agricultural Sciences*, 7 (1), 45-48.
- Henselova, M., Slovakova, L., Martinka, M. & Zahoranova, A. (2012). Growth, anatomy and enzyme activity changes in maize roots induced by treatment of seeds with low temperature plasma. *Biologia*, 67, 490-497.
- Hopkins, D.L., Thompson, C.M., Hilgren, J. & Lovic, B. (2003). Wet seed treatment with peroxyacetic acid for the control of bacterial fruit blight

- and other seed-borne diseases of watermelon. *Plant Disease*, 87, 1495-1499.
- Jamieson, G. (2008). New Perspectives on Seed Enhancement. Proc. IVth IS on Seed, Transplant and Stand Establishment of Hort. Crops, *Acta Horticulturae*, 782, 143-150.
- Jang, W.S. (1998). Effect of dry heat treatment on germination and seedling vigor of cucurbitaceous vegetables. MS Diss., Kyung Hee Univ., Suwon, Korea.
- Javed, T. & Afzal, I. (2020). Impact of seed pelleting on germination potential, seedling growth and storage of tomato seed. *Acta Horticulturae*, 1273, 417-424.
- Jiang, J., Lu, Y., Li, J., Li, L., He, X., Shao, H. & Dong, Y. (2014). Effect of seed treatment by cold plasma on the resistance of tomato to *Ralstonia solanacearum* (Bacterial Wilt). *PLoS ONE* 9(5): e97753. doi:10.1371/journal.pone.0097753
- Johnson, G.A., Hicks, D.H., Stewart, R.F. & Duan, X. (1999). Use of temperature-responsive polymer seed coating to control seed germination. *Acta Horticulturae*, 504, 229-236.
- Johnson, S.E., Lauren, J.G., Welch, R.M. & Duxbury, J.M. (2005). A comparison of the effects of micronutrient seed priming and soil fertilization on the mineral nutrition of chickpea (*Cicer arietinum*), lentil (*Lens culinaris*), rice (*Oryza sativa*) and wheat (*Triticum aestivum*) in Nepal. *Experimental Agriculture*, 41 (4), 427-448. <https://doi.org/10.1017/S0014479705002851>.
- Kavak, S. & Eser, B. (2005). Tohumların film kaplanmasında kullanılan bazı polimerlerin çimlenme ve çıkış üzerine olan olumsuz etkisinin ortadan kaldırılması üzerine araştırmalar. Türkiye II. Tohumculuk Kongresi, 9-11 Kasım, 2005, Adana, 76-81.
- Kavak, S. (2006). Farklı Polimer Kaplama Materyal ve Uygulamalarının Soğan Tohumlarında Depo Ömrü ve Yaşlanma Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 202 s.
- Kavak, S. & Eser, B. (2009). Influence of polymer coatings on water uptake and germination of onion (*Allium cepa* L. cv. Aki) seeds before and after storage. *Scientia Horticulturae*, 121, 7-11.
- Kavak, S., Coskun, S., Uner, K. & Uzun, M. (2012). Effects of ultrasonic treatments on germination and emergence of okra seeds. 9. Ulusal Sebze Tarımı Sempozyumu Bildiri Kitabı, s.73-80, 12-14 Eylül, 2012, Konya.
- Kavak, S. & Taylor, A.G. (2013). Caryopsis extraction from big bluestem spikelets (*Andropogon gerardii*) with seed conditioning equipment: optimal water activity for recovery and seed quality. *Seed Science and Technology*, 41(1), 60-72.
- Khan, A.A. (1992). Preplant physiological seed conditioning. *Horticultural Reviews*, 13, 131-181.

- Kim, D.H. & Lee, J.M. (2000). Seed treatment for cucumber green mottle mosaic virus (CGMMV) in gourd (*Lagenaria siceraria*) seeds and its detection. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, 41(1), 1-6.
- Kim, S.M., Nam, S.H., Lee, J.M., Yim, K.O. & Kim, K.H. (2003). Destruction of cucumber green mottle mosaic virus by heat treatment and rapid detection of virus inactivation by RT-PCR. *Molecules and Cells*, 16(3), 338-342.
- Kitamura, S., Watanabe, M. & Nakazarna, M. (1981). Process for producing coated seed. US Patent 4, 250, 660.
- Koukounaras, A., Boursianis, A., Kostas, S., Theopoulos, A., Bantis, F. & Samaras, T. (2023). Pre-sowing static magnetic field treatment of vegetable seeds and its effect on germination and young seedlings development. *Seeds*, 2, 394-405. <https://doi.org/10.3390/seeds2040030>
- Kubisz, L., Holubowicz, R., Gauza, M., Li, H., Hojan-Jeziarska, D. & Jaroszyk, F. (2012). Effect of low frequency magnetic field on germination of onion (*Allium cepa* L.) seeds. *Acta Physica Polonica A*, 121, 49-53.
- Kumar, R., Thakur, A.K., Vikram, A., Vaid, A. & Rane, R. (2019). Effect of cold plasma treatment of seeds on quality of seed crop of okra. *International Journal of Economic Plants*, 6(2), 073-077.
- Leaver, J.P. & Roberts, E.H. (1984). Peroxides in seed coatings. *Outlook on Agriculture*, 13(3), 147-153.
- Lee, J.M., Choi, G.W., Kim, K.H., Choi, Y.M. & Yoon, J.Y. (2003). Development of dry heat treatment technique for vegetable seeds (in Korean; English summary). Final Report to Ministry of Agriculture & Forestry. p.156.
- Lee, J.M. (2004). Advances in seed treatments for horticultural crops. *Chronica Horticulturae*, 44(2), 11-20.
- Lewis, J.A. & Papavizas, G.C. (1985). Characteristics of alginate pellets formulated with *Trichoderma* and *Gliocladium* and their effects on the proliferation of the fungi in soil. *Plant Pathology*, 34(4), 571-577.
- Li, C. (2008). Research on development of seed tape technology. *J. Xiaogan Univ.*, 28, 91-94.
- Li, K., Zhang, L., Shao, C., Zhong, C., Cao, B., Shi, Q. & Gong, B. (2021). Utilising cold plasma seed treatment technologies to delay cotyledon senescence in tomato seedlings. *Scientia Horticulturae*, 281, 109911.
- Lin, J., Shao, Y., Li, H., Wang, R., Feng, L. & Yang, G. (2020). Discussion on precision planting technology of vegetable seeds. *Sci. Technol. Tianjin Agric. For.*, 33-34.
- Lotfy, K. (2017). Effects of cold atmospheric plasma jet treatment on the seed germination and enhancement growth of watermelon. *Open Journal of Applied Sciences*, 7, 705-719.

- Ma, Y., Prasad, M.N.V., Rajkumar, M. & Freitas, H. (2011). Plant growth promoting rhizobacteria and endophytes accelerate phytoremediation of metalliferous soils. *Biotechnology Advances*, 29, 248-258.
- Ma, Y., Latr, A., Rocha, I., Freitas, H., Vosatka, M. & Oliveira, R.S. (2019) Delivery of inoculum of *Rhizophagus irregularis* via seed coating in combination with *Pseudomonas libanensis* for cowpea production. *Agronomy*, 9, 33. doi:10.3390/agronomy9010033.
- Madsen, M.D., Davies, K.W., Mummey, D.L. & Svejcar, T.J. (2014) Improving restoration of exotic annual grass-invaded rangelands through activated carbon seed enhancement technologies. *Rangeland Ecology & Management* 67, 61-67.
- Madsen, M.D., Fidanza, M.A., Barney, N.S., Kostka, S.J., Badrakh, T. & McMillan, M.F. (2016). Low-dose application of nonionic alkyl terminated block copolymer surfactant enhances turfgrass seed germination and plant growth. *HortTechnology*, 26, 379-385.
- Mancini, V. & Romanazzi, G. (2014). Seed treatments to control seed-borne fungal pathogens of vegetable crops. *Pest Management Science*, 70(6), 860–868.
- Mason, T. J. & Povey, M J.W. (1998). *Ultrasound in Food Processing*. London: Blackie Academic and Professional.
- McComb, W.N. (1913). Seed tape. US Patent 1143980, filed August 20, 1913, and issued July 22, 1915.
- Memiş, N., Muhie, S.H., Njie, E.S., Şahin, G. & Demir, İ. (2022). Effect of ultrasonic treatment on seed germination and seedling emergence in seven vegetable species. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 37(1), 57-66.
- Misra, N.N., Tiwari, B.K., Raghavarao, K.S.M.S & Cullen, P.J. (2011). Nonthermal plasma inactivation of food-borne pathogens. *Food Engineering Reviews*, 3, 159-170.
- Mohsenkhah, M., Mahzoon, M. & Talei, D. (2018). Microwave radiation, seed germination and seedling growth responses in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Horticulture International Journal*, 2(6), 332-336.
- Monteiro, J.H., Mendiratta, S.K. & Capitao, A. (2008). Effect of microwave fields on the germination period and shoot growth rate of some seeds. *International conference Recent Advances in Microwave Theory and Applications*, Jaipur, India, p. 792–793.
- Munmun, N., Zehad, P., Md Shah, A., Md Shahidul, I. & Md Rubel, M. (2017). Effect of hydrogen peroxide treatment on health and quality of chilli seed. *Int. J. Plant Pathol.*, 8, 8-13.
- Nakajima, Y., Morita, T., Kataoka, K., Fudano, T. & Kawase, K. (2003). The trial of leaf and root crops cultivation using paper mulch combined with seed tape. *Horticultural Reviews*, 2, 293-296.

- Nakamura, H. (1982). Effects of dry heat treatment for seed disinfection on germination in vegetables. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 15(4), 243-247.
- Nalwa, C., Thakur, A.K., Vikram, A., Rane, R. & Vaid, A. (2017). Effect of cold plasma treatment and priming in bell pepper (*Capsicum annuum* L.). *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 8(4), 535-538.
- Nega, N., Ulrich, R., Werner, S. & Jahn, M. (2003). Hot water treatment of vegetable seed - an alternative seed treatment method to control seed-borne pathogens in organic farming. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 110 (3), 220-234.
- Ni, B.R. (2001), Alleviation of seed imbibitional chilling injury using polymer film coating. 2001 BCPC Symposium Proceedings, No. 76: Seed Treatment: Challenges and Opportunities, 73-80.
- Nicolopoulou-Stamati, P., Maipas, S., Kotampasi, C., Stamatis, P. & Hens, L. (2016). Chemical pesticides and human health: The urgent need for a new concept in agriculture. *Frontiers in Public Health*, 4, 148. doi: 10.3389/fpubh.2016.00148
- Qubibi, C., Attia, H., Rebah, F., Msilini, N., Chebbi, M., Aarouf, J., Urban, L. & Lachaal, M. (2014). Salt stress mitigation by seed priming with UV-C in lettuce plants: Growth, antioxidant activity and phenolic compounds. *Plant Physiology and Biochemistry*, 83, 126-133. doi: 10.1016/j.plaphy.2014.07.019
- Özden, E., Ermiş, S., Küçük Hüseyin, E. & Demir, İ. (2018). The effect of fluid drilling on seedling quality of cucurbit rootstock seeds at low temperature sowing. *Alatarım*, 17(2), 128-133.
- Paravar, A., Piri, R., Balouchi, H. & Ma, Y. (2023). Microbial seed coating: An attractive tool for sustainable agriculture. *Biotechnology Reports*, 37, e00781, <https://doi.org/10.1016/j.btre.2023.e00781>
- Pedrini, S., Merritt, D. J., Stevens, J., & Dixon, K. (2017). Seed Coating: Science or Marketing Spin? *Trends in Plant Science*, 22(2), 106-116. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.11.002>
- Pill, W.G. (1991). Advances in fluid drilling. *HortTechnology*, Oct./Dec., 59-65.
- PJB., (1994). The Seed Treatment Market. PJB Publ. Ltd-1994. p.244.
- Pirzada, T., De Farias, B.V., Mathew, R., Guenther, R.H., Byrd, M.V., Sit, T.L., Pal, L., Opperman, C.H. & Khan, S.A. (2020) Recent advances in biodegradable matrices for active ingredient release in crop protection: towards attaining sustainability in agriculture. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 48, 121-136. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2020.05.002>
- Pyzik, T.P. & Orzolek, M.D. (1986). The effect of plant growth regulators and other compounds in gel on the emergence and growth of tomato

- seedlings in a cool potting medium. *Journal of Horticultural Science*, 61, 89-94.
- Radzevicius, A., Sakalauskiene, S., Dagys, M., Simniskis, R., Karklelien, R., Bobinas, C. & Duchovskis, P. (2013). The effect of strong microwave electric field radiation on: (1) vegetable seed germination and seedling growth rate. *Zemdirbyste-Agriculture*, 100(2), 179–184.
- Ragha, L., Mishra, S., Ramachandran, V. & Bhatia, M. (2011). Effects of low-power microwave fields on seed germination and growth Rate. *Journal of Electromagnetic Analysis and Applications*, 3 (5), 165-171. doi: 10.4236/jemaa.2011.35027.
- Ramteke, A.A., Meshram, U. P. & Yaul, A. R. (2015). Effect of ultrasonic waves on seed germination of *Lycopersicon esculentum* and *Anethum graveolens*. *International Journal of Chemical and Physical Sciences*, 4, Special Issue, 333-336.
- Raval, A., Sasidharan, N. & Rao, K. (2016). Effect of seed extraction procedures on seed quality parameters in tomato. 9020 *Advances in Life Sciences*, 5(20), 9020-9024.
- Raveau, R., Fontaine, J. & Sahraoui, A.L.H. (2020). Essential oils as potential alternative biocontrol products against plant pathogens and weeds: A review. *Foods*, 9(3), 365. <https://doi.org/10.3390/foods9030365>
- Riccioni, L., Orzali, L. & Marinelli, E. (2013). Seed treatment with essential oils. *Future IPM in Europe*, March 19–21, Riva del Garda, Italy (2013).
- Robani, H., (1994) Film-coating of horticultural seeds. *HortTechnology*, 4, 104-105.
- Salter, P.J. (1978). Techniques and prospects for fluid drilling of vegetable crops. *Acta Horticulturae*, 72, 101-108.
- Schneider, A. & Renault, P. (1997). Effects of coating on seed imbibition: I. Model estimates of water Transport coefficient. *Crop Science*, 37, 1841-1849.
- Scialabba, A. & Tamburello, C. (2002). Microwave effects on germination and growth of radish (*Raphanus sativus* L.) seedlings. *Acta Botanica Caucasica*, 149, 113-123. doi: 10.1080/12538078.2002.10515947
- Scott, J.M. (1989). Seed coatings and treatments and their effects on plant establishment. *Advances in Agronomy*, 42, 43-83.
- Scottab, G., Almasrahia, A., Mansoorhania, F. M., Rupara, M., Dickinsona, M. & Shama, G. (2019). Hormetic UV-C seed treatments for the control of tomato diseases. *Plant Pathology*, 68, 700–707.
- Selçuk, M., Oksuz, L. & Basaran, P. (2008). Decontamination of grains and legumes infected with *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp. by cold plasma treatment. *Bioresource Technology*, 99, 5104-5109.
- Sera, B., Spatenka, P., Sery, M., Vrchotova, N. & Hruskova, I. (2010). Influence of plasma treatment on wheat and oat germination and early growth. *Plasma Sci., IEEE Trans.* 38(31), 2963-2968.

- Shahin, M.M., Mashhour, A.M.A. & Abd-Elhady, E.S.E. (2016). Effect of magnetized irrigation water and seeds on some water properties, growth parameter and yield productivity of cucumber plants. *Current Science International*, 5(2), 152-164.
- Sharma, K.K., Singh, U.S., Sharma P., Kumar A. & Sharma, L (2015). Seed treatments for sustainable agriculture-a review. *Journal of Applied and Natural Science*, 7, 521-539. <https://doi.org/10.31018/jans.v7i1.641>
- Shaukat, S. S., Farooq, M. A., Siddiqui, M. F., & Zaidi, S. A. H. A. R. (2013). Effect of enhanced UV-B radiation on germination, seedling growth and biochemical responses of *Vigna mungo* (L.) Hepper. *Pakistan Journal of Botany*, 45(3), 779-785.
- Shimomura, S. (1990). The effects of ultrasonic irradiation on sprouting radish seed. *Ultrasonics Symposium*, 1990, 1665-1667.
- Sidik, M.A.B., Buntat, Z., Nawawi, Z., Jambak, M.I., Buntat, Y., & Fatin Nabilah Musa, F.N. (2018). Effects of cold plasma treatment on the growth rate of corn and eggplant plants. *International Conference on Electrical Engineering Computer Science*, 441-445.
- Sikhaoa, P., Taylor, A.G., Marinao, E.T., Catranisa, C.M. & Sirib, B. (2015). Development of seed agglomeration technology using lettuce and tomato as model vegetable crop seeds. *Sci. Horticulturae*, 184, 85-92.
- Silva, J.A.T & Dobránszki, J. (2014). Impact of magnetic water on plant growth. *Environmental and Experimental Biology*, 12, 137-142.
- Spadaro, D & Gullino, M.L. (2005). Improving the efficacy of biocontrol agents against soilborne pathogens. *Crop Protection*, 24, 601-613.
- Sultana, N., Islam, M.R., Ahmmmed, A.N.F., Akter, N., & Islam, Md. N. (2021). Standardization of temperature and duration for hot water seed treatment of selected vegetables. *The Agriculturists*, 19(1-2), 128-139.
- Szopinska, D. & Dorna, H. (2021) The effect of microwave treatment on germination and health of carrot (*Daucus carota* L.) seeds. *Agronomy*, 11, 2571. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122571>
- Taylor, A.G. & Kenny, T.J. (1985). Improvement of germinated seed quality by density separation. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 110,347-349.
- Taylor, A.G., Warholic, D.T. (1987). Protecting fluid drilled lettuce from herbicides by incorporating activated carbon into gels. *Journal of Horticultural Sciences*, 62, 31-37.
- Taylor, A.G. & Harman, G.E. (1990). Concepts and technologies of selected seed treatments. *Annual Review of Phytopathology*, 28, 321-339.
- Taylor, A.G., Min, T.G., Harman, G.E. & Jin, X. (1991) Liquid coating formulation for the application of biological seed treatments of *Trichoderma harzianum*. *Biological Controls*, 1, 16-22.

- Taylor, A.G. (1997) Seed storage, germination and quality. In Wien, H C (Ed) The physiology of vegetable crops Wallingford, CAB International, pp 1-36.
- Taylor, A.G., Allen, P.S., Bennett, M.A., Bradford, K.J., Burris, S.J. & Mısra, M.K. (1998). Seed enhancements. Seed Science Research, 8, 245-256.
- Taylor, A.G., Eckenrode, C.J. & Straub, R.W. (2001). Seed treatments for onions: Challenges and progress. HortScience, 36, 199-205.
- Taylor, A.G. & Kwiatkowski, J. (2001). Polymer film coatings decrease water uptake and water vapour movement into seeds and reduce imbibitional chilling injury. 2001 BCPC symposium Proceedings No. 76: Seed Treatment: Challenges and Opportunities, 215-220.
- Taylor, A.G., Nault, B.A. & McFaul, A. (2004). Coating technologies for seed treatment applications. Proc. XXVI IHC, Transplant Production and Stand Establishment. Acta Horticulturae, 631, 49-54.
- Taylor, A.G. (2020). Seed storage, germination, quality and enhancements. In The Physiology of Vegetable Crops, 2nd ed.; Wien, H.C., Stutzel, H., Eds.; CAB International: Wallingford, UK, 2020; pp. 1–30.
- Taylor, A.G., Amirkhani, M & Hill, H. (2021). Modern seed technology. Agriculture, 11, 630. <https://doi.org/10.3390/agriculture11070630>
- Teixeira Da Silva, J.A. & Dobranszki, J. (2014). Sonication and ultrasound: Impact on plant growth and development. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 117(2), 131–143. DOI 10.1007/s11240-014- 0429-0.
- Volin, J.C., Denes, F.S., Young, R.A. & Park, S.M. (2000). Modification of seed germination performance through cold plasma chemistry technology. Crop Science, 40, 1706–1718.
- Walsh, J., Rooney, K. & Canestrino, J. (1998). Seed coating innovations. Proceedings, California/Nevada Alfalfa Symposium, 3-4 December, Reno, Nevada.
- Wang, Q., Chen, G., Yersaiyiti, Yuan Liu, H., Cui, J., Wu, C., Zhang, Y. & He, Q. (2012). Modeling Analysis on germination and seedling growth using ultrasound seed pretreatment in Switchgrass. Plos One, 7(10), 1-10. doi:10.1371/journal.pone.0047204
- West, S.H., Loftin, S.K., Wahl, M., Batich, C.D. and Beatty, C.L. (1985). Polymers as moisture barriers to maintain seed quality. Crop Science, Vol. 25, November-December, 941-944.
- Wetzel, M. & Batson, W.E. (1980). Influence of polyethylene oxide seed tape on growth of *Rhizoctonia solani* and *Pythium aphanidermatum* and on damping-off of tomato. Phytopathology, 70(6), 558-559.
- William, R.D. & Kratky, B.A. (1972). A no-cultivation concept for vegetable gardening. HortScience, 7(2), 186-189.
- Yılmaz, M & Kavak, S. (2011). Tohum kaplama ve uygulama alanları. Türkiye IV. Tohumculuk Kongresi, 14-17, Haziran 2011, Samsun, Bildiriler Kitabı 1, s. 222-227.

- Yılmaz, M., Kavak, S. & Baysal, Ö. (2014). Bazı ticari sabit ve uçucu yağların domates bakteriyel kanser ve solgunluk etmeni üzerine antibakteriyel etkileri. *Derim*, 31(1), 50-60.
- Zaim, N.S.H.B.H., Tan, H. H., Rahman, S.M.A., Bakar, N.F.A., Osman, M.S., Thakur, V.K. & Radacsi, N. (2023). Recent advances in seed coating treatment using nanoparticles and nanofibers for enhanced seed germination and protection. *Journal of Plant Growth Regulation*, 42, 7374–7402
- Zhang, B., Liu, D., Xi, X., Zhang, Y., Chen, C., Qu, J., Dong, H. & Zhang, R. (2021). The analysis of the applications of crop seed tape sowing technology and equipment: A review. *Applied Sciences*, 11, 11228. <https://doi.org/10.3390/app112311228>
- Zhang, J., Ma, J. & Guo, X. (2003). Fiber materials for the production of seed tapes. *Beijing Tex. J.*, 16-18.

BÖLÜM 10

PRİMING TEKNİKLERİ

Prof. Dr. Kazım MAVİ^{1*}

Doç. Dr. Sıtkı ERMİŞ²

Doç. Dr. Burcu Begüm KENANOĞLU³

Yük. Müh. Kübra ÖZMEN⁴

Prof. Dr. İbrahim DEMİR⁵

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13822746>

^{1*}Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Hatay, Türkiye. kazimmavi@mku.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-0195-8539

²Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Eskişehir, Türkiye. ermis@ogu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-4919-921X

³Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Uşak, Türkiye. burcu.kenanoglu@usak.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-1157-0258

⁴Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Hatay, Türkiye. kbraaozmen@gmail.com, Orcid ID: 0000-0001-8554-7918

⁵Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara, Türkiye. ibrahim.demir@agri.ankara.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-4515-0689

*Sorumlu yazar

GİRİŞ

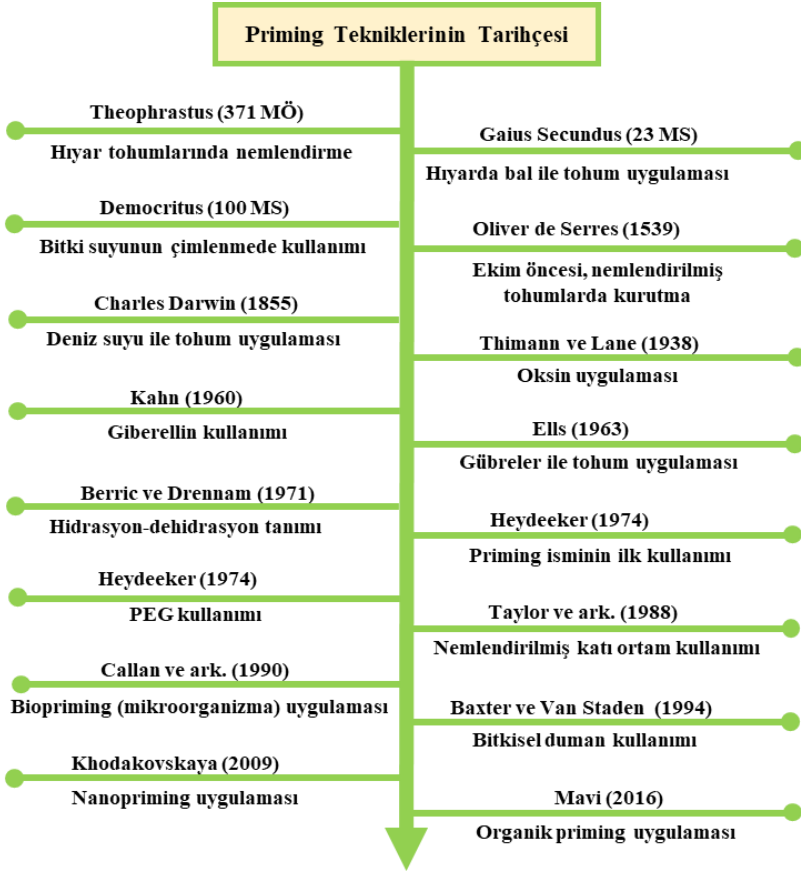
Tohum, ticaret metası ve gıda olarak önemini her geçen gün artıran bir üretim materyalidir. Dünya nüfustaki artış gıda ve besin maddesi arzında her geçen gün artan bir tehdit olarak görülmektedir. Sebze üretiminde 1990'lı yıllara kadar tohum üretimi çoğunlukla kamu sektörünün elindeyken, günümüzde özel sektör firmaları sebze tohum üretimini başarılı bir şekilde ele almışlardır. Özel sektördeki gelişmelere paralel olarak ülkemizdeki sebze tohumculuk sektörü birçok türde dışa bağımlılıktan kurtularak önemli başarılarla imza atmış ve bugün tohum ihraç eden pozisyona gelmiştir. Ülkemizdeki tohumculuk sektörünün gelişimine paralel olarak tohum teknolojisinde tohum ilaçlama, tohum kaplama ve tohum uygulamaları gibi konularda hem bilimsel hem de sektörel çalışmalar artmıştır.

Tohum uygulamaları denildiğinde ilk anlaşılan uygulamaların başında priming uygulamaları ve kullanılan ajanlar gelmektedir. Özellikle çevresel koşulların optimum olmadığı durumlarda fideliklerde kaliteli fidelerin elde edilebilmesi hızlı ve birörnek tohum çıkışının sağlanmasına bağlıdır. Sebze fidelerinde çimlenme sonrası dönemde çeşitli abiyotik ve biyotik stres faktörlerine karşı duyarlılığı çok daha yüksektir. Ayrıca çevresel stres, yaşlanma, dormansi gibi faktörler sıklıkla tohumun depolanabilirliğini, çimlenmesini ve gücünü azaltabilir. Bu nedenle sebze üretiminde temel çoğaltma materyali olan tohumun kalitesinin arttırılması, tohum bilimi ve teknolojisinin temel önceliklerindendir. Priming teknikleri, tohum çimlenme sürecini geliştirerek, bitkilerin biyotik ve abiyotik streslere uyum sağlamasına yardımcı olarak erken fide oluşumunu teşvik etmek için uzun süredir kullanılmaktadır. Bitki türüne, tohum özelliklerine ve fizyolojik faktörlere bağlı olarak çimlenme öncesi metabolizma faaliyetlerini uyaran çeşitli priming teknikleri sadece sebze türlerinde değil orman türlerinden, süs ve meyve türlerine kadar çok geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Tian ve ark., (2023) son 30 yıllık süreçte priming konusunda yapılan çalışma sayılarında ülkemizin dünyada 8. sırada olduğunu bildirmişlerdir. Bu kitap bölümünde, priming tekniklerinin tarihçesi, sebze türlerindeki farklı priming tekniklerinin kullanımları ortaya konulacaktır.

1. PİRİMİNG TEKNİKLERİNİN TARİHÇESİ

Priming tekniklerinin tarihsel gelişimi dikkate alındığında yazılı kaynaklarda geçen ilk tohum uygulamalarının milâttan önce 371 yılında hıyar tohumlarının su içerisinde nemlendirilmesi şeklinde yapıldığı Thephrastus tarafından bildirilmiştir (Evenari, 1984). Bu uygulama bugünkü hidropiriming uygulamasının bildiğimiz ilk örneğidir. Benzer şekilde, Romalı doğa bilimci Gaius Plinius Secundus (M.S. 23-79) ansiklopedisinde hıyar tohumlarının önceden bal ve suda ıslatılmasının tohumların çimlenmesi için olumlu etkileri olduğunu bildirmiştir. Benzer dönemlerde Democritus, tohumların ekilmeden önce çatı kiremitlerinde yetişen bitkilerin suyuna batırılmasını tavsiye etmiştir. Daha sonra, 1539-1619'da Fransız botanikçi Oliver de Serres, hıyar tohumunun 2 gün boyunca çiftlik gübresi şerbetinde bekletildiğini ve ekimden önce kurutulduğunu bu uygulamanın fide gelişimini iyileştirdiğini belirlemiştir (Enevari, 1984) (Şekil 1). Charles Darwin (1885), deniz suyunu marul ve tere tohumları üzerinde test etmiş ve doğal ozmotik tuzların tohum çimlenmesini olumlu yönde etkilediğini bildirmiştir (Van Wyhe, 2002). Literatürde ulaşılabilen tohumlardaki ilk hormon (oksin) uygulaması Thimann ve Lane (1938) tarafından yapılmıştır. Gibberelin tohum çimlenmesinde ilk kez Kahn (1960) tarafından marul tohumlarında kullanılmıştır. Daha sonrasında bal, deniz suyu gibi maddelerin kullanıldığı uygulamalar tarihsel süreçteki önemli dönüm noktalarıyken, 1960'lı yıllardan sonra kullanılan ajanların farklılaşması priming tekniklerinin geniş bir çeşitliliğe sahip olmasına neden olmuştur. Ells (1963) ticari gübrelerin tohum uygulamasında kullanılabileceği belirtmiştir. Heydecker (1974) ise ozmotik bir materyal olan polietilen glikolün çimlenmeyi teşvik ettiğini bildirmiştir. İlk olarak priming kelimesi Heydecker tarafından bu makalede kullanılmıştır. Bu tip uygulamalar 1970'li yıllara kadar "hidrasyon-dehidrasyon" olarak adlandırılmıştır (Berrie ve Drennan, 1971). Nemlendirilmiş katı ortam priming (SMP, Solid matrix priming) tekniği 1980'li yılların sonunda domates, soğan ve havuç tohumlarında başarılı bir şekilde uygulanmıştır (Taylor ve ark., 1988). Canlı mikroorganizmalar ile biyopriming uygulamaları ilk olarak Callan ve ark., (1990), bitkilerden elde edilen dumanın özellikle dormansi gösteren türlerde tohum uygulaması ise ilk olarak Baxter ve Van Staden (1994) tarafından kullanılmıştır. Organik tarım kavramındaki gelişmelere paralel olarak 2000 yıllarından itibaren deniz yosunu, kadife çiçeği (*Tagetes spp.*) ve moringa bitki ekstraktları organik priming ajanı olarak

kullanılmaya başlamıştır (Mavi, 2016). Khodakovskaya ve ark., (2009) nano malzemelerin tohum çimlenmesini etkileme potansiyelini gösteren ilk çalışmalardan birini yayınlamışlardır (Şekil 1).



Şekil 1: Tohum uygulaması olarak kullanılan priming tekniğinin tarihsel gelişim aşamaları

2. PRİMİNG UYGULAMASINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Priming uygulamalarının etkinliği, başta kullanılan tür ve çeşit olmak üzere, uygulamada kullanılan ajan, uygulama sıcaklığı, uygulama süresi, oksijen varlığı, çözeltinin ozmotik potansiyeli, tohum partisinin kalitesi,

uygulamanın ışıktanma periyodu, uygulama sonrası kurutma ve depolama yapılmasına göre belirgin değışkenlik göstermektedir. Bu nedenle, priming uygulamalarında teknikler önceden optimize edildiğinde en iyi sonuçlar elde edilmektedir (Mavi ve ark., 2022).

Priming yöntemlerinin her birinin avantaj ve dezavantajlarının bulunduğu bildirilirken, yapılan çalışmalarda farklı etkiler gösterdikleri belirlenmiştir. Kereviz ve havuç tohumlarının monopotasyum fosfat (KH_2PO_4) ile uygulanması, polietilen glikol (PEG 6000) uygulamasına göre daha düşük çimlenme oranına sahip olmuştur (Brocklehurst ve Dearman, 1983). KNO_3 ile tohum priming uygulamalarının karpuz (Demir ve Van de Venter, 1999; Demir ve Mavi, 2004), su kabağı (Kenanoğlu ve ark., 2007) ve domates anaçlarında (Mavi ve ark., 2006) çimlenme ve çıkış oranlarını artırdığı belirlenmiştir. KNO_3 ile priming uygulamalarındaki bu olumlu etki tohumlarda daha fazla nitrojen ve potasyum birikimi ile ilişkilendirilmiştir. C vitamini, gibberellik asit (GA_3), etilen, salisilik asit, bitki estraktları, mikroorganizmalar vb. çok geniş yelpazedeki ajanlar priming uygulama materyali olarak denenmiştir. Dumandan ekstrakte edilen butenolid (Mavi ve ark., 2010), metil jasmonat ve melatonin (Korkmaz, 2005) gibi maddeler de son yıllarda üzerinde çok fazla çalışma bulunan uygulama ajanları olarak dikkat çekmektedir.

Priming uygulamaları, çimlenme için gerekli çevresel faktörlerde olduğu gibi sıcaklık isteklerinde de benzerlik gösterir. Priming uygulamasında esas olan tohumlarda çimlenmeyi teşvik edecek fizyolojik olayların başlatılmasıdır. Bunun için uygulama sırasındaki sıcaklığın her bir sebze türü için optimum çimlenme sıcaklıklarına benzer olması tercih edilmiştir. Domates gibi yazlık sebze türlerinin tohumlarında 27-28°C (Özbingöl ve ark., 1998) sıcaklıklara kadar çıkılırken, soğan gibi serin iklim sebze türlerinin tohumlarında 20°C kullanılmıştır (Jeong ve ark., 2000). Acur, kavun, hıyar gibi hızlı çimlenen türlerde osmotik çözelti kullanılmayacaksa, 25°C sıcaklıkta 24 saat sonunda çimlenme oluşturabilmektedir. Düşük uygulama sıcaklıkları, radikula çıkışı sonrası daha uzun bir hücre onarım süresi nedeniyle çimlenmeyi geciktirmektedir (Piri ve ark., 2009). Tohum uygulamaları sırasındaki düşük sıcaklıklar, çimlenmenin fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerini geciktirebilir ve tohumlar su alsa bile aynı sonuçlara ulaşmak daha uzun zaman alabilir.

Tohumlar, priming uygulamaları sırasında belirli miktarda (%10'dan fazla) oksijene ihtiyaç duyar (Bujalski ve ark., 1989; Ozbingol ve ark., 1998).

Daha düşük oksijen seviyelerinde, bazı tohumlarda anaerobik solunum gerçekleşmekte ve bu da ortaya çıkan etanolün toksisite seviyesinin artmasına neden olmaktadır (Crawford, 1977). Uygulama solüsyonunun havalandırılması, su alımını iyileştirmekte ve uygulama süresini azaltmaktadır (Ozbingol ve ark., 1998; Kaewsorn, 2021; Corbineau ve ark., 2023). Priming uygulaması sırasında oksijen uygulamanın, birçok sebze türünde tohumun daha hızlı çimlenmesini teşvik ettiği ve fide büyümesini hızlandırdığı bildirilmiştir (Ozbingol ve ark., 1998; Demir ve Okcu, 2004; Schwember ve Bradford, 2011; Ozden ve ark., 2018).

Ozmotik potansiyel saf suda sıfırdır (0 MPa) ve priming çözeltilerinde negatiftir ($> -2,0$ MPa). Yüksek kuru madde içeriği nedeniyle kuru tohumlarda ise -350 ila -50 MPa arasında çok düşük bir değere ulaşabilir. Priming çözeltisinin konsantrasyonu ve su potansiyeli, tohum priming etkinliğini belirleyen önemli faktörlerdir. Çözeltinin konsantrasyonu minimum eşik altındaysa, priming işlemi beklenen fizyolojik ve biyokimyasal çimlenme süreçlerini başlatmada başarısız olabilmektedir. Farklı sebze türlerinde ozmotik çözeltinin konsantrasyonun -0.5 ve -1.75 MPa arasında olması çimlenme, çıkış ve fide performansını olumlu yönde etkilemiştir (Bradford, 1986; Alvarado ve ark., 1987; Haigh ve Barlow, 1987; Liu ve ark., 1996; Ermiş ve ark., 2021a).

Bazı sebze tohumları için uygulamaların süresi önemlidir. Tohum priming teknolojisinin temelini oluşturan suyun kontrollü emilmesi, doğası gereği nemlendirme süresinden etkilenir. Priming süresi çimlenme başarısını ve fide oluşumunu belirleyen çok önemli bir faktördür. Bunun nedeni, priming işlemi sırasında tohumların su emmesinin, tohumların doygunluk seviyesine kadar çıkabilmesidir (Bradford, 1986). Tohum priming uygulamalarının ideal süresi, çeşide, uygulamada kullanılan maddeye, çözeltinin ozmotik potansiyeline, türüne ve uygulama sıcaklığına göre farklılık göstermektedir. Çalışmalarda priming sıcaklığının 10°C ila 25°C arasında ve uygulama süresinde kullanılan sebze türüne bağlı olarak 12 saat ile 7 gün arasında değişebildiği bildirilmektedir (Demir ve Mavi, 2004; Castanares ve Bouza, 2018; Corbineau ve ark., 2023). Ancak hızlı çimlenme göstermeyen türlerde genellikle 24 saat süre kullanılmaktadır.

Tohum kalitesi, priming işlemini etkileyen bir diğer temel faktördür. İyi bir priming sonucu elde etmek için güçlü ve patojen içermeyen kaliteli tohum

kullanılması tavsiye edilmektedir. Maksimum canlılık ve tohum gücü elde etmek için, tohumların fizyolojik olgunluk aşamasına yakın bir zamanda hasat edilmesi gerekir. Uygun zamanda hasat edilen tohumların ve ön hazırlık için hassas konsantrasyonda uygun ajanın kullanılması, özellikle kuraklık ve tuzlu koşullar altında tohum çimlenme performansını arttırabilmektedir. Karpuz tohumlarında priming uygulamalarının tam olgunlaşmamış nispeten düşük kalitedeki tohumların çıkış yüzdesi, fide çıkış oranı ve fide ağırlığının iyileştirilmesinde kullanılabileceği belirlenmiştir (Demir ve Mavi, 2004).

Çimlenme için ışığa ihtiyacı olan türlerde priming işlemlerinde ışık gerekli olabilmektedir. Çimlenmek için ışığa ihtiyaç duyan marul ve kereviz gibi fotoblastik tohumlar, priming uygulamaları sırasında ışığa maruz bırakıldığında da daha başarılı sonuçlar vermiştir (Khan ve ark., 1978).

Priming uygulamaları sonrasında tohumdan nemin uzaklaştırılması (dehidrasyon), başarılı uzun süreli tohum depolamanın anahtarıdır. Bu nedenle uygulama sonrasında tohumların orijinal nem seviyelerine kadar kurutulması önerilmektedir. Tohum priming işleminden sonra hızlı bir dehidrasyon, uygulama ile elde edilen ilerlemenin kaybına neden olmaktadır. Bu durum çözünür karbonhidrat içeriğini değiştirmekte, kurutma toleransını ve depolama ömrünü azaltmaktadır (Gurusinghe ve Bradford, 2001). Aksine, yavaş bir geri kurutma, tohumun ömrünü uzatmak için yararlı bir mekanizma sunan geç embriyogenezde bol miktarda bulunan proteinlerin birikimini artırmaktadır. Bununla birlikte, yüksek sıcaklıklarda hızla yeniden kurutma, tohumun ömrü açısından değerli olan ısı şoku proteinlerin sentezini hızlandırmaktadır (Gurusinghe ve ark., 2002).

Prime edilmiş tohumlarda depolama ömrü oksijen, hava oransal nemi, tohum nem içeriği ve sıcaklık gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Mavi, 2024). En düşük tohum çimlenmesi ve fide büyüme özellikleri, prime edilmiş biber tohumlarında 25°C'de depolandığında elde edilirken, -4°C'de depolanması sırasında önemli bir azalma belirlenmemiştir (Tu ve ark., 2022). Benzer şekilde, uygulanmış biber tohumları uygulanmamış tohumlara göre, uygulamadan sonraki altı ay boyunca yüksek çimlenme oranını ve yüzdesini korumuştur. Bu durumun depolama sırasında tohum depo ürünlerinin, özellikle de lipid ve protein içeriğinin daha yavaş tüketilmesiyle ilgili olduğu belirlenmiştir (Başay ve ark., 2006). Tohum ömrünün belirlenmesinde depolama sırasındaki bağıl hava nemi depolama sıcaklığı kadar önemlidir.

