

Bitki besin maddeleri

Bitkiler için mutlak gerekli ve yararlı besin maddeleri

Makroelementler

N, P, S, K, Mg, Ca

Mikroelementler

Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl, Ni

Mikroelementler ve yararlı elementler

Na, Si, Ni, Co

Mutlak gerekli element veya mineral besin terimi Arnon ve Stout (1939) tarafından önerilmiştir. Bu bilim adamları bir elementin bitkiler için mutlak gerekli olabilmesi için aşağıdaki kriterleri taşıması gerektiğini bildirmişlerdir.

- Mineral elementin yokluğunda bitki gelişimini tamamlayamamalı*
- Mineral elementin bitkideki fonksiyonu diğer bir mineral element tarafından karşılanamamalı*
- Mineral element bitki metabolizmasında doğrudan yer almalı*

Grup	Besin maddeleri		Alınım şekli	Fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri
	Makro	Mikro		
I	C H O N S		CO ₂ , HCO ₃ , H ₂ O, H ₂ O, O ₂ NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , N ₂ SO ₄ ⁻² , SO ₂ Toprak çözeltisinden iyon halinde veya yapraklardan atmosferik gaz olarak	Organik maddenin temel yapı taşı, enzimatik reaksiyonlarda atomik grupların temel elementleri, oksidasyon-redüksiyon prosesi ile organik maddenin asimilasyonu
II	P		Fosfat Silikat Toprak çözeltisinden veya yapraklar aracılığıyla borik asit veya borat şeklinde	Bitkide doğal alkol gruplarının esterleşmesinde, Enerji taşınım reaksiyonlarında fosfat esterleri önem taşır
		(Si)		
		B		
III	K		Toprak çözeltisinden veya yapraklar aracılığıyla iyon şeklinde	Bitki hücrelerinde ozmotik potansiyel üzerine spesifik olmayan fonksiyonlar, enzim reaksiyonlarının aktivasyonunda spesifik aktivite, enzim substrat arasında köprü görevi, membran permeabilitesi ve elektron potansiyelini kontrol etme, difüze olan ve olamayan anyonları dengeleme
		Ca		
	Mg			
		(Na)		
		Cl		
		Mn		
IV		Fe Zn Cu Mn	Mo, (MoO ₄ ⁻²) anyonu şeklinde, diğerleri iyon veya kleyt şeklinde	Enzimlerin prostetik gruplarında temel olarak kleyt formunda bulunurlar, yük değişimi yaparak elektron taşınımını sağlarlar

Yeterli gelişme için bitkilerde bulunması gereken ortalama besin maddesi miktarları

Besin Maddesi	$\mu\text{mol g}^{-1}$ kuru madde	mg kg^{-1} (ppm)	%	Oransal miktar
Mo	0.001	0.1	-	1
Ni	0.001	0.1	-	1
Cu	0.10	6	-	100
Zn	0.30	20	-	300
Mn	1.0	50	-	1000
Fe	2.0	100	-	2000
B	2.0	20	-	2000
Cl	3.0	100	-	3000
S	30	-	0.1	30000
P	60	-	0.2	60000
Mg	80	-	0.2	80000
Ca	125	-	0.5	125000
K	250	-	1.0	250000
N	1000	-	1.5	1000000

AZOT (N)

Bitkideki fonksiyonu Azot, bitkide organik ve inorganik formda bulunmaktadır. Amino asitlerin oluşturulması için C, H, O ve S' ün birleştirilmesinde, ayrıca, amino enzimlerin, nükleik asitlerin, klorofilin, alkaloidlerin ve purin bazlarının oluşturulmasında görev yapmaktadır.

Bitkideki miktarı

Azot bitkide kuru madde ilkesine göre %1.50-6.00 oranında bulunur, genel olarak pek çok bitki için yeterlilik düzeyi %2.50-3.50 arasında değişir. Meyve ağaçlarının azot içerikleri %1.80-2.20 arasında değişirken, baklagillerin azot içerikleri %4.80-5.50 arasında değişme göstermektedir.

