

Hafta 11  
Fe

# BİTKİ BESLEME

Prof.Dr. Hüseyin HAKERLERLER  
Prof.Dr. Nevin ERYÜCE  
Prof.Dr. Dilek ANAÇ  
Prof. Dr. Burçin ÇOKUYSAL

BANKASI

1956

# Bitki Besleme

Proj. Dr. Burhan Kacar  
Proj. Dr. A. Vahap Katkat



Prof.Dr.Burhan KACAR  
Prof.Dr.A.Vahap KATKAT

Hazırlanan ders notları değerli hocalarımız;  
**Prof.Dr. Burhan KACAR** ve **Prof.Dr. Vahap KATKAT**  
tarafından yazılan BİTKİ BESLEME kitabı  
temel alınarak hazırlanmıştır.

	1A	2A	3B	4B	5B	6B	7B	8B	8B	8B	1B	2B	3A	4A	5A	6A	7A	8A
1.periyot	1 H			Metal	Ametal	Soygaz	Yarımetal				kati	sivi	gaz	yapay				2 He
2.periyot	3 Li	4 Be	<b>DEMİR</b>										5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3.periyot	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4.periyot	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5.periyot	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6.periyot	55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7.periyot	87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Uun	111 Uuu	112 Uub	113 Uut	114 Uuq				
			Lantanitler	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	53 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
			Aktinitler	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

Atom No

26

Atomik Ağırlığı

55.847

Adı

Demir

Öz Kütle (gaz g lt<sup>-1</sup>)

1.6



# BITKİLERİN DEMİR ALIMI

Bitkiler geliştikleri ortamdan sürekli Fe'i almak zorundadır.

Yaşlı yapraklardan genç yapraklara Fe'in aktarılmaması nedeniyle, büyüme organlarının gereksinimini sürekli Fe olarak karşıyabilmektedir.

26	55.847
2862	1.6
1563	
<b>Fe</b>	
[Ar]3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>	
7.86	2,3

❖ Kök etki alanı içerisinde demir Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup> iyonu şeklinde bulunduğu gibi organik bağlı yada kilyetler şeklinde de bulunur.

❖ Bitki metabolizmasında Fe<sup>2+</sup> kullanılır, bu nedenle bitki Fe<sup>+2</sup> iyonunu yada bu şekle indirgenmiş demiri alır.

Toprak çözeltilisinde demir miktarı genelde çok düşüktür.

Toprakta demir çoğunlukla;

- ☀ Oksitler
- ☀ Hidroksitler
- ☀ Fosfatlar
- ☀ Karbonatlar

şeklinde bulunur.

Demirin toprak çözeltilisindeki miktarı ortamın pH'sına ve redoks potansiyeline bağlı olarak  $10^{-20}$  ile  $10^{-6}$  mg L<sup>-1</sup> arasında değişir.

Organik madde içerikleri yüksek topraklarda ise Fe kilyetlerinin miktarı  $10^{-4}$  ile  $10^{-2}$  mg L<sup>-1</sup> arasında değişir.

Bu nedenle bitkiler demir alabilmek için özel mekanizmalar geliştirmişlerdir.

# Fe

Daha fazla demir alabilmek için kimi bitkiler kökleriyle protonları ( $H^+$  iyonlarını), indirgen maddeleri ve değişik amino asitlerini içeren kilyet oluşturucu maddeleri (fitosideroforları) salgırlar.

**Bitkiler tarafından topraktan alınan demir miktarı;**

- kontak deęişim                      %50
- kitle akımı                              %10
- difüzyon                                %40

# Demir

## *Strateji I*

Yeteri kadar demir alamayıp demir stresine giren tahıllar, buğdaygiller, ayçiçeği, yer fıstığı gibi bitkiler;

- ❖ daha fazla kök tüyü oluşturur,
- ❖ proton (H<sup>+</sup> iyonları) yanında bazıları kileyt oluşturma özelliğine sahip fenolik bileşikler ile organik asitleri daha fazla salgılar,
- ❖ NADPH'ye bağlı redüktaz enzim aktivitesini artırır,
- ❖ Fe<sup>3+</sup> iyonlarının mobilizasyonlarını ( $\text{Fe}^{3+} + e^- \longrightarrow \text{Fe}^{2+}$ ) artırarak daha fazla demirin iç yöreye alınmasını sağlar.

*Bu bitkiler demir-etkin (iron-efficient) bitkiler olarak bilinmektedir.*

Demir içerikleri düşük ve pH'sı yüksek topraklarda yeterli demir alamayan ve demir noksanlığı gösteren bitkiler ise "demir-etkin olmayan" (iron-inefficient) bitkiler olarak tanımlanmıştır.

## *Strateji II*

Buğdaygil bitkileri kökleriyle salgıladıkları *fitosiderofor* adı verilen maddelerle rizosferde yayışlı şekle dönüştürerek demiri aldıkları belirlenmiştir. Fitosiderofor adı verilen maddeler *mugineik* ve *aveik* asitler gibi protein olmayan amino asitlerdir.