Genel olarak düşük sıcaklık, düşük bağıl nem ve vakum prime edilmiş sebze tohumlarının depolanması için en uygun koşullardır (Mavi, 2024).

3. HİDROPRİMING

Hidropriming en eski priming türüdür. Ancak günümüzde diğer yöntemlere kıyasla kontrol gibi uygulanmaktadır. Hidroprimingin ilk uygulama şekli, Rowse (1991) tarafından patenti alınan, tohum içeren bir tambur ortamına buhar sağlayan bir kazanın bağlandığı “drum (tambur) priming” yöntemidir. Tamburun içine girdiğinde buhar yoğunlaşarak suya dönüşmektedir. Makine, işlem sırasında tohumun bağıl kütleindeki artışı ölçebilmektedir. Tohum rehidrasyonunu tamamlamak için gereken süre ve su hacmi, kademeli ve eşit olarak tohum emilimine ulaşmak için düzenli bir şekilde kontrol edilmelidir (Warren ve ark., 1997). Basitçe hidropriming optimum sıcaklık koşullarında (genellikle 5°C ila 20°C aralığında) tohumların suya batırılması ya da yüksek orandaki oransal nemli ortamdan suyun tohum tarafından alınması işlemidir. Bu sistemde tohumlar, bazı durumlarda çimlenmeyi iyileştiren ek bir parametre olan havalandırmalı veya havalandırmaz suya batırılmaktadır. Zayıf veya yavaş tohum çimlenme sorunu birçok teknikle çözülebilir. Bu uygulamalardan biri de hidropriming işlemidir. Örneğin bamya tohumlarında hidro priming uygulaması, tohum çimlenmesini erken kökçük çıkışını teşvik ederek iyileştirmiştir (Tania ve ark., 2020). Matthews ve Khajeh-Hosseini (2007)’de, mısır tohumlarında benzer sonuçlar bulmuştur. Hidropriming uygulanan mısır tohumlarının 5 gün sonra kontrol tohumlarına göre daha hızlı çimlendikleri ve daha uzun sürgünler ürettiği tespit belirlenmiştir. Ayrıca tohumlardaki patojenik etmenler hidropriming yoluyla yıkanabilmektedir. Özellikle türe göre değişmekle birlikte sıcak suyla hidropriming işlemine tabi tutulan tohumlar, işlem görmemiş tohumlara göre daha hızlı çimlenmektedir. Tohumların ekimden önce suda bekletilmesi bu açıdan faydalı olabilmektedir. Kontrollü hidrasyonu ve dehidrasyonunu sağlayan hidropriming, günümüzde ticari sebze tohumlarının fide oluşum oranını ve homojenliğini artırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Sanchez ve ark. (2001), hidropriming işleminin hıyar ve biber tohumlarının primer kök uzunluğuna katkıda bulunduğunu bildirmişlerdir.

Hidropriming işlemi uygulanan sebze tohumlarının daha erken çimlendiği, daha iyi gelişmiş kök ve sürgüne sahip olduğu belirlenmiştir. Ermiş

ve ark. (2021b), hibrit tatlı mısır çeşitlerinde hidropriming uygulamasının toplam ve normal çimlenme yüzdeleri yaklaşık %9-45, çim kök ve sürgün uzunluğunu %30-40, fide çıkışını %20, fide kök ve sürgün uzunluğunu %20-35 oranında artırdığını göstermiştir. Yıldırım ve ark. (2016) biber tohumlarında hidropriming uygulamalarında 25°C 36 saat süre uygulamasında %94.7 ile en yüksek çimlenme oranını ve 4.9 gün ile en kısa ortalama çimlenme süresini belirlemişlerdir.

Hidropriming ile tohumda hidroliz enzimlerin aktivasyonu ve dormansinin kırılması gibi bir dizi biyokimyasal değişikliği uyarması nedeniyle ortalama çıkış süresinde kısalmalara neden olmaktadır (Demir ve Mavi, 2004; Demir ve Okçu, 2004). Ancak bazı durumlarda kontrolsüz su alımı gerçekleşebilmektedir. Bu durumun oluşmasında tohumun suya afinitesi etkili olmaktadır. Buradaki ana kritik nokta, kökçük çıkışını önlemek için optimum sıcaklık ve nem koşullarını sağlamaktır (Taylor ve ark., 1998). Hidropriming işleminin bir başka sınırlayıcı faktörü de homojen tohum hidrasyonunun olmamasıdır ve bu da düzensiz çimlenmeye neden olmaktadır (McDonald, 2000). Hızlı su alımının, tohumlarda su alım zararına ve yeniden kurutma sırasında azalan su kapsamı nedeniyle nişasta hidrolizine neden olabilmektedir (Mabhaudhi ve Modi, 2011). Ayrıca bazı bitki türleri için de uygun olmayabilir. Örneğin ince tohum kabuğuna sahip türlerde hızlı hidrasyon nedeniyle tohumdan temel besin maddeleri sızabilir ve bu da tohumun zarar görmesine neden olabilir. Bu sorunlar göz önünde bulundurularak tohumun nemlendirilmesi için havalandırılmalı hidrasyon ve sıcak su muamelesi gibi farklı yöntemler uygulanabilir (Demir ve Okçu, 2004). Ayrıca hidropriming öncesi tohumların nem seviyesinin kısmen yükseltilmesi yararlı bir ön işlemdir. Hidroprimingin tuzluluk koşulları altında çimlenme oranını ve fide çıkışını teşvik ettiği belirlenmiştir. Mahmoudi ve ark. (2012) marul tohumlarının hidropriming uygulaması neticesinde tuz stresi altında daha yüksek adaptasyon potansiyeli sergilediğini belirtmiştir. Ermiş ve ark. (2021a), üç kabakgil anaç çeşidinin tohumlarının çimlenmesini ve fide büyümesini artırmak için hidropriming uygulamışlar ve uygulanmamış tohumları daha sonra 100 mM NaCl, tuz ve -0.6 MPa polietilen glikol (PEG-6000), ozmotik stres koşullarında çimlendirmişlerdir. Hidroprimingin kabak anaç tohumlarında çimlenme potansiyelini ve fide büyümesini artırmak için etkili bir yöntem olabileceğini bildirmişlerdir. Farklı sebze türlerinde benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Literatürde bakla (Damalas ve ark., 2019), bamya (Tania ve ark., 2020), kudret narı (Mehta ve ark., 2014) ve hıyar (Shakuntala ve ark., 2020) gibi sebzelerde çimlenme ve tarla performansı artışları rapor edilmiştir.

4. OZMOPRİMİNG

Tür ve çeşitlere bağlı olarak tohum dokularının suya farklı tepki göstermesi ve tohumlara eşit su girişi olmaması gibi dezavantajlar polietilen glikol (PEG), mannitol, sorbitol, gliserol gibi ozmotik potansiyeli olan materyallerin tohum uygulamalarında kullanımının önünü açmıştır. Ozmotik çözeltiler kullanarak tohumlara kontrollü su girişine imkan sağlanan bu tekniğe “ozmopriming” denilmektedir (Mavi ve ark., 2022). Ozmotik çözeltiler saf veya damıtılmış sudan daha düşük su potansiyeli içerir; bu çözeltiler tohumun kontrollü su alımını ve böylece çimlenmenin aşamalarının erken gerçekleşmesini sağlar. Uygulama solüsyonunun düşük su potansiyeli tohumun kısmi hidrasyonuna izin verir, böylece çimlenme öncesi metabolik süreçler başlamaktadır. Ozmotik koşullandırma veya ozmopriming, tohumların havalandırılmış, düşük su potansiyelli çözeltilerde bekletilmesini tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Emilim sırasında tohuma su girişi, ilerleyen ROS (reaktif oksijen türleri) birikimi ve hücrel bileşenlerin (lipid membranlar, proteinler, nükleik asitler) oksidatif hasarı ile ilişkilidir. Yöntemin temel amacı, su girişini geciktirerek ROS kaynaklı oksidatif hasarı sınırlamaktır. Bu nedenle, ozmotik ajanın su potansiyeli çok önemli bir parametredir (Taylor ve ark., 1998).

Günümüzde ozmopriming için PEG'e kıyasla daha ucuz, havalandırması ve uzaklaştırması daha kolay olan sodyum, potasyum ve magnezyumun inorganik tuzları (en yaygın olarak NaCl, NaNO₃, MnSO₄, MgCl₂, K₃PO₄ ve KNO₃) ('halopriming') ve organik moleküller (örneğin gliserol ve mannitol) gibi başka bileşikler de kullanılmaktadır. Bu bileşiklerle priming, PEG bazlı işlem kadar etkili olabilir. Bazı tohumlarda yarı geçirgen bir testanın varlığı, priming etkinliğini etkileyen ana özelliktir (Pill, 1995). Perikarp ve tohum kabuğu arasında yer alan amorf dokudan oluşan bu dış katman, iyon/bileşik değişimini sınırlayabilir veya önleyebilir, dolayısıyla tohumun suya ve priming ajanlarına karşı geçirgenliğini kontrol edebilir (Zhou ve ark., 2013). Embriyo genişlemesi ve endospermin bütünlüğü ile birlikte doku deformasyonu

ozmopriming uygulamasından etkilenebilir (Heydecker ve Coolbear, 1977). Ozmotik ajan, tohumların geçirgenliğine göre uygun şekilde seçilmezse, priming çözeltisindeki tuzlardan salınan iyonlar tohuma kolayca nüfuz ederek iç ozmotik dengeyi bozabilir. Tohum içinde kontrolsüz iyon birikimi sitotoksik etkilere ve beslenme dengesizliğine neden olur (Bradford, 1995). Ozmopriming uygulamasında PEG veya tuzlara alternatif olarak bir gıda koruyucusu olan sodyum propiyonat, $\text{Na}(\text{C}_2\text{H}_5\text{COO})$ veya sentetik deniz suyunun (deniz suyuna benzer bir mineral tuz karışımı) kullanımına ilişkin bilgiler de mevcuttur (Pill, 1995). Tuzlar, tohum çimlenmesi sırasında protein sentezi için gerekli olan N ve diğer besin maddelerini osmotik dengeyi sağlamak suretiyle tohuma verir. Ancak bu tuzlar zaman zaman toksisiteye yol açarak çimlenmekte olan fideler için bir dezavantaj oluşturmaktadır. Tuz stresi yönünden düşük veya orta düzeyde tuz toleransına sahip olan yapraklı sebzelerde tohum büyümesinin engellenmesine neden olurken, bunun aksine tohum priming işlemi bu türlerin genel fizyolojik ve morfolojik performansını iyileştirmektedir (Paparella ve ark., 2015). Stres tohumlarda su alımında birinci faz sırasında su alımı yavaşlatırken, ikinci ve üçüncü fazlarda hücrenin iyon homeostazını bozarak membran düzensizliğine ve bitkilerde fotosentezin engellenmesine yol açmaktadır. KNO_3 ile priming uygulamasının bu etkisi çimlenme ve fide gelişiminde daha önce marulda (Nasri ve ark., 2011), domates ve soğanda (Ali ve ark., 1990) bildirilmiştir. Ayrıca Farooq ve ark., (2007) kavunda ve Sharma ve ark., (2014) bamyada daha hızlı ve daha düzgün çimlenme elde edildiğini ifade etmektedirler. Bu sonuçlar membran sisteminin onarımı, protein sentezi, gen ifadesini ve antioksidan sisteminin aktivitesindeki artış ile ilişkilendirilmiştir (Souza ve ark., 2016). Antioksidan enzim sistemi ile ilgili farklı çalışmalar, ozmopriming'in amilazlar, proteazlar ve bazı durumlarda lipazlar gibi büyüme düzenleyici enzimlerin aktivitesini etkilediğini göstermiştir. Bu enzimlerden herhangi birinin artması veya azalması embriyo büyümesini ve gelişimini etkileyebilmektedir (Manjavachi ve ark., 2022).

Yapılan bir çalışmada tohumlara %25 PEG 6000 ile ozmopriming uygulanması, tuzluluk stresi koşulları altında biberin çimlenmesini ve bitki büyümesini artırmıştır. Klorofil seviyesi artarken, prolin ve kapsaisin seviyesi %25 PEG 6000 ile azalmıştır. Tuzluluk stresi altında biberin büyümesi ve fizyolojik tepkileri incelenerek, tuzluluk stresinin zararlı etkilerini azaltmada

bu işlemin rolü önemli bulunmuştur (Rachmawati ve ark., 2023). PEG konsantrasyonundaki artışla birlikte prolin seviyelerinde azalış meydana gelmesinin nedeni, PEG priming işleminin antioksidan sistemi güçlendirmesi, klorofil seviyesini yükseltmesi, tuzlu koşullar altında bitki büyümesini arttırabilmesi ve böylece stres toleransı sağlanması olarak ifade edilmektedir (Ashraf ve Harris, 2013; Raj ve Raj, 2019).

Ozmoprining, marul (Duman, 2006), havuç (Pereira ve ark., 2008) ve soğan (Arın ve ark., 2011) tohumlarında çimlenme yüzdesi ve hızında, fidelerin çıkışında teşvik edici rol oynamıştır. Genellikle çimlenme ve bitki gelişiminin ilk aşamaları için fayda sağlanmıştır. Bununla beraber patlıcan, biber, hıyar ve kavun (Lima ve Marcos-Filho, 2009), şikori (Ferraz ve ark., 2019) ve karnabahar (Marcos Filho ve Kikuti, 2008) tohumları için bildirildiği gibi meyve oluşum aşamasına kadar uzamamaktadır. Ayrıca patlıcan, karpuz, kavun ve domates tohumlarında ozmoprining uygulaması düşük sıcaklıklar altında daha yüksek çimlenmeye olanak sağlamıştır (Nascimento, 2005). Bu etki özellikle domates ve soğan tohumlarının düşük sıcaklıklarda çimlenmesini hızlandırmıştır. Uygulamanın faydaları domates yetiştiriciliğinde tarla koşullarında belirlenmiş olup, fidelerin daha yüksek çıkış oranına, gelişiminin teşvik edilmesine ve meyvelerin erken olgunlaşmasına imkân sağlarken, bitki verimine etkisi gözlenmemiştir (Ali ve ark., 1990). Kontrollü bozulma güç testine maruz bırakılan ve daha sonra ozmoprining uygulanan biber tohumlarında, tohum bozulmasının etkilerini kısmen tersine çevirebileceğine dair kanıtlar vardır. İşlem çimlenmeye fayda sağlamış ve tohumların azalan canlılığını artırmıştır (Fialho ve ark., 2010). Demir ve ark., (1994), PEG ile ozmopriningin yaşlı patlıcan tohumlarının çimlenme oranını ve hızını kontrol tohumlarına kıyasla önemli ölçüde artırdığını belirlemiştir. Düşük fizyolojik kaliteye sahip kuşkonmaz tohumların da çimlenme ve canlılıkta ozmoprining uygulaması ile avantaj elde edilmiştir (Bittencourt ve ark., 2005). Hem 24, hem de 48 saatte %10 PEG ile priming yapılan tohumlarda yüksek sayıda normal fide gözlenmesi, maydanoz tohumlarının embriyo dormansisinin kırılmasına ve normal fidelerin gelişmesine yardımcı olan embriyonun büyümesi ve gelişmesinde önemli olan amilaz ve proteazlar gibi anahtar enzimlerin artan aktivitesinden kaynaklanmıştır (Kaur ve ark., 2005). Nascimento (2003), -1.29 MPa KNO₃ çözeltisinde farklı sürelerde (3, 6, 9 gün) havalandırılmış ortamda

ozmopriming uygulanan kavun tohumlarının, 17°C ve 25°C'de tohum çimlenme oranlarının ve fide gelişiminin, havalandırmaz ozmopriming uygulamasına göre daha iyi olduğunu bildirmiştir. Karpuz (Barbosa ve ark., 2016), hıyar (Oliveira ve Steiner, 2017) ve kavun (Oliveira ve ark., 2019) gibi çeşitli kabakgıl türlerinde havalandırma olmaksızın KNO₃ çözeltisi ile primingin etkileri üzerine birçok araştırma yapılmış ve bunların hepsinde tohum çimlenmesi, çimlenme hızı, fide çıkışı ve vigor indeksinde artış olduğu görülmüştür. PEG 6000 (-1.5 MPa) ile ozmopriming, hıyar tohumlarında çimlenme, fide büyüme oranı ve çeşitli fizyolojik özelliklerin geliştirilmesi üzerinde olumlu etki yapmıştır. Priming yapılmamış tohumlara kıyasla, özellikle zayıf tohumlarda toplam çimlenme yüzdesinde 22.7'lik ve yüksek güçlü tohumlarda ise yüzde 2.90'lık artış kaydedilmiştir. Düşük güçlü hıyar tohumlarında fizyolojik özelliklerin iyileştirilmesi için 25±1 °C'de PEG 6000 (-1.5 MPa) ile ozmotik koşullandırmanın en uygun olduğu belirtilmiştir (Sowmya ve ark., 2022). Farklı konsantrasyonlarda polietilen glikol 6000 (-0.6, -0.9, -1.2 MPa ve kontrol) ile 5°C'de priming işlemi konsantrasyonunun artmasıyla çimlenme sonuçlarının arttığını göstermiştir. Fidelerin çimlenmesini ve canlılığını artırmak için en etkili polietilen glikol konsantrasyonları *Allium pseudobodeanum*, *A. vavilovii*, *A. cristophii*, *A. stipitatum*, -1.2MPa, *A. giganteum*'da -0.9 MPa olarak belirlenmiştir (Rahmanpour ve ark., 2021).

5. HORMONAL PRIMİNG

Hormonal priming, tohumların çimlenme kapasitesini ve fidelerin stres koşullarına toleransını artırmak için belirli hormonlar kullanılarak gerçekleştirilen uygulamaları içermektedir. Hormonal tohum priming uygulamasında, tohumlar optimal bir fitohormon konsantrasyonu ile önceden ıslatılır. Bu yöntem, tohumların daha hızlı ve daha düzenli çimlenmesini sağlamak, ayrıca tohumların ve genç bitkilerin çeşitli abiyotik ve biyotik stres faktörlerine (kuraklık, tuzluluk, hastalık vb.) karşı dayanıklılığını artırmak için uygulanmaktadır.

Bitki büyüme düzenleyicileri arasında, oksinler, sitokininler, giberellinler, absisik asit, salisilik asit ve etilen tohum priming işleminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, metil jasmonat, brassinosteroid ve strigolakton da son zamanlarda kullanılan fitohormonlar arasındadır (Mavi ve ark., 2022). Tohum dormansisinin kırılmasında fitohormonların kontrolü, bitki gelişimi ve

tarımsal üretimde önemli bir konudur. Fitohormon uygulamasının başarısı, bir dizi faktöre bağlı olarak değişebilir; bunlar arasında kullanılan fitohormonun konsantrasyonu, uygulama süresi, çeşidin genetik özellikleri, tohumun başlangıçtaki canlılık durumu, priming çözeltisinin sıcaklığı, ışık ve çözeltinin pH değeri gibi unsurlar yer alır. Bu faktörlerin her biri, priming işleminin etkinliğini doğrudan etkileyebilir.

İndol asetik asitler (IAA'lar), ya da oksinler ilk keşfedilen ve kök büyümesi, hücre uzaması, vasküler farklılaşma ve apikal dominansi gibi bitki büyüme ve gelişim süreçlerini düzenlemede hayati rol oynayan en iyi bilinen fitohormondur (Long ve ark., 2011). İndol asetik asit (IAA), teşvik edici hormonlardan biri olmasına rağmen, çimlenme üzerinde teşvik edici etkiye sahip değildir. Yüksek konsantrasyonlarda çimlenmeyi inhibe eder. Yapılan bir çalışmada indol asetik asit ve türevlerinin, Grand Rapids marul çeşidi tohumlarının çimlenmesini tamamen engellediği bildirilmiştir. Sitokininler, bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde etkili olan önemli fitohormonlardır ve genellikle bitkilerde dormansi ve stres ile ilişkili olan absisik asit (ABA) ile antagonistik bir ilişkiye sahip oldukları bilinmektedir (Khan, 1971). Kinetin, özellikle tohum fizyolojisi açısından sitokininlerin en bilinen üyelerinden biridir. Zeb ve ark., (2018) tarafından yapılan araştırmada, domates tohumlarına 10 ppm kinetin uygulandığında, kontrol grubuna göre çimlenme oranı ve çıkış gücünde belirgin bir artışın olduğu belirlenmiştir. Etilen, tohum çimlenmesi üzerinde etkili olan diğer bir önemli fitohormon olup, özellikle tohum kabuğunun yumuşamasına, kökcüğün uzamasına yardımcı olur ve dormansiyi kırmada etkilidir. Etephon ise, bitki dokularında etilene dönüşerek etilenin doğal etkilerini taklit eden sentetik bir bileşiktir. Ayrıca, etilenin, bezelye ve yabani hardal tohumlarında çimlenmeyi teşvik ederken, beta-1,3-glukanaz ve endo-beta-mannanaz enzim aktivitelerini artırdığı gözlenmiştir. Etilen ve etephon, özellikle yüksek sıcaklık, ozmotik stres, oksijen yetersizliği ve tuzluluk gibi stres şartlarında tohumların çimlenme kapasitesini iyileştirmektedir (Khan ve ark., 2009a; Silva ve ark., 2014).

Giberellik asitler; tohum çimlenmesi, gövde uzaması, yaprak genişlemesi, çiçek ve meyve gelişimi gibi temel bitki büyüme ve gelişim süreçlerinde önemli roller oynar. Bu fitohormonlar, özellikle tohumların uykudan uyanmasında kullanılır ve birçok bitki türünde çimlenmeyi önemli

ölçüde artırmaktadır. Giberellinlerin ABA ile olan antagonistik etkileşimleri, içsel sinyaller olarak, embriyonun büyümesini aktive etme, besin rezervlerini mobilize etme ve endosperm tabakasını zayıflatma yoluyla tohum çimlenmesini teşvik eder. Özellikle α -amilaz üretimini teşvik eden giberellinler, bu enzimin yanı sıra proteaz ve β -glukanaz gibi diğer hidrolazların sentezini de tetikleyerek, tohumların çimlenmesine yardımcı olur. Bu süreç, giberellinlerin amilaz enzimini aktive etmesi de dahil olmak üzere çeşitli genleri aktive etme yeteneği sayesinde gerçekleşmektedir (Yamaguchi, 2008). Özellikle tohumların yaşlı veya depolama koşullarından dolayı canlılığını yitirdiği durumlarda GA_3 tohumlarda tamir mekanizması geliştirilerek tohumlarda çimlenmeyi teşvik edebilmektedir. Demir ve ark. (1994), iki ve beş yaşındaki patlıcan tohumlarının çimlenmesi üzerinde yaptıkları çalışmada GA_3 'ün kontrol grubuna kıyasla çimlenme yüzdesi ve hızını önemli ölçüde arttırdığını belirlemişlerdir. Benzer şekilde, yapılan farklı çalışmalarda GA_3 hormonunun biber (Yogananda ve ark., 2004), patlıcan (Kaur ve ark., 2023), hindiba (Tzortzakis, 2009) ve domates (Behera, 2016) tohumlarının çimlenme ve çıkış oranlarını artırdığı gözlemlenmiştir.

Absisik asit (ABA), tohum gelişimini ve çimlenmesini etkileyen en önemli fitohormonlardan biridir. ABA'nın tohumların zorlu çevresel koşullarda dinlenme halini korumasında kritik bir rol oynadığı düşünülmektedir. ABA, çimlenmeyi teşvik eden giberellik asidin etkisini baskılayarak tohumların dinlenmede kalmasını sağlar. Bununla birlikte, ABA ayrıca çimlenme süreçlerinde yer alan gen ifadelerini düzenler ve tohumların su alımını etkileyerek çimlenme yeteneklerini etkilemektedir (Ali ve ark., 2022).

Salisilik Asit (SA) bitkilerin tuz, kuraklık ve düşük sıcaklık gibi abiyotik streslere karşı toleransını artıran bir fitohormondur. Bu hormon, bitkilerde fotosentezin düzenlenmesine, stoma açıklığının kontrolüne, hücre büyümesine ve iyon dengesinin sağlanmasına katkıda bulunarak oksidatif stresi azaltmaktadır. Birçok araştırmada, özellikle tuzluluk ve kuraklık stresi altında, salisilik asit kullanılarak yapılan priming işleminin tohum çimlenmesini teşvik ettiği ortaya konmuştur (Rehman ve ark., 2011; Dadaşoğlu ve Ekinci, 2013; Karalija ve ark., 2024). Salisilik asit ayrıca, kurşun ve civa stresleri altında tohum çimlenmesini ve fide gelişimini önemli derecede artırmıştır (Mishra ve Choudhuri, 1997).

6. BİYOPRİMING

Temelde, biyoprimering ajanları ile tohum uygulaması, tohumun bir biyolojik ajan veya mikroorganizma grubu ile kaplanması/ıslatılması ve ardından tohumun optimum koşullar (sıcaklık, nem) altında inkübe edilmesi işlemidir. Bu mikroorganizmalar, bitki üretimini artırmaya yardımcı olurken çevresel dengeyi korumayı da hedeflemektedir. Bu süreçte genellikle 'biyoprimering' veya 'biyolojik tohum işlemesi' adı verilmektedir. Bu avantajlara ek olarak, sadece biyoprimering yöntemi, biyotik stres yönetimi konusunda ek bir avantaj sağlayarak özel bir ilgi çekmektedir. Biyoprimering tohum uygulamaları, neredeyse dünya genelinde tüm bitkilerde kullanışlı ve çevre dostu bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Bu tekniğin tohum çimlenmesini hızlandırma, tohum canlılığını artırma ve fidelerin homojen çıkışında etkili olduğu bildirilmiştir (Yıldırım ve ark., 2002; Shahrajabian ve ark., 2021).

Biyostimulantlar, özellikle son yıllarda tarımda çevresel tehditlere karşı umut vadeden bir yaklaşım olarak geniş bir uygulama alanı bulmuştur (Nephali ve ark., 2021). Genelde biyostimulantlar çok küçük miktarlarda bitki büyümesini destekleyen malzemeler olarak tanımlanmışlardır. Biyostimülant terimi ilk olarak Kauffman ve ark., (2007) tarafından bitki büyümesini artırmak için gübre dışında düşük miktarlarda kullanılan maddeler olarak ifade edilmiştir. Avrupa Birliği'nin son düzenlemesinde ise "bitki biyostimülantı" terimi, bitkilerin yaprak veya kök bölgesine uygulanan gübre ürünlerini tanımlamaktadır. Biyostimülantların düzenleyici statüsünü netleştirmeye yönelik tüm çabalara rağmen, Avrupa Birliği ve Amerika Birleşik Devletleri de dahil olmak üzere dünyanın hiçbir yerinde bitki biyostimülantlarına ilişkin yasal veya düzenleyici bir resmi tanım bulunmamaktadır. Bu durum kavramın kapsamına giren madde ve mikroorganizmaların ayrıntılı bir şekilde listelenmesine ve sınıflandırılmasına engel olmaktadır.

Biyostimülantların sınıflandırılmasında çeşitli yaklaşımlar bulunmakla birlikte, genellikle deniz yosunu özleri, humat içeren maddeler, bitkisel ve hayvansal proteinlerin hidrolizatları ve amino asitler, mikroorganizmalar, kitin ve kitosan gibi biyopolimerler şeklinde kategorize edilmiştir (Calvo ve ark., 2014; Bhupenanchandra ve ark., 2020). Mikrobiyal biyostimulantlar; azot bağlayan faydalı bakterileri ve arbusküler mikorizal mantarları içerirken, mikrobiyal olmayan biyostimulantlar ise; amino asitler, hümitik asitler ve

mineraller, deniz yosunu özleri, bitki özleri, biyopolimerler (kitin, kitosan vb.) ve protein hidrolizatları gibi hem organik hem de inorganik kökenli çeşitli karmaşık maddeleri veya karışımları ifade etmektedir (Andreotti, 2020). Bu amaçla biyoprimering amaçlı kullanılan biyostimulantlar, mikrobiyal ve mikrobiyal olmayan olarak iki temel grupta sınıflandırılmıştır.

Mikrobiyal biyostimulantlar, genellikle toprakta bulunan faydalı mikroorganizmaları içermektedir. Bu yararlı mikroorganizmalar, bitkilerle yakın ilişkiler kurabilen belirli mantarlar veya bakteriler olup, bitki büyümesini artırmakta, toprak verimliliğini iyileştirerek besin alımını iyileştirmekte ve bitkilerin abiyotik ve biyotik streslere karşı dayanıklılığını da artırmaktadır. Özellikle *Acetobacter*, *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Artrobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Serratia*, *Stenotrophomonas* ve *Streptomyces* ve *Xanthomonas* bakteri ve mantar türleri bitkilerin kökleri etrafındaki topraktaki mikrobiyal popülasyonu etkileyerek yada kök bölgesine yerleşerek hastalıklarla mücadele etmekte ve besin alımını iyileştirerek bitki sağlığını artırmakta ve bitkiler üzerinde olumlu yönde etkiye bulunmaktadır (Tablo 1.) (Abdel-Fattah ve ark., 2000; Rouphael ve ark., 2015; Ruzzi ve Aroca, 2015; Pathania ve ark., 2020).

Mikrobiyal biyostimulantlarla priming, kontrollü bir şekilde faydalı mikroorganizmalarla işlenmesi ve çimlenme öncesi kontrollü koşullarda biyolojik ajanlarla tohumların hidrasyonu veya mikrobiyal kaplanması yoluyla gerçekleştirilmektedir (Karthika ve Vanangamudi, 2013; Ananthi ve ark., 2014). Mikrobiyal biyostimulantların priming ajanı olarak sebze tohumlarına uygulanmasının çimlenme üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu birçok araştırmada belirlenmiştir. Bu etkiler domates, marul, hıyar, turp, mısır, biber ve bamya gibi sebze türlerinde artan çimlenme oranları şeklinde gözlemlenmiştir (Ananthi ve ark., 2014; Singh, 2016; Özbay, 2018). Kullanılan biyostimulantların etkisi, biyostimulant türüne, uygulama süresine ve hedef bitki türüne bağlı olarak değişebilmektedir. Mikrobiyal biyostimulantlarla priming hızlı çimlenme, uniform çıkış, dormansinin kırılması ve biyotik ve abiyotik streslere karşı kimyasal fungusitlerin yerine geçerek daha fazla dayanım göstermiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Mikrobiyal biyostimülantların sebze türleri tohumlarında priming ajanı olarak kullanımı ve etkileri.

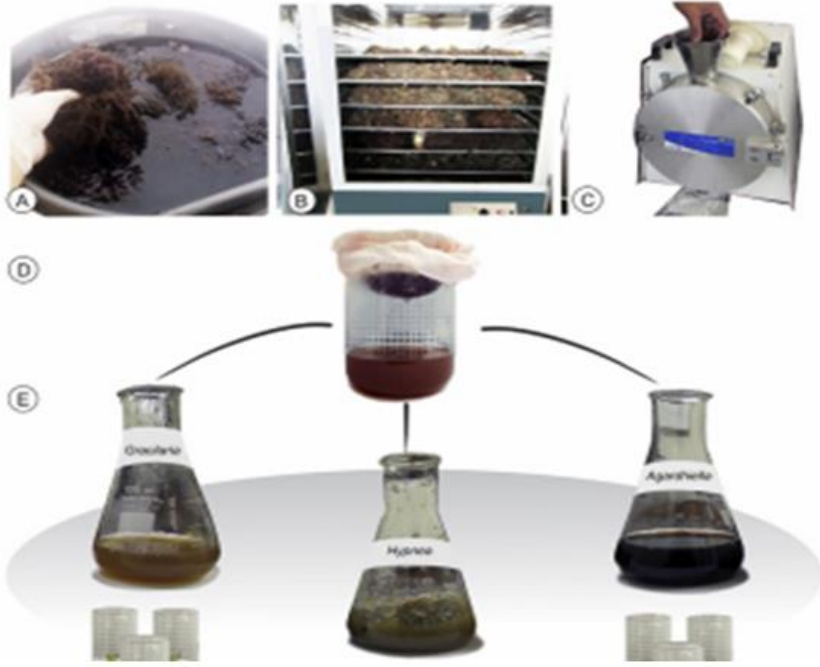
Biyostimülant	Tür	Yöntem	Etki	Araştırmacılar
<i>Azospirillum brasilense</i> (SP7, SP7-S ve SP 245)	Domates, marul ve hıyar	Priming	Vigor indeksinde artış	Mangmang ve ark., 2016.
<i>Trichoderma harzianum</i> (T22)	Domates	Priming	Yaşlanmış tohumlarda çimlenme oranında artış	Mastouri ve ark., 2010.
<i>Agrobacterium rubi</i> (A16)	Turp	Priming	Tuzlu koşullarda çimlenme oranında artış	Kaymak ve ark., 2009.
<i>Burkholderia gladii</i> (BA7)				
<i>Pseudomonas putida</i> (BA8)				
<i>Bacillus subtilis</i> (BA142)				
<i>Bacillus megaterium</i> (M3)				
<i>Trichoderma asperellum</i> (BHU PB-1)	Domates	Priming	Çimlenme oranında artış, bitkilerde <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> 'ye karşı dayanıklılık	Singh ve ark., 2020.
<i>Pseudomonas fluorescens</i> (L5B)	Biber	Priming	Toplam çimlenme ve çıkış miktarında artış	Yıldırım ve ark., 2021.
<i>Pseudomonas gessardii</i> (L13)				
<i>Bacillus subtilis</i> (BS1)				
<i>Bacillus mojavensis</i> (ApBm)				
<i>Bacillus subtilis</i>	Bamya	Priming	Toplam çimlenme miktarında artış, ortalama çimlenme zamanında azalış	Makhaye ve ark., 2021.

Mikrobiyal olmayan biyostimulantlar organik biyostimulantlar (deniz yosunu ekstraktları, protein hidrolizatları, humik maddeler, duman ekstraktları, solucan gübresi ve çayı, kitosan ve bitki ekstraktları) ve inorganik biyostimulantlar (alüminyum, sodyum, selenyum, kobalt, silisyum vb.) olarak sınıflandırılmaktadır (Battacharyya ve ark., 2015; Canellas ve ark., 2015; du Jardin, 2015; Gómez-Merino ve Trejo-Téllez, 2015; Pichyangkura ve

Chadchawan, 2015; Savvas ve Ntatsi, 2015). İnorganik olanlar besin elementleri olmaları nedeniyle “nutripriming” kavramı içinde değerlendirilmiştir.

Dünya genelinde yaklaşık 9000 deniz yosunu türü bulunmasına rağmen, bu türlerden *Ascophyllum nodosum* (yeşil), *Lithothamnium calcareum* (kırmızı), *Macrocystis pyrifera* (kahverengi), *Ecklonia maxima* (kahverengi), *Durvillea antarctica* (kahverengi), *Durvillea potatorum* (kahverengi) ve *Sargassum* spp. (kahverengi) tarım endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Sivritepe ve Sivritepe, 2008; Khan ve ark., 2009b; Craigie, 2011). Deniz yosunu ekstraktlarının üretiminde sulu ekstraksiyonlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem hem daha basit, hem de daha düşük maliyetlidir. Bu ekstrakta, yosun materyali ve su oranı genellikle 1:1 veya 1:2 oranında (ağırlık hacmi olarak) olacak şekilde ayarlanır. Karışımın ardından, ince bir filtre kağıdından süzülür ve kültür ortamına eklemek için sıvı bir ekstrakt elde edilir (Şekil 2). Ekstraksiyon sürecinde birçok faktör bitki bileşiklerinin konsantrasyonunu etkileyebilir. Bu faktörler sırasıyla, kullanılan yosun materyali miktarı, ısıtma süresi ve sıcaklığı, filtreleme işleminin etkinliğidir.

Deniz yosunu içeriğinde alginik asit, vitamin, oksin, giberellin, sitokinin gibi bitki gelişimini sağlayan doğal ve organik maddeler bulunmaktadır. Deniz yosunu ekstraktları, bünyesinde bulunan fitohormonlar sayesinde tohumda bulunan dormansiyi kırarak çimlenme oranını artırmaktadır (Khan ve ark., 2009b). Bu ekstraktların içerdiği hormonlar ve diğer biyoaktif bileşikler, tohum çimlenmesi sırasında hücrel metabolizmayı etkiler (Górka and Wiczorek, 2017). Bazı deniz yosunu ekstraktlarında bol miktarda bulunan çimlenmeyi teşvik eden faktörler arasında GA, mineral elementler ve amino asitler yer almaktadır. (Stirk ve Van Staden, 2014).



Şekil 2. Deniz yosunu ekstraktının üretim süreci. (A) Deniz yosununun temizlenmesi ve yıkanması (B) Fırında 40°C'de kurutulması (C) Kurutulmuş deniz yosununun bıçak değirmeninde öğütülmesi (D) Deniz yosunu ekstraktının süzülmesi (E) Besin ortamını desteklemek için ekstraktlar (Carmo ve ark., 2021).

Farklı deniz yosunu türlerinden elde edilen ekstraktlar, birçok bitki türünün tohum çimlenmesi üzerinde olumlu etkiler göstermiştir. Domates tohumlarında kahverengi alg olan *Sargassum tenerrimum* (Sivritepe ve Sivritepe, 2008; Sasikala ve ark., 2016), *Ascophyllum nodosum*'un soğan ve biber tohumlarında (Hidangmayum ve Sharma., 2017), yeşil alg olan *Codium tomentosum*, kırmızı alg olan *Gracilaria gracilis* ve kahverengi alg olan *Cystoseira barbata*'nın domates biber ve patlıcan tohumlarında çimlenme oranını önemli derecede artırdığı belirlenmiştir (Demir ve ark., 2006). Öte yandan, deniz yosunu ekstraktının tohumlarda özellikle abiyotik strese karşı dayanıklılığı artırıcı etkisinin olduğu yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Muhie ve ark., (2020) tarafından yapılan çalışmada, özellikle tuz, kuraklık ve yüksek sıcaklık stresine karşı deniz yosunu ekstraktının soğan tohumlarında

çimlenmeyi artırdığı ve fidelerde yaş ve kuru ağırlık ile fide boyunda önemli artışlar sağladığı belirlenmiştir.

Bitkilerden elde edilen biyostimulantlar, içerdikleri fitokimyasallar nedeniyle tohumlarda çimlenmeyi olumlu bir şekilde etkilemektedir. Araştırmalar, bitki ekstraktları ile gerçekleştirilen tohum priming işleminin, çimlenme oranını ve çimlenme hızını belirgin bir şekilde artırdığını, tohum çıkış gücünü önemli ölçüde iyileştirdiğini ve bu sayede fide büyümesini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Özellikle, kuraklık, tuzluluk ve yüksek sıcaklık gibi abiyotik stres koşullarına karşı bitkilerin toleransını artırarak, çimlenme sürecine katkıda bulunmuş ve bu zorlu çevresel faktörlere adaptasyon kabiliyetlerini güçlendirmiştir (Khan ve ark., 2022).

Moringa bitkisinin yaprak özütü, bitkisel ekstraktlar arasında en sık tercih edilenlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, kadife çiçeğinin bitki çayı, çeşitli türler üzerinde yapılan araştırmalarda etkinliği kanıtlanmış diğer bir kritik bitkisel priming maddesi olarak kabul edilmektedir (Mavi, 2014; Mavi ve Uzunoğlu, 2020; Özmen ve ark., 2023). Mavi ve Atak (2016)'ın yürüttüğü çalışmada, leonardit, kadife çiçeği özütü ve çay atığı kullanılarak yapılan organik priming yöntemiyle karpuz tohumlarının çimlenme ve fide çıkış oranlarının teşvik edildiği belirtilmiştir. Doğal yollarla yaşlanmış patlıcan tohumları üzerinde yapılan bir diğer araştırma ise, iki farklı kadife çiçeği türü (*Tagetes patula* ve *Tagetes erecta*) ekstraktlarının kullanıldığı organik priming uygulamasının tohumların çimlenme ve çıkış performansını iyileştirdiğini ortaya koymuştur. Bu uygulama sonucunda, kök uzunluğu ve fide yaş ağırlığı gibi önemli fide özelliklerinde gelişmeler olduğu bildirilmiştir (Mavi, 2014). Mavi (2018) tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise, kadife çiçeği özütlerinin farklı biber türlerindeki çimlenme ve çıkış kalitesini artırdığı saptanmıştır. Girase ve ark., (2019) ise arjuna (*Terminalia arjuna*), karahalile (*Terminalia chebula*), baheda (*Terminalia bellirica*), acı akasya (*Albizia amara*), neem (*Azadirachta indica*), Çin sabunu ağacı (*Sapindus mukorossi*), Hint yemişi (*Phyllanthus emblica*), fesleğen (*Ocimum tenuiflorum*) gibi çeşitli bitki özütlerinin bamya tohumlarının çimlenmesi üzerinde olumlu yönde etki yaptığını belirlemiştir.

