



**Bu Dosya**

**<https://ziraatweb.com>'dan**

**İndirilmiştir.**

Eğer bu dosya size aitse ve kaldırılmasını istiyorsanız lütfen ziraatweb.com adresinde bulunan "İletişim" kısmından bize bildiriniz. Bize bildirilmeyen dosyalar konusunda sorumluluk kabul etmiyoruz.



*Milletimiz çiftçidir. Milletin çiftçilikteki çalışma imkanlarını, asri ve iktisadi tedbirlerle en yüksek seviyeye çıkarmalıyız.*

**Mustafa Kemal ATATÜRK**

# GÜBRELER ve GÜBRELEME

**GÜBRE:** Kültür topraklarının verim gücünü yükseltmek, ürünün nitelik ve niceliğini artırmak amacıyla toprağa verilen maddelere denir.

## A. ORGANİK GÜBRELER

Bitki besin kaynağı olarak organik gübreler bitki, hayvan ve insan kaynaklı atık veya artıklardan oluşmaktadır.

### BİLEŞİMLERİ DEĞİŞKENDİR

Besin maddesi içerikleri azdır

Toprağa Organik Madde kazandırır

Toprağın Fiziksel Özelliklerini iyileştirir

Mikrobiyolojik faaliyeti hızlandırır

Strüktürü düzenler

Havalandırma ve su tutma kapasitesini artırır

Makroelement takviyesi yapar

P yararlılığını artırır

# ÇEŞİTLİ ORGANİK GÜBRELER ve ÖZELLİKLERİ

Çiftlik gübresi

Tavuk gübresi

Kompost

Yeşil gübre

Sıvı dışkı

Kanalizasyon atıkları

Bitkisel atıklar

Endüstri ve gıda işleme fabrikaları atıkları

Tahıl sap,saman ve kavuzları

Suda yetişen bitkiler ve deniz yosunları

Hayvansal Atıklar

## ◆ Ortak Özellikler:

Bileşimleri **değişken** (Su kapsamı, hayvanları yetiştirme şekli)

N kaybına **duyarlı** (saklanma şekli)

**Koruyucu maddeler** ilave edilerek değeri artırılır (TSP, JİPS vb)

**Kullanımında özen** gerektirir (homojen dağıtma ve toprağa karıştırma)

Çizelge 11.1. Çiftlik gübresinin besin maddesi kapsamları

Besin maddesi (%)	Kaynak		
	Kirkby ve Mengel, 1987	Kacar, 1968	
		Köylü ahır	Ziraat Fakültesi ahır
Su	76	78.9	82.9
N	0.50	1.17	1.65
P	0.11	0.38	0.59
K	0.54	0.69	1.48
Ca	0.42	0.28	0.19
Mg	0.11	-	-

Çizelge 11.2. Değişik özellikteki tavuk gübrelerinin fizikokimyasal özellikleri

Gübre no	pH	Nem (%)	Kül (%)	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	N (%)	Org. C (%)	C/N
1	6.57	9.52	28.33	41.90	7.70	3.58	24.36	6.80
2	6.81	10.32	25.67	44.66	9.00	4.93	25.97	5.27
3	6.04	9.56	20.67	52.85	12.0	5.22	30.73	5.89
4	7.57	8.20	59.67	29.66	9.50	2.18	17.24	7.91
5	6.42	9.38	20.33	34.44	8.00	4.64	20.02	4.31

Çizelge 11.3. Değişik özellikteki tavuk gübrelerinin besin maddesi içerikleri

Gübre no	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )
1	1.45	1.76	0.19	3.62	3.02	864	32	288	540
2	1.33	3.36	0.62	0.26	1.60	1152	42	606	612
3	1.26	3.04	0.19	0.64	1.40	5472	22	382	498
4	1.94	2.56	0.32	12.67	4.21	6368	78	622	574
5	1.42	4.00	0.53	0.41	1.50	2976	56	532	460

Çizelge 11.4. Buğdaydan sonra yetiştirilen mısır bitkisinin gelişimi ve N, P, K kapsamına sıvı tavuk gübresi, tütün tozu ve çiftlik gübresinin etkisi

Organik gübre (t da <sup>-1</sup> )	Kuru Ağırlık (g saksı <sup>-1</sup> )	N (%)	P (%)	K (%)
<b>Kontrol</b>	3.67	1.20	0.240	1.76
<b>Sıvı tavuk gübresi</b>				
1.5	7.86	1.33	0.247	1.88
3.0	17.61	1.57	0.250	2.40
4.5	20.50	1.63	0.243	2.62
6.0	18.18	1.78	0.240	2.78
7.5	18.43	1.90	0.230	2.95
<b>Tütün tozu</b>				
3.0	10.79	1.65	0.270	2.27
4.0	12.05	1.70	0.250	2.38
<b>Çiftlik gübresi</b>				
2.5	4.92	1.45	0.240	1.82
5.0	5.97	1.57	0.230	1.88

•Çizelge 11.5. Bazı bitkisel atıkların kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri (Baran vd., 1995)

Bitkisel atık	Saturasyon ekstraktında		O.M. (%)	Org.C (%)	C/N	KDK**	N (%)	P (%)	K (%)
	pH	EC*							
Üzüm cibresi	6.54	3.6	84.19	47.03	19.51	108.69	2.41	0.22	3.25
Tütün tozu	5.88	11.0	67.87	41.17	19.88	43.47	2.07	0.17	1.90
Mantar kmpst.	7.22	12.5	46.95	44.74	17.54	57.97	2.55	0.40	2.30

\*( $\text{dS m}^{-1}$ ); \*\*( $\text{me } 100 \text{ g}^{-1}$ )

# B. İNORGANİK GÜBRELER

## Azotlu Gübreler

1. Amonyumlu (NH <sub>4</sub> ' lu)	2. Nitratlı (NO <sub>3</sub> ' lı)	3. Amonyumlu ve Nitratlı (NH <sub>4</sub> ' lu ve NO <sub>3</sub> ' lı)	4. Amidli (NH <sub>2</sub> ' li)
<p>1) Kolloitler tutar, yıkanma az 2) Nitrifikasyona uğrar 3) Asidik karakterlidir. Toprağı asitleştirir 4) Genç bitkilere NH<sub>4</sub> olarak yararlıdır</p> <p>Amonyum sülfat, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> , AS Amonyum klorür, NH<sub>4</sub>Cl</p>	<p>1) Bitkiler N ihtiyaçlarının büyük bir kısmını NO<sub>3</sub> olarak karşılar 2) Kolloitler tutamaz yıkanma fazla 3) Denitrifikasyona uğrar 4) Çeltik gibi suyla doymuş koşullarda yetişen bitkilerde kullanılmaz 5) Alkali karakterlidir. Toprağı alkalileştirir</p> <p>Sodyum nitrat, NaNO<sub>3</sub> Kalsiyum nitrat, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></p>	<p>1) Amonyumlu ve nitratlı gübrelerin özelliklerini birlikte taşırlar</p> <p>Amonyum nitrat Amonyum sülfat nitrat Kalsiyum amonyum nitrat</p>	<p>1) Hemen alınamayan organik formda (amid, NH<sub>2</sub>) azot içerir 2) Toprağa verildikten sonra önce NH<sub>4</sub>' a sonra NO<sub>3</sub>' a dönüşür 3) Kolay yıkanabilir ve gaz şeklinde kaybolabilir</p> <p>Üre</p>

# DEĞİŞİK AZOTLU GÜBRELER ve ÖZELLİKLERİ

## Amonyum sülfat, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , AS

- ◆ % 21 N içeren ilk sentetik azotlu gübredir
- ◆ Ekimle birlikte, ekimden sonra ve başlık (üst) gübre olarak kullanılabilir
- ◆ Kükürt noksanlığı olan yerlerde S kaynağı olarak ta kullanılır
- ◆ Toprak kolloidlerince tutularak yıkanması önlediği için sulu tarımda başarı ile kullanılır
- ◆ İndirgen koşulların hakim olduğu asit topraklarda sülfat toksikliği yaratabilir
- ◆ Asit karakterli olduğu için toprağı asitleştirir

## Kalsiyum nitrat, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

- ◆ Taneli yapıdadır ve beyaz renklidir
- ◆ Yüksek oranda nem çekme özelliğine sahiptir, alkali karakterlidir ve suda kolay çözünür
- ◆ % 15.5 N içerir, kalsiyum ihtiyacı yüksek olan bir çok sebze ve meyve için en uygun N kaynağıdır

## Amonyum Nitrat, $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , AN

- ◆ Beyaz kristal halinde, taneli ve toz şeklinde olabilir
- ◆ Nem çekicidir, suda kolay çözünür ve % 33-34.5 N içerir
- ◆ Azotu hem  $\text{NH}_4$  hem de  $\text{NO}_3$  halinde içerdiği için çeltik hariç tüm bitkiler için uygun bir gübredir.
- ◆ Ekimle öncesi, ekimden sonra ve başlık (üst) gübre olarak kullanılabilir



## Kalsiyum amonyum nitrat, CAN, KAN

- ◆ Amonyum nitratın olumsuz özelliklerini gidermek için amonyum nitrat gübresine kireç katılarak üretilmektedir.
- ◆ Taneleri gri veya açık kahve renkli olup akıcıdır
- ◆ % 25-28 N içerir
- ◆ İçerdiği azotun yarısı  $NH_4$  yarısı da  $NO_3$  halinde olduğundan amonyum nitrat gübresine benzer özellikler taşır
- ◆ Amonyum nitratın tersine, bu gübrenin toprak pH' sı üzerine etkisi nötr' dür

## Üre, $CO(NH_2)_2$

- ◆ Azot kapsamı diğer azotlu gübrelerden daha fazla olduğu için taşıma, depolama ve uygulamada kolaylık sağlar
- ◆ Birim N miktarı diğer gübrelere göre daha ucuzdur
- ◆ Saf N içeriğinin fazla olması nedeniyle dünyada son yıllarda diğer azotlu gübrelere göre kullanım oranı giderek artmaktadır
- ◆ Toz veya taneli, beyaz renkli ve akıcı bir gübredir
- ◆ Nem çekicidir ve % 46 oranında amid formunda N içerir (**BIÜRET !!! !!!!!**)
- ◆ Üre toprağa verildiğinde hızlı bir şekilde amonyum karbonata dönüşür. Toprak tipi, yağış ve sıcaklığa bağlı olmakla birlikte  $NH_3$  gazı şeklinde uçarak atmosfere ulaşmak suretiyle kaybolabilir.

## Amonyum karbonat, $(NH_4)_2CO_3$

- ◆ % 17 N içerir, kireçli alkali topraklara verildiğinde bir miktar amonyak şeklinde N kaybı olabilir

## Sıvı Azotlu Gübreler

Susuz ve sulu NH<sub>3</sub>

N çözeltileri (Basıncılı, Basıncısız)

## Azotlu Gübrelerin Etkinliğinin Artırılması

- Azotu yavaş açığa çıkaran kimyasalların kullanılabilir
- Kaplanmış gübreler kullanılabilir
- Gübrelerin tane büyüklüğü düzenlenebilir
- Nitrifikasyonu yavaşlatan kimyasallar kullanılabilir

## Yavaş Etkili Azotlu Gübreler

Üreformaldehit

İsobutilendiüre

## Kaplı Gübreler

# Fosforlu Gübreler

Hammaddesi HAM FOSFAT (=KAYA FOSFAT, APATİT)

Ham fosfatlar doğrudan **gübre olarak ta kullanılabilir**

Asitlerle reaksiyona sokularak fosforlu gübreler üretilir

Fosforlu gübrelerin çözünebilirlikleri dört değişik şekilde ifade edilir.

- **Suda çözünebilir**, bitkiler tarafından kolayca alınabilir kısımdır.
- **Sitrik asitte çözünebilir**, nötr veya alkali amonyum sitrat çözeltisi veya % 2' lik sitrik asitte çözünebilir kısmı temsil eder. Bu çözeltiler kök aktivitesine yakın tepkimeler gösterdiğinden suda çözünebilir P' dan daha fazlasını çözerler.
- **Toplam fosfor**, bitkiye yararlılık açısından önemli değildir
- **% 2' lik formik asitte çözünebilir fosfor**, doğrudan gübre olarak kullanılacak ham fosfatlardaki bitkiler tarafından alınabilir fosforu temsil eder.

**Suda Çözünebilir P içeriği yüksek gübreler:** gelişme dönemi kısa olan bitkilere kullanılmalıdır, bu gübreler asit topraklar yerine nötr ve alkali topraklarda kullanılmalıdır

**Suda çözünebilir P içeriği düşük gübreler:** gelişme dönemi uzun ve çok yıllık bitkilere kullanılmalı, bu gübreler asit topraklarda kullanılmalıdır

**Fosforlu gübreler taneler halinde ve banda uygulamak suretiyle kök bölgesine verilerek alınamaz forma dönüşmeleri engellenebilir**

# DEĞİŞİK FOSFORLU GÜBRELER ve ÖZELLİKLERİ

## Normal süperfosfat, NSP

- Gri, kahverengi renkte ve taneli yapıdadır
- Toz halinde ise depolama sırasında kesekleşir
- Eşit oranlarda monokalsiyum fosfat ve kalsiyum sülfat (jips) içerir
- Kullanılan ham fosfat ve asidin kalitesine göre değişmekle birlikte % 17-20  $P_2O_5$  içerir
- Bunun % 90' ı suda çözünebilir formdadır ve % 16 civarında da S içerir
- Taneli normal süperfosfatın uygulanması kolaydır
- Bir çok toprak ve bitki için uygun bir gübredir
- Sıra yanına banda uygulanarak gübre ile toprak teması azaltılırsa alınamaz forma dönüşmesi geciktirilmiş olur

## Triple süperfosfat, TSP

- % 44-52  $P_2O_5$  içerir, hemen tamamı suda çözünür formdadır
- Toz olanı kesekleşebilir, taneli olanı akıcı formdadır
- Az miktarda serbest fosforik asit içerebilir
- Kullanımı normal süperfosfata benzer fakat daha konsantredir ve daha az S içerir
- Çok besinli gübrelerin hazırlanmasında kullanılır

## Dikalsiyum fosfat

- Gri toz halindedir ve % 35  $P_2O_5$  içerir, bu fosforun tamamı sitrik asitte çözünebilir formdadır
- Bu nedenle asit topraklarda ve uzun gelişme dönemine sahip bitkilerde kullanılmalıdır

## Bazik slaj

- Bazik slaj, çelik endüstrisinin yan ürünüdür, % 8-18  $P_2O_5$  içerir. Asit topraklarda kullanılırsa aynı zamanda kireçleme materyali de katılmış olur. Çok yıllık bitkilere uygulanmalıdır.

## Ham fosfat

- İnce öğütülmelidir
- Nötr karakterli bir materyaldir
- Fosfor içeriği % 29-37, Ca içeriği % 35-38' dir
- Kireçleme değeri yoktur
- Yavaş etkili fosforlu gübredir

## Etkisi aşağıdaki koşullara bağlıdır;

- Fiziksel ve kimyasal özellikleri ile flor kapsamına
- Öğütme inceliğine; doğrudan ise kullanılacak % 90' ı < 100 mesh olmalıdır
- Toprak reaksiyonuna; pH' sı < 5.5 (asit topraklar) ile OM' si yüksek topraklarda yararlı
- Bitki çeşidine; en iyi yararlanan bitkiler sırasıyla şalgam, taş yoncası, hardal, çay, kauçuk, kahve bitkileridir. En az yararlananlar ise pamuk, çeltik, buğday, arpa ve patates bitkileridir.
- Uygulama yöntemine; toprakla temasını artırabilmek için serpme olarak ve ekimden önce verilmeli

# Potasyumlu Gübreler

Doğal potasyum minerallerinin saflaştırılması yoluyla üretilir

## DEĞİŞİK POTASYUMLU GÜBRELER ve ÖZELLİKLERİ

### Potasyum klorür, KCl

- % 60 oranında  $K_2O$  içerir, saf KCl beyaz kristal tuzdur
- Suda tamamen çözünür
- K iyonları toprak kolloitleri tarafından tutulduğu için az yıkanır, Nötr karakterdedir, toprakta asitlik ya da alkalilik yaratmaz
- Tütün ve patates gibi Cl sevmeyen bitkiler dışındaki tüm bitkilerde kullanılabilir. Tamamı temel (taban) gübreleme olarak verilebilir. Bol yağış alan yerler ile kumlu topraklar ve çeltik bitkisine bölünerek verilmesi faydalı olur.

### Potasyum Sülfat, $K_2SO_4$

- Beyaz kristal bir tuzdur, % 48-52  $K_2O$ , % 18 S içerir
- Suda çözünebilir ve yıkanma ile kayıp riski azdır
- Tüm bitki ve topraklara uygulanabilecek iyi bir gübredir
- Tütün, patates, meyve ve sebzelerde kullanılabilir
- Klor birikiminin sorun olduğu tuzlu topraklar ile sera toprakları için uygun bir gübredir

### Potasyum magnezyum sülfat, $K_2SO_4+MgSO_4$

- Potasyum ve magnezyumu sülfat formunda içeren K' lu bir gübredir
- Bu gübre %22-30  $K_2O$ , % 10-19 MgO ve % 16-23 S içerir
- Asit ve Mg içeriği az olan topraklar ile patates, meyve, sebze ve orman ağaçları gibi Mg ihtiyacı yüksek bitkilere uygulanır

## Çok besinli (kompoze) gübreler

**Gübre saflığı ya da gübre tenörü:** Besin maddelerinden N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O' in bulunması gerekli ve garanti edilen en az yüzde miktarlarını ifade eder. Örneğin: 100 kg 12-6-6 gübresi en az 12 kg N, 6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve 6 kg K<sub>2</sub>O içerir veya içermelidir.

**Gübre oranı ya da besin maddesi oranı:** besinlerin bulunuş oranlarını ifade eder, Örnek: 12-6-6 gübresinin besin oranı 2-1-1' dir.

**Dolgu maddesi:** Besin maddesi içermeyen kum ve kireç gibi materyallerdir, gübreyi belirli bir saflık derecesine ulaştırmak için kullanılırlar.

**Düzenleyici:** Gübrenin fiziksel özelliğini iyileştirmek için katılan materyaldir.

**Kaplama:** Toz ya da kil ile gübre tanelerinin yüzeylerinin kaplanırsa tanelerin nemden korunup, kesekleşmeleri önlenir.

**Ortam:** Çok besinli gübre hazırlamak için üretilmiş materyallerdir.

## Kompoze Gübrelerin Avantajları

- ◆ Birden çok bitki besinini birarada içerdiğinden alınması, taşınması ve uygulanması kolay ve ucuzdur
- ◆ Uygulamada daha az zaman ve işgücü gerektirir
- ◆ Dengeli gübreleme sağlar, ürün artışı sağlar ve temel toprak verimliliğinin korunmasına yardımcı olur
- ◆ İçlerine mikro element katılarak mikro element gübrelemesi de yapılabilir

# DEĞİŞİK KOMPOZE GÜBRELER ve ÖZELLİKLERİ

## Monoamonyum fosfat, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ , MAP

- % 52-55  $\text{P}_2\text{O}_5$  içerir, suda çözünebilir ve % 11-12 N içerir

## Diamonyum fosfat, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , DAP

- % 18 N ve % 46  $\text{P}_2\text{O}_5$  içerir, suda çözünebilir

## NPK kompoze gübreler

- Değişik oranlarda NPK içerir, bitki ve toprağa göre değişik tipte üretilebilir, iyi bir taban gübresidir, Ca, Mg, S içerecek şekilde formüle edilebilirler

## Bileşik gübreler

- (karışık gübreler) Bileşik gübreler; tek veya çift besinli gübreler karıştırılarak ve yeniden granül hale getirilerek, iki ayrı gübre karıştırılarak (granül haldeki), toz halindeki gübreler karıştırılarak hazırlanabilirler. Bunlar karıştırıldıkları gübrelerin özelliklerini taşırlar.

## Taneli kompoze gübreler

- Fabrikalarda N, P, K gübrelerinden üretilirler, bazen monoamonyum fosfat gibi iki besinli olabilirler.

## Toz karışık gübreler

- Toz ve kristal gübrelerin karışımından oluşur.

**Basit olarak 8-8-8 bileşiminde bir karışım şu şekilde hazırlanabilir.**

Amonyum sülfat % 20.6 N	% 39
Normal süperfosfat % 16.5 $\text{P}_2\text{O}_5$	% 48
Potasyum klorür % 60 $\text{K}_2\text{O}$	<u>% 13</u>
	% 100

## Dökme harmanlama

- Potasyum klorür, kalsiyum amonyum nitrat ve monoamonyum fosfat gibi gübreler ucuz bir şekilde elde edilebiliyorsa bunlar tekrar granül hale getirilmeye gerek kalmadan basit şekilde karıştırılıp, harmanlanarak ta kullanılabilir.



## Sıvı karışık gübreler

- Berrak sıvı ve süspansiyon gübreler olarak iki tiptedir. Sıvı olanları suda çözüldüklerinde tortu bırakmayan ve çökelek oluşturmayan amonyum nitrat, üre, amonyum fosfat, fosforik asit ve potasyum klorürden hazırlanır. Süspansiyon gübreler kristalleşebilecek tuzları askıda tutan özel bir kil içerir.

## Kükürtlü gübreler

Diğer gübrelerde ve atmosferdeki S durumuna bağlı olarak **Noksanlık Yaygın**

**Elementel kükürt:** Elementel kükürt mikroorganizmalar tarafından  $SO_4^{2-}$  a yükseltgenir.

**Elementel kükürdün etkinliği;**

**tane büyüklüğü, uygulama zamanı ve miktarına bağlı olarak değişir.**

**S-Bentonit:** % 90 elementel S ve % 10 bentonit içerir.

**S-Süspansiyonlar:** elementel S' e, % 2-3 oranında kil karıştırılarak % 40-60 S içeren süspansiyonların hazırlanmasıdır

**Amonyumtiyosülfat (ATS):** Amonyumtiyosülfat % 12 N ve % 26 S içerir gübredir. Sıvı gübre endüstrisinde kullanılmır. Nötral veya hafif asit karakterlidir.

**Amonyum polifosfat:** % 20 N ve % 45 S içerir. Gübre olarak kullanımının yanında yüksek pH' lı toprakları ıslah amaçlı da kullanılmaktadır.

## Kalsiyumlu gübreler

- Doğrudan kalsiyum içeren gübreler üretilmemektedir. Kalsiyum,
- Süperfosfatta % 18-21
- Triple süperfosfatta % 12-14
- Kalsiyum nitrat gübresinde % 19 oranında bulunur.
- Yapraktan uygulanabilen Ca-EDTA gibi kleytlerde % 35 Ca içerirler
- Fosfat kayalarında % ~ 35 Ca bulunur
- $\text{CaCO}_3$  ve  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  pH düzenleyici olan Ca kaynaklarıdır.

## Magnezyumlu gübreler

- Magnezyum, primer olarak gübrelerin bileşiminde yer alır
- Dolomit, Mg içeriği düşük asit topraklarda kullanılabilir.
- Potasyummagnezyumsülfat % 11 ve
- Magnezyum-sülfat % 9.8 Mg içerir.
- Magnezyumoksit % 55, magnezyumnitrat % 16, magnezyumklorür % 8-9 oranında Mg içerir Sentetik kleytler % 2-4 Mg içeren formülasyonlara sahiptir
- $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  ve Mg kleytler yapraktan ve sıvı gübre olarak kullanılabilir

# Demirli gübreler

Çizelge 11.6. Elverişli demiri düşük olan topraklarda bitkilerin Fe noksanlığına hassasiyetleri

Hassas	Orta hassas	Dayanıklı
Meyveler	Yonca	Patates
Narenciye	Arpa	Ş. Pancarı
Fasulye	Mısır	Buğday
Keten	Pamuk	
Sorgum	Bezelye	
Asma	Baklagiller	
Yerfıstığı	Yulaf	
Soya	Çeltik	
Sebzeler		

Çizelge 11.7. Bazı demirli gübreler

Kaynak	Formül	Yaklaşık Fe, %
Ferrosülfat	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	19
Ferrisülfat	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 4H_2O$	23
Ferooksit	$FeO$	77
Ferrioksit	$Fe_2O_3$	69
Ferroamonyumfosfat	$Fe(NH_4)PO_4 \cdot H_2O$	29
Ferroamonyumsülfat	$(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$	14
Demiramonyumpolifosfat	$Fe(NH_4)HP_2O_7$	22
Demirkleytler	$NaFeEDTA$	5-14
	$NaFeHEDTA$	5-9
	$NaFeEDDHA$	6
	$NaFeDTPA$	10

- %2' lik  $FeSO_4$  çözeltisi 150-300 L ha<sup>-1</sup>
- İki hafta aralıkla tekrarlar

# Çinkolu gübreler

Çizelge 11.8. Bitkilerin çinkoya hassasiyetleri

Hassas	Orta hassas	Dayanıklı
Meyveler	Yonca	Asparagus
Narenciye	Arpa	Havuç
Fasulye	Üçgüller	Yulaf
Keten	Pamuk	Bezelye
Sorgum	Patates	
Asma	Şeker pancarı	
Yerfıstığı	Buğday	
Soya	Sorgum	
Sebzeler	Domates	
Soğan		
Çeltik		
Şerbetci otu		

Çizelge 11.9. Değişik Zn kaynakları

Kaynak	Formül	Yaklaşık % Zn
Çinkosülfat	ZnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	35
Çinkooksit	ZnO	78
Çinkokarbonat	ZnCO <sub>3</sub>	52
Çinkofosfat	Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	51
Çinko kleytler	Na <sub>2</sub> ZnEDTA	14
	NaZnNTA	13
	NaZnHEDTA	9

Bitkilere uygulanacak Zn miktarı;

- 1) bitkinin çeşidi
- 2) uygulama zamanı ve
- 3) noksanlığın şiddetine bağlı olarak değişse de

(3-10 kg ha<sup>-1</sup> inorganik ve 0.5-2.0 kg ha<sup>-1</sup> Zn kleyt yeterli düzeyleridir.

- ◆ Killi ve tınlı topraklarda pek çok tarla bitkisi ve sebze için 10 kg ha<sup>-1</sup>
- ◆ Kumlu topraklarda ise 3-5 kg ha<sup>-1</sup> yeterli düzeylerdir.
- ◆ Çinko noksanlığında asmalar için 20 kg ha<sup>-1</sup>
- ◆ Meyve ağaçları için 100 kg ha<sup>-1</sup> önerilir.

# Bakırlı gübreler

- İlaçların bünyesinde yer alır
- Topraktan ve yapraktan uygulanabilir (0.5-2.0 kg ha<sup>-1</sup>)

Çizelge 11.10. Gübre olarak kullanılan bakırlı bileşikler

Kaynak	Formül	Yaklaşık % Cu
Bakır sülfat	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	25
Bakırsülfatmonohidrat	$\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	35
Bakıramonyumfosfat	$\text{Cu}(\text{NH}_4)\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	32
Bakır kleytler	$\text{Na}_2\text{CuEDTA}$	13
	$\text{NaCuHEDTA}$	9

# Manganlı gübreler

Çizelge 11.11. Yaygın olarak kullanılan Manganlı gübreler

Kaynak	Formül	Yaklaşık % Mn
Mangan sülfat	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	26-28
Manganoksit	$\text{MnO}$	41-68
Manganklorür	$\text{MnCl}_2$	17
Mangan kleytler	$\text{MnEDTA}$	5-12

# Borlu gübreler

Çizelge 11.12. Bazı bitkilerin B noksanlığına hassasiyetleri

Hassas	Orta hassas	Dayanıklı
Yonca	Elma	Asparagus
Karnabahar	Brokkoli	Arpa
Kereviz	Lahana	Buğday
Şekerpancarı	Havuç	Yulaf
Turp	Ispanak	Hıyar
Şalgam	Domates	Bezelye
Yerfıstığı	Pamuk	Patates
		Soğan

Çizelge 11.13. Borlu gübreler ve bileşimleri

Kaynak	Formül	Yaklaşık % B
Boraks	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	11
Borikasit	$\text{H}_3\text{BO}_3$	17
Sodyumpentoborat	$\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	18
Sodyumtetraborat	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	14-15
Solubor	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	20-21

- ◆ Borlu gübreler için önerilen doz genel olarak 0.5-3 kg ha<sup>-1</sup>' dir.

## Bu düzeyler

- ◆ bitki çeşidi • toprak özellikleri • uygulama şekline göre değişir

sebzelerde;

- serperek uygulama için 0.5-3.0 kg ha<sup>-1</sup>,
- banda 0.5-1.0 kg ha<sup>-1</sup> ve
- yapraktan uygulama için 0.1-0.5 kg ha<sup>-1</sup> yeterlidir

- ◆ **!!! Toksisitesine dikkat edilmelidir**

## Gübre uygulamasına ürün ve kalite olarak bitkinin responsu

- ▶ İklim (kontrolü zor)
- ▶ Teknik bilgi

- ▶ Toprak (kontrolü zor)

### Kontrol edilebilir faktörler;

- gübrelerin dengeli • uygun zamanda • uygun yere verilmesi
- sulama • ilaçlama gibi faktörlerdir.



# Yaprak Gübrelmesi

Çizelge 11.14. Besin maddesi noksanlıklarında yapraktan uygulamada kullanılan bileşikler.

Besin maddesi	Bileşiği
Azot	Potasyum nitrat, amonyum nitrat, üre
Fosfor	Potasyum dihidrojen fosfat
Potasyum	Potasyum nitrat
Magnezyum	Magnezyum nitrat, magnezyum sülfat
Kalsiyum	Kalsiyum nitrat
Kükürt	Amonyum sülfat, sülfirik asit
Demir	Demir sülfat, demir kleytler
Mangan	Mangan sülfat
Bor	Boraks, borik asit
Bakır	Bakır sülfat
Çinko	Çinko sülfat
Molibden	Sodyum molibdat, amonyum molibdat

# Sulama Suyu ile Gübreleme (Fertigasyon)

**Fertigasyon** gübrelerin sulama suyu ile birlikte verilmesidir.

- örtüaltı yetiştiricilikte ve meyvecilikte yaygın bir şekilde tercih edilir.
- Bu yöntemle gübreleme bitkilerin ihtiyaçlarını kontrollü olarak sağlar
- Bitkiler yeterli ve dengeli beslenirler
- sulama periyodlarına göre haftada bir defa ve hatta günlük uygulanabilir
- N,P,K+ ME uygun oranlarda ve miktarlarda bir arada uygulanabilir

Kullanılacak gübrelerin;

- Çözünürlükleri
- Karışabilirlikleri
- Cl yerine SO<sub>4</sub> içerenleri tercih edilmeli
- Mikro besinlerin **KLEYT** formları tercih edilmeli
- Çözünürlüğü kolay P kaynakları kullanılmalı

•Çizelge 11.15. Fertigasyonda kullanılan gübre kaynaklarının çözünürlükleri

Gübreler	20°C' de ve 100 L' de çözünen miktar (kg)	Çözünme süresi (dak)	Çözünmeden sonra çözeltilinin pH' ı	Çözünmeyen miktar (%)
Üre	105	20 <sup>(a)</sup>	9.5	yok
Amonyum nitrat	195	20 <sup>(a)</sup>	5.62	yok
Amonyum sülfat	43	15	4.5	0.5
Mono amonyum fosfat (MAP)	40	20	4.5	11
Diamonyum fosfat (DAP)	60	20	7.6	15
Potasyum klorür	34	5	7-9	0.5
Potasyum sülfat	11	5	8.5-9.5	0.4-4
Potasyum nitrat	31	3	10.8	0.1

(a) Çözeltilinin sıcaklığı 0°C ye kadar düşer bu da üre ile beraber çözülmeye çalışan diğer gübrelerin çözünürlüğünü azaltır.

•Çizelge 11.16. Gübrelerin birbirleriyle karıştırılabilirlik durumları

Gübre	Üre	AN	AS	KN	MAP	MKP	PN	PS	MS	FA
Üre		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Amonyum nitrat (AN)	+		+	+	+	+	+	+	+	+
Amonyum sülfat (AS)	+	+		-	+	+	-	+	+	+
Kalsiyum nitrat (KN)	+	+	-		X	X	+	-	+	X
Mono amon fosfat (MAP)	+	+	+	X		+	+	+	-	+
Mono pot fosfat (MKP)	+	+	+	X	+		+	+	-	+
Potasyum nitrat (PN)	+	+	-	+	+	+		+	+	+
Potasyum sülfat(PS)	+	+	+	-	+	+	+		+	+
Magnezyum sülfat (MS)	+	+	-	-	-	-	+	+		+
Fosforik asit (FA)	+	+	+	X	+	+	+	+	+	

+ Karışır, - Kısmen karışır, x Karışmaz

## Fertigasyon yöntemleri

- ◆ **1. Sürekli uygulama.** Gübre sulama başlangıcından bitişine kadar sabit oranda sulama suyuna karıştırılarak uygulanır (enjekte edilir).
- ◆ **2. Üç aşamalı sulama.** Toprak ıslanana kadar sulama yapılır sonra gübre sulama suyuna karıştırılmaya başlanır ve sulama tamamlanmadan önce gübrenin sulama suyuna enjeksiyonu durdurulur.
- ◆ **3. Oransal uygulama.** Sulama suyunun karıştırılacak gübre miktarı sulama suyunun debisi arasında orantı kurulur (1 L gübre/1000 L su) uygulanması gereken gübre miktarı bitkinin su tüketimine göre ayarlandığından, bitkinin su tüketiminin en fazla olduğu dönemde ihtiyaç duyduğu besin maddesi miktarı da arttığı için bu ihtiyaç gerçek anlamda karşılanmış olmaktadır.
- ◆ **4. Kalitatif uygulama.** Bu uygulamada her bir sulama bloğu için gerekli olan besin çözeltisi miktarı hesaplanır, böylece besin maddesi ihtiyaçları farklı olması muhtemel her bir blok ayrı ayrı gübrelenmiş olur.

## Fertigasyonun uygulanması

Fertigasyonun etkinliği sulama sisteminin etkinliğine bağlıdır.

Sulama sisteminde gübre konsantrasyonu 5 g l<sup>-1</sup> den fazla olmamalıdır.

Aşağıdaki eşitlikten **maksimum enjeksiyon oranını** belirlemek mümkündür.

Maksimum enjeksiyon oranı=  $(5 \times Q \times L)/(F \times 60)$

Burada; Q=Pompadan çıkan suyun debisi (L s<sup>-1</sup>)

L= Gübre tankının hacmi (L)

F= Gübre tankındaki gübrenin miktarı (g)

## Fertigasyondan beklenen faydayı sağlayabilmek için

bitkilerin günlük su tüketimlerini

besin maddesi tüketimlerini

yetiştirildikleri ortamın ozelliklerini dikkate almak gereklidir.

## Bitkilerin besin maddesi tüketimleri:

- bitkinin cinsi
- bitki popülasyonu
- iklim faktörlerine büyük olde bağlıdır.
- eşidi
- gelişme dönemi ve
- beklenen rn

## Fertigasyonun uygulandığı ortamların;

- Tamponluk ozellikleri (pH ve EC değişimlerine direnç)
- Fiksasyon güçleri BBM' nin yarayışlılığı açısından önemlidir

Azot kaynakları ve oranları;

- sulama suyu (pH < 7.5 olmalı)
- toprak (pH x iz element yarayışlılığı!!!!)
- yetişme ortamının pH' sını etkiler

K/NO<sub>3</sub>- oranı eşit olursa ortam pH' sında değişimler çok az olur

## Fertigasyonda sulama planı:

Sulama için günlük su tüketimi (evapotranspirasyon,  $ET_{bitki}$ ) mm gün-1

Açık su yüzeyinden buharlaşma ile kaybolan su miktarı  $ET_0$

Evapotranspirasyon katsayısı ( $K_{bitki}$ ) ile şu formüle göre belirlenir.

$$ET_{bitki} = K_{bitki} \times ET_0$$

•Çizelge 11.18. Bitkilerin değişik gelişim dönemlerinde evapotranspirasyon katsayıları ( $K_{bitki}$ )

Bitki	Dikim	Vejetatif dönem	Meyve tutumu	Olgunluk	Hasat	Tüm gelişim dönemi
T. Fasulye	0.30-0.40	0.65-0.75	0.95-1.05	0.90-0.95	0.85-0.95	0.85-0.90
Lahana	0.40-0.50	0.70-0.80	0.95-1.10	0.90-0.95	0.80-0.95	0.70-0.80
K. soğan	0.40-0.60	0.70-0.80	0.95-1.10	0.85-0.90	0.75-0.95	0.80-0.90
T. soğan	0.40-0.60	0.60-0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.80
Biber	0.40-0.50	0.60-0.75	0.95-1.20	1.00-1.15	0.95-1.10	0.70-0.80
Domates	0.40-0.50	0.70-0.80	1.05-1.25	0.80-0.95	0.60-0.65	0.75-0.90
Karpuz	0.40-0.50	0.70-0.80	0.95-1.05	0.80-0.95	0.65-0.75	0.75-0.85

Fertigasyonda yetiştirme ortamına uygulanan su yer çekimi ile hareket ederken suyun dağılımındaki homojenliğe bağlı olarak gübre de homojen bir şekilde dağılmaktadır. Suyula birlikte verilen gübre çözeltisinin toprakta köklerin yoğun bulunduğu derinliğe ulaşabilmesi (infiltrasyon) için geçen süre toprak tekstürüne bağlı olarak değişiklik gösterir.

# İnorganik Gübrelerin Tuz İndeksleri

Çizelge 11.19. Gübrelerin toprak tuzluluğuna etkisi

Gübreler	Besin mad. içeriği	Tuz indeksi*	Toplam besin**	Oransal tuzluluk***
Sodyum nitrat	16.5 N	100	16.5	100
Amonyum nitrat	35 N	104.7	35.0	49.4
Amonyum sülfat	21 N	69.0	21.0	53.7
Amonyak çözeltisi	82 N	47.1	82.0	9.4
Kalsiyum nitrat	11.9 N, 17 Ca	52.5	28.8	30.1
Üre	46 N	75.4	46.0	26.7
Diamonyum fosfat	21 N, 23 P	34.2	44	12.7
Monoamonyum fosfat	12 N, 27 P	29.9	39	12.7
Süperfosfat	7.8 P	7.8	7.8	16.5
Triple süperfosfat	19.6 P	10.1	19.6	8.5
Potasyum klorür	49.8 K	116.3	49.8	38.5
Potasyum nitrat	13 N, 38 K	73.6	51	23.6
Potasyum sülfat	45 K	46.1	45	17.0
Kalsiyum karbonat	40 Ca	4.7	40	1.90
Kalsiyum sülfat	23 Ca	8.1	23	5.80
Magnezyum oksit	60 Mg	1.7	60	0.50
Magnezyum sülfat	16 Mg	44	16	44.5

\* Tuz indeksi eşit ağırlıkta gübrenin ozmotik basınçta oluşturduğu artıştan hesap edilmiştir.

