

**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

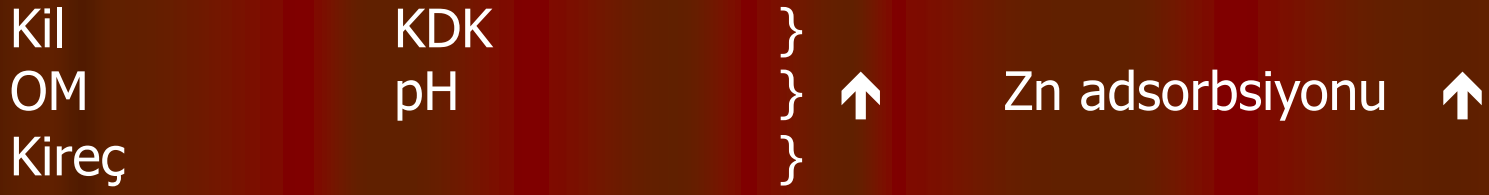


kireçli topraklarda



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  $Zn^{+2}$
- ⇒ 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 0.01x10<sup>-6</sup> ile 2.5x10<sup>-6</sup> 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;

●yetişme 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



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 (1μM)	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 yararı

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 Eksikliği

İyi ayrışmış **asit** topraklar ile

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

⇓ 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 yarıyıldığı 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**

HCO<sub>3</sub> 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 içeriğı düşük podzoller (aşırı fosforlu gübreleme ve kireçlemeden sonra)
2. Nötr ve karbonat içeriğı yüksek çinko içeriğı düşük topraklar
3. Organik madde kapsamı yüksek topraklar
4. Çinko içeriğı 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 saksır <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 toplumların 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