Azotun bitkiler için kritik düzeyi, bitki çeşidi, gelişme dönemi ve bitkinin kısmına göre değişiklik gösterir. Bitkilerin genç aksamalarının azot içerikleri daha yüksektir ve bitkiler yaşlandıkça veya gelişmelerinin ileri dönemlerinde azot içerikleri düşmektedir.

Vejetatif gelişme sırasında bitki dokularında (özellikle yaprak sapı ve gövde) 1000 ppm' den daha yüksek oranlarda nitrat azotu akümüle olabilmektedir. Genel olarak iyi bir ürünle bitkiler her yıl 56-560 kg/ha düzeyinde azot kaldırmaktadır.

İnteraksiyon ları

Azot ile fosfor ve potasyum arasında sinergistik interaksiyonlar bulunmaktadır. Nitrat alımı katyonların absorpsiyonunu olumlu yönde etkiler, bununla birlikte klor ve hidroksil anyonları nitratın alımını engeller. Yüksek karbonhidrat içeriği amonyumun alımını stimule eder. Amonyum alımı ise diğer katyonların alımını engeller. Örneğin amonyum azotu ile beslenen bitkilerin Ca ve K içerikleri düşmektedir.

Çözünebilir formları

Bitkilerin gelişmelerinin erken dönemlerinde gövde ve yaprak saplarında azot, nitrat formunda ve 8000-12000 ppm düzeyinde bulunur ve gelişmenin orta dönemlerinde bu miktarlar 3000-8000 ppm' e düşer. Ayrıca bitkilerde çözünebilir amino asitlerde mevcuttur.

Noksanlık belirtileri

Azot noksanlığı olan bitkilerde büyüme yavaş olur, bitkiler kısa ve zayıf bir hal alır. Azot bitki bünyesinde mobil olduğu için, noksanlık durumunda yaşlı yapraklardan başlamak üzere yaprak rengi açık yeşilden sarıya doğru değişir. Azot noksanlığında bitkiler erken olgunlaşır, ürün ve kalitede önemli düşüşler meydana gelir.

Toksiklik belirtileri

Azot fazlalığında bitkilerin yapraklarının rengi koyu yeşil bir renk alır, yaprakların su içeriği arttığı için don, hastalık etmenleri ve böceklerin zararına karşı bitki hassaslaşır. Özellikle tahıllarda yatma görülür, meyve ve tohum bitkilerinde üründe ve kalitede düşme meydana gelir. Aşırı amonyum azotu ile beslenme sonucunda, amonyum toksisitesinin sonucu olarak iletim dokuları parçalanır ve buna bağlı olarak bitkinin su alımı engellenir. Özellikle meyve ağaçlarında meyve tutumu zayıflar, iletim demetlerinde ortaya çıkan sorunlardan dolayı bitkide taşınımı suya bağlı olan kalsiyum gibi besin maddelerinin yetersizliğine bağlı olarak çiçek dibi çürüklüğü belirtileri ortaya çıkar. Ayrıca aşırı amonyum beslenmesine bağlı olarak karbonhidrat sentezi olumsuz etkilendiği için büyümede gerileme meydana gelir.

Azotun alındığı form

Azot bitkiler tarafından nitrat (NO_3)
ve amonyum (NH_4)
formunda alınır.

Besin çözeltilerinde bu iki form arasındada denge olmalıdır. Azotun nitrat ve amonyum formu besin çözeltisinde pH' üzerinde etkilidir. ?

Besin çözeltisinde amonyum azotununun toplam azot içinde % 50' yi geçmemesi gerekir.

% 75 NO_3 : %25 NH_4 en uygun orandır.

Besin çözeltilisinde amonyum azatunun yüksek düzeyde olması amonyak toksisitesine yol açmaktadır.

Besin çözeltilisinde % 5 düzeyinde bulunan amonyumun nitrat alımını teşvik ettiği bildirilmiştir.

Besin çözeltilisinde olması gereken amonyum-N miktarı bitki çeşidine bağlıdır. Domates ve biber birkileri amonyum fazlalığında meyve tutumu azalmaktadır.

***Çiçek dibi çürüklüğü** olarak bilinen Ca noksanlığı belirtisi besin çözeltilisinde amonyum konsantrasyonununun yüksek olmasıyla ilgilidir.*

Bu nedenle gelişimin son dönemlerine doğru besin çözeltilisindeki amonyum miktarı düşürülmelidir.