Buğdaygil bitkilerinde kök uçlarında salgılanan fitosideroforlar rizosferde  $Fe^{+3}$  ile kilyet oluştururlar. Kilyetten ayrılan ve indirgenen demir  $Fe^{+2}$  şeklinde kök hücreleri tarafından alınır.



Yeterli düzeyde Fe içeren ve içermeyen ortamda arpa bitkisinin klorofil içeriği ile salgıladığı fitosiderofor (FS; mugineik asit) ve aldığı demir miktarları (Römheld ve Marschner 1990)

Ortamın Fe durumu	Klorofil içeriği (mg g <sup>-1</sup> kuru madde)	Salgılanan FS miktarı (μmol g <sup>-1</sup> kök kuru ağırlığı, 4 saat-1)	Alınan Fe miktarı (μmol g <sup>-1</sup> kök kuru ağırlığı, 4 saat-1)
+ Fe	12,8	0,4	0,4
- Fe	7,5	8,2	3,4

Strateji I ve Strateji II dışında spesifik olmayan başka bir mekanizma daha söz konusudur:

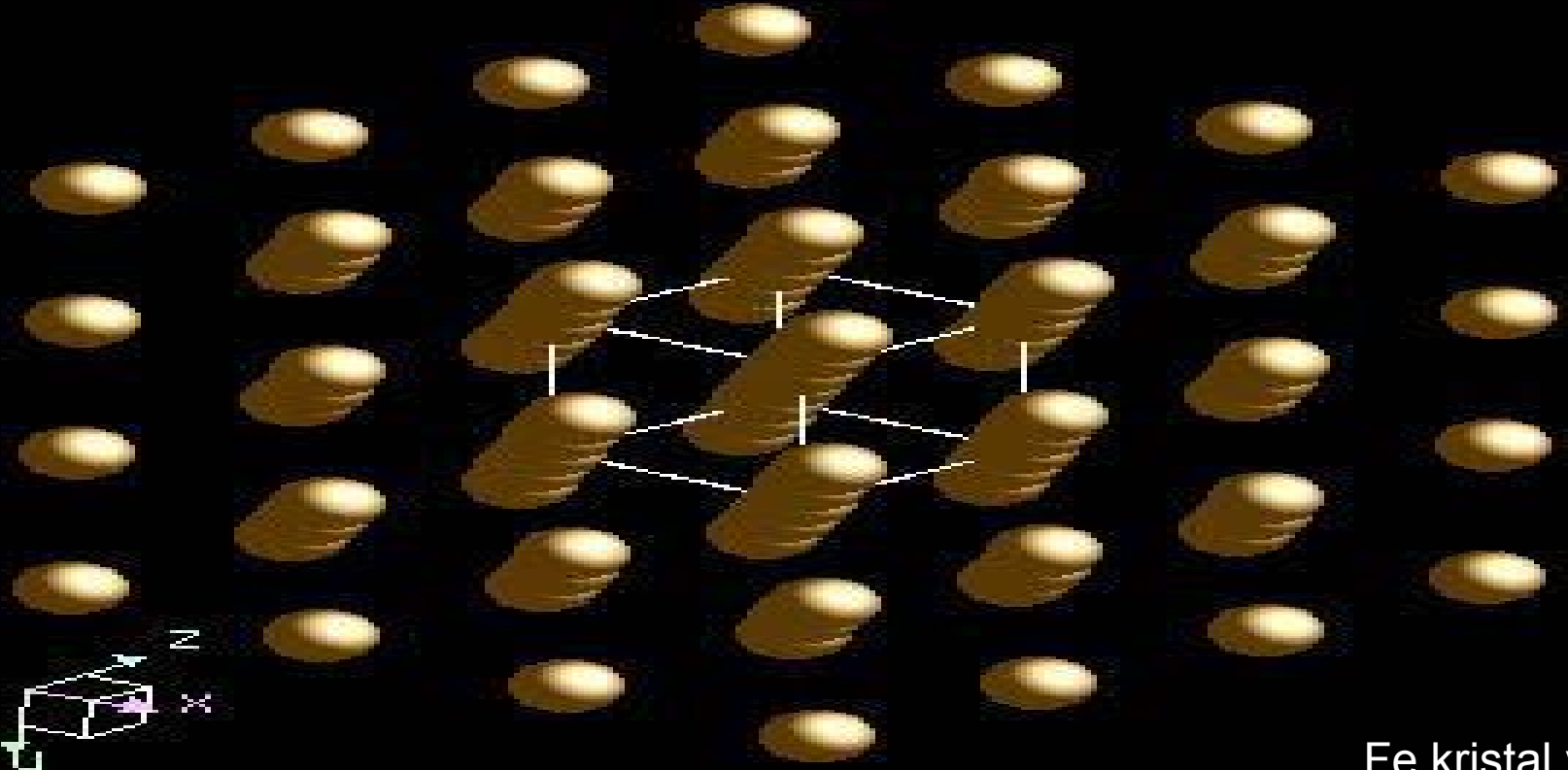
Bu guruba giren demir etkin bitkiler, Fe stresinde kök salgıları ile rizosfer pH'nı düşürerek daha fazla katyon alırlar.