Kitin, selülozdan sonra doğada en bol bulunan ikinci polisakkarit olan lifli bir polimerdir (Malerba ve Cerana, 2019). Kitinin deasetilasyonu sonucu başlıca türevi olan kitosan elde edilmektedir (Rajapakse ve ark., 2019). Kitosan,

tohum çimlenmesini ve fide büyümesini artırmak amacıyla tarımda sıklıkla tohum priming ajanı olarak kullanılmaktadır. Tohum çimlenmesinde biyokimyasal ve fizyolojik süreçleri iyileştirdiği, optimum N konsantrasyonunun bir sinyal molekülü olarak işlev gördüğü ve tohum çimlenmesini teşvik ettiği bildirilmiştir (Osuna ve ark., 2015; Zhang ve ark., 2015). Biber, tatlı mısır ve marul gibi sebze türlerinde kitosan tohum priming ve kaplamasının çimlenme yüzdesi, çimlenme hızı ve fidelerin canlılığı üzerindeki faydalı etkilerini ve mantar patojenlerine karşı koruma sağladığını bildirmiştir (du Jardin, 2015) (Tablo 2).

Tablo 2: Kitosanın tohum çimlenmesi üzerindeki etkileri

Biyostimülant Tür	Yöntem	Etki	Kaynak
Kitosan	Biber	Priming (%0.01, 0.05, 0.1, 0.3, 0.5)	Ortalama çimlenme süresini (MGT) azalma ve fide boyu ile yaş ve kuru ağırlıkta artma
Kitosan	Tatlı mısır	Priming (%0.25, 0.5, 0.75, 1)	Çimlenme oranını, vigor indeksi ve sürgün uzunluğunda artma ayrıca ortalama çimlenme (MGT) süresinde azalma
Kitosan	Marul	Priming (0.01, 0.1, 1 mg/L)	Çimlenme oranı, kök boyu, sürgün ve kök yaş ağırlığında artma, ortalama çıkış zamanında (MET) azalma
Kitosan	Mung fasulyesi	Katı ortam priming (%0.1, 0.2, 0.5)	Tuzluluk stresini baskılayarak çimlenme hızı ve gücü, sürgün ve kök boyunda artma
			Samarah ve ark., 2020
			Behbood ve ark., 2020
			Lyalina ve ark., 2023
			Sen ve Mandal, 2016

Vermikompost, solucanlar ve ilişkili mikroorganizmalar aracılığıyla hayvan gübresi ve bitki atıkları gibi biyolojik olarak parçalanabilir organik atıkların humus benzeri bir kompost ürününe dönüştürülmesini sağlayan mikrobiyal bir biyostimülanttır. Solucan gübresi üretiminde, atıklar solucanların sindirim sistemi içindeki özgün bakteri ve enzimlere maruz kalmaktadır. Bu süreç, solucan gübresini diğer biyolojik bozunma yöntemlerinden ayıran ve ona benzersiz özellikler katan özel bir işlemdir. Solucanların mide kaslarıyla atık parçalarını parçalaması, yüzey alanlarının

önemli ölçüde genişlemesine ve atıkların mikrobiyal ve enzimatik etkilere daha yoğun bir şekilde maruz kalmasına olanak tanır. Bu etkileşim, solucan gübresinin verimliliğini artırır ve değerli bir organik gübre haline getirmektedir (Hussain ve Abbasi, 2018). Farklı bitki türleri, tohum çimlenmesini iyileştirmek için vermikompost kullanımına farklı tepkiler vermektedir. Farklı türlere biyoprimering ajanı olarak kullanılan vermikompostun soğan, börülce, domates ve marul gibi sebze türlerinde stres koşullarında çimlenme ve çıkışta iyileşmeler sağladığı belirlenmiştir (Tablo 3). Vermikompostun olgunluğu ve kaynağı, vermikompostun etkinliği üzerinde önemli bir rol oynamakta bu da çimlenme üzerine ayrıca etki etmektedir.

Tablo 3: Vermikompost ve çayının tohumda biyoprimering olarak kullanımı ve etkileri

Biyostimülant	Tür	Yöntem	Etki	Araştırmacılar
Vermikompost	Soğan	Primering	Kuraklık ve tuz stresi karşısında çimlenme ve çıkış oranında artış, CAT, SOD, ve APX enzimlerinde artış	Muhie ve ark., 2020.
Vermikompost	Börülce	Primering	Yüksek sıcaklıkta fide çıkış gücü, kök boyu ve yaş ağırlığında artış	Voko ve ark., 2022.
Vermikompost çayı	Domates ve marul	Primering	Çimlenme oranında ve fide büyümesinde artış	Arancon ve ark., 2012

Humik maddelerin, oksinler, gibberellinler, sitokininler ve poliaminler gibi hormon benzeri aktivitelere sahip olduğu bildirilmiştir (Nardi ve ark., 2009). Pırasa ve kereviz tohumlarının humik asit ile uygulanması, kontrol grubuna kıyasla çimlenme yüzdelerini önemli ölçüde artırmıştır (Yıldırım ve ark., 2002). Humik asit, kabak ve hıyar gibi türlerin tohumlarında çimlenme parametreleri üzerinde önemli bir etki göstermemiştir (Hartwigsen ve Evans, 2000). Humik asit, bitkilerin tuzluluk, kuraklık ve ağır metal gibi değişik abiyotik stres şartlarına daha iyi tolerans göstermelerine olanak tanıyan önemli bir faktördür. Domates tohumlarına tuz stresi koşulları altında humik asit uygulamasının fide büyümesini ve tohum çimlenmesini iyileştirdiği bildirilmiştir (Souza ve ark., 2021).

7. KATI ORTAM (MATRİKS) PRIMİNG

Osmotik çözeltiler, sürekli hava ile temas gerektirdikleri için ve genellikle tohum miktarına bağlı olarak oldukça büyük hacimlerde priming çözeltisi kullanıldığı için bazı zorluklar içermektedir. Ayrıca, inorganik tuz kullanımı fide çıkış yüzdesinde düşüslere neden olmaktadır. Bu tür zorlukları aşmak için, tohumların katı bir ortamda priming yapılabilmesi üzerine çalışmalar yürütülmüştür. Bu alandaki öncü çalışmalardan biri Alan George Taylor tarafından 1990 yılında gerçekleştirilmiş ve sonuçları patentlenmiştir. Bu yöntem, sıvı bazlı sistemlerin yerini alabilecek pratik bir alternatif uygulama olarak öne çıkmaktadır.

Katı ortam priming, tohumların çimlenme kapasitesini ve stres koşullarında sağlıklı bir şekilde büyümelerini teşvik etmek amacıyla kullanılan bir tohum işleme yöntemidir. İlk olarak bu yöntem özellikle, osmopriming uygulamasının karşılaştığı havalandırma problemleri ile osmotik ajanların yüksek maliyetlerini azaltmak için geliştirilmiş bir alternatiftir. Paparella ve ark., (2015) yaptıkları çalışma ile bu teknolojinin geliştirilmesindeki bilimsel temelleri ve avantajlarını açıklamışlardır. Katı ortam priming işlemi sırasında, tohumlar öncelikle ince öğütülmüş katı organik bir taşıyıcı ile karıştırılır. Bu taşıyıcılar suyu belirli bir seviyeye kadar emer ancak bu seviye, tohumların çimlenme sürecini başlatmayacak kadar düşük seviyede tutulmalıdır. Bu sürecin amacı, tohumların yavaşça nem almasını sağlamak ve bu sürecin toprakta gerçekleşen doğal su emilim sürecine benzer olmasını sağlamaktır. Böylece tohumlar çevresel stresten daha az etkilenmekte, daha hızlı ve homojen bir şekilde çimlenmektedirler (Debabrama ve Das, 2017).

Katı ortam priming yönteminde kullanılan malzemeler, yüksek su emme kapasitesine ve iyi nem tutma yeteneğine sahip olmalıdır. Vermikülit, genleştirilmiş kalsine kil, agro-lig ve mikro-cel gibi malzemeler bu özellikleri sunarak, tohumların nem seviyesini etkili bir şekilde düzenlememize yardımcı olmaktadır. Bu malzemelerle yapılan priming işlemi, tohumların belirli bir sıcaklıkta ve sürede inkübe edilmesini gerektirir, böylece çimlenme süreci optimize edilir (Ermis ve ark., 2016). Bu kontrollü ortam, tohumların stres koşullarına karşı daha dirençli hale gelmelerini sağlar ve çimlenme oranlarını artırarak verimi yükseltir. Katı ortam priming tekniğinin bir avantajı, katı materyal ve tohum karışımının hava geçirgenliğinin yüksek olmasıdır. Bu da

tohumların sürekli olarak iyi bir oksijen kaynağına sahip olmalarını sağlamaktadır. Genellikle bu oran %21 civarındadır (Ermis ve ark., 2016). Ancak, bu yöntemin bir dezavantajı, priming işlemi sonrasında katı ortam materyalinin tohumlardan ayrılmasının zor olabilmesidir. Taylor (1998) tarafından yapılan çalışma, tohumları kuruttuktan sonra katı materyali eleyerek ayırmanın daha pratik olduğunu ortaya koymuştur. Bu işlem genellikle priming sonrası yapılırsa da, tohumların önce kurutulup ardından materyalin elenmesi daha yaygındır. Bu yöntemler, tohum priming sürecini daha verimli hale getirerek, tarımsal uygulamalarda başarıyı artırır.

Katı ortam priming yöntemi, tohumların çimlenme performansını ve stres altında dayanıklılıklarını artırmak için yalnızca katı ortamın sunduğu su tutma kapasitesine değil, aynı zamanda çeşitli priming ajanlarının da kullanımına olanak sağlamaktadır. Bu ajanlar, tohumların stresle başa çıkma kapasitelerini optimize ederek genel büyüme performanslarını iyileştirmeye yardımcı olmaktadır. Bu ajanlar arasında, organik veya inorganik maddeler, besin elementleri ve hatta büyüme düzenleyici kimyasallar yer alabilmektedir. Pandita ve ark. (2010) *Trichoderma viride* veya Captan gibi fungusit uygulamalarının tohum çimlenme oranları üzerindeki etkilerini incelemiştir. Sonuçlar, *Trichoderma viride* ile birlikte katı matriks primingin düşük sıcaklıklarda bamyanın fide çıkışını ve verimliliğini artırmak için başarıyla kullanılabileceğini göstermektedir. Muhie ve ark. (2020) ise vermikompost ve deniz yosunu uygulamalarının katı ortam priming yöntemiyle birlikte kombine edildiğinde tohum çimlenme oranlarını ve katalaz, süperoksit dismutaz, askorbat peroksidaz gibi antioksidan enzimlerin aktivitelerini artırdığını ortaya koymuştur. Pırasa tohumlarında uygulanan katı ortam priming uygulaması çimlenme oranlarını ve katalaz enzim aktivitesini önemli ölçüde yükseltmiş, aynı zamanda tohumların ortalama çimlenme zamanını kısaltmıştır (Özden ve ark., 2018). Katı ortam priming ve tuz stresinin brokoli ve karnabahar tohumlarının çimlenmesi üzerindeki etkilerini inceleyen bir çalışmada, tuz stresinin neden olduğu olumsuz etkilerin katı ortam priming ile hafifletilebileceği belirlenmiştir. Bu uygulamanın tohumların canlılığını artırmanın yanı sıra, brokoli ve karnabahar fidelerinde peroksidaz ve katalaz enzim aktivitelerini, prolin, çözünür şeker ve çözünür protein miktarlarını önemli ölçüde yükselttiği saptanmıştır (Wu ve ark., 2019).

8. DUMAN PRİMİNG

De Lange ve Boucher *Audouinia capitata* (Bruniaceae) üzerinde ilk duman priming çalışmalarını yürütmüşlerdir. Bitkilerden elde edilen dumanın bitkide bulunan dormansiye kırıdığını belirlemişlerdir. Bruniaceae familyasının yaygın olarak bulunduğu bölgede çıkan yangınlar bu fikrin oluşmasına zemin hazırlamıştır (Kruger ve Bigalke, 1984; De Lange ve Boucher, 1990). Çimlenme ve çıkış özellikleri üzerine çıkan bu yangınların çoğu durumda tohumların üzerindeki sıcaklık etkisi ve nem seviyesindeki değişim ile ilişkilendirilse de sonraki yıllarda yangınlarla beraber ortaya çıkan dumanın içerisinde bulunan gazların çimlenme ve çıkış üzerinde farklı etkileri olabileceği ön görülmeye başlanmıştır (Van de Venter ve Esterhuizen, 1988; Brits ve ark., 1993). Yapılan ilk çalışmalarda De Lange ve Boucher çevredeki bitki örtüsünden topladıkları kuru ve taze bitki materyallerini yakarak elde ettikleri dumanı polietilen ile kapatılmış alanda yayılmasına izin vererek toprağa işlemişlerdir. Sonraki çalışmalarda ise *Passerina vulgaris* türü genetik materyal olarak kullanılmıştır (Brown, 1993). Duman, 1990'ların başında yangın sonrası ortamlarda önemli bir çimlenme faktörü olarak tanımlanmıştır. Dumanın, karrikinler, siyano hidrinler, butenolidler, hidrokinonlar, etilen ve amonyak gibi aktif bileşikler içerdiği bulunarak tohum çimlenmesini teşvik etmek için kullanıldığı tespit edilmiştir (De Lange ve Boucher, 1990; Elsadek ve Yousef, 2019; Van Staden ve ark., 2000).

De Lange ve Boucher tarafından dumanın bitkiler üzerinde yarattığı olumlu etkiyi keşfetmelerinin ardından birçok farklı sebze türünde de yapılan çalışmalar göstermiştir ki yalnızca yangın alanlarında kalan orman bitkilerinde değil çok farklı türlerde de tohum çimlenmesini teşvik ettiği, fide gücünü, fotosentez ve klorofil miktarını, CAT (katalaz enzimi) aktivitesini, fide yaş ve kuru ağırlığını, askorbik asit ve karoten içeriklerini arttırdığı ve fide özelliklerini iyileştirdiği görülmüştür (Tablo 4.).

Tablo 4: Farklı duman priming uygulamalarının etkileri

Duman	Uygulama dozu	Tür	Yöntem	Etki	Araştırmacılar
Bütenolid	10 ⁻⁷ M	Kavun	Priming	Fide çıkı oranı, katalaz aktivitesi ve ağırlığında artış.	Mavi ve ark., fide 2010.
Karrikinolid	10 ⁻⁷ M	Biber	Priming	Çimlenme oranında artış, fide yaş ve kuru ağırlığında artış, CAT aktivitesinde artış, APX ve SOD aktivitesinde azalış.	Demir ve ark., 2018.
Buğday samanı	25.8-51.6-103.2-258 µg L ⁻¹	Havuç	Priming	Çimlenme, büyüme, fotosentez, β karoten ve askorbik asit miktarında artış.	Akeel ve ark., 2019.
Karrikinolid	10 ⁻⁷ M	Biber, Kabak, Lahana	Priming	Fide kalitesinde artış, antioksidan enzim aktivitesinde artış, hücre yapılarında iyileşme.	Gökdaş ve ark., 2022.

Tohum çimlenmesini teşvik etmede, dumanın doğrudan tohumlara uygulanmasının yanı sıra, dumanın suya emdirilerek oluşturulan duman-su ekstraktlarının ve karrikinler gibi bileşiklerin kullanımı da yer almaktadır (Elsadek ve Yousef, 2019). Araştırmalar, tohumların çimlenmesini ve sonrasında kök ile sürgünün gelişimini teşvik etmek amacıyla duman ekstraktları ve karrikinler gibi bileşenlerin son derece düşük konsantrasyonlarda bile etkili bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymuştur (Van Staden ve ark., 2006; Gupta ve ark., 2020). Sebze türlerinden kavun tohumlarında çimlenme ve çıkış ile birlikte fide kalitesinin iyileştirilmesi (Mavi ve ark., 2010), biber tohumlarında fide kalitesi ve katalaz aktivitesinin artırılması (Demir ve ark., 2012), yaşlanmış patlıcan tohumlarında çimlenme oranı ve çıkış gücünün artırılması (Demir ve ark., 2009), olgunlaşmamış biber tohumlarında embriyo gelişiminin teşvik edilmesi (Demir ve ark., 2018) ve yaşlanmış biber, kabak ve lahana tohumlarında çimlenme ile fide çıkış kalitesinin artırılması, tohumlardaki katalaz aktivitesinin yükseltilmesi ve

düşük elektriksel iletkenlik ile potasyum sızıntısının sağlanması gibi çeşitli olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Gökdaş ve ark., 2022).

Havuç tohumlarında duman ve karrikinolid uygulamalarının çimlenme, büyüme, fotosentez içeriği ve besin değerleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmada duman priming çimlenmeyi %58 oranında arttırırken, karrikinolid uygulamasının %54.4 arttırdığı ifade edilmiştir. Bitki boyu değerleri duman priming ile %33 oranında artarken, karrikinolid uygulaması %25 arttırdığı, net fotosentez içeriğini ise sırasıyla %40 ve 34 oranında arttırdığı gözlemlenmiştir. Beta karoten ve askorbik asit içeriği ise kontrole kıyasla her iki uygulama içinde artış göstermiştir. Duman priming uygulamasında buğday samanından elde edilen duman damıtılmış suya aktarılarak elde edilmiştir. Elde edilen dumana doymuş su tohumlara 4 farklı dozda (25.8, 51.6, 103.2 ve 258.0 $\mu\text{g L}^{-1}$) uygulanmıştır. Karrikinolid uygulaması ise yine 4 farklı (0.015, 0.150, 1.501 ve 15.013 $\mu\text{g L}^{-1}$) dozda kullanılmıştır. Duman priming uygulamalarında 51.6 $\mu\text{g L}^{-1}$ dozu ile en iyi sonuçlar alınırken karrikinolid uygulamalarında en etkin sonuç 1.501 $\mu\text{g L}^{-1}$ doz uygulamasından elde edilmiştir (Akeel ve ark., 2019). Bu çalışma uygulama materyali olarak kullanılan havuç türünün duman priming ile tohum uygulamalarının çimlenme ve bitkisel özelliklerdeki iyileştirici özelliğini kanıtlar niteliktedir.

Duman priming uygulamasının havuç dışında, kavun (Mavi ve ark., 2010) ve biber (Demir ve ark., 2012; Demir ve ark., 2018) tohumlarında düşük sıcaklık koşullarında fide çıkış oranı, fide yaş ve kuru ağırlığını arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca bu türlerde katalaz enzim aktivitesinde de artış sağladığı bildirilmiştir. Yapılan uygulamalar ile katalaz aktivitesindeki artış hasar mekanizmasını onarması, endosperm depolarının daha hızlı hidrolize olması ve rezervlerin daha aktif kullanılmasına sebep olmaktadır.

9. NANOPRİMİNG

Nanoprimering uygulamaları, günümüzde tohum uygulamaları açısından teknolojiadaki gelişmeler gözönüne alındığında en güncel yaklaşımlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. İklim değişikliklerinin tüm dünya genelinde meydana gelmesi, gübre ve pestisit kullanımının artmasıyla ortaya çıkan yoğun toprak ve su kirliliği, dünya nüfusundaki artışın yanı sıra tarımsal üretimde meydana gelen azalmalar gibi pekçok faktör tarımsal üretimi tehdit etmektedir.

Nanoteknolojik materyallerin tarımda kullanımı bu problemlerin çözümü için önemli bir alternatif olarak öngörülmektedir. Özellikle kimyasal girdilerin olmadığı ve tohumdan hasada kadar uygulanabilirliği bulunan stratejik çalışmalar son yıllarda artış göstermektedir. Bu çalışmalardan biri de tohum uygulamalarında nanoprimering uygulamaları olarak karşımıza çıkmaktadır. Nanoprimering uygulamalarında gümüş, bakır, altın, çinko, demir ve kitosan hem katkısız formları hemde katkılanmış formları ile en çok kullanılan uygulama materyalleri olarak dikkat çekmektedir (Özmen ve ark., 2023).

Bahsedilen bu yapılar metrik sistemde 1 ila 500 nanometre aralığında bulunan atom ve molekül seviyelerinin üzerinde çalışıldığı XRD ve FESEM mikroskopları gibi görüntüleme yöntemleri ile kanıtlanan kaliteli, depolanabilirliği ve uygulama sonrası etkinliği bakımından uzun ömürlü, ucuz, hafif ve milimetrik sistemin en küçük boyutlarına sahip yapılardır (Ateş, 2015; Şahin ve ark., 2021).

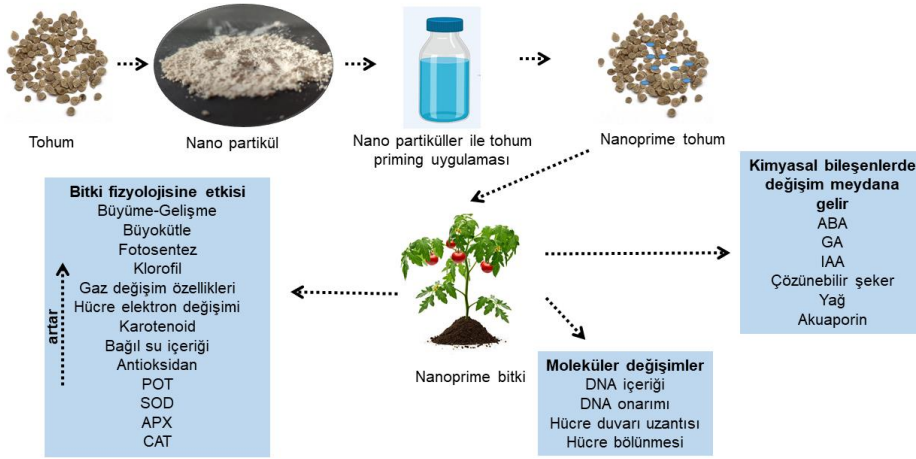
Włodarczyk ve Smolinska (2022) domates tohumlarına 50 ve 100 nm boyutlarına sahip ZnO partikülleri 50-150 ve 250 mg L⁻¹ dozlarında uygulamışlardır. 50 mg L⁻¹ dozu için 100 nm boyuttaki ZnO nanomateryalleri çimlenme oranı ve çimlenme zamanı için iyi sonuçlar verirken, doz artışı ile beraber 50 nm boyutundaki ZnO nanomateryallerinden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Artan ve azalan boyutun yanı sıra nanoprimering uygulamalarında her tür için etkin doz ve etkin uygulama materyalinin tespit edilmesi gerekmektedir (Tablo 5).

Soğan (Acharya ve ark., 2017), karpuz (Acharya ve ark., 2020), kavun (Özmen ve ark., 2022), kudret narı (Sheikhalipour ve ark., 2023) ve biber (Coria-Tellez ve ark., 2023) türlerinde gümüş, altın, çinko, selenyum, demir, kitosan vb. katkılı katkısız farklı nanomateryallerin ve uygulama dozlarının tohum uygulamalarındaki etkileri açıkça ortaya konulmuştur. Etki mekanizması olarak ise çıkışta artış, stres koşullarında daha iyi çimlenme, kök ve sürgün uzunluğunda artış ve enzim aktivitesinde değişimler yaparak tohum kalitesini arttırdığı ifade edilmektedir (Tablo 5).

Tablo 5: Farklı nanoprimering uygulamalarının etkileri (Özmen ve Mavi, 2023).

Uygulama materyali	Materyal boyutu	Uygulama dozu	Uygulama yapılan sebze türü	Uygulama yöntemi	Etki mekanizması	Kaynak
Gümüş ve Altın	100-1000 nm	-	Soğan (<i>Allium cepa</i> L.)	Nanoprimering	Kök ve sürgün uzunluğunda artış, verimde artış, toplam fenol içeriğinde artış	Acharya ve ark., 2017
TNE ve AgNP	100-200 nm	1:5 g mL ⁻¹	Karpuz (<i>Citrullus lanatus</i>)	Nanoprimering	Su ve besin alımındaki artışa bağlı olarak klorofil içeriğinde artış, toplam fenol ve radikal süpürme aktivitesinde artış	Acharya ve ark., (2020)
Kalsiyum fosfat katkılı çinko oksit	97-202 nm	0.002, 0.004 ve 0.01 g L ⁻¹	Kavun (<i>Cucumis melo</i>)	Nanoprimering	Çıkış oranında artış, çıkış süresinde azalma, fide kalitesinde artış	Özmen ve ark., 2022
Selenyum kitosan	60-200 nm	0, 10 ve 20 mg L ⁻¹	Kudret narı (<i>Momordica charantia</i> L.)	Nanoprimering	Tuz stresine tolerans, büyümede, antioksidan enzim aktivitesi, fotosentezde artış	Sheikhalipour ve ark., 2023
Magnezyum katkılı demir	-	0, 2, 5, 10 ve 20 mg L ⁻¹	Habanero tip biber (<i>Capsicum chinense</i>)	Nanoprimering	Çimlenme hızında, kökte mineral madde miktarı, fotosentez hızı ve besin alımında artış	Coria-Tellez ve ark., 2023

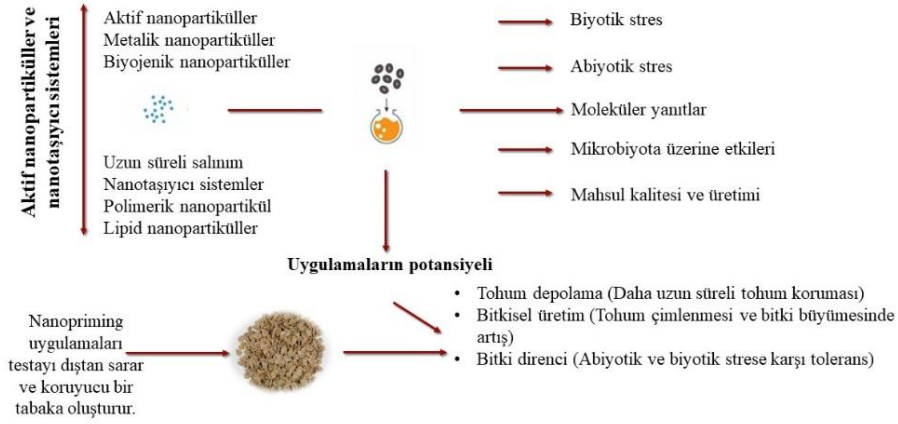
Nanopriming uygulamalarında nanomateriyallerin nasıl uygulandığı, uygulama sonrası tohum yapısında, çimlenme ve çıkış mekanizmasında meydana gelen değişimler Şekil 3 ve Şekil 4’de şematize edilmiştir.



Şekil 3: Nanopriming uygulaması ve uygulama sonrası tohum ve bitkide meydana gelen değişimler (Özmen ve Mavi, 2023)

Nanopriming uygulamalarının hasat sonrası gelişimi devam edebilen tohumların gelişimini desteklediği, amilaz aktivitesi, çözülebilen şeker oranını artırması, aquaporin genlerinin aktivasyonunu hızlandırması ve tohum çimlenmesi ve çıkışında rol oynayan serbest oksijen radikallerinin seviyesini düşürerek stres toleransını arttırdığı görülmüştür. Bu durum tohum gözeneklerinden nanopartiküllerin kolay emilimi ile tohumlarda bulunan antioksidan enzim aktivitesini artırması ve hücre duvarının genişleyerek hidroksil radikallerinin kullanımı hızlandırarak nişastanın hidrolizini gerçekleştirmesine dayandırılmaktadır (Mahakham ve ark., 2017) (Şekil 3, Şekil 4).

Maş fasulyesinde nano boyutlu kitosan kullanımı ile tuz stresi altındaki uygulama sonrasında H_2O_2 ve malondialdehitin (MDA) oksidatif stres belirteçlerinin azaldığı ve kitosan uygulamasının kontrole kıyasla büyümeyi artırdığı, metabolizma aktivasyonunu hızlandırdığı ve klorofil içeriğini artırdığı belirlenmiştir (Sen ve ark., 2020) (Şekil 3, 4).



Şekil 4: Nanoprimering uygulamaları sonrasında uygulama materyali ve uygulama potansiyelinin etki mekanizması (Özmen ve Mavi, 2023).

Tüm bu pozitif gelişmeler ve pozitif etkilerin yanı sıra nanoprimering uygulamaları negatif etkilere de neden olabilmektedir. Bazı hassas bitki türlerinde (marul, maydanoz ve kereviz) fide gelişimi aşamasında baskılayıcı özellikler sergileyebilmektedir (Hamada ve ark., 2024). Çalışmalar yeniliğini koruduğu için birçok türde uygulamaların nasıl bir sonuç vereceği belirsiz iken, uygulamaların etkinliğinin pozitif sonuçlar verdiği çalışmalarda ise etkin doz uygulamalarının çalışılması gerektiği görülmektedir. Ayrıca abiyotik ve biyotik stres faktörleri üzerinde etkilerinin belirlenebilmesi adına stres faktörlerini içeren yeni çalışmaların yapılarak etki mekanizmalarının değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

10. MAGNETOPRİMİNG

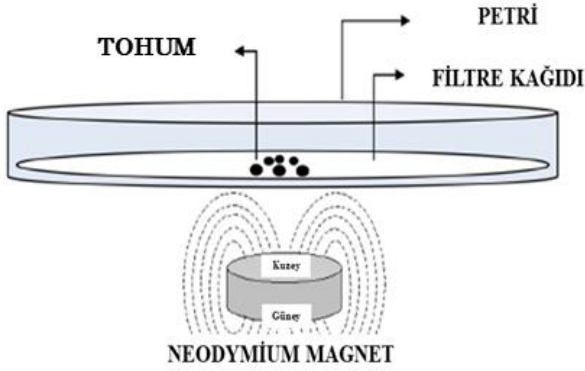
Bitki büyüme ve gelişimi üzerinde etkili olan birçok çevresel faktör bulunmaktadır. Bunlardan biri de Dünya'da yaşamsal alanlar üzerine etkili olan manyetik indüksiyon ile ölçülüp Tesla birimleri ile ifade edilmekte olan manyetik alanlardır. Tüm canlı organizmalar Dünya üzerindeki konumuna bağlı olarak 50-60 μ T aralığında değişmekte olan doğal jeomanyetik alandan etkilenmektedir (Minorsky, 2007). Farklı manyetik alanlardan bitkilerin nasıl etkilendiği ve verdikleri fizyolojik tepkilerin neler olduğunu belirlemek üzerine

ilk çalışmalar Louis Pasteur (1862) ve Savostine'nin (1930) gözlemleri ile başlamıştır. Bunu statik manyetik alanlar kullanılarak yapılan diğer çalışmalar izlemiştir (Rosales ve ark., 2018).

Bitkilerde ortaya çıkan bu biyolojik sürecin anlaşılabilmesi adına elektromanyetik alanlar, farklı mıknatıslı alışımlar ve manyetik alan kaynaklarının farklı kombinasyonları manyetik alan olarak kullanılmaktadır. Bitkilerin manyeto-tropizm etkisi ise ilk kez 1960'lı yıllarda domatest bitkinin kök büyümesi ve meyve olgunlaşmasında manyetik alanlar tarafından tetiklendiği düşünülen hormonların etki mekanizmalarının açıklamaya çalışılması ile gerçekleşmiştir (Krylov ve Tarakonova, 1960; Boe ve Salunkhe, 1963). Doğal jeomanyetik alandan daha yüksek manyetik alana maruz bırakılan bitkilerden yaprak lahanada kontrole kıyasla daha yüksek oranda çimlenme olduğu (Soelistianto ve Atmadja, 2019), bezelyede bitkinin genel büyümesini iyileştirdiği (Carbonell ve ark., 2011), marul tohumlarında su alımını arttırdığı (Reina ve ark., 2001) ve bazı domates (Anand ve ark., 2019) tohumlarında iletim sinyallerinin yanı sıra gen ifadelerinde değişime neden olduğu yapılan çalışmalar sonucunda bildirilmiştir. Manyetik alana maruz bırakılan tohumlarda Ca^{+2} iyonlarını uyarabileceği ve demir parçacıklarının nişasta ve büyüme hormonlarını kendine çekebileceği ileri sürülmektedir (Nagaraja, 2002; Casper, 2007; Xu ve ark., 2018).

Magnetopriming uygulamaları uygulamanın kolaylığı (Şekil 6), ekonomik olması, iyi tarım ve organik tarım uygulamaları açısından çevre dostu olması ve yapılan literatür çalışmalarının (Tablo 6) pozitif yönleri gözönüne alındığında özellikle fiziksel tohum uygulamaları açısından popüler bir yöntem olarak görülebilmektedir. Uygulama esnasında tohumun zararlanmaması ise diğer bir başka avantaj olarak düşünülmektedir.

Abhary ve Akhka (2023) domates tohumlarını 3 farklı dozda (150-200-250 mT) ve farklı mıknatıs yönelimleri ile uyguladıkları magnetopriming sonrasında 150 mT uygulamasının özellikle çimlenmenin 3-4. günlerinde güneyde % 50, kuzeyde % 30 ve her iki yön uygulamasında % 45 oranında kontrole kıyasla çimlenmede artış gözlemlemiştirlerdir.



Şekil 5: Neodymium mıknatıs kullanılarak petri ortamında tohumlara uygulanan magnetopriming uygulaması (Abhary ve Akhkha, 2023)

Anand (2014), magnetopriming uygulamaları ile manyetik alana maruz kalan tohumların özellikle abiyotik stres faktörleri altında tohumların çıkış gücünü arttırdığını ve bitki gelişimini optimum düzeyde tutmaya yardımcı olan fiziksel uyarıcı olarak görüldüğünü bildirmiştir.

Kadioğlu ve ark. (2022) altı sebze türünde tohum çimlenmesi, kök ve sürgün uzunluğu üzerine 5 dakika süre ile 15-17 mT magnetopriming uygulamasının etkinliğini incelemişlerdir. Uygulamanın ardından tüm türlerde kontrole kıyasla % 8-14 oranında çimlenmede bir artış olduğu bulunmuştur. En yüksek oran (%14), soğan türünden elde edilmiştir. Ayrıca uygulama ile domateste 1.4, soğanda ise 1.3 cm'lik sürgün boyunda artış gözlemlenirken, lahanada 3.5, domateste ise yaklaşık 2 cm'lik kök uzunluğunda bir artış sağlamıştır.

Gutierrez ve ark. (2024), brokolide 1-2 saat 5.9 mT magnetopriming uygulaması ile tuz stresi uygulaması yapılan gruplar dahil olmak üzere bitki gelişimi üzerine magnetopriming uygulamalarının pozitif etkilerinin olduğunu ifade etmişlerdir. Kontrol uygulamasına kıyasla çimlenme zamanı üzerinde 2-5 gün gibi bir erkencilik sağlanmıştır. Uygulama tuz stresinde kök uzunluğunun yaklaşık 1 cm artmasına neden olurken, gövde kalınlığında 0.5 cm ve yaş ağırlıkta ise 7 mg artış sağlamıştır.

Statik manyetik alan ve neodymium mıknatıs manyetik alanların kullanıldığı çalışmalarda uygulama dozları 50-200 mT arasında

yoğunlaşmıştır. Nadirde olsa uygulama dozu statik manyetik alanlarda 800 mT seviyesine kadar çıkabilmektedir. Sebze türlerinden hıyar (Bhardwaj ve ark., 2012), turp (Touati ve ark., 2013), kudret narı (Bukhari ve ark., 2019), soğan, marul (Sarı ve ark., 2023) ve domates (Abhary ve Akhka, 2023) türlerinde farklı dozlarda uygulanan manyetik priming uygulamalarının çimlenme, çıkış, fide kalitesi ve katalaz aktivitelerinde iyileşmelere neden olduğu bildirilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6: Farklı magnetopriming uygulamalarının etkileri

Magneto	Uygulama dozu	Tür	Yöntem	Etki	Araştırmacılar
Statik Manyetik Alan Kuvveti	100-205 mT	Hıyar	Priming	Çimlenme oranı, fide boyu, fide kuru ağırlığı, su alım hızı, amilaz ve proteaz aktivitesinde artış görülmüştür.	Bhardwaj ve ark., 2012
Statik Manyetik Alan Kuvveti	100-200 mT	Turp	Priming	Biyokütle ve katalaz aktivitesini arttırmış, bitkilerde erken dönem gelişiminde iyileştirme yapmıştır.	Touati ve ark., 2013
Statik Manyetik Alan Kuvveti	50 mT	Kudret Narı		Kök, gövde, yaprak ve meyve ağırlığı, klorofil içeriği ve toplam şeker içeriğinde artış sağlamıştır.	Bukhari ve ark., 2019
Statik Manyetik Alan Kuvveti	800 mT	Soğan ve Marul	Priming	Çimlenme ve çıkış oranında ve hızında artış, ortalama çimlenme zamanında kısalma, optimum ve kaliteli fide gelişimi gözlemlenmiştir.	Sarı ve ark., 2023
Neodymium	150-200-250 mT	Domates	Priming	Çimlenme oranı, çimlenme hızı, sürgün ve kök boyu, yaprak alanı ve su oranında artış. 200 mM'a kadar tuzluluk stresine tolerans sağlamıştır.	Abhary ve Akhka, 2023

Tüm bu uygulamalar ışığında manyetik alan uygulamalarının bitkiler üzerindeki etkinlikleri bitkinin türü veya çeşidi, priming uygulamasında

kullanılan tohumun canlılık düzeyi, uygulama dozu ve tohumun yapısı gibi özelliklere göre değişim göstermektedir.

11. SONUÇ

Tohum priming, antik çağlardan modern zamanlara kadar kullanılan tohum performansını iyileştirmeye yönelik pragmatik bir geliştirme teknolojisidir. Tohumların çimlenmesini daha geniş bir sıcaklık aralığında hızlandırmakta ve senkronize etmektedir. Özellikle düşük güçlü ve dormant olan tohumlar için üretim deseninin hızlı ve düzgün bir şekilde kurulmasını sağlar. Düşük maliyetli ve etkili priming ajanlarının kullanımını daha geniş bir tür yelpazesine yaymak ve bulunabilirliğini artırmak için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Üretim maliyetlerini düşürdüğü ve homojen hasada yol açtığı için küçük çiftçiler için uygun maliyetli bir çözümdür. Ayrıca ticari firmalar tarafından geliştirilen içeriklerin gizli tutulduğu prime edilmiş ticari tohumlar her geçen gün önemini arttırmaktadır. Bu yaklaşımların, hem çiftçi hem de endüstri düzeyinde yaygınlaşması tohum teknolojisi açısından önemlidir.

Priming uygulamasının faydaları, çimlenme ve dormansi ile ilgili özelliklerin epigenetik kontrolü gibi çeşitli varsayılan moleküler mekanizmalara bağlanmaktadır. Bununla birlikte, farklı tür ve çeşitlerde, primingden sonra yeniden kurutmanın uzun vadeli faydaları üzerine yapılan çalışmalar artırılmalıdır. Güncel priming uygulamaları olan duman priming, manyetik priming ve nano priming uygulamalarının diğer priming uygulamaları ile karşılaştırılması, farklı türlerdeki etkinliklerinin belirlenmesi ve tekniklerin optimize edilmesi kullanımlarını yaygınlaştıracaktır.

KAYNAKÇA

- Abdel-Fattah, G.M. & Mohamedin, A.H. 2000. Interactions between a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices*) and *Streptomyces coelicolor* and their effects on sorghum plants Grown in Soil Amended with Chitin of Brawn Scales; Springer: Berlin, Germany, 32: 401-409.
- Abhary, M. K. & Akhkha, A. (2023). Effects of neodymium magneto-priming on seed germination and salinity tolerance in tomato. *Bioelectromagnetics*, 44(1-2): 47-56.
- Acharya, P., Jayaprakasha, G. K., Crosby, K. M., Jifon, J. L. & Patil, B. S. (2020). Nanoparticle-mediated seed priming improves germination, growth, yield, and quality of watermelons (*Citrullus lanatus*) at multi-locations in Texas. *Scientific reports*, 10(1): 5037.
- Acharya, P., Jayaprakasha, G. K., Crosby, K. & Patil, B. S. (2017). Nanopriming: an effective technique to improve seed germination, growth and quality in onion (*Allium cepa* L.). In American Society for Horticultural Science.
- Akeel, A., Khan, M. M. A., Jaleel, H. & Uddin, M. (2019). Smoke-saturated water and karrikinolide modulate germination, growth, photosynthesis and nutritional values of carrot (*Daucus carota* L.). *Journal of Plant Growth Regulation*, 38: 1387-1401.
- Ali, A.V., Souza Machado, V. & Hamill, A.S. (1990). Osmoconditioning of tomato and onion seeds. *Scientia Horticulturae*, 43: 213-224.
- Ali, F., Qanmber, G., Li, F., & Wang, Z. (2022). Updated role of ABA in seed maturation, dormancy, and germination. *Journal of Advanced Research*, 35, 199-214.
- Alvarado, A. D., Bradford, K. J. & Hewitt, J. D. (1987). Osmotic priming of tomato seeds: effects on germination, field emergence, seedling growth, and fruit yield. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112(3): 427-432.
- Anand, A. (2014). Magnetopriming-an alternate strategy for crop stress management of field crops. In *Proceedings of the international conference on radiation biology: frontiers in radiobiology-immunomodulation, countermeasures and therapeutics: abstract book, souvenir and scientific programme*, 46(1): 71.
- Anand, A., Kumari, A., Thakur, M. & Koul, A. (2019). Hydrogen peroxide signaling integrates with phytohormones during the germination of magnetoprimed tomato seeds. *Sci Rep.*, 9: 8814.
- Ananthi, M., Selvaraju, P. & Sundaralingam, K. (2014). Effect of bio-priming using bio-control agents on seed germination and seedling vigour in chilli (*Capsicum annuum* L.) 'PKM 1'. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 89(5): 564-568.