Besin çözeltilisindeki N formu kök gelişimi üzerine etkili olmaktadır.

Besin çözeltilisinde nitrat konsantrasyonu arttıkça kök tüylerinin sayısı ve boyu azalmaktadır.

Besin çözeltilisinde amonyum konsantrasyonu arttıkça kökler kaba ve dallanmamış bir yapı kazanmaktadır.

Besin çözeltilerinde N konsantrasyonu 100-200 mg/l arasında değişir. Genellikle ilk gelişim döneminde besin çözeltisindeki N konsantrasyonu 100 mg/l veya daha düşük seviyededir. Giderek konsantrasyon yükseltilir.

Besin Çözeltileri İçin N kaynakları:

Kalsiyumnitrat: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, Nitrik asit: HNO_3

**Potasyumnitrat: KNO_3 , Amonyumnitrat: NH_4NO_3 ,
Amonyumsülfat: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Mono ve
diamonyumfosfat: $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ve $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$**

FOSFOR (P)

Bitkideki fonksiyonu

Fosfor bitkide kimi enzimler, proteinler, adenozin trifosfat (ATP), ribonükleik asitlerin (RNA), deoksiribonükleik asitlerin (DNA) ve fitinin yapısında bulunur.

Bitkideki miktarı

Fosfor bitkilerde kuru madde ilkesine göre %0.15-1.00 oranında bulunur. Pek çok bitki için yeterlilik düzeyi en son olgunlaşmış yapraklarda %0.20-0.40 arasında değişir. Bitkilerde %0.20' nin altına düştüğünde noksanlık %1' in üzerine çıktığında ise toksiklik sözkonusu olur. Bitkilerde en yüksek fosfor genç yapraklarda ve bunların sapında bulunur. Meyve tutumu dönemi bitkilerin P ihtiyacı yükselir ve sonra hızla düşer.

- **İnteraksiyonları**

- Fosfor ile N arasında olumlu ve Fe, Zn, Mn ve Cu arasında ise olumsuz interaksiyonlar bulunur. Bitkide azotun fosfora oranının 3/1, fosforun çinkoya oranının ise 200/1 olması kritik olarak kabul edilir.

-

- **Çözünebilir formları**

- Bitkide çözünebilir P (% 2' lik asetik asitte) gövde ve bitkinin aktif olarak büyüyen kısımlarının yaprak saplarında ortofosfat olarak bulunur. Fosfatın buradaki çözünebilir konsantrasyonu 100-5000 ppm arasında değişir. Çözünebilir fosfor konsantrasyonu bitkilerin P ile beslenme durumunu belirlemede kullanılır ve bu değer 2500 ppm' in altında ise kritik olarak kabul edilir.

-

- **Noksanlık belirtileri**

- Fosfor noksanlığında bitkiler yavaş büyür zayıf bir gelişme gösterir. Bitki koyu yeşil bir renk alır, yaşlı yapraklarda mor renkli pigmentler oluşur. Fosfor bitkide mobil özellikte olduğu için noksanlık belirtileri öncelikle yaşlı yapraklarda ortaya çıkar.

-

- **Toksiklik belirtileri**

- Bitkide fosfor fazlalığı dolaylı olarak mikroelement noksanlıkları şeklinde ortaya çıkar. Demir ve Zn, P fazlalığından ilk etkilenen mikroelementlerdir.

-

- Besin çözeltilerinde fosforun konsantrasyonu 30-50 mg/L seviyesindedir.
- Besin akış tekniği (NFT) ile 1-2 mg/l P' un sürekli bir şekilde uygulamasının bitkilere yeterli P sağladığı bildirilmektedir.
- Besin çözeltisinde P' çözeltinin pH' sına bağlı olarak mono veya dihidrojenfosfat formunda bulunmaktadır (HPO_4^{-2} veya $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$).

Besin Çözeltileri İçin P kaynakları:

Mono ve diamonyumfosfat: $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ve $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$

Potasyum mono and dihidrojen fosfat K_2HPO_4 ve KH_2PO_4

Besin çözeltisine amonyum veya potasyum ilavesi gerekmiyorsa **fosforik asit** (H_3PO_4)' de P kaynağı olarak kullanılabilir.

