

TOHUMLA ÇOĞALTIM

Tohumla çoğaltım bitkilerin doğada üremelerini sağlayan en önemli yöntemdir. Bu yöntem kültüre alınmış bir çok bitki için de en yaygın kullanılan çoğaltım yöntemidir.

Botanik anlamda **tohum, döllenme olmadan ya da döllenme sonucu oluşmuş embriyoyu içeren olgunlaşmış bir tohum taslağı (ovul)'dır.**

Her tohum;

- embriyo,
- besin maddelerinin depo edildiğı doku,
- koruyucu bir dış tabakadan oluşmuştur.

Embriyo

Embriyo, döllenme sürecinde dişi ve erkek eşey hücrelerinin birleşmesi sonucu ya da döllenme olmadan anaya ait embriyogenik hücrelerin farklılaşmasından meydana gelen yeni bir bitki taslağıdır.

Embriyo, bir ucunda sürgün ve diğer ucunda kök büyüme noktaları olan bir embriyo ekseni ile bu eksene tutunmuş bir ya da daha fazla sayıda tohum yaprağından (kotiledonlardan) oluşmuştur.

Bitkiler kotiledon sayılarına göre sınıflandırılırlar. Bunlar:

- Monokotilonlar (tek çenekli bitkiler) (örneğin, hindistan cevizi, mısır, çim bitkileri) tek kotiledona,
- Dikotiledonlar (çift çenekli bitkiler) (örneğin, bezelye, şeftali, gül) iki kotiledona;
- Açık tohumlular (gymnospermler) (örneğin, çam) on beş kadar kotiledona sahiptir.

Besin Maddelerinin Depo Edildiğı Doku

Besin maddelerinin depo edildiğı doku, dikotiledon bitkiler için çenek yapraklar (kotiledonlar) ve değişen derecelerde endosperm dokudur. Monokotiledon bitkiler için endosperm, açık tohumlu bitkiler için (gymnosperm) dişiye ait haploid gametofit dokudur.

Tohumlar besin maddelerinin depo edildiğı dokuya göre 3 tipe ayrılmaktadır:

Endospermli tohumlar: Bunlarda embriyo, normal büyüklüğünün 1/2-1/3'üne ulaştığı aşamada kotiledonların büyümesi durmaktadır. Türlerle bağılı olarak kalan tohum boşluğunda endosperm veya nusellus (perisperm) yer almaktadır. Manolya ve açelya endospermli tohumlara örnektir.

Endospermsiz tohumlar: Bu tip tohumlarda önce nusellus dokusu tüketilerek endospermde hücre bölünmesi ve büyümesi yoluyla hızlı bir gelişme meydana gelmekte ve daha sonra endosperm tüketilerek kotiledonların çevresinde hücre bölünmesiyle embriyo genişlemesi meydana gelmektedir. Sonunda bu tohumlarda endosperm ve nusellus sadece embriyo ve tohum kabuğı arasında kalıntı düzeyine inmektedir. Bu gruba armut ve marul tohumları örnektir.

Sınıflandırılmamış tohumlar: 1) Tohum içinde değişmiş embriyo yapısı ve yeri ile monokotiledonların tohumları (örneğin, mısır), 2) dişiye ait haploit gametofitik dokuyu besin deposu olarak kullanan gymnospermler (açık tohumlular) (örneğin, çam) ve 3) besin maddelerinin depo edildiğı dokuyu üretemeyen orkide tohumları bu gruba girmektedir.

Tohumu Koruyucu Tabakalar

Tohumun koruyucu tabakaları, tohum kabuğu, nusellus ve endosperm kalıntıları ve bazen meyve kısımlarını kapsamaktadır.

Bu katmanlar, embriyoyu mekanik olarak koruyucu örtülerdir. Bu sayede tohumlar zarar görmeksizin işlenebilmekte, uzak mesafelere taşınabilmekte ve uzun süre depolanabilmektedir. Ayrıca tohum kabuğu çimlenmeyi de kontrol etmektedir.