\*\* Toplam besin N, P, K, Ca, Mg toplamı olarak verilmiştir. Örneğin monoamonyum fosfatta  $12N+27P=39$  olurken, süperfosfat=7.8 olmuştur. Süperfosfattaki Ca bitkiye Ca kaynağı olarak düşünülmez.

\*\*\* Oransal tuzluluk birim bitki besininin ozmotik basınçta oluşturduğu artıştan hesap edilmiştir.

# İnorganik Gübrelerin Mikroelement İçerikleri

Çizelge 11.20. İnorganik gübrelerin mikroelement içerikleri (mg kg<sup>-1</sup>)

Gübreler	B	Cu	Mn	Mo	Zn
Amonyum sülfat	0.2-25	0-20	Eser-80	Eser-0.2	0-100
Amonyum nitrat	0.4-2.0	Eser-1.0	<5	0.1-0.3	1-5
Üre	0-10	0-4	1-10	-	0-50
Kalsiyum nitrat	Eser-90	1-20	1-10	-	<1.0
Sodyum nitrat	50-300	1-25	<1	0.1	1-10
Süperfosfat	3-15	10-60	10-200	Eser-10	70-500
Triple süperfosfat	Eser-200	30-200	0-200	3-20	0-100
Monoamonyum fosfat	10-100	10-100	30-200	2-10	30-200
Fosforik asit	<6	15-100	40-2000	100	1-300
Bazik slaj	20-1000	10-60	1000-50000	Eser-10	3-30
Ham fosfat	<50	1-30	10-200	Eser-20	5-300
Potasyum nitrat	1-2	Eser-30	Eser-8	-	<8
Potasyum sülfat	<30	1-10	Eser-50	0.1-0.3	0-6
Potasyum klorür	0-150	0-10	Eser-8	Eser-0.2	<3
Kalsiyum karbonat	<0.3	0-50	-	-	3-30



Çizelge 11.16. İnorganik gübrelerin çözünürlükleri (g 100 cm<sup>-3</sup> su)

Gübreler	Soğuk su	Kaynar su
Amonyum nitrat	118.3 (0)	871.0 (100)*
Amonyum sülfat	70.6 (0)	103.8 (100)
Kalsiyum nitrat	102.5 (0)	376.0 (100)
Üre	78.0	173.2 (100)
Monoamonyum fosfat	22.7 (0)	106.0 (70)
Diamonyum fosfat	57.5 (0)	156.0 (100)
Potasyum karbonat	112.0 (20)	56.7 (100)
Potasyum klorür	34.7 (20)	247.0 (100)
Potasyum nitrat	13.3 (0)	24.0 (100)
Potasyum sülfat	12.0 (25)	73.8 (100)
Potasyum ortofosfat	90.0 (20)	14.2 (55)
Monopotasyum fosfat	167 (20)	203.3 (100)
Magnezyum sülfat	26 (0)	111.2 (54)
Sodyum borat (Boraks)	1.6 (10)	48.6 (50)
Bakır sülfat	31.6 (0)	115.5 (100)
Mangan sülfat	105.3 (0)	
Demir sülfat	15.6	
Sodyum molibdat	56.2 (0)	

\* Parantez içindeki rakamlar gübrelerin çözüldükleri sıcaklıkları (°C) göstermektedir

# Mikrobiyolojik Gübreleme ve Uygulama Yöntemleri

- ◆ Mikrobiyolojik gübreleme, bazı mikroorganizmaların topraklara veya tohumlara aşılınmaları yoluyla dolaylı olarak bitkilerin özellikle azot olmak üzere bazı besin maddesi ihtiyaçlarının karşılanmasıdır.
- ◆ Pek çok toprakta azot fikse eden nodül bakterilerinin sayısı veya kalitesi yeterli olmamaktadır. Bu koşullarda toprak veya tohumun etkinliği yüksek olan rizobium kültürleriyle aşılması gereklidir.

## Kaliteli bir inokülant aşağıdaki özellikleri taşımalıdır:

- N fikse etme yeteneği iyi olmalıdır. Tek çeşit rizobium inokülantları daha etkili olmaktadır.
- İnokülantların canlılığı yüksek (>1 milyon tohum/10 000 canlı rizobium) olmalıdır
- Taşıyıcı ortamlar ambalaj paketinde rizobiumları korumalıdır.
- İnokülantlar, rizobiumlar haricindeki bakterileri içermemelidir.
- Ambalajlar rizobiumları canlı tutacak şekilde gaz alışverişini sağlamalı ve kurumayı önlemelidir
- Ambalajda kullanma kılavuzu bulunmalı ve kullanılacağı baklagil belirtilmelidir.
- Ambalajın saklanma şekli ve son kullanma tarihi ile üretici firmanın adı ve adresi belirtilmelidir.

İnokülantlar, tohum ve toprak uygulaması şeklinde iki tip hazırlanırlar.

## İnokülasyon ihtiyacının belirlenmesi

Uygulama*	Azot	İnokülasyon
F1	-	-
F2	+	-
F3	-	+
M1	-	-
M2	+	-
M3	-	+

\* F; normal verimlilik düzeyi, M; maksimum verimlilik düzeyi

13 F3	14 M1	15 M2	16 F1	17 M3	18 F2		19 M2	20 M1	21 F3	22 F2	23 M3	24 F1
1 F1	2 F3	3 F2	4 M2	5 M3	6 M1		7 F1	8 M3	9 M1	10 F2	11 M2	12 F3

Şekil 11.6. Baklagillerde inokülasyon ihtiyacının belirlenmesine ilişkin bir model deneme planı

Çizelge 11.22. İnokülasyon denemesinin yorumlanması

Sonuç	Açıklama
<b>İnokülasyon yapılmamış uygulama</b>	
1. Nodül yok. Bitkiler <b>sarı</b> .	Doğal rizobiumlar bitkinin azot ihtiyacını <b>karşılayamamış</b> .
2. Kök sisteminde çok sayıda küçük nodül. Bitkiler <b>sarı</b> .	Doğal rizobiumlar N fiksasyonu bakımından <b>etkisiz</b> .
3. Nodül yok. Bitkiler <b>yeşil</b> .	Toprakta yüksek mineral N. Doğal rizobiumlar nodül <b>oluşturamamış</b> .
4. Küçük nodüller. Bitkiler <b>koyu yeşil</b> .	Toprakta yüksek mineral N. Doğal rizobiumlar <b>etkili veya etkisiz</b> .
5. Fazla sayıda iri nodül. Bitkiler <b>koyu yeşil</b> .	Doğal rizobiumlar <b>etkili</b> . İnokülasyona <b>gerek yok</b> .
<b>İnokülasyon yapılmış uygulama</b>	
6. Azot uygulanmış-Nodüller küçük. Bitkiler <b>yeşil</b> .	Rizobiumlar etkili. <b>Azot uygulamasından dolayı nodüller aktif değil</b> .
7. Nodül yok. Bitkiler <b>yeşil</b> .	Uygun olmayan inokülant veya inokülanttaki rizobiumlar <b>cansız</b> .
8. Küçük nodüller ve bitkiler <b>koyu yeşil</b> renkli.	Toprakta yüksek düzeyde azot, <b>nodüller aktif değil</b> .
9. Nodüller iri, içleri kırmızı. Bitkiler <b>koyu yeşil</b> renkli.	<b>Doğal rizobiumlar etkisiz, inokülant oldukça etkili</b> .
10. İnokülasyon+azot uygulaması- Bitkiler sadece inokülasyon uygulamasına göre daha büyük ve <b>yeşil</b> . Nodüller küçük veya çok iri değil.	Rizobium yetersiz, daha etkili aşılama gerekli.
11. İlave P ve K uygulamasında yetiştirilen, gübrenememiş ve inoküle edilmiş bitkilerden daha iyi gelişmiş bitkiler.	Toprakta azot fiksasyonu için <b>P ve K yetersiz</b> .

## İnokülasyon yöntemleri

- Tohum aşılama (4-6g/1 kg tohum) (su ve şeker)
- Toprak aşılama (0.28-0.42 kg ha<sup>-1</sup>)

Çizelge 11.23. Değişik baklagil tohumlarının aşılamalarında kullanılması gereken inokülan ve su miktarı

Baklagil Çeşitleri	1 kg tohum adedi	İnokülan (g 25 kg <sup>-1</sup> tohum)	Su (ml 25 kg <sup>-1</sup> tohum)	İnokülan çözeltisi (ml 25 kg <sup>-1</sup> tohum)
<i>Trifolium repens</i>	2000000	110	625	750
<i>Medicago sativa</i>	500000	110	550	650
<i>Coronilla varia</i>	250000	110	550	650
<i>Vigna radiata</i>	25000	110	500	550
<i>Vigna unguiculata</i>	10000	110	375	437
<i>Glycine max</i>	5000	110	250	287
<i>Cicer arietinum</i>	2000	110	250	287
<i>Vicia faba</i>	1250	110	175	200

- ◆ Rizobiumları asit koşullardan korumak için aşıldandıktan sonra kireç ile kaplanmalıdır.

## Toprak aşılanmasının tercih edileceği durumlar;

- toksik özellikte olan ilaçlar ile kaplanmışsa,
- ekim işlemleri sıcak ve kurak dönemlerde yapıyorsa
- topraklarda etkin olmayan rizobium populasyonları baskın ise

## Rizobiumlara toksik oldukları bilinen fungusitler

- ◆ Captan N-trichloromethylthio-4-cyclohexene-1, 2-dicarboximide
- ◆ Carboxin 5, 6 dihydro-2-methyl-N-phenyl-1,4 oxathiin-3-carboxamide
- ◆ Chloranil 2, 3, 5, 6 tetrachloro-1,4 benzoquinone
- ◆ PCNB pentachloronitrobenzene
- ◆ Thiabendazole “Tecto” 2-(4' thiazolyl)-benzimidazole
- ◆ Thiram tetramethyl-thiuram-disulphide

- ◆ İnsektisitler ve herbisitler doğrudan tohumla uygulanmadıkları için fungusitlere göre olumsuz etkileri genel olarak daha azdır.

# YAPRAKLARDAN BESİN MADDELERİNİN ALINMASI

## Stomalar ile alım

Stomalar bitki ile atmosfer arasında gaz alışverişi ( $\text{CO}_2$  ve  $\text{O}_2$ ) sağlar

- sukulent (KAM) çeşitlerde 20,
- tek yıllık bitkilerde 100-200 ve
- ağaçlarda 800' den fazla **stoma bulunur.**

Stomaların sayısı genel olarak yaprakların **alt yüzeylerinde daha fazladır.**

Hava kirliliğinin temel unsurları olan gazlar (SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> ve NO<sub>2</sub> gibi) stomalar aracılığıyla kolaylıkla alınarak yapraklarda mobilize olabilmektedir.

? kimi zaman bitki gelişimini **engellemekte**, kimi zaman da **motive** etmektedir.

**Çizelge 5.1.** Nitrat içeren bir toprakta 33 günlük süreyle yetiştirilen İtalyan çiminin gövde kuru ağırlığı, azot içeriği ve atmosferdeki NH<sub>3</sub>-N' dan aldığı N miktarı

Atmosferde NH <sub>3</sub> konsantrasyonu (µg m <sup>-3</sup> )	Kuru ağırlık (g saksı <sup>-1</sup> )	Toplam-N (% kuru madde)	Atmosferdeki NH <sub>3</sub> ' tan sağlanan toplam-N (mg saksı <sup>-1</sup> )
14	6.4	0.89	8
123	7.8	1.14	42
297	9.0	1.47	121
498	10.2	1.92	230
709	10.7	2.80	341



## ◆ Stomalardan salınma

Stomaları aracılığı ile atmosfere;

- 📖 çeltik bitkisi 100 günlük bir zaman diliminde 15 kg N ha<sup>-1</sup> azot
- 📖 buğday bitkisi ise
  - ◆ →süt olumu döneminde 60-120 ng NH<sub>3</sub>-N m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>
  - ◆ →olgunlaşma döneminde 100-200 ng NH<sub>3</sub>-N m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>
  - ◆ →toplam 2.8 ile 4.4 kg ha<sup>-1</sup> arasında NH<sub>3</sub> salabilmektedir.

◆ Bitkiler uçucu S bileşiklerini de stomalar aracılığıyla atmosfere salabilir.

## ◆ Stomalar ile Madde Alımı

### ◆ Kütikula tabakasının yapısı ve fonksiyonu

◆ Yaprak yüzeyinden madde alımını epidermal hücrelerin dış duvarları engeller.

- ◆ **Kütikula tabakasının özellikleri;**
  - Kütikula, kütin ve uzun zincirli yağ asitleri karışımından meydana gelir.
  - • Dış ve iç yüzeylerde kimyasal ve fiziksel özellikleri farklılık gösterir.
  - • Dış yüzeydeki su geçirmez, iç yüzeydeki ise su geçirme özelliğine sahiptir.
  - • Epidermal duvarların kütinleşmiş tabakaları normalde çok daha kalınlaşmıştır.
- ◆ **Kütikula tabakasının görevleri;**
  - ▶ yaprakları transpirasyon ile aşırı su kaybından korumak ve
  - ▶ yapraklardan yağmur suları ile org + inorg maddelerin yıkanmasını engellemek
- ◆ Düşük molekül ağırlıklı maddeler (şeker, mineral maddeler) yaprağın içine kütikuladaki hidrofilik boşluklardan girer.
- ◆ Suyun kütikuladan evaporasyonu da bu boşluklarda gerçekleşir.
- ◆ Kütikulada bulunan boşluklardan;
  - \* çapı küçük (0.44 nm) maddelerin (üre gibi) geçişi **kolayken**
  - \* sentetik şelatlar (Fe EDTA) gibi moleküllerin geçişi **imkansızdır.**
- ◆ Kütikulanın dışından içine doğru (boşluklarda) **negatif yükler yoğunlaşmaktadır.**
- ◆ Dolayısıyla boşluklardan **kasyonların geçişi anyonlara göre daha kolaydır.**

- ◆ Yaprak gübrelere kütikulanın **YÜZEY BASINCINI** azaltacak maddeler eklendiği takdirde, çözelti boşluklardan içeri girmeye zorlanır.
- ◆ Yapraklara püskürtülen çözeltilerin, **epidermal ve koruyucu hücrelerin kütikulasından absorbe** edildiği söylenebilir.
- ◆ Suda çözünmüş maddelerin kütikula tabakasını geçmesi, **ektodezmata** denilen kanallar yoluyla olur.
- ◆ Yapraktaki stoma sayısı ve dağılımı ile iyon absorpsiyonu arasında **pozitif ilişki** vardır.
- ◆ Geceleri stomalar kapalı, gündüzleri açık olmalarına karşın püskürtme çözeltisinden İyonların absorpsiyonu **geceleri >> gündüz**
- ◆ **Özetle;** kütikulanın **strüktürü ve fizikokimyasal özellikleri nedeniyle, pek kolay olmamakla birlikte yapraklar** üzerlerine püskürtülen çözeltiler içerisindeki bitki besin maddelerini **absorbe etme yeteneğindedirler.**

- ◆ Bu özellik, tarımda yaprak gübrelemesi pratiğinin gelişmesine neden olmuştur.
- ◆ Bitkileri yaprakları yoluyla besleme uygulamalarına başvurulmasının **en önemli nedeni**, bazı koşullarda topraktan besin alınmasında bitkilerin karşılaştıkları **zorluklardır**.
- ◆ **Pratik tarımda bitkileri bütünüyle yaprak yolu ile besleyerek olgunluğa eriştirmek mümkün olmadığı gibi ekonomik te olmaz.**

## ◆ Yapraktan Besin Maddesi Absorbsiyonunu Etkileyen İç ve Dış Faktörler

Yapraktan besin absorpsiyonu, köklerde olduğu gibi,

- çözeltinin iyon konsantrasyonu,
- iyon değeri,
- sıcaklık gibi birtakım **dış faktörlerle**,
- bitkinin metabolik aktivitesi gibi **iç faktörlerin** etkisi altında cereyan eder.
- yapraklarla iyon absorpsiyonu << köklerle iyon absorpsiyonu olması
- bitkilerin beslenme durumları
- yaprağın yaşı (yaşlı yapraklardan absorpsiyon az !) Neden?
  - ◆ Metabolik aktivitedeki gerileme,
  - ◆ kütikula tabakasının kalınlaşması,
  - ◆ yaprak hücrelerine besin temin eden apoplastlarda besin iyonları miktarının yükselmesi bu nedenlerden bazılarıdır.
- Işık, köklerden absorpsiyonun tersine olarak, yapraklardan besin absorpsiyonunu stimüle etmekle birlikte pratikteki durum farklı olabilir (**fazla ışık=fazla sıcaklık**)
- **Çözünürlüğü ve higroskopisitesi yüksek** tuzlardan ışık altında iyonların absorpsiyonları, **çözünürlüğü ve higroskopisitesi düşük** olan tuzlara göre **daha fazla** olmaktadır.

# ◆ Yaprak Gübrelenmesinin Pratikteki Önemi

- ◆ Yapraktan besleme oldukça hızlı bir yöntem olduğundan
- ◆ noksanlığın hızlı bir şekilde giderilmesinde, yaprak gübrelenmesi iyi ve tercih edilecek bir yöntem oluşturmaktadır.
- ◆ özellikle demir, çinko gibi mikrobesein maddelerinin topraktan alınmalarını güçleştiren veya olanaksız kılan;
  - yüksek pH,
  - aşırı kireç gibi özelliklere sahip topraklarda yaprak gübrelenmesi yine tercih edilecek bir yöntem oluşturmaktadır.

# ◆ Yaprak gübrelemesinin etkinliğini azaltan faktörler

- ◆ kütikula tabakasının kalınlığı
  - ◆ yağış nedeniyle gübre çözeltisinin yaprak yüzeyinden yıkanması,
  - ◆ çözeltinin yaprak yüzeyinde hızlı kurumması nedeniyle absorbe edilememesi,
  - ◆ bazı besin maddelerinin (örneğin Ca) diğer organlara taşınmasındaki güçlükler,
  - ◆ yapraklarda oluşacak yanma ve nekroz oluşumu gibi zararlanmalar,
  - ◆ püskürtme çözeltisinin besin konsantrasyonu ( %1 genel, üre % 10)
- ◆ Düşük pH' lı yaprak gübrelerinde, püskürtmeden sonra görülebilen zararlanmalar daha az olmaktadır. Silikon esaslı yayıcıların kullanılması da yaprak zararlanmalarını azaltır.

# ◆ Yaprak gübreleri ve yaprak gübrelemesinin avantajları

- ◆ pH' sı yüksek (kireçli) topraklarda mikroelement beslenme sorunu olan yerlerde
- ◆ Asit topraklarda görülen Mo noksanlığının kontrolünde
- ◆ Su azlığı nedeniyle kök gelişiminin sınırlandığı durumlarda
- ◆ meyve döneminde kök gelişimi sınırlanınca (çiçek dibi çürüklüğü, acı benek)
- ◆ genellikle hastalık ve zararlılara karşı kullanılan ilaçlarla birlikte uygulanabilmesi



# AZOT

## Toprakta Azot

- Doğada oldukça hareketlidir
- Noksanlığı yaygındır.
- Baklagiller kendi N ihtiyaçlarını karşılayabilirler (% 75 oranında)
- Atmosferde N<sub>2</sub> formunda fazlaca bulunur (Fiks, Gübre End. Elekt. Deşarj)
  - Topraklarda çok az bulunur (< % 0.1)



# • Azot fiksasyonu

1) Abiyolojik

2) Biyolojik (a- Simbiyotik      b- Asimbiyotik)

• N fiksasyonu =  $100-175 \times 10^6$  ton ( $90 \times 10^6$  tonu rizobium)/yıl

• Dünyada toplam N' lu gübre tüketimi  $80 \times 10^6$  ton/yıl

## • Fikse edilen azot miktarı;

- toprak pH' sı
- toprak sıcaklığı
- bitkinin beslenme durumu
- su rejimi
- bakterinin etkinliği veya uygunluğu gibi faktörlere **bağlıdır**

Bitki		Fikse edilen azot miktarı (kg N ha <sup>-1</sup> yıl <sup>-1</sup> )
<b>Yemelik baklagiller</b>		
Calapo	<i>Calopogonium mucunoides</i>	370-450
Bakla	<i>Vicia faba</i>	45-552
Güvercin bezelyesi	<i>Cajanus cajan</i>	168-280
Börülce	<i>Vigna unguiculata</i>	73-354
Kudüs bezelyesi	<i>Vigna mungo</i>	63-342
Guar	<i>Cyanopsis tetragonoloba</i>	41-220
Soya	<i>Glycine max</i>	60-168
Nohut	<i>Cicer arietinum</i>	103
Mercimek	<i>Lens culinaris</i>	88-114
Yerfıstığı	<i>Arachis hypogea</i>	72-124
Bezelye	<i>Pisum sativum</i>	52-77
Fasulye	<i>Phaseolus vulgaris</i>	40-70
<b>Yemlik baklagiller</b>		
Kene üçgülü	<i>Desmodium intortum</i>	897
Sesbania	<i>Sesbania cannabina</i>	542
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	74-584
Centro	<i>Centrosema pubescens</i>	126-398
Yonca	<i>Medicago sativa</i>	229-290
Yeraltı üçgülü	<i>Trifolium subterraneum</i>	207
Ladino üçgülü	<i>Trifolium repens var. gigantea</i>	165-189
Ak üçgül	<i>Trifolium repens</i>	128
Stylo	<i>Stylosanthes spp.</i>	34-220
Tüylü fiğ	<i>Vicia villosa</i>	110
Kudzu fasulyesi	<i>Pueraria phaseoloides</i>	99

## Baklagil bitkilerindeki nodüllerin;

- büyüklüğü (çimlenmeden 10-28 gün sonra gözle görülebilir)
- şekli ● rengi
- yapısı ve ● bulunduğu yer **değişiklik gösterir**

- Toprakta **aşırı azot** varsa nodül oluşumu **gecikebilir**
- Etkili nodüller ana ve yan kökler üzerinde olur (büyük ve içleri koyu **kırmızı** renklidir)
- Etkili olmayan nodüller fazla gelişemezler ve içleri beyaz veya **açık yeşildir**
- Nodülasyon kontrolü için uygun zaman **çiçeklenmenin maksimum** olduğu dönemdir

Çizelge 12.2. Değişik baklagiller için uygun bakteri çeşitleri

Bakteri Çeşitleri	Baklagil Çeşitleri
R. meliloti	Yonca, Taş yoncası, çemen
R. trifolii	Üçgül türleri
R. leguminosarum	Bezelye, bakla, Mürdümük, Mercimek
R. faseoli	Fasulye
R. lupini	Acı bakla
R. japonicum	Soya, Börülce

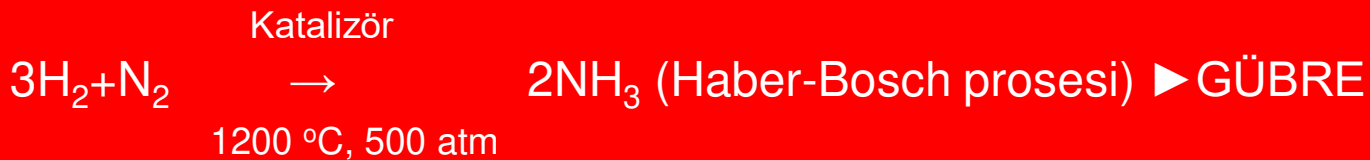
## Asimbiyotik azot fiksasyonu;

- 1) serbest yaşayan bir grup bakteri ( Azotobakter, Beijerinckia, Spirillum ve Enterobakter cinsleri
- 2) mavi yeşil algler (Nostok ve Anabaena Azolla-Anabaena) ► ıslak alanlar

## • Atmosfer olayları ve endüstriyel olarak atmosferden azot fiksasyonu

• Atmosferde; endüstri, toprak ve elektriksel deşarj kaynaklı azotlu bileşikler yağışlarla ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  ve organik azot formunda) yer yüzüne inmektedir.

• Azotlu gübre üretiminde hammadde atmosferdeki azottur.



- **Toprakta azot formları**
- **Topraklarda N < % 0.02 (organik + inorganik)**  
{önemli inorganik azot formları →  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NO}_2^-$  (toplam N' un % 2-5 i) }
- **Topraktaki azot formları Gübre ve OM kaynaklıdır**
- **Organik toprak azotu;**  
(proteinler, aminoasitler, amino şekerler ve diğer kompleks azotlu bileşiklerdir)
- **Toprak azotu;**
  - % 20-40 aminoasitlerin bünyesinde
  - % 5-10 amino şekerlerin bünyesinde
  - % 1' den az da pürin ve primidinlerin bünyesinde bulunur

## Bitkiler tarafından absorbe edilen azot formları

$\text{NH}_4^+$  ve  $\text{NO}_3^-$

Bitkide  $\text{NO}_3^-$  miktarı  $\gg$   $\text{NH}_4^+$  miktarı

Bitkilerin azot formu tercihleri;

- bitki çeşidi
- yaşı ve
- bazı çevre faktörlerine bağlıdır

▶ Her iki azot formunu kullanan bitkiler; tahıllar, mısır, şeker pancarı ve çeltik

▶  $\text{NO}_3^-$  tercih eden bitkiler domates, patates gibi sebzeler ve tütün

Azot formları değişik oranlarda alınırsa daha iyi sonuçlar verir

### Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) alımı;

- Düşük pH' da iyidir
- Organik anyon miktarı ile
- Ca, Mg ve K' un absorpsiyonunda artışa sebep olur

### Amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) alımı;

- Yüksek pH' da iyidir
- Organik anyon miktarı ile
- Ca, Mg ve K' un absorpsiyonu **AZALIR**ken
- $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  ve Cl absorpsiyonu **ARTAR**

$\text{NH}_4^+$  asimilasyonunda gereksinilen enerji  $<$   $\text{NO}_3^-$  asimilasyonunda gereksinilen

# • Toprakta azotun transformasyonları

- Bitkilere yararlı  $\text{NH}_4^+$  ve  $\text{NO}_3^-$  miktarı;
  - uygulanan azotlu gübre miktarı ve
  - organik toprak azotunun mineralizasyon derecesine bağlıdır

- Mineralizasyon için;

- toprak sıcaklığı
- nem ve
- oksijene uygun olmalıdır

## – Aminizasyon:

- Toprak org. N
  - (Proteinler vs.)
  -
- $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$
- Bakteri      R-NH<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub> + Diğer Ürünler      + Enerji
- Mantar      (Aminler)      (Aminoasit ve üre)





## Amonifikasyon:



- Nitrifikasyon ( $NO_2^-$  ve  $NO_3^-$ )

- bitkiler tarafından alınabilir

- heterotrofik organizmalar kullanabilir

- kil mineralleri tarafından fikse edilebilir

-  $N_2$  olarak atmosfere salınabilir

Toprak OM'si ~ % 5 N içermektedir

Her yıl bu azotun % 1-4' ü mineralize olmaktadır.

- **N immobilizasyonu:**

İnorganik azotun ( $\text{NH}_4^+$  veya  $\text{NO}_3^-$ )  $\rightarrow$ organik azota dönüştürülmesidir

\*\*\*C/N oranı tayin eder

- C/N oranı  $\gg$  ise topraktaki mevcut  $\text{NH}_4^+$  ve  $\text{NO}_3^-$  tüketilir
- C/N oranı  $> 30/1 \Rightarrow$  immobilize olur
- C/N oranı  $= 20-30 \Rightarrow$  immobilizasyon/mineralizasyon
- C/N oranı  $< 20 \Rightarrow$  mineralizasyon



## • **Nitrifikasyon:**

Amonyumun biyolojik oksidasyonla nitrata yükseltgenmesidir

İki aşamada gerçekleşir

- Birinci aşamada Nitrosomonas bakterileri vasıtasıyla  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  e,
- İkinci aşamada ise  $\text{NO}_2^-$  nitrobakterler vasıtasıyla  $\text{NO}_3^-$  a yükseltgenir.



Nitrosomonas



Nitrobakter



-Nitrifikasyon iyi havalandırılan topraklarda gerçekleşir

-Nitrat topraklarda çok hareketlidir ve kolay yıkanır

-Yıkanmayı önleyebilmek için nitrifikasyon engelleyici bileşikler kullanılır

- ◆ N-Serve ◆ Potasyum azid ◆ Terrazol ◆ Disiyandiamid

VS..



Çizelge 12.3. N-Serve' in 150 ppm NH<sub>4</sub>-N' u uygulanmış bir toprakta zamana bağlı olarak nitrifikasyon oranına etkisi

Uygulamadan sonra geçen süre (gün)	Nitrifikasyon oranı (%)	
	- N-Serve	+ N-Serve
14	38.6	4.7
28	85.4	11.1
42	87.5	19.7

### Nitrifikasyonu etkileyen faktörler;

- Topraktaki NH<sub>4</sub> konsantrasyonu
- Topraktaki O<sub>2</sub> miktarı ve
- Nitrifikasyon bakterilerinin popülasyonu
- Toprak pH' sı
- Toprak sıcaklığı
- Toprak nemi

### Denitrifikasyon:



### Denitrifikasyonu etkileyen faktörler;

- Organik madde
- Toprak pH' sı
- Nem
- Toprağın NO<sub>3</sub> kapsamı
- Sıcaklık
- Havalanma

# Bitkide Azot

## Bitkilerde azot asimilasyonu

Bitkide % 2-4 oranında N bulunur

Bitkide N; aminoasitler, proteinler ve nükleik asitler şeklinde bulunur

$\text{NO}_3$  ve  $\text{NH}_4$  azotunun her ikisi de alınır ve metabolize edilir.

Bitkiler temelde nitrat azotu ile beslenirler

Kökler tarafından alınan  $\text{NH}_4$  köklerde organik bileşiklere dönüşür

$\text{NO}_3$  ise;

- köklerin vakuollerinde
- gövdede ve
- depo organlarında birikebilir

Vakuollerde akümüle olan  $\text{NO}_3$ ,

- bitkide katyon-anyon dengesi ve
- özellikle de sebzelerin kaliteleri yönünden büyük önem taşır
- organik strüktürlere dahil olabilme ve
- temel fonksiyonlarını yerine getirebilmek için  $\text{NH}_3$ ' a indirgenmek zorundadır
- asimilasyonu C asimilasyonuna benzer

# • Nitrat indirgenmesi ve asimilasyonu



- \*\*Nitrat redüktaz (NR) ve
- \*\*Nitrit redüktaz (NiR) enzimleri bu indirgenmeyi sağlar
- Nitrat redüktaz enzimi 3 prostetik gruptan oluşur;
  - Flavin Adenin Dinükleotid (FAD)
  - Sitokrom 557 (Cyt c) ve
  - Molibden kofaktör (MoCo) prostetik gruplarıdır.
- \*\*\*Nitrat redüktaz Sitoplazmada bulunur



- Nitrit redüktaz ise;
  - yaprakların kloroplastlarında
  - köklerin proplastidlerinde ve
  - diğer yeşil olmayan dokularda yer almaktadır
- Bitkide **nitrit akümüle olması** çok nadir görülür
- C3 ve C4 bitkileri arasında farklılıklar vardır
- NR' in yarı ömrü kısadır

## NR enzim aktivitesi;

- Ortamdaki  $\text{NO}_3$  konsantrasyonuna
- Bitkinin Mo beslenme durumuna
- Ortamdaki ağır metal (özellikle W) mevcudiyetine
- Çevresel faktörlere (özellikle ışıklandırma hem NR' yi hem NIR' i etkiler)
- Fitohormonlara (sitokinin  $\uparrow$  ABA  $\downarrow$ )
- $\text{NH}_2\text{-N}$  bulunup bulunmamasına
- Genetik özelliklere bağlıdır

**Çizelge 12.4.** Buğday yaprak segmentlerinde nitrat redüktaz aktivitesine molibdenin etkisi

Mo uygulaması ( $\mu\text{g bitki}^{-1}$ )	Yaprak segmentlerine ön Mo muamelesi ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	Nitrat redüktaz aktivitesi ( $\mu\text{mol NO}_2^- \text{ g}^{-1}$ taze ağırlık)	
		24 saat sonra	70 saat sonra
0.005	0	0.2	0.3
0.005	100	2.8	4.2
5.0	0	-	8.0
5.0	100	-	8.2

**Çizelge 12.5.** Besin çözeltisindeki Mo ve W' in değişik kombinasyonlarında iki marul çeşidinin nitrat içeriğindeki değ

Uygulamalar ( $\mu\text{M}$ )		$\text{NO}_3$ ( $\text{mg kg}^{-1}$ taze ağırlık)	
		Çeşitler	
Mo	W	Berlo	Kirsten
0.2	0	2737	2519
0	20	3155	2731
0.2	20	3112	2513
0.6	0	2710	2652
0	60	4200	3447
0.6	60	4032	3270
1.8	0	3123	2649
0	180	6537	4543
1.8	180	4941	4214

- **Bitkide  $\text{NO}_3$**  ; ● köklerde ve ● gövdede (yeşil dokularda) indirgenir
- **Köklerde veya gövdede indirgenen nitratin oranı;**
  - bitkinin nitrat ile beslenme durumu ( $\downarrow$  ise köklerde)
  - bitki çeşidi
  - bitkinin yaşı
  - mineral beslenme durumu ve
  - bitkilerin karbon ekonomisi gibi faktörlere bağlıdır.



- Ayrıca köklerde nitratin indirgenme oranı şu faktörlere bağlıdır;
  - Bitki çeşidine
  - $\text{NO}_3$  ile alınan katyonlar ( $\text{K}^+\text{NO}_3$  gövdeye taşınır,  $\text{Ca}$  veya  $\text{Na}^+\text{NO}_3$  kökte ind.)
  - Sıcaklık
  - Bitkinin yaşı
- Nitratin indirgenmesi ve asimilasyonunda **enerji** gereksinilir
- İndirgenme köklerde ise enerji ihtiyacı artar



•Köklerde indirgenmede enerji **kök solunumundan** sağlanır

Burada çıkan enerjinin % **23'** ü tüketilir

Bunun % 5' i  $\text{NO}_3$  absorpsiyonu

% 15' i  $\text{NO}_3$  indirgenmesi

% 3' ü de asimilasyonda kullanılır

Yapraklarda indirgenmede enerji **fotosistem I** ve **fosforilasyon** yoluyla sağlanır

Burada çıkan enerjinin % **14'** ü tüketilir

Işık az olduğunda  $\text{NO}_3$  indirgenmesi ile  $\text{CO}_2$  asimilasyonunda **rekabet olur**

Yaprak yaşı NR' yi etkiler (**Yaşlı yapraklarda  $\text{NO}_3$  birikir**)



NO<sub>3</sub> uygulama zamanı bitkinin beslenmesini önemli derecede etkiler  
Yeşil yapraklarda ışık intensitesi ↑ NO<sub>3</sub> indirgenmesi ↑  
(Işıklanma etkisi)



**Çizelge 12.6.** Saat 9:00 dan 18:00 e kadar olan ışık periyodunda ıspanak bitkisinin nitrat içeriğindeki değişimler

Zaman	Nitrat azotu içeriği (mg kg <sup>-1</sup> taze ağırlık)	
	Yaprak ayası	Yaprak sapı
8:30	228.2	830.2
Aydınlık 9:30	166.6	725.1
Aydınlık 13:30	100.8	546.0
Aydınlık 17:30	91.0	504.0
18:30	106.4	578.2

**Yaprak aksamaları (aya/sap) olarak NO<sub>3</sub> dağılımı farklılık gösterir**

**Çizelge 12.7.** Değişik düzeylerde kalsiyum amonyum nitrat (KAN) ve üre' nin ıspanak bitkisinin yaprak ayası ve yaprak sapının nitrat azotu (NO<sub>3</sub>-N) içeriğine etkisi

Azot Düzeyleri (kg da <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg kg <sup>-1</sup> taze ağı.)			
	Yaprak ayası		Yaprak sapı	
	KAN	ÜRE	KAN	ÜRE
0	1114	1045	6265	6268
7.5	2935	2301	16817	15158
15	3765	3283	20605	18730
30	4119	3932	21802	20328
60	4891	3137	23188	19755

- Bitki bünyesinde biriken  $\text{NO}_3$  karbonhidratlar gibi **ozmotik regülasyonda** kullanılır
- Bitkiler yüksek miktarlarda  $\text{NO}_3$  biriktirebilir (**özellikle ışık az ise**)
- Bitkiler ozmotik regülasyon amacıyla  $\text{NO}_3$  gibi Cl' da biriktirirler (**N ekonomisi !!!**)
- İndirgenmiş N ( $\text{NH}_2\text{-N}$ ) benzer görevi yapar

**Çizelge 12.8.** Klor içeren ve içermeyen besin çözeltilerinde nitrat azotunun kısmen indirgenmiş azot bileşikleri ile yer değiştirilmesinin soğan bitkisinin  $\text{NO}_3\text{-N}$ , toplam-N ve  $\text{NO}_3\text{-N}$ ' un toplam-N içindeki oranına etkisi

Uygulamalar	$\text{NO}_3\text{-N}$ % kuru ağırlık		Toplam-N, %		$\text{NO}_3\text{-N}$ toplam-N' un %' si	
	-Cl	+Cl	-Cl	+Cl	-Cl	+Cl
Referens (%100 $\text{NO}_3$ )	2.29	1.39	6.20	5.66	36.7	24.5
(%80 $\text{NO}_3$ +%20 Karışık aminoasit)	1.60	1.19	7.21	8.00	22.3	14.8
(%80 $\text{NO}_3$ +%20 Üre)	2.20	1.66	7.58	7.51	29.0	22.1
(%80 $\text{NO}_3$ +%20 Glisin)	2.11	1.50	7.84	6.70	26.0	22.3

- **NO<sub>3</sub> asimilasyonunu gövdede gerçekleştiren bitkiler;**
  - ● sitoplazmada organik asit anyonları sentezleyip vakuollerde depolayarak
  - ● kation-anyon dengesini sağlar ve
  - ● hücre içi pH' yı dengede tutar



## Aşağıdaki mekanizmalarla fazla ozmotik moleküller uzaklaştırılabilir;

- Aşırı miktarlarda bulunan ozmotik moleküller **inaktif hale getirilir**. (Örn.  $\text{NO}_3$  indirgenmesine karşılık okzalik asit sentezlenir ve okzalik asit kalsiyum okzalat şeklinde çöker.
- İndirgenmiş azotlu bileşikler (aminoasitler, amidler) floemde mobil olan katyonlar (K, Mg gibi) ile beraber **büyümekte olan kısımlara gönderilir**.
- Organik asit anyonları (malat gibi) potasyum ile beraber köklere gönderilir ve dekarboksilasyondan sonra köklerden **anyon ( $\text{OH}^-$  veya  $\text{HCO}_3^-$  gibi) salgılaması gerçekleşir**.

