

# ÇEVRE BİYOLOJİSİ (BIY 470 ÇEVRE BİYOLOJİSİ 2+0)

## ÇEVRE BİYOLOJİSİ

(DERS NOTLARI)

Prof. Dr. Ersin YÜCEL



ESKİŞEHİR, 2016

## ÇEVRE BİYOLOJİSİ

(Ders Notları)

Prof. Dr. Ersin YÜCEL

Eskişehir, 2010



## EKOLOJİ LABORATUVARI

1  
(Arazi ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu)

Prof. Dr. Ersin YÜCEL

## GENEL EKOLOJİ

(DERS NOTLARI)

Prof. Dr. Ersin YÜCEL



ESKİŞEHİR, 2012

Prof. Dr. Ersin YÜCEL  
Eskişehir Teknik Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü

[www.biodicon.com](http://www.biodicon.com)  
[www.ersinyucel.com.tr](http://www.ersinyucel.com.tr)

# **BÖLÜM 11.**

# **AĞIR METALLERİN BİTKİLER**

# **ÜZERİNE ETKİLERİ**

- Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde bazı elementlerin üretiminin ve gereksiniminin artış göstermesi, bunların çevreye yayılma ve bulaşma olasılığını arttırmaktadır.
- Bir element gerek maden cevheri halindeyken gerekse işlenirken doğaya karışabilmektedir.
- Tarımsal atıklar ve diğer katı atıkların karada düzenlenmesi için açılan biriktirme sahaları da toprağın metal yükünü arttırabilmektedir.

Çizelge 3.2. Kirli topraklarda bulunabilecek elementler ve kaynakları

<i>Kaynak</i>	<i>Belirli element</i>
<b>Birincil Kaynaklar</b>	
Gübreler (fosfatlı)	Cd, Pb, As
Kireç	As, Pb
Pestisitler	Pb, As, Hg
Atık çamur	Cd, Pb, As
Sulama	Cd, Pb, Se
Gübre	As, Se
<b>İkincil Kaynaklar</b>	
Otomobil aerosolleri	Pb
Maden eritme alanları	Pb, Cd, Sb, As, Se, In, Hg
İnsineratörler	Pb, Cd
Maden sahaları	Pb, Cd, As, Hg
Dış lastik	Cd
Boya	Pb, Cd
Deniz	Se
Çöp döküm alanları	Pb, Cd, As
Uzun yayılımı olan aerosol	Pb, As, Cd, Se
Kömürün yanması	As, Se, Sb, Pb
Kloralkali piller	Hg



- Yapılan çalışmalara göre günümüze kadar sırasıyla;
  - 20 milyon ton Cd,
  - 240 milyon ton Pb,
  - 250 milyon ton Cu ve
  - 310 milyon ton Zn çıkarılarak işlenmiş ve bir kısmı da biyosferde birikmiştir.
- Bu durum insan faaliyetlerinin tüm dünyadaki ağır metal döngülerini nasıl değiştirdiğini gözler önüne sermektedir.

- Ağır metallerin ekolojik sistemde yayınımları dikkate alındığında doğal çevrimlerden daha çok insanın neden olduğu etkiler nedeniyle çevreye yayınımları söz konusu olduğu görülmektedir. Sürekli ve kullanıma bağlı kirlenmenin yanı sıra kazalar sonucu da ağır metallerin çevreye yayınımları önemli miktarlara ulaşabilmektedir. (1979 Lengrich'te çimento tesisinden Talyum kaçağı\* ).
- Yıllık olarak doğal çevrimler sonucu;
  - 7600 ton Cd,
  - 3600 ton Civa,
  - 18800 ton Arsen,
  - 332000 ton Kurşun atmosfere atılmakta iken insan faaliyetleri sonucu deşarj edilen miktarlar dikkate alındığında ise; Selen (19 kat), Kadmiyum (8 kat), Civa, Kurşun, Kalay (6 kat), Arsen, Nikel ve Krom (3 kat) ) daha fazladır.