Testa olarak da adlandırılan tohum kabuğu çiçekte tohum taslağının (ovul) integümentlerinden meydana gelmiştir.

Genel olarak tohum kabuğunun dış katmanı kurudur. Bazen bu kabuk kalınlaşmış ve sertleşmiş kahverengi bir renk almıştır. Tohum kabuğunun iç katmanları ise ince, geçirgen ve zar yapısındadır. Bazen iç katmanlarda endosperm ve nusellus kalıntıları bulunmaktadır. Bazı bitkilerde meyve kısımları tohuma yapışmış durumdadır. İki birlikte tohum olarak ifade edilmektedir. Sert çekirdekli meyve türlerinin çekirdeği ve ceviz kabuğunda olduğu gibi tohumun koruyucu dış katmanı perikarpın sertleşmiş bir kısmıdır.

ÇİÇEKTEN MEYVE, TOHUM VE EMBRİYONUN OLUŞUMU

Angiospermlerde (kapalı tohumlular) çiçek yapıları ile meyve ve tohum kısımları arasındaki ilişkiler:

Yumurtalık (perikarp) > meyve

Ovul (tohum taslağı) > tohum

İntegümentler > testa (tohum kabuğu)

Nusellus > **perisperm** (genellikle yok olur ya da küçülür, bazen besin dokusu olarak kullanılır)

2 polar çekirdek + sperm çekirdeği (erkek gametlerden birisi) > **endosperm** (3 n) (besin dokusu)

Yumurta hücresi + sperm çekirdeği (erkek gametlerden diğeri) > **embriyo** (2n)

TOHUMUN GELİŞME SAFHALARI

TOHUMUN 1. GELİŞME SAFHASI - EMBRİYO FARKLILAŞMASI: Bu safha, hücre bölünmeleri ile embriyo ve endospermde meydana gelen farklılaşmalar ile tanımlanır. Bu safhada embriyo, kotiledon aşamasına kadar ulaşır.

Dikotiledonlarda embriyo farklılaşmasının evreleri proembriyo, globular (küremsi yapı), kalp, torpedo ve kotiledon'dur.

Monokotiledonlarda bu evreler proembriyo, globular (küremsi yapı), skutellar ve koleoptilardır.

Dikotiledonlarda embriyo farklılaşması evreleri: Yumurta ve sperm çekirdeklerinin birleşmesinin ardından enlemesine bir hücre bölünmesi meydana gelir ve proembriyo oluşur. Bu bölünme ile bir apikal (üstte) ve bir bazal (altta) hücre oluşur. Apikal hücre embriyoyu meydana getirir. Bazal hücre ise suspensoru oluşturur. Suspensor, dikotiledonlarda tek ya da çok hücreli bir sütündür. Suspensorun görevi, proembriyoyu embriyo kesesinin boşluğuna itmek, proembriyoya besin absorbe etmek ve göndermektir. Embriyoya besin, endospermden beslendiği ileri gelişme aşamalarına kadar suspensor tarafından sağlanır.

16 hücreli globular embriyoda doku farklılaşması belirgin hale gelir. Dıştaki hücre katmanı embriyonun epidermal hücrelerine, iç kısımdaki hücreler ise prokambiyum ve temel meristeme gelişecektir.

Kotiledon primordiumu (taslağı) embriyo oluşumunun kalp aşamasında görülür. Bu primordiumların uzadığı aşama, embriyonun torpedo aşamasıdır. Torpedo aşamasında embriyo apikal meristem, kökcük, kotiledonlar ve hipokotil oluşturmak üzere hazır duruma gelmektedir.