## Amonyum asimilasyonu

- $\text{NO}_3^-$ ' ün tersine  **$\text{NH}_4^+$  ve  $\text{NH}_3$  toksiktir**
- $\text{NH}_3$  (suda çözünmüş)  $\rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$
- $\text{NH}_4^+$  ve  $\text{N}_2$  asimilasyonda temel aşama olan aminoasitlere ve amidlere dönüşümü ve
- Fazla  $\text{NH}_4^+$ ' un pH' sı düşük olan vakuollerde depolanması ile

**Toksiklik önlenir**

Aminoasitlere ve amidlere dönüşüm sırasında **köklerden  $H^+$  salgılanır**

Gövdeden  $H^+$  salgılanmadığından alınan  $NH_4$  büyük oranda köklerde asimile edilerek ksilem aracılığıyla gövdeye taşınır

Çeltik vb bitkilerde  $NH_4$  taşınarak gövdede asimile edilir

Köklerde  $NH_4$  asimilasyonu için karbon ihtiyacı artar

**$NH_4$  ile beslenen bitkilerde C ihtiyacı >>  $NO_3$  ile beslenen bitkiler**





**Çizelge 12.9.** Bazı bitki türlerinde depolanan ve uzun mesafe taşınımında önemli olan küçük molekül ağırlıklı organik azotlu bileşiklerin formları

<b>Bileşik</b>	<b>Bitki türü</b>
Glutamin, asparagin	<i>Graminea</i>
Glutamin	<i>Ranunculaceae</i>
Asparagin	<i>Fagaceae</i>
Arginin, glutamin	<i>Rosaceae</i>
Prolin, alantoin	<i>Papilionaceae</i>
Betain	<i>Chenopodiaceae</i>

- $\text{NH}_4$  asimilasyonunu (kök, nodül, yaprak) katalizleyen enzimler **glutamin sentetaz** ve **glutamat sentaz**dır
- Bu enzimler;  
köklerde, kloroplastlarda ve  $\text{N}_2$  fikse eden mikroorganizmalarda bulunur
- **glutamat sentaz (GOGAT)** ve **glutamat dehidrogenaz** da  $\text{NH}_4$  asimilasyonunu katalizler



# Aminoasit ve protein biyosentezi

- Glutamat ve glutamin **temel aminoasitler**dir
- Bitkilerde 200' den fazla aminoasit bulunur, % 20' si protein sentezine katılır
- Aminoasitlerin amino grubunun diğer karbon iskeletlerine taşınımı (**transaminasyon reaksiyonu**) **amino transferazlar** aracılığıyla katalizlenir. Bu enzimlere **transaminazlar** da denilir.



## Aminoasitlerdeki yapı farklılığı;

\*Fotosentez

\*Glikolizis

\*Trikarbon asit döngülerinden kaynaklanır



Protein biyosentezinde aminoasitler peptid bağlarıyla ( $R_1\text{-CO-NH}_2\text{-R}_2$ ) aşağıda gösterildiği şekilde bağlanırlar.



- Polipeptid olan proteinler 100' den fazla aminoasitten meydana gelirler
- Proteinlerdeki aminoasitlerin sıralanışı genetik bilgiler tarafından belirlenir
- Proteinlerin oluşmasında aminoasitler çift sıra şeklinde sıralanırlar

- Protein biyosentezini bitkinin mineral beslenme durumu etkiler

- Ribozomların protein biyosentezini iki değerlikli katyonlar (özellikle  $Mg^{+2}$ ) etkiler
- Mg ATP tarafından aminoasitlerin aktivasyonunda da gereklidir
- K' a peptid zincirlerinin uzamasında ihtiyaç duyulur
- Zn RNA polimerazın metal komponentidir
- Fe ise ribozomların bütünlüğü için gereklidir.



- Bitkiler diğer canlilar gibi organik azot (üre gibi) **salgılayamaz**
- Bitkiler yüksek miktarlarda **NO<sub>3</sub> biriktirirler**
- Ancak organik bağlı azotu tekrar nitrata **oksitleyemezler**
- Proteinler **remobilize olarak bitkide taşınabilirler** (Amino asit ve amid halinde)



- Amin ve poliaminlerin biyosentezi aminoasitlerin dekarboksilasyonu ile gerekleŒir
- Aminler biyomembranların lipid fonksiyonlarının komponentleridir
- Poliaminler sekonder mesaj taŒıyıcılar ve membranların koruyucularıdır
- Poliaminler polivalent katyonlar olup iki veya daha fazla amino grubu içerirler
- Poliaminlerin sentezlenmesini arginin aminoasidi sağlar
- **Önemli Poliaminler;** Putresin kadaverin, spermidin ve spermin dir
- AŒırı  $\text{NH}_4$  ve az K ile beslenen bitkilerin meristematik dokularında poliaminler fazla bulunur





## Poliaminler;

- hücre bölünmesi
- embriyogenesis
- yaşlanmayı geciktirme (asit proteinazı inhibe ederek)
- çiçeklenme
- etilen biyosentezinde
- membran stabilitesinde **önemli fonksiyona sahiptir**

## Küçük molekül ağırlıklı organik azotlu bileşikler

(Poliaminler, betain, glisin betain, sistein, amino asitler) **bitkilerin tuz, ağır metal, kuraklık, sıcaklık vb çevresel stres koşullarına adaptasyonunda oldukça önemlidir**

Protein özelliğinde olmayan aminoasitler

- **Kleyt ajanı** ve Fitosiderofor olarak **mikroelement alımına katkıda bulunur**



**Çizelge 12.10.** Bazı baklagil ve tahıl bitkilerinin protein içerikleri ve aminoasit bileşimleri

Bitki	Protein %	Amino-asit bileşimi (Toplam proteinin %' si)								
		Lisin	Methionin	Threonin	Triptofan	İsoleusin	Leusin	Tirösin	Fenilalain	Valin
Soya	40.5	6.9	1.5	4.3	1.5	5.9	8.4	3.5	5.4	5.7
Bezelye	23.8	7.3	1.2	3.9	1.1	5.6	8.3	4.0	5.0	5.6
Fasulye	21.4	7.4	1.0	4.3	0.9	5.7	8.6	3.9	5.5	6.1
Yulaf	14.2	3.7	1.5	3.3	1.3	5.2	7.5	3.7	5.3	6.0
Arpa	12.8	3.4	1.4	3.4	1.3	4.3	6.9	3.6	5.2	5.0
Buğday	12.3	3.1	1.5	2.9	1.2	4.3	6.7	3.7	4.9	4.6
Çavdar	12.1	4.1	1.6	3.7	1.1	4.3	6.7	3.2	4.7	5.2
Sorgum	11.0	2.7	1.7	3.6	1.1	5.4	16.1	2.8	5.0	5.7
Mısır	10.0	2.9	1.9	4.0	0.6	4.6	13.0	6.1	4.5	5.1
Çeltik	7.5	4.0	1.8	3.9	1.1	4.7	8.6	4.6	5.0	7.0

## NH<sub>4</sub> : NO<sub>3</sub> beslenmesi

- Bitkiler temelde NH<sub>4</sub> ve NO<sub>3</sub>' ile beslenirler
- Fazla miktarda alındığı için **iyonik denge** yi etkiler
- Bitkiler **katyon ve anyonları eşit miktarda almazlar**
- İyonların aktif yolla alınmaları ve metabolize edilmeleri bitkide **karboksilatların** (organik anyon) **miktarını artırır**

Çizelge 12.11. Bitkilerde karboksilat miktarlarını etkileyen prosesler

Proses	Karboksilat (K-A)
1. Na+K+Ca+Mg alımı < NO <sub>3</sub> +Cl+SO <sub>4</sub> +H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ise	<b>Azalı</b>
2. Na+K+Ca+Mg alımı > NO <sub>3</sub> +Cl+SO <sub>4</sub> +H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ise	Artar
3. Nitrat indirgenmesi	Artar
4. Sülfat indirgenmesi	Artar
5. Amonyum' un organik azota asimilasyonu	<b>Azalı</b>

İyon alımı sırasında bitkilerde elektronötralite;

- ortamdan H<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup> veya HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> alınarak veya ortama verilerek korunmaktadır

## Bitkilerin iyon alımları kök bölgesi (rizosfer) pH' sını etkiler

- $\text{NO}_3$  alınıyorsa kök bölgesi (rizosfer) pH' sı  $\uparrow$
- $\text{NH}_4$  alınıyorsa kök bölgesi (rizosfer) pH' sı  $\downarrow$

Burada; indirgenen  $\text{NO}_3$  miktarı = Karboksilat (malat) miktarı olduğundan

- $\Sigma A = \Sigma K \Rightarrow$
- absorbe edilen ve asimile edilen anyon kadar karboksilat oluştuğu için
- pratikte rizosfer pH' sının, **nötral olması gerekir**
  
- Ben Zioni ve Lips modeli aşağıdaki şekilde modifiye edilmiştir
- Burada ise  $\Sigma A = \Sigma K \Rightarrow$  (genellikle çiftçenekli bitkiler)
- $\text{NO}_3$  ile alınan Na, K, Ca ve Mg iyonları, malat, sitrat, okzalat ve pektatlar şeklinde akümüle olur
- $\text{NH}_4$  alımı rizosfer pH' sını  $\downarrow$  Karboksilat miktarını etkilemez
  
- (Katyon alımı)-(H<sup>+</sup> salgılanması) = (Anyon alımı)
- ( $\text{NH}_4$ +K+Na+Ca+Mg alımı)+ (H<sup>+</sup> salgılanması) = ( $\text{NO}_3$ +Cl+ $\text{SO}_4$ + $\text{H}_2\text{PO}_4$  alımı)



**Çizelge 12.12.** Azot formlarının Ak hardal bitkisinin katyon ve anyon dengesine etkisi

Azot Formu	Katyonlar (meq 100 g <sup>-1</sup> , kuru ağırlık)					Anyonlar (meq 100 g <sup>-1</sup> , kuru ağırlık)					
	Ca	Mg	K	Na	Top.	NO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Org. Asitler	Top.
NO <sub>3</sub>	107	28	81	5	221	1	26	25	25	162	239
NH <sub>4</sub>	72	22	40	7	141	1	25	25	31	54	136

NH<sub>4</sub> veya NO<sub>3</sub>' ün hangisinin daha uygun olduğu;

- **bitki çeşidi**

- kalsifüj bitkiler (asit koşullara adapte olmuş bitkiler) ve
- redoks potansiyeli düşük topraklarda yetişen bitkiler (çeltik gibi)  
NH<sub>4</sub> tercih ederler
- kalsikol bitkiler (yüksek pH' lı topraklarda yetişen bitkiler) NO<sub>3</sub> tercih ederler

**Bu iki azot formunun (NO<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub>) kombinasyonu ile daha iyi ürün alınır (NO<sub>3</sub> ve NH<sub>4</sub>) toplam anyon ve katyonların % 80' ini oluşturur**

## NO<sub>3</sub> ve NH<sub>4</sub>

- katyon ve anyonların alımları
- hücre pH' sı ve
- rizosfer pH' sı üzerine **önemli ve zıt etkilere sahiptir**

## NH<sub>4</sub> beslenmesinde;

- Bitkilerde poliaminlerin miktarı artar
- O<sub>2</sub> ve C gereksinimi artar
- Köklerde şeker miktarı ve kök gelişmesi azalır (Özellikle K noksan ise)
  - yüksek ürün için toprak sıcaklığı
  - köklerde yeterli karbonhidrat
  - yüksek ışık intensitesine gereksinim vardır
- Düşük ve yüksek pH' lar kritiktir

Çizelge 12.13. Besin çözeltisinin pH' ısı ve azot kaynağının hıyar bitkisinde asimilasyon ve transpirasyon oranına etkisi

pH	Azot kaynağı (mM)			Asimilasyon oranı (mg CO <sub>2</sub> dm <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	Transpirasyon oranı (g H <sub>2</sub> O dm <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )
	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	NH <sub>3</sub>		
6.50	3	0	0	6.15	2.00
7.75	3	0	0	6.55	2.18
6.50	3	5	0.01	6.60	1.80
7.75	3	5	0.01	4.48	1.39

# NO<sub>3</sub> beslenmesinde;

- NO<sub>3</sub> köklerde asimile edilmek zorunluluğunda değildir
- rizosfer pH' sını ↑ (mikroelement yarayırlılığını **azaltır**)
- Yüksek pH' larda toksisitesi görülmez
- NO<sub>3</sub> ile beslenen bitkilerin C ihtiyaçları azdır
- Az ışıktta yeterli gelişme olur

Çizelge 12.14. Soya bitkisinin amonyum ve nitrat formunda azot ile beslenmesinin rizosfer ve rizosfer dışı toprak pH' sına etkisi

Gübresiz ve bitkisiz toprakta pH	Rizosfer pH' sı		Rizosfer dışı pH	
	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>
5.2	4.71	6.60	4.98	5.43
6.3	5.60	7.05	5.90	7.00
6.7	6.25	7.19	6.64	7.01
7.8	7.20	7.40	7.80	7.80

## Amonyumun asidik özelliği bitkilerin mikroelement beslenmesini artırır

Çizelge 12.15. Amonyum ve nitrat beslenmesi sonucu mısır bitkisinin aktif ve toplam demir içerikleri

Demir uygulaması	N-Serve Uygulaması	Aktif demir (mg kg <sup>-1</sup> , taze bitki)		Toplam demir (mg kg <sup>-1</sup> , kuru madde)	
		NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>
-	-	4.40	6.33	54.33	56.00
-	+	4.47	7.27	60.00	86.00
+	-	5.80	7.33	67.33	89.00
+	+	5.67	7.40	65.00	94.67

## NO<sub>3</sub>:NH<sub>4</sub> avantajı;

- Dış konsantrasyonlarına bağlıdır
- Düşük konsantrasyonlarda gelişmede büyük farklılıklar yaratmaz

## Tarla koşullarında;

NH<sub>4</sub>' u toprakta stabil kılmak için **nitrifikasyon inhibitörleri** kullanılabilir  
Böylece bitkilerin **her iki azot formundan da yararlanması** sağlanabilir

## Üre;

kökler veya vejetatif aksam tarafından alınabilir  
Üreaz aktivitesi ile hidrolize olur



# Bitki Gelişimi ve Bitkinin Bileşimine Azotun Etkisi

- N miktarı arttıkça gövde/kök oranı artar

\*böylece bitkilerin topraktaki su ve besin maddelerinden yararlanma oranı etkilenir



\* yaprak morfolojisi

\* yatmaya direnç

\*bitki kalitesi

\*fotosentez etkilenir

**Çizelge 12.16.** Artan düzeylerde uygulanan azotun ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) çeltik bitkisinin yapraklarına etkisi

N düzeyleri ( $\text{mg l}^{-1}$ )	Yaprak ayası			
	Uzunluk (cm)	Genişlik (cm)	Alan( $\text{cm}^2$ )	Kalınlık ( $\text{mg cm}^{-2}$ )
5	49.0	0.89	30.6	4.9
20	56.1	1.13	47.8	4.1
200	60.3	1.25	56.1	3.8

**Çizelge 12.17.** Uygulanan azot düzeyi ve CCC ile büyüme engellemesinin kışlık buğdayda yatma ve tane verimi üzerine karşılıklı etkisi

N düzeyleri ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Yatma derecesi (1: yatma yok; 9: tamamen yatma)		Tane verimi ( $\text{t ha}^{-1}$ )	
	-CCC	+CCC	-CCC	+CCC
0	2.4	1.0	3.97	4.18
80	4.8	1.2	4.71	5.13
120	5.8	1.8	4.67	5.13
160	6.3	1.7	4.80	5.31

-N bitkide kök-gövde ve gövde-kök arasında devamlı bir döngü halindedir



\*Yapraklar yaşlandıkça N' lu bileşikler tohum ve meyveye taşınır

-Bu oran buğday bitkisinde yaklaşık % 85' i düzeyinde gerçekleşir

-Çok yıllık bitkilerde ise tohum ve meyvenin ihtiyaı karşılandıktan sonra geri kalan azot daha sonraki gelişme döneminde kullanılmak üzere floem aracılığıyla depo organlarına gönderilmektedir.



# Azot Noksanlığı

-büyüme oranı düşer

-yapraklar küçülür ve yaşlı yapraklar zamanından önce sararıp dökülür

-kök/gövde oranı genelde büyür

-kloroplastlar bozular ve az sayıda oluşur (**KLOROZ** oluşur)

-kloroz öncelikle yaşlı yapraklarda ortaya çıkar

noksanlık gübreleme ile giderilebilir uygulama miktarı için **ANALİZ** şart



# Azot Fazlalığı

- vejetatif gelişmeyi ve tahıllarda kardeşlenmeyi **artırır**
- CHO ile N bileşikler arasındaki denge **bozulur**
- yatmaya sebep olarak başaklanma ve hasat işlemlerini **olumsuz etkiler**
- hastalık ve zararlılara direnç **azalır**
- soğuk-dona hassasiyet **artar**
- kaliteyi **olumsuz etkiler**

**Çizelge 12.18.** Azot uygulamasına bağlı olarak şekerpancarının verimi, şeker kapsamı, amino-N kapsamı ve şeker veriminde oluşan değişimler

N uygulaması (mg kg <sup>-1</sup> )	Verim (kg da <sup>-1</sup> )	Şeker kapsamı (%)	Amino-N kapsamı (meq 100 g <sup>-1</sup> )	Aritılabilir şeker (%)	Şeker verimi (kg da <sup>-1</sup> )
0	3648	18.90	1.45	17.08	622
5	3992	19.21	1.43	17.47	699
20	4337	19.47	1.54	17.68	770
50	5102	19.38	1.62	17.64	903
100	5472	19.24	2.02	17.39	954
200	6378	18.25	3.62	15.75	1005
500	6314	16.48	5.97	13.27	836

**Çizelge 12.19.** Değişik bitkilerin nitrat içerikleri

<b>Bitki Çeşidi</b>	<b>Nitrat Kapsamı (mg kg<sup>-1</sup>, kuru ağı.)</b>
Domates	20-100
Hıyar	20-300
Fasulye	80-222
Üzüm	3-62
Patates	10-150
Havuç	30-800
Turp	261-300
Lahana	250-2300
Marul	382-3520
Ispanak	349-3890

# FOSFOR

## Toprakta Fosfor

### Fosfor fraksiyonları ve fosfat mineralleri

~ % 100' ü **ortofosfat** formundadır

\*Toplam miktar % 0.02 - 0.15 arasındadır

-Toplamın büyük kısmı **organik** formdadır

-mineral topraklarda toplamın % 20-80' i organik bağlı P' dur.

Toprakların P konsantrasyonları yaşlarına bağlıdır



Bitki beslenmesi açısından 3 temel fosfor fraksiyonu önem taşır;

- **Toprak çözeltilisindeki fosfor**
- **Değişebilir fosfor**
- **Değişemez fosfor**

- Topraktaki inorganik fosfor bileşiklerinin cinsi **pH' ya bağlıdır**
  - Kireçli ve yüksek pH' lı (pH>7) Ca-fosfatlar, (APATİT)
  - Asit topraklarda (pH<7) **Fe** ve **Al fosfatlar** halinde bulunur

**Çizelge 13.1.** Toprakta önemli fosfat mineralleri

Hidroksiapatit	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ Cl, $\text{CO}_3$
Florapatit	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$
Dikalsiyumfosfat	$\text{CaHPO}_4$
Trikalsiyumfosfat	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
Variscit	$\text{AlH}_2\text{PO}_4(\text{OH})_2$
Strengit	$\text{FeH}_2\text{PO}_4(\text{OH})_2$

## • Fosfor adsorpsiyonu, desorpsiyonu ve mineralizasyonu

Toprakta çözünebilir fosfor fraksiyonunu;

- çözünebilir Ca- fosfatlar ile
- adsorbe fosfor oluşturur

Adsorpsiyonda pH önemli bir yer tutar;

- pH < ise anyonlar daha kuvvetli adsorbe olur
- adsorbe edici materyalin

tipi, ayrışma durumu ve yüzey alanı da etkiler

- **Desorpsiyon:** toprak pH' sının OH<sup>-</sup> (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) iyonlarınca artırılması nedeniyle adsorbe olmuş P' un tekrar toprak çözeltisine salınmasıdır (**ANYON ANTAGONİZMİ !!!**)

Çizelge 13.2. Farklı materyallerin fosfor adsorpsiyon kapasiteleri

Adsorbe edici materyal	Adsorpsiyon indeksi (x/10 g C)
Taze hazırlanmış amorf Al(OH) <sub>3</sub>	1236
Taze hazırlanmış amorf hidrate Fe-oksit	848
Nötr koşullar altında hazırlanmış Fe-oksit	453
Eski hidrate Fe-oksit	111
Fe-oksit tortuları (ağır Lateritler)	21
Kristal gotit	0
Kristal gipsit	0
Kireç (CaCO <sub>3</sub> )	46

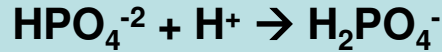
## P yarayışılığını;

- fosfor adsorpsiyonu yanında
- oluşan çökeltinin (Ca, Fe ve Al fosfatlar) çözünebilirliği de etkiler
- Fe ve Al oksitlerce ve aynı zamanda kil minerallerince zengin topraklarda daha çok **desorpsiyon** söz konusu iken
- Fakir **kumlu** topraklarda, **kalkerli** topraklarda ve özellikle **organik** topraklarda fosfor **çökmesi** başlıca söz konusu olur
- Anaerobik koşullarda ( $Fe^{+3}$  ün  $Fe^{+2}$  ye indirgenmesi) yarayışılı P artar
- Organik madde fosfor adsorpsiyonunu **doğrudan ve dolaylı** olarak etkiler
  - İçerdiği P mineralize olur
  - İçerdiği inositol fosfatlar P adsorbe eder

- Fosforu çözümlü duruma getiren **Fosfataz enzimleri** çok sayıda mikroorganizma tarafından yüksek bitkilerin köklerinde üretilirler (örneğin *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Bacillum*, *Pseudomonas*)

## Toprak çözeltisindeki fosfor ve kök ile interaksiyonları

- Toprakta adsorbe P miktarı > yararlı P miktarı (100-1000 kat)
- verimli işlenebilir toprakların fosfor konsantrasyonları **düşük** ( $10^{-5}$  -  $10^{-4}$  M = **0.3 ile 3 mg kg<sup>-1</sup> P**)
- önemli P formları  $\text{HPO}_4^{-2}$  ve  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  iyonlarıdır
- bu iki iyonun toprak çözeltisindeki oranları pH' ya bağlıdır



- Bitkilerin P alımında köklerin çözelti ile teması önemlidir
- Çözeltiden P alındıkça kök yakınındaki P konsantrasyonu ile ana topraktaki P konsantrasyonu arasında bir fark (konsantrasyon gradienti) oluşur
- Bu konsantrasyon farkı nedeniyle P iyonları difüzyon ile köke hareket eder
- Bu yüzden bitkilerin P alımlarında fosforun **difüzyonu önemlidir**
- Kitle hareketi fosforun bitkilerin köklerine doğru taşınmasında rol oynayabilir
- Ancak toprak çözeltisinde P az olduğundan bunun **önemi de fazla değildir**
- Mikorizalar da fosforunun taşınmasında önemli rol üstlenebilmektedir fazla yararlı toprak P' u mikorizanın gelişmesini engeller (CHO kapsamı)
- Fosforun alınabilirliği üzerine kök salgılarının da önemli etkisi vardır
- Fotosentez ürünleri, asit kleytler, organik asitler
- İyon alımı sonucu rizosfer pH' sının değişmesi de P alımını etkiler

- N beslenmesi önemli rol oynar
  - $\text{NO}_3$  beslenmesi pH' yı  $\uparrow$
  - $\text{NH}_4$  ve simbiyotik  $\text{N}_2$  beslenmesi pH' yı  $\downarrow$
- Kireçsiz topraklarda  $\text{OH}^-$   $\uparrow$   $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  iyonları ile değişime girer ve yarayışlı P  $\uparrow$
- Şelatör ve asit üreten mikroorganizmalar (*Aspergillus niger*, bazı *Penicillium* türleri) toprak ve gübre fosforunun çözünürlüğünde rol oynarlar

## Fosfor alımında kök morfolojisinin önemi

- Difüzyon olabilmesi için konsantrasyon gradienti önemlidir
- Bu yüzden P' u hızlı ve fazla tüketen genotiplerin P etkinliği önemlidir
  - Kılcal kök yoğunluğu ve uzunluğu fazla olan genotipler
  - Kök uzunluğu ve kök/gövde oranındaki artışlar
  - Yeşil aksama (gövdeye) oranla bitkilerin daha fazla kök oluşturması ve kök uzunluklarını artırması gibi faktörler

Bitkilerin beslenme ortamından P alımlarını daha etken yapmalarını sağlamaktadır.

# Türkiye topraklarının fosfor durumları

- Türkiye topraklarında P eksikliği ve artan aşırı P gübrelemesi **SORUN**dur

Türkiye topraklarının

- kireç,
- pH ve organik madde

yönünden sahip olduğu özellikler P yararlanılığını sınırlandırır

- Türkiye topraklarının % 58' inde P yetersiz ( $6 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ da}^{-1}$ ) durumdadır

Çeşitli bölgelerden;

- Kapalı Havzası topraklarının % 21.34' ünde
- Orta Anadolu' da çeltik tarımı yapılan toprakların % 25' inde
- Beypazarı' nda havuç tarımı yapılan toprakların % 5' inde
- bitkiye yararlı P **az**
- Akdeniz Bölgesi seralarının topraklarının % 71' inde yararlı P **fazla ve çok fazla**

**Çizelge 13.3.** Türkiye topraklarının tarım bölgelerine göre P (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup>) dağılımı (%)

Bölgeler	Çok az <3 kg da <sup>-1</sup>	Az 3-6 kg da <sup>-1</sup>	Orta 6-9 kg da <sup>-1</sup>	Yüksek 9-12 kg da <sup>-1</sup>	Çok yüksek >12 kg da <sup>-1</sup>
Orta-Kuzey	24.67	33.59	19.41	9.15	13.18
Ege	19.72	27.26	20.65	11.05	20.98
Marmara	16.66	19.22	16.09	12.56	35.47
Akdeniz	15.62	24.59	20.31	12.55	26.93
Kuzey-Doğu	34.26	27.84	15.47	9.79	12.64
Güney-Doğu	39.50	31.13	15.41	6.81	4.15
Karadeniz	34.80	23.90	11.29	7.33	22.68
Orta-Doğu	48.41	27.84	12.52	5.11	6.12
Orta-Güney	27.21	26.61	18.38	11.18	16.62
Toplam	28.45	26.74	17.19	9.65	17.97



# Bitkide Fosfor

## Fosfor alımı ve taşınımı

Kök hücreleri ve



ksilem özsuyunun P kapsamı > toprak çözültisinin P kapsamı (**100-1000 kat**)

- P alımı **aktif** alım şeklinde gerçekleşir
- Aktif alım açısından bitki tür ve çeşitleri arasında farklılıklar vardır

**Çizelge 13.4.** Mısır genotiplerinin uygulanan P düzeylerine bağlı olarak P konsantrasyonları ve kapsamlarındaki değişimler

Çeşitler	Fosfor konsantrasyonu, (%)			% Artış	
	P0	P50	P100	P50	P100
Furio	0.13	0.23	0.28	76.9	115.4
Riogrande	0.15	0.24	0.29	60.0	93.3
Sele	0.13	0.15	0.28	15.4	115.4
DK 743	0.13	0.19	0.24	46.2	86.6
Helix	0.14	0.23	0.26	64.3	85.7
Missouri	0.14	0.17	0.23	21.4	64.3
Betor	0.15	0.23	0.31	53.3	106.7
Poker	0.12	0.20	0.26	66.7	116.7
Fosfor kapsamı, (mg bitki <sup>-1</sup> )					
Furio	1.27	2.39	3.02	88.2	137.8
Riogrande	0.71	2.35	3.45	231.0	385.9
Sele	0.94	1.28	3.47	36.2	269.1
DK 743	0.96	2.28	2.62	137.5	172.9
Helix	1.10	1.98	3.72	80.0	238.2
Missouri	1.04	1.79	2.46	72.1	136.5
Betor	0.92	1.68	1.98	82.6	115.2
Poker	0.71	1.82	3.54	156.3	398.6

$\text{NO}_3$  ve  $\text{SO}_4$ ' in aksine P bitkide **indirgenmez**

Okside fomlarda bulunur

P bitkiler tarafından alındıktan (fizyolojik pH aralığında  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) sonra

- inorganik fosfat (Pi)
- esterleşmiş hidroksi grupların karbon zincirlerinde basit fosfat esterler
- enerjice zengin fosfat bağları tarafından diğer fosfatlara bağlanmış

olarak bulunur

**Fosforun enerji transferindeki rolü**

Enerjice zengin pirofosfat ( $\approx$ ) bağları  $\rightarrow$  ATP  $\rightarrow$  (hidroliz) 30 kJ

**Pirofosfat bağlarının sentezi için enerji;**

- Fotosentez
- Solunum
- Karbonhidratların anaerobik parçalanmasından **sağlanır**

**Böylece ATP içindeki enerji;**

- Aktif iyon alımı
- Organik bileşiklerin sentezi

gibi **enerji gerektiren çeşitli proseslerde kullanılır**

- Bu tür proseslerde **fosforilasyon reaksiyonu** ile ATP' den bir fosforil grubu başka bir bileşiğe geçerek enerji sağlar

Fosfat esterler parçalanma ve metabolik biyosentezlerde gereklidirler ve yapıları doğrudan hücrelerin enerji metabolizmaları ve enerjice zengin fosfatlar ile ilgilidir

P' un metabolizmadaki en önemli işlevi enerji transferini sağlayan **PIROFOSFAT** bağları oluşturmalarıdır

Ayrıca;

- sakkaroz sentezlenmesinde gerekli olan UDP
- fosfolipit sentezinde gerekli olan CTP
- selüloz oluşumu için gerekli olan GTP

gibi bileşikler **ATP' ye benzer** bileşiklerdir ve **hepsi de P içerirler**

## ATPaz' ların **aktivitesi** ve **enerji transferi**

- Ca, Mg ve K gibi besin maddeleri gibi bir çok faktör tarafından etkilenir

## ATP, UTP, GTP ve CTP

- RNA ve DNA sentezlenmesine katılır
  - DNA kalıtsal özelliklerin taşıyıcısıdır
  - RNA ise protein sentezinde fonksiyonlara sahiptir

## **İnorganik fosforun bitkide dağılımı ve düzenleyici rolü**

- Bir çok enzimde , inorganik P (Pi) ya substrat ya da son üründür (**örneğin**,  $ATP \rightarrow ADP + Pi$ )
- Ayrıca bazı önemli enzim reaksiyonlarını kontrol eder, bu enzimler; fosfofruktokinaz  $\rightarrow$  meyve olumu

### Bitkide P ;

- **yeterli ise** vakuollerde birikir (% 85-95)
- **noksan ise** vakuolden sitoplazma ve kloroplasta gönderilir (% 100)

**Fotosentezi etkiler;**      1-1.4 mM kritik      2-2.5 mM optimum

## Nişasta sentezini etkiler;

- Pi/trioz P oranı  $\uparrow$  ADP-glukoz pirofosforilaz enzim aktivitesi durur
- Trioz P salınımını P taşıyıcıları kontrol eder
- P noksanlığında kloroplastlarda nişasta birikir
- Fotosenteze oranla gövde gelişimi daha çok azalır

## P' un bitkide fraksiyonları;

☞ uygulanan P arttıkça vejetatif bitki organlarındaki P fraksiyonları da artar

Çizelge 13.5. Uygulanan fosforun tütün yapraklarında P fraksiyonlarına etkisi

P uygulaması ( mg l <sup>-1</sup> )	Yaprak kuru ağırlığı (g yaprak <sup>-1</sup> )	P fraksiyonları (mg 100g <sup>-1</sup> , kuru ağırlık)			
		Lipid	Nükleik asit	Ester	İnorganik
2	0.82	32	74	36	33
6	1.08	83	134	91	83
8	1.10	89	133	104	123
20	1.06	91	142	109	338

Canlı hücrelerde **polifosfatlar** şeklinde depolanır

▶ Pirofosfat bağları, ATP, Enerji !!!

Generatif organlarda **fitatlar** şeklinde bulunur

▶ Fitat; **fitik asitin tuzudur** (*miyoinozitol 1, 2, 3, 4, 5, 6-heksakisfosfat*)

▶ K, Ca, Mg içerirler, Fe, Zn' ya affinitesi yüksektir

**Baklagillerde** toplam P' un % 50' si

**Tahıllarda** % 60-70' ini

**Buğday kepeğinde** % 86' sını

**Yumru bitkilerinde** % 15-23' ünü oluşturur

- ▶▶ **Generatif organlarda**, K, Mg ve bazen de Zn, Ca' un **depo yerleridir**
- ▶▶ **Ağır metallere** (Zn, Fe) yüksek ilgisi **detoksifikasyon**
- ▶▶ fitik asit toprakların organik P fraksiyonlarında da bulunur

Fitatlar, **tohum çimlenmesinde önemli** rol oynar

Fitatlar parçalanarak genç fideciklere (**Fitataz** enzimi)

- **fosforilasyon ve protein** sentezi için Mg
- **hücre büyümesi** için K
- **nükleik asit ve hücre zarı oluşturulması** için P sağlar

**Çizelge 13.6.** Çimlenme süresince çeltik tohumlarının P fraksiyonlarındaki değişimler

Çimlenme üresi (saat)	P fraksiyonları (mg g <sup>-1</sup> )				
	Fitat	Lipid	İnorganik	Ester	RNA+DNA
0	2.67	0.43	0.24	0.078	0.058
24	1.48	1.19	0.64	0.102	0.048
48	1.06	1.54	0.89	0.110	0.077
72	0.80	1.71	0.86	0.124	0.116

- Fitat parçalanma oranını inorganik P **kontrol eder**
- Fitatlar insan sağlığı ve beslenmesinde de önemlidir (**Zn/fitat oranı !!!**)

**P uygulaması, bitki büyümesi ve bileşimi;**

- **Vejetatif dönemde optimum P % 0.3-0.5 (K.M.)**
- **> % 1 P (K.M.) toksiklik oluşur (çeşit farklılığı var)**



## P noksanlığında;

- yaprak yüzey alanı, büyümesi ve sayısı azalır
- hücre ve yaprak büyümesi klorofil ve kloroplast oluşumlarına göre geriler
- genellikle klorofil içeriği artar ve yapraklar **koyu yeşil** renk alırlar

**Çizelge 13.7.** Soyada karbonhidrat ve P konsantrasyonu ile değişik büyüme parametrelerine P noksanlığının etkisi

Parametreler		Yüksek P	Düşük P
Yaprak alanı, dm <sup>2</sup>		12.1	1.8
Yaprak sayısı		7	4
Gövde/kök kuru madde oranı		4.2	1.0
Klorofil, mg dm <sup>-2</sup>		3.02	2.80
Yaprağın Pi içeriği		4.43	0.28
P <sub>org.</sub> mg g <sup>-1</sup> , kuru madde		2.44	0.59
Toplam P			
	Gövde ve yaprak sapı	5.84	1.14
	Kök	10.54	1.29
Toplam kök P/Toplam gövde P		0.54	1.57
Yaprak karbonhidratları	Nişasta	0.4	12.8
	(g m <sup>-2</sup> , yaprak) Sakkaroz	0.7	0.2
Kök karbonhidratları	Nisata	23	160
	(mg g <sup>-1</sup> taze ağ.) Sakkaroz	16	177

gövde büyümesi daha az etkilenir

gövde/kök oranı **düşer** (CHO köke taşındığı için)

▶▶ Fasülyede bu oran P noksan bitkilerde 5.0' dan 1.9' a **düşer**

▶▶ Mg noksanlığında kök gelişimi azalır ve oran 10.0' a kadar **artar**

P noksanlığında kök morfolojisi modifiye edilerek P alımı artırılır

## Fosfor Noksanlığı

- Tanısı zordur
- Bitki normal görünebilir
- Sebzelerde kritik konsantrasyon < % 0.2' dir
- Mutlak P noksanlığından bahsedilemez;

**X** Toprak, İklim, genetik faktörler vb P alımını engeller

## Topraklarda P;

- Ca, Fe, ve Al fosfatlar
- Fe ve Al oksitler, hidroksitler ve hidrateoksitler
- organik fosfor bileşikleri (fitat) ve
- $H_2PO_4^-$  ve  $HPO_4^{2-}$  formunda toprak çözeltisinde bulunur

- Topraktaki P formları dinamik bir denge içinde olup, dengeyi;
  - ✓ pH
  - ✓ karbonat
  - ✓ seskioksitler
  - ✓ kil
  - ✓ humus
  - ✓ ağır metaller
  - ✓ nem durumu
  - ✓ su/hava oranı
  - ✓ sıcaklık
  - ✓ mikrobiyal aktivite
- gibi pek çok faktör etkiler
- Toprak çözeltilisinde 0.4-8.0 kg ha<sup>-1</sup> P optimum
- Asit topraklarda P noksanlığı Al toksisitesi yaratır (KİREÇLEME)
- **Bitkilerin P alımı;**
  - Kuraklık
  - Düşük sıcaklık
  - O<sub>2</sub> yetersizliği
  - Kompaksiyon
  - P formlarına
  - Bitki çeşidine
    - katyon absorpsiyon özelliğine (Rizosfere etki !!!)
    - kök gelişmesine
    - kök tüylerinin uzunluğu
  - mikorizanın varlığı gibi faktörlere bağlıdır

# Fosfor Fazlalığı

- Fazlalığına pek rastlanılmaz
- Fazlalığı mikroelemet (Zn, Fe) noksanlığı oluşturur
- Fazlalık P fiksasyon kapasitesi düşük topraklarda görülebilir
  - Ca, B, Cu ve Mn noksanlığına yol açabilir

- Toksiklik;

- % 1 P kapsayan yaşlı yapraklarda görülür
- Tuz stresine benzerlik gösterir
  - Aşırı inorganik P birikimi su dengesini bozar
- Ürün kaybı ile premature meyve oluşumuna yol açar

# POTASYUM

## Toprakta Potasyum

### Potasyum mineralleri ve potasyum salınımı

◆ Yer kabuğunda % 2.3 oranında bulunur

- **Primer mineraller** ve **sekonder kil minerallerine** bağlı olarak bulunur
- Kil miktarı ↑ toprakta K ↑
- Kilin **tipi** de önemlidir (> % 4)
- Toprak yaşı ↑ kil ve K kapsamları ↓
- Organik topraklarda % 0.03 K

Çizelge 14.1. Bazı primer ve sekonder kil minerallerinin K kapsamları

K içeren materyaller	K kapsamı (% K <sub>2</sub> O)
Alkali feldispatlar	4-15
Ca-Na feldispatlar	0-3
Muskovit	7-11
Biotit	6-10
İllit	4-7
Vermikulit	0-2
Klorit	0-1
Montmorillonit	0-0.5

- Minerallerden K' un salınma ve bağlanması;
  - minerallerin tabakaları arasındaki boşluğa ve
  - iyonların hidrasyon durumuna bağlıdır

$[H^+]_c$  miktarı  $\uparrow$  K miktarı  $\downarrow$   $\Leftrightarrow$  K salınımı olur

Değiştirici katyonların ( $Na^+$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$ ) konsantrasyonuna göre K kil mineralinin değişik kısımlarından salınır

•Mikaların 2:1 tipi sekonder kil minerallerine (illit ve vermikulit) dönüşümü;  
Mikalar (yaklaşık % 10 K) → Hidromikalar (% 6-8 K) → İllit (% 4-6 K) →  
Geçiş mineralleri (% 3 K) → Vermikulit veya montmorillonit (% 2 K).