POTASYUM (K)

Bitkideki fonksiyonu

Bitkilerde potasyum su durumunu düzenleme, hücrelerin turgorunu sağlama, stomaların açılıp kapanması gibi görevleri yürütür. Potasyum ayrıca yeni sentezlenen karbonhidratların akümülasyonunu ve gerekli olan yerlere taşınımında da görev yapmaktadır.

Bitkideki miktarı

Bitkilerin potasyum içerikleri %1.00-5.00 arasında değişir. Yeterlilik düzeyi ise olgunlaşmasını yeni tamamlamış yapraklarda %1.50-3.00' dür. Bununla birlikte bazı sebzelerde gövde dokularında yeterlilik düzeyi %6.00-8.00'e kadar çıkabilmektedir. Bitkilerin genç yapraklarında ve bu yaprakların sapında en yüksek düzeyde bulunur.

Pek çok bitki ihtiyacından daha fazla miktarlarda K alır. Bu durum lüks tüketim olarak adlandırılmaktadır.

İnteraksiyonları

Potasyum ile Mg ve Ca arasında antagonistik bir etkileşim vardır. Yüksek miktarda bulunan K öncelikle Mg ve daha sonrada Ca noksanlıklarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Çözünebilir formları

Bitkide K serbest bir şekilde bulunduğu için kolaylıkla ekstrakte edilebilir. Ekstrakte edilen potasyum çoğunlukla toplam potasyum miktarına eşittir. Bazı sebzelerde gövde ve yaprak sapından ekstrakte edilen K, 2000 ppm' in altında ise noksanlık, 3600 ppm' in üzerinde ise potasyumun yeterli olduğu anlaşılır.

Noksanlık belirtileri

Potasyum noksanlığında özellikle tahıllarda yatma görülür. Hastalık ve zararlılara dayanıklılık azalır. Ürün ve kalite düşer. Yaşlı yaprakların kenarları yanmış gibi yukarı doğru kıvrılır. Bitkilerin amonyum toksisitesine karşı hassasiyetleri artar. Potasyum bitkide mobil olduğu için noksanlık belirtileri öncelikle yaşlı yapraklarda görülür.

Toksiklik belirtileri

Potasyum fazlalığında Mg ve Ca noksanlığına ait belirtiler ortaya çıkar.

Diğer katyonlar ile K dengesi

Besin çözeltilisinde K ile Ca ve Mg arasında kritik bir denge vardır. Potasyumun B. Çözeltisindeki miktarının yüksek olması öncelikle Mg, daha sonrada Ca noksanlıklarının ortaya çıkmasına neden olur. (Potasyumun bitkide mobilitesi Mg ve Ca' dan yüksektir).

Besin çözeltilisinde potasyumun konsantrasyonu **200 mg/l** civarındadır.

Besin çözeltisi hazırlamada Potasyum nitrat (KNO_3), Potasyum sülfat (K_2SO_4) veya Potasyum klorür (KCl) kullanılır.

Kalsiyum (Ca)

Bitkideki fonksiyonu

Bitkide kalsiyumun hücrelerin bütünlüğü ve membranların geçirgenliğini sağlama gibi önemli görevleri vardır.

Kalsiyum polenlerin çimlenmesi ve gelişmesini sağlamakta, ayrıca hücre bölünmesi ve gelişmesinde görev yapan enzimlerin aktivasyonunu sağlamaktadır.

Bunlara ilave olarak protein sentezi ve karbonhidratların taşınması ve toksik ağır metallerle karşı bitkinin korunması gibi görevlere sahiptir.

Bitkideki miktarı

Bitkilerin Ca içeriği kuru madde ilkesine göre %0.20-3.00 arasında değişmektedir. Pek çok bitki için ise kalsiyumun yeterlilik düzeyi %0.30-1.00'dir. Bitkilerin kritik Ca konsantrasyonları önemli farklılıklar gösterirler. Örneğin tahıl bitkilerinin Ca içerikleri, sebze ve meyvelere göre oldukca düşüktür. Kalsiyum bitki dokularında kalsiyum oksalat kristalleri Şeklinde inaktif olarak bulunduğu için, bitkilerin toplam Ca içerikleri kalsiyumun yeterliliğini belirlemede uygun bir kriter değildir. Bu yüzden ekstrakte edilebilir Ca yeterliliğin belirlenmesinde daha uygundur.