- Andreotti, C. (2020). Management of abiotic stress in horticultural crops: Spotlight on biostimulants. *Agronomy*, 10(10): 1514.
- Arancon, N. Q., Pant, A., Radovich, T., Hue, N. V., Potter, J. K. & Converse, C. E. (2012). Seed germination and seedling growth of tomato and lettuce as affected by vermicompost water extracts (teas). *HortScience*, 47(12): 1722-1728.
- Arın, L., Polat, S., Deveci, M. & Salk, A. (2011). Effects of different osmotic solutions on onion seed emergence. *African Journal of Agricultural Research*, 6(4), 986-991.
- Ashraf, M. H. P. J. C. & Harris, P. J. (2013). Photosynthesis under stressful environments: An overview. *Photosynthetica*, 51: 163-190.
- Ateş, H. (2015). Nano Parçacıklar ve Nano Teller. *GU J Sci Part:C*, 3(1): 437-442.
- Barbosa, W.F.S., Steiner, F., Oliveira, L.C.M., Henrique, P. & das Chagas, M. (2016). Comparison of seed priming techniques with regards to germination and growth of watermelon seedlings in laboratory condition. *Afr. J. Biotechnol.*, 15: 2596-2602.
- Başay, S., Surmeli, N., Okcu, G. & Demir, I. (2006). Changes in germination percentages, protein and lipid contents of primed pepper seeds during storage. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 56(2): 138-142.
- Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P. & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196: 39-48.
- Baxter, B. J. M. & Van Staden, J. (1994). Plant-derived smoke: an effective seed pre-treatment. *Plant Growth Regulation*, 14 (3): 279-282.
- Behbood, R., Moradi, A. & Farajee, H. (2020). Effect of different chitosan concentrations on seed germination and some biochemical traits of sweet corn (*Zea mays* var. *saccharata*) seedling under osmotic stress conditions. *Iranian J Seed Res.*, 7: 1-22.
- Behera, S. (2016). A study on the effect of hormonal priming (GA₃) on seed quality parameters of solanaceous vegetables. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 6(3): 337-348.
- Berrie, A. M. M. & Drennan, D. S. H. (1971). The effect of hydration-dehydration on seed germination. *New Phytologist*, 70(1): 135-142.
- Bhardwaj, J., Anand, A. & Nagarajan, S. 2012. Biochemical and biophysical changes associated with magnetopriming in germinating cucumber seeds. *Plant Physiol Bioc* 57: 67-73.
- Bhupenchandra, I., Devi, S. H., Basumatary, A., Dutta, S., Singh, L. K., Kalita, P., Bora, S. S., Devi, S. R., Saikia, A., Sharma, P., Bhagowati, S., Tamuli, B., Dutta, N. & Borah, K. (2020). Biostimulants: Potential and prospects in agriculture. *International Research Journal of Pure & Applied Chemistry*, 21(14): 20-35.

- Bittencourt, M. L. C., Dias, D. C. F. S., Dias, L. A. S. & Araújo, E. F. (2005). Germination and vigour of primed asparagus seeds. *Scientia Agricola*, 62(4): 319-324.
- Boe, A. A. & Salunkhe, D. K. (1963). Effects of magnetic fields on tomato ripening. *Nature*, 199: 91-92.
- Bradford, K. J. (1986). Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress. *HortScience*, 21(5): 1105-1112.
- Bradford, K. J. (1995). Water relations in seed germination. In: Kigel J, Galili (eds.) *Seed development and germination*. Marcel Dekker, Inc., New York, 351-396.
- Brits, G. J., Calitz, F. J., Brown, N. A. C. & Manning, J. C. (1993). Desiccation as the active principle in heat-stimulated seed germination of *Leucospermum* R. Br. (Proteaceae) in fynbos. *New Phytol*, 125: 397-403.
- Brocklehurst, P. A. & Dearman, J. (1983). Interactions between seed priming treatments and nine lots of carrot, celery and onion. I. Laboratory germination. *Ann. Appl. Biol.*, 120: 577-584.
- Brown, N. A. C. (1993). Seed germination in the fynbos fire ephemeral, *Syncarpha vestita* (L.) B. Nord. is promoted by smoke, aqueous extracts of smoke and charred wood derived from burning the ericoid-leaved shrub, *Passerina vulgaris* Thoday. *Int. J. Wildland Fire*, 3: 203-206.
- Bujalski, W., Nienow, A. W. & Gray, D. (1989). Establishing the large scale osmotic priming of onion seeds using enriched air. *Ann. Appl. Biol.*, 115: 171-176.
- Bukhari, S. A., Farah, N., Mustafa, G., Mahmood, S. & Naqvi, S. A. R. (2019). Magneto-priming improved nutraceutical potential and antimicrobial activity of *Momordica charantia* L. without affecting nutritive value. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 188: 878-892.
- Callan, N. W., Mathre, D. & Miller, J. B. (1990). Bio-priming seed treatment for biological control of *Pythium ultimum* preemergence damping-off in sh-2 sweet corn. *Plant Disease*, 74: 368-372.
- Calvo, P., Nelson, L. & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, 383: 3-41.
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P. & Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196: 15-27.
- Carbonell, M.V., Flórez, M., Martínez, E., Maqueda, R. & Amaya, J. M. (2011). Study of stationary magnetic fields on initial growth of pea (*Pisum sativum* L.) seeds. *Seed Sci Technol.*, 39: 673-679.
- Carmo, L. P., do Nascimento Moura, C. W. & Lima-Brito, A. (2021). Effects of seaweed extracts on the in vitro multiplication of plants. In *Biostimulants for Crops from Seed Germination to Plant Development* (pp. 211-230). Academic Press.

- Casper, J. K. (2007). Plants: Life from the Earth (Natural Resources). Chelsea House Publications. pp 20-194.
- Castanares, J. L. & Bouzo, C. A. (2018). Effect of different priming treatments and priming durations on melon germination behavior under suboptimal conditions. *Open Agric.*, 3(1): 386-392.
- Corbineau, F., Taskiran-Özbingöl, N. & El-Maarouf-Bouteau, H. (2023). Improvement of seed quality by priming: concept and biological basis. *Seeds*, 2(1): 101-115.
- Coria-Tellez, A. V., Guerrero, C. A., Castro, C. A., Rodríguez Mendiola, M. A. & Tiwari, D. K. (2023). Elemental microanalysis of *Capsicum chinense* plants treated with magnesium doped iron ferrite nanopriming. *Microscopy and Microanalysis*, 29: 28-29.
- Craigie, J. S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 23: 371-393.
- Crawford, R. M. M. (1977). Tolerance of anoxia and ethanol metabolism in germinating seeds. *New Phytologist*, 79(3): 511-517.
- Dadaşoğlu, E. & Ekinci, M. (2013). Farklı sıcaklık dereceleri, tuz ve salisilik asit uygulamalarının fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) tohumlarında çimlenme üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44(2): 145-150.
- Damalas, C. A., Koutroubas, S. D. & Fotiadis, S. (2019). Hydro-priming effects on seed germination and field performance of faba bean in spring sowing. *Agriculture*, 9: 201.
- De Lange, J. H. & Boucher C. (1990). Autecological studies on *Audouinia capitata* (Bruniaceae). I. Plant-derived smoke as a seed germination cue. *S Afr J Bot.*, 56: 700-703.
- Debabrama, M. & Das, P. (2017). Priming of seed: Enhancing growth and development. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 6(12): 2390-2396.
- Demir, I. & Okcu, G. (2004). Aerated hydration treatment for improved germination and seedling growth in aubergine (*Solanum melongena*) and pepper (*Capsicum annuum*). *Ann Appl Biol.*, 144: 121-123.
- Demir, I. & Van de Venter, H. A. (1999). The effect of priming treatments on the performance of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb) Matsum and Nakai) seeds under temperature and osmotic stress. *Seed Sci Technol* 27: 871-875.
- Demir, I., Ellialtıoglu, S. & Tipirdamaz, R. (1994). The effect of different priming treatments on reparability of aged eggplant seeds. *International Symposium on Agro Techniques and storage of vegetable and Ornamental Seeds. International Society for Horticultural Science*, 362: 205-212
- Demir, I., Light, M. E., Van Staden, J., Kenanoglu, B. B. & Celikkol, T. (2009). Improving seedling growth of unaged and aged aubergine seeds with

- smoke-derived butenolide. *Seed Science and Technology*, 37(1): 255-260.
- Demir, I. & Mavi, K. (2004). The effect of priming on seedling emergence of differentially matured watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb) Matsum and Nakai) seeds. *Sci Hortic* 102: 467-473.
- Demir, I., Ozden, E., Yıldırım, K. C., Sahin, O. & Van Staden, J. (2018). Priming with smoke-derived karrikinolide enhances germination and transplant quality of immature and mature pepper seed lots. *South African Journal of Botany*, 115: 264-268.
- Demir, I., Ozuaydın, I., Yasar, F. & Van Staden, J. (2012). Effect of smoke-derived butenolide priming treatment on pepper and salvia seeds in relation to transplant quality and catalase activity. *South African Journal of Botany*, 78: 83-87.
- Demir, N., Dural, B. & Yildirim, K. (2006). Effect of seaweed suspensions on seed germination of tomato, pepper and aubergine. *J. Biol. Sci.*, 6: 1130-1133.
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196: 3-14.
- Duman, I. (2006). Effects of seed priming with PEG or K₃PO₄ on germination and seedling growth in lettuce. *Pak. J. Biol. Sci.*, 11: 923-928.
- Ells, J. E. (1963). The influence of treating tomato seed with nutrient solutions on emergence rate and seedling growth. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 83: 684-687.
- Elsadek, M. A. & Yousef, E. A. (2019). Smoke-water enhances germination and seedling growth of four horticultural crops. *Plants*, 8(4): 104.
- Ermis, S., Kara, F., Özden, E. & Demir, I. (2016). Solid matrix priming of cabbage seed lots: repair of ageing and increasing seed quality. *Journal of Agricultural Sciences*, 22(4), 588-595.
- Ermiş, S., Öktem, G., Gökdaş, Z. & Demir, İ. (2021a). Effect of hydro-priming on seed germination and early seedling growth in three cucurbit rootstock cultivars under salt and osmotic stresses. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 2(1): 1-5.
- Ermiş, S., Öktem, G., Gökdaş, Z. & Demir, I. (2021b). Hydropriming affects seed germination and seedling performance in sweet corn cultivars. II. Balkan Agriculture Congress, Edirne, Turkey, 29 August - 1 September, 2021.
- Evenari, M. (1984). Seed physiology: Its history from antiquity to the beginning of the 20th century. *Bot. Rev.*, 50:119-142.
- Farooq, M., Basra, S. M. A., Rehman, H., Ahmad, N. & Saleem, B.A. (2007). Osmopriming improves the germination and early seedling growth of melons (*Cucumis melo* L.). *Pak. J. Agric. Sci.*, 44: 529-536.

- Ferraz, A., Silva, V. N. & Radunz, A. L. (2019). Condicionamento fisiológico de sementes de chicória com *Ascophyllum nodosum*. Revista Cultura Agronômica, 28(2): 215-226.
- Fialho, G. S., Silva, C. A., Dias, D. C. F. S. Alvarenga, E.M. & Barros, W.S. (2010). Osmocondicionamento em sementes de pimenta 'amarela comprida' (*Capsicum annuum* L.) submetidas à deterioração controlada. Ciência e Agrotecnologia, 34(3): 646-652.
- Girase, I. P., Rai, P. K., Bara, B. M. & Singh, B. A. (2019). Effect of plant extracts on seed germination behaviour and vigour of okra [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench]. Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci., 8: 830-835.
- Gómez-Merino, F. C. & Trejo-Téllez, L. I. (2015). Biostimulant activity of phosphite in horticulture. Scientia Horticulturae, 196: 82-90.
- Górka, B. & Wieczorek, P. P. (2017). Simultaneous determination of nine phytohormones in seaweed and algae extracts by HPLC-PDA. Journal of Chromatography B, 1057: 32-39.
- Gökdaş, Z., Yıldırım, E., Gupta, S. & Demir, I. (2022). Karrikinolide stimulated seed germination of artificially aged marrow, cabbage and pepper seeds through repair of cell structure and enzyme activity. South African Journal of Botany, 151: 208-213.
- Gupta, S., Hrdlička, J., Ngoroyemoto, N., Nemahunguni, N.K., Gucky', T., Nova'k, O., Kulkarni, M.G., Doležal, K. & Van Staden, J. (2020). Preparation and standardisation of smoke-water for seed germination and plant growth stimulation. J. Plant Growth Regul. 39: 338e345.
- Gurusinghe, S. H. & Bradford, K. J. (2001). Galactosyl-sucrose oligosaccharides and potential longevity of primed seeds. Seed Sci Res, 11: 121-133.
- Gurusinghe, S., Powell, A. L. T. & Bradford, K. J. (2002). Enhanced expression of BiP is associated with treatments that extend storage longevity of primed tomato seeds. J Am Soc Hortic Sci, 127: 528-534.
- Gutierrez, J., Alonso, F., Alvarez, J., Carbonell, M. V., Martinez, E., Florez, M. & Hernandez-Aguilar, C. (2024). Magneto-priming of seeds decreases the saline effect of wastewater irrigation on broccoli germination and seedling growth. Seeds, 3(1): 169-178.
- Haigh, A. M. & Barlow, E. W. R. (1987). Germination and priming of tomato, carrot, onion, and sorghum seeds in a range of osmotica. Journal of the American Society for Horticultural Science, 112(2): 202-208.
- Hamada, A. M., Radi, A. A., Al-Kahtany, F. A. & Farghaly, F. A. (2024). A review: Zinc oxide nanoparticles: advantages and disadvantages. Journal of Plant Nutrition, 47(4): 656-679.
- Hartwigsen, J. A. & Evans, M. R. (2000). Humic acid seed and substrate treatments promote seedling root development. HortScience, 35(7): 1231-1233.

- Heydecker, W. & Coolbear, P. (1977). Seed treatments for improved performance-survey and attempted prognosis. *Seed Sci. Tech.*, 5: 353-425.
- Heydecker, W. (1974). Germination of an idea: The priming of seeds. University of Nottingham School of Agriculture Report, 1973–1974: 50–61.
- Hidangmayum, A. & Sharma, R. (2017). Effect of different concentration of commercial seaweed liquid extract of *Ascophylum nodosum* on germination of onion (*Allium cepa* L.). *Int. J. Sci. Res*, 6(7): 1488-1491.
- Hussain, N. & Abbasi, S. A. (2018). Efficacy of the vermicomposts of different organic wastes as “clean” fertilizers: state-of-the-art. *Sustainability*, 10(4): 1205.
- Jeong, Y. O., Kim, J. C. & Cho, J. L. (2000). Effect of priming duration and temperature on the germinability of carrot, lettuce, onion, and welsh onion seeds. *Horticultural Science & Technology*, 18(3): 327-333.
- Kadioğlu, N., Ermiş, S., Öktem, G. & Demir, İ. (2022). Magnetopriming enhanced seed germination in six vegetable species: tomato, pepper, onion, cauliflower, cabbage and carrot. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(3): 557-567.
- Kaewson, P. (2021). Effects of KNO₃ concentration and aeration during seed priming on seed quality of wax gourd (*Benincasa hispida* [Thunb.] Cogn.). *Agriculture and Natural Resources*, 55(5): 873-881.
- Kahn, A. (1960). Promotion of lettuce seed germination by gibberellin. *Plant Physiology*, 35(3): 333-339.
- Karalija, E., Lošić, A., Demir, A. & Šamec, D. (2024). Effects of seed priming on mitigating the negative effects of increased salinity in two varieties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Soil Systems*, 8(1): 35.
- Karthika, C. & Vanangamudi, K. (2013). Biopriming of maize hybrid COH (M) 5 seed with liquid biofertilizers for enhanced germination and vigour. *Afr. J. Agric. Res.*, 8(25): 3310-3317.
- Kauffman, G. L., Kneivel, D. P. & Watschke, T. L. (2007). Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. *Crop Sci.*, 47: 261-267.
- Kaur, J., Bedi, S., Singh, R. & Singh, T. (2023). Effect of priming on enhancing storability of high and low vigour brinjal (*Solanum melongena* L.) seeds. *Journal of Applied Horticulture*, 25(1), 48-53.
- Kaur, S., Gupta, A. K. & Kaur, N. (2005). Seed priming increases crop yield possibly by modulating enzymes of sucrose metabolism in chickpea. *J. Agron. and Crop Sci.*, 191: 81-7.
- Kaymak, H. Ç., Güvenç, İ., Yarali, F. & Dönmez, M. F. (2009). The effects of bio-priming with PGPR on germination of radish (*Raphanus sativus* L.)

- seeds under saline conditions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 33(2): 173-179.
- Kenanoğlu, B. B., Demir, I., Mavi, K., Yetişir, H. & Keleş, D. (2007). Effect of priming on germination of *Langenaria siceraria* genotypes at low temperatures.
- Khan, A. A. (1971). Cytokinins: Permissive role in seed germination: with other plant hormones, cytokinins regulate germination and dormancy by a novel mechanism. Science, 171: 853-859.
- Khan, A. A., Tao, A. L., Knypl, J. S., Borkowska, B. & Powell, L. E. (1978). Osmotic conditioning of seeds: physiological and biochemical changes. Acta Hort., 83: 267-278.
- Khan, M. A., Ansari, R., Gul, B. & Li, W. (2009a). Dormancy and germination responses of halophyte seeds to the application of ethylene. Comptes Rendus Biologies, 332(9): 806-815.
- Khan, S., Ibrar, D., Bashir, S., Rashid, N., Hasnain, Z., Nawaz, M., Al-Ghamdi, A. A., Elshikh, S. S., Dvořáková, H. & Dvořáček, J. (2022). Application of moringa leaf extract as a seed priming agent enhances growth and physiological attributes of rice seedlings cultivated under water deficit regime. Plants, 11(3): 261.
- Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., Critchley, A., T., Craigie, J. S., Norrie, J. & Prithiviraj, B. (2009b). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. Journal of Plant Growth Regulation, 28: 386-399.
- Khodakovskaya, M., Dervishi, E., Mahmood, M., Xu, Y., Li, Z., Watanabe, F. & Biris, A. S. (2009). Carbon nanotubes are able to penetrate plant seed coat and dramatically affect seed germination and plant growth. ACS Nano, 3: 3221-3227.
- Korkmaz, A. (2005). Inclusion of acetyl salicylic acid and methyl jasmonate into the priming solution improves low-temperature germination and emergence of sweet pepper. HortScience, 40 (1): 197-200.
- Kruger, F. J. & Bigalke, R. C. (1984). Fire-fynbos. In: Pooyesen P de V and Tainton NM(eds) Ecological Effects of Fire in South African Ecosystems Berling: Springer-Verlag, pp 67-114.
- Krylov, A. & Tarakonova, G. A. (1960). Plant physiology. Fiziol. Rost., 7: 156.
- Lima, L. B. & Marcos Filho, J. (2009). Condicionamento fisiológico de sementes de pepino e relação com desempenho das plantas em campo. Revista Brasileira de Sementes, 31(3): 27-37.
- Liu, Y., Bino, R. J., Van der Burg, W. J., Groot, S. P. C. & Hilhorst, H. W. M. (1996). Effects of osmotic priming on dormancy and storability of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seeds. Seed Science Research, 6(2): 49-55.

- Long, R. L., Stevens, J. C., Griffiths, E. M., Adamek, M., Powles, S. B. & Merritt, D. J. (2011). Detecting karrikinolide responses in seeds of the Poaceae. *Australian Journal of Botany*, 59(7): 610-620.
- Lyalina, T., Shagdarova, B., Zhuikova, Y., Il'ina, A., Lunkov, A. & Varlamov, V. (2023). Effect of seed priming with chitosan hydrolysate on lettuce (*Lactuca sativa*) growth parameters. *Molecules*, 28(4): 1915.
- Mabhaudhi, T. & Modi, A.T. 2011. Can Hydro-Priming Improve Germination Speed, Vigour and Emergence of Maize Landraces under Water Stress? *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 1, 20-28.
- Mahakham, W., Sarmah, A. K., Maensiri, S. & Theerakulpisut, P. (2017). Nanopriming technology for enhancing germination and starch metabolism of aged rice seeds using phytosynthesized silver nanoparticles. *Sci. Rep.*, 7: 8263.
- Mahmoudi, H., Massoud, R. B., Baatour, O., Tarchoune, I., Salah, I. B., Nasri, N., Abidi, W., Kaddour, R., Hannoufa, A. & Lachaâl, M. (2012). Influence of different seed priming methods for improving salt stress tolerance in lettuce plants. *J. Plant Nutr.*, 35: 1910-1922.
- Makhaye, G., Aremu, A. O., Gerrano, A. S., Tesfay, S., Du Plooy, C. P. & Amoo, S. O. (2021). Biopriming with seaweed extract and microbial-based commercial biostimulants influences seed germination of five *Abelmoschus esculentus* genotypes. *Plants*, 10(7): 1327.
- Malerba, M. & Cerana, R. (2019). Recent applications of chitin-and chitosan-based polymers in plants. *Polymers*, 11(5): 839.
- Mangmang, J. S., Deaker, R. & Rogers, G., (2016). Early seedling growth response of lettuce, tomato and cucumber to *Azospirillum brasilense* inoculated by soaking and drenching. *Hortic. Sci.*, 42: 37.
- Manjavachi, M. K., de Paula, Silva, T. A., Guimarães, C. C., Sartori, M. M. P. & Silva, E. A. A. (2022). Physiological and biochemical responses of osmo-primed parsley seeds subjected to saline stress. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 44: 54364.
- Marcos Filho, J. & Kikuti, A. L. P. (2008). Condicionamento fisiológico de sementes de couve-flor e desempenho das plantas em campo. *Horticultura Brasileira*, 26(2): 165-169.
- Mastouri, F., Björkman, T. & Harman, G. E. (2010). Seed treatment with *Trichoderma harzianum* alleviates biotic, abiotic, and physiological stresses in germinating seeds and seedlings. *Phytopathology*, 100(11): 1213-1221.
- Matthews, S. & Hosseini, M. K. (2007). Length of the lag period of germination and metabolic repair explain vigour differences in seed lots of maize (*Zea mays* L). *Seed Science and Technology*. 35: 200-212.
- Mavi, K. (2014). Use of extract from dry marigold (*Tagetes* spp.) flowers to prime eggplant (*Solanum melongena* L.) seeds. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 13(4): 3-12.

- Mavi, K. (2016). The Effect of organic priming with marigold herbal tea on seeds quality in Aji pepper (*Capsicum baccatum* var. *pendulum* Willd.). MKU Tarım Bilimleri Dergisi, 21 (1): 31-39.
- Mavi, K. (2018). Evaluation of organic priming to improve the emergence performance of domesticated Capsicum species. Seed Science and Technology, 46(1): 131-137.
- Mavi, K. (2024). Tohum uygulamalarındaki gelişmeler. HMKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Lisansüstü ders notu (Basılmamış).
- Mavi, K. & Atak, M. (2016). Effect of organic priming on seedling emergence of watermelon under low temperature stress. In Proceedings of the 7th international scientific agriculture symposium, Agrosym, 1727-1732.
- Mavi, K. & Uzunoğlu, F. (2020). Effects of pre-sowing treatments with allelopathic plant extracts on tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) seedling emergence and performance. Agronomía Colombiana, 38(2): 190-196.
- Mavi, K., Ermis, S. & Demir, I. (2006). The effect of priming on tomato rootstock seeds in relation to seedling growth. Asian Journal of Plant Sciences, 5(6): 940-947.
- Mavi, K., Ermiş, S., Kenanoğlu, B. B. & Demir, İ. (2022). Fide yetiştiriciliğinde tohum kalitesi ve tohum uygulamalarının önemi. Ed. Ellialtıoğlu Ş., Yetişir H., Sebzeerde Fide Yetiştiriciliği -1, Bölüm 3, s: 69-134. ISBN 978-625-430-537-5.
- Mavi, K., Light, M. E., Demir, I., Van Staden, J. & Yasar, F. (2010). Positive effect of smoke-derived butenolide priming on melon seedling emergence and growth. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 38 (2): 147-155.
- McDonald, M. B. (2000). Seed priming. In: Black M, Bewley JD (eds) Seed technology and its biological basis. Sheffield Academic Press, Sheffield, pp 287-325.
- Mehta, D. K., Kanwar, H. S., Thakur, A. K., Thakur, S. & Thakur, K. S. (2014). Standardization of seed hydro-priming duration in bitter gourd, *Momordica charantia* L. Int J Bio-resource Stress Manag., 5(1): 98.
- Minorsky, P. V. (2007). Do geomagnetic variations affect plant function? J. Atmosph. Solar-Terrestrial Phys., 69: 1770-1774.
- Mishra, A. & Choudhuri, M. A. (1997). Ameliorating effects of salicylic acid on lead and mercury-induced inhibition of germination and early seedling growth of two rice cultivars. Seed Science and Technology, 25(2): 263-270.
- Muhie, S., Özdamar, C., Gökdaş, Z., Memiş, N. & Demir, İ. (2020). Effect of solid matrix priming with seaweed extract on germination and seedling performance of onion seeds under abiotic stress conditions. Black Sea Journal of Agriculture, 3(4): 233-238.

- Nagaraja, M. P. (2002). Sowing seeds in a magnetic field. NASA. science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/15may_maggrav/.
- Nardi, S., Carletti, P., Pizzeghello, D. & Muscolo, A. (2009). Biological activities of humic substances. *Biophysico-Chemical Processes Involving Natural Nonliving Organic Matter in Environmental Systems*, 2(part 1): 305-339.
- Nascimento, W. M. (2005). Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças visando a germinação em condições de temperaturas baixas. *Horticultura Brasileira*, 23(2): 211-214.
- Nascimento, W. M. (2003). Muskmelo seed germination and seedling development in response to seed priming. *Sci. Agric.*, 60: 71-75.
- Nasri, N., Kaddour, R., Mahmoudi, H., Baatour, O., Bouraoui, N. & Lachaâl, M. (2011). The effect of osmopriming on germination, seedling growth and phosphatase activities of lettuce under saline condition. *Afr. J. Biotechnol.*, 10: 14366-14372.
- Nephali, L., Moodley, V., Piater, L., Steenkamp, P., Buthelezi, N., Dubery, I., Burgess, K., Huyser, J. & Tugizimana, F. (2021). A metabolomic landscape of maize plants treated with a microbial biostimulant under well-watered and drought conditions. *Frontiers in Plant Science*, 12: 676632.
- Oliveira, C. E. S. & Steiner, F. (2017). Potassium nitrate priming to mitigate the salt stress on cucumber seedlings. *Sci. Agrar. Parana.*, 16: 454-462.
- Oliveira, C. E. S., Steiner, F., Zuffo, A. M., Zoz, T., Alves, C. Z. & Aguiar, V. C. B. (2019). Seed priming improves the germination and growth rate of melon seedlings under saline stress. *Cienc Rural*, 49: 20180588.
- Osuna, D., Prieto, P. & Aguilar, M. (2015). Control of seed germination and plant development by carbon and nitrogen availability. *Frontiers in Plant Science*, 6: 165825.
- Ozbingol, N., Corbineau, F. & Côme, D. (1998). Responses of tomato seeds to osmoconditioning as related to temperature and oxygen. *Seed Science Research*, 8(3): 377-384.
- Özbay, N. (2018). Studies on seed priming in pepper (*Capsicum annuum* L.). In *Advances in seed priming* (pp. 209-239). Springer Singapore.
- Özbingöl, N., Corbineau, F. & Côme, D. (1998). Responses of tomato seeds to osmoconditioning as related to temperature and oxygen. *Seed Science Research* 8: 377-384.
- Özden, E., Ermis, S., Sahin, O., Taskin, M. B. & Demir, I. (2018). Solid matrix priming treatment with O₂ enhanced quality of leek seed lots. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(2): 371-375.
- Özmen, K. & Mavi, K. (2023). Sürdürülebilir tarımda yenilikçi bir yaklaşım olarak nanomateryallerin sebze tohum uygulamalarında kullanımı. 13th International Conference on Agriculture, Animal Science and Rural Development, Congress Book, 1437-1454.

- Özmen, K., Toprak, S., Coşkun, Ö.F., Şahin, B. & Mavi, K. (2022). Nanopriming uygulamalarının kavun (*Cucumis melo* L.) tohumlarında çıkış ve fide kalitesine etkisi. Bahçe, Özel Sayı, 51: 117-123.
- Özmen, K., Uzunoğlu, F., Erğan, E. & Mavi, K. (2023). Determination of the efficiency of moringa leaf extract treatments on seedling vigor in marigold. Horticultural Studies, 40(3): 107-112.
- Pandita, V. K., Anand, A., Nagarajan, S., Seth, R. & Sinha, S. N. (2010). Solid matrix priming improves seed emergence and crop performance in okra. Seed Science and Technology, 38(3): 665-674.
- Paparella, S., Araújo, S. S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D. & Balestrazzi, A. (2015). Seed priming: State of the art and new perspectives. Plant Cell Rep., 34: 1281-1293.
- Pathania, P., Rajta, A., Singh, P. C. & Bhatia, R. (2020). Role of plant growth-promoting bacteria in sustainable agriculture. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 30: 101842.
- Pereira, M. D., Dias, D. C. F. S., Dias, L. A. S. & Araújo, E. F. (2008). Germinação e vigor desementes de cenoura osmocondicionadas em papel umedecido e solução aerada. Revista Brasileira de Sementes, 30(2): 137-145.
- Pichyangkura, R. & Chadchawan, S. (2015). Biostimulant activity of chitosan in horticulture. Sci. Hortic., 196: 49-65.
- Pill, W.G. (1995). Low water potential and presowing germination treatments to improve seed quality. In: Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications. The Haworth Press, Binghamton, NY 319-359.
- Piri, M., Mahdieh, M. B., Olfati, J. A. & Peyvast, G. (2009). Germination and seedling development of cucumber are enhanced by priming at low temperature. International Journal of Vegetable Science, 15(3): 285-292.
- Rachmawati, D., Aisy, S. P. & Novanursandy, N. B. (2023). Effect of seed priming on growth and physiological responses of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.) under salinity stress. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1165(1): 012016.
- Rahmanpour, A., Vaziri, A., Salehi Shanjani, P., Rabie, M. & Asri, Y. (2021). Effect of osmo-priming on germination in seven species of *Allium* L. seeds in drought stress conditions. Journal of Plant Research, 34(4): 855-868.
- Raj, A. B. & Raj, S. K. (2019). Seed priming: An approach towards agricultural sustainability. Journal of Applied and Natural Science, 11(1): 227-234.
- Rajapakse, R. G. A. S., Premarathna, P., Kahawatta, J. K., Kohombange, S., Edirimanna, E. R. S. P., Rathnayake, A. K., De Silva, K. R.C. & Dissanayake, D. C. K. K. (2019). Effects of chitosan on seed germination, anthracnose control and yield parameters of capsicum (*Capsicum annum* L.) under field condition. International Journal of Advanced Scientific Research, 4(4): 42-45.

- Rehman, H., Farooq, M., Basra, S. M. A. & Afzal, I. (2011). Hormonal priming with salicylic acid improves the emergence and early seedling growth in cucumber. *Journal of Agriculture and Social Science*, 7: 109-113.
- Reina, F., Pascual, L. A. & Fundora, I. A. (2001). Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part II: Experimental results. *Bioelectromagnetics*, 22(8): 596-602.
- Rosales, S., Daniels, D. & Tzib, L., (2018). The effects of neodymium and ceramic magnets on the germination and growth rate of coriander (*Coriandrum sativum*) in ex-vitro conditions. *Int. J. Adv. Sci. Res. Eng.*, 4(9): 17-22.
- Rouphael, Y., Franken, P., Schneider, C., Schwarz, D., Giovannetti, M. & Agnolucci, M. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 196: 91-108.
- Rowse, H.R. (1991). Methods of priming seeds. UK, Patent No. 2192781.
- Ruzzi, M. & Aroca, R. (2015). Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196: 124-134.
- Samarah, N. H., Al-Quraan, N. A., Massad, R. S. & Welbaum, G. E. (2020). Treatment of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) seeds with chitosan increases chitinase and glucanase activities and enhances emergence in a standard cold test. *Scientia Horticulturae*, 269: 109393.
- Sanchez, J. A., Munoz, B. C. & Fresneda, J. (2001). Combine effects of hardening hydration-dehydration and heat shock treatments on the germination of tomato, pepper and cucumber. *Seed Science and Technology*, 29(3): 691-697.
- Sarı, M. E., Demir, I., Yildirim, K. C. & Memis, N. (2023). Magnetopriming enhance germination and seedling growth parameters of onion and lettuce seeds. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, 7 (3): 468-475.
- Sasikala, M., Indumathi, E., Radhika, S. & Sasireka, R. (2016). Effect of seaweed extract (*Sargassum tenerrimum*) on seed germination and growth of tomato plant. *International Journal of Chem. Tech. Research*, 9(09): 285-293.
- Savvas, D. & Ntatsi, G. (2015). Biostimulant activity of silicon in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196: 66-81.
- Schwember, A. R. & Bradford, K. J. (2011). Oxygen interacts with priming, moisture content and temperature to affect the longevity of lettuce and onion seeds. *Seed Science Research*, 21(3): 175-185.
- Sen, S. K. & Mandal, P. (2016). Solid matrix priming with chitosan enhances seed germination and seedling invigoration in mung bean under salinity stress. *Journal of Central European Agriculture*, 17 (3): 749-762.
- Sen, S. K., Chouhan, D., Das, D., Ghosh, R. & Mandal, P. (2020). Improvisation of salinity stress response in mung bean through solid

- matrix priming with normal and nano-sized chitosan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 145: 108-123.
- Shahrajabian, M. H., Chaski, C., Polyzos, N. & Petropoulos, S. A. (2021). Biostimulants application: a low input cropping management tool for sustainable farming of vegetables. *Biomolecules*, 11: 698.
- Shakuntala, N. M., Kavaya, K. P., Macha, S. I., Kurnalliker, V. & Patil, M. (2020). Studies on standardization of water soaking duration on seed quality in cucumber (*Cucumis sativus* L.) seeds. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(4):1400-1404.
- Sharma, A. D., Rathore, S. V. S., Srinivasan, K. & Tyagi, R. K. (2014). Comparison of various seed priming methods for seed germination, seedling vigour and fruit yield in okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Scientia Horticulturae*, 165: 75-81.
- Sheikhalipour, M., Mohammadi, S. A., Esmailpour, B., Spanos, A., Mahmoudi, R., Mahdavinia, G. R. & Fotopoulos, V. (2023). Seedling nanopriming with selenium-chitosan nanoparticles mitigates the adverse effects of salt stress by inducing multiple defence pathways in bitter melon plants. *International Journal of Biological Macromolecules*, 242: 124923.
- Silva P. O., Medina E. F., Barros R. S. & Ribeiro D. M. (2014). Germination of salt-stressed seeds as related to ethylene biosynthesis ability in three *Stylosanthes* species. *J. Plant Physiol.*, 171: 14-22.
- Singh, H. B. (2016). Seed biopriming: a comprehensive approach towards agricultural sustainability. *Indian Phytopathol*, 69(3): 203-209.
- Singh, P., Singh, J., Ray, S., Rajput, R. S., Vaishnav, A., Singh, R. K. & Singh, H. B. (2020). Seed biopriming with antagonistic microbes and ascorbic acid induce resistance in tomato against Fusarium wilt. *Microbiological research*, 237, 126482.
- Sivritepe, N. & Sivritepe, H. O. (2008). Organic priming with seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) affects viability of pepper seeds. *Asian J. Chem.*, 20(7): 5689-5694.
- Soelistianto, F. A. & Atmadja, M. D. (2019). Effects of neodymium magnets on kale soil germination (*Ipomea reptans* Poir). *Int. Res. J. Eng. Technol.*, 6(10): 1718-1721.
- Souza, A. C., Zandonadi, D. B., Santos, M. P., Canellas, N. O. A., de Paula Soares, C., da Silva Irineu, L. E. S., de Rezende, C. E., Spaccini, R., Piccolo, A. & Olivares, F. L. (2021). Acclimation with humic acids enhances maize and tomato tolerance to salinity. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8(1): 1-13.
- Souza, M. O., Pelacani, C. R., Willems, L. A. J., Castro, R. D., Hilhorst, H. W. M. & Ligterink, W. (2016). Effect of osmopriming on germination and initial growth of *Physalis angulata* L. under salt stress and on expression

- of associated genes. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88(Suppl 1): 503-516.
- Sowmya, K. J., Rame Gowda, R. P. S., Pallavi, H. M. & Yogeesh, H. S. (2022). Effect of osmopriming on physiological seed quality attributes of different vigour levels in Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *The Pharma Innovation Journal*, 11(4): 253-258.
- Stirk, W. A. & Van Staden, J. (2014). Plant growth regulators in seaweeds: occurrence, regulation and functions. *Advances in Botanical Research*, 71: 125-159.
- Şahin, B., Soylu, S., Kara, M., Türkmen, M., Aydın, R. & Çetin, H. (2021). Superior antibacterial activity against seed-borne plant bacterial disease agents and enhanced physical properties of novel green synthesized nanostructured ZnO using *Thymbra spicata* plant extract. *Ceramics International*, 47(1): 341-350.
- Tania, S. S., Rhaman, M. S. & Hossain, M. M. (2020). Hydro-priming and halo-priming improve seed germination, yield and yield contributing characters of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Tropical Plant Research*, 7(1): 86-93
- Taylor, A. G., Allen, P. S., Bennett, M. A., Bradford, K. J., Burris, J. S. & Misra, M. K. (1998). Seed enhancements. *Seed Science Research*, 8(2): 245-256.
- Taylor, A. G., Klein, D. E. & Whitlow, T. H. (1988). Solid matrix priming of seeds. *Scientia Horticulturae*, 37: 1-11.
- Thimann, K. V. & Lane, R. H. (1938). After-effects of the treatment of seed with auxin. *American Journal of Botany*, 25: 535-543.
- Tian, Y., Gama-Arachchige, N. S. & Zhao, M. (2023). Trends in Seed Priming Research in the Past 30 Years Based on Bibliometric Analysis. *Plants*, 12(19): 3483.
- Touati, M. A., Boughanmi, N. G., Salem, M. B. & Haouala, R. (2013). Effects of moderate static magnetic field presowing treatment on seedling growth and oxidative status in two *Raphanus sativus* L. varieties. *Afr. J. Biotechnol.*, 12(3): 275-283.
- Tu, K., Cheng, Y., Pan, T., Wang, J. & Sun, Q. (2022). Effects of seed priming on vitality and preservation of pepper seeds. *Agriculture*, 12(5): 603.
- Tzortzakakis, N. G. (2009). Effect of pre-sowing treatment on seed germination and seedling vigour in endive and chicory. *Horticultural Science*, 36(3), 117-125.
- Van de Venter, H.A. & Esterhuizen, A.D. (1988). The effects of factors associated with fire on seed germination of *Erica sessiliflora* and *E. hebecalyx* (Ericaceae). *S. Afr. J. Bot.*, 54: 301-304.
- Van Staden, J., Brown, N. A., Jäger, A. K. & Johnson, T. A. (2000). Smoke as a germination cue. *Plant Species Biology*, 15(2): 167-178.