Monokotiledonlarda embriyo farklılaşması safhaları: Suspensor dışında proembriyo ve globular aşamalar dikotiledonlardakine benzemektedir. Suspensor, monokotiledonlarda daha az farklılaşmıştır. Globular safhanın sonlarında dıştaki epidermal katman belirgindir ve proembriyonun bir tarafında bir hücre grubu çok hızlı bölünmektedir Bunlar embriyo eksenini meydana getirecektir. Kotiledon, gelişimin skutellar aşamasında gözükebilir. Dikotiledon embriyolardaki kotiledon çifti, monokotillerde skutellum olarak ifade edilen modifiye edilmiş tek bir kotiledona azaltılmaktadır. Skutellum, endosperm ve embriyo eksenini arasında iletken doku olarak rol oynar. Embriyo eksenini plumul (sürgün) ve kökcüğe farklılaşır. Monokotiledonlarda embriyo eksenini, ayrıca, çimlenme süresince sürmeye yardımcı olmak üzere sürgün ve kök dokusunu saran özel bir dokuya sahiptir. Bunlar koleoptil ve koleorhizadır.

Gymnospermlerde embriyo farklılaşması safhaları: Gymnospermlerde tohum meyve içerisinde yer almaz. Onun için bunlara açık tohumlular denir. Ayrıca gymnospermlerde gerçek bir triploid yapıda endosperm bulunmaz. Gelişmekte olan embriyo, haploid dişi gametofitik dokudan beslenir. Döllenen sonra tek bir tohum içerisinde birkaç embriyo gelişmeye başlar. Bu embriyoların genel olarak biri olgunlaşır. Bazı angiospermlerde (kapalı tohumlularda) tohum birkaç haftada olgunlaşabilir. Oysa gymnosperm (açık tohumlular) kozalaklarının gelişmiş durumdaki tohumları vermeleri 2 yılı alabilir.

Çamlarda embriyo farklılaşması için önce döllenmiş yumurta hücresi, aralarında hücre duvarı meydana gelmeden serbest çekirdek safhasını oluşturmak üzere çok sayıda bölünür. Daha sonra bu çekirdeklerin çevresinde hücre duvarı oluşur. Bu hücreler bir embriyo dizisi ve bir suspensor dizisi şeklinde organize olur. Suspensor daha sonra suspensor hücrelerine ve embriyonal suspensor tüpüne farklılaşır. Suspensor hücreler uzar. Tek bir tohum içinde çok sayıda embriyo vermek üzere ayrılır. Genellikle bu embriyolardan sadece birinde gelişme devam eder. Proembriyo, kotiledon taslaklarının oluşmasından önce epidermal bir katmana farklılaşır. Daha sonra çok sayıda kotiledon oluşur.

POLİEMBRİYONİ VE APOMİKSİZ

Poliembriyoni ve apomiksiz, zigot ve embriyo oluşumundan farklılık göstermektedir. Poliembriyoni, tek bir tohumda birden daha fazla embriyo gelişmesidir.

Adventif embriyoni (Nusellar embriyoni): Nusellusta ya da bazen integümentlerdeki bazı hücreler embriyogenik potansiyele sahip olmakta ve embriyo oluşumu meydana getirmektedir. Genetik olarak bu embriyolar ana bitkinin aynısidir ve apomiktik olarak ifade edilmektedir.

Adventif embriyoni özellikle turuncgiller ve mango gibi önemli subtropik ve tropik türlerde dikkat çekmektedir. Bu türlerde zigotik ve apomiktik embriyolar aynı tohumda meydana gelebilmektedir. Bu türlerde adventif embriyo oluşumu için döllenmenin uyarıcı etkisine ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer bazı türlerde (örneğin kaktüs-gillerden frenk inciri) tozlanma ve döllenmeye gerek duyulmamaktadır.

Apomiksiz: Mayoz bölünme ve döllenme olmadan embriyo meydana gelmesidir. Embriyonun ve bundan gelişecek bitkinin genotipi, tohumu veren bitki ile aynı olmaktadır. Apomiksizde, tohum üretimi aseksüeldir.

Tekrarlanmayan apomiksiz: Bu tip apomiksizde mayoz meydana gelmekte ve embriyo doğrudan döllenme olmaksızın yumurta çekirdeğinden oluşmaktadır. Yumurta haploit yapıda olduğu için meydana gelen embriyo da haploit olmaktadır. Bu olay, bir bitkide süreklilik göstermediği için buna tekrarlanmayan apomiksiz denilmektedir.

Vejetatif apomiksiz: Ovul (tohum taslağı) içerisinde bir embriyonun aseksüel çoğaltımıdır.