•Ayrışma ile salınan K oranını;

–Minerallerdeki K miktarı ile

–Mineraller arasındaki yapısal farklılıklar da etkiler

## Potasyum fiksasyonu

**K-fiksasyonu:** K salınımı sonucu tabakalar arası boşalan killerin yeni ilave edilen K iyonlarını adsorbe etmesi ve tabakaların büzülmesi olayıdır

–Büzülme sonucu katmanlar arası mesafe yaklaşık 1 nm' ye düşer

## Potasyum fiksasyonunu;

–mineralin yük yoğunluğu

–kırık bölgenin uzunluğu

–nem düzeyi

–K ile rekabete girebilecek diğer katyonlar ve bunların özellikleri ile

–K<sup>+</sup> konsantrasyonu gibi faktörler etkiler

**2:1 tipi kil minerallerinin fiksasyon güçleri; Vermikulit > İllit > Smektit.**

## Potasyum adsorpsiyonu ve mobilitesi

- Kil miktarı ve tipi K' un toprakta hareket yeteneğini etkiler  
(p-, e-, i-pozisyonu)
- Potasyumun mobilite ve difüzyon oranı;  
zengin K<sup>+</sup> bağlanma yüzeyli topraklarda genellikle düşüktür
- Organik ve kumlu topraklarda K yıkanma oranı yüksek olur  
Uygulama zamanına !!!!!

## Potasyum fraksiyonları

Topraktaki K;

- minerallerin yapısında bulunan K<sup>+</sup> **Değişemez (ALINAMAZ)**
- kolloidlerce (inor + org) adsorbe edilmiş K<sup>+</sup> **Değişebilir (YAVAŞ ALINABİLİR)**
- toprak çözeltisinde bulunan K<sup>+</sup> **(KOLAY ALINABİLİR)**

olmak üzere 3 fraksiyona bölünebilir

**Çizelge 14.2.** Tınlı kum ve kumlu tın tekstürlü iki toprakta belirlenen K<sup>+</sup> fraksiyonları

Toprak tekstürü	Değişebilir K <sup>+</sup> (CaCl <sub>2</sub> )	Değişemez K <sup>+</sup> (HNO <sub>3</sub> )	Mineral K <sup>+</sup>	Toplam K <sup>+</sup>
	(mmol kg <sup>-1</sup> toprak)			
Tınlı kum	1.15	2.09	31.3	34.5
Kumlu tın	1.72	2.20	37.6	41.5



Toprak çözeltilisinin  $K^+$  konsantrasyonu bitki köklerine doğru difüzyon oranına bağlıdır

Böylece bitki kökleri tarafından alımı kontrol edilir

# Türkiye topraklarının potasyum durumları

**Çizelge 14.3.** Türkiye topraklarının tarım bölgelerine göre K ( $K_2O$ ) dağılımı (%)

Bölgeler	<b>Az</b> <20 kg da <sup>-1</sup>	<b>Orta</b> 20-30 kg da <sup>-1</sup>	<b>Yeter</b> 30-40 kg da <sup>-1</sup>	<b>Yüksek</b> >40 kg da <sup>-1</sup>
<b>Orta-Kuzey</b>	1.14	2.55	4.01	92.3
<b>Ege</b>	6.35	6.75	8.02	78.88
<b>Marmara</b>	6.12	10.79	12.64	70.45
<b>Akdeniz</b>	4.24	10.32	11.77	73.67
<b>Kuzey-Doğu</b>	0.84	1.46	2.88	94.82
<b>Güney-Doğu</b>	0.72	1.02	1.34	96.92
<b>Karadeniz</b>	9.85	10.95	19.72	59.48
<b>Orta-Doğu</b>	0.51	2.06	2.96	94.47
<b>Orta-Güney</b>	0.51	1.65	2.44	95.4
<b>Toplam</b>	3.04	4.96	7.21	84.8

# Bitkide Potasyum

## Potasyum alımı ve taşınımı

- Miktarı, fizyolojik ve biyokimyasal rolü açısından **önemli** bir katyondur
- Bitkide K (% 1-6) miktarı **>** Ca, Mg, NH<sub>4</sub>, Na
- Taşındığı için genç organlarda daha fazladır (**Eş anyonun** miktarı da)
- Bitkilerin K alımı büyüme ve gelişme döneminde daha fazladır
- Membranların K geçirgenliği iyi olduğundan **K alımı oldukça hızlıdır**
- Alım büyük oranda **aktiftir** (K<sup>+</sup> iyonu şeklinde)

## Potasyum;

- **sitoplazma ve kloroplastlarda 100-200 mM**
  - nötralizasyonla uygun pH (7-8) sağlar
- **Vakuollerde 10-200 mM**
- **stomaların kapatma hücrelerinde 500 mM kadar bulunabilir**

## Bitkilerde;

- meristematik büyüme
  - su rejimi
  - fotosentez ve
  - uzun mesafe taşınım gibi fizyolojik fonksiyonlara sahiptir
- Floem sıvısında **en fazla** bulunan metal katyondur
  - K alımı Ca, Mg ve Na katyonların alımını **ANTAGONİST** etkiler

## Potasyumun meristematik gelişme üzerine etkisi

- Yeterli K varsa ATPaz' lar  $H^+$  pompalar ve hücre genişler
- K fitohormonların (IAA, GA ve Cyt) etkinliğini ve sentezlenme oranını ↑

## Pürivat kinaz ve fosfofruktokinaz gibi enzimlerin yüksek K ihtiyaçları nedeniyle

### Potasyum eksikliği olan bitkilerde;

- çözünebilir karbonhidratların artması
- nişasta içeriğinin düşmesi ve
- çözünebilir N bileşiklerde artış gibi önemli kimyasal değişiklikler oluşur

- hidrolazlar ve oksidazların aktiviteleri artar
- **ozmotik regülasyonda** önemli bir elementtir

## Protein sentezinde potasyumun rolü

- Protein sentezi için K ihtiyacı > enzim aktivasyonu için K ihtiyacı
- RiBP karboksilaz enzimi sentezlenmesi potasyum noksanlığında **azalır**
- K eksikliğinde protein sentezlenmediği için çözünebilir N bileşikleri **birikir**

# Fotosentezde potasyumun rolü

## Bitkide K;

- CO<sub>2</sub> fiksasyonu ile
- fotosentez ürünlerinin taşınmasında görev yapar
- RiBP karboksilaz aktivitesi ve fotorespirasyon K' a bağlı olarak artmakta
- karanlıkta respirasyon azalmaktadır

**Çizelge 14.4.** Potasyumun stoma direnci, CO<sub>2</sub> asimilasyonu, fotorespirasyon ve karanlık respirasyona etkisi

Yaprakta % K	Stoma direnci (s m <sup>-1</sup> )	Fotosentez (CO <sub>2</sub> asimilasyonu) (mg CO <sub>2</sub> dm <sup>-2</sup> saat <sup>-1</sup> )	Fotorespirasyon (dpm dm <sup>-2</sup> )	Karanlıkta respirasyon (mg CO <sub>2</sub> dm <sup>-2</sup> saat <sup>-1</sup> )
1.28	9.3	11.9	4.00	7.56
1.98	6.8	21.7	5.87	3.34
3.84	5.9	34.0	8.96	3.06

## Bitki su rejiminde potasyumun rolü

K, stomaların açılıp kapanmalarını düzenler

- ozmotik basıncı artırır
- su girişini artırarak

Kapatma hücrelerinde K birikimi;

- ışık tarafından stimüle edilir
- ışığın etkisiyle ATPaz' ların  $H^+$  pompalama aktivitesi artınca
- köklerden aktif olarak alınan  $K^+$  da artar ve
- alınan K kapatma hücrelerine taşınır

Kapatma hücrelerinde biriken  $K^+$ ;

- malat veya  $Cl^-$  anyonu ile dengelenmek zorundadır
- ABA stomaların kapanmasına yardımcı olur

# Potasyum Noksanlığı

- KDK' sı düşük asit topraklarda (**Kireçleme faydalı olabilir !!!**)
- organik topraklarda
- kurak koşullarda (**difüzyon ve kitle hareketi ile köke taşınım !!!**) görülür

- K ile Ca, NH<sub>4</sub> ve Mg arasındaki **antagonizme** dikkat edilmelidir
- K:Mg oranı 2:1 ile 5:1 arasında olmalıdır
- K noksanlığına duyarlılıkta bitki çeşitleri farklılık gösterebilir

## K noksanlığında;

- büyümede gerileme başlangıçta **AZ**
- enzimatik reaksiyonlar engellenmektedir
- turgor ve stomatal bozukluklar ⇒⇒⇒⇒ **SOLMA**
- belirtiler **yaşlı** yapraklarda (**TAŞINMA**)
- bodurlaşma (**rozetleşme, çalimsılık**)
- birim alandaki klorofil nedeniyle renk koyulaşabilir
- yaprak kenarları kurur, yukarı kıvrılır
- Toksin birikimi nedeniyle doku ölür

## Potasyum Fazlalığı

- nadiren görülür bir durumdur
  - aşırı K ile veya KCl ile gübreleme sonucu görülebilir
- Mg, Ca, B, Zn, Mn noksanlıklarına yol açar
- **Kaliteyi olumsuz etkiler** acı benek oluşumu, rafinasyon güçlüğü)



# KALSİYUM

## Toprakta Kalsiyum

## Kalsiyum içeren mineraller ve ayrışmaları

Çizelge 15.1. Yeryüzü katmanının 16 km derinlikte ortalama kimyasal bileşimi

Element	% Ağırlık	% Hacim	Element	% Ağırlık	% Hacim
O	46.46	91.77	H	0.14	0.06
Si	27.61	0.80	P	0.12	-
Al	8.07	0.76	C	0.09	0.01
Fe	5.06	0.68	Mn	0.09	-
Ca	3.64	1.48	S	0.06	-
Na	2.75	1.60	Cl	0.05	0.04
K	2.58	2.14	Br	0.04	-
Mg	2.07	0.56	F	0.03	-
Ti	0.62	-	Diğer tüm elementler	0.52	0.10

Ca toprakta;

- Primer mineraller
- Ca içeren Al-silikatlar (feldispatlar ve amfiboller)
- Ca-fosfatlar ve
- Kireçli topraklarda kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) veya dolomit ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ )

şeklinde bulunur

## Toprakta Ca miktarı;

- **toprak tipine** (kireçli topraklar ile genç bataklık toprakları % 10-70 CaCO<sub>3</sub>)
- **ana materyale** ve
- **ayrışma ve yıkanma derecesine** bağlıdır
  - yıkanma oranı
    - yağış ve minerallerdeki Ca miktarına bağlı (200-300 kg Ca ha<sup>-1</sup>)

**Kireçli** topraklar genelde **alkalin** reaksiyonludur

## Ca' lu minerallerin ayrışmaları;

- ortamdaki H<sup>+</sup> iyonunununa bulunuşuna (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dissosiasyonu)
- toprakta CO<sub>2</sub> oluşumuna  $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$   
kök, mikroorganizma, O.M. yağmur suları
- Nitrifikasyon  $2\text{NH}_4 + 4\text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_3 + 4\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$   
Ca yıkanması ve toprak asitliğine etki  
100 kg (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 45 kg ha<sup>-1</sup> Ca ↘ drenaj suyuna

**Asit yağışlar**

## Kalsiyum adsorpsiyonu ve toprak çözeltisi

Toprak çözeltisindeki Ca miktarını;

- Ca içeren mineraller ile
- kolloidlerce (org + inorg) adsorbe edilmiş Ca miktarı etkiler
- Org. kolloidler ve Humik asit adsorpsiyonu önemli (HUMAT)

Ca toprak strüktürü için önemlidir

- 2:1 kil hakim toprakta KDK' nın % 80' i Ca ise STRÜKTÜR İYİ
- inorganik topraklarda Ca yeterli  
organik topraklarda az olabilir

## Kalsiyumun ekolojik davranışları

Toprakların **kireç** ve **pH** durumları bitkilerin adaptasyonunu etkilemiştir

**Kirece tolerans** bakımından bitki türleri;

- kireç seven (**kalsikol**) ve
- kireç sevmeyen (**kalsifüj**) olarak iki gruba ayrılır

Bu bitkilerin Ca metabolizmaları farklıdır

- **kalsikol**lerin Ca ve malat kapsamaları yüksek ve Fe noksanlığına hassasiyetleri **az**
- **kalsifüj**lerin Ca kapsamaları az, Fe noksanlığına hassasiyetleri **fazla**

## Kireçli toprakların;

- pH' ları ve Ca içerikleri **yüksek**
- besin maddelerince daha **zengindir**
- çözünebilir ağır metal düzeyleri genellikle **düşüktür**
- nitrifikasyonu gerçekleştiren ve azot fikse eden bakteri popülasyonu da **yüksektir.**

## Türkiye topraklarının kalsiyum durumları

- Kireç fazla = Ca fazla
- Ana materyal sedimenter kökenli
- Yağış az

# Bitkide Kalsiyum

## Kalsiyum alımı ve taşınımı

- Bitkilerde % 0.1-5 oranında Ca bulunur
- Bitkilerin kalsiyum alımı oldukça düşüktür

Toprak çözeltisinde **fazla** bulunduğundan bitkide de **fazla**dır

**Kök uçlarıyla absorbe edilir**

$\text{NH}_4^+$  ve  $\text{K}^+$  gibi katyonlar **antagonist** etki yapar

Çiftçeneklilerin Ca alımı ve kapsamı > tekçeneklilerin Ca alımı ve kapsamı

Çizelge 15.2. Besin çözeltisindeki Ca konsantrasyonunun çim ve domates bitkisinin nisbi büyüme ve Ca içeriğine etkisi

Bitkiler	Kalsiyum uygulaması ( $\mu\text{M}$ )				
	0.8	2.5	10	100	1000
	Oransal büyüme (%)				
Çim	42	100	94	94	93
Domates	3	19	52	100	80
	Kalsiyum kapsamı ( $\text{mg Ca g}^{-1}$ )				
Çim	0.6	0.7	1.5	3.7	10.8
Domates	2.1	1.3	3.0	12.9	24.0

## Bitkilerin Ca alımı;

- ortamdaki Ca konsantrasyonu
- antagonist katyonların konsantrasyonu ve
- ortam pH' sına **bağlıdır**

Ca bitkiler tarafından iyonik formda ( $\text{Ca}^{++}$ ) alınır (**Aktif** olarak)

Bitkilerde taşınım ksilemde transpirasyonla (**transpirasyon ↓ meyvede Ca ↓**)

- taşınım suya bağlı
- alımın suyla ilgisi yok

Mg ve Ca' un vejetatif aksamdaki miktarı **>** generatif kısımdaki miktarı

- meyvelerde **Mg/Ca oranı yüksektir** (Mg' un mobilitesi yüksek)

N' lu gübreleme organik asit içeriğini artırarak

- Ca alımını kolaylaştırır
- Okzalik asit oluşumu alımı zorlaştırır

Vakuoldeki Ca miktarı (okzalat formunda) **>** sitoplazmadaki Ca miktarı

## Ca bitki dokularında;

- **Serbest** ve
- **Bağlı** olarak (çoğu hücre duvarlarında) bulunabilir

**Çizelge 15.3.** Şekerpancarı bitkisine uygulanan kalsiyum ile bitkide kalsiyum formlarının oransal dağılımındaki değişimler

Ca formları	Uygulanan Ca (meq l <sup>-1</sup> )	
	0.33	5.0
Suda çözünebilir	27	19
Pektat	51	31
Fosfat	17	19
Okzalal	4	25
Diğer	1	6

Bitki çeşitlerine bağlı olarak vakuollerde Ca;

- pektin formunda poli anyonlar şeklinde veya
- apoplazmda kalsiyum karbonat formunda çökelmektedir



Suda çözünebilir Ca vakuollerde;

- büyük oranda malat,  $\text{NO}_3$  veya Cl gibi anyonlar ile bulunur

Sitoplazmik Ca miktarı < Hücre duvarları, ER ve vakuollerdeki Ca olması

- $\text{P}_i$ ' un sitoplazmada çökmesini önleme ve
  - bağlanma yörelerinde  $\text{Ca}^{+2}$ ' un  $\text{Mg}^{+2}$  ile rekabeti açısından önemli
- Plazma membranı ve ER' a Ca taşınımını;
- Ca pompalayan ATPas' lar ve
  - $\text{Ca}^{+2}/\text{H}^+$  iyon çiftinin karşılıklı taşınımı ile sağlanır
    - burada taşınım mekanizması proton motivasyonludur ve
    - taşınım için sitoplazma ve vakuol arasında konsantrasyon farkı olmalıdır

## Kalsiyumun hücre duvarlarının stabilitesine etkisi

Pektat formulu Ca önemlidir

- Poligalakturanozlar pektatları parçalar

Işık ve yeterli Ca ► pektat miktarını artırır

Yeterli pektat;

- poligalakturanozlara dayanıklılığı artırır
- mantari ve bakteriyel infeksiyonlara karşı korur
- meyvelerin olgunlaşmasını etkiler

## Kalsiyumun hücre büyümesi ve salgısı proseslerine etkisi

- Diğer katyonların olumsuz etkisini **dengeler**
- Hücreler dirençli olur
- Oksinler hücre büyümesi ve Ca taşınımını etkiler
- Yetersizliğinde hücre bölünmesi **durur** kök gelişimi **durur**
- Polen tüplerinin gelişimi de Ca ile ilişkilidir
- Kök başlığından müsilaj salgılanmasını Ca etkiler

### **Kalsiyumun membran stabilitesindeki rolü**

Kalsiyumun;

- fosfolipidlerin karboksilat grupları
- proteinler ve
- fosfat arasında köprü görevi membranlara **stabilite kazandırır**
- **Membran stabilitesi düşük olan hücrelerden; küçük molekül ağırlıklı bileşiklerin hücre dışına geçişi kolaylaşır**

Böylece bitkilerin;

- **olumsuz toprak ve çevre şartlarına** (tuzluluk, ağır metal toksisitesi, düşük sıcaklık vb.) **dirençleri azalır**

Ca diğer katyonlar ile ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  ve  $\text{H}^+$ ) yer değiştirirse **membran stabilitesi bozulur**

# Kalsiyumun katyon-anyon dengesi ve ozmotik regülasyondaki etkisi

- Ca vakuolde anyonlara (inorg + org) bağlanarak katyon-anyon dengesini sağlar
- Kimi bitkilerde  $\text{NO}_3$  indirgenmesinin bir sonucu olarak okzalik asit sentezlenir
- Ca-okzalat ozmotik basıncı artırmadan vakuollerde tuz akümüülasyonu sağlar
- Stomaların kapanmasında ABA etkisi yaprak epidermisindeki Ca' a da bağlıdır

## Kalsiyum Noksanlığı

Toprakta **yeterince** bulunur

Gübreleme pratiğinde **yer almaz**

Noksanlığına **sık rastlanmaz**

### Noksanlığın önemli sebepleri;

- düzensiz sulama
- dengesiz gübreleme (N, K, Mg vb ANTAGONİZMİ)
- yüksek nisbi nem gibi faktörlerdir
- **Kritik konsantrasyon % 0.8**

### Önemli Ca eksikliği belirtileri;

- domateste çiçek dibi çürüklüğü (**blossom end rot**)
- kereviz, şekerpançarı ve turpta öz çürüklüğü (**black heart**)
- elmada acı benek (**bitter pit**)
- marul ve lahanada yaprak kenarı yanıklığı (**tipburn**)
- havuçda oyuk gövde (**cavity spot**)

# Kalsiyum noksanlığına ait belirtiler

- ilk önce genç yapraklarda veya büyüme uçlarında görülür
- büyüme geriler ve çalimsı bir hal alır
- genç yapraklar küçülür, yaprak uçları ve kenarları yukarı doğru kıvrılır
- yaprak kenarlarında klorozlu benekler ve nekrotik lekeler belirir

Ca noksanlığı nedeniyle **yaprak kenarı yanıklığı (tip burn)** na yol açan faktörler;

- Aşırı N' lu, özellikle  $\text{NH}_4$ ' lu gübreleme
- Toprakta aşırı tuzluluk
- Bor ve K fazlalığı
- Yüksek sıcaklık ve nisbi nem
- Düzensiz sulama ve uzun süreli kurak periyotlar
- Drenajın kötü olmasına bağlı olarak toprağın ıslak olması
- Bitkilerin hızlı büyümesi

## Acı benek (Bitter pit);

- bitkinin yetersiz kalsiyum almasına sebep olan faktörler ile
- K/Ca, K+Mg/Ca veya N/Ca oranının yüksek olması yol açar
- K+Mg/Ca oranının  $> 20-25$ ,
- N/Ca oranının  $> 10-14$  den yüksek olması acı benek oluşturur
- Elma meyvesinin Ca konsantrasyonu  $< \% 0.025$  (kuru ağırlık) ise acı benek görülür
- Acı benek belirtilerinde genel olarak **yaprakların Ca içeriği bir kriter değildir**

## Acı benek oluşumunu önlemek için;

- % 0.65-0.80' lik kalsiyum nitrat veya
- % 0.50' lik kalsiyum klorürün bir kaç defa yapraktan **meyvelere** de isabet edecek şekilde uygulanması etkili olur

## Kalsiyum Fazlalığı

- Kalsiyum fazlalığına pratikte **rastlanmaz**
- Ca kaynaklarının Cl<sup>-</sup> veya SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> iyonları zararlı olabilir
- Ca fazlalığı B, Fe, Mn, Zn ve Cu' in alımını azaltarak **kloroza** sebep olur

# MAGNEZYUM

## Toprakta Magnezyum

Biotit, serpantin, hornblend ve olivin gibi ferro-Mg mineralleri kolay ayrıştıklarından

- killi topraklarda **fazla** (% 0.5)
- kumlu topraklarda **az** (% 0.05) bulunur

Klorit, vermikulit, illit ve montmorillonit kökenli sekonder kil mineralleri de Mg salar  
Mg, bazı topraklarda  $MgCO_3$  veya dolomit ( $CaCO_3, MgCO_3$ ) şeklinde bulunur  
**Kurak** ya da yarı kurak bölge topraklarında Mg büyük oranda  **$MgSO_4$**  olarak bulunur

### Topraklarda Mg:

Değişemez  $\Leftrightarrow$  Değişebilir  $\Leftrightarrow$  Suda çözünebilir

% 5



Bitkiye yararılı Mg



## Toprakta değişebilir katyonların;

- ~% 80' i Ca
- ~% 4-20' si Mg
- ≤% 4 K

Toprak çözeltilisindeki  $Mg^{+2}$  iyonları (0.7-100 mM) 2-5 mM (~ Ca kadar)

Topraktaki Mg miktarı;organik madde ile ilişkili (miktarı az < toplamda % 1)

Topraktan kolay yıkanabilir (2-30 kg Mg ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup>)

## Topraktaki Mg miktarını;

- Toprak tipi
- Ayırışma ve yıkanma düzeyi
- Ana materyal
  - bazalt, peridotit ve dolomit gibi kayalardan oluşmuşsa Mg yönünden zengin

Asit topraklarda  $Mg^{+2}$  iyonları miktarı < Alkali topraklarda  $Mg^{+2}$  iyonları miktarı

# Türkiye topraklarının Mg durumu

- Akdeniz Bölgesi sera topraklarının
  - % 1' inde az
  - % 26' sında yeterli ve
  - % 73' ünde fazla ve çok fazla
- Orta Anadoluda çeltik yetiştirilen topraklarda fazla ve çok fazla

## Bitkide Magnezyum

### Magnezyum alımı ve taşınması

- Toprakta Mg > K
- Köklerin Mg alımı < K alımı
  - \*\*Dokuların Mg difüzyonu da yavaş

- Alım **pasif** ( $Mg^{+2}$  olarak)
- Alımı ve taşınmasında  $K^+$  ve  $NH_4^+$  gibi diğer katyonlar ile **rekabet** söz konusu
- $NO_3$ , Mg alımını **artırır**
- Mg floem dokularında **mobil** (Ca **immobil**)
  - yaşlı yapraklardan genç yapraklara kolay taşınır

- Bitkide Mg % 0.1-0.5 (km) oranında bulunur
- **Klorofil** molekülünün **merkez atomu** Mg' dur

Bitkideki toplam Mg' un;

- % 6-25 klorofil molekülüne bağlı
- % 5-10 hücre duvarında pektat şeklinde bağlı/vakuolde çözünebilir tuzlar şeklinde çökelmiş
- % 60-90 su ile ekstrakte olabilir şekilde bulunmaktadır

## **Magnezyumun klorofil ve protein sentezinde rolü**

**Klorofil biyosentezinde ilk aşama;**

- **Mg-şelataz** katalizörlüğü ile Mg' un porfirin yapısına katılımıdır
  - **Mg-şelataz** ATP' ye dolayısıyla Mg' a ihtiyaç duyar

Mg protein sentezinde gerekli olan ribozom alt ünitelerinin agregasyonunu sağlar  
Mg noksan veya **K fazla** ise ribozom alt üniteleri dağılır ve protein sentezi **durur**  
Çekirdekte RNA oluşumunu sağlayan RNA polimerazlar Mg gereksinir

Yaprak hücrelerinde toplam proteinin > % 25' i kloroplastlarda lokalize olduğundan

Mg noksanlığında;

- kloroplastların yapısı
- fonksiyonu ve
- boyutu **önemli oranda etkilenir**
  
- yaşlı yapraklarda proteinler parçalanır serbest kalan Mg genç yapraklara taşınır
- **noksanlık belirtileri öncelikle yaşlı yapraklarda görülür**
- klorofil pigmentleri azalırken kloroplastlarda nişasta miktarı artar

# Magnezyumun enzim aktivasyonu, fotofosforilasyon ve fotosenteze etkisi

Bir çok enzim Mg tarafından aktive edilir;

- **glutation sentaz** ve
- **PEP karboksilaz** (Mg var ise daha fazla ve sıkı fosfoenolpürivat (PEP)' bağlanır

ATP' nin sentezlenmesinde (**fosforilasyon**:  $ADP+P_i \rightarrow ATP$ ) **Mg' a ihtiyaç** duyulur

**Çizelge 16.1.** İzole edilmiş bezelye kloroplastlarında fotofosforilasyon üzerine inkübasyon ortamındaki katyonların etkisi

<b>İnkübasyon ortamındaki katyonlar</b> (Ortam ADP ve $P_i$ içermektedir)	<b>Fotofosforilasyon oranı</b> ( $\mu\text{mol ATP mg}^{-1}$ klorofil saat <sup>-1</sup> )
Yok	12.3
5 mM $Mg^{+2}$	34.3
5 mM $Ca^{+2}$	4.3

Mg, kloroplastların stromalarında **RiBP karboksilaz** aktivitesini etkiler

- RiBP karboksilaza Mg bağlanırsa enzimin substrata afinitesi artar
- Mg ortam pH' sını da, enzim için gerekli olan pH (pH <8.0)' ya çeker

- Kloroplastlarda yer alan **fruktoz-1, 6-bifosfotazlar** da;Mg ve optimum pH gereksinir
- NO<sub>3</sub> indirgenmesinde görev yapan **glutamin sentetaz** enzimi de Mg gereksinir

## Yapraklarda karbonhidrat birikimi üzerine magnezyumun etkisi

**Çizelge 16.2.** Magnezyum ve P noksanlığında kökler ve yaprakların karbonhidrat içeriği ve kök gövde ağırlığındaki değişimler

Uygulama	Kuru ağırlık (g bitki <sup>-1</sup> )			Klorofil (mg g <sup>-1</sup> kuru ağı.)	Karbonhidrat (mg g <sup>-1</sup> kuru ağı.)			
	Gövde (G)	Kök (K)	G/K oranı		Yaprak		Kök	
					Şeker	Nişasta	Şeker	Nişasta
Kontrol	2.5	0.50	5.0	11	10	27	4	51
- Mg	1.5	0.15	10.0	4	77	166	4	11
- P	0.9	0.48	1.9	12	43	34	8	35

Mg noksanlığında karbonhidratlar yapraklarda birikerek

- köklere taşınım engellenince kök gelişimi gerilemektedir

# Magnezyum Noksanlığı

## Magnezyum noksanlığına;

- aşırı derecede yıkanmış kumlu
- KDK' sı düşük topraklarda (Podzol), lateritik topraklarda
- yüksek kireç ve düşük Mg içeren tınlı topraklarda veya
- Ca ve Mg arasındaki antagonizm yol açar

## Mg bakımından zengin topraklar;

- Bataklık, Sazlık, Ağır tınlı, Ağır killi topraklar
- Bazalt ve Dolomit içeren topraklar ile Solonçak ve Solonetz toprak

## Toprakların Mg içeriği;

- Bataklık toprakları (% 0.5)
- Tınlı kahverengi topraklar ↓
- Kumlu kahverengi topraklar ↓
- Kahverengi podzol topraklar ↓
- Podzoller (% 0.05)

Toprakta Mg çok ise;

- pH 6.5' de Mg iyonlarının elverişliliği > pH 5.5

Toprakta Mg az ise;

- pH 5.5' de Mg iyonlarının elverişliliği > pH 6.5

Toprağın KDK' si içinde;

- Mg < % 4 ise Mg yetersiz
- Mg % 6-12 ise optimum

\*\*Antagonist iyonlar ( $H^+$ ,  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Ca^{+2}$  ve  $Mn^{+2}$ ) da Mg noksanlığı yaratabilir

\*\*Asit topraklarda ( $pH \leq 5$ ) ise  $Al^{+3}$  Mg alımını engeller

Magnezyum noksanlığı;

- yaşlı yapraklarda kloroz
- yaprak ucu ve kenarlarından başlayarak ortaya doğru ilerler
- primer ve sekonder damarlar yeşil kalırken
- diğer damarlarda sararma benek veya ağ şeklinde bir görünüm



# Magnezyum Fazlalığı

Bitkide Ca/Mg dengesini bozar

Ca noksanlığına hassas olan kökler daha fazla etkilenir

Belirtileri Ca noksanlığına benzer

- genç yapraklarda katlanmalar ve kıvrılmalar meydana gelir
- monokotiledon bitkilerde genç yapraklar katlanır,
  - yapraklar kınından çıkarken zorluk çeker
- Mg ve Mn birbirlerine antagonistik etki gösterir

# KÜKÜRT

## Toprakta Kükürt

**Organik** + **inorganik** olarak bulunur

**Organik S** miktarı > **İnorganik S** miktarı

↓ peat topraklarda % 100 Org S

↗ C' a bağlı (amino asitler)

**Organik S** fraksiyonu

↘ C' a bağlı değil (fenolikler, kolin-SO<sub>4</sub>, lipidler)

Toprak organik maddesinde **C:N:S 125:10:1.2** oranında bulunur

**Kurak** bölge topraklarında CaSO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub> ve Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tuzları şeklinde **birikir**

**Yağışlı** koşullar altında ise SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> anyonu olarak;

- toprak çözeltisinde **serbest**
- toprak kolloidlerince **adsorbe edilmiş** halde bulunur

**Fosfat iyonları gibi;**

- seskioksitler ve
- kil mineralleri tarafından **adsorbe edilir**

# SO<sub>4</sub> bağlanması gücü < PO<sub>4</sub> bağlanma gücü

Minerallerin sülfat adsorpsiyon kapasitesi sırası;

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > kaolinit > boksit > peat > limonit > hematit > hidrate alüminyum > gotit

Kil minerallerinin SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> adsorpsiyon kapasitesi sırası;

Kaolinit > illit > bentonit

- pH ↑ toprakta SO<sub>4</sub> tutulma gücü ↓
- kil miktarı ↑ değişebilir SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> ↑

**Anaerobik** koşullarda Sinorg ⇒ FeS, FeS<sub>2</sub> (pirit) ve H<sub>2</sub>S' e indirgenir

**Toprakta toplam S miktarı;**

- organik madde miktarına ⇔ iklim koşullarına bağlıdır
  - Ilıman bölge topraklarında toplam S miktarı 50-400 ppm
- Yağışlı koşullarda SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> **yıkanır** kurak koşullarda SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> **birikir**

aerob. SO<sub>4</sub> (kimyasal Oksidasyon)

Mikrobiyel aktivite



Sorg



Bitkiye yararlı (H<sub>2</sub>S)

(mineralizasyon)



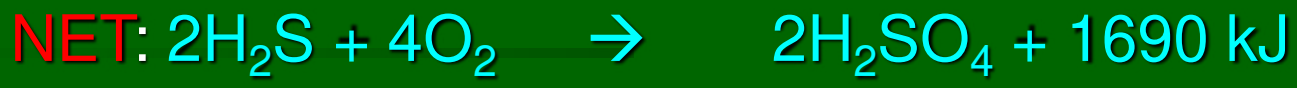
anaerob elementel S (kemot. S bakt.)



kemotrof S bakt. (*Beggiatoa*, *Thiotrix*, *Thiobacillus*) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (aerob)



\*\*\*



Toprak asitleşir (pH ↓)

H<sub>2</sub>S gibi FeS' de biyolojik ve kimyasal olarak elementel S' e oksitlenir



**Anaerobik** koşullarda (çeltik tarlaları) **Sorg** mineralizasyonu



(burada kesilirse **zararlı !!!**) **H<sub>2</sub>S** (Fe ilavesi zararı önler)



**H-H**

Fotosentetik yeşil ve mor bakteriler fotosentetik elektron taşınımında kullanır



**elementel S**

Anaerobik koşullarda;

*Desülfovibrio* bakt.  $\text{SO}_4^{-2}$ ' in oksijenini elektron alıcısı olarak kullanarak indirger

# Türkiye topraklarının kükürt durumu

Türkiye' nin değişik yerlerinde  $\text{SO}_4^{-2}\text{-S}$  miktarlarına göre toprakların

- % 30' unda  $< 10 \text{ mg S kg}^{-1}$
- % 70' inde  $10\text{-}20 \text{ mg S kg}^{-1}$  arasında

Trakya Bölgesi Meriç Havzası topraklarının bitkiye yararlı S durumları  $6.9 \text{ mg kg}^{-1} - 35.9 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında

Ekstrakte edilebilir S içerikleri  $10 \text{ mg S kg}^{-1}$  **kritik düzey kabul edilirse**  
Türkiye topraklarının **% 11.5'** i S bakımından **kritik düzeyin altında**

## **S noksanlığı en fazla;**

Bazaltik, Kireçsiz Kahverengi Orman,

Kireçsiz Kahverengi, Kestanerengi ve Gri-kahverengi Podzolik

**büyük toprak gruplarında**

# Bitkide Kükürt

## Kükürt alımı ve taşınımı

Bitkiler tarafından büyük oranda  $\text{SO}_4^{-2}$  olarak absorbe edilir (Atm.  $\text{SO}_2$ )

Fizyolojik pH aralığında alımı **pH' dan bağımsız** ( $\uparrow$  pH' da OH antagonist olabilir)

Diğer iyonların  $\text{SO}_4^{-2}$  alımına etkisi önemsizdir (!!! Se & benzer taşıyıcılar)

$\text{SO}_4$  alımı **aktif** şekilde gerçekleşir (Plazmalemmadaki taşıyıcı proteinlerle)

S bitkilerde transpirasyonla **aşağıdan yukarıya** doğru taşınır

Köklerin  $\text{SO}_4^{-2}$  alım oranı **düşüktür**

N&S birbirine benzer (asimilasyon, indirgenme vs)

- azotun tersine bitkilerde indirgenmiş S tekrar okside olabilir
  - burada sistenin indirgenmiş kükürdü  $\text{SO}_4^{-2}$  a dönüşür

# Kükürt asimilasyonu ve indirgenmesi

Sülfat indirgenmesini etkileyen faktörler;

- Sistein sentezi için asetil serinin yarayırlılığı,
- APS sülfotransferaz düzeyindeki değişim,
- ATP sülfirilaz aktivitesinin yavaşlaması

Fazla sistein APS sülfotransferaz aktivitesini **engeller**ken NH<sub>4</sub> beslenmesi **artırır**

Fazla sistein ya da SO<sub>2</sub> **bulunursa** ışııkta yeşil hücrelerin H<sub>2</sub>S oluşturması **artar**