Ayrıca bu bitkiler kökleriyle organik asit ve fotosentez ürünlerini salgılamak suretiyle rizosferde mikroorganizmaların güçlenip çoğalmalarına dolayısıyla

Rizosfer pH'sının düşmesine

Redoks potansiyelinin gücünün artmasına

$Fe^{3+}$ 'ün daha fazla indirgenerek  $Fe^{2+}$ 'nin oluşmasına neden olurlar.



Fe kristal yapısı

# DEMİR ALINIMINI ETKİLEYEN ETMENLER

Bitkisel Etmenler

❖ Çevresel Etmenler

❖ Toprak Etmenleri

Toprak sıcaklığının bitkilerde Fe alınımını azaltması şu şekilde açıklanır;

❖ Düşük toprak sıcaklığı, kök büyümesini olumsuz şekilde etkileme yanında köklerde metabolik aktiviteyi ve buğdaygil olamayan bitkilerin Fe stresine dayanıklılıkları azaltır.  
(Marschner ve ark. 1986)

❖ Düşük toprak sıcaklığı buğdaygil bitkileri tarafından fitosideraforların daha az salgılanmasına dolayısıyla Fe'in daha az mobil şekle dönüştürülerek Fe alınımının azalmasına neden olur.

❖ Yüksek toprak sıcaklığı, fitosideroforların mikrobiyal parçalanmalarına dolayısıyla buğdaygil bitkilerinde Fe alımının azalmasına yol açar.  
(Awad ve ark. 1988)

❖ Düşük toprak sıcaklığı, toprak çözeltisinde  $\text{HCO}_3^-$  konsantrasyonunun ve  $\text{CO}_2$  çözünürlüğünün artmasına dolayısıyla Fe alımının azalmasına neden olur.  
(Inskeep ve Bloom 1986)

❖ Yüksek toprak sıcaklığı, mikrobiyal aktivitenin artmasına dolayısıyla daha fazla  $\text{CO}_2$  ve  $\text{HCO}_3^-$  oluşmasına neden olarak bitkilerde Fe alımının azalmasına yol açar.  
(Inskeep ve Bloom 1986)

❖ Yüksek toprak sıcaklığı bitkilerde P alınımını artırmak suretiyle Fe alımının azalmasına neden olur. (Morghan 1987)

❖ Yüksek toprak ve atmosfer sıcaklığı bitkilerde büyüme oranının göreceli olarak daha fazla artmasına dolayısıyla alınan Fe miktarının gereksinim altında kalmasına neden olur.

(Inskeep ve Bloom 1986)



Sulama suyunun gereğinden fazla uygulanması yada yağışların uzun sürmesi sonucu kireçli topraklarda artan  $\text{HCO}_3^-$  etkisi ile Fe ile beslenme mekanizması **Strateji I** olarak tanımlanan özellikle çift çenekli bitkilerde Fe alımı azalır.

Ayrıca fazla toprak suyu toprak havalanmasını olumsuz etkiler ve aktif kök uçları zarar görerek kök sisteminin Fe alım mekanizması zarar görür.

Bu durum **Strateji II** mekanizmasını kullanan bitkilerde belirgin ve önemli bir etki yapmamıştır.

Bitki kökleri demir absorpsiyonunu aktif kök uçları ile gerçekleştirdiği için; Kuru yüzey topraklarında kök ucu gelişmesi sınırlandığı için toprakta yeterli Fe bulunsa bile sıcak ve kurak koşullarda bitkilerin yeterince Fe alamadıkları belirlenmiştir.





! Kireçli alkalın topraklarda demirin yararışlılığı  $\text{HCO}_3^-$  konsantrasyonuna bağlı olarak azalır. (Bloom ve Inskeep 1988)

!! İyi havalandırılan topraklarda bitkilerin yeteri kadar demir alamamalarının temel nedeni  $\text{Fe}^{+3}$  oksitlerin çözüdür olmamalarıdır.

!!! pH yükseldikçe demirin yararışlılığı azalır.

!!!! Ağır metaller demir alınımını ve taşınmasını;



şeklinde bir sıra içerisinde etkiler.

Zn-1/Fe, Ca iyonları ile fosfat anyonlarının-1/Fe

Mo-1/Fe arasında (zıt) ilişkiler belirlenmiştir.

$\text{NO}_3^-$ -N - 1/Fe (anyon katyon dengesinin bozulması sonucu)

# Bitkilerin Demir İçerikleri

Bitkilerin demir içerikleri üzerine çeşitli etmenler etki yapar;

- Bitkinin türü
- Bitkinin yaşı
- Toprak tepkimesi
- Toprađın kireç içeriği
- Toprakta bulunan ağır metallerin cins ve miktarları
- Toprađın fosfor içeriği

Bitki örneğinin analiz öncesi yıkanması yada yıkanması da etkilidir.

Bitkilerde Fe, mevsim başındaki hızlı gelişme ile artar, gelişme hızı azaldıkça bitkilerin Fe içeriklerindeki artış da azalır.