Poliembriyoni ve Apomiksizin Önemi

- Poliembriyoni, embriyo oluşturma potansiyelinin zigot ile sınırlandırılmadığını ve çeşitli somatik hücrelerin de bu potansiyele sahip olabileceğini göstermektedir.
- Apomiksizde, tohumdan elde edilmiş bitkiler aynı genotipe sahiptir.
- Apomiktik çeşitlerin önemi, çeşidin hangi amaçla kullanılacağına bağlıdır. Örneğin, turuncgillerde (*Citrus* spp.) genç apomiktik bitkiler çok kuvvetli gelişmekte, gençlik kısırlığı periyodu uzun sürmekte, dikenlilik göstermekte, meyve kalitesi düşük olmakta ve bu nedenlerden dolayı apomiktik tohumlar çeşitlerin çoğaltımı amacıyla kullanılmamaktadır.

- Diğer taraftan apomiksizde embriyo oluşumu sürecinde virüsler engellendiğinden dolayı turuncgillerde virüsten ari çeşit elde edilmek istendiğinde apomiktik tohumlar bu çeşitlerin çoğaltımında kullanılabilirlerdir.
- Apomiktik tohumlardan elde edilmiş bitkilerin, gelişme kuvvetlerinin iyi olması, virüslerden ari olması ve bir örnekliklik (homojenlik) göstermelerinden dolayı bunların anaç olarak kullanımı çok büyük önem taşımaktadır.
- Yaprak, sürgün gibi vejetatif organları değerlendirilen ve bu nedenle vejetatif büyümenin önem kazandığı bitkilerde de apomiksiz faydalıdır. Örneğin, çim bitkilerinde bir çok apomiktik tür ve çeşitte bu durum söz konusudur.

TOHUMUN 2. GELİŞME SAFHASI – HÜCRE BÜYÜMESİ: Bu safha, besin rezervlerinin birikiminden dolayı hızlı bir hücre büyüme periyodudur. Tohumun depo organlarına karbonhidratlar, yağlar, proteinler ve diğer biyokimyasal maddeleri kapsayan kompleks depo ürünleri birikmektedir. Bu maddeler sadece tohumdan gelişen bitki için değil, aynı zamanda, insan ve hayvanlar için de temel besinleri sağlamaktadır. 2. safha, tohumda DNA, RNA ve protein sentezinde büyük bir artışın olduğu aktif bir periyottur. Besin rezervleri, gelişmekte olan tohumda ana bitkiden tohuma taşınan fotosentez ürünlerinden yapılır. Bunun için sakaroz, asparajin, glutamin ve mineral maddeler gibi molekül ağırlığı küçük olan bileşiklerin taşınımına ihtiyaç duyulur.

Dikotiledonlarda ana bitki ile tohum arasında funikulus boyunca doğrudan bir vasküler bağlantı (floem ve ksilem) bulunmaktadır. Fotosentez ürünleri ve su gelişmekte olan tohumun kabuğuna bu vasküler sistem ile taşınır. Tohum kabuğundan nusellus, endosperm ya da embriyoya doğrudan vasküler bir bağlantı yoktur. Asimilatlar embriyoya difüzyon yoluyla ulaşmaktadır. Böylece bir çok virüs ve büyük kompleks moleküller etkili bir şekilde embriyodan uzak tutulmaktadır. Ancak bunlar tohumun dış katmanlarında birikebilmektedir.

Monokotiledonlarda, ana bitki ile gelişmekte olan tohum arasında doğrudan bir vasküler bağlantı bulunmamaktadır. Bunlarda fotosentez ürünlerinin endosperme geçişini kolaylaştıran ve transfer hücreler olarak adlandırılan tohum ve ana bitki yüzeyinde bir hücre grubu bulunmaktadır. Depo bileşiklerinin sentezi için spesifik mRNA'lara ihtiyaç duyulmaktadır. Embriyo gelişiminin bu aşamasında çok spesifik genler aktif duruma geçmekte ve bu genler bitkinin yaşamında sadece embriyo oluşumu sırasında ifade edilmektedir.