## SO<sub>4</sub> indirgenmesinde rol alan enzimler

- kloroplastlarda (**fazla**)
- köklerin plastitlerinde (**az**)

Yeşil yapraklarda SO<sub>4</sub> indirgenmesi > köklerde SO<sub>4</sub> indirgenmesi



ışık stimüle eder

NO<sub>3</sub> indirgenmesine benzer şekilde;

- yaprak büyümesi süresince SO<sub>4</sub> indirgenmesi **maksimum**
- yaprak olgunlaşınca SO<sub>4</sub> indirgenmesi **azalır**

# Kükürdün metabolik fonksiyonları

**Sistein** ve **metionin** aminoasitlerinin dolayısıyla **proteinlerin** yapı taşıdır

örneğin  $R_1-C-S-C-R_2$  ve  $R-SH$

Bitkide organik indirgenmiş kükürtün

- $\approx$  % 2' si suda çözünebilir thiol (-SH) fraksiyonu
- bunun % 90' indan fazlası tripeptit **glutathion**dur

Yapraklarda glutathion miktarı > kökte glutathion miktarı



(> % 50' si kloroplastlarda)

## Glutationun fonksiyonları;

- suda çözünlüğü yüksektir
- kuvvetli antioksidandır (sistein-sistin redoks sisteminden daha önemli)
  - glutation ve askorbat  $H_2O_2$  ve  $O_2^-$  radikallerinin detoksifikasyonunu sağlar
- indirgenmiş S' ün geçici depo havuzlarıdır
- fitoşelatların öncüsüdür
- ağır metallerin detoksifikasyonunu sağlar

## İndirgenmiş S;

- ferrodoksin, biotin (vitamin H) ve tiamin pirofosfat (vitamin B1) gibi
- koenzim ve prostetik grupların yapı taşıdır

-SH grupları enzim reaksiyonlarında fonksiyonel gruplar olarak rol oynar

S taşıyan **Alin ve glikozinolatlar (S-alkenilsistein sülfoksid)**

**tarla ve bahçe bitkileri için özel öneme sahiptir**

*Allium* (soğan) türlerinde toplam S' ün % 80' inden fazlası bu yapıdadır

## İndirgenmemiş S formu (sülfat ester);

- biyolojik membranların yapı taşıdır
- sülfolipidlerin bileşenidir ve
  - sülfolipidlerdir kloroplast lipidlerin  $\approx$  % 5' ini oluşturur
  - sülfolipidler biyomembranlarda iyon taşınımını düzenler
  - köklerde yüksek sülfolipid düzeyleri tuza toleransı artırır

Bitkide % 0.5-1.0 arasında S optimum gelişme sağlar

S gereksinimi açısından bitki çeşitleri arasında farklılık vardır

- *Graminea* < *Leguminosae* < *Cruciferae*

Tohumda S (%)	0.18-0.19	0.25-0.30	1.10-1.70
---------------	-----------	-----------	-----------

# Proteinlerin S içerikleri;

## ● bitki türlerine

baklagillerde N/S oranı (40/1) < tahıllarda N/S oranı (30/1)

## ● bireysel hücrelerin fraksiyonlarına göre farklılık gösterir

Çizelge 17.1. Domateste yaprak bileşimine kükürt noksanlığının etkisi

Uygulama	Yapraklardaki konsantrasyon (mg, (100g) <sup>-1</sup> kuru ağı.)			Proteinin S içeriği (µg mg <sup>-1</sup> protein)	
	Klorofil	Protein	Nişasta	Sitoplazma	kloroplast
Kontrol (+SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	5.8	48.0	2.8	13.5	6.5
S-noksanlığı	0.9	3.5	27.0	3.8	5.2

S noksanlığında (N noksanlığına benzer şekilde);

gövde büyümesindeki etkilenme > kök büyümesindeki etkilenme

### S uygulaması durdurulduğunda;

- kök hidrolik geçirgenliği
- stoma açıklıkları ve
- net fotosentez bir kaç gün içinde azalır
- yaprak alanları küçülür
- klorofil azalır (**kloroz** !!! N noksanlığındaki gibi)
- metionin ve sistein sentezi azalır
- S içermeyen protein miktarı artar (arginin, aspartat)
  - çözünebilir N, amid-N ve NO<sub>3</sub> miktarı artar
- nişasta birikir
- karbonhidrat metabolizması yavaşlar
- bitkide SO<sub>4</sub> miktarı oldukça azalır
- nitrogenaz enzim aktivitesi etkilenir

■ S noksanlığında **yaşlı** ve **genç** yaprakların **S içeriği yakındır**

**N uygulaması bitkide S dağılımını etkiler**

■ **N yeterli** ise **S noksanlığı genç** yapraklarda

■ **N az** ise **S noksanlığı yaşlı** yapraklarda (remobilizasyon, Zn, Cu)

**Çizelge 17.2.** Pamuk yapraklarının ağırlığı ile N ve S (%) içeriklerine besin çözeltisindeki  $\text{SO}_4^{-2}$  konsantrasyonunun etkisi

Uygulama, (mg $\text{SO}_4^{-2} \text{ l}^{-1}$ )	Yaprak kr ağır (g bitki $^{-1}$ )	$\text{SO}_4\text{-S}$	Org.-S	$\text{NO}_3\text{-N}$	Çözünebilir org- N	Prot.-N
0.1	1.1	0.003	0.11	1.39	2.23	0.96
1.0	2.4	0.003	0.12	1.37	2.21	1.28
10.0	3.4	0.009	0.17	0.06	1.19	2.56
50.0	4.7	0.10	0.26	0.00	0.51	3.25
200.0	4.7	0.36	0.25	0.10	0.45	3.20

**Çizelge 17.3.** Buğdayda endosperm proteininin amino asit bileşimine S gübrelemesinin etkisi

Amino asit	Amino asit içeriği nMol (16 g) $^{-1}$ protein-N	
	Kontrol	-S
Metionin	11	5
Sistein	21	7
Arginin	27	34
Aspartat	33	93

- Proteinlerde az S bulunması **beslenmeyi etkiler** (metionin esansiyel A.A)
- *Brassicaceae* familyasında glukozinolatlar ve bunların uçucu metabolitlerinin konsantrasyonları S miktarı ile ilgilidir

Çizelge 17.4. Hint hardalı (*Brassica juncea*) nın gövdesinin hardal yağı kapsamı ve ürün üzerine S uygulamasının etkisi

Sülfat uygulaması (mg saksı <sup>-1</sup> )	Gövde taze ağırlığı (g)	Hardal yağı içeriği (mg 100g <sup>-1</sup> taze ağ.)
1.5	80	2.8
15.0	208	8.1
45.0	285	30.7
405.0	261	53.1
1215.0	275	52.1

## Kükürt Noksanlığı

Toprakta;

- organik
- inorganik (SO<sub>4</sub>) şeklinde bulunur

S noksanlığına **eskiden**;

- sanayileşme
- pek çok gübrenin S içermesi
- bitkilerin atmosferden SO<sub>2</sub> absorpsiyonu yapabilmesi

gibi nedenlerle pek sık **rastlanmazken son yıllarda** bunların ortadan kalkması noksanlığını **YAYGINLAŞTIRMIŞTIR**

- endüstriyel bölgelerden uzak ■ hafif tekstürlü ve
- fazla yağış alan bölgelerde noksanlık görülebilir
- **S ve N noksanlığı birbiri ile karıştırılabilir** (özellikle tek yıllık bitkilerde)
  - S noksanlığı genç yapraklarda

## S noksanlığının teşhisinde;

- bitkilerin S kapsamı ile birlikte
- bitkilerin N/S oranları dikkate alınmalıdır
  - S noksanlığında N/S oranı N lehine döner

Çizelge 17.5. Bazı bitkiler için kritik N/S oranları

Bitki	N/S oranı
Şeker pancarı, yaprak	11.0
Mısır	11.0
Yonca	11.0-12.0
Çayır	12.0-14.0
Üçgül	15.0
Yulaf, yaprak (başaklanma)	10.4
Yulaf, tane	9.1
Buğday, tane	14.8
Arpa	13.0



## Kükürt noksanlığında;

- protein ve klorofil sentezi geriler
- kloroz ortaya çıkar
- büyüme geriler
- yapraklar küçülür

## Kükürt Fazlalığı

- S fazlalığına sık rastlanmaz
- endüstriyel bölgelerde atmosferde
- $\text{SO}_2$  0.2-1.0 mg m<sup>-3</sup> hatta 2.5 mg m<sup>-3</sup>' e kadar yükselebilmekte
- ve pek çok bitki için toksik etki gösterebilir

# DEMİR

## Toprakta Demir

Yer kabuğunda **diğer besin maddelerinden fazla** olarak ağırlıkça **% 5** kadar ve hemen **her toprakta** bulunur

🔒 Doğada **çok** bulunmasına ve 🌱 Bitkilerin Fe ihtiyacının **az** olmasına rağmen 🔒 **çözünürlüğün** ve 🔒 **alınabilirliğin** **az** olması nedeniyle bitkilerde

**Fe noksanlığı görülür**

Toprakta  $\Sigma$  Fe miktarı  $\gg$  Çözünebilir Fe miktarı ( $Fe^{+3}$ ,  $Fe(OH)^{2+}$ ,  $FeOH^{+2}$  ve  $Fe^{+2}$ )

- Havalanma  $\uparrow$  ve pH  $\uparrow$  Çözünebilir Fe  $\downarrow$  (**1000 kat !!!**)
- pH 6.5-8 arasında çözünürlük **MİN**
- Asit topraklarda çözünebilir Fe  $\gg$  Alkali (Kireçli) topraklar

Ana materyale bağlı olarak toprakların toplam Fe içeriği **% 0.02-10** arasında değişir

## Toprakta Fe;

• **oksitler** ( $Fe^{+3}$  ve  $Fe^{+2}$  hematit ( $Fe_2O_3$  **kırmızı**), ilmenit ( $FeTiO_3$ ), gotit (**sarı**) ve magnetit ( $Fe_3O_4$ )) • **hidroksitler** • **silikat mineralleri** • **amorf oksitler** • **adsorbe Fe** • **organik madde ile kompleks halde** ve • toprak çözeltisinde **bulunur**

## Fe içeren primer mineraller;

- olivin, ojit, hornblend ve biotit gibi ferromagnezyumlu mineraller, biotit mikalar

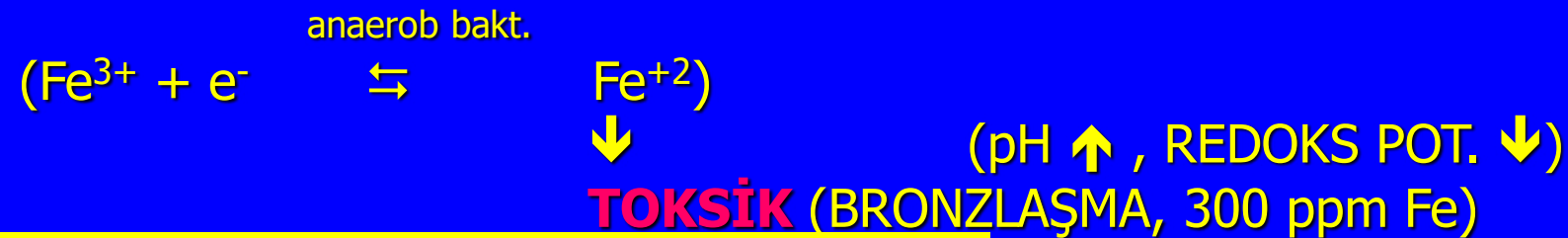
Sedimenter kayalardaki primer Fe formları ise Fe oksitler ve siderit ( $\text{FeCO}_3$ )'tir

Demir, topraktaki sekonder oluşumlu minerallerin ve killerin yapısında bulunur

- Çözünürlük  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  çözünürlüğüne bağlıdır



## Havalanmayan topraklarda;



Toprak profili boyunca  $\text{Fe}^{+2}$  miktarı artar

## Havalanan topraklarda durum tersine döner

Bu topraklarda Fe' in çözünürlüğünü aşağıdaki faktörler kontrol eder;

- ferrihidrit ( $5\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) ve amorf ferrik hidroksit ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) gibi Fe (III) oksitler ile
- toprak organik maddesinden Fe-kleytlerin oluşumu ve mikrobiyel siderefor üretimi

Fe' in kleyt oluşturabilmesi önemli bir özelliktir

- alt toprak katlarında tutulur
- toprakta hareketini kolaylaştırır ve
- bitkilerin Fe beslenmesini düzenler

# Bitkide Demir

## Demir alımı ve taşınması

Bitkilere  $Fe^{+2}$ ,  $Fe^{+3}$  ve Fe-kleytler şeklinde uygulanabilir

Alınmadan önce indirgenmelidir

Köklerin  $Fe^{+3}$ ' ü  $Fe^{+2}$ ' ye **indirgeme gücü** Fe alımını etkiler (**STRATEJİ I** ve **STRATEJİ II**)

Fe(III)' e göre **Fe(II) alımı daha fazladır**

Alınma açısından **Fe-KLEYT**ler ile **İNORG-Fe** arasında da **farklılık** olmaktadır

Fe alımı **AKTİF** şekilde olmaktadır

Fe alımına ve kleytleri bozmaya mikroelement katyonları (Mn, Cu, Ca, Mg ve Zn) **antagonistik** etki yapmaktadır

- ▶ yüksek pH, yüksek P ve Ca konsantrasyonu da Fe alımını engeller (**ÇÖKELME!!!**)
- ▶ toprakta ve bitkide çökeltme (iletim demetleri tıkanması ↔ fizyolojik inaktivasyon)
- ▶ **Rizosfer pH' sına etkileri sonucu N formları ve K' da** Fe beslenmesini etkiler

Çizelge 18.1. Mısır bitkisinin aktif ve toplam Fe ile klorofil içeriğine amonyum ve nitrat azotu ile beslenmenin etkisi

Demir uygulaması <sup>a</sup>	N-serve uygulaması <sup>b</sup>	Toplam Fe (mg kg <sup>-1</sup> , kuru ağı.)		Aktif Fe (mg kg <sup>-1</sup> , yaş ağı.)		Toplam klorofil (mg kg <sup>-1</sup> , yaş ağı.)	
		NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>
-	-	54	56	3.10	3.43	4.40	6.33
-	+	60	86	3.38	4.03	4.47	7.27
+	-	67	89	4.12	4.55	5.80	7.33
+	+	65	94	4.05	4.45	5.67	7.40

<sup>a</sup> Fe 10 mg kg<sup>-1</sup> düzeyinde uygulanmıştır

<sup>b</sup> N-serve, uygulanan azotun (150 mg kg<sup>-1</sup>) % 2' si düzeyinde uygulanmıştır

Fe' in bitkide taşınımı **düşük** ancak Ca' a oranla **daha iyidir**

△ bitkiler gelişmeleri süresince **sürekli Fe almak zorundadırlar.**

Demir bitki bünyesinde **Fe-sitrat** olarak taşınır

★ **kleyt ajanı olan** malik ve sitrik asit gibi alifatik hidroksi asitler, fenoller, tioller, polisakkaritler ve aminoasitlerle **kleyt oluşturarak ta taşınır**

Bitkide toplam Fe' in % 10-20' si **fizyolojik aktif** olduğundan Fe beslenme durumunu;  
-toplam Fe kapsamı **yansıtmaz**  
-fizyolojik aktif veya aktif Fe ( $Fe^{+2}$ ) (*1N HCl veya 1-10 O-phenantrolin*) **yansıtır**

Bitkiler pH' ya bağımlı olan Fe beslenmelerini artırmak üzere;

- ▶  $H^+$  iyonları,
- ▶ indirgen maddeler ve
- ▶ farklı amino asitleri de içeren kleyt ajanları (fitosiderofor) salgılayıcılar

Salgılama olayı **ritmiktir** ve bu açıdan bitkiler arasında **farklılıklar vardır**

**Fe noksanlığında,**

\*çiftçenekliler ile tekçenekliler (tahıllar hariç) **STRATEJİ I**

-rizodermal transfer hücreleri olarak bilinen fazla sayıda kök tüyü veya kılcak kök oluşturarak ve  $H^+$  iyonları, fenolik bileşikler ve organik asitler salgılayarak

\*Tahıllar **STRATEJİ II**

-Protein oluşturmayan aminoasitler salgılayıcılar

## Çizelge 18.2. Bitki tür ve çeşitlerinin Fe beslenmelerini artırmak için oluşturduğu mekanizmalar

### 1. Bitkilerin Fe alımını etkileyen spesifik olmayan mekanizmalar

- Kasyon alımındaki artış (amonyum sülfat beslenmesi) sonucu köklerin sebep olduğu rizosfer pH'ındaki azalış
- Köklerden organik asit salgılanması
- Rizosferdeki mikroorganizmalara besin kaynağı olarak salgılanan fotosentez ürünlerinin pH, redoks potansiyeli, Fe(III) indirgenmesi ve kleytleyici konsantrasyonunu (siderefor) etkilemesi

### 2. Bitkilerin Fe beslenmesi durumunun bir fonksiyonu olarak oluşturulan spesifik mekanizmalar (Stratejiler)

	<b>Strateji I</b> bitkileri; ayçiçeği, soya fasulyesi, yer fıstığı, diğer çiftçeneklilerin hemen hemen tamamı	<b>Strateji II</b> bitkileri; arpa, yulaf, buğday, çeltik ve muhtemelen diğer tüm tahıl bitkileri veya tahılsız otlar
<b>A: Rizodermal transferHücreleri oluşumu</b>	Önemli	yok
H <sup>+</sup> salgılanmasında artış	önemli	yok
Fe(III) indirgenmesinin artışı	Önemli	yok veya az önemli
Fenolik bileşiklerin Salgılanmasında artış	Önemli	bilgi yok veya az önemli
Fe' i kleytleyen protein oluşturmayan aminoasitlerin (fitosiderofor) salgılanmasındaki artış	bilgi yok	çok önemli
<b>B: Marschner (1986)' ya göre avantaj/dezavantajlar</b>		
Fe alımını düzenleme	Önemli	önemli
Çözme işleminin spesifikliği	Düşük	bilinmiyor
Fazla P' a duyarlılık	çok az	yüksek
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ve pH' dan etkilenme	çok fazla	çok az

## Bu mekanizmalar;

Fe beslenmesi yanında Zn, Cu, Mn, Ni, Co, Pb ve hatta Al beslenmesini da artırır



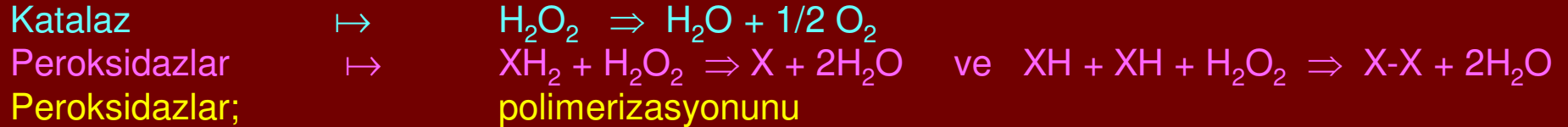
Toksisite Multi-element stresi

Fe-kleytler ya da **yeterli Fe ile beslenme** bu mekanizmaların **oluşumunu engeller**

🔒 Mikroelement noksanlığı

## Redoks sistemlerinin Fe içeren bileşenleri

**Heme proteinleri:** SİTOKROMLAR, KATALAZLAR, PEROKSİDAZLAR



fenollerin  $\rightarrow$  lignine katalizler  
lignin ile suberin biyosentezi için gereksinilir

•Çizelge 18.3. Domates yapraklarının enzim aktivitesi ve klorofil kapsamına Fe noksanlığının etkisi

Uygulama	Taze yaprakta		Oransal enzim aktivitesi (%)	
	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Klorofil (mg g <sup>-1</sup> )	Katalaz	Peroksidaz
+Fe	18.5	3.52	100	100
-Fe	11.1	0.25	20	56

## Demir-kükürtlü proteinler:

### ❶ Ferrodoksinler ;

- nitrat, sülfid ve N<sub>2</sub> indirgenmesi ve GOGAT gibi metabolik işlevlere elektron aktaran önemli bir proteindir

Çizelge 18.4. Turunçgil yapraklarının klorofil ve ferrodoksin kapsamı ile nitrat redüktaz aktivitesine Fe noksanlığının etkisi

Fe kapsamı (mg kg <sup>-1</sup> )	Klorofil (mg g <sup>-1</sup> )	Ferrodoksin (mg g <sup>-1</sup> )	Nitrat redüktaz (nmol NO <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> taze ağ. saat <sup>-1</sup> )
96	1.80	0.82	937
62	1.15	0.44	408
47	0.55	0.35	310
47→81 <sup>a</sup>	-	0.63	943

<sup>a</sup>: Fe noksanlığı gösteren koparılmamış yaprağın % 2' lik FeSO<sub>4</sub> ile infiltrasyonundan 40 saat sonra

### ❷ Süperoksit dismutaz enziminin (SOD) izoenzimi olan FeSOD' lar

- O<sub>2</sub><sup>-</sup> radikallerini H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>' e dönüştürerek O<sub>2</sub><sup>-</sup> radikallerinin toksisitesini giderir ve metal bileşen olarak Cu, Zn, Mn veya Fe içerir

### ❸ Akonitaz (Fe eksikliğinde aktivitesi azalır)

- trikarboksilik asit (TCA) döngüsünde sitratların izositratlara izomerizasyonunu katalizler (TCA →organik asitlerden → SİTRİK ve MALİK ASİT oluşur)



**Çizelge 18.5.** Fe uygulaması ile yulaf bitkisinin yapraklarının klorofil ve köklerinin organik asit kapsamı arasındaki ilişkiler

Uygulama	Klorofil kapsamı (oransal)	Organik asit kapsamı ( $\mu\text{g } 10 \text{ g}^{-1}$ taze ağı.)			
		Malik	Sitrik	Diğerleri	Toplam
+Fe	100	39	11	23	73
-Fe	12	93	67	78	238

## Demir gereksinen diğer enzimler:

### Lipoksigenazlar;

- linolik ve linoleik asit gibi poli doymamış uzun zincirli yağ asitlerinin peroksidasyonunu katalizlerler
- membranların dayanıklılığı için kritiktir

### Kloroplast oluşumu ve fotosentezde demirin rolü:

Kloroplast, fotosentez, protein sentezi, nişasta, şeker ve pigment miktarı Fe beslenmesinden etkilenmektedir

**Çizelge 18.6.** Fe noksanlığının şekerpancarının yaprak ve kloroplastlarına etkisi

Parametre	Klorofil ( $\text{mg cm}^{-2}$ )		
	Kontrol > 40	Orta noksanlık 20-40	Şiddetli noksanlık < 20
Çözünebilir protein ( $\text{mg cm}^{-2}$ yaprak alanı)	0.57	0.56	0.53
Ortalama yaprak hücresi hacmi ( $10^{-8} \text{ cm}^3$ )	2.64	2.78	2.75
Kloroplast (adet hücre <sup>-1</sup> )	72	77	83
Ortalama kloroplast hacmi ( $\mu\text{m}^3$ )	42	37	21
Protein-N' u ( $\mu\text{g kloroplast}^{-1}$ )	1.88	1.34	1.24

**Çizelge 18.7.** Tütün yapraklarının Fe beslenme durumunun klorofil kapsamı ve fotosistem I (PS I) bileşenleri ile PS II ve PS I' in fotosentetik elektron taşıma kapasitelerine etkisi

Uygulama	Fe	Klorofil	PS I bileşenleri			e <sup>-</sup> taşıma kapasitesi <sup>a</sup>	
	(µg cm <sup>-2</sup> yaprak)		P700	Sitokrom (p mol cm <sup>-2</sup> )	Protein (µg cm <sup>-2</sup> )	PS I	PS II
+Fe	1.44	89	545	599	108	56	840
-Fe	0.25	26	220	201	38	30	390
-Fe+Fe <sup>b</sup>	1.16	24	430	474	79	36	764

<sup>a</sup>: µeq cm<sup>-2</sup> yaprak saat<sup>-1</sup>

<sup>b</sup>: yapraklara Fe uygulamasından 10 gün sonra

## Demirin birikimi ve bağlanma durumu:

- Fe' in yaklaşık % 80' i hızlı büyüyen yaprakların kloroplastlarında birikir

Bitkinin değişik aksamlarında (stroma, ksilem, floem, tohum, yaprak) **fitoferritin** formundadır

Çimlenme ↓ Fe<sup>+2</sup>, OH· radikalleri  
Fe<sup>+2</sup>

## Besin çözeltilerinde:

N formları, Kireci ↑, P ↑ topraklarda:

- Klorozlu yaprağın Fe kapsamı  $\geq$  Yeşil yaprağın Fe kapsamı
- fizyolojik aktif veya aktif Fe ( $\text{Fe}^{+2}$ ) (*1N HCl veya 1-10 O-phenantrolin*)

Fe  $\oplus$  Klorofil

Fe  $\ominus$  Klorofil

## Demir Noksanlığı

- Kritik değer 50-150 mg kg<sup>-1</sup> (Toplam !!!!! Aktif !!!!!)
- Sürgün uçlarında 200 mg kg<sup>-1</sup> toplam ve 60-80 mg kg<sup>-1</sup> aktif Fe

kritik değer

C4 bitkilerinin Fe ihtiyacı  $\gg$  C3 bitkilerinin Fe ihtiyacı  
72 mg kg<sup>-1</sup> 66 mg kg<sup>-1</sup>

Klorozlu yaprağın Fe kapsamı  $\geq$  Yeşil yaprağın Fe kapsamı (NEDENİ?)

- ① hücre pH' sının yüksekliği
- ② P konsantrasyonunun fazlalığı ve
- ③ metabolik aktif  $\text{Fe}^{+2}$ ' nin inaktif hale gelmesidir

## NOKSANLIK;

Kireçli topraklarda va baklagillerde yaygındır

### Şiddetli değilse;

- en genç yapraklar sarımsı-yeşil renk alır
- damarlar arası limon sarısı veya turuncu renge bürünür
- tüm damarlar yeşil rengini korur (**Ağ** görünüm, **KLOROZ**)
- yaprak genç ise kloroz şiddetli olur

### Şiddetli ve sürekli ise;

- damarlarda sararabilir (**homojen kloroz**)
- açılmamış yapraklar sarı veya tamamen beyaz renkli olur
- yalnızca yaprak kenarlarındaki damarlar yeşil kalabilir
- yapraklar uzun süre canlı kalabilir

### Kloroz şiddetine bağlı olarak;

- yaprak alanı küçülür
- meyve tutumu azalır ve renklenme bozulur
- meyveler küçük, sert ve az sulu olur
- kuru madde oranı azalır, kül ve küldeki Ca, K, P ve Mg artar

## TEDAVİ;

### Kısa süreli çözümler;

- Toprağa veya yaprağa Fe (inorganik/kleyt)
- Toprağı asitleştirici materyal (elementel S, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi, K' lu gübreler)

# Uzun süreli çözümler;

## Fe alımını veya kullanımını engelleyen faktörlerin eliminasyonu

- Toprağın strüktürünü bozan **kompaksiyon ve çamurlaşmadan** kaçınmak
- **Oksijen** girişini kolaylaştırarak köklerin alt toprağa doğru gelişmelerini sağlamak
- Toprak strüktürünü geliştirici önlemler almak
- Kolay çamurlaşan ya da kompakte olan topraklarda fazla miktarda S içeren gübreleri (tavuk gübresi dahil) olabildiğince **az kullanmak**
- Toprağı olabildiğince az ve kuru iken tarım **trafiğine** maruz bırakmak
- Meyve bahçelerinde ve bağlıklarda alt bitki olarak derin köklü **yeşil gübre** bitkileri yetiştirerek alt toprağın havalanmasını sağlamak
- Mümkünse toprak pH' sını düzenlemek üzere S' lü gübreler yerine amonyum nitrat ve üre gibi **fizyolojik asit** özellikli gübreleri kullanmak
- Çok derine olmamak üzere az miktarda ve iyi ayrılmış organik madde kullanımı
- Islak mevsimlerde gaz değişimini engelleyen kalın çayır malçlamasından kaçınmak
- Toprağın Ca kapsamına göre P ve K' lu gübreler arasında iyi bir denge kurmak
- Kısa sürede hızlı gelişim ve yaprak oluşumuna yol açacak her türlü işlemde kaçınmak

# Demir noksanlığının köklere etkisi

Demir noksanlığında;

- yapraklarda kloroplast oluşum gerilerken
- köklerde morfolojik ve fizyolojik değişiklikler olur

**Strateji I'** lerde;

- kök uzaması azalır, kök uçları kalınlaşır ve kök tüyü oluşumu artar
- proton salgılanması, köklerin indirgeme kapasitesi ve fenolik bileşiklerin salgılanması artar (**RİTMİK** olarak)
  - gövde büyüme oranı ile klorofil kapsamı değişmeden kalır

**Strateji II'** lerde ise;

- Fe(III) ile kleyt oluşturabilen **fitosiderofor (PS)** salgılanır

- Topraklara OM ilavesi Fe-kleytlerin oluşmasını ve Fe alımını artırır
- Humik, organik ve fenolik asitler ile sidereforlar da Fe(III) kleytleyen bileşiklerdir
- Mikroorganizmalar siderefor üretirler
  - Hidroksimat, catecholate, rizoferrin
  - Sideroforlar rizosferde daha fazladır
- Alkali topraklarda (sodik, pH > 8.5), OM dispersiyonu sonucu **HUMAT**lar oluşur

**Çizelge 18.8.** Asit, nötr ve alkali toprakta yetiştirilen yerfıstığı bitkisinin aktif ve toplam Fe ile klorofil içeriğine uygulanan humik asitin etkisi

	<b>Aktif Fe (Fe<sup>+2</sup>)</b> (mg kg <sup>-1</sup> )	<b>Toplam Fe (Fe<sup>+2</sup>+Fe<sup>+3</sup>)</b> (mg kg <sup>-1</sup> )	<b>Klorofil</b> (mg kg <sup>-1</sup> )
<b>Uygulamalar</b>	<b>Asit toprak (pH: 5.65)</b>		
Kontrol	7.26	142	1.96
+Fe	8.25	149	2.21
+HA	7.59	146	2.20
Fe+HA	10.24	257	2.53
	<b>Nötr toprak (pH:7.10)</b>		
Kontrol	5.98	131	1.59
+Fe	9.78	139	1.87
+HA	6.49	144	1.59
Fe+HA	10.18	168	1.67
	<b>Alkali toprak (pH: 8.47)</b>		
Kontrol	5.93	100	0.66
+Fe	6.85	126	0.90
+HA	5.70	139	0.93
Fe+HA	8.99	156	1.06

# Kireçten kaynaklanan kloroz

**CaCO<sub>3</sub> kapsamı > % 20 olan topraklarda yetişen bitkilerde görülen en yaygın beslenme bozukluğu "Kireçten kaynaklanan kloroz" olarak adlandırılan Fe noksanlığıdır**

elma, seftali, turunçgiller, asma, yerfıstığı,  
soya fasulyesi, sorgum ve yayla çeltikleri

Kompaksiyon, Fazla nem, Az havalanma, Düşük sıcaklık → → Şiddetlendirir



Strateji II bitkilerde HCO<sub>3</sub> önemi < Strateji I bitkilerde HCO<sub>3</sub> önemi

Yüksek HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> konsantrasyonu;

- ✓ kök büyümesini
- ✓ kök solunumunu
- ✓ kök basıncı aracılığıyla ksileme sıvı aktarımını
- ✓ stokininlerin tepe ve sürgünlere taşınım oranını engeller
- ✓ Fe noksanlığı oluşmadan uzun bir süre önce gövde gelişimini engeller



## Fosforun kireçten kaynaklanan klorozdaki rolü ?

Fazla P;

- rizosfer salgılarını azaltır
- Fe' i inaktifleştirir
- klorozlu yapraklarda P miktarı artar (**seyrelme!!!**)

**Fazla P Fe noksanlığının *sebebi* değil **SONUCU**dur**

Alkali (sodik) topraklarda Fe klorozu ekolojik açıdan önemsizdir

# Bitkilerde demir etkinliği ve kloroza direnç

Köklerle Fe alımında oluşturulan farklılıklar nedeniyle bitkiler;

① **Fe-etkin**

② **Fe-etkin olmayan**

Kireçli topraklarda yetişen bitkilerin rizosferinde Fe' in çözünür hale getirilmesi;

① **spesifik** ve

② **spesifik olmayan** mekanizmalarla gerçekleşir

## ② Spesifik olmayan mekanizmalar:

1.  $(NH_4)_2SO_4$  beslenmesi ve baklagillerde  $N_2$  fiksasyonunda olduğu gibi katyon alımının teşvik edilmesi sonucu köklerin sebep olduğu pH azalması,
2. P noksanlığında olduğu gibi köklerden organik asit salgılanması,
3. Köklerden, rizosfer mikroorganizmaları için besin kaynağı olan fotosentez ürünlerinin salgılanması ve bunun da rizosferdeki pH, redoks potansiyeli ve kleytleyici (siderefor) konsantrasyonunu etkilemesi,

① Spesifik mekanizmalar: ✓ Strateji I

✓ Strateji II

Demir noksanlığında köklerin indirgeme kapasitesi ve proton salgılamaları ile kireçli topraklarda Fe noksanlığına dirençleri (kloroz direnci) arasında olumlu korelasyon bulunmaktadır

**Genotipik farklılıklarda önemlidir!!!!!!!**

**Çizelge 18.9.** Kireçli bir toprakta (pH 8.8; % 23 CaCO<sub>3</sub>) yetiştirilen yerfıstığı genotiplerinin verimine Fe-kleyt (10 kg Fe ha<sup>-1</sup>, FeEDDHA uygulamasının etkisi

Genotipler	Fe-kleyt uygulaması	Verim (kg ha <sup>-1</sup> )	Verim artışı (%)
Congo Red	-	833	-
	+	2583	210
Shulamit	-	3305	-
	+	4749	44
71-238	-	4388	-
	+	4777	9

**Çizelge 18.10.** Fe (III) kleytleyiciler tarafından kireçli bir topraktaki Fe' in çözülmesi ve <sup>59</sup>Fe (III) kleyt olarak uygulanan Fe' in Fe noksanlığı gösteren arpa bitkisi tarafından alınması

Kleytleyici (10 <sup>-5</sup> M)	Çözünen Fe miktarı (nmol Fe g <sup>-1</sup> toprak 12 saat <sup>-1</sup> )	Fe alımı (nmol Fe g <sup>-1</sup> kuru kök 4 saat <sup>-1</sup> )
Fitosiderofor (HMA)	23.6	3456.0
Siderefor (Desferal)	19.2	1.21
Sentetik kleyt (DTPA)	2.0	0.51

# Demir Fazlalığı

Demir toksikliği (**bronziasma**) anaerobik koşullarda yaygın görülür

Kurak koşullarda Fe toksikliğine **serbest radikaller yol açar**

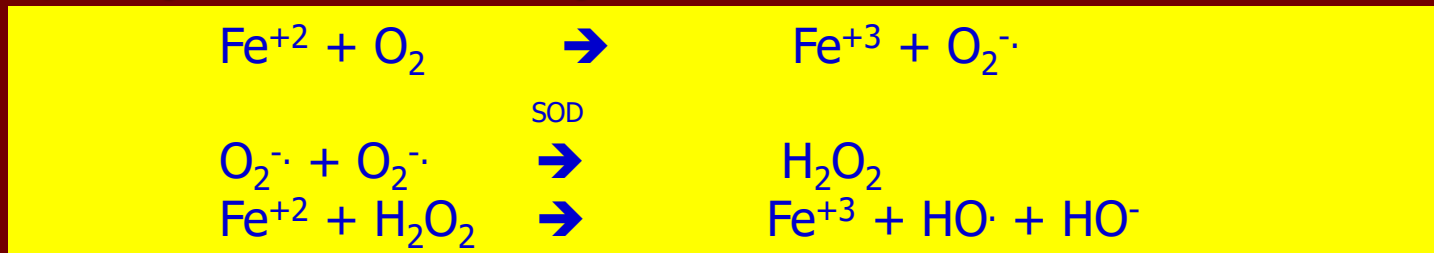
**Kritik toksiklik düzeyi 500 mg kg<sup>-1</sup>**

Fe toksikliğinde polifenol oksidaz aktivitesinin artması polifenollerin oksitlenmesi **BRONZLAŞMA**ya sebep olur

## K uygulaması;

■ Fe<sup>+2</sup> alımını ↓ ∞ köklerin oksidasyon potansiyelini ↑

**Fazla Fe**, oksijen radikalleri oluşumunu artırır



## Hidroksil (HO·) radikalleri de toksiktir

- membran lipidlerinin peroksidasyonu ile
- protein parçalanmasından sorumludur

**Çizelge 18.11.** Besin çözeltisindeki Fe konsantrasyonunun 5 gün süreyle O<sub>2</sub> uygulanarak ve uygulanmayarak yetiştirilen tüylü yakıotu bitkisinin protein, lipid peroksidasyonu ve kök enzim aktivitesine etkisi

Uygulanan	Protein (mg g <sup>-1</sup> taze ağ.)		Lipid peroksidasyonu <sup>a</sup>		Kök SOD aktivitesi (EU mg <sup>-1</sup> protein)	
	+O <sub>2</sub>	-O <sub>2</sub>	+O <sub>2</sub>	-O <sub>2</sub>	+O <sub>2</sub>	-O <sub>2</sub>
Fe (μM)						
50	3.39	3.41	0.71	0.63	447	543
180	4.07	3.45	0.54	0.67	513	931
450	2.98	1.44	0.78	1.71	412	2725

<sup>a</sup>: okside olan malondialdehit (μmol mg<sup>-1</sup> protein)

**ÇİNKO**  
(Zn)

# ● Toprakta Çinko

Çinko mineralleri **zor ayrışır** (> % 90 ayrışmaz)

Yer kabuğunda ortalama **80 mg kg<sup>-1</sup>**

Toprakta bir çok mineralin yapısında **10-300 mg kg<sup>-1</sup>** civarında bulunur

Toprakta yalnızca **Zn<sup>+2</sup>** halinde bulunur

**İyonik çapı** nedeniyle;  ojit  hornblend ve  biotit gibi ferromagnezyumlu minerallerdeki ve  montmorillonit killerindeki **Fe<sup>+2</sup> ve Mg<sup>+2</sup>** gibi iyonlarla **izomorfik yer değişimi** yapar

ZnS (☁☁☁)

sfalerit (ZnFe)S

zinkit (ZnO)

smitsonit (ZnCO<sub>3</sub>)

hemimorfit Zn<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.H<sub>2</sub>O

ZnSiO<sub>3</sub>

Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> (vilemit)

**gibi tuzlar da Zn içerir**

Toprakta

OM ve Kil



Zn miktarı



Çinko(Zn)<sub>i</sub>

katı yüzeylerde adsorbe halde  
kil minerallerinin değişim bölgelerinde ve  
organik maddede bulunur

Çinko adsorbsiyonu<sub>i</sub>

Zn<sup>+2</sup>  
ZnOH<sup>+</sup>  
ZnCl<sup>+</sup>

**Oktahedral tabakalarda Al' un yerine geçerek FİKSE olur**

pH **↑** Zn adsorbsiyonu **↑** için **nötr** ve **alkalin** topraklarda **Zn hareketi**

● Toprak çözeltilisinde Zn miktarı oldukça düşüktür ( $3 \times 10^{-8}$  -  $3 \times 10^{-6}$  M)

Kireçli ve pH' sı yüksek olan topraklarda Zn çözünürlüğü oldukça düşüktür

Yüksek pH' larda

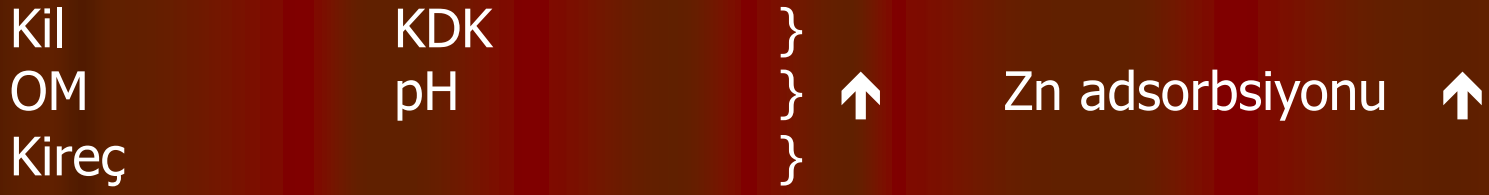


kireçli topraklarda



şeklinde çökeler !!!!