# Bitkilerin Demir İçerikleri

Çeşit

Organ

Yaş

Bitki Çeşidi	Örn. Adedi	Analiz Edilen Bitki Organı	Örnekleme Zamanı	Bitkide Demir (mg Fe kg <sup>-1</sup> )		
				Az	Yeter	Fazla
<b>TARLA BİTKİLERİ</b>						
Buğday( kışlık)	50	Üstten iki yaprak	Başaklanma öncesi	< 10	10-300	301-500
Mısır	15	Toprak üstü organları	30 cm'den kısa	< 50	50-250	≥ 250
<b>MEYVELER</b>						
Limon	30	Meyvesiz yaprak	5-7 aylık	50-59	60-100	> 100
Erik	25	Sürgün ortası yapraklar	Yaz Ortası	60-99	100-250	251-500
<b>SEBZELER</b>						
Domates(tarla)	15	Tepe sürgünü yanındaki bileşik yaprak	Çiçeklenme ortası	30-39	40-200	> 200
Marul (Boston tipi)	12	Yaşlı yaprak	8 yapraklı dönem	40-49	50-100	> 100

❖ Bitki yapraklarında Fe miktarı kuru madde ilkesine göre 10 ile 1000 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişir.

Bitkilerde bulunan toplam Fe miktarı yeterlilik düzeyi ile ilgili iyi bir gösterge değildir.

Bitkilerde  $Fe^{2+}$  metabolik yönden aktif olmasında karşın demirin çoğunluğu bağlı  $Fe^{3+}$ 'dan oluşmuştur.

Fe'in bitkilerde ayrımlı olarak iki şekilde bulunduğu inanılmıştır:

Aktif ve inaktif

Serbest ve Bağlı

Çözünebilir ve Çözünemez

Yarayışlı ve Yarayışsız

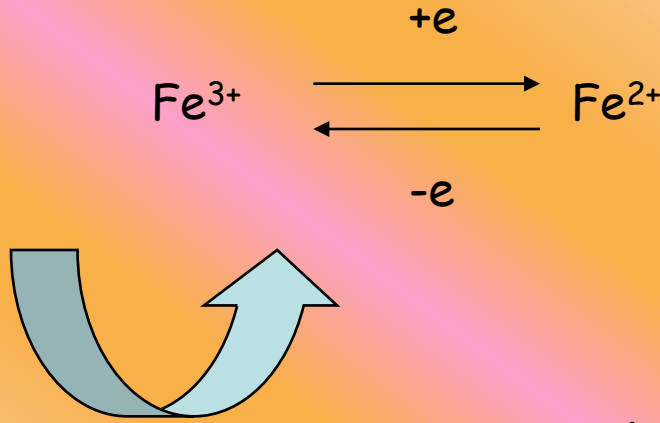
Bitki yapraklarından Fe'in %80'i kloroplastlarda toplanmıştır.

Aktif Fe olarak da ifade edilen ekstrakte edilebilir Fe (örn. %2 asetik asitte), bitkilerin Fe durumunu toplam Fe miktarına göre daha iyi yansıtmaktadır.



# BİTKİLERDE DEMİRİN METABOLİK İŞLEVLERİ

Bitkilerde demir metabolik yönden önemini ve fizyolojik etkinliklerini yükseltgenme indirgenme tepkimeleriyle gösterir.



## ENZİM AKTİVASYONU

Demir hemin enzimlerinin prostetik gruplarını oluşturur.