- Van Staden, J., Sparg, S. G., Kulkarni, M. G. & Light, M. E. (2006). Post-germination effects of the smoke-derived compound 3-methyl-2H-furo [2, 3-c] pyran-2-one, and its potential as a preconditioning agent. *Field Crops Research*, 98(2-3): 98-105.
- Van Wyhe, J. (2002). The Complete Work of Charles Darwin Online. (<http://darwin-online.org.uk/>) Erişim tarihi: 18.03.2024.
- Voko, M. P., Kulkarni, M. G., Finnie, J. F. & Van Staden, J. (2022). Seed priming with vermicompost leachate, *Ecklonia maxima* extract-Kelpak® and smoke-water induce heat stress amelioration and growth in *Vigna unguiculata* L. seedlings. *South African Journal of Botany*, 147: 686-696.
- Warren, J. E. & Bennett, M. A. (1997). Seed hydration using the drum priming system. *Hort. Sci.*, 32: 1220-1221.
- Włodarczyk, K. & Smolinska, B. (2022). The effect of nano-ZnO on seeds germination parameters of different tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars. *Molecules*, 27(15): 4963.
- Wu, L., Huo, W., Yao, D. & Li, M. (2019). Effects of solid matrix priming (SMP) and salt stress on broccoli and cauliflower seed germination and early seedling growth. *Scientia Horticulturae*, 255: 161-168.
- Xu, C., Zhang, Y., Yu, Y., Li, Y. & Wei, S. (2018). Suppression of Arabidopsis flowering by near-null magnetic field is mediated by auxin. *Bioelectromagnetics*, 39: 15-24.
- Yamaguchi, S. (2008). Gibberellin metabolism and its regulation. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59: 225-251.
- Yıldırım, E., Dursun, A., Kumlay, M. A. & Güvenç, İ. (2002). The effects of different salt, biostimulant and temperature levels on seed germination of some vegetable species. *Acta Agrobotanica*, 55(2): 75-80.
- Yıldırım, K. C., Canik Orel, D., Okyay, H., Gursan, M. M. & Demir, I., (2021). Quality of immature and mature pepper (*Capsicum annuum* L.) seeds in relation to bio-priming with endophytic *Pseudomonas* and *Bacillus* spp. *Horticulturae*, 7: 75.
- Yıldırım, K. C., Özden, E., Demir, İ., Sönmez, İ. & Şimşek, M. (2016). Organik biber (*Capsicum annuum* L.) tohumlarında hidropriming uygulamalarının tohum kalitesine etkisi. *Bahçe*, 45: 191-194.
- Yogananda, D. K., Vyakaranahal, B. S. & Shekhargouda, M. (2004). Effect of seed invigouration with growth regulators and micronutrients on germination and seedling vigour of bell pepper cv. California Wonder. *Karnataka J. Agric. Sci.*, 17: 811-813.
- Zeb, A., Khan, A., Khan, R. & Shabbir, F. (2018). Effect of different concentrations of kinetin on seed germination in tomato. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 12(2): 1-8.

- Zhang, M., Gao, B., Chen, J. & Li, Y. (2015). Effects of graphene on seed germination and seedling growth. *Journal of Nanoparticle Research*, 17: 1-8.
- Zhou, J., Wang, Y. & Jahufer, Z. (2013). Location and chemical composition of semi-permeable layer of forage seeds. *Bangladesh J. Bot.*, 42: 23-29.

BÖLÜM 11

SEBZE TOHUMLARININ DEPOLANMASI

Prof. Dr. Levent ARIN^{1*}

Prof. Dr. Hülya İLBİ²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13822748>

^{1*} Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Süleymanpaşa, Tekirdağ. larin@nku.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-0193-9912

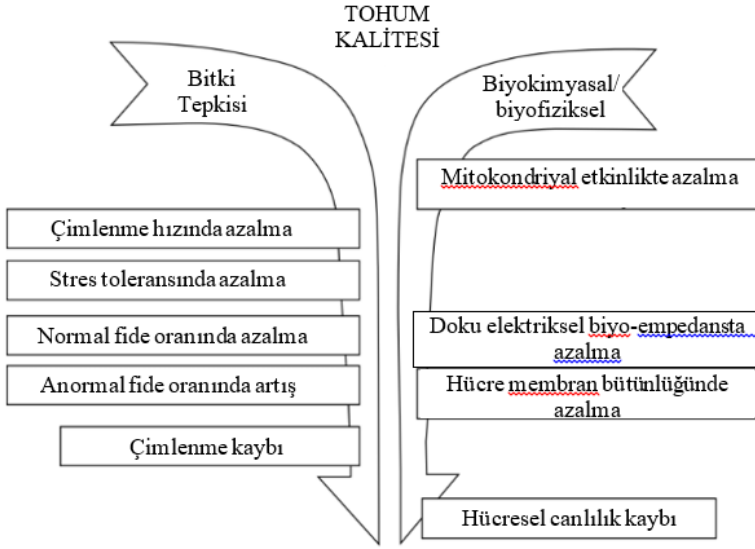
² Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bornova, İzmir. hulyailbi@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-7691-7996

*Sorumlu yazar

GİRİŞ

Kültüre alınan bitki türlerinin hemen hemen tamamı tohumlu bitkiler olup en başta yeni bitki elde etmek amacıyla çoğunlukla bir generatif çoğaltma materyali olan tohum kullanılır. Ana bitki üzerinde tohum gelişimi sırasında çimlenme ve vigorun (gücün) en yüksek seviyede olduğu dönem fizyolojik olgunluktur. Hasat olgunluğu olarak da adlandırılan bu dönemde tohum nemi yüksek olduğu için tohum neminin güvenli seviyeye düştüğü (farklı türlerde %15-20'nin altında nem) fakat çatlamaya yol açacak kadar kuru olmadığı döneme kadar yeterli su kaybının olmasına izin verilir. Birçok sebze türünün tohumları, tohum nemindeki azalmaya diğer bir ifade ile kurutulmaya toleranslı tohumlar olan ve düşük sıcaklıklarda uzun süreli depolanan ortodoks (kuru) tohumlardır. Tohum canlı bir varlık olduğu için belli bir ömrü (yaşam süresi) vardır. Fizyolojik olgunluk zamanında elde edilen güç ve canlılık durumu zamana bağlı olarak azalma gösterir (Şekil 1). Bu azalma başlangıçta yavaştır ve zaman ilerledikçe hızlanarak tohumun canlılığının kaybına neden olur. Tohumun yaşam süresinin uzaması veya kısalması birçok faktöre bağlı olmakla birlikte en önemli faktör, depolama koşullarıdır. Bu yüzden tohum depolama ve paketlemenin ana amacı tohum yeniden kullanılıncaya kadar geçen süreçte tohum yaşlanmasının geciktirilmesi; özellikle çimlenme, güç ve sağlık bakımından tohum kalitesinin istenen seviyede korunmasıdır.

Tohumların depolanması sırasında depolama koşullarına bağlı meydana gelen yaşlanma mekanizmasında tohumda farklı biyokimyasal ve fizyolojik değişimler olur ve sonuç olarak tohumda canlılık kaybı meydana gelir (Şekil 1).



Şekil 1: Tohumun depolanması sırasında yaşlanmaya bağlı meydana gelen fizyolojik ve biyokimyasal değişimler (Taylor, 2020)

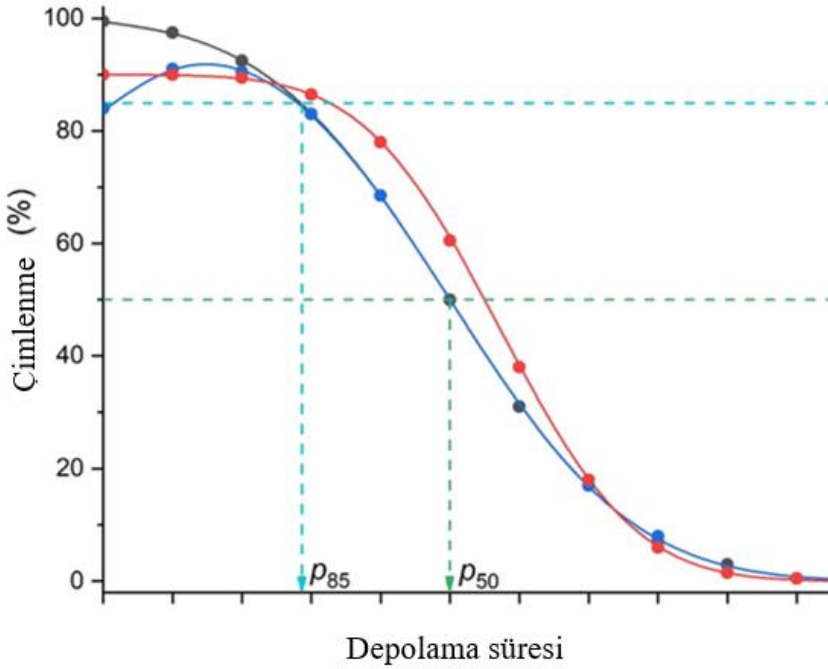
Tarımın başlangıcından beri çiftçiler tohumların güvenli bir şekilde depolanmasına önem vermişlerdir. Sağlıklı bitkilerden tohumlar alınmış, temizlenmiş, kurutulmuş ve izleyen sezonda ekilmek üzere serin ve kuru bir yerde muhafaza edilmiştir. Tohum ister çiftlik seviyesinde isterse profesyonel tohum üreticilerince depolansın, tohum depolamanın başlıca amacı yetiştirme sezonu döngüsü içinde takip eden sezonun planlanmasında iyi çimlenme ve vigor (güç) özellikler gösteren tohumlara sahip olmaktır. Üretim maliyetleri dikkate alındığında her yıl çoğaltımın bazı hallerde ekonomik olmaması, tohum veriminde ve kalitesinde yıla bağlı farklılıklar görülmesi nedenleriyle üretim fazlası tohum depolanmaktadır. Özellikle günümüzde etkisinin daha fazla görüldüğü kuraklık, sel, ekstrem sıcaklıklar, hastalık-zararlı dağılım ve baskısının yoğunlaşması; tohumun insan ve hayvan beslenmesinde ana gıda kaynağı olması nedeniyle de tohumlar depolanır. Ayrıca, tohum stoklarının bir kısmı herhangi bir felaket durumunda tohum taleplerini karşılayabilmek için devlet ve/veya ticari üreticilerce tamponlayıcı olarak elde tutulur. Yine ulusal ve uluslararası tohum ticaretinde, diğer bölgelerden gelebilecek talepler doğrultusunda bir miktar tohum stoğu elde bulundurulur. Diğer yandan

hibritlerin ebeveyn hat tohumları, üretim maliyetlerinden kaçınmak için iki ya da daha fazla sezon için (orta süreli depolama) tohum üreticilerince depolanır. İnsanlığın ortak mirası ve yeniden yaşamın başlangıcı için şart olan, ayrıca ıslahçının temel başvuru kaynağı olarak kabul edilen genetik materyal de uzun süreli muhafaza edilir.

1. DEPOLANAN TOHUMUN ÖZELLİKLERİ

Tohumlarda başlıca; çekirdek birleşmesi sonucu oluşmuş zigottan meydana gelen ve ekildiğinde genç bitkiyi oluşturacak taslak yapı olan embriyo, embriyonun başlangıçta ihtiyaç duyduğu besin ve enerjiyi sağlayan endosperm (besi doku) ve dış kısmında bu yapıları koruyan testa (tohum kabuğu) bulunur. Yeryüzündeki yaşamın kaynağı olan tohumlar yüksek oranda besin maddesi (karbonhidrat, protein, yağ) içerir ve nem içerikleri düşük olduğundan depolanmaları nispeten kolaydır. Tohumların nem içerikleri ortama bağlı olarak değişiklik gösterir. Depo sıcaklığı ve nisbi neme bağlı olarak tohumlar hermetik olarak depolanmıyorsa, belli bir denge nemi değerine ulaşır. Tohumların depolanması için güvenli nem değeri üzerindeki değerlerde; tohumlara mikroorganizma ve böcek atağı artar ve bozulma (yaşlanma) hızlanır. Depo ortamındaki sıcaklık artışı, tohumda solunum artışına bu da depolanan tohumda kuru ağırlık azalmasına ve kalite kaybına yol açar. Tohumların ısı iletkenliklerinin düşük olması nedeniyle özellikle yığın olarak depolanan tohumlarda; solunumdaki artış, daha fazla böcek aktivitesi ve yoğunlaşma gibi olumsuzluklara yol açan ısının yükselmesine sebep olur (Gewinner ve ark., 1996).

Yaşayan bir varlık olarak tohumdaki yaşlanma hızı, tür ve çeşide özgü özelliklerin yanında ana bitki üzerindeki beslenme durumundan, yeniden ekim ortamı ile buluşuncaya kadarki geçen süreçte karşılaştığı koşullara bağlı olarak değişkenlik gösterir. Tohum yaşlanmasında, Vitis ve ark. (2020) tarafından gösterildiği gibi sigmoidal bir eğri izlenmektedir (Şekil 2).



Şekil 2: Sabit nem ve sıcaklıkta depolama sırasında ortodoks (kuru) tohumların canlılık kaybı modeli (depodan çıkarıldıktan sonra çimlenme kabiliyetinde azalma). siyah nokta ve hat tipik sigmoidal eğriyi gösterir. Keza, çoğu gen bankası tarafından canlılık standardı olarak kullanılan çimlenme kabiliyetinin %85'e düştüğü zamanı (p_{85}) ve sıklıkla tohum depo ömrünün ölçütü olarak kullanılan çimlenme kabiliyetinin %50'ye düştüğü zamanı (p_{50}) belirtir. Mavi nokta ve hat, depo başlangıcında dormant tohum içeren ve depolama sırasında dormansinin kırıldığı tohum lotunun (partisi) canlılık eğrisidir. Kırmızı nokta ve hat ise depolamanın başlangıcında %100'den daha az çimlenme gösteren, ancak canlılık azalışı öncesi başlangıçta canlılığın korunduğu tohum partinin eğrisini ifade etmektedir (Vitis ve ark., 2020)

2. TOHUM DEPO ÖMRÜNÜ BELİRLEYEN FAKTÖRLER

Tohum depolamanın etkinliği, tohumlar zarar görmeksizin metabolizmanın mümkün olduğunca yavaşlatılması esasına dayanır. Depo nemi (veya tohum nemi), sıcaklık ve oksijen miktarı tohumun bozulmasını ve canlılık kaybını etkileyen ana çevresel faktörlerdir. Ortodoks (kuru) tohumlar için bilinen Harrington (1972) kuralına göre tohum nem kapsamı %5-14 olmak kaydı ile tohum nemindeki her bir %1'lik azalış ve depo sıcaklığı 0 ile 50 °C arasında olmak kaydı ile her 5 °C'lik azalış tohum depo ömrünü ikiye katlar. Bu nedenle ortodoks tohumların düşük tohum nemi ve düşük sıcaklıklarda

depolanması genel prensiptir. Bu tohumlar kurutmaya ve düşük sıcaklığa toleranslı oldukları için tohum gen bankalarında %3-5 gibi düşük tohum nemlerinde -18, -20 °C gibi düşük sıcaklıklarda uzun süreli depolanabilmektedir. Buna karşın çoğu tropik kökenli odunsu türlerin rekalsitrant (inatçı) tohumları kurutmaya ve düşük sıcaklıkta depolamaya hassastır. Dormant olmayan bu tohumlar için yüksek depo nem koşullarında optimum depolama sıcaklığı tropik orijinli türler için 7 ile 17 °C ve ılıman iklim türleri için ise -3 ve 5 °C arasındadır. En düşük güvenli tohum nem kapsamı (denge nemi) %23-61.5 arasında olacak kadar yüksek olup depolama sırasında nemlendirilmeleri gerekebilir (Hong ve ark., 1996). Bunların dışında her iki grubun özelliklerini kısmen gösteren yani kurutmaya rekalsitrantlardan daha tolerant ve düşük sıcaklıklarda daha hızlı canlılık kayıplarının görüldüğü kahve ve kakao tohumları gibi ara formlar da vardır.

Tohum ömrü, belirli koşullar altında tohumların ne kadar süreyle depolanabileceği ve canlı kalabileceğinin ölçütüdür. Tohumların depo ömürleri genetik faktörlere bağlı olup, türler arasında büyük farklılık görülür. Ayrıca tohum olgunluk ve hasat dönemindeki çevresel şartlar, hasat zamanı, hasat şekli ve hasat sonrası işlemler, depo öncesi koşullar, kurutma ortamı ve süresi tohum depo ömrüne etki eder.

Genel olarak maksimum canlılık ve ömür, tohumların doğal olgunluk zamanlarında ya da ona yakın dönemlerde tohumların hasadı ile sağlanabilir. Düşük nem içeriklerinde ve geniş çevresel koşullarda kurutulabilen ortodoks tohumlarda canlılık, tohum nemi ve depo sıcaklığındaki azalış ile artar ve bu koşullardaki tohumlarda canlılık azalışı uzun sürede gerçekleşir. Rekalsitrant tohumlarda ise ömür kısadır ve tropikal ortama adapte olmuş türlerde birkaç hafta ile ay arasında, ılıman iklim türlerinde ise birkaç yıldır.

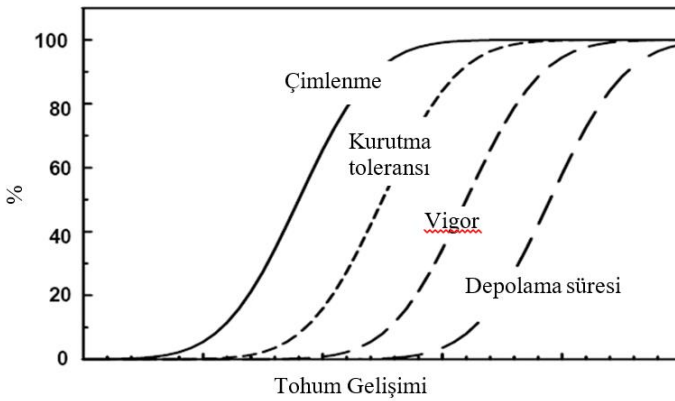
2.1. İçsel Faktörler

Bitkilerdeki çiçeklenme özelliklerine bağlı olarak tohum olgunluk seviyelerindeki farklılıklar nedeniyle, gelişimini tamamlamış ve iri tohumların depolanabilirliği diğerlerinden daha yüksektir. Ayrıca tohum kabuğu sert olan tohumların depo ömrü de daha uzundur. Tohumun depolanma potansiyelini etkileyen içsel faktörlerin başlıcaları;

- Tür ve çeşitlere göre farklılık gösteren tohumun genetik yapısı,

- Yetiştirme koşulları, özellikle tohum olgunluğu sırasında herhangi bir biyotik ve abiyotik stres ya da besin eksikliği,
- Hasat sırasındaki olgunluk, tohum iriliği ve fizyolojik zararlanmayı da içeren başlangıçtaki tohum kalitesi,
- Depolama ve işleme sırasındaki tohum nem kapsamı
- Patojen, böcek enfeksiyonları ve yabancı ot tohumları

Birçok sebze türünün tohumları kurutulmaya toleranslı, düşük nem içeriğine kadar kurutulabilen ortodoks tohumlardır. Kurutmaya toleranslı tohum üretimi ile ürün üretimi arası sürede canlılığın korunabilmesi için gereklidir. Sebze tohumlarında kurutmaya toleransın ve depolama potansiyelinin kazanımı, tohum olgunlaşması sırasında gelişmektedir (Şekil 3). Dolayısıyla tohum olgunlaşmasına bağlı olarak tohumların depolanma süreleri değişmektedir. Farklı fizyolojik olgunluk dönemlerinde hasat edilen domates tohumlarında, erken hasat edilen tohumların depolanma süresi, geç dönem hasat edilenlere göre daha kısa olmuştur (Singkaew ve ark., 2017; Tetteh ve ark., 2021). Bu da sebze tohumlarında olgunlaşmanın ilerlemesine bağlı olarak depolama süresinin arttığını göstermektedir.

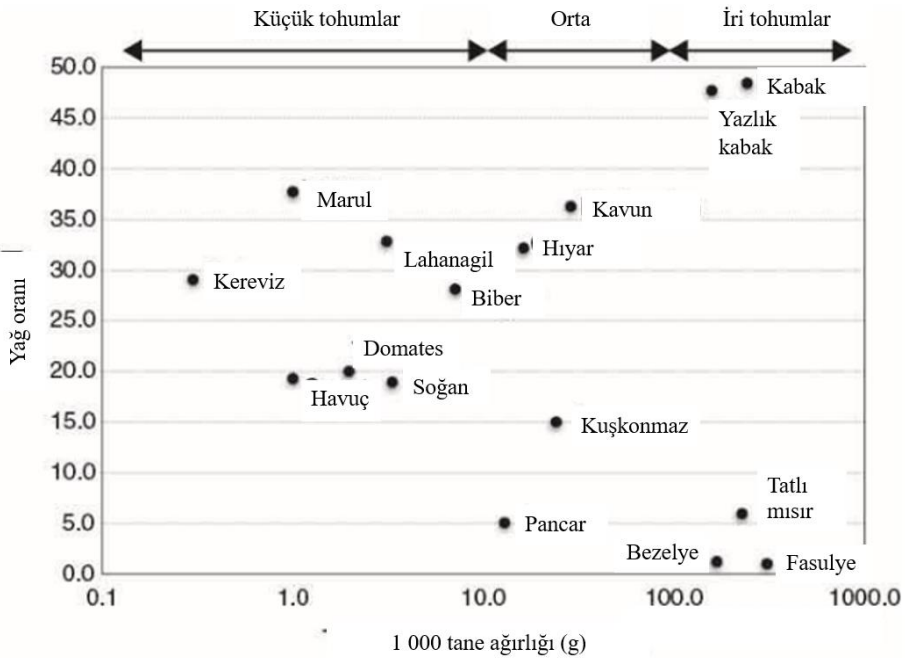


Şekil 3: Tohum olgunlaşmasına bağlı olarak kurutma toleransı kazanımı sonrası ilerleyen olgunlaşma döneminde depolama potansiyeli gelişmektedir (Bewley ve ark., 2013)

Çoğu sebze türünün tohumu hasat sonrası, su alımına hazırdır ve çevre koşulları uygun olduğunda çimlenir ve aktif büyüme başlar. Tohumlar

çimlenme aşamasında depo materyallerini (besi doku) kullanır ve daha sonra fotosentez yapabilen fide olarak kendi organik bileşiklerini ve enerjisini üretir.

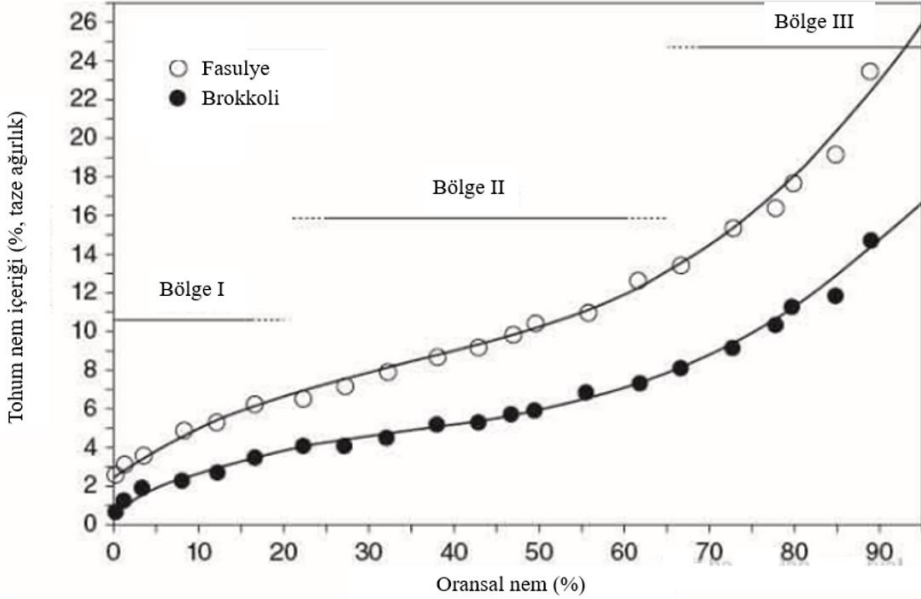
Tohumun içeriği (yağ, protein, nişasta vb) ve iriliği birçok açıdan önemlidir. Sebze tohumlarında 1000 tane ağırlığı 10 g'ın altında olanlar küçük, 100 g'ın üzerinde olanlar ise iri tohumlular olarak sınıflandırılır. İkisi arasındakiler ise orta iriliktir (Şekil 4).



Şekil 4: Bin tane ağırlığı (g) olarak ifade edilen tohum büyüklüğünün tohum yağ oranı (%) ile ilişkisi. Tohumlar; ağırlığı 10 g'dan az olanlar küçük, 10-100 g arasında olanlar orta ve 100 g'dan fazla olanlar iri olarak gruplandırılmıştır (Taylor, 2020)

Tohumlar içerikleri itibarı ile nişastalı ve yağlı tohumlar olmak üzere 2 ana gruba ayrılır. Bütün küçük tohumlu türler %18'den daha yüksek yağ içerirken; iri tohumlar, tohum ağırlığının yaklaşık yarısı yağ olan kabakgiller hariç genel olarak nişasta ağırlıklıdır. Bütün tohumlar protein içerir ve bunun oranı %12 ile %40 arasındadır (Taylor, 2020). Tohum nem içeriği havanın nispi nemi ile dengeye gelir. Denge nemi ile oransal nem arasında nem izotermi olarak bilinen negatif sigmoidal bir eğri görülür. Fasulye (*Phaseolus vulgaris*) ve brokoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) tohumlarında %0 ile %89 arası geniş

nem seviyeleri elde etmek için doymuş tuz çözeltileri ve kurutucuların kullanılması ile 3 farklı bölge belirlenmiştir (Şekil 5). Oransal nemin %20'nin altında olduğu I. Bölge, %25-65 olduğu II. Bölge ve %70'in üzeri olduğu III. Bölge'dir. Her iki türde de eğri benzerdir. Ancak verilen herhangi bir nispi nemde fasulyenin denge nemi, brokoliye göre her zaman daha yüksektir. Bu iki tür arasındaki farklılık, tohumun yağ içeriğindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır. İzotermdeki fasulyenin yağ içeriği %1 ve brokolinin ise %31'dir. Yağların suya afinitesi düşük olduğu için belirli bir nispi nemde yüksek yağ içeren tohumlar daha düşük denge nemine sahip olmaktadır. Bu nedenle güvenli depolama için gerekli tohum nemi, tohumun içeriğine (nişastalı veya yağlı tohum) göre değişim gösterecektir.



Şekil 5: Yağ İçeriği %1 Olan Fasulye ve %31 Olan Brokoli Tohumlarında Nem İzotermi (Taylor, 1997)

2.2. Çevresel Faktörler

Depolamayı etkileyen iki önemli faktör sırasıyla tohum nemi ve sıcaklıktır. Tohum nemi, depo nispi nemi ve tohumun özelliklerince belirlenir. Tohum dokusundaki suyun konsantrasyonu belirli bir sıcaklıktaki yaşlanma hızını etkiler. Nem izotermi tohum dokusundaki suyun farklılığına göre 3 bölge (zon) gösterir (Şekil 5). Bölge I'de su sıkıca bağlıdır ve protein gruplarıyla

etkileşim halindedir. Bölge II’de su zayıf bağlıdır ve makromoleküllerin hidrofilik kısımlarında yoğunlaşır. Bölge III’te ise su zayıf bağlıdır ve hidrofobik kısımlarda köprü formundadır. Tohum dokusundaki suyun durumu depolamada meydana gelen reaksiyonların (enzimatik ve enzimatik olmayan) sonucunda belirlenir. Pratikte sebze türleri genel olarak Bölge II’de depolanır.

Sıcaklık tohum ömründe doğrudan etkilidir ve belirli nem şartlarında sıcaklık arttığında bozulmanın hızı da artar. Tohumlar ihtiyaçlara ve mevcut koşullara bağlı olarak geniş sıcaklık aralıklarında depolanır. Genelde tohumlar 0 °C’nin üzeri sıcaklıklarda orta vadeli depolanırken, uzun süreli muhafaza gerektiğinde 0 °C’den düşük sıcaklıklarda tutulur. Su tohum dokusunda donmadığı sürece Bölge I ve II’deki su kapsamalarında olan tohumlar zarar görmez.

Nem ve sıcaklığın temel faktör olmasının yanısıra depo atmosferindeki gazlar ve oranlarının ne olduğu ve paketlenme materyallerinin özellikleri, depo yapısı ve sanitasyonu da tohumların depolanabilirliği üzerine etki eder.

2.2.1. Sıcaklık

Sıcaklık, tohumun nem içeriği ve solunum hızına, ortamın oransal nemine ve zararlı organizmalar üzerine doğrudan etki eder. Depoda sıcaklıktaki artış, tohumda kimyasal oksidasyona neden olarak yaşlanma hızını arttırır ve depo ömrünü azaltır. Ortodoks tohumlar için başparmak kuralı olarak ifade edilen ve Harrington (1972) tarafından geliştirilen kural, depo sıcaklığındaki her 5 °C azalmanın tohum ömrünü ikiye katlatıldığını ifade eder. Tohum canlılığı üzerine sıcaklık ve nemin bağımsız ve ortak etkisi birçok çalışmada ortaya konmuştur. Bununla birlikte sonraki çalışmalarda depo ortamındaki nemin tohum ömrü üzerine sıcaklıktan daha büyük bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir. Tohumlar kabul edilebilir seviyede düşük bir nemde kurutulduğunda depolanabilirliği önemli seviyede iyileşir. Yüksek neme sahip tohumlar donma sıcaklığının altında olmayan 10 °C’nin altı sıcaklıklarda depolanabilir. Donma sıcaklığının altında, yüksek nem içerikli tohumlarda donma zararı gözlenirken, 25 °C üzeri sıcaklıklarda %12-14’ten fazla tohum nemine sahip tohumlar daha hızlı fizyolojik ve patolojik bozulmaya uğrar (Dadlani ve ark., 2023). Ortodoks tohumlar, ultra kuru (%0,3-3) tohum neminde -5 ile +5C arasındaki düşük sıcaklıklarda uzun süreli

depolanabilmektedirler (Perez-Garcia ve ark., 2007). Ancak ultra kuru tohumların bu şekilde uzun süreli saklanması gen bankalarında uygulama bulabilir, ticari olarak depolanması pratik değildir. Çünkü ultra kuru tohumların aşırı kurutulması nedeniyle tohum kabuğu geçirgenliğinin azalarak geçici dormansiye girmesi söz konusudur (Perez-Garcia ve ark., 2009).

2.2.2. Nem

Depo nemi, tohum depo ömrüne etki eden diğer önemli faktördür ve mümkün olduğunca düşük olmalıdır. Depo nemi hermetik (nem geçirmez) koşullarda tutulmayan tohumlarda nemin artışına yol açarak, solunum hızlanması gibi metabolik olayların artışına bağlı olarak canlılık kayıplarına neden olmaktadır. Depo nemi ve sıcaklığı, pek çok tür tohumunun depolanma süresine etki eden önemli faktörler olmakla birlikte, özellikle ılıman iklimlerde soğutma maliyetleri ve enerji tasarrufu göz önünde bulundurulduğunda, depo nemi (tohum nemi) sıcaklığa göre daha önemli bir role sahip olmaktadır. Bu yüzden denge nemindeki küçük bir azalmanın sağlayacağı fayda, depoyu soğutmak için gerekli yüksek enerji ve altyapı yatırımı düşünüldüğünde sıcaklıklardaki azalışın faydasına eşdeğer olabilir (Dadlani ve ark., 2023).

Hermetik paketlerde saklanan tohumlarda, tohumun nem içeriği depolanma süresine etki etmektedir. Harrington (1972) başparmak kuralının ikincisi tohum nemine bağlı yaşam süresi ile ilgilidir. Bu kurala göre %5-%14 tohum nemi seviyesi aralığında, tohum nemindeki her %1'lik azalma tohum ömrünü ikiye katlamaktadır.

Tohumun ticari depolanmasında en yaygın kullanılan kriter yaş veya kuru ağırlık bazında hesaplanan % tohum nemidir. Ancak bu tohum nemi, tohumun özduğu elliyle yaşlanma hızının ve zararlanmalarının yüksek olacağı yağlı olmayan dokulardaki su içeriğini yansıtmamaktadır. Bu nedenle son yıllarda tohumu çevreleyen havanın nem içeriğine bağlı olarak tohumun su aktivite değerinin(a_w), tohum nemine göre tohum yaşlanmasını açıklamada daha etkili olduğu belirtilmiştir. Tohumun su aktivitesi, bulunduğu ortamın nisbi nemi ile lineer ilişkide olup, a_w değeri olarak 0 ile 1 arasında ve % nisbi nem ile ifade edilmektedir (Ranganathan ve Groot, 2023).

2.2.3. Depo Sıcaklığı ve Tohum Nemi Arası ilişkiler

Tohumların depolanması sırasında canlılıklarının korunması üzerine depo sıcaklığı ve tohum nemini etkileyen depo nispi nemi birlikte etki etmektedir. Her iki faktör etkileşimli olarak tohumda solunum hızının artışı ve dolayısıyla yaşlanmaya bağlı zarar mekanizmaları üzerine etki etmektedir. Harrington (1972) kurallarından sıcaklık ve nem ilişkisine dayalı güvenli depolama kuralına göre depo sıcaklığı (F) ile depo nisbi nemi (%) toplamı en fazla 100 olmalıdır (Taylor, 2020).

Hermetik olarak depolanmayan tohumlarda depo nisbi nemi direk tohumda denge nemi değerinin değişimine neden olarak depolama süresine etki etmektedir. Yüksek nisbi nemde tohum denge nemi artarak, solunum hızına bağlı olarak depolama süresini azaltıcı etkiye sahiptir.

Ellis ve Robert (1980) tohumların farklı sıcaklık ve tohum neminde depolanmaları sonrası tohumdaki canlılık kayıplarını tahminlemeye yönelik aşağıdaki eşitliği geliştirmiştir (Ellis, 2022).

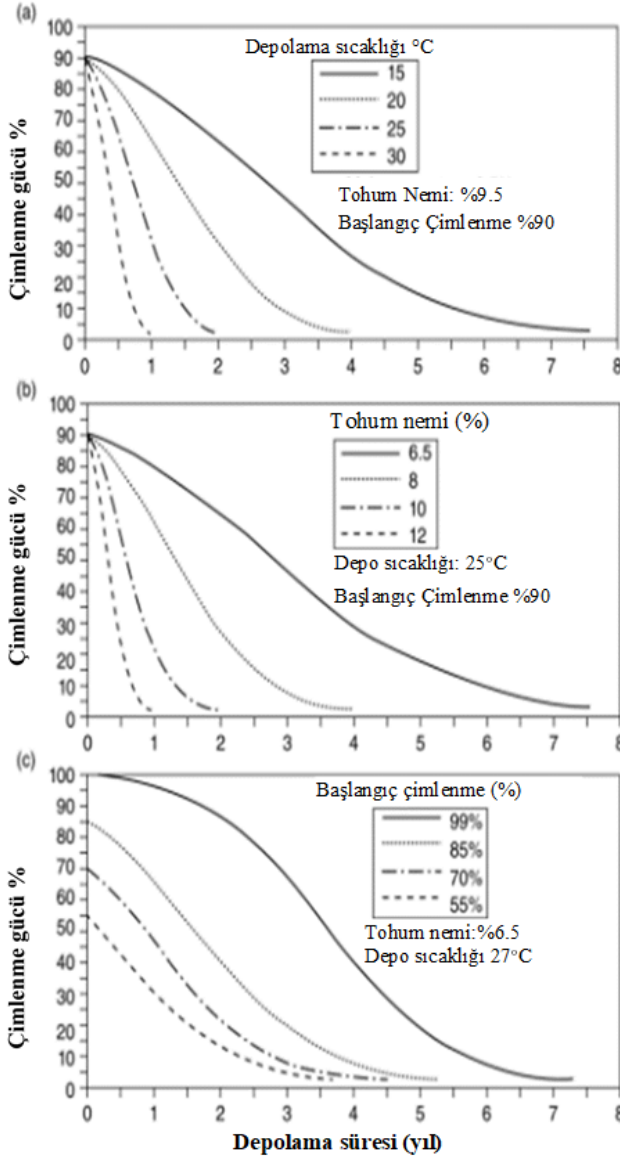
$$v = K_i - p / 10^{K_E - C_W \log_{10} m - C_H t - C_Q t^2}$$

v; p süresi depolama sonrası tohumdaki çimlenme %'si tahmini, **K_i** tohumun başlangıç çimlenmesini, **m**; tohum nemini, **t**; depolama sıcaklığını, **K_E**, **C_W**, **C_H**, **C_Q** ise türe özgü spesifik katsayıları ifade etmektedir.

Taylor (1997) bu eşitliği kullanarak soğan tohumlarının depolanması sırasında depo sıcaklığı, tohum nemi ve tohumun depo öncesi çimlenme oranına göre canlılık sürelerini tahminlemiştir (Şekil 6). Depo sıcaklığı ve tohum neminin artışına bağlı olarak yaşlanmanın hızlandığı ve depolama süresinin kısaldığı belirlenmiştir (Şekil 6 a ve Şekil 6 b). Tohumun depolama öncesi çimlenme gücünün düşük olması durumunda, canlılık kaybının hızlı olduğu ve çimlenme gücü yüksek olan tohum lotlarındaki gibi sigmoidal bir yaşlanma seyri izlemediği görülmüştür (Şekil 6 c).

Farklı sıcaklık (5, 15, 25 ve 35 °C) ve nisbi nemde (RH) (%11.3, %22.5, %32.5, %43.2, %58.4, %75.3 ve %84.3) bir yıla kadar depolanan domates, hıyar, soğan ve havuç tohumlarında canlılık kayıplarının, sıcaklık ve nisbi nem yükselişiyle arttığı belirlenmiştir. Çimlenme gücündeki kaybın en az olduğu depolama sıcaklığı 5 °C olmuştur. Depo nispi neminde %58.4'e kadar artış,

çimlenme oranı ve çimlenme hızında önemli bir değişime neden olmamıştır (Alhamdan ve ark., 2011).



Şekil 6: Soğan tohumlarında Ellis ve Roberts (1981) eşitliğine dayalı olarak depo sıcaklığı, tohum nemi ve tohum çimlenmesinin depolama süresine etkileri (Taylor, 1997'den alınma)

3. TOHUMLARIN DEPOLANMASI

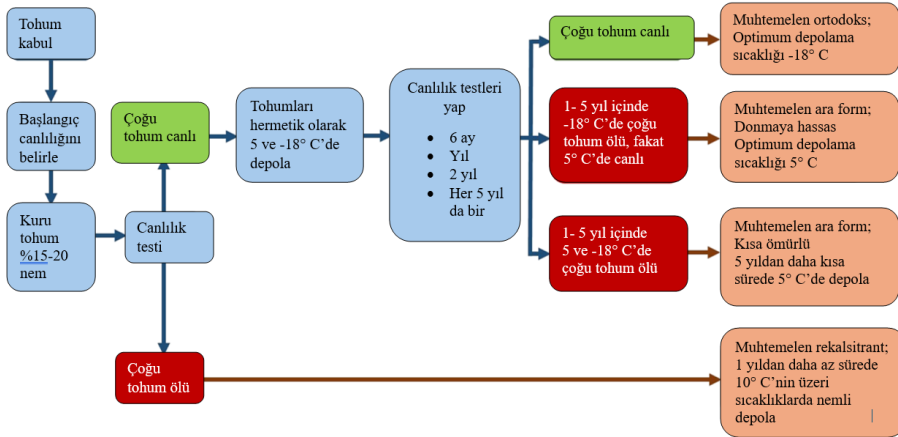
Nispi nem, sıcaklık ve depo atmosferinin gaz bileşenleri biyotik ve abiyotik faktörler arasındaki etkileşimler, doğrudan ya da dolaylı etkilerle tohumun depolanabilirliğini belirleyen en önemli faktörlerdir. Tohumlar yüksek nem çekme özelliğine (higroskopik yapıya) sahip olduklarından nispi nemin yüksek olduğu ortamda denge nemi değerine ulaşmaya kadar su buharını absorbe ederler. Bununla beraber tohumun kimyasal yapısı su alımını etkiler. Çoğu tahıl ve baklagil tohumu %50-60 nispi nemde ortalama %11-13 tohum nemine sahipken yağlı tohumların tohum nemi %70 nispi nemde bile %10'un altındadır (Thomson, 1979). Bradford ve ark. (2018); çalışmalarında, farklı yayınları esas alarak, %90 ve üzeri nem eşitliklerinde bakteri, fungus ve böcek aktivitesinin oluşacağını, buna karşın %65'in altı denge nemlerinde fungal gelişimin olmadığını, %35'in altında ise herhangi bir mikroorganizma ve böcek gelişiminin görülmeyişini belirtmiştir.

Ancak özellikle nemli bölgelerde %35'in altı denge nemine ulaşmak güç olacağından depolanmadan önce tohumlar için uygun düşük maliyetli kurutma yöntemlerine ihtiyaç olduğu ifade edilmiştir. Bu nedenle tohumları böceklerle karşı korumak, çimlenme ve tohum gücünü muhafaza etmek için kuru ortamda tutulmalı ya da hermetik kaplarda depolanmalıdır. Düşük nem içerikli (%5'in altı) kurutulmuş tohumlar ve hermetik kapalı kaplarda depolanan tohumlar (lamine ve poli-astarlı/polietilen, metal kutular, cam vb.) açıkta tutulanlarla karşılaştırıldığında adi koşullarda ve daha düşük ya da yüksek sıcaklıklarda daha uzun süreyle depolanabilir. Ultra kuru (%0.3-3.0) ve düşük sıcaklık (5.0 °C) koşulları altında ortodoks tohumlar uzun süre çimlenme kabiliyetlerini korurlar ve bu gibi koşullar genel olarak gen bankalarındaki küçük miktardaki tohumların depolanması için tavsiye edilir. Groot ve ark. (2015), ortamdaki oksijenin varlığı ile kuru tohumdaki lipid peroksidasyonuna dayalı yaşlanmanın arttığına dikkat çekerek genetik materyalin depolama süresinin uzatılması için oksijensiz depolamayı önermişlerdir.