Topraklarda;



Çizelge 19.1. Toprak pH' sı ile topraktaki değişebilir Zn miktarı ve çeltik bitkisinin Zn kapsamı arasındaki ilişki

Dolar ve Keeney, (1971)		Wells vd., (1975)		
Toprak pH' sı	Değişebilir Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Toprak pH' sı	Zn uygulaması (kg ha <sup>-1</sup> )	Bitkide Zn (mg kg <sup>-1</sup> )
5.0-6.0	1.2	6.6	0	16
6.1-6.5	0.5 ↓	6.6	27	114
6.6-7.0	0.4	7.9	0	12
		7.9	27	37

Bitkiye yararlı Zn pH 5-7 arasında her bir birim pH artışına bağlı olarak 30-100 kat azalır



- OM var ise pH > 7' de çözünebilir Zn miktarı artar (Zn-org kompleks)
  - Kireçli topraklarda 7-8 pH aralığında OM az çözünür
    - - çözünebilir Zn azalır

Herhangi bir pH' da çözünebilir Zn miktarı;

- ◎ topraktaki Zn miktarı ile
- ◎ değişim yüzeylerinin özelliklerine bağlıdır
  - ◎ sulu oksitler ve kireç var ise azalır

Çinkonun;

amino, organik ve fulvik asitlerle oluşturduğu Zn-organik kompleksler

ÇÖZÜNÜR

humik asitlerle oluşturduğu Zn-organik kompleksler ÇÖZÜNEMEZ

Ana Materyal;

Bazik volkanik kayalar ise topraklar Zn yönünden **zengin**  
Silisli ana materyal ise (kumlu) topraklar Zn yönünden **fakir**

Bitkiler tarafından alınabilir Zn;

- ⇒ Toprak çözeltisindeki Zn<sup>+2</sup>
- ⇒ Katyon değişim bölgelerinde değişebilir şekilde tutulmuş Zn
- ⇒ Toprak çözeltisindeki ve toprak katı fazındaki organik komplekslerde bulunan Zn

# ● Bitkide Çinko

## ● Çinko alımı ve taşınımı

Zn<sup>+2</sup> şeklinde alınır (ZnOH<sup>+</sup>)

**AKTİF !!!**

Kleytlerden de Zn<sup>+2</sup> olarak alınır

Bitkilerin içerdiği miktar olarak

Zn  $\cong$  B

Zn  $\gggg$  Mo, Cu

Bitkilerin Zn kapsamı ( $\cong 100$  mg kg<sup>-1</sup>) ve Zn ihtiyacı **AZ**dır

Besin çözeltisinde  $0.01 \times 10^{-6}$  ile  $2.5 \times 10^{-6}$  M Zn **YETERLİ**

Cu, Fe, Mn **ANTAGONİST ?**

Zn alımını engeller

Mg > Ca = Sr = Ba

Ksilem özsuundaki Zn miktarı  $\gg$  ortamdaki Zn miktarı

• Ksilemde uzak mesafe taşınımında

• Zn organik asitlere bağlanır veya Zn<sup>+2</sup> olarak bulunur

**Taşınım** açısından Fe, B ve Mo' e göre daha hareketlidir

• Yaşlı yapraklardan genç yapraklara hareketi **sınırlı**dır

Bitkilerin Zn alımını;

• yetiştirme ortamının pH' sı ile

• P konsantrasyonu etkiler

**PXZn** nedeniyle Zn noksanlığı;



- toprak-bitki ilişkileri
- alım azlığı ya da köklerde birikme nedeniyle Zn taşınımının azalması
- *seyrelme etkisi* nedeniyle bitkideki Zn' nun azalması
- P fazlalığı sonucu Zn' nun metabolik fonksiyonlarını yapamaması sonucu oluşur

Bitkilerde **P/Zn** oranı;

- <50 → P noksan
- 50-200 → Zn yeterli
- >200 → Zn noksan

!!! ZnXFe

Bitkide P ↑ fizyolojik Zn ihtiyacı ↑ kritik noksanlık düzeyi ↑

Bitkinin **B** beslenme durumu Zn' nun **fizyolojik aktifliğini** etkiler  
Fitine bağlanarak "*biyolojik yarayırlılığ*" fitin/Zn oranına göre değişir

N, O ve S ile tetrahedral kompleksler oluşturması nedeniyle enzim reaksiyonlarında **fonksiyonel (katalitik)** ve **strüktürel** rol oynar

● **Çinko içeren enzimler**

- **Katalitik** ⇒ karbonik anhidraz, karboksi peptidaz
- **Strüktürel** ⇒ alkol dehidrogenaz

**Alkol dehidrogenaz:** hem katalitik, hem strüktürel 2 Zn

**Karbonik anhidraz:**  $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons HCO_3 + H^+$

Çift veya tekçenekli ve C3 veya C4 ` lerde farklı özelliktedir  
 Çinko noksanlığı, C3 bitkilerine göre C4 bitkilerinin fotosentez oranını daha çok etkiler

**CuZn-süperoksit dismutaz: CuZnSOD**

Toksik  $O_2^-$  radikalleri ↑ membran lipidlerin peroksidasyonu ve membran geçirgenliği ↑

Çizelge 19.2. Çinko noksanlığının pamuk köklerinde süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi ve süperoksit radikalleri ( $O_2^-$ ) üretimine etkisi

Zn	Kuru ağırlık (g (4 bitki) <sup>-1</sup> )		Aktivite (mg protein <sup>-1</sup> )	
	Tepe	Kök	$O_2^-$ Üretimi (nmol d <sup>-1</sup> )	SOD enzim ünitesi (EU)
+Zn →→→	3.1	0.8	1.3	75
-Zn →→→	1.8	0.5	3.7 !!!!!	35 !!!!!

## ● Çinko içeren diğer enzimler:

- ◆ Alkali fosfataz
- ◆ Fosfolipaz
- ◆ Karboksipeptidaz
- ◆ RNA polimeraz

## Çinkonun aktive ettiği enzimler

- ◆ Dehidrogenazlar
- ◆ Aldolazlar
- ◆ İzomerazlar
- ◆ Transfosforilazlar
- ◆ PPiazlar (Mg.PPiaz ve Zn.PPiaz)
- ◆ Zn-metal proteini (DNA, RNA)

## Protein sentezinde çinkonun rolü

Zn uygulaması	Kuru	Genç yaprak ve sürgün uçlarında				
	ağırlık (g (3 bitki) <sup>-1</sup> )	Zn (μg g <sup>-1</sup> )	Serbest aminoasit (μmol g <sup>-1</sup> )	Protein (mg g <sup>-1</sup> taze ağı.)	Triptofan (μmol g <sup>-1</sup> )	İAA (ng g <sup>-1</sup> taze ağırlık)
+Zn (1 μM)	8.24	52	82	28	0.37	239
-Zn	3.26	13	533	14	1.32	118
-Zn, +Zn <sup>a</sup>	4.53	141	118	30	0.27	198

a: 3 gün süresince tekrar 3 μM Zn uygulaması

**Çizelge 19.3.** Fasulye bitkisinin kuru ağırlığı ve tepe uç kısımlarının (genç yapraklar ve sürgün uçları) bileşimine Zn uygulamasının etkisi

Zn uygulaması (mg l <sup>-1</sup> )	Taze ağırlık (g)	RNaz aktivitesi (%) <sup>a</sup>	Protein azotu (%, taze ağı.)
0.005	4.0	74	1.82
0.01	5.1	58	2.25
0.05	6.6	48	2.78
0.10	10.0	40	3.65

**Çizelge 19.4.** Soya fasulyesinin taze ağırlığı, RNaz aktivitesi ve protein azotuna Zn uygulamasının etkisi

a: RNA'nın % hidrolizi

## ● Karbonhidrat metabolizmasında çinkonun rolü

- Fruktoz 1,6-bifosfataz 6C' lu şekerlerin kloroplastlarda ve sitoplazmada dağılımını düzenler
- Aldolaz 3C' lu fotosentez ürünlerinin kloroplastlardan sitoplazmaya taşınımını düzenler  
Zn noksanlığında ışık ta CHO birikimini artırır

Parametre	Zn uygulaması ( $\mu\text{M}$ )		
	1.0	0.001	0.001+2.0 <sup>a</sup>
Zn kapsamı ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	21	14	30
Şekerler ( $\text{mg g}^{-1}$ taze ağırlık)	4.2	9.1	5.0
Nişasta ( $\text{mg g}^{-1}$ taze ağırlık)	7.5	24.6	19.2
Hill reaksiyonu aktivitesi (%)	100	48	66

<sup>a</sup>: yeniden 2.0  $\mu\text{M}$  Zn uygulamasından 24 saat sonra

**Çizelge 19.5.** Lahana yapraklarının karbonhidrat ve Zn kapsamına Zn noksanlığı ve yeniden Zn uygulamasının etkisi

## Triptofan ve İAA sentezinde çinkonun rolü

Zn noksanlığı  $\Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow$  **ROZETLEŞME** Zn  
(OKSİN YETMEZLİĞİ, Triptofan  $\rightarrow$  İAA)

## Membran dayanıklılığında çinkonun rolü

- Membranın fosfolipid ve sülfidril gruplarına bağlanarak veya
- Polipeptid zincirlerinde kalan sisteinle tetrahedral kompleksler oluşturarak membran lipidlerini ve proteinlerini **oksidatif zararlanma**ya karşı korur
- SOD enzimleri aracılığıyla toksik oksijen radikallerinin birikimini azaltır

**Çizelge 19.6.** Pamuk bitkisinin Zn beslenme durumunun küçük moleküllü bileşiklerin yıkanmasına (kök salgıları) ve köklerin lipid bileşimine etkisi

Uygulama	Kök Zn kapsamı (mg kg <sup>-1</sup> )	Kök salgıları (g <sup>-1</sup> kuru ağı. (6 saat) <sup>-1</sup> )				Lipid kapsamı	
		Amino asitler (μg)	Şeker (μg)	Fenolikler (μg)	K (mg)	Fosfolipidler (μg g <sup>-1</sup> taze ağırlık)	Yağ asitleri doymuş/ doymamış
+Zn	258	48	375	117	1.68	2230	0.79
-Zn	16	165	751	161	3.66	1530	0.90
-Zn+Zn <sup>a</sup>	121	94	652	130	2.32	-	-

<sup>a</sup>: Zn noksanlığı olan bitkilere 12 saat süresince yeniden Zn uygulanması

**Çizelge 19.7.** Fasulye bitkisinin kök ve gövdesinin Zn kapsamı ile klorofil kapsamı, süperoksit üretimi (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) ve kök ekstraktında NADPH oksidasyonu arasındaki ilişkiler

Uygulama	Zn kapsamı (mg kg <sup>-1</sup> )		Klorofil (mg g <sup>-1</sup> kuru ağı.)	O <sub>2</sub> <sup>-</sup> üretimi (nmol mg <sup>-1</sup> protein d <sup>-1</sup> )	NADPH oksidasyonu (nmol mg <sup>-1</sup> protein d <sup>-1</sup> )
	Kök	Gövde			
+Zn	44	37	7.4	2.2	18.3
-Zn	11	10	3.6	6.6	61.0
-Zn+Zn <sup>a</sup>	69	71	4.1	4.3	40.0

<sup>a</sup>: Zn noksanlığı olan bitkilere 2 gün süresince yeniden Zn uygulanması

## Fosfor-çinko interaksiyonu

Toprakta Zn az → fazla P uygulaması;

- toprak ve bitkisel faktörleri etkileyerek Zn noksanlığı yaratır (*P' a bağlı Zn noksanlığı*)
- topraklarda Zn çözünürlüğü **azalır**
- kök büyümesi ve köklerin mikoriza ile enfeksiyonu **azalır** (rizosfer olumsuz etkilenir)
- tepe/kök oranı artar (*seyrelme etkisiyle* Zn noksanlığı oluşur, P artar, P toksikliği >%2)
- PxZn interaksiyonunda bitki de etkili olur

Zn uygulaması ( $\mu\text{M}$ )	Kuru ağırlık (g)		Zn kapsamı (mg kg <sup>-1</sup> )		P kapsamı (mg kg <sup>-1</sup> )	
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>
0	8.3	9.5	15	15	11.0	24.1
0.25	9.6	9.9	27	27	9.6	20.2
1.0	9.8	11.6	54	57	8.7	11.8

**Çizelge 19.8.** Besin çözeltisindeki P ve Zn konsantrasyonunun banya bitkisinin gelişimi ile Zn ve P kapsamına etkisi

P<sub>1</sub>: 0.25 mM, P<sub>2</sub>: 2.0 mM fosfor

**Çizelge 19.9.** Mikroelement noksanlığının pamuk bitkisinin kök ve gövdesinin kuru ağırlığı ve P kapsamına etkisi

Uygulama	Kuru ağırlık (g)		P kapsamı (%)	
	Kök	Gövde	Kök	Gövde
Kontrol	0.18	1.21	1.03	1.10
-Zn	0.13	0.70	1.15	2.65
-Fe	0.16	0.98	1.00	0.90
-Mn	0.15	0.93	0.96	1.20
-Cu	0.16	1.00	1.38	1.40

**Zn az ise P toksik olabilir**  
(~ % 2' den fazla P)  
Zn noksanlığı köklerin P alımını ve sürgünlere P taşınımını artırır  
Cl, B ve P girişi artar  
toksiklik görülür



# Çinkonun bitkideki formları ve biyolojik yararlılığı

Vejetatif dokularda;

Enzimlerin yapısında (toksikliği durumunda klorofilin yapısında bulunur)

Küçük moleküllü bileşiklere bağlanabilir

Generatif dokularda (**tohum, tane**);

- Fitik asitin tuzları olan **FİTATLAR** şeklinde bulunur
- Biyolojik yararlılık azalır
  - Çimlenme sırasında mineralize olur (**fitaz**)

## Çinko Noksanlığı

İyi ayrışmış **asit** topraklar ile

**kireçli** topraklarda yetişen bitkilerde görülür (Fe + Zn noksanlığı)

⇓ yüksek pH

Kil ve kirecin Zn adsorpsiyonu (XXX çözünmez  $Zn(OH)_2$  ve  $ZnCO_3$ )

$HCO_3^-$  Fe ve alımı ve taşınımını azaltır

$ZnSO_4$  ile giderilebilir (KLEYT kullanma zorunluğu **YOK**, Fe-KLEYT)

Kuru maddenin mineral kapsamı					
Toprak	(mg kg <sup>-1</sup> )		(g kg <sup>-1</sup> )		
pH' sı	Zn	Mn	P	K	Mg
5.2	200	310	1.8	18.5	4.5
6.0	54	66	1.9	17.5	3.8
6.8	20	19	1.9	19.0	3.9

**Çizelge 19.10.** Kireçleme yoluyla pH artışının kumlu bir toprakta yetiştirilen yarfıstığı bitkisi yapraklarının mineral madde kapsamına etkisi

Toprak sıcaklığı Zn beslenmesini etkiler  
Kök aktivitesi ile VA mikoriza enfeksiyonu azalır  
Kök salgıları Zn ve Mn beslenmesinde etkilidir

**Anaerobik** koşullarda da;

**Yüksek pH** ve **fazla OM** Zn noksanlığı yaratır

(Tuz, Fe toksisitesi, Zn noksanlığı çeltikte ürünü tayin eder)

Nötr ve alkali topraklarda Zn verilmeden ürün almak **ZOR**

$\text{HCO}_3$  iyonu 6.5-8.0 pH' da Zn' yu fikse eder

Zn noksanlığında küçük molekül ağırlıklı kök salgıları artar

- Çiftçeneklilerde kök salgıları çoğunlukla **aminoasitler, şekerler, fenoller ve K**
  - Buğdaygillerde Fe noksanlığında olduğu gibi gündüz salgılanan **fitosideroforlar**

Çizelge 19.11. Toprak pH' sı ve Zn uygulamasının çeltik bitkisinin tane verimi ve yaprakların Zn kapsamına etkisi

Toprak pH' sı	Uygulanan Zn (kg ha <sup>-1</sup> )	Tane verimi (kg ha <sup>-1</sup> )	Yaprakların Zn kapsamı (mg kg <sup>-1</sup> )
6.8	0	5934	9
	1.9	7212	17
7.3	0	5265	9
	1.9	6171	18
7.7	0	2788	10
	1.9	6637	14

Kritik noksanlık düzeyi 15-20 mg Zn kg<sup>-1</sup>

Zn noksanlığından **tohum** ve **tane** verimi daha çok etkilenir

Buğday, yulaf ve bezelyeye göre mısır, pamuk ve elma daha çok duyarlı

pH' ya bağlı olarak değişim komplekslerinde

Zn<sup>+2</sup>, ZnCl veya Zn(OH) iyonları şeklinde tutulur

Toprak çözeltisindeki miktarı ve mobilitesi azdır

OM' ye güçlü bir şekilde bağlanır

Zn noksanlığı pH' sı 6.5-8.0 arasında olan topraklarda yaygındır

## Pratikte Zn noksanlığı aşağıdaki özelliklere sahip topraklarda sık görülür

1. Asit, yıkanmış kum ve kumlu tınlı topraklar, özellikle Zn içeriği düşük podzoller (aşırı fosforlu gübreleme ve kireçlemeden sonra)
2. Nötr ve karbonat içeriği yüksek çinko içeriği düşük topraklar
3. Organik madde kapsamı yüksek topraklar
4. Çinko içeriği düşük olan alt toprak ile üst toprağın karıştırılması ile ıslah edilen topraklar
5. Üst toprağı taşınmış topraklar

### Zn noksanlığının genel belirtileri;

Noksanlık ilk önce genç yapraklarda ortaya çıkar

Yapraklar küçülür

Bitki çalimsı bir hal almır (bodurlaşır)

Rozet yapraklar oluşur

Genç yapraklarda kloroz ortaya çıkar

## Bitkilerde çinko etkinliği

Buğday, yulaf ve bezelyeye göre mısır, pamuk ve elma daha çok duyarlı Türler arası bu fark; genetik özellikler olan,

- rizosfer pH' sı
- kök salgıları
- VA mikoriza ile enfeksiyondan

kaynaklanır

Genotipleri arasında da fark var

Genotip	Yaprakların Zn kapsamı (mg kg <sup>-1</sup> )			Tane verimi (g saksı <sup>-1</sup> )		
	0	5 mg Zn	50 mg Zn	0	5 mg Zn	50 mg Zn
T21	15.0	19.7	37.1	3.8	8.5	10.4
Plant A-3	21.2	30.8	90.8	6.7	10.1	10.0

Çizelge 19.12. Zn noksanlığı olan bir toprakta (pH 7.8) yetiştirilen güvercin bezelyesi genotiplerinin tane verimi ve olgun dönemdeki yapraklarının Zn kapsamı

Genotiplere 5 ve 50 mg Zn (ZnSO<sub>4</sub>) verilmiştir.

### Etkinlikte;

#### •Genler

#### •Fe noksanlığında olduğu gibi kök tepkisi

#### •Fitosiderofor salgısı gibi hususlar etkili olabilir

•Çizelge 19.13. Zn noksanlığına tepki olarak iki buğday genotipinin fitosiderofor (PS) salgılama oranı ve tane verimlerindeki farklılıklar

Genotip	Tane verimi (t ha <sup>-1</sup> )		PS salgılanması (μmol (60 bitki) <sup>-1</sup> (4 saat) <sup>-1</sup> )	
	-Zn	+Zn	-Zn	+Zn
Aroona	1.21	1.42	6.9	0.5
Durati	0.45	1.12	1.8	0.5

## Çinko Fazlalığı

- Kritik toksiklik düzeyi  $100 \text{ mg kg}^{-1}$ -  $300 \text{ mg kg}^{-1}$
- Kök uzaması engellenir
- Fe, Mg ve Mn noksanlığına yol açar
- Klorofile 6Mn, 6Zn yerine 2Mn, 30 Zn bağlanır

## Toksikliğı önlemek üzere;

- Kireçleme ile pH artırılabilir
- P ve tercihen peat olmak üzere organik gübreler kullanılabilir

## Bitkilerin çinko toleransı

Ağır metal tolerans mekanizmaları da ekofizyolojik açıdan önemlidir  
Modern ve endüstriyel toplulukların atıklarında fazla miktarda Zn bulunur

- Alımın azaltılması (dışarda tutma) veya
  - Hücre duvarlarında bağlanma gibi mekanizmalar Zn toleransında önemli değil
  - Mikorizalar etkili olabilir

Çizelge 19.14.

Çinkoya toleranslı ve toleranslı olmayan iki çayır timsahotu bitkisinin kök vakuol ve sitoplazmasının Zn kapsamına Zn uygulamasının etkisi

Dış ortamda Zn ( $\text{mM Zn}^{2+}$ )	Sitoplazmada bağlı Zn ( $\text{mM}$ )		Vakuolde serbest Zn ( $\text{mM}$ )	
	Toleranssız	Toleranslı	Toleranssız	Toleranslı
0.10	7.1	10.6	3.7	5.3
0.75	33.4	6.2	2.1	33.4

## Toleransı artıran hususlar;

Organik asit ⊗ Zn kompleksi (Sitrik, Malik)

Fitatlar ve Amino asitlere bağlanması

$\text{NH}_4$  ile beslenme sonucu Asparagin sentezi

BAKIR (Cu)

# 1. Toprakta Bakır

- \* Yer kabuğunun Cu konsantrasyonu ortalama  $70 \text{ mg kg}^{-1}$  civarındadır.
- \* Yaygın bulunan formu kalkopirit ( $\text{FeCuS}_2$ ) mineralinde olduğu gibi sülfidler formundadır.
- \* Bakır toprakta  $\text{Cu}^{+2}$  halinde bulunur.



# 1. Toprakta Bakır

- \* Güneş vd. (1996) Konya kapalı havzasının verimlilik durumunu belirlemek üzere yaptıkları çalışmada, bakırın silt ile negatif; organik madde ve azot ile pozitif korelasyonlar verdiğini,
- \* Alparslan vd. (2001), kireç kapsamı yüksek olan sera topraklarında Cu' ın yararlılığının daha az olduğunu belirtmişlerdir.

## 2. Bitkide Bakır

- \* Genç yapraklardan yaşlı yapraklara taşınabilmesine rağmen bitkide taşınımı çok kolay değildir.
- \* Bitkiler kökleriyle bakırı  $\text{Cu}^{+2}$  ve Cu-kleytler şeklinde alır.

## 2. Bitkide Bakır

- \* Cu, bitkide çeşitli enzimlerin aktivasyonunda görev alıp zararlı oksijen bileşiklerinin parçalanmasını sağlar.

# 3. Bitkide Bakır Noksanlığı

- \* Cu noksanlığı genellikle;
  - \* Kaba tekstürlü,
  - \* Kireçli,
  - \* Organik maddece zengin topraklarda görülür.

# 3. Bitkide Bakır Noksanlığı

- \* Bakır noksan bitkilerde çözünebilir karbonhidrat miktarı daha azdır. Bu nedenle polen oluşumu ve tozlanması bozulur.
- \* Baklagillerde nodül oluşumu ve N fiksasyonu durur, amino asit ve  $\text{NO}_3$  birikimi görülür.

# 3. Bitkide Bakır Noksanlığı

- \* Cu hareket kabiliyeti zayıf bir element olduğu için noksanlık belirtileri genç yapraklarda görülür.

# 3. Bitkide Bakır Noksanlığı

- \* Grimsi yeşil renk hatta beyazlaşma benzeri renk değişimleri görülür.

# 3. Bitkide Bakır Noksanlığı

- \* Meyve ağaçlarında dalların uç kısımlarında kurumalar meydana gelir.



# 3. Bitkide Bakır Noksanlığı

- \* Toprakta yetişen bitkilerde noksanlığı kısa sürede gidermek için Cu tuzları, oksitleri ve kleytleri yapraktan uygulanabilir.

# MANGAN

## Toprakta Mangan

Yer kabuğundaki miktarı  $\approx 900 \text{ mg kg}^{-1}$  dır

Doğada;  oksitler  sülfidler halinde

Fe ile birlikte bulunur

Volkanik kayalarda Fe/Mn oranı 1/60' dır

· Buralardaki topraklarda % 5-17 Fe, % 0.5-8 Mn bulunur

Primer ve ferromagnezyumlu kayalarda bulunur

Kayalar ayrışınca sekonder mineraller oluşur;

prulozit ( $\text{MnO}_2$ )  manganit ( $\text{MnO}(\text{OH})$ )

hasmanit ( $\text{Mn}_3\text{O}_4$ )

Topraklarda toplam Mn miktarı  $20\text{-}3000 \text{ mg kg}^{-1}$   
ortalama  $600 \text{ mg kg}^{-1}$  dır

◆  $\text{Mn}^{+2}$  (toprak çözeltisinde kil ve OM' de adsorbe)

bitkiler tarafından **alınabilir**

◆  $\text{Mn}^{+3}$  ve  $\text{Mn}^{+4}$  (Mn-oksitlerde bulunur)

bitkiler tarafından **alınamaz**

$\text{Mn}^{+2}$  + kolay indirgenebilir Mn = “**Aktif Mn**”

## Oksidasyon-Redüksiyonu etkileyen faktörler;

- ☑ toprak pH' sı
- ☑ organik madde
- ☑ mikrobiyel aktivite → Topraktaki Mn<sup>+2</sup> miktarını da belirler
- ☑ toprak nemi



İndirgen koşullarda Mn miktarı artar (toksik olabilir!!!!)

## Çizelge 20.1. Kireçleme ve 3 gün su altında bırakmanın yonca bitkisinin ürününe ve Mn kapsamına etkisi

Kireçleme (g kg <sup>-1</sup> )	Suyla doyurma	Toprak pH' sı	Ürün (g saksı <sup>-1</sup> )	Mn kapsamı (mg kg <sup>-1</sup> )
0	-	4.8	3.1	426
0	+	5.2	1.2	6067
2.5	-	5.7	5.7	99
2.5	+	3.0	3.0	954

Düşük pH' da çözünürlüğü artırır (+ kısa süreli

havasızlık)

Burada redoks potansiyeli de önemlidir



## Çizelge 20.2. Toprak altı üçgölünün yaygın olduğu meraların yaşı ile toprak pH' sı ve değişebilir Mn kapsamı arasındaki ilişkiler

Mera yaşı	pH (H <sub>2</sub> O)	Değişebilir Mn (mg kg <sup>-1</sup> )
0	6.1	4.6
25-30	5.6	22.7
30-35	5.3	33.3
35-40	5.1	37.3
40-45	4.8	46.1

inal

Organik madde ile **çözünür** ve **çözünemez** bileşikler oluşturur

Yüksek pH' yla OM Mn yarıyışlılığını azaltır

- Asit topraklarda değişebilir Mn miktarı 1000 mg kg<sup>-1</sup>
- OM ve pH' sı yüksek topraklarda 0.1 mg kg<sup>-1</sup>

Topraktaki bakterilerin Mn oksitlemesi pH' ya bağlıdır (pH: 7 optimum)

- Bakterilerin ölmesi (buhar sterilizasyonu) Mn yarıyışlılığını artırır

Mn yarıyışlılığını;

- 1) Kireçleme **AZALTIR**
- 2) Fizyolojik asit karakterli gübreler (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> **ARTIRIR**

Topraktaki toplam Mn;

- ① Mineral Mn
- ② Organik komplekslerdeki Mn
- ③ Değişebilir Mn
- ④ Toprak çözeltilisindeki Mn (Mn<sup>+2</sup>, OM ile kompleks Mn)

Mn sentetik kleytlerde Zn ve Ca ile yer değiştirebilir

Toprak çözeltilisindeki Mn miktarı >> Zn ve Cu miktarı

Mn noksanlığı;

**iyi havalandan** kurak ve yarı kurak bölgelerdeki **alkali ve kireçli** topraklarda daha sık görülür

Mn yıkanabilir (asit, yağışlı, podzolik topraklar)

inal

# Bitkide Mangana

## Mangana alımı ve taşınımı

Alım **AKTİF** tir

$Mn^{+2}$  olarak alınır (Bitkide  $Mn^{+2}$  olarak bulunabilir, okside olabilir)

Mn alımı açısından **bitkiler farklılık** gösterir

Redoks reaksiyonlarında önemlidir

Mn alım oranı  $<$  diğer iki değerli katyonların alım oranı (Ca, Mg)

Antagonizm görülür (Mg  $\ominus$  Mn)

• İyon çapları nedeniyle de Ca, Mg, Fe, Zn ile işlevsellikte REKABET

Kireçleme (Ca ve pH artışı) Mn alımını **azaltır**

- pH' da alımı etkiler (4-6 arasında artar,  $>6$ ' da azalır)

$NH_4$  ile beslenen bitkilerin Mn alımı

$<$

$NO_3$  ile beslenen bitkilerin Mn alımı

Mn alımını ;

- Mg, Fe, Zn ve  $NH_4$  iyonları azaltırken
- $NO_3$  iyonları artırır

$Mn^{+2}$  halinde **sınırlı** oranda taşınır

# Manganın biyokimyasal fonksiyonları

Fotosistem II' deki (PS II) mangan-protein

Mn içeren süperoksit dismutaz (MnSOD) enzimlerini etkiler

Bitkiyi  $O_2^{\cdot-}$  radikallerinin **toksik** etkisinden **korur**



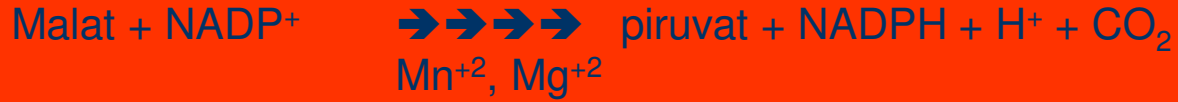
SOD enzimleri    ① FeSOD                      ② MnSOD                      ③ CuZnSOD                      olabilir

En yaygın Mn içeren enzim;

- PS II' de suyun parçalanmasıyla oluşan polipeptit (protein)

Mn kofaktör olarak yaklaşık 35 enzimi aktive eder

- **Malik enzimin katalizlediği reaksiyon:**



- **İzositrat dehidrogenazın katalizlediği enzim:**



Spesifik olarak Mn' a ihtiyaç duyan enzim;

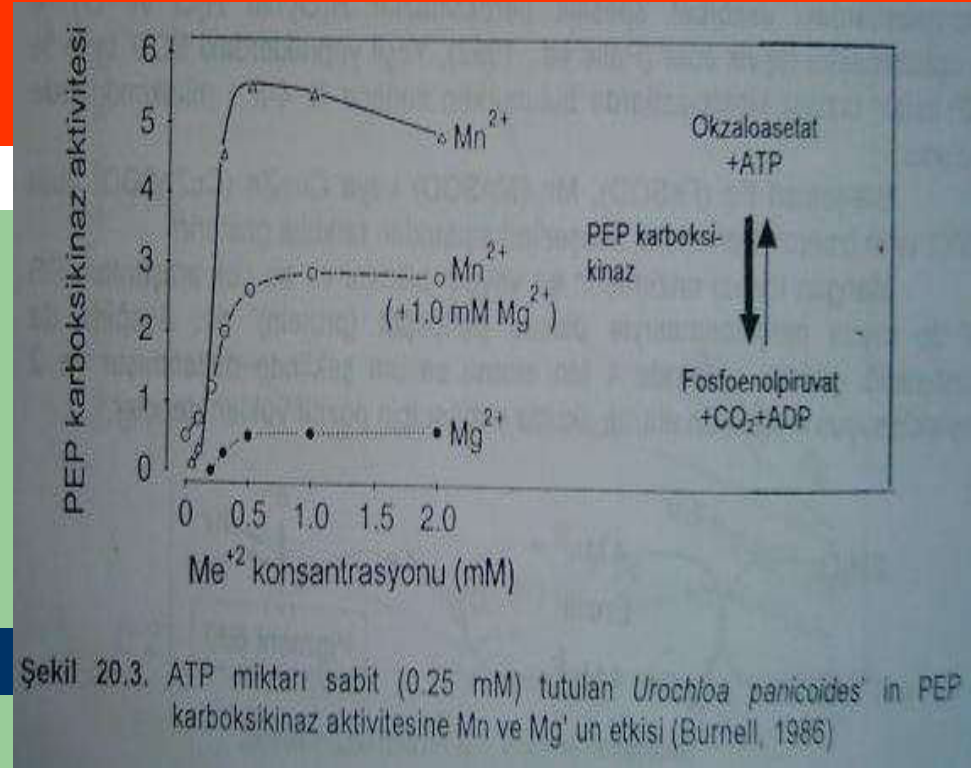
- kloroplast RNA polimeraz enzimi
- PEP karboksikinaz enzimi

## MANGAN;

- Fenilalanin amonyak-liyaz (PAL)
- Peroksidaz
- İAA Oksidaz enzimlerini de etkiler

Azot metabolizmasında etkili olan;

- alantoat amidohidrolaz (alantoin ve alantoat parçalanması ve taşınmasını sağlar)
- arginaz (dolaylı olarak  $\text{NO}_3$  birikimine yol açar) enzimleri de Mn tarafından katalizlenir



# Fotosentezde manganın rolü

## Yüksek bitkilerde;

- genel olarak fotosentezde
  - özel olarak ta PS II' deki fotosentetik O<sub>2</sub> oluşumu
- Mn noksanlığına çok duyarlı proseslerdir

## Protein, karbonhidrat ve lipid metabolizmasında manganın rolü

RNA polimerazı aktive etmesine rağmen;strüktürel olmayan karbonhidratların miktarı ile kök gelişimi daha fazla etkilenmektedir

Çizelge 20.3. Fasulye bitkisinin gelişimi ve bileşimine Mn noksanlığının etkisi

Parametre	Yaprak		Gövde		Kök	
	+Mn	-Mn	+Mn	-Mn	+Mn	-Mn
Kuru ağırlık (g bitki <sup>-1</sup> )	0.64	0.46	0.55	0.38	0.21	0.14
Protein-N' u (mg g <sup>-1</sup> )	52.7	51.2	13.0	14.4	27.0	25.6
Çözünebilir N (mg g <sup>-1</sup> )	6.8	11.9	10.0	16.2	17.2	21.7
Çözünebilir karbonhidrat (mg g <sup>-1</sup> )	17.5	4.0	35.6	14.5	7.6	0.9

Mn lipid metabolizmasını etkiler (yağ asitleri, karotenoidler vb bileşiklerin biosentezini)

Mangan noksanlığı olan yapraklarda

klorofil ile glikolipid ve poli doymamış yağ asitleri azalır



Mn noksanlığında bitkinin lipid kapsamı ve tohum bileşiminde büyük değişiklikler görülür

Mn noksanlığında tohumların yağ içeriğinin azalmasına;

- muhtemelen fotosentez oranının azalması yani
  - yağ asitleri sentezi için C girdisinin azalması
- neden olur

**Çizelge 20.4.** Genç buğday bitkilerinin tepe ve köklerinin lignin ve Mn kapsamı arasındaki ilişkiler

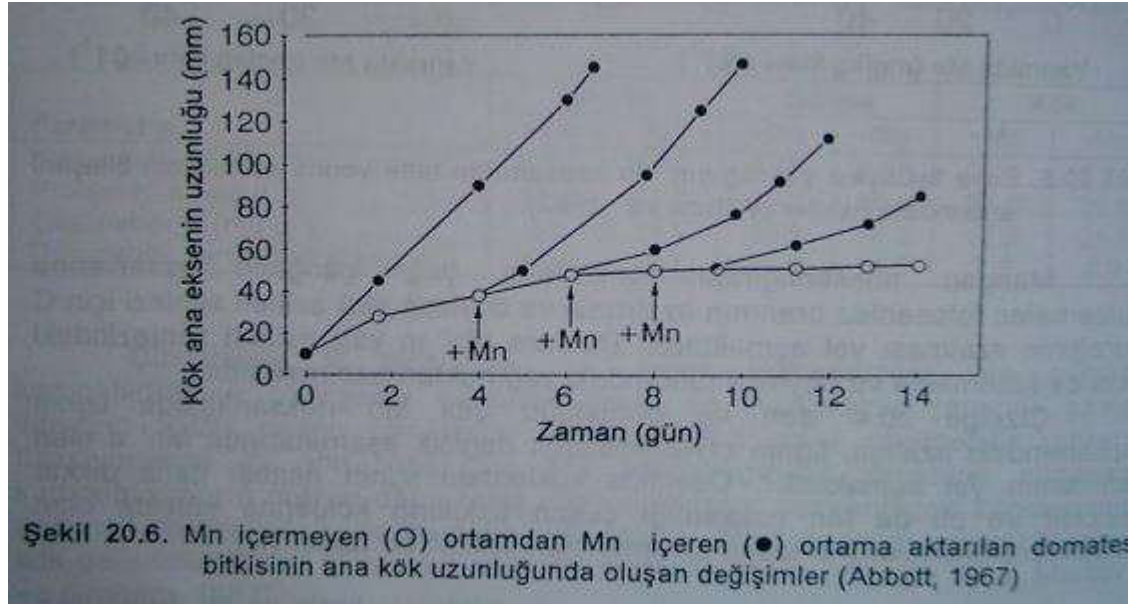
Parametre	Mn kapsamı (mg kg <sup>-1</sup> )			
	4.2	7.8	12.1	18.9
Lignin (kuru ağırlıkta, %)				
Tepe	4.0	5.8	6.0	6.1
Kök	3.2	12.8	15.0	15.2

# Hücre bölünmesi, uzaması ve genişlemesinde manganın rolü

Büyüme ve Gelişim için Mn' a ihtiyaç duyulur  
Karbonhidrat azlığı da Mn noksanlığında kök büyümesini engeller

## Mn noksanlığından;

Hücre bölünmesine oranla hücre uzaması ve genişlemesi daha çok etkilenir



## Mangan Noksanlığı

Bitkilerde Mn noksanlığına sebep olan faktörler genel olarak aşağıda sıralanmıştır.