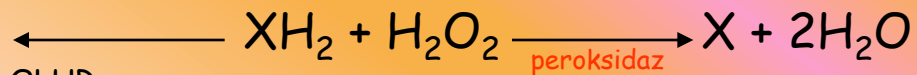
Hemin enzimleri içerisinde

**katalaz ve peroksidaz**

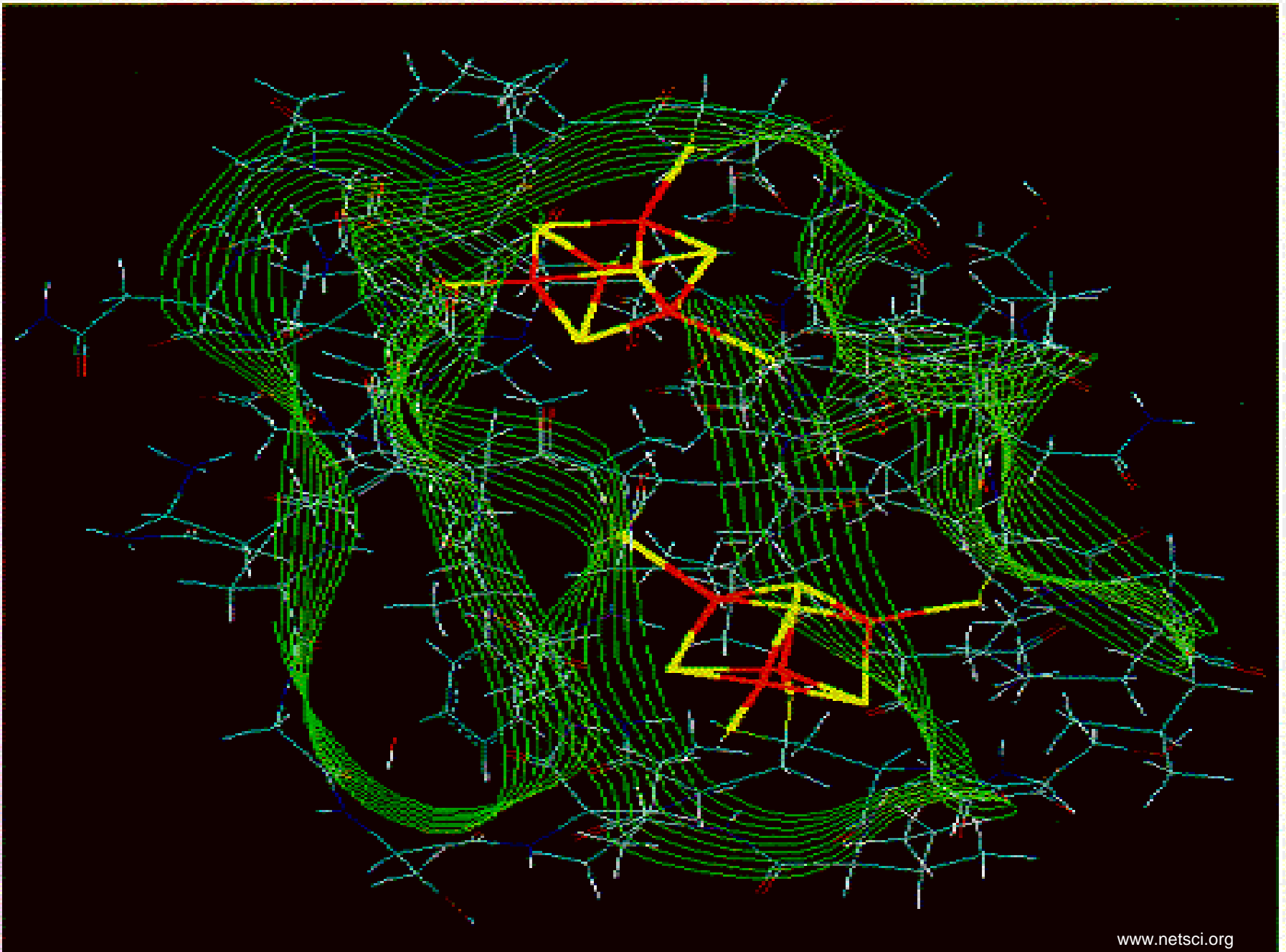
FOTORESPİRASYONDA VE KARBONHİDRAT SENTEZİNDE ÖNEMLİ ROL OYNAR.



PEROKSİTTEN OKSİJENİ ALARAK MADDENİN YÜKSELTGENMESİNE NEDEN OLUR.



enzimleri başta gelen enzimlerdir.



Ferrodoksin molekülündeki Fe ve S içeren kısımlar koyu olarak gösterilmiştir.

Ferrodoksin



Bitkilerde çeşitli metabolik işlevlerde elektron aktarıcı olarak önemli rol oynar.

Fotosentezin ışık tepkimelerinde

*NADP<sup>+</sup> ye, nitrit redüktaz, sülfid redüktaz ve N<sub>2</sub> redüktaz enzimlerine e-*

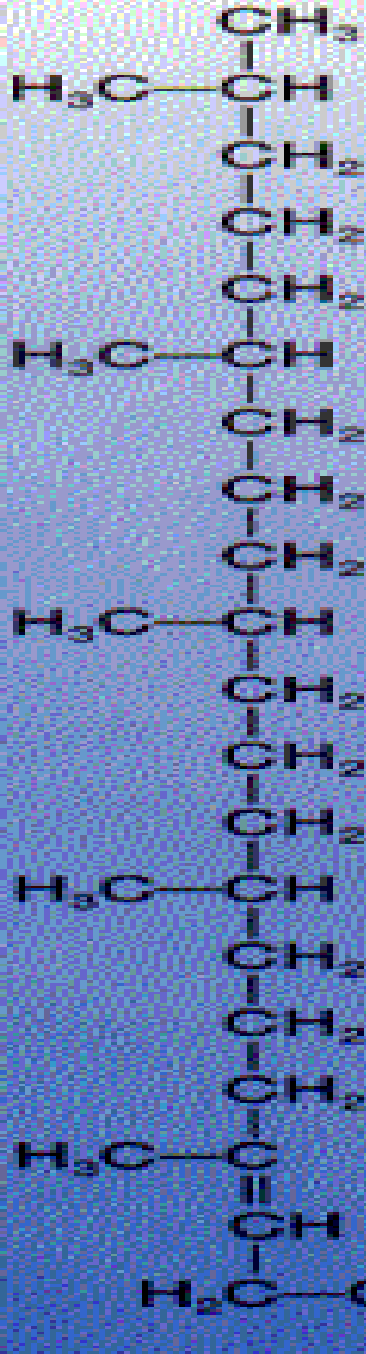
aktarıcı olarak rol oynar.