Chau ve ark. (2019)'dan yararlanarak Vitis ve ark. (2020) tarafından, bilinmeyen bir türe ait tohumun depo davranışlarını belirlemek için geliştirilen bir protokol Şekil 7'de gösterilmiştir. Bu protokolün başlıca 3 kademesi; (1) türün başlangıç tohum canlılığının belirlenmesi, (2) oda sıcaklığında (20 °C) %15-20 oransal nemde tohumların kurutulması, (3) ikinci bir canlılık testinin

yapılmasıdır. Kurutma sonrası, eğer tohumların çoğu ölü ise muhtemelen tür rekalsitranıdır. Eğer tohumlar hermetik olarak 5 °C ve -18 °C’de depolandığında canlılık varsa bu tohumlarda depolama süresince 6 ay, 1 sene, 2 yıl ve her 5 yıl aralıkla canlılık testleri yapılır.

- Eğer tohumların canlılıkları sürüyorsa tür muhtemelen -18 °C’de depolanabilen ortodoks bir türdür.
- Eğer tohumlar 1-5 yıl içerisinde 5°C ve -18 °C’de tohumların çoğu ölü ise tür muhtemelen kısa süreli depolanabilir ara formdur ve 5 yıldan daha az sürelerde 5 °C’de depolanmalıdır.
- Eğer 1-5 yılda -18 °C’de tohumların çoğu ölü, 5 °C’de canlılık varsa tür muhtemelen düşük sıcaklığa duyarlı ara formdur ve tohumlar 5 °C’de depolanmalıdır.



Şekil 7: Bilinmeyen bir türün depo davranışını belirlemek için protokol (Vitis ve ark., 2020)

4. TOHUM DEPO YAPILARI VE TEMEL ÖZELLİKLER

4.1. Geleneksel Düzeyde Depolama

Geleneksel olarak tohumlar depolanırken, tohum nemini düşürmek için güneş ve rüzgâr (güneş ya da gölgede kurutma) faydalanılır ve kurutulan tohumlar, bez torbalardan metal kutulara kadar birçok farklı kaplara konarak serin ve kuru bir yerde muhafaza edilir. Tohumu kurutmanın tek başına yeterli olmadığı özellikle nemli iklimlerde nem geçirimsiz (hermetik) paket veya kapların kullanımı önemlidir.

4.2. Ticari Depolama

Ticari tohum lotları çimlenme ve gücün korunması için güvenli bir nem eşitliğine kadar kurutulmalıdır. Tohum hasat edildiğinde, işleme, depolama öncesi genellikle kurutma barakalarında ya da branda gibi su geçirmez malzemeye kaplı yerlerde yığın halinde depolanır. Kurutma ve tohum işleme sonrası, tohumların havalandırma kontrolü ve fumigasyon için iyi izole edilmiş, su geçirmez duvar ve raflara sahip yapılarda depolaması gerekir. Zeminden ve duvardan sızma ile suyun girişine izin verilmemelidir. Yapıdaki kolonlar depoda ürünün hareketi, yükleme-taşıma makinalarının kolay kullanımına izin verecek ve tavan yüksekliği istiflemeye imkân tanıyacak (5 m) yükseklikte olmalıdır. Tropik ve subtropikteki tohum depolarının zeminden en az 1 m yukarıda olması ve kemirgenleri kontrol etmek için olası giriş noktalarında tuzakların bulunması kemirgenlere karşı iyi bir önlemdir. Depo eğer metal çatılı ise uygun şekilde izolasyon yapılmalı ve maksimum yansıma sağlanması için beyaza boyanmalıdır. Depo konstrüksiyonu ile ilgili temel bilgiler Arın ve İlbi (2019)'nin önceki yayınında detaylı olarak sunulmuştur.

Tohum tipi, depolamanı amacı ve deponun özelliklerine göre tohum kalitesini korumak için ticari ölçekte farklı depolama şekilleri vardır (Dadlani ve ark., 2023).

- **Havalandırmalı ya da havalandırmasız adi koşullarda depolama:** Ticari ölçekte kontrolsüz depo yapıları ısı oluşumunun olumsuz etkilerini en aza indirmek için doğal havalanma ve soğumaya dayanır. Ilıman iklimlerde yığın halinde depolamada, tohumlar kontrollü doğal havalandırma ile güvenli bir şekilde depolanabilirken, sıcak, nemli koşullarda dıştaki havayla yapılan ventilasyon verimsiz olabilir (Copeland ve McDonald, 2001). Ilıman iklimlerde tohum çuvaları, paketler, yığınlar açık konteynerler, tohum işleme veya depolama öncesi ya da hasattan sonraki yeni yetiştirme sezonu için 6-8 ay süreyle kısa süreliğine depolanabilir. Tohumları kuş ve kemiricilerden korumaya özel önem verilmelidir.
- **Sadece nem kontrollü depolama:** Bu tip depolama, sıcaklığın yıl boyunca nispeten serin kaldığı ılıman iklim kuşağı için uygundur. Tohum nemi ya gaz geçirimsiz kap ve ortamlarda tohumların düşük nemlerde (%6-8) paketlenmesi ile ya da gaz geçirimli kaplarda nem

çekici kullanarak paketlenmesi ile kontrol edilir. Sıcak iklim kuşağında sıcaklık kontrolü güç olduğu için en azından bir ve yeni sezon için satılamayan tohumlarda sezon boyunca tohum kalitesini koruyacak %70' in altında depo nispi nemini sağlamak için temin edilmesi güç olan kesintisiz soğutucu güç kaynağına ihtiyaç gösteren hallerde özellikle nemli sezon sırasında, çuvallarda kurutucular ve sıklıkla dehumidifikasyon materyalleri kullanılır.

- **Düşük sıcaklık koşullarında depolama:** Düşük sıcaklık modülünde (biriminde), tohum tür ve çeşidine bağlı olarak sıcak iklim bölgelerindeki depolamalarda görülür. Depolanabilirliği iyi olmayan, yüksek değere sahip, hacmi fazla olmayan sebze ve çiçek tohumlarının nemi uygun bir düşük değere getirilir. Tohumlar nem geçirimsiz kaplarda hermetik olarak kapalı şekilde paketlenir ve deponun düşük sıcaklık bölümünde depolanır. Ancak düşük sıcaklık koşullarında saklanan, nem geçirgen kaplardaki tohumlara dikkat edilmelidir. Sıcaklığın düşüşü ile mevcut havanın nispi nemi artarak, tohum neminin yükselmesine neden olur. Böylece, daha yüksek sıcaklıklar oluştuğunda bu gibi depolardaki tohumlar hızlı bozulmaya daha duyarlı hale gelir.
- **Nem ve sıcaklık kontrollü depolama:** Bu tip depolama en azından 2-3 yıl süreyle depolanan tohumlar için kullanılır ve genellikle hibrit ve hibritlerin ebeveyn hatları gibi değerli ve soğan gibi depolanabilirliği kötü tohumlar için etkili bir yöntemdir. Bu tip depolama yüksek değere sahip ve daha küçük miktarlardaki çoğu sebze ve çiçek tohumlarının depolanmasında yaygındır ancak depolama işlemi için kesintisiz güç (enerji) kaynağına ihtiyaç vardır.
- **Ilman iklimdeki kurutmaya hassas tohumların kısa süreliğine sıcaklık kontrollü, nemli-serin depolanması:** Yüksek tohum nemine sahip rekalsitrant (inatçı) tohumlar düşük sıcaklıkta (donma sıcaklığının hemen üzeri) depolanabilir. Depoda nem, satürasyon (doyma) noktasına yakındır ve tohumlar periyodik olarak nemlendirilir. Bu tip depolamaya ticari kullanımda nadiren rastlanır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Üretilen yüksek kalitedeki sebze tohumunun sahip olduğu canlılığı ve kaliteyi, üretimde tekrar kullanılıncaya kadar koruması ticari öneme sahiptir. Tohumun ticari olarak depolama süresi tohum türlerine ve hatta genotiplere bağlı olarak 6 aydan 2-3 yıla kadar sürmektedir. Bu nedenle depolama süresince tohumun yaşlanma hızının ve zararlanmaların geciktirilmesi için depo koşullarının yönetilmesi stratejik önem arz etmektedir. Tohumun yaşam süresini etkileyen faktörlerin başında depo nemi ve tohum nem içeriği gelmektedir. Hermetik olmayan paket/kaplardaki tohumlar, depo nemi ile direk etkileşimde olacaklarından depo neminin %30-40 gibi düşük nem seviyelerinde tutulması gerekmektedir. Hermetik paketlerde depolanan tohumların nem içeriğinin de tohum türüne göre değişmekle birlikte %5 ile %10 arasında tutulması önerilebilir. Tohum depo süresini uzatmada yönetilmesi gereken diğer depo koşulu depo sıcaklığıdır. Ticari anlamda depo sıcaklığı 10-15°C olmalıdır. Depo koşullarının (nisbi nem ve sıcaklık) istenilen seviyelerde tutulması için izolasyonu iyi, soğutma ve nem alma fonksiyonları olan tohum depoları gerekmektedir. Bu tip kontrollü koşulları olan depolar başlangıçta yatırım maliyeti ve elektrik tüketim maliyetleri açısından yüksek olsalar da sebze tohumlarının özellikle de hibrit tohumların ticari değeri ve üretim maliyeti düşünüldüğünde bir zorunluluktur.

KAYNAKÇA

- Alhamdan, A.M., Alsadon, A.A., Khalil, S.O., Wahb-Allah, M.A., Nagar, M. E. & Ibrahim, A.A. (2011). Influence of storage conditions on seed quality and longevity of four vegetable crops. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science*, 11(3): 353-359.
- Arın, L. & İlbi, H. (2019). Tohumların Depolanması (X. Bölüm). *Tohum Tohumculuk ve Teknolojileri*, Cilt 1 (I. Basım). Editör: Prof. Dr. Tahsin Kesici. Bisab, Arkadaş Basım, sayfa: 51-138, ISBN: 978-605-64360-1-7, Ankara.
- Bewley, J.D., Bradford, K.J., Hilhorst, H.W.M. & Nonogaki, H. (2013) *Seeds: physiology of development, germination and dormancy*. 3rd Edition. Springer Science&Business Media, New York, p. 392, ISBN: 978-1-4614-4692-7
- Bradford, K.J., Dahal, P. Van Asbrouck, J., Kunusoth, K., Bello, P. & Felicia, W. (2018). The dry chain: reducing post harvest losses and improving food safety in humid climates. *Trends in Food Science & Technology*, 71, 84-93.
- Chau, M.M, Chambers, T., Weisenberger, L., Keir, M., Kroessig, T.I., Wolkis, D., Kam, R. & Yoshinaga, A.Y. (2019). Seed freeze sensitivity and *ex situ* longevity of 295 species in the native Hawaiian flora. *American Journal of Botany*, 106:1248–1270
- Copeland, L.O. & McDonald, M.B. (2001). *Principles of seed science and technology*. 4th Edition. Kluwert Academic, Massachusetts, USA. ISBN: 0-7923-7322-7
- Dadlani, M., Gupta, A., Sinha, S.N. & Kavali, R. (2023). Seed Storage and Packaging. In M. Dadlani & K.Y. Devendra (Eds.), *Seed Science and Technology: Biology, Production, Quality* (pp. 239-266) Springer Nature Singapore Pte Ltd. ISBN: 978-981-19-5888-5
- Ellis, R.H. (2022). Seed ageing, survival and the improved seed viability equation; forty years on. *Seed Science and Technology*, 50 (Suppl. 1). pp. 1-20. ISSN 0251-0952. <https://doi.org/10.15258/sst.2022.50.1.s.01>
- Ellis, R.H. and Roberts, E.H. (1980). Improved equations for the prediction of seed longevity. *Annals of Botany*, 45, 13-30.
- Gewinner, J., Harnisch, R. & Mück, O. (1996). *Manual of the Prevention of Post-Harvest Grain Losses*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, Germany.
- Groot, S.P.C., Groot, L., Kodde, J. & Treuren, R. (2015). Prolonging the longevity of *ex situ* conserved seeds by storage under anoxia. *Plant Genetic Resources Characterization and Utilization*, 13(1): 18-26.
- Harrington, J.F. (1972) Seed storage and longevity. In: Kozlowski T.T. (Ed.), *Seed biology. Insects, and seed collection, storage, testing, and certification. Physiological ecology. A series of monographs, texts, and treatise*. Vol III, pp. 145–245. Academic Press, New York and London.

- Hong, T.D., Linington, S.& Ellis, R.H. (1996). Seed storage behavior: a compendium. Handbooks for genebanks: No. 4. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Pérez-García, F., González-Benito, M. E., & Gómez-Campo, C. (2007). High viability recorded in ultra-dry seeds of 37 species of Brassicaceae after almost 40 years of storage. *Seed Science and Technology*, 35(1), 143-153.
- Pérez-García, F., Gómez-Campo, C., & Ellis, R. H. (2009). Successful long-term ultra dry storage of seed of 15 species of Brassicaceae in a genebank: variation in ability to germinate over 40 years and dormancy. *Seed Science and Technology*, 37(3), 640-649.
- Ranganathan, U., & Groot, S. P. (2023). Seed longevity and deterioration. In *Seed science and technology: biology, production, quality* (pp. 91-108). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Singkaew, J., Miyagawa, S., Wongs-Aree, C., Vichitsoonthonkul, T., Sokaokha, S. & Photchanachai, S. (2017). Season, Fruit Maturity, and Storage Affect on the Physiological Quality of F₁ Hybrid ‘VTM580’ Tomato Seeds and Seedlings. *The Horticulture Journal* 86(1): 121–131.
- Taylor, A.G. (1997). Seed storage, germination and quality. In: Wien, H.C. ed., *The Physiology of Vegetable Crops*. pp. 1-36. CAB International. Wallingford, UK
- Taylor, A.G. (2020). Seed storage, Germination, Quality, and Enhancement. In H.C. Wien & H. Stützel (Eds.), *The Physiology of Vegetable Crops*, 2nd Editions. (pp. 1-46). CAB International, Boston, MA, USA. ISBN: 9781786393784
- Tetteh, R., Aboagye, L. M., & Darko, R. (2021). Influence of different maturity stages on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seed quality during storage at -20 C. *Agricultural Science Digest*- 41(4):624-627.
- Thomson, J.R. (1979). *An introduction to seed technology*. Leonard Hill, London.
- Vitis, D.M., Hay, F.R., Dickie, J.B., Trivedi, C., Choi, J. & Fiegenger, R. (2020). Seed storage: maintaining seed viability and vigor for restoration use. *Restoration Ecology*, 28(3): 249-255.

BÖLÜM 12

DOKU KÜLTÜRÜ TEKNİKLERİNİN HIZLANDIRILMIŞ ISLAH AMAÇLI OLARAK SEBZE TOHUMCULUĞUNDA KULLANIMI

Prof. Dr. Ertan Sait KURTAR^{1*}

Prof. Dr. Ş. Şebnem ELLİALTIOĞLU²

Zir. Müh. Deniz METİN³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13822756>

¹Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye.
ertansaitkurtar@selcuk.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-7203-7430

²DOQUTECH ACADEMY Ltd. Şti, Ankara Üniversitesi Teknokent, Ankara, Türkiye.
ellialti@agri.ankara.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-3851-466X

³Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Konya, Türkiye.
denizmetin6469@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-8917-6111

*Sorumlu yazar

GİRİŞ

Dünya nüfusunun artışı, daha bilinçli beslenme ve farklı ürünlere olan ilginin artması, günümüz tarımsal tüketimde gerek miktar gerekse içerik düzeyindeki taleplerin çoğalmasına neden olmuştur. Ayrıca global iklim değişikliğine bağlı olarak ortaya çıkan ve etkileri gün geçtikçe daha da dikkat çeken abiyotik stres faktörlerinin (kuraklık, tuzluluk, yüksek sıcaklık, aşırı yağışlar, vb.) üretimi kısıtlamaya başlaması, bitki ıslahı ve yetiştiricilik tarafında yeni teknolojik yöntemlerin kullanılmasını zorunluluk haline getirmiştir. Tarımsal üretimin temeli olan ve stratejik öneme sahip tohumluğun bu ihtiyaçlar doğrultusunda hızlı bir şekilde geliştirilmesi ve yeni özelliklere sahip üstün çeşitlerin elde edilmesi, tohumculuk alanında klasik ıslah yöntemleri ile biyoteknolojik yeniliklerin bütünleşmesinin sağlanmasını gerektirmektedir.

Tohum teknolojisine hizmet etmeyi hedefleyen ve nitelikli çeşit ıslahı aşamasında kullanılan biyoteknolojik yöntemlerden bazıları; rekombinant DNA teknolojisi, CRISPR-CAS9 tekniği, markır destekli seleksiyon (MAS) ve bitki doku kültürleri şeklinde sıralanabilir. Bitki doku kültürleri kendi içinde uygulama alanı kapsamında embriyo kültürü, *in vitro* seleksiyon, protoplast füzyonu, *in vitro* germplazm muhafazası, organogenesis, transgenik bitkilerin rejenerasyonu ve somaklonal varyasyon oluşturma başlıkları altında bitki ıslahına yönelik uygulamalar çerçevesinde incelenebildiği gibi; meristem kültürü, sentetik tohum üretimi, sekonder metabolit üretimi, mikro çoğaltım amaçlı olarak da gruplandırılabilir (Pierik, 1997). Embriyo kurtarma ve dihaploidizasyon (katlanmış haploidi=DH) gibi yöntemler ise yeni çeşitlerin geliştirilmesi sürecinde faydalanan “hızlandırılmış ıslah teknikleri” kapsamında da değerlendirilmektedir.

Bitki doku kültürleri içerisinde yer alan ve gametik embriyogenesis olarak da adlandırılan katlanmış haploidi (DH) yöntemi, modern bitki ıslahında özellikle tarla bitkileri ve sebze tohumculuğunda üstün performanslı hibrit çeşitlerin kısa sürede geliştirilmesinde en fazla kullanılan teknik olarak önemini gün geçtikçe artırmaktadır. Dihaploidizasyon yöntemi ile F₁ hibrit çeşitlerin geliştirilmesinde önemli bir aşama olan ve özellikle yabancı tozlanan türlerde 6-8 generasyon kendilemeyi gerektiren saflaştırma işlemi 1-2 yıla kadar düşürülmekte; böylece zaman, emek ve maliyetten büyük kazanımlar sağlanırken, piyasaya sürekli olarak yeni çeşitlerin çıkması süreci de

hızlanmaktadır. Ayrıca generasyonlar boyunca tekrarlanan kendilemeler yoluyla hiçbir zaman ulaşılması mümkün olmayan %100 saf homozigot yapıdaki “saf hatlar”a, DH tekniğiyle ulaşmak mümkün olmaktadır (Kurtar ve ark., 2020).

Saf hatların elde edildiği DH tekniğinin ıslahta kullanılabilecek ölçüde başarıya ulaşmasını etkileyen ve bazen de kısıtlayan faktörler bulunmaktadır. Bunların başında; kültüre alınmak üzere erkek veya dişi gametleri içeren anter veya yumurtalık gibi eksplantların temin edildiği donör bitkinin genotipi gelmektedir. Birçok bitki türünde gametik embriyogenesis protokolü henüz geliştirilmediği gibi, domates veya karpuz gibi bazı türler rekalsitrant (inatçı) doğalarından kaynaklanan nedenlerle haploid embriyo oluşturmaya daha az elverişlidirler. Haploid embriyogenesis yanıtı yüksek olan türlerde bile farklı genotiplerde gametik embriyo oluşumu frekansı bakımından başarı düzeyi değişkenlik gösterir. Donör bitkilerin yetiştirme ve bakım koşulları, başarı üzerinde etkili bir diğer önemli faktördür. Örtüaltında veya iklimsel özellikleri kontrol edilen büyütme kabinlerinde, optimum bakım koşullarında yetiştirilen bitkilerden haploid embriyo verimi bakımından daha iyi sonuçlar alınmaktadır. Ayrıca kültür öncesinde gametleri içeren organlara uygulanan işlemler veya kültürün ilk aşamalarında uygulanan sıcaklık şoklarının yanı sıra besin ortamının bileşimi, büyüme düzenleyiciler ve bunların konsantrasyonları, inkübasyon koşulları, kültür süresince besin ortamı aktarımları ve çalışan kişinin özenli becerisi de gametik embriyogenesisteki başarıyı etkileyen diğer önemli faktörler arasında yer almaktadır (Kurtar ve Balkaya, 2017).

Androgenesis ve ginogenesis (*in vitro*) veya ışınlanmış polen tekniği de denilen partenogenesis (*in situ*) yolları, günümüzde saf hatların elde edilmesine yönelik hızlandırıcı teknikler olarak en fazla kullanılan yöntemlerdir. Bununla birlikte yukarıda sözü edilen gametik embriyo oluşumu bakımından yanıt vermesi güç olan bazı türlerde olgunlaşmamış embriyo kültürü ve/veya hızlı ıslah tekniklerinin (fotoperiyodisite, ışık dalga boyu uygulamaları veya hormon kontrollü büyütme vb.) devreye alınmasıyla birlikte; katlanmış haploidi yöntemine yaklaşan kısa sürelerde, %100 oranında olmasa da yüksek seviyede saflık derecesine ulaşan hatlar elde edilebilmektedir. Örneğin domateste yapılan uygulamalar, bu yöntemin oldukça başarılı ve uygulanabilir olduğunu göstermiştir (Yiğit ve ark., 2022; Şimşek ve ark., 2024).

1. KATLANMIŞ HAPLOİDİ TEKİNİĞİ

Katlanmış haploidi (DH=Doubled Haploidi) tekniğinin ilk aşaması, haploid (n) kromozom sayısına sahip bitkilerin elde edilmesidir. Bu amaçla günümüzde yaygın olarak *in vitro* androgenesis (erkek üreme hücresi kaynaklı; anter veya mikrospor kültürleri), *in vitro* ginogenesis (dişi üreme hücresi kaynaklı; ovül veya ovaryum kültürleri) ve *in situ* partenogenesis (ışınlanmış polen tekniği) yöntemleri kullanılmaktadır. Son yıllarda indükleyici hatların kullanımıyla özellikle mısır (Jacquier ve ark., 2021) ve çeltik (Kyum ve ark., 2022) gibi bazı türlerde hibrit çeşit geliştirmek üzere homozigot ebeveyn adayları elde edilmesine başlanmıştır.

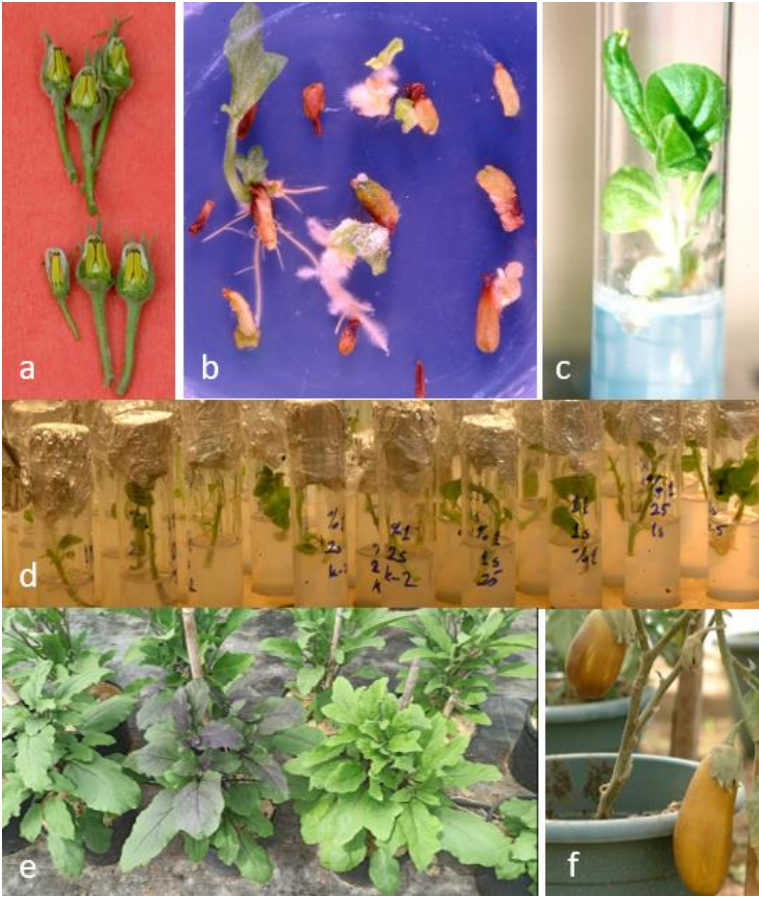
Dihaploidizasyon tekniğinde bitkilerin eldesini takiben bu bitkilerin dış koşullara alıştırılması (aklimatizasyon), ploidi düzeylerinin belirlenmesi, haploid olarak belirlenenlerin antimitotik maddelerle katlanarak dihaploid yapıdaki %100 homozigot saf hatların oluşturulması, ardından bu bitkiler üzerinde yapılan kendilemelerle saf tohumlukların elde edilmesi gerekmektedir.

1.1. Haploid Bitkilerin Elde Edilmesi

Anter veya mikrospor kültürü

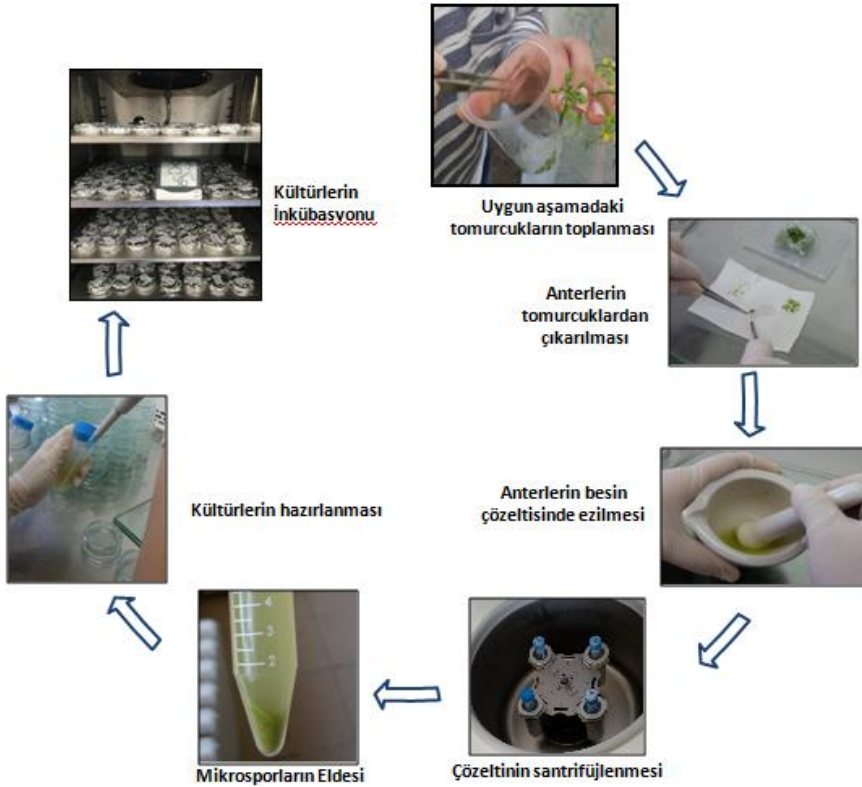
İkibinli yıllarından başından bu yana, yaklaşık 25 familyaya ait 200 bitki türünde *in vitro* androgenesis tekniğinden başarılı sonuçlar elde edilmiş, bazı türlerde ticari çeşitler üretilerek piyasadaki yerini almıştır (Ellialtıoğlu ve ark., 2000; Palvi ve ark., 2024). Bu amaçla en fazla kullanılan yöntem, anter kültürüdür. Anter kültüründe ilk aşama uygun aşamadaki tomurcukların belirlenmesidir. “Erken çift çekirdekli” ve “geç tek çekirdekli” mikrosporları içeren anterlerin kültüre alınması, başarı üzerinde kritik öneme sahip bir koşuldur. İşlem akışı içerisinde öncelikle uygun aşamadaki anterler donör bitkilerden toplanır, yüzey sterilizasyonları yapıldıktan sonra türlere göre farklı içeriklerde hazırlanmış besin ortamlarında kültüre alınırlar. Kültüre alındıktan sonra (bazen de tomurcuk aşamasında) anterler, yüksek veya düşük sıcaklık ön uygulamasına (stres uygulamaları) tâbi tutulurlar. Sıcaklık şoku sonrasında kültürler uygun sıcaklık koşullarında ve fotoperiyodik düzende gelişmeye bırakılır. Bazı türlerde anterlerin içerisinden doğrudan embriyo oluşumu meydana gelirken, bazı türlerde ise dolaylı (kallus oluşumuyla birlikte)

Onus, 2022; Geboloğlu ve Ellialtıoğlu, 2022). Bununla birlikte androgenesise yatkınlığın genetik bir özellik olması nedeniyle (Denli, 2019), biber ve patlıcanda genotipler arasında haploid/spontan doubled haploid (SDH) embriyo elde edilme frekansı bakımından oldukça geniş bir varyasyon ortaya çıkmaktadır (Bat ve ark., 2022). TÜBİTAK KAMAG 1007-117G002 No'lu Kışlık Hat ve/veya Çeşit Geliştirme Projesi kapsamında brokoli türünde de yüksek oranda gametik embriyo oluşumu sağlanmış ve hatlar geliştirilmiş olup çeşit ıslah programlarına alınmıştır (Alan ve ark., 2021).



Şekil 2: Patlıcanda anter kültürünün aşamalarından örnekler. a. Tek çekirdekli mikrosporları bulunduran uygun dönemdeki anterleri bulunduran patlıcan tomurcukları, b. Anterlerden gelişen gametik embriyolar, c. Haploid patlıcan bitkiciği, d. Haploid ve spontan doubled haploid (SDH) bitkicikler, e. Serada yetiştirilen androgenik patlıcan bitkilerindeki genetik varyasyon, f. Katlanmış haploid sürgünler üzerinde kendilenmiş meyveler (Orijinal: Ellialtıoğlu, Ş.Ş.)

Mikrospor kültürleri anter kültürüne alternatif bir androgenetik yöntem olarak ortaya çıkmıştır. Bu teknikte androgenesis amacıyla anterlerin içerisinden çıkartılarak donör bitkiden gelen dokulardan arındırılan mikrosporlar kültüre alınmakta, böylece sadece gametik hücrelerin bulunduğu (diploid dokuları neredeyse hiç içermeyen) bir kaynak ile çalışılmaktadır. Bu amaçla; öncelikle uygun aşamadaki anterler toplanmakta, yüzey sterilizasyonu sonrası tomurcuklardan çıkarılan anterler ezilerek mikrosporların serbest hale geçmesi sağlanmaktadır. Anter dokuları ve mikrosporları karışık halde bulunduran süspansiyon santrifüj edilerek, sadece polenleri içeren kısım ayrıştırılmakta ve besin ortamına yerleştirilmektedir (Şekil 3).



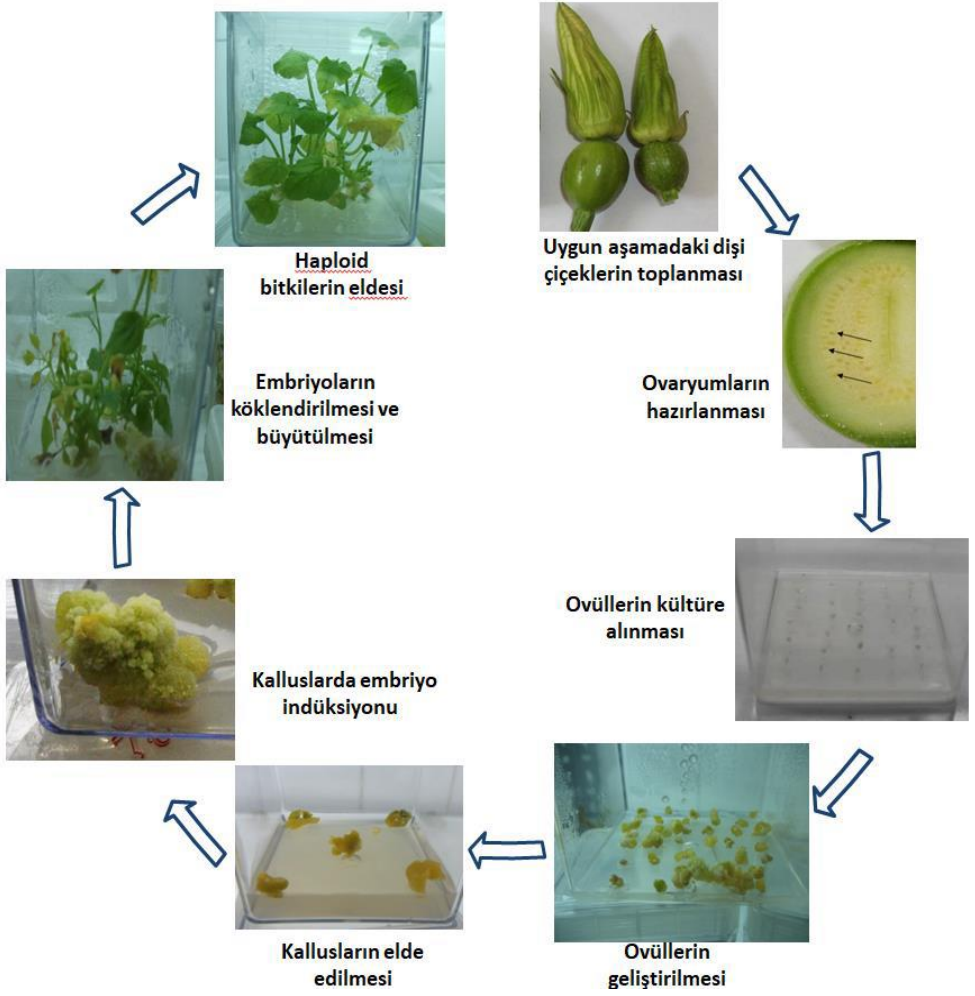
Şekil 3: Lahanada (*Brassica oleracea* var. *capitata*) mikrospor kültürünün aşamaları (Murat Doğru, 2019)

Murat Doğru (2019) tarafından yürütülen çalışmada beyaz baş lahanada genotiplerinde anter ve mikrospor kültürlerinden gametik embriyogenesis

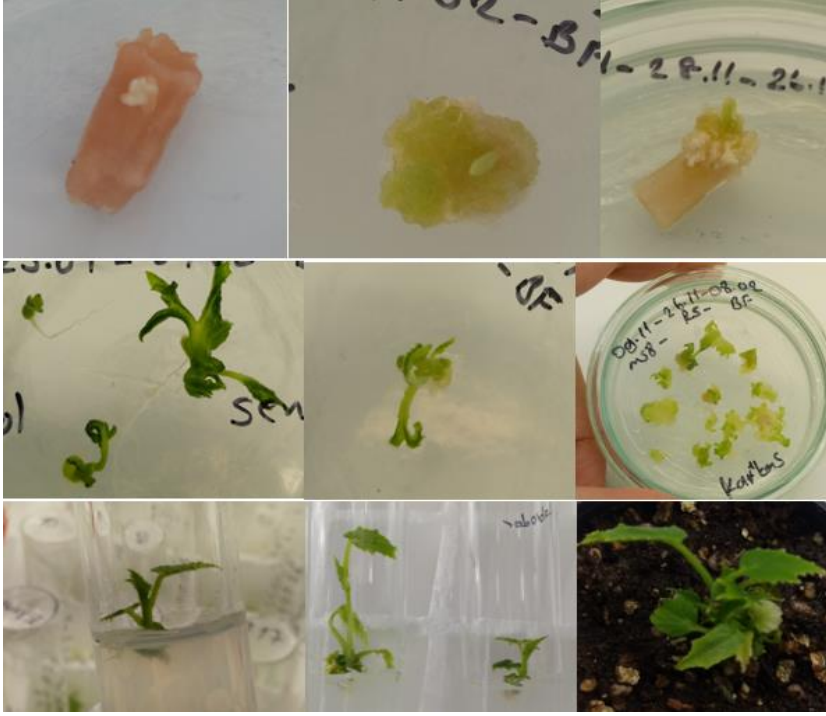
sağlanamamıştır. Androgenesis üzerinde genotip etkisi, donör bitkilerin yetiştirme koşulları, besi ortamlarının hormon içerikleri, farklı stres uygulamaları ve inkübasyon koşulları etkili olmaktadır. Bu konuda devam eden çalışmalarla protokollerin optimize edilmesi gerekmektedir.

Ginogenesis

Döllenenmemiş yumurtalığın ya da yumurta hücrelerinin *in vitro* koşullarda kültüre alınmasıyla haploid embriyo ve bitki oluşumuna ‘ovaryum’ veya ‘ovül kültürleri’ adı verilmektedir. Genellikle anthesisten bir gün önce ya da anthesis döneminde alınan dişi çiçekler kullanılmaktadır. Kültürün ilerleyen aşamaları anter kültürü tekniğinde açıklandığı gibidir (Şekil 4). Bu teknik yardımıyla hıyar, soğan, pırasa gibi türlerde F₁ çeşitlerin üretilme çalışmaları devam etmektedir. Hıyar (*Cucumis sativus*), dişi gametten haploid bitki rejenerasyonu konusunda en ümit verici türlerden biri olup bu yolla ZYMV ve küllemeye dayanıklı saf hatların geliştirilmesi tamamlanmış (Şekil 5) (Zengin ve ark., 2022), elde edilen ebeveyn adayları ile F₁ çeşitlerin geliştirilmesi aşamasındaki çalışmalara devam edilmektedir. Aynı familyadan karpuz türünde son yıllarda ginogenesis yönteminden elde edilen olumlu sonuçlar, uzun yıllardır ulaşılmaya çalışılan haploidi frekansının bu yolla ortaya çıkabileceğine dair umut vermektedir (Baktemur, 2024). Soğangiller de ginogenesis yoluyla haploid bitki elde edilebilen diğer bir bitki familyasıdır. Alan ve ark. (2003) soğanda ve Çelebi Toprak ve ark. (2022) ise pırasada protokoller oluşturmuş ve geliştirilen protokoller daha sonraki yıllarda ıslah programlarına aktarılma aşamasına geçmiştir (Şekil 6) (Yaralı Karakan ve ark., 2023).



Şekil 4: Kestane kabağında (*Cucurbita maxima* Duch.) ovül kültürünün aşamaları (Kurtar ve Balkaya, 2017)



Şekil 5: Hiyarda ginogenesis yoluyla ovaryum kültüründen haploid embriyo ve bitkilerin elde edilmesi (Zengin ve ark., 2022)



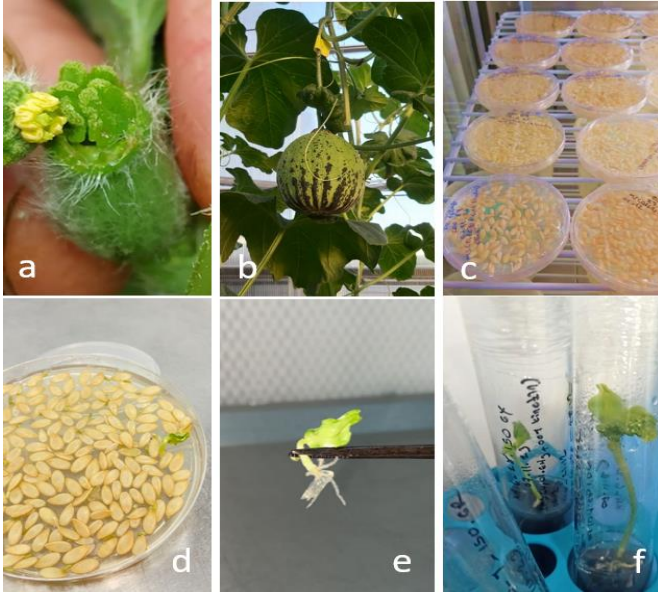
Şekil 6: Soğanda ginogenesis yoluyla gametik embriyogenesis ve bitki oluşumu (Yaralı Karakan ve ark., 2024)

Partenogenesis

Bu teknikte hedef, farklı yöntemler kullanılarak donör bitki üzerinde dişi organdaki gamet hücrelerinden embriyo oluşumunu uyartım yoluyla gerçekleştirmektir. Yumurta hücresi veya embriyo kesesi içerisindeki n kromozomlu sinerjid veya antipod hücrelerinden uyartım yoluyla oluşan embriyoların tohumun içerisinde erken dönemde izole edilerek besin ortamında bitkiye dönüştürülmesi yani embriyo kültürüyle tamamlanan bir tekniktir. Partenogenetik embriyoların elde edilmesi için en fazla kullanılan teknik “ışınlanmış polen tekniği”dir. Kabakgiller (*Cucurbitaceae*) familyası türlerinde çoğunlukla başarıyla uygulanan bu tekniğin iş akışındaki ilk aşama, anthesisten bir gün önce erkek çiçeklerin toplanarak Kobalt⁶⁰ veya Sezyum¹³⁷ kaynaklı gama ışını uygulamasının yapılmasıdır. Her tür için farklı dozlarda gama ışını, olgun polenlerdeki vegetatif çekirdeğin canlı kalması, fakat generatif çekirdeğin işlevsiz hale getirilmesine yetecek uygun doz belirlenir. Optimum gama ışın dozunun kışlık ve yazlık kabaklarda 150 Gray (Baktemur ve ark., 2014; Kurtar ve ark., 2018; Kurtar ve Seymen, 2021), karpuz ve kavunda 250-300 Gray (Gürsöz ve ark., 1991; Taşkın ve ark., 2013) ve hıyarda 300 Gray (Salehian ve ark., 2023) olduğu bildirilmiştir. Böylece generatif yönden aktif olmayan ancak çimlenme yeteneği devam eden polenler elde edilir. Ertesi gün bu anterlerden elde edilen polenlerle bir gün önceden izole edilmiş dişi çiçekler tozlanır. Tozlama sonrası meyve tutumunu takiben 3-4 haftalık meyveler tam olgunlaşmadan hasat edilir. Hasat edilen meyveler steril ortamda kesilerek içlerindeki tohumlar tek tek incelenir. Aseptik koşullar altında çıkarılan embriyolar besin ortamında kültüre alınırlar ve bitkiye dönüştürülürler (Şekil 7). Bu tekniğin en başarılı uygulamaları kavunda yapılmış olup halen F₁ çeşitlerin elde edilmesinde de aktif olarak kullanılmaktadır (Şekil 8) (Sarı ve ark., 2009; Göçmen ve ark., 2017; Şimşek ve ark., 2023). Hıyar ve kabak türlerinde de ışınlanmış polen tekniği kullanılarak partenogenetik embriyo uyartımı ve haploid bitkiler üretimi yapılabilmekte, ıslah programlarına entegre edilmektedir (Yıldız ve ark., 2020; Yapıcı ve ark., 2023; Yiğit ve ark., 2023). Bununla birlikte hıyarda ovaryum kültüründen elde edilen başarının çok daha yüksek ve uygulamanın da daha kolay olması nedeniyle ışınlanmış polen tekniğinden gün geçtikçe vaz geçilmektedir. Kabakta ise haploid bitkilerin kromozom katlanmasındaki güçlükler, yöntemin uygulanışındaki başlıca sorunu oluşturmaktadır.