İnteraksiyonları

Kalsiyum ile K ve Mg arasında negatif interaksiyon vardır. Meyvelerde Ca/N ve Ca/B oranları kaliteyi etkilemektedir. Amonyum beslenmesi Ca alımını azaltarak Ca noksanlıklarına sebep olabilmektedir.

Çözünebilir formları

Bitkilerin Ca durumlarını belirlemede çözünebilir Ca (%2' lik asetik asit) toplam Ca' a göre daha uygundur. Pek çok bitki için kritik çözünebilir Ca düzeyi 800 ppm olarak kabul edilmektedir.

Noksanlık belirtileri

Kalsiyum noksanlığı olan bitkilerin yaprakları ve köklerinin büyüme uçları kahve rengine döner ve ölür. Yapraklar kıvrılır, yaprak kenarları kahve renk alır, yeni oluşan yaprakların kenarlarında delinmeler şeklinde hasarlar ortaya çıkar. Meyve kalitesinde düşme olur. Çiçek dibi çürüklüğü, acı benek ve meyvelerin iç kısımlarında görülen solmalar kalsiyum noksanlığına ait belirtilerdir. Kalsiyum bitkide immobil olduğu için noksanlık belirtileri büyüme uçlarında ortaya çıkar.

Toksiklik belirtileri

Aşırı kalsiyum bitkilerde Mg ve K noksanlıklarının ortaya çıkmasına sebep olur.

Kalsiyum besin çözeltisinde 200 mg/l seviyesinde bulunur.

Besin çözeltisi hazırlamada kalsiyumnitrat ((Ca(NO₃)₂.4H₂O) en uygun formdur.

Magnezyum (Mg)

Bitkideki fonksiyonu

Magnezyum klorofil molekülünün yapısında yer alır.

Ayrıca, fosforilasyon proseslerinde görev yapan enzimlerde kofaktör olarak görev yapar, enzim molekülleri ile ADP ve ATP arasında bir köprü vazifesi görür,

protein sentezinde ribozomların stabilizasyonunu sağlar.

Bitkideki miktarı

Bitkilerin magnezyum içeriği kuru madde ilkesine göre %0.15-1.00 arasında değişir. Pek çok bitki için ise yeterlilik düzeyi %0.25' dir. Bitki türleri arasında Mg içerikleri bakımından önemli farklılıklar vardır. Tahılların Mg içerikleri, sebzeler, meyveler ve baklagillere göre düşüktür. Bitkilerin yaşlı yapraklarında daha yüksek oranda bulunur.

İnteraksiyonları

Magnezyum ile K ve Ca arasında negatif bir interaksiyon vardır. Yetişme ortamında NH_4 , Ca veya K' un fazlalığı Mg noksanlığının ortaya çıkmasına sebep olur.

Çözünebilir formları

Bitki dokularından Mg' un büyük bir kısmını %2' lik asetik asit veya seyreltik hidroklorik asit ile ekstrakte etmek mümkündür.

Noksanlık belirtileri

Magnezyum noksanlığı yaşlı yapraklarda damarlar arasında sararma şeklinde ortaya çıkar. Kimi bitkilerde yaşlı yapraklarda bazı damarlarda sarardığı için yaprakta ağ benzeri bir görünüm ortaya çıkar. Magnezyum bitkide mobil bir element olduğu için noksanlık önce yaşlı yapraklarda ortaya çıkar, bununla birlikte şiddetli noksanlık durumunda genç yapraklarda da belirtiler görülebilir.

Toksiklik belirtileri

Magnezyum fazlalığının spesifik bir belirtisi yoktur. Bununla birlikte bitki dokularında aşırı miktarda bulunursa Ca, K ve Mg arasındaki dengenin bozulması sebebiyle büyümede gerileme görülebilmektedir.

Mg besin çözeltilerinde 50 mg/l düzeyinde bulunur.

Besin çözeltisi hazırlamada magnezyum sülfat ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ve magnezyumnitrat ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$) en uygun formlardır.