- Toprakta  $Mn^{+2}$  nin konsantrasyonu
  - ✓ Ana materyalde Mn az olan
  - ✓ Serbest  $CO_3$  ' lar içeren yüksek pH' lı
  - ✓ Kalkerli
  - ✓ humuslu-kumlu
  - ✓ Aşırı yıkanmış
  - ✓ Yüksek pH + fazla OM' ye sahip
  - ✓ Çernozyem
  - ✓ organik topraklarda
- Toprakta diğer katyonların (Ca, Mg, Fe, Zn, P, N formu) konsantrasyonu
- Toprağın KDK' sı
- Toprağın organik madde içeriği, sıcaklığı, mikrobiyel aktivite ve redoks potansiyeli
- Toprağın veya yetiştirme ortamının pH' sı
  - pH bir birim azalırsa  $Mn^{+2}$  iyonu 100 kat artar
  - pH < 6' da Mn noksanlığı **MUTLAK** Mn noksanlığından kaynaklanır
  - pH < 5' de  $Mn^{+2}$  toksik düzeye ulaşabilir
  - pH 6.5-8.0 arasında bakteriyel oksidasyon sonucu yararlılık azalır

Nemli topraklarda yararlılık yüksektir

## Noksanlık Belirtileri;

- Genç yapraklarda kloroz nekrozlar
- Tahıllarda kloroz + nekroz + gri benekler
- Dikotiledon bitkilerde kloroz damarlar arasında ve mozaik benzeri şekillerde
- Respirasyon ve transpirasyon değişmezken

☒ ürün

☒ fotosentez

☒ klorofilde **azalma**

### • Donmaya aşırı duyarlılık

- Başak oluşumunun uzaması
- Tane sayısı ve veriminin azalması
- Polen metabolizmasının engellenmesi
- Tane dolumu için karbonhidrat yetersizliği

## TEDAVİ;

- Toprağa ve/veya yaprağa  $MnSO_4$  uygulanması
- Taşınım sınırlılığı nedeniyle yaprağa uygulamada tekrarlama
- % 1-2' lik  $MnSO_4$  veya % 1' lik Mn-kleyt çözeltileri
- Tohumda Mn uygulama veya tohumda fazla Mn içeren çeşitleri seçme
- Mn noksanlığına duyarlılık açısından bitkiler arasında fark vardır

**çok duyarlılar;** yulaf, buğday, soya fasulyesi ve şeftali

**duyarlı olmayanlar;** mısır ve çavdar

Noksanlıkta kritik düzey açısından bitkiler arasındaki fark azdır

bitki türü, çeşidi ve çevre koşullarından bağımsız  $10-20 \text{ mg kg}^{-1}$   
inal

# Mangan Fazlalığı

**Toksiklikte kritik düzey;  
Bitkilere, genotiplere ve  
Çevre koşullarına (sıcaklık ve Si beslenmesi)  
göre büyük değişim gösterir**

**Çizelge 20. 5. Değişik bitkilerin kritik Mn toksiklik düzeyleri**

<b>Bitkiler</b>	<b>Mn kapsamı (mg kg<sup>-1</sup>)</b>
Mısır	200
Güvercin bezelyesi	300
Soya fasulyesi	600
Pamuk	750
Tatlı patates	1380
Ayçiçeği	5300

\*: % 10 ürün azalmasına neden olan düzey kritik düzey olarak alınmıştır

**Çizelge 20.6. Besin çözeltisinin Mn konsantrasyonunun soya fasulyesi çeşitlerinin kuru ağırlığı ve Mn kapsamına etkileri**

<b>Çeşit</b>	<b>Uygulanan Mn (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Kuru ağırlık (g bitki<sup>-1</sup>)</b>		<b>Tepe Mn kapsamı (mg kg<sup>-1</sup>)</b>
		<b>Tepe</b>	<b>Kök</b>	
T 203	1.5	5.4	0.61	208
	4.5	6.6	0.55	403
	6.5	7.0	0.55	527
Bragg	1.5	5.7	0.59	297
	4.5	5.3	0.64	438
	6.5	4.5	0.68	532

### Toksiklik belirtisi;

- Toprak üstü aksam + generatif aksam öncelikle etkilenir
- Kahverengi benekler (polifenollerin oksidasyonu nedeniyle)
- Kahverengi benek yoğunluğu çeşit seçiminde faydalı olabilir
- Asit topraklarda Ca ve Mg noksanlıklarına oluşur
- N fiksasyonu engellenir

### Mn toksisitesi;

- asit topraklarda
- kompakte topraklarda
- sterilizasyon yapılmış topraklarda
- Cl, NO<sub>3</sub> ve SO<sub>4</sub> içeren gübrelerin fazla kullanıldığı topraklarda görülür

Toksiklik düzeyi 1000 mg kg<sup>-1</sup>,

Tahıllar, şeker pancarı, patates, yonca, lahana, domates, marul Mn toksisitesine **hassastır**

BOR (B)

# 1. Toprakta Bor

- \* Toprakta bor;
  - \* Toprak çözeltisinde  $H_3BO_3$  veya  $B(OH)_4^-$  formunda,
  - \* Toprak kolloidlerince adsorbe edilmiş durumda,
  - \* Bor' lu minerallerde olmak üzere 3 şekilde bulunur.



# 1. Toprakta Bor

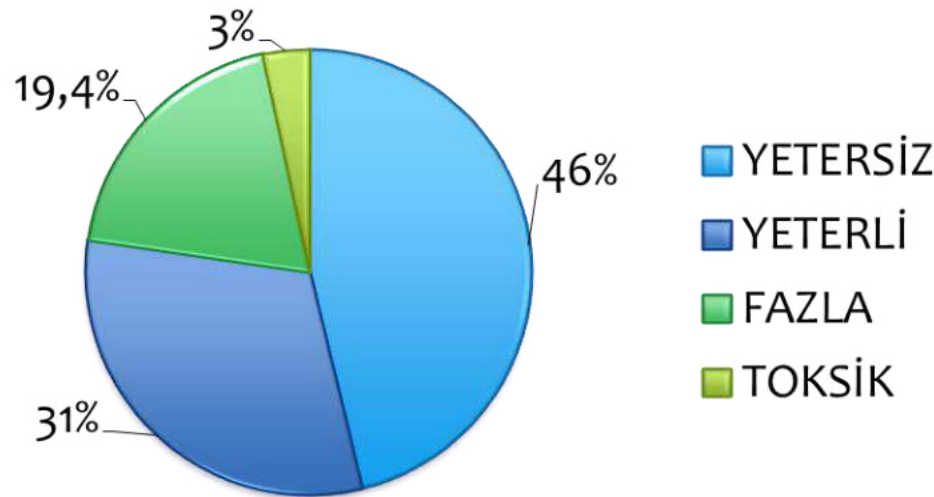
- \* Topraklardaki toplam bor ortalama  $20-50 \text{ mg kg}^{-1}$  dır.
- \* Toprakta çözünebilir şekilde bulunan B bitkiler tarafından alınabilen formdur ve bu da toplam borun yaklaşın  $1/10'$  una tekabül eder.

# 1. Toprakta Bor

- \* Güneş vd. (1999) Beypazarı bölgesinde havuç yetiştirilen toprakların besin maddesi içeriklerini inceledikleri bir çalışmada yarayışlı B kapsamının 1,12-10,90 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiiğini belirtmişlerdir.
- \* Taban vd. (1997) Orta Anadolu' da çeltik tarımı yapılan topraklarda yarayışlı B kapsamının 1,36-6,25 mg kg<sup>-1</sup> olduğunu bildirmişleridir.
- \* Alparslan vd. (2001) Akdeniz Bölgesi' nde sera topraklarının verimlilik durumlarını incelemiş ve yarayışlı B içeriklerinin 0,1-7,14 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiiğini rapor etmişlerdir.

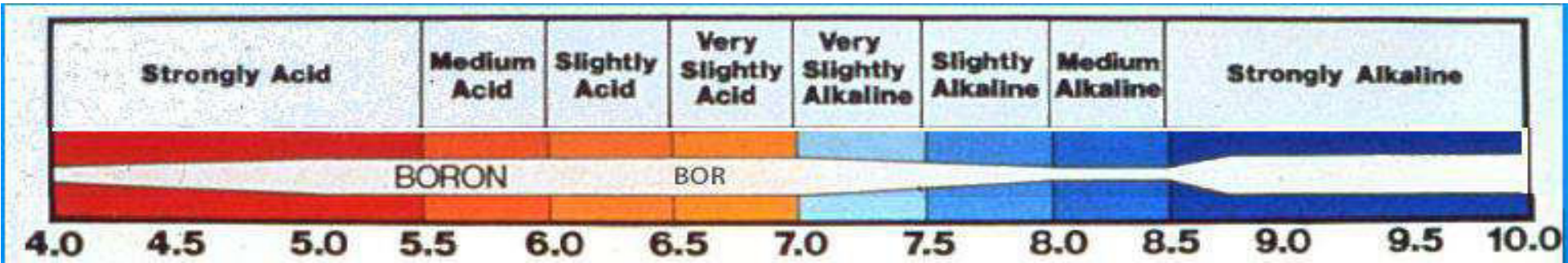
# 1. Toprakta Bor

- \* Türkiye topraklarında bor içeriği yönünden yapılan bir değerlendirmede, topraklarımızın %46.2' sinde yetersiz, %31.1' inde yeterli, %19.4' ünde fazla ve %3.3' ünde toksik seviyede bor olduğu belirlenmiştir (Arcak, 2010)



# 1. Toprakta Bor

- \* Toprak pH' sı arttıkça B' un adsorbsiyonu artar ve yararlılığı azalır.



- \* Kurak ve yarı kurak bölgelerde, yağışlı bölgelere göre daha fazla B bulunur. Hatta bu miktar toksik seviyelere ulaşabilmektedir.

## 2. Bitkide Bor

- \* Bitkiler B' u pasif olarak  $H_3BO_3$  formunda ve az da olsa aktif olarak  $B(OH)_4^-$  formunda almaktadırlar.
- \* Bitkilerdeki hareketliliği oldukça düşüktür.
- \* B bitkide transpirasyon akışına göre ksilemde taşındığından yaprak uçları ve kenarlarında birikmektedir.

## 2. Bitkide Bor

- \* Bitkide oksin metabolizmasında,
- \* Şekerlerin taşınmasında ve depolanmasında,
- \* Hücre duvarının yapısında,
- \* Çiçeklenmede,
- \* Meyve kalitesinde önemli rolleri bulunmaktadır.

## 3. Bor Noksanlığı

- \* İmmobil bir element olduğu için ilk noksanlık belirtileri genç yapraklarda, meyvelerde ve sürgün uçlarında görölmektedir.
- \* Özellikle çift çenekli bitkilerin B gereksinimi tek çeneklilere göre çok daha fazladır.

# 4. Bor Toksisitesi

- \* Bor bitkide yararlılık sınırları çok dar olan bir elementtir.
- \* Azlığı birçok fizyolojik bozukluğa neden olurken, sınır değerlerin biraz üzerine çıkan B düzeylerinde toksisite meydana gelmektedir.



# MOLİBDEN

## Toprakta Molibden

### Toplam Mo

İyi ayrılmış topraklarda  $2-4 \text{ mg kg}^{-1}$

az ayrılmış topraklarda  $0.2-36 \text{ mg kg}^{-1}$

Tarım topraklarında  $0.6-3.5 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $2 \text{ mg kg}^{-1}$ )

**Yarayışlı Mo →→→ ortalama  $0.2 \text{ mg kg}^{-1}$  (ANA MATERYALE BAĞLI)**

Sazlık-bataklık topraklar  $0.17-1.4 \text{ mg kg}^{-1}$

Gri-kahverengi podzolik topraklar  $0.1-0.5 \text{ mg kg}^{-1}$

Peat topraklar  $0.1-0.5 \text{ mg kg}^{-1}$

Podzolik topraklar  $0.09-0.36 \text{ mg kg}^{-1}$

Topraktaki Mo;

MİNERAL ↓	ORGANİK ↓	ADSORBE ↓	TOPRAK ÇÖZELTİSİNDE
Ferrimolibdat	$\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$	Kurşun molibdat (Wulfenite)	$\text{PbMoO}_4$
Kalsiyum molibdat (Powellit)		$\text{CaMoO}_4$ (ÇÖZÜNÜR)	

Mo, diğer ağır metallere farklı olarak toprakta anyon ( $\text{MoO}_4^{-2}$ )

Topraktaki reaksiyonu fosfat ve sülfat gibidir

Adsorpsiyonu pH'ya bağlı;

Nötr koşullarda AZ

pH ↓ FAZLA

Alkali ortamda Mo miktarı > Asit ortamda Mo miktarı

Çözünebilen miktarı toplamın % 1

Cu, Zn, Fe ve Mn'ın tersine Mo ve B'un asit topraklarda ( $\text{pH} < 5$ ) çok kuvvetli tutulması nedeniyle, pH yükseldikçe alınabilirliği ve bitkilere yararlılığı artar

Toprak pH'sı Mo kapsamını yansıtır

$\text{pH} < 5.5$  ise topraklarda Mo noksanlığı beklenmelidir

Her birim pH artışına bağlı olarak çözünebilir Mo 10-100 kat artar

Asit topraklarda bitkilerin Mo alımı < Alkali topraklarda Mo alımı

Kurak ve yarı kurak bölge topraklarında Mo noksanlığı az görülür

KİREÇLEME !!!! = Mo gübre ( $\text{OH}, \text{P} \leftrightarrow \text{MoO}_4$ )

Toprak çözeltisinde Mo  $2 \times 10^{-8}$  -  $8 \times 10^{-8}$  M

Çözeltideki ve topraktaki Mo miktarı topraktan toprağa değişken

Mo;

kolloidlerde adsorbe çözeltide ve minerallerin yapısında

Ca-molibdat ve hidrate Mo oksitler ile indirgen koşullarda molibdenit ( $\text{MoS}_2$ )

Topraktaki Mo' in bir kısmı organik formda bulunur

# Bitkide Molibden

## Molibden alımı ve taşınımı

▶▶ Bitkiler molibdat ( $\text{MoO}_4^{-2}$ ) anyonu olarak absorbe eder  
**AKTİF ALIM !!**

▶▶  $\text{MoO}_4^{-2}$  ' in bir çok özelliği, toprakta yayılsılığını ve bitkiler tarafından alınımını etkileyen sülfat ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) ve fosfat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) a benzer

▶▶ Anyonlar arası rekabet nedeniyle

$\text{SO}_4$  anyonu Mo alımını ↓  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  anyonu Mo alımını ↑

▶▶ TAŞINIM ksilemde  $\text{MoO}_4^{-2}$ , Mo-S aminoasit kompleksi veya şeker ya da diğer polihidroksi bileşiklerle oluşturulmuş **molibdat kompleksi** şeklinde

▶▶ Mo ksilem ve floemde kolay hareket ettiğinden uzun mesafe taşınımı  
**KOLAY**

Mo' e fizyolojik gereksinim  $< 1 \text{ mg kg}^{-1}$

- \* fazla alınabilir ve biriktirilebilir
- \* bir-kaç 1000 mg/kg TOKSİK
- \*  $\text{NO}_3$  ile beslenenlerin Mo ihtiyacı >> diğer N formları
- \* Ortamdaki Mn arttıkça Mo ihtiyacı ARTAR
- \* Mn, Zn, Cu, Cl alımı AZALTIR
- \*  $\text{FeSO}_4$  ( $\text{Fe}^{++}$ ) alımı artırır, FeEDDHA AZALTIR
- \* Asit koşullarda alım AZALIR
- \* Mo, P metabolizmasında önemli (FOSFORİLASYON,  $\text{Pi} \rightarrow \text{Porg}$ )
- \* Ac-fosfataz enzimlerini engelleyip P-esterlerinin parçalanmasını önler
- \* Mo, Fe' fizyolojisini etkileyerek klorofil ve protein sentezini etkiler

- \* Cruciferae ve baklagillerin Mo ihtiyacı FAZLA
- \* Asit koşullara adapte bitkilerin Mo ihtiyacı AZ
- \* Mo noksanlığına ÇİFT ÇENEKLİLER DAHA DUYARLI
- \* Enzimler, (nitrat redüktaz, nitrogenaz, ksantin oksidaz/dehidrogenaz ve SÜLFİT REDÜKTAZ) kofaktör olarak Mo içerir (YAPISAL, KATALİTİK, REDOKS)
- \* 23.2.2. NİTROGENAZ

**Çizelge 23.1.** Molibden noksanlığı olan toprakta yetiştirilen kıvılağaç bitkilerinin gelişim ve N kapsamına Mo uygulamasının etkisi (Becking, 1961)

Parametre	Mo uygulaması ( $\mu\text{g saksı}^{-1}$ )	Yaprak	Gövde	Kök	Nodül
Kuru ağırlık (g saksı <sup>-1</sup> )	0	1.79	0.59	0.38	0.007
	150	5.38	2.20	1.24	0.132
N kapsamı (%)	0	2.29	0.92	1.79	2.77
	150	3.58	1.17	1.83	3.26

- \* Mo' in etkisi N formuna bağlı
- \* Mo, N fiksasyonu için GEREKLİ
- \* Mo noksan olan yerde Mo= N gübrelemesi

**Çizelge 23.2.** Azot ve Mo gübrelemesinin pH' sı 5.6 olan bir toprakta yetiştirilen nodül oluşturan ve oluşturmeyen soya fasulyesi bitkilerinin tohum verimi ile yaprakların N kapsamına etkileri (Parker ve Harris, 1977)

	Uygulama (g Mo ha <sup>-1</sup> )	Nodül oluşturmeyen (kg N ha <sup>-1</sup> )				Nodül oluşturan (kg N ha <sup>-1</sup> )			
		0	67	134	201	0	67	134	201
<b>N (%)</b>	0	3.1	4.6	5.3	5.6	4.3	5.1	5.4	5.6
	34	3.6	4.7	5.3	5.6	5.7	5.5	5.6	5.6
<b>Tohum (t ha<sup>-1</sup>)</b>	0	1.71	2.66	3.00	3.15	2.51	2.76	3.08	3.11
	34	1.62	2.67	2.94	3.16	3.05	3.11	3.23	3.13

## 23.2.3. Nitrat Redüktaz (NR)

Mo, NR' ı aktive eder (N formu önemli)

**Çizelge 23.3.** Azot formu ve Mo' in pH' sı kireçle tamponlanmış ortamda yetiştirilen domates bitkisinin gelişimi ile klorofil, nitrat ve askorbik asit kapsamına etkisi (Hewitt ve McCready, 1956)

N formu	Kuru ağırlık (g)		Klorofil (mg(100g) <sup>-1</sup> yaş ağ.)		Nitrat (mg g <sup>-1</sup> )		Askorbik asit (mg(100g) <sup>-1</sup> yaş ağ.)	
	-Mo	+Mo	-Mo	+Mo	-Mo	+Mo	-Mo	+Mo
NO <sub>3</sub>	9.6	25.0	8.9	15.8	72.9	8.7	99	195
NH <sub>4</sub>	15.9	19.4	21.6	17.4	10.4	8.7	126	184

Steril olmayan ortamlarda

NH<sub>4</sub>-nitrifikasyon--NO<sub>3</sub> birikimi

Mo, elektokonfigürasyon açısından V ve W' a benzer

W, Mo noksanlığını giderir

NR' i nihibe eder (NO<sub>3</sub> birikir N metabolizması bozular)



## \* 23.2.4. Mo içeren diğer enzimler

1) Ksantin oksidaz dehidrogenaz

(purinlerin ürik asite katabolik döngüsünü katalizler)

2) Sülfid oksidaz ( $SO_3^{2-} \rightarrow SO_4^{2-}$ )

## \* 23.2.5. Mo' e bağlı Metabolik Değişimler

Nitrogenaz  $\rightarrow$  N noksanlığı, metabolik değişimler

\*Kamçı kuyruk

\*Boğum aralarının kısalması

\*Genç yapraklarda kloroz

\*Aminoasit ve org. Asit birikimi

\*Düşük sıcaklık ve suyla doygunluğa hassasiyet

\*Polen oluşumu (çiçeklenme gecikir, çiçek açılmaz)

\*Polen taneleri küçüktür ve nişasta içermez

\*İnvertaz aktivitesi  $\rightarrow$  düşer zayıf polen çimlenmesi

**Çizelge 23.4.** Mısır bitkisine uygulanan Mo' in polen oluşumu ve canlılığına etkisi

Mo uygulaması (mg kg <sup>-1</sup> )	Polen tanelerinin Mo kapsamı (µg g <sup>-1</sup> )	Polen üretim kapasitesi (polen sayısı /anter)	Polen çapı (µm)	Polen canlılığı (% çimlenen)
20	92	2437	94	86
0.1	61	1937	85	51
0.01	17	1300	68	27

## \* 23.3. Mo Noksanlığı ve Fazlalığı

\*Yaprakta kritik noksanlık düzeyi  $0.1-1 \text{ mg kg}^{-1}$  (Bitki türü ve N formuna bağlı)

\*Baklagil tohumlarının Mo kapsamı >> diğer tohumlar

KAMÇI KUYRUK en belirgin Mo noksanlık belirtisi

KİREÇLEME = Mo Gübrelemesi

**Çizelge 23.5.** Toprak pH' sı ve Mo uygulaması ile soya fasulyesinin kuru ağırlığı ve Mo kapsamı arasındaki ilişkiler (Mortvedt, 1981)

Parametre	Mo uygulaması (mg saksı <sup>-1</sup> )	Toprak pH' sı		
		5.0	6.0	7.0
Kuru ağırlık (g saksı <sup>-1</sup> )	0	14.9	18.9	22.5
	5	19.6	19.5	20.4
Yaprak Mo kapsamı (mg kg <sup>-1</sup> )	0	0.09	0.82	0.90
	5	1.96	6.29	18.50

Mo içeriği yüksek tohumlar ya da tohumlara Mo uygulaması FAYDALI

100 g Mo → tohuma = 60 kg/ha N

**Çizelge 23.6.** Soya fasulyesi tohumlarının Mo kapsamı ile bu tohumların Mo noksanlığı olan toprakta yetiştirilmesiyle elde edilen ürün arasındaki ilişkiler

Tohumların Mo kapsamı (mg kg <sup>-1</sup> )	Ürün miktarı (kg ha <sup>-1</sup> )
0.05	1505
19.0	2332
48.4	2755

## \* Mo floemde kolay taşındığından

Yaprağa Mo uygulaması daha etkilidir, nodüllere kolay taşındığı için baklagillerde etkili

**Çizelge 23.8.** Toprağa veya yaprağa Mo uygulamasının, Mo kapsamı düşük asit kumlu toprakta yetiştirilen yerfıstığı bitkisinin kuru madde üretimi, N alımı ve Mo kapsamına etkisi (Rebafka, 1993)

Mo uygulaması (g ha <sup>-1</sup> )	Kuru ağırlık (kg ha <sup>-1</sup> )	N alımı (kg ha <sup>-1</sup> )	Mo kapsamı (mg kg <sup>-1</sup> )		
			Yaprak	Nodül	Tohum
0	2685	70	0.02	0.4	0.02
200 (toprağa)	3413	90	0.02	1.5	0.20
200 (yaprağa)	3737	101	0.05	3.7	0.53

Toprağa uygulamanın etkisiz olması;

\*\*fiksasyon

\*\*kök alımının engellenmesi (SO<sub>4</sub> x MoO<sub>4</sub> interaksyonu)

SP (jips) !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

**Çizelge 23.9.** Fosforlu gübrelerin (13 kg P ha<sup>-1</sup>) Mo kapsamı düşük asit kumlu toprakta yetiştirilen yerfıstığının kuru madde üretimi, N alımı ve Mo kapsamına etkisi (Rebafka vd., 1993)

Fosforlu gübreler	Kuru ağırlık (kg ha <sup>-1</sup> )	N alımı (kg ha <sup>-1</sup> )	Mo kapsamı (mg kg <sup>-1</sup> )		
			Yaprak	Nodül	Tohum
-P	2000	52	0.22	4.0	1.0
+SP	2550	62	0.09	1.5	0.1
+TSP	3150	81	0.31	8.2	3.1

- \* Mo noksanlık ve toksiklik sınırı geniş (0.1-1000 ppm). Yüksek Mo kapsamı tohum açısından faydalı
- \* Hayvanlarda Mo toksikliği açısından tehlikeli
- \*  $> 5-10 \text{ mg kg}^{-1}$  Mo hayvanlarda Cu noksanlığı  $\rightarrow$  *Molibdenozis* olarak bilinen hastalığa yol açar
- \* Toksiklik tehlikesi, özellikle genç bitkilerden kaynaklanabilir  $\rightarrow$  seyrelme etkisi
- \* Cu kapsamı düşük ve Mo kapsamı  $> 5 \text{ mg kg}^{-1}$  ise koyunlarda ishal vakaları !!!!!!!
- \* Fakat bu olumsuz etki hayvanlara sadece Cu uygulamasıyla giderilebilmektedir.
- \* Bitkilerin Mo kapsamı sülfat uygulamasıyla azaltılabilir  
Bitkiler oldukça yüksek Mo düzeylerine karşı toleranslıdırlar ve pratikte Mo toksikliği nadiren görülür.

# MOLİBDEN

## Toprakta Molibden

### Toplam Mo

İyi ayrıışmış topraklarda 2-4 mg kg<sup>-1</sup>

az ayrıışmış topraklarda 0.2-36 mg kg<sup>-1</sup>

Tarım topraklarında 0.6-3.5 mg kg<sup>-1</sup> (2 mg kg<sup>-1</sup>)

**Yarayıışlı Mo →→→ ortalama 0.2 mg kg<sup>-1</sup> (ANA MATERYALE BAĞLI)**

Sazlık-bataklık topraklar 0.17-1.4 mg kg<sup>-1</sup>

Gri-kahverengi podzolik topraklar 0.1-0.5 mg kg<sup>-1</sup>

Peat topraklar 0.1-0.5 mg kg<sup>-1</sup>

Podzolik topraklar 0.09-0.36 mg kg<sup>-1</sup>

Topraktaki Mo;

MİNERAL ↓	ORGANİK ↓	ADSORBE ↓	TOPRAK ÇÖZELTİSİNDE
Ferrimolibdat	Fe <sub>2</sub> (MoO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Kurşun molibdat (Wulfenite)	PbMoO <sub>4</sub>
Kalsiyum molibdat (Powellit)		CaMoO <sub>4</sub> (ÇÖZÜNÜR)	

Mo, diğer ağır metallere farklı olarak toprakta anyon ( $\text{MoO}_4^{-2}$ )

Topraktaki reaksiyonu fosfat ve sülfat gibidir

Adsorpsiyonu pH'ya bağlı;

Nötr koşullarda AZ

pH ↓ FAZLA

Alkali ortamda Mo miktarı > Asit ortamda Mo miktarı

Çözünebilen miktarı toplamın % 1

Cu, Zn, Fe ve Mn'in tersine Mo ve B'un asit topraklarda ( $\text{pH} < 5$ ) çok kuvvetli tutulması nedeniyle, pH yükseldikçe alınabilirliği ve bitkilere yararlılığı artar

Toprak pH'sı Mo kapsamını yansıtır

$\text{pH} < 5.5$  ise topraklarda Mo noksanlığı beklenmelidir

Her birim pH artışına bağlı olarak çözünebilir Mo 10-100 kat artar

Asit topraklarda bitkilerin Mo alımı < Alkali topraklarda Mo alımı

Kurak ve yarı kurak bölge topraklarında Mo noksanlığı az görülür

KİREÇLEME !!!! = Mo gübre ( $\text{OH}, \text{P} \leftrightarrow \text{MoO}_4$ )

Toprak çözültisinde Mo  $2 \times 10^{-8} - 8 \times 10^{-8} \text{ M}$

Çözültideki ve topraktaki Mo miktarı topraktan toprağa değişken

Mo;  
kolloidlerde adsorbe çözültide ve minerallerin yapısında

Ca-molibdat ve hidrate Mo oksitler ile indirgen koşullarda molibdenit ( $\text{MoS}_2$ )

Topraktaki Mo' in bir kısmı organik formda bulunur

# Bitkide Molibden

## Molibden alımı ve taşınımı

- ▶▶ Bitkiler molibdat ( $\text{MoO}_4^{-2}$ ) anyonu olarak absorbe eder  
AKTİF ALIM !!
  - ▶▶  $\text{MoO}_4^{-2}$  ' ın bir çok özelliği, toprakta yarayışlılığını ve bitkiler tarafından alınımını etkileyen sülfat ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) ve fosfat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) a benzer
  - ▶▶ Anyonlar arası rekabet nedeniyle  
 $\text{SO}_4$  anyonu Mo alımını ↓  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  anyonu Mo alımını ↑
  - ▶▶ TAŞINIM ksilemde  $\text{MoO}_4^{-2}$ , Mo-S aminoasit kompleksi veya şeker ya da diğer polihidroksi bileşiklerle oluşturulmuş **molibdat kompleksi** şeklinde
  - ▶▶ Mo ksilem ve floemde kolay hareket ettiğinden uzun mesafe taşınımı  
KOLAY
- Mo' e fizyolojik gereksinim  $< 1 \text{ mg kg}^{-1}$



- \* fazla alınabilir ve biriktirilebilir
- \* bir-kaç 1000 mg/kg TOKSİK
- \*  $\text{NO}_3$  ile beslenenlerin Mo ihtiyacı >> diğer N formları
- \* Ortamdaki Mn arttıkça Mo ihtiyacı ARTAR
- \* Mn, Zn, Cu, Cl alımı AZALTIR
- \*  $\text{FeSO}_4$  ( $\text{Fe}^{++}$ ) alımı artırır, FeEDDHA AZALTIR
- \* Asit koşullarda alım AZALIR
- \* Mo, P metabolizmasında önemli (FOSFORİLASYON,  $\text{Pi} \rightarrow \text{Porg}$ )
- \* Ac-fosfataz enzimlerini engelleyip P-esterlerinin parçalanmasını önler
- \* Mo, Fe' fizyolojisini etkileyerek klorofil ve protein sentezini etkiler

- \* Cruciferae ve baklagillerin Mo ihtiyacı FAZLA
- \* Asit koşullara adapte bitkilerin Mo ihtiyacı AZ
- \* Mo noksanlığına ÇİFT ÇENEKLİLER DAHA DUYARLI
- \* Enzimler, (nitrat redüktaz, nitrogenaz, ksantin oksidaz/dehidrogenaz ve SÜLFİT REDÜKTAZ) kofaktör olarak Mo içerir (YAPISAL, KATALİTİK, REDOKS)
- \* 23.2.2. NİTROGENAZ

**Çizelge 23.1.** Molibden noksanlığı olan toprakta yetiştirilen kıvılağaç bitkilerinin gelişim ve N kapsamına Mo uygulamasının etkisi (Becking, 1961)

Parametre	Mo uygulaması ( $\mu\text{g saksı}^{-1}$ )	Yaprak	Gövde	Kök	Nodül
Kuru ağırlık (g saksı <sup>-1</sup> )	0	1.79	0.59	0.38	0.007
	150	5.38	2.20	1.24	0.132
N kapsamı (%)	0	2.29	0.92	1.79	2.77
	150	3.58	1.17	1.83	3.26

- \* Mo' in etkisi N formuna bağlı
- \* Mo, N fiksasyonu için GEREKLİ
- \* Mo noksan olan yerde Mo= N gübrelemesi

**Çizelge 23.2.** Azot ve Mo gübrelemesinin pH' sı 5.6 olan bir toprakta yetiştirilen nodül oluşturan ve oluşturmeyen soya fasulyesi bitkilerinin tohum verimi ile yaprakların N kapsamına etkileri (Parker ve Harris, 1977)

	Uygulama (g Mo ha <sup>-1</sup> )	Nodül oluşturmeyen (kg N ha <sup>-1</sup> )				Nodül oluşturan (kg N ha <sup>-1</sup> )			
		0	67	134	201	0	67	134	201
<b>N (%)</b>	0	3.1	4.6	5.3	5.6	4.3	5.1	5.4	5.6
	34	3.6	4.7	5.3	5.6	5.7	5.5	5.6	5.6
<b>Tohum (t ha<sup>-1</sup>)</b>	0	1.71	2.66	3.00	3.15	2.51	2.76	3.08	3.11
	34	1.62	2.67	2.94	3.16	3.05	3.11	3.23	3.13

## 23.2.3. Nitrat Redüktaz (NR)

Mo, NR' ı aktive eder (N formu önemli)

**Çizelge 23.3.** Azot formu ve Mo' in pH' sı kireçle tamponlanmış ortamda yetiştirilen domates bitkisinin gelişimi ile klorofil, nitrat ve askorbik asit kapsamına etkisi (Hewitt ve McCready, 1956)

N formu	Kuru ağırlık (g)		Klorofil (mg(100g) <sup>-1</sup> yaş ağ.)		Nitrat (mg g <sup>-1</sup> )		Askorbik asit (mg(100g) <sup>-1</sup> yaş ağ.)	
	-Mo	+Mo	-Mo	+Mo	-Mo	+Mo	-Mo	+Mo
NO <sub>3</sub>	9.6	25.0	8.9	15.8	72.9	8.7	99	195
NH <sub>4</sub>	15.9	19.4	21.6	17.4	10.4	8.7	126	184

Steril olmayan ortamlarda

NH<sub>4</sub>-nitrifikasyon--NO<sub>3</sub> birikimi

Mo, elektrokonfigürasyon açısından V ve W' a benzer

W, Mo noksanlığını giderir

NR' i nihibe eder (NO<sub>3</sub> birikir N metabolizması bozulur)

## \* 23.2.4. Mo içeren diğer enzimler

1) Ksantin oksidaz dehidrogenaz

(purinlerin ürik asite katabolik döngüsünü katalizler)

2) Sülfid oksidaz ( $SO_3^{2-} \rightarrow SO_4^{2-}$ )

## \* 23.2.5. Mo' e bağlı Metabolik Değişimler

Nitrogenaz  $\rightarrow$  N noksanlığı, metabolik değişimler

\*Kamçı kuyruk

\*Boğum aralarının kısalması

\*Genç yapraklarda kloroz

\*Aminoasit ve org. Asit birikimi

\*Düşük sıcaklık ve suyla doygunluğa hassasiyet

\*Polen oluşumu (çiçeklenme gecikir, çiçek açılmaz)

\*Polen taneleri küçüktür ve nişasta içermez

\*İnvertaz aktivitesi  $\rightarrow$  düşer zayıf polen çimlenmesi

**Çizelge 23.4.** Mısır bitkisine uygulanan Mo' in polen oluşumu ve canlılığına etkisi

Mo uygulaması (mg kg <sup>-1</sup> )	Polen tanelerinin Mo kapsamı (µg g <sup>-1</sup> )	Polen üretim kapasitesi (polen sayısı /anter)	Polen çapı (µm)	Polen canlılığı (% çimlenen)
20	92	2437	94	86
0.1	61	1937	85	51
0.01	17	1300	68	27

## \* 23.3. Mo Noksanlığı ve Fazlalığı

\*Yaprakta kritik noksanlık düzeyi  $0.1-1 \text{ mg kg}^{-1}$  (Bitki türü ve N formuna bağlı)

\*Baklagil tohumlarının Mo kapsamı >> diğer tohumlar

**KAMÇI KUYRUK** en belirgin Mo noksanlık belirtisi

**KİREÇLEME = Mo Gübrelmesi**

**Çizelge 23.5.** Toprak pH' sı ve Mo uygulaması ile soya fasulyesinin kuru ağırlığı ve Mo kapsamı arasındaki ilişkiler (Mortvedt, 1981)

Parametre	Mo uygulaması (mg saksı <sup>-1</sup> )	Toprak pH' sı		
		5.0	6.0	7.0
Kuru ağırlık (g saksı <sup>-1</sup> )	0	14.9	18.9	22.5
	5	19.6	19.5	20.4
Yaprak Mo kapsamı (mg kg <sup>-1</sup> )	0	0.09	0.82	0.90
	5	1.96	6.29	18.50

Mo içeriği yüksek tohumlar ya da tohumlara Mo uygulaması **FAYDALI**

100 g Mo-→ tohuma = 60 kg/ha N

**Çizelge 23.6.** Soya fasulyesi tohumlarının Mo kapsamı ile bu tohumların Mo noksanlığı olan toprakta yetiştirilmesiyle elde edilen ürün arasındaki ilişkiler

Tohumların Mo kapsamı (mg kg <sup>-1</sup> )	Ürün miktarı (kg ha <sup>-1</sup> )
0.05	1505
19.0	2332
48.4	2755

## \* Mo floemde kolay taşındığından

Yaprağa Mo uygulaması daha etkilidir, nodüllere kolay taşındığı için baklagillerde etkili