Şekil 7: Karpuzda (*Citrullus lanatus* var. *lanatus*) ışınlanmış polen tekniğinin aşamaları (Orijinal: Kurtar, E. S.)



Şekil 8: Kavunda (*Cucumis melo*) ışınlanmış polen tekniğinin aşamaları. **a.** Işınlanmış polen taşıyan anterler ile tozlama, **b.** Gelişmiş 3 haftalık meyve, **c.** Meyvelerdeki tüm tohumların kültüre alınması, **d.** Çimlenen haploid embriyo, **e.** Haploid kavun embriyosu, **f.** Bir haftalık *in vitro* haploid bitkicikler (Şimşek ve ark., 2023)

Önceki yıllarda acurda da (*C. melo* L. var. *flexiosus*) ısırlanmış polen tekniğinin kullanılabilirliği gösterilmiş olmakla birlikte henüz bu türde ticari olarak yöntemin uygulanması ülkemiz koşullarında hayata geçirilmemiştir (Yanmaz ve ark., 1998).

1.2. İndükleyici Hatların Kullanımı

Mısır bitkisinde indükleyici genotipler melezleme programında kullanılarak bir generasyonda haploid bireyler elde edilebilmektedir. Bu genotipler ıslah programının amacına uygun olarak belirlenen heterozigot yapıdaki bitkilerle melezlenir ve bu melezleme sonucu elde edilen tohumlarda yapılan renk seleksiyonu ile n kromozoma sahip haploid tohumlar elde edilebilmektedir (Şekil 9). Elde edilen haploid tohumlarda kromozom katlaması yapılarak $2n$ kromozomlu katlanmış DH bitkiler elde edilir. Bu teknoloji sayesinde %100 homozigot hatlar 2-3 generasyonda elde edilebilmekte, ıslah çalışmalarının süresi kısalmakta, hızlı ve güvenilir bir şekilde ıslah programlarının etkinliği artmaktadır. Bu teknik ile haploidi frekansı %6-14'e kadar yükselmiştir. Ülkemizde Mısır Araştırma Enstitüsü tarafından ADAIL-1 ve ADAIL-2 indükleyici hatları geliştirilmiştir ve 28 Ocak 2019 Sıcak İklim Tahılları Tohumluk Tescil Toplantısında üretim izni almıştır (Yorgancılar ve ark., 2019). Ayrıca literatürde CIDMP3 mutasyonu yoluyla karpuzda haploid indükleyici hat oluşturulduğu ve bu mutant ile yapılan melezlerde %1.12'ye varan haploidi frekansı elde edildiği bildirilmiştir (Chen ve ark., 2023).



Aleuron ve embriyo renksiz out cross tohumu



Aleuron renkli embriyo renksiz haploid tohumu



Aleuron ve embriyo renkli F1 tohumu

Şekil 9: Mısırdaki renk ayrımına göre tohumların tasnifi (Yorgancılar ve ark., 2019)

1.3. Dış Koşullara Alıştırma (Aklimatizasyon)

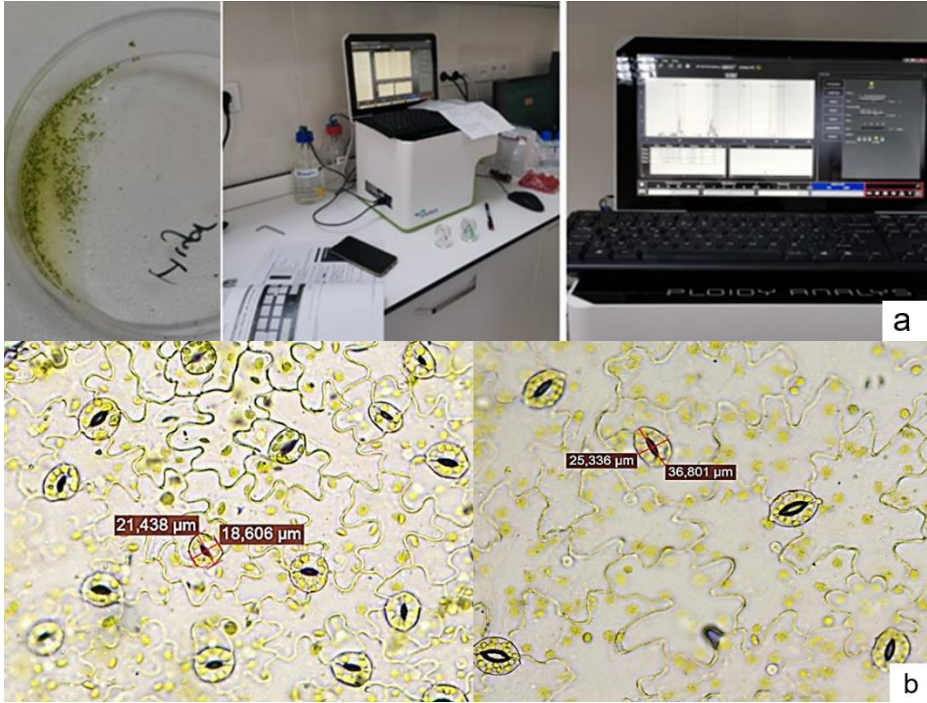
Kültür tüplerinde ve kavanozlarda belli bir büyüklüğe ulaşan bitkiler besi ortamlarından çıkarılır ve kökleri musluk suyu altında iyice yıkanarak temizlenir. Kökleri temizlenen ve fazla kökleri alınan bitkiler içerisine steril torf doldurulmuş plastik bardaklara dikilir. Bitkilerin ilk can suyu içerisine toprak patojenlerine karşı kullanılan fungusitlerin ilave edilmesi sayesinde, olası bulaşmalar için önlem alınabilir. Bu şekildeki fidelerin üzeri ışık geçiren şeffaf plastik bir örtü veya torba ile kapatılarak 1 hafta süreyle korunur, ilk haftanın sonunda plastikler alt kısımlarından hafifçe açılmaya başlanır. Üçüncü haftanın sonunda bitkiler tamamen dış koşullara alıştırılmış olur. Aklimatizasyon işlemleri genellikle 25 °C sıcaklığa ve yaklaşık 3000 Lux ışıklandırmaya sahip iklim odası koşullarında gerçekleştirilir (Şekil 10).



Şekil 10: Bitkilerin dış koşullara alıştırılması (Orijinal: Kurtar, E. S.):

1.4. Ploidi Düzeyinin Belirlenmesi

Bitkilerde ploidi tespiti için en güvenilir yöntem, flow sitometri (FCM) ile hücre içeriğindeki DNA miktarının belirlenmesi esasına dayanan teknolojik yöntemdir (Şekil 11a). Flow sitometri cihaz ve kimyasal gereksinimleri nedeniyle yüksek maliyetlidir. Bununla birlikte maliyeti çok daha düşük olan stoma gözlemleri (kloroplast sayısı, stoma boyutları, birim alandaki stoma sayısı) de oldukça güvenilir sonuçlar vermektedir. Ucuz ve pratik bir şekilde yapılan stoma gözlemlerinde yeterli büyüklüğe ulaşmış yaprakların alt epidermisleri soyulduktan sonra lam üzerine yayılır ve %1'lik gümüş nitrat (AgNO_3) çözeltisi damlatılarak mikroskopta incelenir. Haploid bitkilerin birim alandaki stoma sayıları diploidlere göre yaklaşık iki kat daha fazla, stoma en-boy ölçüleri ise daha küçüktür (Şekil 11b).



Şekil 11: a. Flow sitometri yöntemiyle hıyarda ginogenik bitkilerde ploidi tayini (Zengin ve ark., 2022)., **b.** Biberde haploid (solda) ve diploid (sağda) bitkilerin alt epidermisindeki stoma hücrelerinin birim alandaki sayıları ve boyutları (Bat ve ark., 2021)

1.5. Kromozom Katlama, Katlanmış Haploid (DH) Hatların Eldesi

Gerek stomatal gözlemler gerekse flow sitometri ile yapılan analizler sonucunda haploid (n) olarak belirlenen bitkilerde *in vitro* veya *in vivo* kromozom katlamaları yapılır. Bu amaçla dış koşullara alıştırılan ve yeterli büyüklüğe ulaşan bitkilerin genellikle sürgün uçlarına farklı doz (% 0.5, % 0.75 ve % 1) ve sürelerde (2 ve 4 saat) kolhisin çözeltisi uygulanır. Karpuz türünde uygulamanın yapılışı şu şekildedir: Haploid bitkilerin sürgün ucu bir pamuk parçasıyla örtülür ve kolhisin çözeltisi pamuk iyice ıslanıncaya kadar damlatılır. Daha sonra pamuğun üzeri, buharlaşmayı engellemek ve ışığa duyarlı kolhisinin ışıkla ilişkisini kesmek amacıyla tercihen alüminyum folyo ile kapatılır. Uygulama süresinin bitiminde sürgün uçları saf su ile 3-4 sefer iyice yıkanarak kolhisin uzaklaştırılır. Bu işlem 1 gün arayla 2 sefer tekrarlanır. Kolhisin uygulanan bölgedeki gelişen sürgünler üzerinde oluşan yeni

yapraklarda tekrar ploidi tespiti yapılarak katlanmanın gerçekleşip gerçekleşmediği kontrol edilir. Kromozom katlaması gerçekleşmeyen bitkilere kolhisin tekrar uygulanır ve bu işlem kromozom katlaması gerçekleşinceye kadar devam eder (Şekil 12). Uygulama yapılan tomurcuklardan gelişen sürgünler üzerindeki yaprakların epidermislerinde stoma sayısı ve boyutlarını incelemek veya sürgünler üzerinde oluşan çiçeklerde polen oluşumu gözlemleri ile kendilemeler sonucunda tohumlu meyvelerin oluştuğunu görmek, kromozom katlama işleminin başarısı hakkında değerlendirme yapmayı sağlamaktadır.



Şekil 12: Sürgün ucu kolhisin uygulamaları (Orijinal: Kurtar, E. S.)

2. EMBRİYO KÜLTÜRÜ VE HIZLI ISLAH TEKNİĞİ

Olgunlaşmamış embriyo kültürün önemli bir kullanım alanı, bir generasyondan diğer bir generasyona kadar geçen ıslah çemberi süresini kısaltmaktır. Ellialtıoğlu ve Abak (1986), domateste yürüttükleri bir çalışmada, geriye melezleme ıslah programı için gerekli süreyi kısaltmak amacıyla embriyo kültürünü kullanmışlardır. Araştırmacılar bir yıl içerisinde Ankara koşullarında iki generasyon ilerleme sağlamışlar, uygun ekolojilerde 3 döl kuşağı ilerlemenin mümkün olacağından bahsetmişlerdir. Tozlanmadan itibaren genotip farkı bulunmaksızın 28-32. günler arasında alınan embriyolar çok hızlı ve %100 oranında bitkiye dönüşmüştür (Şekil 13). Bozmaz (2007) ise, kendilenmiş meyvelerden izole ettiği embriyoları kültüre aldığı anda benzer bulgular elde etmiş olup, domateste tohumdan tohuma geçen bir generasyonluk

ıslah döngüsünün, embriyo kültürü tekniği kullanılarak 15-57 gün arasında kısaltılabileceği belirlenmiştir (Aktaş ve ark., 2021).

Bir yıl içerisinde 4 generasyon ilerlemeyi sağlayabilmek amacıyla fotoperiyodik düzenleme yapılan ve bitkilerin erken yaşlandırılarak ilk çiçeklenme ve meyve tutumuna geleceği süreyi kısaltmak amacıyla yapılan ek ışıklandırma uygulaması, embriyo kurtarma tekniği ile birlikte başarılı sonuçlar vermektedir. Bu yöntem, DH teknolojisinin pratik olarak kullanılamadığı bitki türlerinde ıslah süresini kısaltmak üzere kullanışlı olabilmektedir. Ülkemizde iki farklı tohum firmasında yürütülen özkaynaklı desteklenen projede sera veya iklim odası koşullarında fotoperiyodik düzenleme ve ışık yoğunluğunun değiştirilmesi yoluyla erken olgunlaştırılan domates bitkilerinde embriyo kültürünün de kullanılmasıyla birlikte, 2 yıl içerisinde 6 kademe birden saflaştırılmış ıslah hatları elde edilmiştir (Yiğit ve ark., 2022; Şimşek ve ark., 2024). Bu yöntemin geriye melezleme programlarında kullanılması da umut vaat etmektedir.



Şekil 13: Domateste embriyo kültürü aşamaları. Üstte: 28 ve 32 günlük embriyolar (Aktaş ve ark., 2021), Altta: Kültüre alındıktan 7 gün sonraki gelişim ve dış koşullara alıştırılan domates fideleri (Şimşek ve ark., 2024).

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bitkisel ürünlerin iyileştirilmesi ve ihtiyaçlar doğrultusunda yeni çeşitlerin geliştirilmesi çalışmaları tarımın başlamasına kadar uzanmaktadır. Klasik ıslah yöntemleri kullanılarak yapılan çeşit ıslah çalışmaları 20. yüzyılın başlarına kadar gereksinimleri karşılayabilse de, bilim ve teknolojinin gelişmesine olan ihtiyaç zaman içerisinde giderek artmıştır. Bitki doku kültürlerinin 1900'li yılların başında uygulanabilir yöntemler olarak bilime kazandırılması sayesinde ıslah çalışmaları da hız kazanmıştır. Sebze ıslahında hibrit çeşitlerin ortaya çıkışı ile birlikte tohumculuk sektörü, saf hatların elde edilmesi amacıyla hızlandırıcı tekniklerin arayışına başlamıştır. Haploidizasyon tekniği bu şekilde önem kazanmış, geliştirilen %100 saf hatlar ise hibrit çeşit ıslahı için gereken süreyi kısaltarak rekabeti artıran bir teknolojiye dönüşmüştür. 1980'li yılların başında ülkemizde de üzerinde bilimsel araştırmalar yapılmaya başlanan haploid ve katlanmış haploid bitkilerin elde edilmesi konusu, projeler kapsamında birçok kurumda çalışılmıştır. 2000'li yılların başında ticari firmalarda kullanılma aşamasına ulaşılmış ve bu noktadan sonra hızla gelişen üniversite-özel sektör arasındaki çalışmalar, özellikle TÜBİTAK tarafından desteklenen projelerin de katkısıyla ürünlerini vermeye başlamıştır. Günümüzde katlanmış haploidi tekniği veya biyoteknolojinin sunduğu diğer olanaklarla 8-10 yıl sürecek ıslah çalışmalarını 4 yıl gibi kısa bir sürede tamamlamak mümkün olabilmektedir. Biber, patlıcan, hıyar ve kavun türlerinde katlanmış haploidi yöntemi tohum firmaları tarafından aktif bir şekilde ıslah programlarına dahil edilmiş olmakla birlikte, soğan, lahanası, havuç, kabak, domates ve karpuz türlerinde ya bitki türünün yeterince DH tekniğine yatkın olmaması ya da bu türlerin bazılarındaki ıslah çalışmalarının ülkemizde yeni yeni ön plana çıkması nedeniyle henüz yeterince kullanılmamaktadır. Bununla birlikte lahanagiller içerisinde brokolide elde edilen başarılı sonuçlar (Alan ve ark., 2021) ve karpuzda ovaryum kültürü tekniğinden umut vaat eden bulgular elde edilmesi (Kara ve ark., 2024) sayesinde hızlandırıcı ıslah tekniklerinin her zaman yeni gelişmelere açık olduğu görülmektedir. Bu tekniklerin daha geniş bir bitki türü yelpazesinde uygulanması ve ülkemizdeki tohumculuk sektörünün dünya şirketleriyle yarışabilir seviyeye vakit kaybetmeden ulaştırılması önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

- Abak, K. & Onus, N. (2022). Biber Islahı. In: Sebze Islahı, Cilt III: Solanaceae (Patlıcangiller). Abak, K., Balkaya, A., Ellialtıoğlu, Ş.Ş., Düzyaman, E. (Eds.) s: 195-315. BİSAB Yayınları, Gece Kitaplığı Yayınevi, Ankara. ISBN: 978.625.430.116.2.
- Aktaş, H., Zengin, S. & Ellialtıoğlu, Ş.Ş. (2021). Islah Stratejileri. Domates Yetiştiriciliği. Özzambak, M.E., Duman, İ. (Eds.), Tarım Türk Dergisi, Kanyılmaz Matbaacılık, İzmir, Bölüm:16, s: 291-331.
- Alan, A.R., Mutschler, M.A., Brants, A., Cobb, E. & Earle, E.D. (2003). Production of gynogenic plants from hybrids of *Allium cepa* L. and *A. roylei* Stearn. *Plant Science* 165 (6): 1201-1211. doi: 10.1016/S0168-9452(03) 00327-3.
- Alan, A. R., Celebi-Toprak, F., Lachin, A., Yildiz, D., Gozen, V. & Besirli, G. (2021). Doubled Haploid Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) Plants from Anther Culture. *Doubled Haploid Technology: Volume 2: Hot Topics, Apiaceae, Brassicaceae, Solanaceae*, 201-216.
- Baktemur, G. (2024). Karpuzda (*Citrullus lanatus* L.) Ovaryum Kültürü ile Haploid Saf Hatların Geliştirilmesi. Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi Projeler: 2024-ÖAP-TBTF-0001 (Devam ediyor).
- Baktemur, G., Yücel, N. K., Taşkın, H., Çömlekçioğlu, S. & Büyükalaca, S. (2014). Effects of different genotypes and gamma ray doses on haploidization using irradiated pollen technique in squash. *Turkish Journal of Biology*, 38(3), 318-327.
- Bat, H., Altındağ, F. N., Yiğit, M. A., Ellialtıoğlu, Ş.Ş. & Çömlekçioğlu, N. (2021). Ploidy estimation in pepper and eggplant via stomata characteristics. *Int J Agric for Life Sci* 5(2): 139-146.
- Bat, H., Altındağ, F. N., Yiğit, M. A., Ellialtıoğlu, Ş.Ş. & Çömlekçioğlu, N. (2022). Genotype effect as one of the affecting factors on the success of anther culture in eggplant (*Solanum melongena* L.). *HortiS* 39(2):41-47.
- Bhatia, R., Dey, S.S., Parkash, C., Sharma, K., Sood, S. & Kumar, R. (2018). Modification of important factors for efficient microspore embryogenesis and doubled haploid production in field grown white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) genotypes in India. *Sci Hortic* 233:178-187.
- Bozmaz, S. (2007). Bazı domates genotiplerinde kendilenmiş hatların elde edilmesinde embriyo kültürünün kullanılması. Gaziosmanpaşa

- Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tokat, 47s.
- Chen, X., Li, Y., Ai, G., Chen, J., Guo, D., Zhu, Z., Zhu, X., Tian, S., Wang, J., Liu, M. & Yuan, L. (2023). Creation of a watermelon haploid inducer line via CIDMP3-mediated single fertilization of the central cell. *Horticulture Research*, 10(6): uhad081.
- Çelebi Toprak, F., Alan, T. & Alan, A. R. (2022). Pırasa Islahı. In: Sebze Islahı, Cilt IV: Allioidae (Soğangiller). Abak, K., Balkaya, A., Ellialtıoğlu, Ş.Ş., Düzyaman, E. (Eds.) s: 133-175. BİSAB Yayınları, Gece Kitaplığı Yayınevi, Ankara. ISBN: 978.625.430.117.9.
- Denli, N. (2019). Türler arası melezleme ile biberde (*Capsicum annuum*) genetik tabanın genişletilmesi ve androgenesinin kalıtımının belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, 187s.
- Ellialtıoğlu, Ş. & Abak, K. (1986). Domates ıslahında embriyo kültüründen yararlanma. Bitki Islahı Simpozyumu. 15-17 Ekim 1986, İzmir, s:42-52.
- Ellialtıoğlu, Ş., Sarı, N. & Abak, K. 2000. Haploid Bitki Üretimi. (Bitki Biyoteknolojisi Cilt:I, Ed: Babaoğlu, M., Gürel,E., Özcan, S.) s: 138-189, *Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları*, Konya.
- Geboloğlu, N. & Ellialtıoğlu, Ş. Ş. (2022). Patlıcan Islahı. In: Sebze Islahı, Cilt III: Solanaceae (Patlıcangiller). Abak, K., Balkaya, A., Ellialtıoğlu, Ş.Ş., Düzyaman, E. (Eds.) s: 319-446. BİSAB Yayınları, Gece Kitaplığı Yayınevi, Ankara. ISBN: 978.625.430.116.2.
- Göçmen, M., Aydın, E., Simsek, I., Sari, N., Solmaz, I. & Gokseven, A. (2017). Characterization of some agronomic traits and β -carotene contents of orange fleshed Altınbas melon dihaploid lines. *Ekin J.* 3(1):12-18.
- Gürsoz, N., Abak, K., Pitrat, M., Rode, J.C. & Dumas de Vault, R. (1991). Obtention of haploid plants induced by irradiated pollen in watermelon. *Cucurbit Genetics Cooperative Report* 14:109-110 (article 38).
- Jacquier, N.M.A., Gilles, L.M., Martinant, J.P., Rogowsky, P.M. & Widiez, T. (2021). Maize In Planta Haploid Inducer Lines: A Cornerstone for Doubled Haploid Technology. In: Segui-Simarro, J.M. (eds) *Doubled Haploid Technology. Methods in Molecular Biology*, vol 2288. Humana, New York, NY.
- Kara, E., Taşkın, H., Karabıyık, Ş., Solmaz, İ., Sarı, N., Karaköy, T. & Baktemur, G. (2024). Are Cytological and Morphological Analyses Sufficient in Ploidy Determination of Watermelon Haploid Plants?. *Horticulturae*, 10(8): 818.

- Kurtar, E. S., Balkaya, A. & Kandemir, D. (2016). Evaluation of haploidization efficiency in winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) and pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) through anther culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 127, 497-511.
- Kurtar, E.S. & Balkaya, A. (2017). The using of biotechnology in cultivar breeding of *Cucurbita* vegetable species. *Bahçe*, 46(2).
- Kurtar E.S., Balkaya A. & Ozbakir Ozer M. (2018). Production of callus mediated gynogenic haploids in winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) and pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.). *Czech J. Genet. Plant Breed.* doi: 10.17221/30/2017-CJGPB.
- Kurtar, E. S., Seymen, M. & Kal, Ü. (2020). An overview of doubled haploid plant production in *Cucurbita* species. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 30(3), 510-520.
- Kurtar, E. S. & Seymen, M. (2021). Gynogenesis in *Cucurbita* Species. *Doubled Haploid Technology: Volume 3: Emerging Tools, Cucurbits, Trees, other Species*, 123-133.
- Kyum, M., Kaur, H., Kamboj, A., Goyal, L. & Bhatia, D. (2022). Strategies and prospects of haploid induction in rice (*Oryza sativa*). *Plant Breeding*, 141 (1): 1-11.
- Murat Doğru, Ş. (2019). Beyaz baş lahanalarda haploid bitki üretimi ve in vitro çoğaltım olanaklarının araştırılması. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Samsun, 129 s.
- Palvi, T., Neha, K., Abhishek, K., Pratibha, S. & Sanjay, C. (2024). Recent advances in development and utilization of double haploids (DHs) in economically important vegetable crops. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)* 156:15. <https://doi.org/10.1007/s11240-023-02617-0>
- Salehian, H., Shahnazi, S. & Nazari, M. (2023). Production of doubled haploid plants in cucumber (*Cucumis sativus* L.) via parthenogenesis. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 59(4), 467-474.
- Sari, N., Solmaz, I., Yetisir, H., Ekiz, H. & Yucel, S. (2009). New fusarium wilt resistant melon (*Cucumis melo* var. *cantalupensis*) varieties developed by dihaploidization: Sari F1, Yetisir F1, Solmaz F1, Emin F1 and Yucel F1. In *IV International Symposium on Cucurbits* 871 (pp. 267-272).
- Şimşek, D., Doğan, S., Öz, D. & Ellialtıoğlu, Ş.Ş. (2023). Kavunda ışınlanmış polen tekniği yöntemiyle saf hatların elde edilmesi. Areo Tohum, HEKTAŞ, Tohum Teknolojileri Merkezi – Antalya, Domates Islah Programları, Proje No: 7.

- Şimşek, D., Doğan, S., Mutlu, N. & Ellialtıoğlu, Ş.Ş. (2024). Domateste olgunlaşmamış embriyo kültürü ve hızlı ıslah uygulamalarının saflaştırılmış hat eldesinde kullanımı. Areo Tohum, HEKTAŞ, Tohum Teknolojileri Merkezi – Antalya, Domates Islah Programları, Proje No: 8.
- Ohnoutková, L. & Vlčko, T. (2020). Homozygous transgenic barley (*Hordeum vulgare* L.) plants by anther culture. *Plants* 9 (7): 918.
- Pierik, R. L., M. (1997). In Vitro Culture of Higher Plants. *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London*. Fourth revised printing. 348 p. ISBN: 0-7923-4527-4.
- Taşkın, H., Yücel, N. K., Baktemur, G., Çömlekçioğlu, N. & Büyükalaca, S. (2013). Effects of different genotypes and gamma ray doses on haploidization with irradiated pollen technique in watermelon (*Citrullus lanatus* L.). *Can. J. Plant Sci.* 93: 1165–1168.
- Thakur, P., Kumari, N., Kumar, A., Sharma, P. & Chadha, S. (2024). Recent advances in development and utilization of double haploids (DHs) in economically important vegetable crops. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 156(1): 15.
- Yanmaz, R., Ellialtıoğlu, S. & Taner, K.Y. (1998). The effects of gamma irradiation on pollen viability and haploid plant formation in snake cucumber (*Cucumis melo* L. var. *flexuosus* Naud.) First International Symposium on Cucurbits. *Acta Horticulturae* 492: 307-310.
- Yapıcı, B., Gürsoy, E., Yıldız, B. N., İpek, E., Kavak, S. & Kurtar, E. S. (2023). Külleme ve ZYMV dayanımlı nitelikli yazlık kabak (*Cucurbita pepo* L.) hatlarında ışınlanmış polen tekniği ile dihaploidizasyon. *Uluslararası Ege Tarım Kongresi*, 1-3 Kasım 2023, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Yaralı Karakan, F., Güldemir, E., Yiğit, M., Köstereli, A.S., Doğangüzel, E. & Ellialtıoğlu, Ş.Ş. (2023). Kendilenmiş kısa gün soğan (*Allium cepa* L.) hatlarının haploidi frekansının belirlenmesi. *Türkiye VIII. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, 26-29 Eylül 2023, Bursa. Özetler, s:73. bahce2023-bildiri-ozetleri-kitabi.pdf (Erişim tarihi: 21.5.2024).
- Yıldız Ç., Koruk, M., Doğan, A. C. & Ellialtıoğlu, Ş. Ş. (2020). Farklı hıyar genotiplerinin ışınlanmış polenle tozlama ile partenogenetik embriyo oluşturma frekansları ve haploid embriyo gelişimi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9 (1): 69-73. doi: 10.46810/tdfd.716980.
- Yiğit, M., Şeker, E., Şeker, A., Mutlu, N., Doğangüzel, E. & Altındağ, F.N. (2022). Determinate tomato breeding using speed breeding, embryo rescue and marker assisted selection. *IV. Plant Breeding Congress*, 21-

- 25 November 2022, Antalya, Abstract book, p:55. www.intpbc2022.org. (Erişim tarihi: 21.5.2024).
- Yiğit, M., Tunalı, H., Çardak, T. Z., Altındağ, F. N., Şeker, E., Doğangüzel, E. & Ellialtıoğlu, Ş. Ş. (2023). Parthenogenetic embryo induction in different zucchini genotypes by irradiated pollen technique. *6th International Agricultural Congress*, 31 August – 4 September 2023, Abstract Book, p: 55. www.utak.azimder.org.tr. ISBN: 978-605-80128-9-9.
- Yorgancılar, M., Yaşar, M.A. & Atalay, E. (2019). Mısır ıslahında indirgeyici hatların kullanımı ve dihaploidizasyon. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi* 8 (1): 170-177.
- Zdraveska, N., Miceska, G., Dimitrieski, M. & Gveroska, B. (2020). Physical properties of some dihaploid varieties and lines from the tobacco type pilep. *International Journal of Agriculture, Environment and Bioresearch*, 5(6), 131-142.
- Zengin, S., Vural, G. E., Ellialtıoğlu, Ş.Ş., Şimşek, İ., Çakır, Ö. & Gülşen, O. (2022). Hıyarda Ovaryum Kültürü ve Işınlanmış Polen Tekniği Yöntemleriyle Dihaploidizasyon ve Moleküler Tabanlı Çeşit Geliştirme. TÜBİTAK TEYDEB 1501- 3190673 No'lu Proje Sonuç Raporu, Antalya.

BÖLÜM 13

SEBZE TOHUMCULUK SEKTÖRÜNDE MOLEKÜLER TEKNİKLERİN KULLANIMI

Dr. Sinan ZENGİN^{1*}

Prof. Dr. Hülya İLBİ²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13822758>

^{1*}Antalya Tarım Üretim Danışmanlık ve Pazarlama A.Ş., Antalya, Türkiye, sinan.zengin@antalyatarim.com.tr, Orcid ID: 0000-0002-1687-1906

²Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, İzmir, Türkiye, hulya.ilbi@ege.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-7691-7996

*Sorumlu yazar

GİRİŞ

Yeni ve üstün çeşitlerin geliştirilmesi, klasik ıslah yöntemlerinin kullanılması durumunda 10-15 yıl gibi uzun bir zamana ihtiyaç duyulmasına karşılık, günümüzde biyoteknolojik yöntemlerin kullanılması ile çok daha kısa zamanda birçok genin piramitlenmesi sağlanmaktadır (Balkaya ve ark., 2015). Sebze ıslahı alanındaki çalışmalar, günümüzde artan bir ivme ve yoğun bir rekabet içerisinde devam etmektedir. Sebze üreticileri, yetiştiricilikte verimli, erkenci, dökülme ve çatlama yapmayan, biyotik ve abiyotik stres şartlarına dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesini isterken, tüketiciler ise besin içeriği yüksek, lezzetli ve kaliteli ürünler talep etmektedirler. Komisyoncu ve yaş sebze meyve ihracatçıları ise raf ömrü uzun, ürün segmentine özgü renk, şekil ve birçok sebze türünde çanak yaprakları gösterişli ürün istemektedir. Buna yönelik olarak, sebze ıslahçıları üretici, tüketici ve komisyoncu taleplerini aynı çeşitte toplamaya çalışmaktadır. Ancak bunun gerçekleştirilmesine yönelik ıslah çalışmaları çok disiplinli, zorlu ve uzun bir süreci kapsamaktadır.

Tarla ve sera denemeleri ile yapılan morfolojik çeşit tanımlama çalışmaları hem uzun zaman almakta hem de bazı morfolojik karakterlerin kalıtım derecesinin düşük olması nedeniyle çevre koşullarından kolaylıkla etkilenmekte, dolayısıyla genotipik özellikleri ile fenotipik özellikleri arasında zamanla belirgin farklılıklar oluşabilmektedir. Bunun sonucunda bazen kesin sonuçlara ulaşılamamaktadır (Okumuş ve Balkaya, 2007; Karaağaç ve Balkaya, 2010). Bu sorunun üstesinden gelmek ve ıslahçının daha doğru ve kesin teşhislere ulaşabilmesi için günümüzde modern biyoteknolojik yöntemlerden yararlanılmaktadır (Taş ve ark., 2021).

Günümüzde çeşit ıslah sürecinin kısaltılması ve kolaylaştırılması amacıyla birçok biyoteknolojik yöntem geliştirilmiştir. Islah ve tohumculuk alanında kullanılan biyoteknolojik yöntemler; markör yardımcı seleksiyon (marker assisted selection, MAS), double haploid (dihaplodizasyon) ve gen düzenleme (gen editing) başlıkları altında toplanabilir.

1. MOLEKÜLER MARKÖRLER VE KULLANIM AMAÇLARI

Moleküler markörler, genomda herhangi bir gen bölgesi ya da gen bölgesi ile ilişkili DNA parçasıdır. Moleküler markörler; genetik markörler veya DNA markörleri olarak da bilinirler. DNA markörleri farklı genotiplere

ait DNA baz diziliş farklılığını (polimorfik bölgeleri) çeşitli şekillerde ortaya koyan markörlerdir. Genetik markörlerin genom analizlerinde kullanımı ıslahçılar için ihtiyaç duyulan bir alandır. Popülasyonda herhangi bir genin veya özelliğin birden fazla formu bulunuyorsa o gen ya da fenotipik özellik polimorfik olarak kabul edilmektedir. Polimorfizm varyantları DNA dizisi, amino asit dizisi, kromozomal yapı ya da fenotipik özellik gibi birkaç şekilde görülebilir. Bütün bir genomun DNA analizi için, herhangi bir kısımdan alınan az miktarda doku parçası yeterli olmaktadır (Botstein ve ark., 1980). DNA markörleri stabil olup, tüm dokularda ortaya çıkabilirler, çevre koşullardan etkilenmezler, kodominant ya da dominant özellikte olabilirler ve kalıtımı basit ilkelere sahiptirler (Williams ve ark., 1990). Moleküler markörler, DNA bazlarında oluşan mutasyon, araya girme (insersiyonlar), silme (delesyonlar) veya DNA'nın replikasyonunda oluşan hatalardan meydana gelirler. Genellikle DNA'nın kodlanmayan kısımlarında oluşurlar. DNA markörleri teorik olarak sınırsız sayıda kabul edilir, morfolojik ve biyokimyasal markörlerin aksine, çevresel faktörlerden ve bitki gelişim evrelerinden etkilenmezler.

Moleküler teknikler, ticari ıslah programlarında 1990'lardan beri kullanılmaktadır. Markör yardımcı (destekli) seleksiyon (MAS) bitki ıslahında maliyeti azaltmakta, seleksiyonun doğruluk ve verimliliğini arttırmaktadır. Ayrıca fide aşamasında seleksiyon imkânı sağlayarak çeşit ıslah programlarının sürecini hızlandırmaktadır. MAS uygulaması; gen piramidinde, geriye melezleme programlarında, resesif ve eklemeli gen transferlerinde önemlidir. MAS teknolojisi hastalıklara dayanıklılık için kullanımının yanında meyve kalite özelliklerinin iyileştirilmesi için de kullanılmaktadır (Williams ve ark., 1990; Foolad, 2007). Seleksiyonun yapılması için gerçekleştirilecek zaman ve yer azaltılarak bir günde yüzlerce bitki aynı anda seçilebilmektedir (Young ve Tanskley, 1989; Barone ve ark., 2005). Böylece ıslah çalışmalarında ıslah programlarının hedefleri doğrultusunda istenen genotiplerin kısa sürede seçilerek doğru ve etkin melezlenme programları oluşturulmaktadır.

Üniversite, kamu araştırma enstitüleri ve özel sektör tarafından moleküler teknikler genel olarak; bitki gen kaynaklarının DNA düzeyinde taranması, bitkiler arasındaki genetik mesafelerin belirlenmesinde, biyotik, abiyotik ve agronomik özelliklerle ilgili moleküler markörlerin geliştirilmesinde, çeşit/hibrit bitki tanısında ve genetik düzeyde çeşit saflığının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Yerli özel sektör ıslah firmaları tarafından

son 15 yıl içerisinde çeşit geliştirmeye yönelik ıslah faaliyetlerinde moleküler teknikler etkin olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de Ziraat Fakülteleri, Tarımsal Araştırma Enstitüleri ve bazı özel sektör firmalarında moleküler laboratuvarlar mevcuttur. Ayrıca, araştırma ve geliştirme faaliyetleri yapan teknokentler içerisinde, özel sektörün hizmetine açılmış moleküler analizler yapan birçok firma bulunmaktadır. Orta ve küçük ölçekli firmalar daha çok üniversite, kamu enstitüleri, yurtiçi ve yurtdışı moleküler hizmet veren özel laboratuvarlardan hizmet alımı ile yararlanmaktadır (Balkaya ve ark., 2020).

Ülkemizde önemli konulardan olan genetik çeşit tespitinde 7 adet yetkili kuruluş bulunmaktadır. Bunlar; Çukurova Üniversitesi Biyoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Beta Ziraat, Sulama Hayvancılık Gıda San. Tic. Ltd. Şti., Dikmen Tarım Ürünleri San. ve Tic. Ltd. Şti. ve Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsüdür (Anonim, 2019).

2. MOLEKÜLER MARKÖR TEKNİKLERİ

DNA markör teknikleri kullanılan analiz yöntemine göre 3 gruba ayrılır;

- Hibridizasyon esaslı teknikler
- PCR (Polymerase Chain Reaction) esaslı teknikler
 - Sekansı bilinen DNA bölgesi/lerine dayalı
 - Sekansı bilinmeyen DNA bölgesi/lerine dayalı
- Sekans esaslı teknikler

Bu markör tekniklerinden bazıları aşağıda ayrıntılı açıklanmıştır.

2.1. Hibridizasyon Esaslı Teknikler

2.1.1. RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism)

Hibridizasyon esaslı olan bu teknik, prob olarak kullanılan etiketli DNA parçasının kullanımı ve Southern blot analizine dayanmaktadır (Williams, 1989). Bu teknikte önce DNA örnekleri muhtemel sekans farklılıklarını belirleyebilecek Restriksiyon (kesim) enzimleri ile parçalara ayrılır. Sonrasında etiketli prob ile hibritleştirilerek (Southern blot analizi) her bir genotip DNA'sının karakteristik ve farklı uzunluktaki parçaları belirlenir. RFLP tekniği kullanılarak tek nükleotidlik farklılıktan (nokta mutasyonları) DNA

eklemelerine, silmelerine veya yeniden düzenlemelerine kadar DNA farklılıkları belirlenebilmektedir. Bu teknik pek çok türde genetik mesafelerin belirlenmesi ve haritalama çalışmalarında kullanılmakla birlikte, tekniğin uygulama protokolünün uzun sürmesi, yüksek kalitede ve miktarda DNA örneği gerektirmesi ve radyoizotop (P^{32}) etiketli prob kullanılması sebze ıslahında ve tohumculuğunda rutin kullanımını sınırlandırmıştır.