Demir noksanlığının domates bitkisi yapraklarında enzim aktivitesi ve klorofil miktarı üzerine etkisi

(Machold 1968)

İşlem	Enzim aktivitesi (göreceli)		Klorofil (mg g <sup>-1</sup> taze ağırlık)	Yaprakta demir (mg g <sup>-1</sup> taze ağırlık)
	Katalaz	Peroksidaz		
+ Fe	100	100	3,52	18,5
- Fe	20	56	0,25	11,1

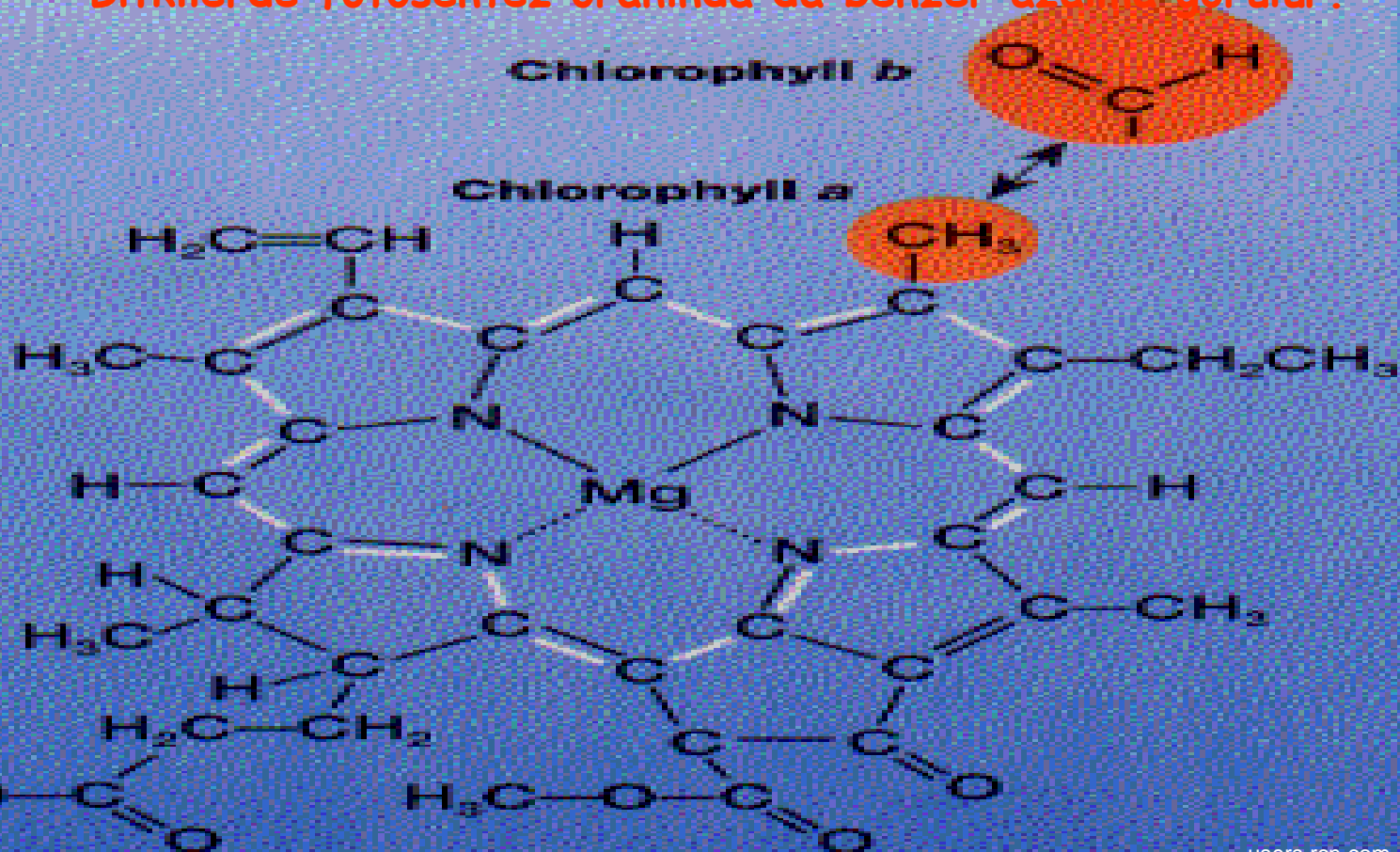
## Phytol chain



Fe, klorofilin yapısında yer almamakla birlikte, bitkinin Fe ile beslenmesi ile klorofil içeriği arasında yakın bir ilişki vardır.

Fe noksanlığında Kl a ve Kl b miktarlarına paralel olarak Karotin, Ksantin, Lütein gibi çeşitli pigment madde miktarları da azalır.

Bitkilerde fotosentez oranında da benzer azalma görülür.



Ortamda yeterli Fe bulunmadığında;

Birim yaprak alanında hücre miktarı yada hücrede kloroplast miktarı gibi yaprak büyüklüğü parametreleri etkilenmezken

Kloroplast hacmi ve kloroplastların protein içeriği önemli derecede azalır.

Fe noksanlığında;

Hücre bölünmesi ve yaprak büyümesi olumsuz şekilde etkilenir.

Fe protein sentezi üzerinde de etkilidir.

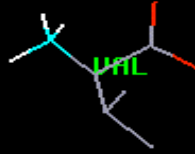
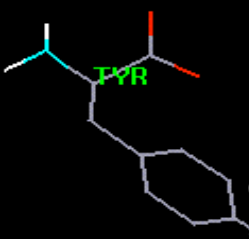


Fe protein sentezi üzerinde de etkilidir.