**Çizelge 23.8.** Toprağa veya yaprağa Mo uygulamasının, Mo kapsamı düşük asit kumlu toprakta yetiştirilen yerfıstığı bitkisinin kuru madde üretimi, N alımı ve Mo kapsamına etkisi (Rebafka, 1993)

Mo uygulaması (g ha <sup>-1</sup> )	Kuru ağırlık (kg ha <sup>-1</sup> )	N alımı (kg ha <sup>-1</sup> )	Mo kapsamı (mg kg <sup>-1</sup> )		
			Yaprak	Nodül	Tohum
0	2685	70	0.02	0.4	0.02
200 (toprağa)	3413	90	0.02	1.5	0.20
200 (yaprağa)	3737	101	0.05	3.7	0.53

Toprağa uygulamanın etkisiz olması;

\*\*fiksasyon

\*\*kök alımının engellenmesi (SO<sub>4</sub> x MoO<sub>4</sub> interaksyonu)

SP (jips) !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

**Çizelge 23.9.** Fosforlu gübrelerin (13 kg P ha<sup>-1</sup>) Mo kapsamı düşük asit kumlu toprakta yetiştirilen yerfıstığının kuru madde üretimi, N alımı ve Mo kapsamına etkisi (Rebafka vd., 1993)

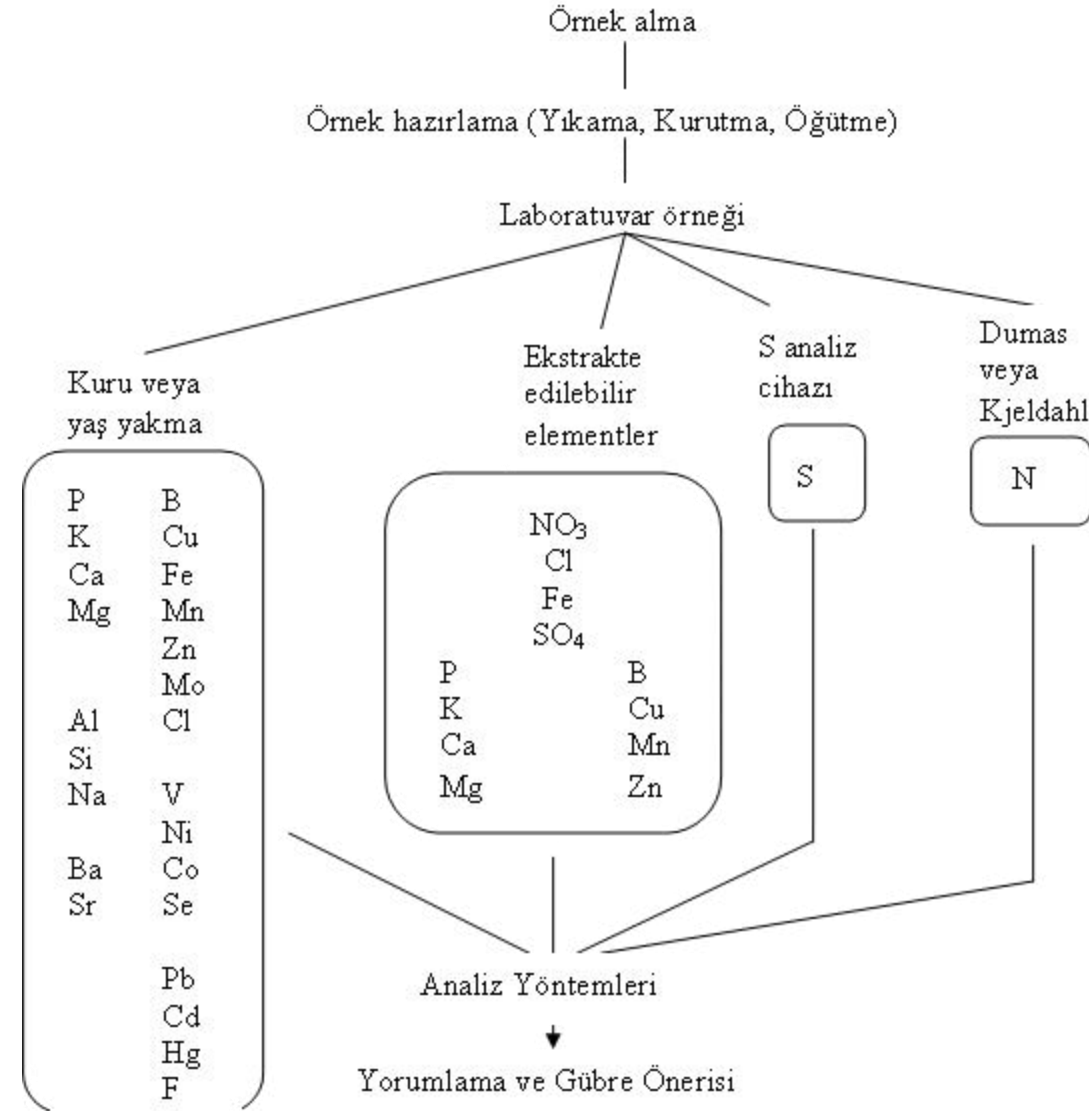
Fosforlu gübreler	Kuru ağırlık (kg ha <sup>-1</sup> )	N alımı (kg ha <sup>-1</sup> )	Mo kapsamı (mg kg <sup>-1</sup> )		
			Yaprak	Nodül	Tohum
-P	2000	52	0.22	4.0	1.0
+SP	2550	62	0.09	1.5	0.1
+TSP	3150	81	0.31	8.2	3.1

- \* Mo noksanlık ve toksiklik sınırı geniş (0.1-1000 ppm). Yüksek Mo kapsamı tohum açısından faydalı
- \* Hayvanlarda Mo toksikliği açısından tehlikeli
- \*  $> 5-10 \text{ mg kg}^{-1}$  Mo hayvanlarda Cu noksanlığı  $\rightarrow$  *Molibdenozis* olarak bilinen hastalığa yol açar
- \* Toksiklik tehlikesi, özellikle genç bitkilerden kaynaklanabilir  $\rightarrow$  seyrelme etkisi
- \* Cu kapsamı düşük ve Mo kapsamı  $> 5 \text{ mg kg}^{-1}$  ise koyunlarda ishal vakaları !!!!!!!
- \* Fakat bu olumsuz etki hayvanlara sadece Cu uygulamasıyla giderilebilmektedir.
- \* Bitkilerin Mo kapsamı sülfat uygulamasıyla azaltılabilir  
Bitkiler oldukça yüksek Mo düzeylerine karşı toleranslıdırlar ve pratikte Mo toksikliği nadiren görülür.





# BİTKİ ÖRNEKLERİNİN ALINMASI



-50.0

100.

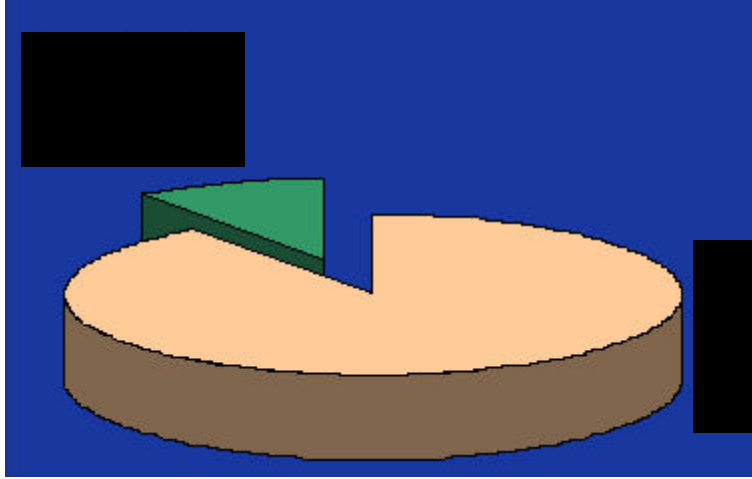
# BİTKİ ANALİZLERİ

Her bitki için uygun fizyolojik dönemde tarlada, bahçede veya serada ya zig-zag şeklinde ya da köşegenler boyunca yürünerek arazi büyüklüğünü ve bitki çeşidine göre yeteri kadar bitkiden örnek alınır.

Örneğin Asma yapraklarından örnekleme; Çiçeklenme veya renk dönümü döneminde, birinci salkımın karşısındaki yapraktan yapılır



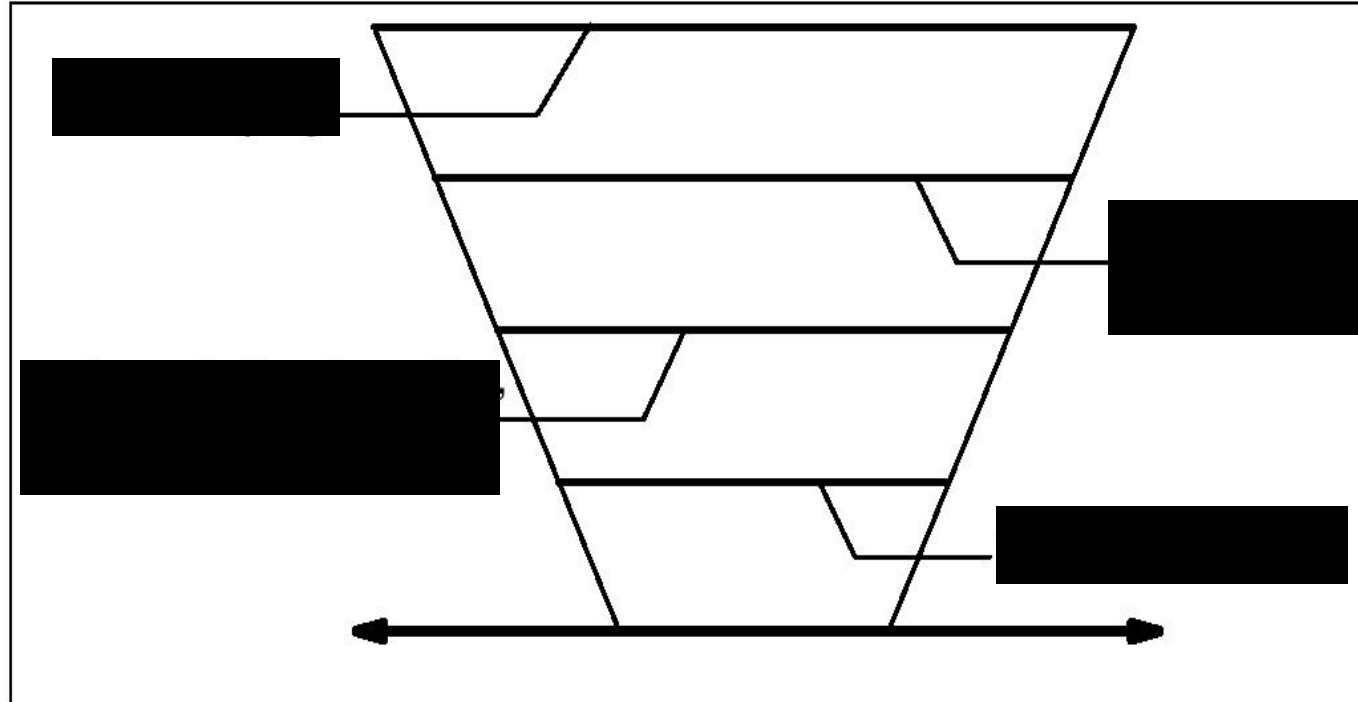
## TOPRAK ve BİTKİ ÖRNEKLERİNİN ANALİZE HAZIRLANMASI

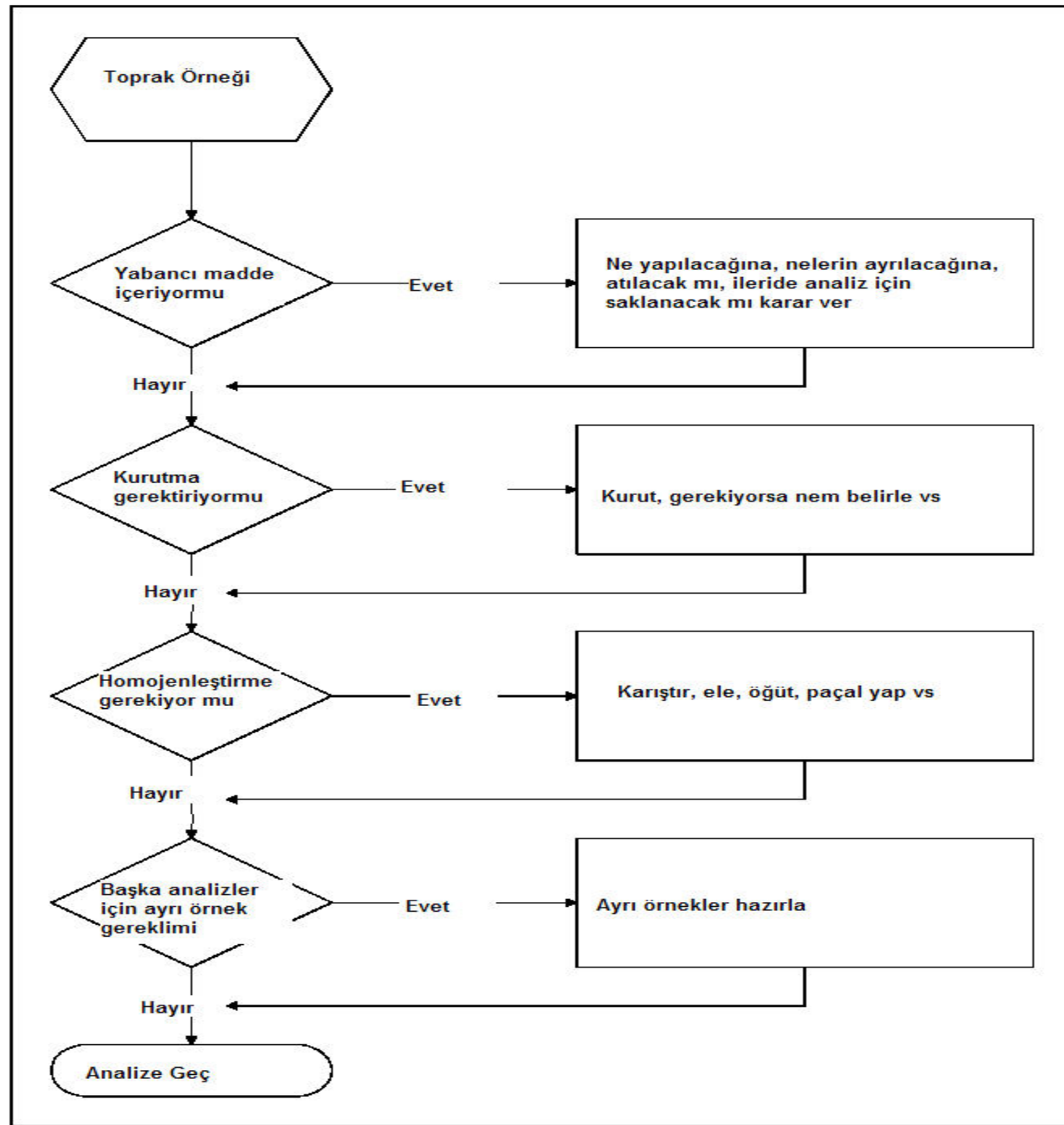


Laboratuvar Verimliliğinde

DARBOĞAZ ya da YUMUŞAK KARIN örnek hazırlamadır

HATA ORANLARI





# TOPRAK ÖRNEKLERİNİN ANALİZE HAZIRLANMASI

- Laboratuvara gelen toprak örneği laboratuvar defterine kaydedilir ve
- Bir laboratuvar numarası verilir.
- Laboratuvar defterine toprak örneğinin nereden, kim tarafından, hangi derinlikten alındığı ve örneğin alındığı yer hakkında bilgi yanında istenilen analizler ile örneğin laboratuvara geliş tarihi not edilir.
- Acil olarak yapılması istenilen bir ya da birkaç analiz varsa bunlar da belirtilir.
  
- Toprak örneklerinin analize hazırlanması
  - **Kurutma**,
  - **Öğütme**,
  - Eleme ve
  - **Saklama** işlemlerini içerir.

## Toprak Örneklerinin Kurutulması:

Mikrobiyal aktivite nedeniyle mineralizasyonu durdurmak veya yavaşlatmak için, toprak örnekleri alındıktan sonra en kısa süre içerisinde kurutulmalıdır.

Temiz bir odada (sıcaklığı 21-27 °C) toprakları kağıt üzerine ser, numaralarını koru, zaman zaman karıştır, büyük topraklara elle ufala

Raf sisteminde de tepsiler içinde kurutulabilir.

**Kurutmada koşullar homojen olmalıdır.**

**Kurutma etkisi:** fiziksel veya kimyasal olabilir

N formları, P çözünürlüğü, K çözünürlüğü

# TOPRAK ÖRNEKLERİNİN ALINMASI



## PARAMETRE

Topraklar;  
Profil kalınlığı  
OM  
Tuz  
pH  
vb  
özelliklerine göre tanımlanır

Örnekleme →

Parametrelerin en ucuz maliyetle doğru olarak belirlenmesi için gerekli nitelikleri taşımaları

Topraklar HETEROJEN olduğundan;  
Örneklenecek alan

renk,  
eğim,  
rakım,  
tekstür,  
ürün çeşit ve miktarı,  
uygulanan gübre ve kireç miktarı vb

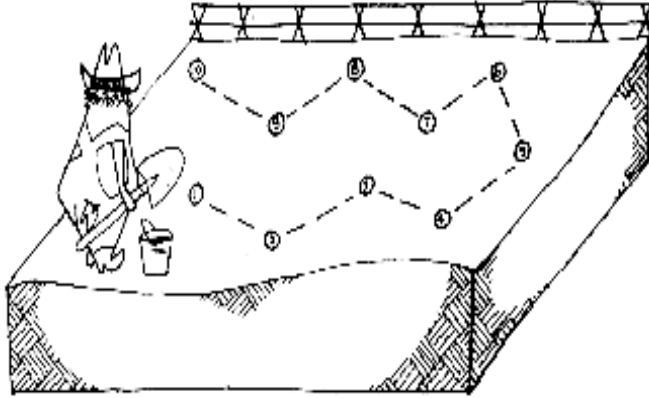
farklılıklara göre ALT PARÇALARA ayır  
ORT: 2-4 ha

## Toprak Örneklerinin Alınması

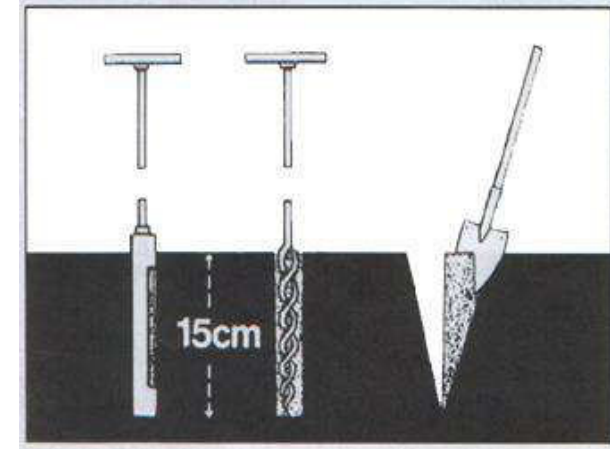
- 1) Tarla Toprağından
- 2) Deneme Parsellerinden
- 3) Deneme Saksılarından
- 4) Meyve Bahçelerinden
- 5) Toprak Profilinden



burgu bel kürek



sonda



Toprak örnekleri tarlanın, meyve bahçesinin veya seranın bir ucundan diğerine uzanan düz bir hat üzerinden alınmayıp, şekilde gösterildiği gibi zig-zag bir çizgi üzerinde 15-20 adımda bir alınmalıdır.

harfi şeklinde 30 cm.

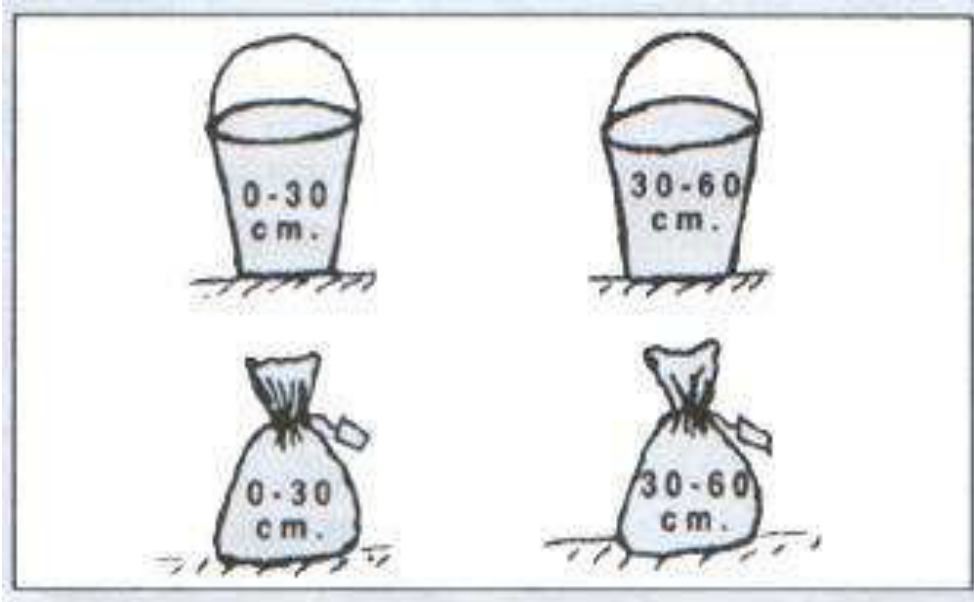
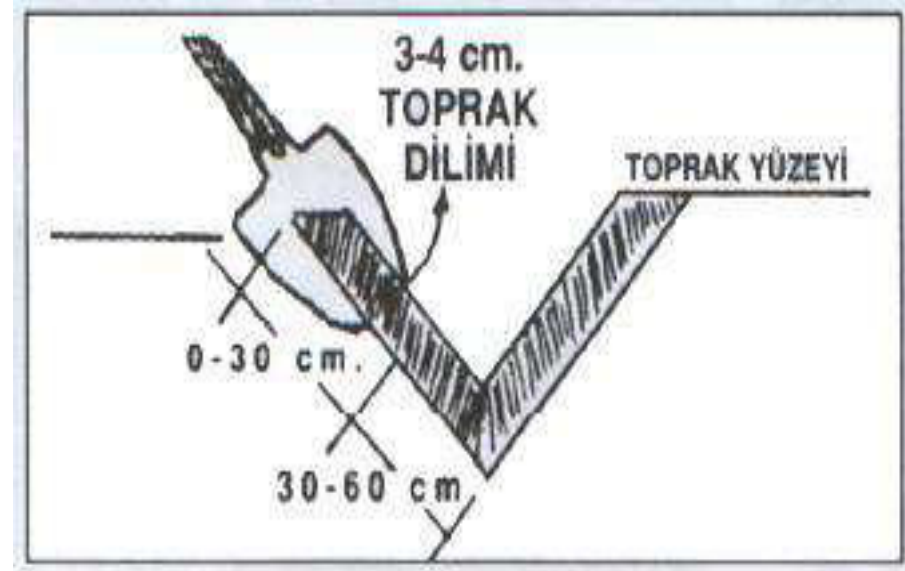
bir toprak dilimi

V

3-4 cm. kalınlığında



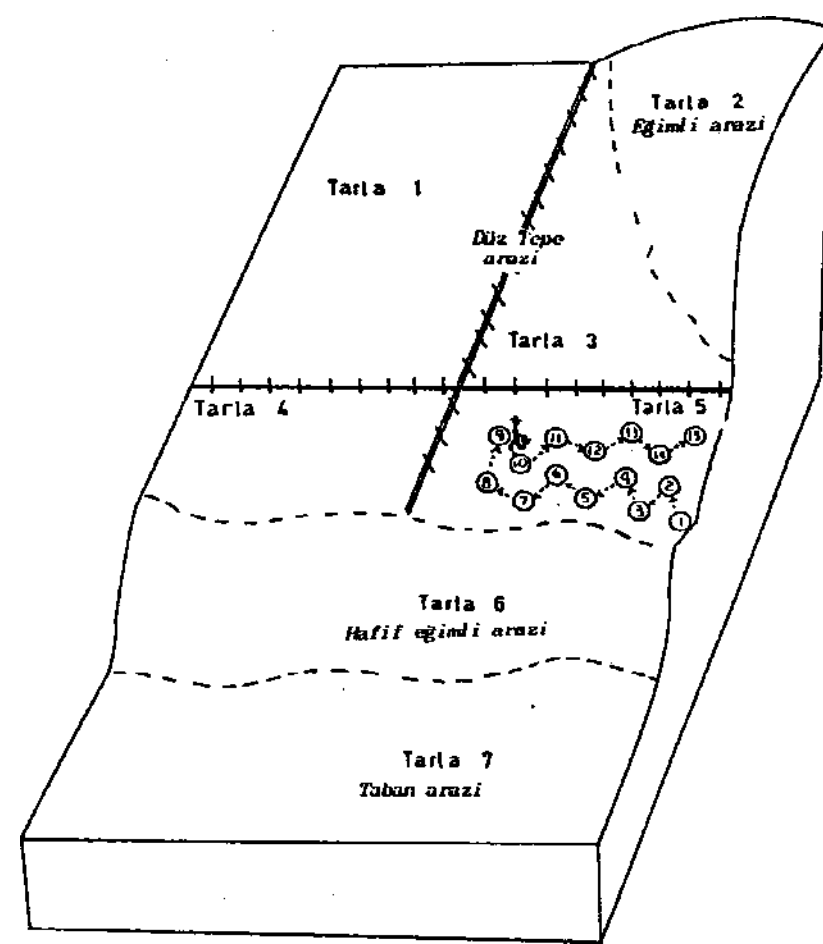
Meyve bahçeleri ve bağlardan 0-30cm. ve 30-60 cm. olmak üzere iki farklı derinlikten şekilde açıklandığı gibi toprak örneği alınır. Alınan bu topraklar farklı bir plastik kovada biriktirilir



Her noktadan aynı şekilde alınan toprak örnekleri kova içerisinde iyice karıştırılır. Bu karışımlardan en fazla 1 kg. toprak örneği iri taş, çöp ve diğer yabancı maddelerden temizlenerek ayıklanır, etiketlenerek bir torbaya konulur ve vakit geçirilmeden laboratuvara ulaştırılır. 10-30 noktadan (4-16)

## TOPRAK ÖRNEĞİ ALINACAK YERLER

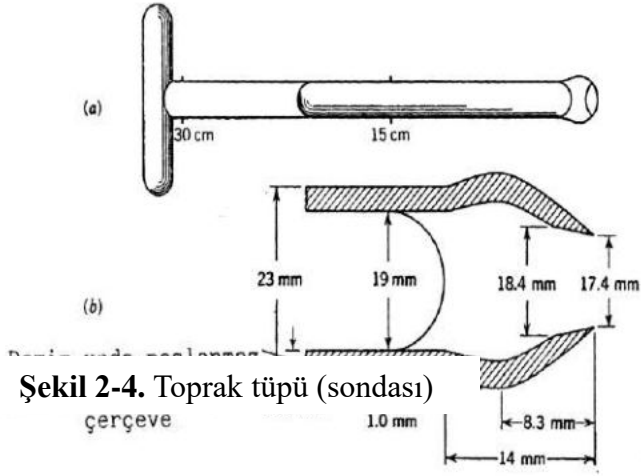
Yükseklikleri farklı alanlardan, örneğin tepe ve taban araziden, tekstür farklılıkları gösteren yerlerden, organik maddesi farklı olan örneğin açık ve koyu renkli alanlardan, bitkilerin gelişme durumlarından da gözlenen bitki besin maddelerince farklılık gösteren yerler ile toprak idaresiyle (amenajmanı) ilgili farklı uygulamaların yapıldığı yerlerden, ayrı ayrı karma toprak örnekleri alınır.



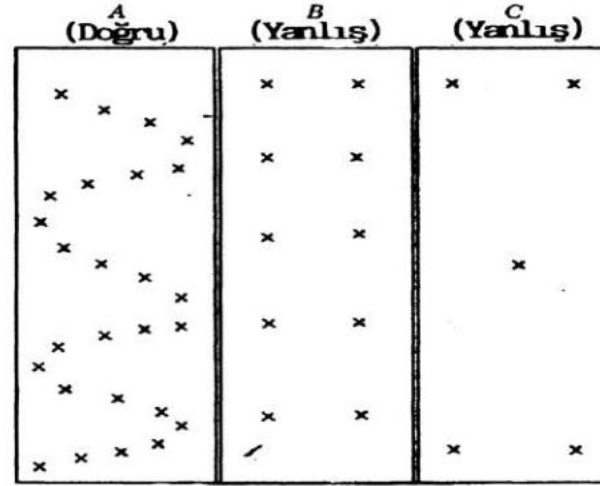
## TOPRAK ÖRNEĞİ ALINMAYACAK YERLER

Binaların çevresi ile giriş ve ana yol kenarlarındaki tarlalardan, geçmişte gübre yığınlarının bulundurulduğu yerlerden, harman yeri olarak kullanılmış ya da hayvan yatırılmış kısımlardan, tarlanın hafif tümsek veya su birikmesi nedeniyle çukurlaşan noktalarından, ağaç altlarından, sıraya gübre verilerek ekim yapılan yerlerde sıra üzerlerinden, dere, orman, kanal, su arkı ile çite yakın kısımlardan toprak örnekleri alınmaz.

## Deneme Parsellerinden Örnek Alınması



Şekil 2-4. Toprak tüpü (sondası)  
çerçeve



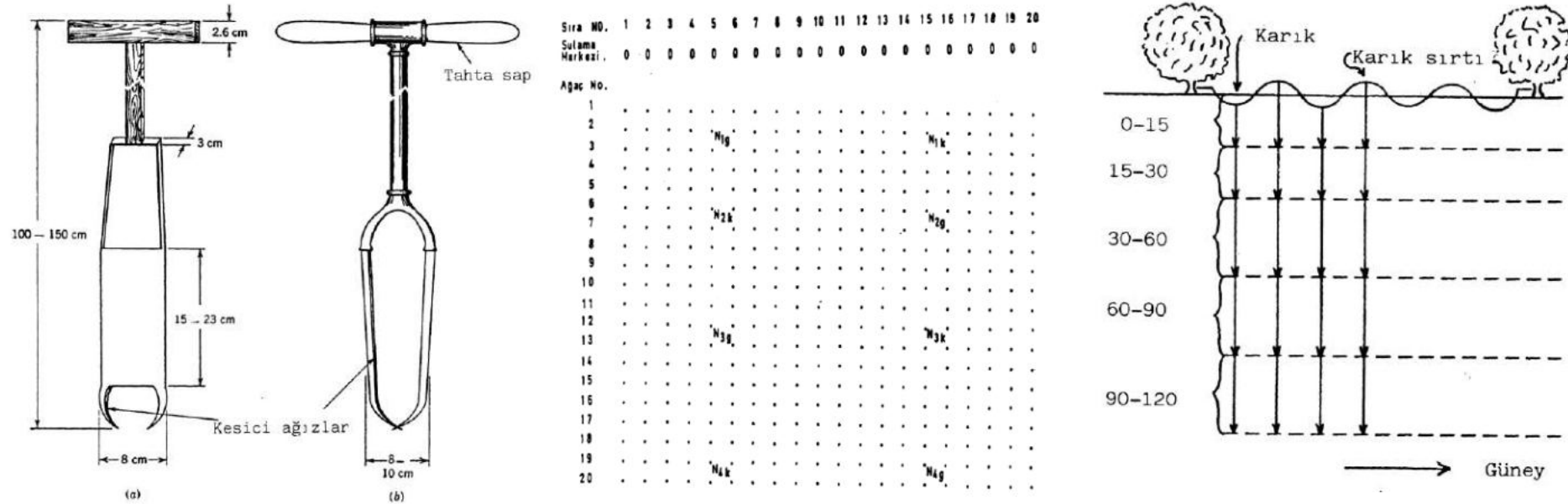
Şekil 2-5. Deneme parsellerinden karma toprak örneğinin alınması

## Deneme Saksılarından Örnek Alınması

Parsellerden örnek alınmasına benzer şekilde burgu ile

Saksı çapı ve yüksekliği dikkate alınır.

# Meyve Bahçelerinden Örnek Alınması



Öncelikle meyve bahçesinde ızgara (grid) sistemine göre 8 örnekleme bireyinin ( $N_{1g}$ ,  $N_{1k}$ ,  $N_{2g}$ ,  $N_{2k}$ ,  $N_{3g}$ ,  $N_{3k}$ ,  $N_{4g}$ ,  $N_{4k}$ ) yerleri belirlenir.

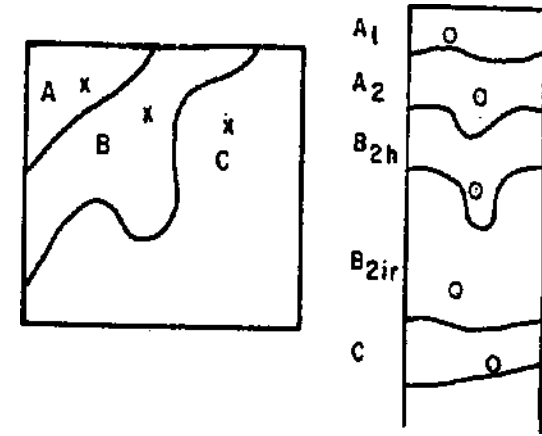
Örnekleme noktalarından biri ağacın bulunduğu karık üzerinde, diğeri ağaç karığına bitişik karık sırtında olup, diğer iki örnekleme noktası ise iki ağaç sırası arasındaki karık ya da karık sırtında yer alacak şekilde belirlenir.

$N_{1g}$ ,  $N_{2g}$ ,  $N_{3g}$  ve  $N_{4g}$  örnekleri ağaçların bulunduğu karığın güneş gören;  $N_{1k}$ ,  $N_{2k}$ ,  $N_{3k}$  ve  $N_{4k}$  ise gölge yanında bulunmaktadır.

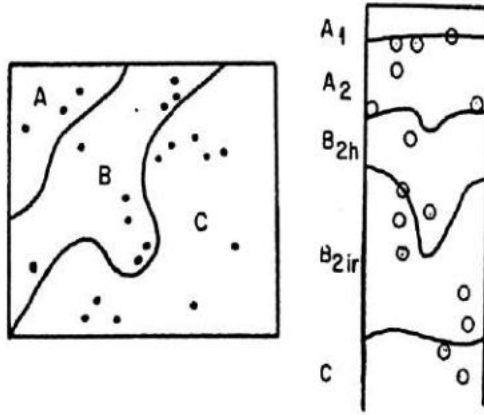
# Toprak Profillerinden Örnek Alınması

## a) Profil Örneklerinin Alınacağı Yerin Belirlenmesi

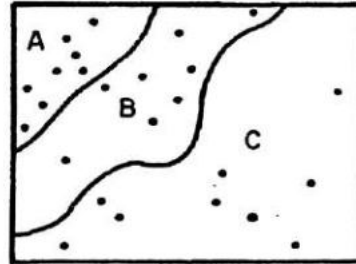
1. GÜDÜMLÜ ÖRNEKLEME,
2. Basit rastgele örnekleme,
3. Katmanlı rastgele örnekleme ve
4. Sistematik örnekleme yöntemleri uygulanmaktadır



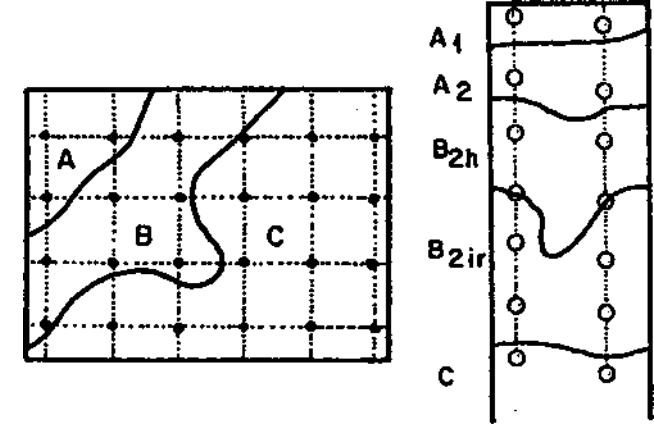
Şekil 2-10. GÜDÜMLÜ örnekleme yöntemi uygulanarak üç farklı toprak çeşidini (A, B ve C) içeren bir popülasyonda örnekleme bireylerinin (profil çukurlarının-pedon) yerlerinin belirlenmesi



Şekil 2-11. Basit rastgele örnekleme yöntemi uygulanarak üç farklı toprak çeşidini (A, B ve C) içeren bir popülasyonda örnekleme bireylerinin (profil çukurlarının-pedon) yerlerinin belirlenmesi



Şekil 2-12. Katmanlı rastgele örnekleme yöntemi uygulanarak üç farklı toprak çeşidini (A, B ve C) içeren bir popülasyonda örnekleme bireylerinin (profil çukurlarının-pedon) yerlerinin belirlenmesi



Şekil 2-13. Sistematik örnekleme yöntemi uygulanarak üç farklı toprak çeşidini (A, B ve C) içeren bir popülasyonda örnekleme bireylerinin (profil çukurlarının-pedon) yerlerinin belirlenmesi

b) Toprak burgusu ile profilden toprak örneği alınması: Değişik derinliklerden burgu ile alınır.

c) Profil çukurundan toprak örneği alınması: 60-70 cm en, 150-180 cm derinlik

Toprak Örneklerinde Hata Kaynakları

Örnekleme hatası

Örnekleme yerinin belirlenmesinde hata

Ölçüm hatası



**HER NOKTADAN AYNI ŞEKİLDE ALINAN TOPRAK ÖRNEKLERİ KOVA İÇERİSİNDE İYİCE KARIŞTIRILIR.**

**BU KARIŞIMLARDAN EN FAZLA 1 KG. TOPRAK ÖRNEĞİ İRİ TAŞ, ÇÖP VE DİĞER YABANCI MADDELERDEN TEMİZLENEREK AYIKLANIR,**

**ETİKETLENEREK BİR TORBAYA KONULUR VE VAKİT GEÇİRİLMEYEN LABORATUVARA ULAŞTIRILIR.**