2.2. PCR Esaslı Teknikler

Mullis ve ark. tarafından 1986 yılında geliştirilen PCR tekniği ile DNA'nın belli bölgelerinin çok sayıda kopyası oluşturulmaktadır (Saiki ve ark., 1988). Moleküler çalışmalarda kullanılan yöntemlerin çoğu PCR tekniğine dayalı olup, belli bir DNA bölgesini kopyalamak için tek iplikçikli oligonükleotidler olan primerler kullanılır. Bu primerler, dizilimlerine komplementer (tamamlayıcı) olan genomik DNA bölgesine yapışıp, bu bölgeyi model alarak aynısını yüksek sıcaklık dayanıklı DNA polimeraz enzimi ile sentezler. Genomik DNA'nın bu bölgesinin çok sayıda kopyası, birbirini izleyen spesifik sıcaklık döngülerinde sentez işleminin çok defa (30-45 defa) tekrarı ile sağlanır. Çoğalan bu DNA parçalarının büyüklüklerine göre genotipler arasındaki farklılık ya da benzerlik belirlenir. PCR'a dayalı yöntemler, kullanılan primerin özelliklerine ve uygulanma şekline göre farklı tiplere ayrılır:

2.2.1. RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA)

Welsh ve McClelland (1990) tarafından geliştirilen RAPD markörü tek, kısa (on nükleotid), rastgele bir oligonükleotid primeri kullanarak bireyler arasındaki nükleotid sekansı polimorfizmlerini tespit eder. DNA polimorfizmleri, genomdaki oligonükleotid primer bağlanma bölgelerindeki veya bunlar arasındaki nükleotid değişikliklerine bağlı olarak tespit edilir. Bir mutasyonun sonucu olarak primerin bağlanması gereken bölge değişirse kopyalanan ürünler de değişecek ve önemli ölçüde farklı uzunlukta DNA parçalarından oluşan profil elde edilecektir. Kopyalanan DNA parçaları, uzunluklarına göre agaroz jel sisteminde ayrılmaktadır. RAPD marköründe DNA sekans bilgisi olmadan seçilen primere bağlı olarak DNA profilleri elde edilmektedir. Yöntemin uygulanması kolaydır ve kullanılan primerler radyoaktif etiketli de değildir. Bu yönleri ile RFLP yöntemine göre avantajlıdır.

RAPD, tek bir analizde 0,5 ila 5 kb DNA fragmanları arasında değişen birçok lokusu belirleyebilmektedir. Ancak dominant markör olması nedeniyle homizigot ve heterozigot bireyleri ayırt edememektedir. Diğer dezavantajı test koşullarına bağlı olarak tekrarlanabilirlik sorunudur. Bu nedenle günümüzde bitki ıslahında ve gen haritalama çalışmalarında kullanımı sınırlıdır. RAPD markörü metodolojisine çok benzer ancak kullanılan primer uzunluğu farklı olan iki markör daha vardır. AP-PCR (Arbitrarily Primed Polymerase Chain Reaction) ve DAF (DNA Amplification Fingerprinting).

2.2.2. AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism)

AFLP, RFLP ile PCR tekniğinin kombinasyonuna dayalı olarak Zabeau ve Vos (1993) tarafından geliştirilmiş bir markördür. Bu markör tekniği enzimle kesilen spesifik DNA bölgelerinin PCR ile çoğaltılmasını kombine etmektedir. Bu yöntem protokolünde önce DNA sık kesen ve seyrek kesen kesim enzimleri ile kesilir, ardından kesim bölgesine tamamlayıcı olan çift iplikçikli adaptörün ligasyonu ve adaptöre eklenen primerler ile DNA parçalarının çoğaltılması gerçekleştirilir. AFLP’de AFLP markörü ile oluşan DNA parçaları poliakrilamid veya agoroz jelde ayırlanmaktadır. Her bir analizde sayıları 50-100 arasında değişen DNA parçaları ile çok lokuslu bir yöntem olup tek bir primer kombinasyonu ile yüksek polimorfizm göstermektedir. RAPD yönteminde olduğu gibi DNA dizilim bilgisi olmaksızın gerçekleştirilmektedir. Ancak güvenilirliği ve tekrarlanabilirliği RAPD yöntemine göre çok yüksektir. Bu avantajlarına rağmen AFLP yönteminin çok aşamalı ve uzun süren protokolü, kullanılan primerlerin radyoaktif veya floresans işaretli olmalarına bağlı oto-radyografik veya otomatik fragment analiz sistemi gerektirmeleri, lokusların dominant olması dezavantajları ile genetik karakterizasyonda, genetik haritalamada ve bitki ıslahında kullanımı sınırlıdır (Mishra ve Tomar, 2014).

2.2.3. Mikrosatellitler

SSR (Simple Sequence Repeats) veya STRs (Short Tandem Repeats) olarak da bilinen, mikrosatellitler, bitki genomunda hem kodlanan hem de kodlanmayan bölgelerde bulunan 2-6 baz çifti uzunluğundaki basit dizilerin çok sayıda tekrarına dayalı tekniktir. Mikrosatellitlerin bağlı olduğu bölgenin (flanking region) nükleotid dizilimi biliniyorsa, 20-25 bp uzunluğunda spesifik

primerler dizayn edilir (Al-Hadeithi ve Jasim, 2021). Bu tekrarlı bölgeleri tanımlayacak spesifik primerler ile PCR’da çok sayıda kopyası oluşturulur. Çoğalan DNA parçaları her bir bireyin genomundaki basit dizilerin tekrar sayısına bağlı olarak farklı uzunlukta DNA profili gösterir. Eğer mikrosatellitlerin bağlı olduğu bölgenin dizilimi bilinmiyorsa, mikrosatelit kütüphaneleri oluşturularak primerler dizayn edilmektedir. Mikrosatelit primerleri, kullanılacak saptama yöntemine göre (otomatik okuma yapan laser sistemler veya basit agaroz jel sistemi) ya bir radyoaktif element ile etiketlenir ya da etiketsiz kullanılır. Mikrosatellitler, kodominant markör olup, homozigot ve heterozigot bireyleri ayırabildikleri ve allelik polimorfizmleri yüksek oldukları için haritalama ve genetik uzaklık çalışmalarında çok yaygın kullanılırlar.

Mikrosatelit yönteminden türetilen ve genomda tekrarlı bölgelerin arasındaki polimorfizmi belirleyen ISSR (Inter Simple Sequence Repeat) da bulunmaktadır.

Kromozomların üzerinde genlerin bulunduğu özel kısımlar için fazla oranda allel üretebilmesi, tekrarlanabilir olması, aynı türe dahil olan çeşitler ile aynı cinse dahil türler arasında aktarımın sağlanabilmesi ve ülkelerin veri tabanlarının kıyaslanmasına izin vermesi gibi oldukça önemli avantajlara sahip olması nedeni ile SSR tekniği, bitki türlerinin tanımlanmasında önceki DNA primerlerin kullanıldığı tekniklere (RFLP, RAPD, AFLP vb.) göre daha yaygın kullanılmaktadır (Taş ve ark., 2021). Araştırmacılar, SSR yönteminin sağladığı bu avantajlardan dolayı sebze ıslahı ve genomu çalışmalarında oldukça başarılı bir şekilde uygulanabildiğini bildirmişlerdir (Hao ve ark., 2020; Fallahi ve ark., 2021; Pozharskiy ve ark., 2023)

2.3. Sekans Esaslı Teknikler

Günümüzde yüksek verimli dizi teknolojisi ve biyoinformatik yaklaşımların ortaya çıkışıyla birlikte, bitki türlerine ait büyük miktarda DNA dizi bilgisi üretilerek dizilim bazlı markör tekniklerinin gelişimini sağlamıştır.

2.3.1. SNP (Single-Nucleotide Polymorphisms)

Özellikleri nedeniyle çok sayıda analizde son derece faydalıdır, çok sayıda lokusu değerlendirebilirler ve homozigot ve heterozigot aleller arasında etkili bir şekilde ayırım yapabilirler. SNP markörleri sıklıkları ve oluşumları tür

içinde farklılık gösterse de genomda oldukça bol miktarda bulunmaktadır. Yeni nesil dizileme teknolojileri (NGS; Next Generation Sequencing) ile yüksek verimli genotipleme (High Throughput Genotyping) yöntemlerindeki gelişmeler çok sayıda SNP'nin tespitini büyük ölçüde kolaylaştırmakta ve onları moleküler belirteçler olarak çekici hale getirmektedir. Ayrıca, SNP'lerin düşük mutasyon hızına sahip olmaları ve yüksek kalıtıma sahip olmaları da bu markörleri yüksek çözünürlükte genetik haritaların oluşturulmasında ve özellikle genetik daralmanın düşük olduğu türlerde genetik tanımlamalarda kullanımını yaygınlaştırmaktadır (Hussain ve Nisar, 2020). Mutasyon tiplerine bağlı olarak SNP'ler i) C/G, A/T, C/A ve T/G nükleotidlerinin değişimi olan transversiyonlar; ii) C/T veya G/A geçişlerin olduğu transizyonlar ve iii) tek bir nükleotidin eklenmesi veya çıkması ile oluşan indellerdir (Davey ve ark., 2011; Al-Hadeithi ve Jasim, 2021).

Bitkilerde SNP'ler, ESTs (Expressed Sequence Tag Markers)'lerden (Coles ve ark., 2005) ve tek iplikçikli pirodizilimlerden (Jiménez-Gómez ve Maloof, 2009) geliştirilmektedir. SNP'ler DNA'nın kodlanan ve kodlanmayan bölgelerini yansıtır. SNP'lerin çok sayıda lokusu değerlendirmedeki yüksek performansı ve koddominant markör olması, ıslahta ve hibrit safiyeti yanı sıra hastalıklara dayanıklılıkla ilişkili markör geliştirmede yaygın kullanım alanı bulmaktadır (Hussain ve Nisar, 2020).

2.3.2. NGS (Next Generation Sequencing)

Yeni nesil dizileme, binlerce veya milyonlarca genetik materyalin aynı anda okunabildiği ve DNA diziliminin paralel hale getirildiği bir dizi teknikten oluşmaktadır. Mevcut durumda sekize kadar büyük masif sekanslama platformu bulunmaktadır (Goodwin ve ark., 2016). Bu platformların her biri, örnek hazırlığı, analiz ve veri toplamada farklı yönde çalışmaktadır. Kullanılan teknik ne olursa olsun, çok yüksek oranda dizilime ile çok sayıda markörü tanımlayarak yüksek yoğunluklu genetik haritaların geliştirilmesine olanak sağlar (Rasheed ve ark., 2017). NGS ve üçüncü nesil dizilemede şu anda mevcut olan teknolojiler; oligonükleotid ligasyonu ve tanımlanması (SOLiD) (ThermoFisher), BGISEQ (BGI Genomics), tek nükleotid dizilimi (Helicos), tek molekül real time (SMRT) dizilime (Pacific Bioscience), PacBio RS II (Pacific Bioscience) ve MinION (Oxford Nanopore) destekli 454 FLX (Roche), ve Illumina'dır (Hussain ve Nisar, 2020).

NGS, geleneksel dizileme verileriyle karşılaştırıldığında genellikle daha kısa okuma uzunlukları, daha yüksek kapsam ve farklı hata profillerine sahiptir. NGS verilerini yönetmek için özel olarak farklı türde yazılımlar tasarlanmıştır. Her NGS teknolojisinin yeni yazılım araçlarını, metodolojisini, avantajlarını ve dezavantajlarını ele alan birçok araştırma bulunmaktadır. Dizilemenin gerçekleştirilmesinde pek çok farklı platform seçeneği bulunduğundan, herhangi bir spesifik türün genomunun açıklığa kavuşturulması veya önceden dizilenen bitki örneklerinin daha fazla analiz edilmesi (örneğin tür değişkenliğinin belirlenmesi) için, genellikle hangi platformun kullanılacağına okuma sayısına ve maliyete göre karar verilir (Ansorge, 2016; Kumar ve ark., 2019).

Şu anda piyasada bulunan moleküler marker teknolojilerinin tercihi ve popülerliği karşılaştırıldığında, dizilemeye dayalı teknolojilerin polimorfik ve genetik çalışmalar yapan araştırmacılar tarafından tercih edilen yöntemler olduğu değerlendirilmektedir (Hussain ve Nisar, 2020).

Genetik mesafe belirleme ya da haritalama çalışmaları gibi bitki genom analizlerinde en yaygın kullanılan DNA markörlerinin özellikleri birbiri ile kıyaslanarak Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Bitki genom analizlerinde yaygın kullanılan DNA markörlerinin karşılaştırılması.

Özellikleri	RFLP	RAPD	AFLP	SSR	SNP
Genom kapsamı	Düşük kopyalı kodlanan bölgeler	Tüm genom	Tüm genom	Tüm genom	Tüm genom
Genomda bulunma durumu	Yüksek	Çok yüksek	Çok yüksek	Orta	Yüksek
Gerekli DNA miktarı	10 ⁻⁵⁰ ug	100ng ⁻¹	100ng ⁻¹	120ng ⁻⁵⁰	≥50ng
DNA kalitesi	Yüksek	Düşük	Yüksek	Orta-Yüksek	Yüksek
Polimorfizm tipi	Tek baz değişimi, indeller	Tek baz değişimi, indeller	Tek baz değişimi, indeller	Tekrarlanan bölgeniz uzunluk değişimi	Tek baz değişimi, indeller
Polimorfizm seviyesi	Orta	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Kalıtım	Kodominant	Dominant	Dominant	Kodominant	Kodominant
Tekrarlanabilirliği	Yüksek	Orta-Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Zaman gerekliliği	Yüksek	Düşük	Orta	Düşük	Düşük
Teknik gereklilik	Yüksek	Düşük	Orta	Düşük	Yüksek

Genetik çalışmalara uygunluğu	Genetik	Çeşitlilik	Genetik ve çeşitlilik	Genetik, çeşitlilik ve ıslah	Genetik, çeşitlilik ve ıslah

3. SEBZE ISLAH PROGRAMLARINDA MARKÖR YARDIMLI SELEKSİYON KULLANIMI

Günümüzde birçok sebze türünde moleküler markör destekli ıslah programları yürütülmektedir. Bu hizmeti, büyük ölçekli özel sektör kuruluşları kendi laboratuvarında gerçekleştirirken, orta ölçekli ve küçük firmalar yurt içi ve yurt dışı kurum/kuruluşlardan hizmet almaktadır. MAS hizmetinin yüksek maliyetli olması nedeniyle firmalar örnek sayılarını kendi bütçelerine göre ayarlamaktadır. Bu nedenle, örnek sayısında farklı stratejiler izlenmektedir. Örnekler bulk ve tek bitki şeklinde yapılmaktadır. Bulk metodu, F2 popülasyonunda ve ıslah programı ilerlemiş (F4 ve üzeri) popülasyonlarda hastalıklara dayanıklılığın tek genle idare edildiği (I2, Ve) durumlarda uygulanabilir. Bulk yapılacak bitki sayısı 3 veya 4 olarak seçilebilir. Bitki sayısı arttıkça istenilen özelliği yakalama şansı artmaktadır. Bulk sonuçlarına göre tek bitki seçimi daha sonra yapılabilir.

Tek bitki örnek alımı ise ıslahçının hedefleri doğrultusunda dikim öncesi fide aşamasında, seleksiyon öncesinde ve seleksiyon sonrasında olmak üzere 3'e ayrılmaktadır. Bu metodlarının bir tanesi seçilebileceği gibi modifiye edilerek hepsi de kullanılabilir. Bu üç yönteminde de birbirine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Dikim öncesi fide aşamasında, örnekler fide aşamasında alınır ve moleküler analiz sonuçları dikim öncesi ıslahçının elinde olmalıdır. Bu nedenle, bu yöntemde zaman çok önemlidir. Islahçı elde ettiği sonuçlara göre, araziye sadece homozigot genlere sahip dayanıklı bitkileri dikmektedir. Bu yöntemin avantajı, ıslah sürecinde hızlı bir şekilde saflaşma, arazi veya seraya daha az bitki dikilmesidir. Ancak dikilemeyen heterozigot bireyler içerisinde çok genle kontrol edilen bazı kantitatif karakterlerin iptal edilmesi söz konusudur.

Seleksiyon öncesi örnek alımında bitkilerin dikim sonrası bütçe oranında tesadüfü olarak 4-10 bitki veya çok önemli bir F2 popülasyonunda bitkilerin tamamından örnek alınır. Analiz sonuçları, seleksiyon aşamasına kadar uzun bir zamana sahip olunmaktadır. Seleksiyon zamanı, ıslahçı öncelikle göndermiş olduğu bitkilerden seçimlerini yapar, aynı zamanda popülasyon hakkında fikir sahibi olduğu için göndermediği bitkilerden de tek bitki seleksiyonu yapabilir.

Bu yöntemde, örnek alımı ve sonuçlar arasında uzun bir zaman olması hem hastalık dayanımı açısından homozigot hem de kantitatif açıdan istenilen genlere sahip genotipleri seçme gibi avantajları bulunmaktadır. Bu yöntemin en büyük dezavantajı diğer yöntemlere göre daha fazla bütçeye ihtiyaç duymasındır.

Seleksiyon sonrası örnek alımında ise seçilen bitkilerden örnek alınır. Bu yöntem diğerlerine göre daha az bir bütçe ile gerçekleştirilir. Bu yöntemin dezavantajlı tarafı, bitkilerin son dönemi olması nedeniyle kaliteli DNA için yeterli miktarda bitki yaprağı bulmak zordur.

DNA analizinin gönderilmesinde ayrıca genlerin linkage durumları da dikkate alınmalıdır. Örneğin, domateste Ty-3 ve Mi genleri, biberde L3 ve L4 genleri kromozomun aynı bölgesindedir. Bu nedenle her iki homozigot dayanıklılık geni bir genotipte bulunmaz. Bu genotiplerde bir dayanıklı gene bakılması yeterlidir. İkinci bir durum ise aynı gen birçok hastalık dayanımını kontrol etmektedir. Örneğin, hıyarda ZYMV dayanıklılık sağlayan gen, WMV, PRSV ile birlikte hareket etmektedir. Üçüncü bir durum ise linkage halinde olan genler vardır. Örneğin, domateste Tm-2a geni ve Frl geni arasında 5 cM'lık bir mesafe vardır. Tek bir ebeveynde bu genler mevcut ise, F2 açılımında %95 oranında dayanıklılık genleri birlikte hareket etmektedir. Dayanıklılık genleri farklı ebeveynlerde olduğunda ise F2 generasyonu açılımında %95 oranında homozigot olarak, dayanıklılık genlerinden bir tanesi bulunur.

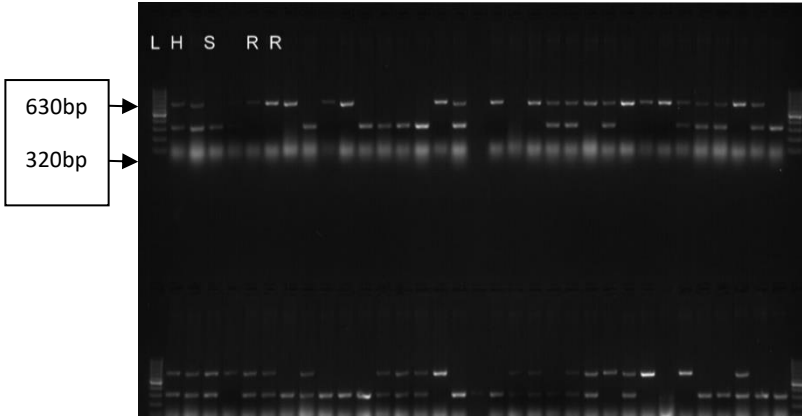
Moleküler markörlerin co-dominant özellikte olması büyük avantaj sağlamaktadır. Böyle olmayan durumlarda, dayanıklı ve istenilen kalite özelliklerine sahip olan bitkileri bulmak zor ve maliyetli olmaktadır. Eğer, taranacak gen çok önemli değilse F7 kademesi ve üzeri genotiplerde tek bitki taraması yapıldıktan sonra, bir sonraki dönem sıra analizi ile homozigot ve heterozigot genotipler belirlenir.

DNA analizinin maliyetli olması nedeniyle, gözlem (göz) ile tespit edilebilen hastalık dayanımı, kalite özellikleri ve morfolojik özellikler için seleksiyonlarda MAS'a ihtiyaç bulunmamaktadır. Örneğin, biberde acılık, meyvede sertlik, renk, külleme dayanımı gibi özellikler fenotipine göre seçilmesi daha uygundur. Ayrıca, bazı hastalık dayanım genleri ile morfolojik özellikler arasında yüksek korelasyon bulunmaktadır. Örneğin Ty-3 dayanım genini homozigot bulunduran genotiplerin birçoğunda yaprak yapısı ve rengi

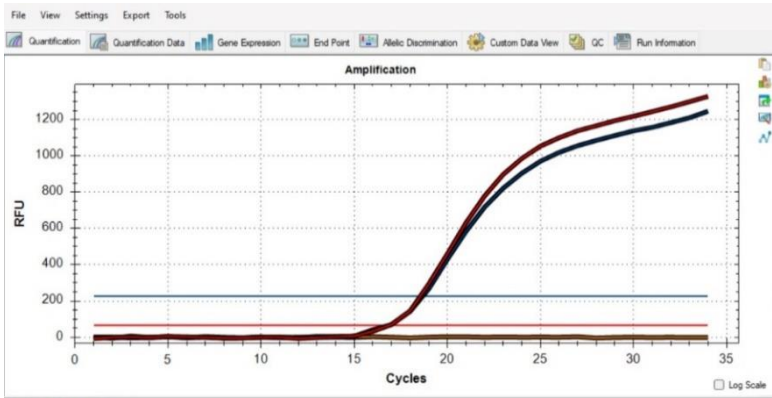
kültür formlarında çok farklıdır. Bu genotiplerde, bu yaprak tipi ve rengine bakılarak homozigot dayanıklı genotipler DNA analizine gerek kalmaksızın seçilebilmektedir.

4. SEBZE ISLAHINDA MOLEKÜLER MARKÖRLERİN KULLANILABİLECEĞİ BAZI ÖNEMLİ GENLER

Günümüzde, birçok sebze türlerinde önemli hastalık ve zararlılara dayanım sağlayan genler, morfolojik ve agronomik özellikleri kontrol eden genler ile ilgili birçok moleküler markör geliştirilmiş (Şekil 1) ve SNP (Şekil 2) yöntemine dönüştürülmüştür.



Şekil 1: Agaroz jelde *Ty-3a* geni PCR ürünü jel görüntüsü; L (100 bp Ladder), R (Homozigot Dayanıklı), H (Heterozigot Dayanıklı), S (Hassas)



Şekil 2: Real-time SNP analiz sonucu görüntüsü

Hastalık dayanımı sağlayan genler genellikle tek gen ile kontrol edilmektedir. MAS yapılmadan gözlem ve patolojik testlemeler ile birçok hastalığa dayanıklı genotipleri tespit etmek neredeyse imkansızdır. Ayrıca, bu genler çevreden çok az etkilenmesi nedeniyle, arazi çalışmalarında dayanıklılık göstermektedir. Sebze ıslahında kullanılan moleküler markörler yardımı ile ilişkili olan bazı dayanıklılık genleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: Bazı sebze türlerinde moleküler markörler ile seleksiyonu yapılan dayanıklılık genleri.

Hastalık	Etmen	Tür	Dayanıklılık Geni
Tütün Mozaik Virüsü	<i>Tobacco Mosaic Virus</i> =TMV	Domates	<i>Tm-2a</i>
Domates Sarı Yaprak Kıvrıcıklığı Virüsü	Domates sarı yaprak kıvrıcıklığı virüsü (Tomato Yellow Leaf Curl Virus=TYLCV)	Domates	<i>Ty3/Ty1</i>
Domates Lekeli Solgunluk Virüsü	Tomato spotted wilt virüs, TSWV	Domates	<i>Sw5</i>
Nematod	<i>Meloidogyne spp</i>	Domates	<i>Mi</i>
Domates Mildiyözü	<i>Phytophthora infestans</i>	Domates	<i>Ph3, Ph2</i>
Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü	<i>Fusarium oxysporum f.sp. radicis-lycopersici</i>	Domates	<i>Frl</i>
Fusarium Solgunluğu	<i>Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici</i>	Domates	<i>I2, I3</i>
Vertisilyum Solgunluğu	<i>Verticillium dahliae, Verticillium albo-atrum</i>	Domates	<i>Vd/Va</i>
Yaprak Küfü	<i>Cladosporium fulvum</i>	Domates	<i>Cf9</i>
Gri Kahverengi Yaprak Lekesi	<i>Stemphylium spp.</i> ,	Domates	<i>Sm</i>
Mantari Kök Çürüklüğü	Tomato, Corky Root Rot	Domates	<i>Py1</i>
Bakteriyel Benek	<i>Pseudomonas syringae pv. tomato</i>	Domates	<i>Pto</i>
Domates Lekeli Solgunluk Virüsü	Tomato spotted wilt virüs, TSWV	Biber	<i>Tsw</i>
Biber Hafif Benek Virüsü	Pepper Mild Mottle Virus=PMMoV	Biber	<i>L3, L4</i>
Hıyar Mozaik Virüsü	Cucumber Mosaic Virus=CMV	Biber	<i>cmr2, Cmr1</i>

Nematod	<i>Meloidogyne spp</i>	Biber	<i>M7, N</i>
Fusarium Solgunluğu	<i>Fusarium oxysporum f. sp. melongenae</i>	Patlıcan	
Hıyar Mozaik Virüsü	Cucumber Mosaic Virus=CMV	Hıyar	<i>cmv6.1 QTL</i>
Kabak Sarı Mozaik Virüsü	Zucchini Yellow Mosaic Virus=ZYMV	Hıyar	<i>zymv</i>
Karpuz Mozaik Virüsü	Watermelon Mosaic Virus=WMV	Hıyar	
Hıyar Sarı Damar Virüsü	Cucumber Vein Yellowing Virus=CVYV	Hıyar	<i>CsCvy-1 lokus</i>
Hıyar Mildiyözü	Downy mildew, <i>Psuedoperonospora cubensi</i>	Hıyar	<i>dm</i>
Hıyar Uyuz Hastalığı	<i>Cladosporium cucumerinum</i>	Hıyar	<i>Ccu</i>
	<i>Cucumber Target Leaf Spot</i>	Hıyar	<i>Cca3</i>
Fusarium Solgunluğu	<i>Fusarium oxysporum f.sp. melonis</i>		<i>Fom-1, Fom-2</i>
Külleme	<i>P. anthii</i>		<i>PM2F</i>

Agronomik ve morfolojik özellikler için de birçok moleküler markör geliştirilmiştir. Özellikle uluslararası büyük ölçekli firmaların kendine özgü markörleri bulunmaktadır, fakat bunların çoğu yayına dönüştürülmemektedir. Aynı zamanda, ülkeler ve bölgeler arasında kalite ölçeklerinin farklı olması hem de bu özelliklerin çevreden çok fazla etkilenmesi nedeniyle kullanımı sınırlıdır.

5. TARIMDA CRISPR/Cas9 KULLANIMI

Bilim insanları, son 70 yıldır, DNA'daki değişikliklerin etkilerini inceleyerek genetik ve gen işlevi hakkında bilgi edinmektedir. Uzun süre genetikçiler mutasyon oluşturmak için kimyasallar veya radyasyon kullandılar. Ancak, mutasyonun genomun neresinde gerçekleşeceğini bilmek ve kontrol etmek çok zordur. Bu nedenler, son 20 yıldır genomdaki belirli yerlerde değişiklikler yapmak için 'gen düzenleme' yöntemini kullanmaktadırlar. Geleneksel gen düzenleme, genleri ve genetiği incelemek için oldukça değerlidir, ancak bir mutasyon yaratmak uzun zaman almakta ve oldukça pahalıdır. Gen düzenleme yöntemlerini geliştirmek için son zamanlarda

CRISPR-Cas sistemleri, transkripsiyon aktivatörü benzeri efektör nükleazlar (TALEN'ler) ve çinko parmak nükleazları (ZFN'ler) dahil olmak üzere çeşitli 'gen düzenleme' teknolojileri geliştirilmiştir. CRISPR-Cas9 sistemi şu anda genleri 'düzenlemek' için en hızlı, en ucuz ve en güvenilir sistem olarak öne çıkmaktadır.

CRISPR-Cas9, genetikçilerin ve tıbbi araştırmacıların DNA dizisinin bölümlerini çıkararak, ekleyerek veya değiştirerek genomun bazı bölümlerinin düzenlenmesini sağlayan önemli bir teknolojidir (Clarke and Zhang, 2013). Günümüzde genetik açıdan değişiklik yapabilmenin en basit, çok yönlü ve en hassas yöntemi olarak kabul edilmekte ve bu nedenle bilim dünyasında büyük ilgi görmektedir. CRISPR-Cas9 sistemi, DNA'ya bir değişiklik (mutasyon) getiren iki temel molekülden oluşmaktadır. Bunlar: Cas9 adı verilen bir enzimdir. Bu, genomun belirli bir noktasındaki iki DNA ipliğini kesebilen bir çift 'moleküler makas' gibi davranmakta, böylece daha sonra DNA parçaları eklenebilmekte veya çıkarılabilmektedir. Kılavuz RNA (gRNA) adı verilen bir RNA parçasıdır. Bu, daha uzun bir RNA iskeleti içinde bulunan önceden tasarlanmış küçük bir RNA dizisi parçasından (yaklaşık 20 baz uzunluğunda) oluşmaktadır. İskele parçası, DNA'ya bağlanmakta ve önceden tasarlanmış dizi, Cas9'u genomun doğru kısmına yönlendirmektedir. Cas9 enziminin genomda doğru noktada kesmesini sağlamaktadır. Kılavuz RNA, DNA'daki belirli bir diziyi bulmak ve ona bağlanmak üzere tasarlanmıştır. Kılavuz RNA, genomdaki hedef DNA dizisinininkine tamamlayıcı olan RNA bazlarına sahiptir. Bu, en azından teoride, kılavuz RNA'nın yalnızca hedef diziyeye bağlanacağı ve genomun başka bölgelerine bağlanmayacağı anlamına gelmektedir. Cas9, rehber RNA'yı takip ederek, DNA dizisindeki aynı yere gitmekte ve DNA'nın her iki ipliğini de kesmektedir. Bu aşamada hücre, DNA'nın hasar gördüğünü farketmekte ve onarmaya çalışmaktadır (Hille ve Charpentier, 2016). Bilim insanları, DNA onarım mekanizmasını kullanarak, ilgi duydukları bir hücrenin genomundaki bir veya daha fazla gende değişiklikler yapabilmektedir.

Tarımda da CRISPR/Cas-9'un üzerine birçok yeni araştırma yapılmaktadır. Dünya nüfusu hızlı bir şekilde artmaya devam etmekte ve tarımsal kaynaklarda kıtlık riski her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle, doğal gıda üretimini artırmak ve iyileştirmek için yeni teknolojilere ihtiyaç vardır. CRISPR/Cas-9, besin değerlerini iyileştirmek, verimi artırmak, raf ömürlerini artırmak, kuraklığa dayanıklı hale getirmek ve hastalık direncini artırmak için

gıdaları genetik olarak değiştirmek için kullanılabileceği fikri ortaya çıkmıştır (Hsu ve ark., 2014; Adhikari ve ark., 2020). Son 5 yıldır, bitkilerde fonksiyonel genomik çalışmalar ve biyotik mücadele amacıyla yoğun bir şekilde uygulanmaktadır. Her ne kadar bu teknolojide yapılan çeşitli değişiklikler hedeflenen artışa yol açmış olsa da verimlilik açısından yürütülen çalışmaların çoğu ön hazırlık niteliğindedir ve daha fazla iyileştirmeye ihtiyaç duymaktadır.

Avrupa Birliği tarafından 2018 yılında CRISPR tekniği Genetiği değiştirilmiş organizma (GDO) mevzuatı kapsamına alınmıştır. Ülkemizde bu mevzuata uyma zorunluluğu nedeniyle bitkisel düzeyde CRISPR tekniği üniversitelerde sadece araştırma olarak yürütülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya nüfusu her geçen gün artmakta ve 2050 yılında, dünya nüfusunun 10 milyon üzerinde olacağı tahmin edilmektedir. İnsanların yeterli miktar ve kalitede besin tedariki için Dünya Gıda ve Sağlık örgütleri, kamu kuruluşları, üniversite ve özel sektör kuruluşları yoğun çaba göstermektedir. Aynı zamanda, yerli/yabancı tohumculuk firmaları sürekli olarak yeni ve üstün çeşitler çıkarmak için sert bir rekabet içerisinde. Buda, sürekli olarak piyasaya verimli ve kaliteli yeni çeşitlerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

Yeni ve üstün ürünlerin ortaya çıkması için, klasik ıslah çalışmaları yanı sıra biyoteknolojik çalışmalar üzerine yoğunluk her geçen gün artmaktadır. Özellikle, MAS ve DH tekniğini kullanan ve bu konularda yeni araştırma yapan firmalar ciddi şekilde rekabette öne geçmektedir. Son 20 yıl içerisinde MAS ve DH çalışmalarının katkısı ile hem hızlı ve hem de güvenilir bir şekilde genotipleme ve saf hat elde gerçekleştirilmektedir. Birçok genotip, laboratuvar ortamında elde edilmeye başlanmış ve aynı zamanda genotipleme ile birlikte araziye sadece ıslahçı için önemli genotipler aktarılmıştır. Son 10 yıl içerisinde ise özellikle gen düzenleme tekniği üzerine araştırmalar yoğunlaşmıştır. Özellikle, CRISPR/Cas-9 teknolojisi yoğun olarak kullanılmaktadır. CRISPR/Cas-9 teknolojisinde, teknik olarak istenilen genlerde düzenleme yapılarak, bazı durumlarda istenmeyen mutajenik genotiplerde ortaya çıkmaktadır. Bu konu üzerine yapılan Ar-Ge çalışmaları ile her geçen gün yeni bilgiler eklenecek ve istenmeyen mutasyonlar/durumlar giderilecektir. Hukuksal açıdan ise, AB ülkeleri ve ülkemizde ticari olarak kullanımı yasaktır. Sadece, Ar-Ge çalışmalarına izin verilmektedir. Japonya

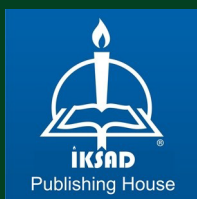
gibi yasak ülkelerde de CRISPR/Cas-9'ın bazı koşullarda kullanımına izin verilmiştir. Önümüzde ki yıllarda hukuksal açıdan bu teknikte bazı kısımlarının serbest bırakılma ihtimali nedeniyle, üniversite, kamu Ar-Ge kurumları ve özel sektör kuruluşları tarafından daha fazla üzerine çalışma yapacaktır.

KAYNAKÇA

- Adhikari, P., & Poudel, M. (2020). CRISPR-Cas9 in agriculture: Approaches, applications, future perspectives, and associated challenges. *Malaysian Journal of Halal Research*, 3(1), 6–16. <https://doi.org/10.2478/mjhr-2020-0002>
- Al-Hadeithi, Z. S., & Jasim, S. A. (2021). Study of plant genetic variation through molecular markers: An overview. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 33(45B), 464–473.
- Anonim, (2019). Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü. Fide-Fidan Üretici Listesi. https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/Bitkisel%20Üretim/Tohumculuk/Fide-Fidan/DK_ureticileri.pdf
- Anson, W. J. (2016). Next generation DNA sequencing (II): Techniques, applications. *Next Generation Sequencing & Applications*, 1, 1–10.
- Balkaya, A., Duman, İ., Arın, L., Özcan, M., Demir, İ., Kandemir, D., Zengin, S., Ermiş, S., & Sarıbaş, Ş. (2020). Bahçe bitkilerinde tohum üretimi, mevcut durum ve gelecek. In *Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi* (Vol. II, pp. 339–370), 13–17 Ocak 2020, Ankara.
- Balkaya, A., Duman, İ., Engiz, M., Ermiş, S., Onus, A. N., Özcan, M. M., Çelikel, F., Demir, İ., Kandemir, D., & Özer, M. (2015). Bahçe bitkileri tohumluğu üretimi ve kullanımında değişimler ve yeni arayışlar. In *Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-2* (p. 985).
- Barone, G., Lo Giudice, A., Mazzoleni, P., Pezzino, A., Barilaro, D., Crupi, V., & Triscari, M. (2005). Chemical characterization and statistical multivariate analysis of ancient pottery from Messina, Catania, Lentini, and Siracusa (Sicily). *Archaeometry*, 47(4), 745–762.
- Botstein, D., White, R. L., Skolnick, M., & Davis, R. W. (1980). Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *American Journal of Human Genetics*, 32(3), 314.
- Clarke, J. L., & Zhang, P. (2013). Plant biotechnology for food security and bioeconomy. *Plant Molecular Biology*, 83(1), 1–3.
- Coles, N. D., Coleman, C. E., Christensen, S. A., Jellen, E. N., Stevens, M. R., & Bonifacio, A. (2005). Development and use of an expressed sequenced tag library in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for the discovery of single nucleotide polymorphisms. *Plant Science*, 168, 439–447.
- Davey, J. W., Hohenlohe, P. A., Etter, P. D., Boone, J. Q., Catchen, J. M., & Blaxter, M. L. (2011). Genome-wide genetic marker discovery and genotyping using next-generation sequencing. *Nature Reviews Genetics*, 12(7), 499–510.
- Fallahi, F., Abdossi, V., Bagheri, M., Ghanbari Jahromi, M., & Mozafari, H. (2022). Genetic diversity analysis of Eggplant Germplasm from Iran:

- Assessments by morphological and SSR markers. *Molecular Biology Reports*, 49(12), 11705–11714.
- Foolad, M. R. (2007). Genome mapping and molecular breeding of tomato. *International Journal of Plant Genomics*, 2007(1), 064358.
- Goodwin, S., McPherson, J. D., & McCombie, W. R. (2016). Coming of age: Ten years of next-generation sequencing technologies. *Nature Reviews Genetics*, 17(6), 333–351.
- Hao, N., Han, D., Huang, K., Du, Y., Yang, J., Zhang, J., & Wu, T. (2020). Genome-based breeding approaches in major vegetable crops. *Theoretical and Applied Genetics*, 133, 1739–1752.
- Hille, F., & Charpentier, E. (2016). CRISPR-cas: Biology, mechanisms, and relevance. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(170): 54–77. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0496>
- Hsu, P., Lander, E., & Zhang, F. (2014). Development and applications of CRISPR-Cas9 for genome engineering. *PMC*, 157(6), 1262–1278. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.05.010>
- Hussain, H., & Nisar, M. (2020). Assessment of plant genetic variations using molecular markers: A review. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, 8(05), 099–109. <https://doi.org/10.7324/JABB.2020.80514>
- Jiménez-Gómez, J. M., & Maloof, J. N. (2009). Sequence diversity in three tomato species: SNPs, markers, and molecular evolution. *BMC Plant Biology*, 9, 85.
- Karaağaç, O., & Balkaya, A. (2010). Bafra kırmızı biber populasyonlarının [*Capsicum annuum* L. var. *conoides* (Mill.) Irish] tanımlanması ve mevcut varyasyonun değerlendirilmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(1), 10-20.
- Kumar, K. R., Cowley, M. J., & Davis, R. L. (2019). Next-generation sequencing and emerging technologies. *Seminars in Thrombosis and Hemostasis*, 45, 661–673.
- Mishra, R. K., & Tomar, R. S. (2014). Molecular markers and their application in genetic mapping. *Eur Acad Res*, 2(3), 4012-4040.
- Mullis, K., Faloona, F., Scharf, S., Saiki, R., Horn, G., & Erlich, H. (1986). Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: the polymerase chain reaction. In *Cold Spring Harbor symposia on quantitative biology* (Vol. 51, pp. 263-273). Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Okumuş, A., & Balkaya, A. (2007). Estimation of genetic diversity among Turkish kale populations (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.) using RAPD markers. *ISSN 1022-7954, Russian Journal of Genetics*, 43(4), 409–413.
- Pozharskiy, A., Kostyukova, V., Khusnitdinova, M., Adilbayeva, K., Nizamdinova, G., Kapytina, A., & Gritsenko, D. (2023). Genetic

- diversity of the breeding collection of tomato varieties in Kazakhstan assessed using SSR, SCAR and CAPS markers. PeerJ, 11, e15683.
- Rasheed, A., Hao, Y., Xia, X., Khan, A., Xu, Y., Varshney, R. K., & He, Z. (2017). Crop breeding chips and genotyping platforms: Progress, challenges, and perspectives. Molecular Plant, 10(8), 1047–1064.
- Saiki, R. K., Gelfand, D. H., Stoffel, S., Scharf, S. J., Higuchi, R., Horn, G. T., & Erlich, H. A. (1988). Primer-directed enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polymerase. Science, 239(4839), 487–491.
- Taş, K., Balkaya, A., & Uncu, A. T. (2021). *Capsicum chinense* türüne ait biber popülasyonunun SSR molekülerleri ile karakterizasyonu. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 31(3), 722–732.
- Welsh, J., & McClelland, M. (1990). Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. Nucleic Acids Research, 18(24), 7213–7218.
- Williams, J. A., Paddock, S. W., & Carroll, S. B. (1990). Pattern formation in a secondary field: A hierarchy of regulatory genes subdivides the developing Drosophila wing disc into discrete subregions. Development, 117(2), 571–584.
- Williams, R. C. (1989). Restriction fragment length polymorphism (RFLP). American Journal of Physical Anthropology, 32(S10), 159-184.
- Young, N. D., & Tanksley, S. D. (1989). Restriction fragment length polymorphism maps and the concept of graphical genotypes. Theoretical and Applied Genetics, 77, 95–101.
- Zabeau, M., & Vos, P. (1993). Selective restriction fragment amplification: A general method for DNA fingerprinting. European Patent Office, 0 534 858 Al., Munich.



ISBN: 978-625-367-839-5