TOHUMUN 3. GELİŞME SAFHASI – OLGUNLAŞMA (KURUMA) (su kaybı ile tohumda yaş ağırlığın belirgin derecede azalması): Bu dönemde tohumlar fizyolojik olgunluğa ulaşmıştır. **Fizyolojik olgunluk, bitki üzerinde tohumun (embriyonun) maksimum kuru ağırlığa ulaştığı aşamadır.** Meyveden ayrılan fizyolojik olgunluk aşamasındaki tohumlar yüksek çimlenme potansiyeli sergiler. Olgunlaşma (kuruma) safhası (3. safha) hızlı su kaybı ile karakterize edilmektedir. Funikulus boyunca tohumla ana bitki arasında vasküler bağlantı artık bulunmamaktadır. Funikulusun tohum kabuğuna bağlandığı yer olan hilum, tohum tamamen kuruyuncaya kadar suyun uzaklaşmasına izin veren bir valf gibi görev yapmaktadır. Kuruma aşamasından önce tohumda gelişme ile ilgili proteinlerin sentezi durur ve yeni proteinler sentezlenir. Bunlar içerisinde en önemlisi geç embriyogenez (LEA) proteinleridir. LEA proteinleri tohumdan su kaybının etkisiyle sentezlenmektedir. Kuruma süresince koruyucu olarak görev yapmaktadır. Ayrıca kuruma sürecinde tohum, belirli şekerlerin ve oligosakkaritlerin artışı yoluyla da korunmaktadır.

Normalde olgunlaşma (kuruma) öncesinde tohum çimlenmez. Bunun nedeni tohumdaki yüksek absizik asit (ABA) (engelleme özelliği taşıyan bitki hormonu) kapsamı ve yüksek osmolaritedir.

Olgunlaşma (kuruma) başlarken, yeni geç embriyogenez / erken çimlenme mRNA'ları üretilmektedir. Bunlar tohumda çimlenme için esas olan proteinleri üretmektedir.

BİTKİ HORMONLARI (BÜYÜMEYİ DÜZENLEYİCİ MADDELER) VE TOHUM GELİŞİMİ

Bitkinin diğer kısımlarıyla karşılaştırılırsa, genellikle, tohumlarda bitki hormonlarının konsantrasyonları yüksektir. Bu hormonlar ile tohum gelişimi arasındaki ilişkiler;

- 1) Embriyonun gelişimi ve farklılaşması,
- 2) Besin rezervlerinin birikimi,
- 3) Çimlenme ve erken fide gelişimi süresince kullanılmak üzere bu birikimin depolanması ve
- 4) Meyve dokusunun büyümesi ve gelişmesi aşamalarında ortaya çıkar.

OKSİN: Doğal bir oksin olan indol asetik asidin serbest ve bağlı formları gelişmekte olan tohumlarda bol miktarda bulunur. Serbest IAA gelişme sürecinde yüksektir. Fakat, olgun tohumlarda azalmaktadır. IAA'nın bağlı formları olgun tohumlarda ve çimlenme sırasında bol miktarda bulunur. Serbest IAA, erken fide gelişimi sırasında kullanılmak üzere bağlı formdan ortaya çıkmaktadır. Gelişmekte olan tohumda sentezlenen oksinin, meyvenin gelişimine devam etmesi yönünde sinyal verdiği kanıtlanmıştır. Eğer döllenme gerçekleşmemiş ya da daha sonra tohum yok olmuş ise meyveler genellikle dökülmektedir. Domatese oksin uygulanması partenokarpik (tohum olmadan) meyve gelişimini uyarmaktadır.

GİBERELLİNLER: Tohum gelişimi sürecinde (1. ve 2. dönemlerde) giberellinlerin çeşitli formları bol miktarda bulunur. Tohum olgunluğunda aktif formları azalır ve yerini bağlı formlara bırakır. Oksin gibi, bu bağlı formlar çimlenme sırasında kullanılır. Giberellinler tohum gelişiminde temel rol oynamayabilirler. Oksinler gibi tohumda üretilen giberellinler de meyve gelişimi için sinyal verebilir. Üzümlerde olduğu gibi giberellinler partenokarpik meyve gelişmesine neden olabilir.

