

# 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

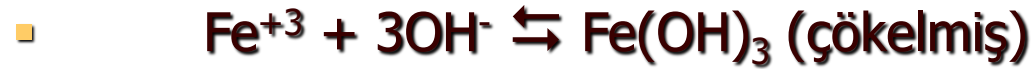
## **Fe içeren primer mineraller;**

- **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-KLEYTler 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**

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 **yansıtma**

-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) salgırlar

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 kılcal kök oluşturarak ve  $H^+$  iyonları, fenolik bileşikler ve organik asitler salgılayarak

\*Tahıllar **STRATEJİ II**

-Protein oluşturmayan aminoasitler salgırlar

## **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**

## Demir-kükürtlü proteinler:

### ① Ferrodoksinler ;

- nitrat, sülfid ve  $N_2$  indirgenmesi ve GOGAT gibi metabolik işlevlere elektron aktaran önemli bir proteindir

### ② Süperoksit dismutaz enziminin (SOD) izoenzimi olan FeSOD' lar

- $O_2^{\cdot-}$  radikallerini  $H_2O_2$ ' e dönüştürerek  $O_2^{\cdot-}$  radikallerinin toksisitesini giderir ve metal bileşen olarak Cu, Zn, Mn veya Fe içerir

### ③ Akonitaz (Fe eksikliğinde aktivitesi azalır)

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

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



# 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



# **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, yerbıstığı,

soya fasulyesi, sorgum ve yayla çeltikleri

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

CaCO<sub>3</sub> + CO<sub>2</sub> (kök, OM, Morg) → Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> → Ca + 2HCO<sub>3</sub>

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

# Demir Fazlalığı

**Demir toksikliği (bronzlasma) 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 BRONZLAŞMAYA sebep olur

**K uygulaması;**

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

**Fazla Fe, oksijen radikalleri oluşumunu artırır**









Iron deficiency in beans causes yellowing between veins on older leaves, overall yellowing in young ones.





CONTROL FERROUS SULFATE













IRON DEFICIENT ROSE  
Photo courtesy of Ray Weil University of Maryland



IRON DEFICIENT AZALEA  
Photo courtesy of Ray Weil University of Maryland

+Fe -Fe







← Fe etkin hibrit



Fe etkin olmayan hibrit