- Antik çağlarda bu metallerin cevherleri işlenmeye başlandığından beri metaller insan faaliyetleri sonucu olarak doğal çevrimler dışında atmosfere, hidrosfere ve pedosfere yayılmaya başlamışlardır.
- Yüzyıllar boyunca insanlar ağır metalleri, etkilerini bilmeden takı, silah, su borusu vb. çeşitli amaçlar için kullanmışlardır.
- Sanayileşme ile birlikte ağır metal içeren kömürlerin yakılmaya başlanması ile endüstri bölgelerindeki ağır metal kirliliği aşırı boyutlara ulaşmış ve ağır metal kirliliğinden kaynaklanan ilk tanımlanan zehirlenmeler Japonya'da ortaya çıkmıştır.



- Ağır metal tanımı kesin bir grup olamamakla beraber “nispeten yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici etki yapan metal” olarak ifade edilmektedir.
- Bu yaygın kanıya, ağır metallerin belirli bir zaman aralığında canlı organizmada diğer metallere kıyasla akümüülasyonunun fazla olması ve bunun sonucu negatif etkinin giderek artması yol açmaktadır.
- Gerçekte ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından yoğunluğu  $5 \text{ g/cm}^3$  ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko olmak üzere 60’tan fazla metal dahildir.
- Bu elementler doğaları gereği yer kürede genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde hapis olarak bulunurlar.