Fe noksanlığı belirtileri görülmeden önce bitkilerde serbest amino asitleri ile amidlerin konsantrasyonu (özl. Aspatik asit, arginin, threonin, serin ve asparagin) miktarı artar.

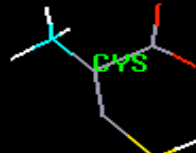
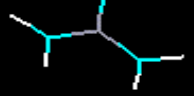
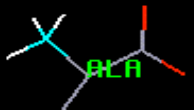
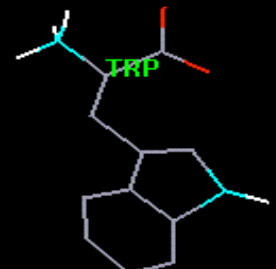
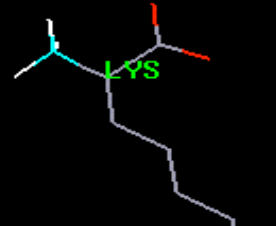
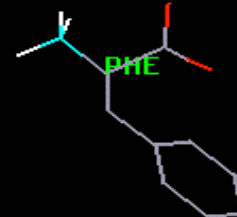
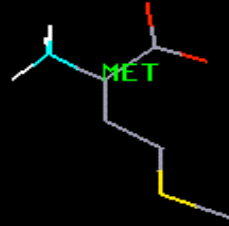
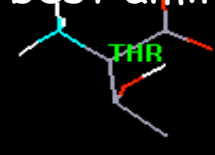
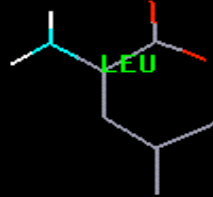
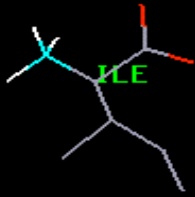
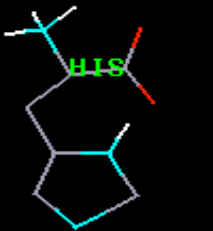
Fe noksanlığında bitkilerde protein sentezi azalırken mevcut proteinlerde hidrolize olur.

Yapraklardaki serbest amino asitlerin artması bu olgu ile açıklanır.



Fe noksanlığında bitkilerde protein sentezi azalırken mevcut proteinlerde hidrolize olur.

Yapraklardaki serbest amino asitlerin artması bu olgu ile açıklanır.



Yirmi standart amino asit

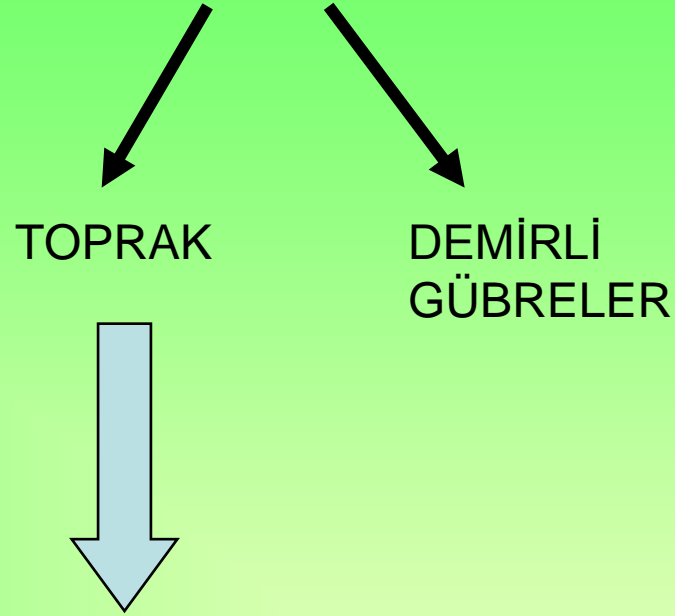
56

Fe

IRON

26

## BİTKİLERİN DEMİR KAYNAKLARI



Yer kabuğunun demir içeriği yaklaşık % 5,1dir.

!!! Topraklarda toplam demir miktarı genelde yüksek olmasına karşın bitkiye yararışlı demir miktarı azdır.

Demir topraklarda oksit, hidroksit ve silikat mineralleri şeklinde bulunduğu gibi amorf oksitler şeklinde ve adsorbe edilmiş ya da organik madde ile kompleks oluşturmuş veya toprak çözeltisinde çözülmüş şekilde bulunur.

## BAŞLICA DEMİR MİNERALLERİ;

- ✦ Olivin  $(\text{Mg, Fe})_2 \text{SiO}_4$
- ✦ Pirit  $(\text{FeS})$
- ✦ Siderit  $(\text{FeCO}_3)$
- ✦ Hematit  $(\text{Fe}_2\text{O}_3)$
- ✦ Gotit  $(\text{FeOOH})$
- ✦ Magnetit  $(\text{Fe}_3\text{O}_4)$
- ✦ Limonit  $(\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O})$

Hematit



Toprakta demirin yarayışılığı üzerine çeşitli etmenler etki yaparlar;

- a) Yüksek pH
- b) Toprak çözeltisinde ve sulama suyundaki bikarbonat iyonlarının miktarı
- c) Ortamda bulunan Ca ve Mg karbonatların miktarları
- d) Ortamda  $PO_4^{-3}$  iyonlarının fazla miktarda bulunması
- e) Ortamda Cu, Mn, Mo ve Zn gibi ağır metallerin fazla miktarda bulunmasıdır.