SİTOKİNİNLER: Sitokininlerin bazı serbest ve bağlı formları gelişmekte olan tohumlarda yüksek miktarlardadır. Sitokininlerin en yüksek konsantrasyonu embriyo oluşumunun hücre bölünme aşamalarında (1. ve 2. aşama) bulunmuştur. Sitokininler suspensor tarafından sağlanmaktadır. Sitokininler bitkilerde hücre bölünmesinin kontrolünde ve embriyonun ilk aşamasında farklılaşma fazında önemli rol oynar.

ABSİZİK ASİT (ABA): Gelişmekte olan tohumlarda ABA düzeyleri yüksektir (2. aşama). ABA'nın tohumlarda bir çok önemli depo proteininin üretimini uyardığı görülmüştür. ABA 2. aşamada tohumda besin maddesi rezervlerinin birikimini kolaylaştırmak üzere açığa çıkmaktadır. ABA aynı zamanda güçlü bir çimlenme inhibitörüdür (engelleycisidir) ve olgunlaşma (kuruma) öncesinde erken çimlenmeye engel olur. ABA eksikliği olan mutantlar tohum oluşumunu tamamlamada başarısızdır. Bu mutantlarda tohum meyve içerisinde çimlenir. Bu olay, zamanından önce çimlenme ya da vivipari olarak bilinir.

ETİLEN: *Brassica* türlerinde tohum gelişimi boyunca önemli miktarlarda etilen üretilir. Ancak tohum gelişimi sürecinde etilenin rolü konusunda çok fazla çalışılmamıştır. Buna karşın, olgunlaşma (kuruma) sırasında gelişmekte olan embriyolarda yeşil rengin kaybolmaya başladığı dönemde *Brassica* embriyolarında etilen üretiminin yüksek olması ilginçtir. Birçok tohumda, embriyolar klorofil içermektedir. Embriyolar gelişmenin 1. ve 2. aşamalarında yeşil renklidir. Olgunlaşma sürecinde embriyolar yeşil rengini kaybedip sarı renge dönüşürken klorofilde de belirgin bir kayıp ortaya çıkmaktadır. Etilenin yaprak yaşlanmasındaki rolü bilinmektedir. Bu durum, etilenin embriyoda yeşil rengin kaybolmasında da etkili olabileceğini göstermektedir. Etilen, tohum gelişiminde küçük bir role sahiptir.

TOHUMLA ÇOĞALTIM

Tohumla çoğaltım, bir çok bitki türünde etkili ve ekonomik bir çoğaltım metodudur. Bu yöntem sebze ve süs bitkileri başta olmak üzere birçok bahçe bitkisinin çoğaltımında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Sebze ve çiçek tür ve çeşitlerinde tohumdan elde edilmiş genç bitkilere fide denilmektedir. Meyve türlerinde **çeşitler klonal** olarak aşı, çelik, daldırma gibi vejetatif yöntemler ile çoğaltılmaktadır. Meyve türlerinin genetik yapısı genellikle yüksek düzeyde heterozigotik olduğu için tohumdan elde edilen bitkilerde geniş bir genetik açılım meydana gelmektedir. Bu nedenle meyve türlerinde tohumla çoğaltım,

kültür çeşitlerinin çoğaltımında kullanılmamaktadır. Bununla birlikte meyvecilikte tohumla çoğaltım, **anaçların** (üzerine aşu yapılan bitki) üretiminde kullanılan yöntemlerden birisidir. Tohumla çoğaltılan anaçlar çöğür, yoz gibi isimler almaktadır. Yoz, kültür çeşitlerinin tohumlarından elde edilen anaçlar için kullanılan bir terimdir.

Ayrıca, tohumla çoğaltım meyve türlerinde ıslah çalışmalarında (melezleme ıslahı) melez bitkilerin elde edilmesinde kullanılmaktadır.