### Türkiye topraklarında ekstrakte edilebilir demir durumu (Eyüpođlu ve ark. 1996)

Demir miktarı (mg Fe kg <sup>-1</sup> )	Örnek sayısı	Oranı (%)
< 2,5	128	8,5
2,5-4,5	278	18,4
4,5-9,0	592	39,2
9,0-13,0	208	13,7
> 13,0	305	20,2
Toplam	1511	100,0

# DEMİRLİ GÜBRELER

Bitkilerde Fe noksanlığının giderilmesinde kullanılan demir kaynakları

Kaynak	Formülü	Fe (g kg <sup>-1</sup> )*
İnorganik bileşikler		
Ferro sülfat	FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	190
Ferri sülfat	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> .4H <sub>2</sub> O	230
Ferro oksit	FeO	770
Feri oksit	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	690
Ferro amonyum fosfat	Fe(NH <sub>4</sub> )PO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	290
Ferro amonyum sülfat	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .FeSO <sub>4</sub> .6H <sub>2</sub> O	140
Demir frit	X	200-400
Demir amonyum polifosfat	Fe(NH <sub>4</sub> )H P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	220
Organik bileşikler		
Demir kilyetler	Na Fe EDTA	50-140
	Na Fe HEDTA	50-90
	Na Fe EDDHA	60
	Na Fe DTPA	100
Demir lignosülfonat	X	50-80
Demir poliflavonoid	X	90-100
Demir metoksifenilpropan	Fe MMP	50



## TİPİK BELİRTİLER

- ❖ genç yapraklarda en ince damarların bile yeşil kalması ve damarlar arasında rengin tamamen sarıya dönmesi
- ❖ yeterli miktarda klorofil oluşmaması nedeniyle en genç yapraklar beyaz ren alır.

!!! Kireçli alkalin topraklarda yetişen bitkilerde demir noksanlığı belirtileri daha yaygındır.



Petunya - Fe





Elmada - Fe





Fasulye - Fe





Buckeye - Fe





Buckeye - Fe

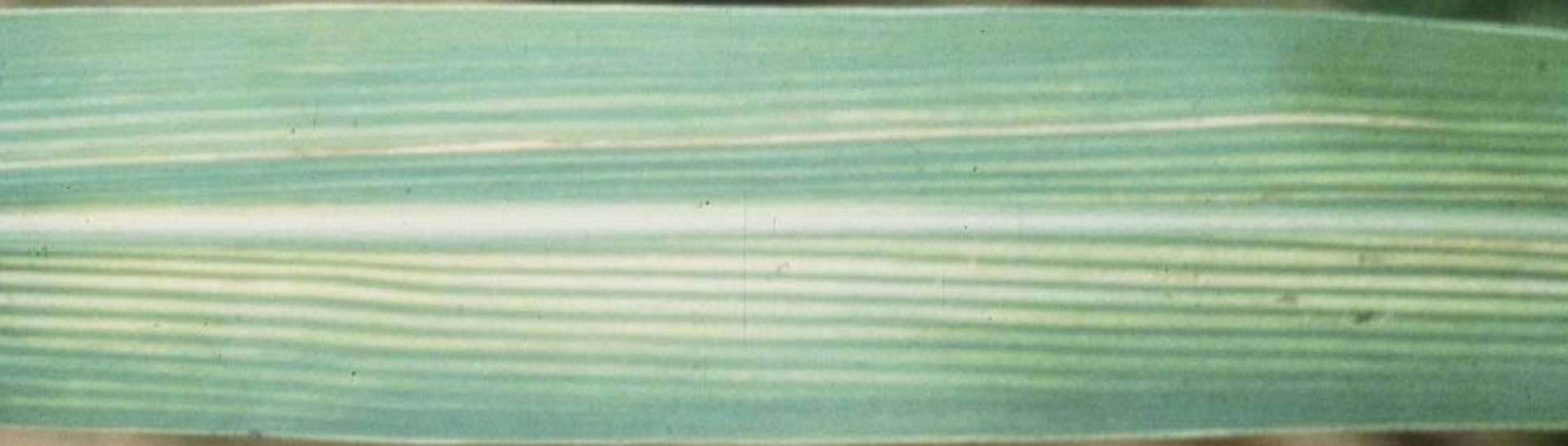




Buckeye - Fe



Şeker kamışı - Fe





Şeker Kamışı - Fe





# Şeker Kamışı - Fe





Turunçgil - Fe





Kahve bitkisinde - Fe





Misir - Fe





Misir - Fe





Şeftali - Fe





Şeftali - Fe





Yer fıstığı - Fe





Patates - Fe





Sorgum - Fe





# Sorgum - Fe





# Soya fasulyesi - Fe





# Soya fasulyesi - Fe





# Soya fasulyesi - Fe





Domates - Fe