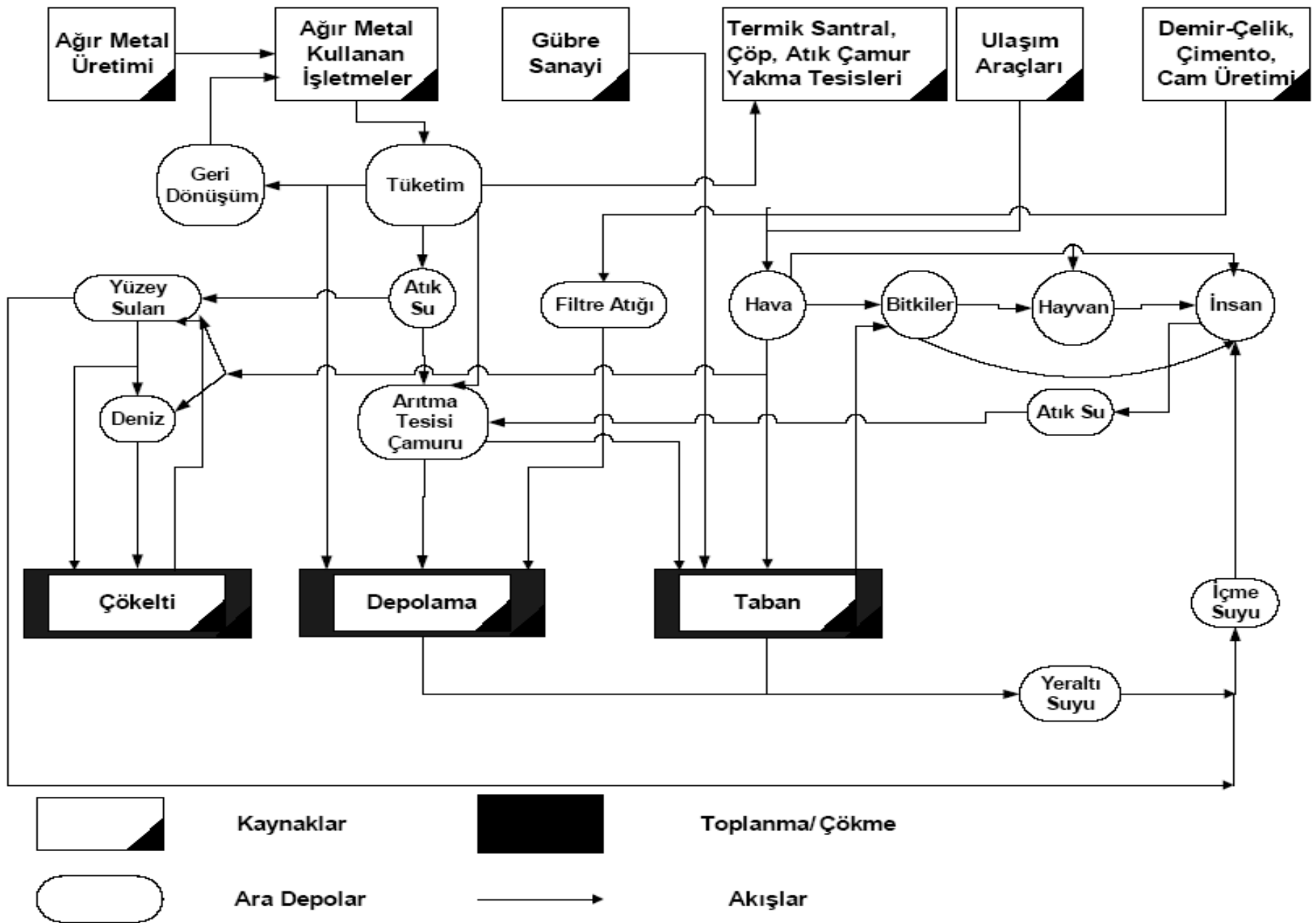


- Her ne kadar metallerin yoğunluk değeri üzerinden hareketle ekolojik sistem üzerindeki etkileri tanımlanmaya/gruplandırılmaya çalışılıyorsa da gerçekte metallerin yoğunluk değerleri onların biyolojik etkilerini tanımlamaktan çok uzaktır.
- Örneğin yoğunluğu  $3,65 \text{ g/cm}^3$  olan Baryumun veya  $4,51 \text{ g/cm}^3$  olan titanyumun biyolojik sistemlere kadmiyum ( $8,65 \text{ g/cm}^3$ ), kurşun( $11,34 \text{ g/cm}^3$ ) veya lantanit grubu metallere ( $5,25 - 9,84 \text{ g/cm}^3$ ) çok farklı etkide bulunduğu kesindir.
- Bir elementin yoğunluğu aslında periyodik sistemdeki (grup ve gruptaki sıra) yerinin, kimyasal özellikleri de elementin ait olduğu grubun fonksiyonudur. Metallerin ekolojik sistem üzerine etkilerinden bahsederken aslında metalin ait olduğu grubun ele alınması ve bu özelliğin vurgulanması biyolojik etki açısından çok daha anlamlıdır.

- Ağır metallerin çevreye yayılımının da etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir.

Endüstri	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Kağıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir-Çelik San	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi (Termik)	+	+	+	+	+	+	+	+

- **Tablo 1: Temel endüstrilerden atılan metal türleri genel olarak gösterilmiştir.**
- Ağır metallerin doğaya yayınımları dikkate alındığında çok çeşitli sektörlerden farklı işlem kademelerinden biyosfere ağır metal atılımı gerçekleştiği bilinmektedir.



**Şekil 1:** Sematik olarak ağır metallerin doğaya yayınımları

- Diğer iz elementler de belli konsantrasyonların üzerinde buldukları takdirde insan, hayvan ve bitki sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir.
- Ağır metaller biyolojik proseslere katılma derecelerine göre yaşamsal ve yaşamsal olmayan olarak sınıflandırılırlar. Yaşamsal olarak tanımlananların organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir ve bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur.



- Doğada bulunan elementlerin sadece dokuz tanesi, bitkilerin büyümesinde kuru bitki ağırlığının %0.05'inden daha fazla miktarlarda bulunurlar. Bu elementler; karbon, hidrojen, oksijen, azot, fosfor, kükürt, kalsiyum, potasyum ve magnezyum elementleridir.
- Bitkiler bu elementlere başka elementlerden daha fazla ihtiyaç duydukları için, bu elementlere "makro besin elementleri" denir.
- Bu dokuz element dışında kalan diğer elementlere, bitkiler tarafından diğerlerine nazaran çok az miktarda ihtiyaç duyulduğundan bunlara "eser elementler veya mikro besin maddeleri" adı verilir.

- 1939'da Amerika'da Arnon ve Stout, elementleri bitki için gerekli oluşları bakımından değerlendirirken bu konuda 3 değer ölçüsü getirmişlerdir:

**A)**Element, bitkinin normal büyüme ve çoğalması için gerekli olmalı, eksikliğinde işlevler kaybolmalı.

**B)**Bitkinin bu elemente karşı gereksinimi özgül olmalı, bu gereksinim başka bir element tarafından karşılanmamalı.

**C)**Elementin bitki üzerindeki etkisi dolaysız olmalı. Bu etki, bitkinin bir başka elementten daha kolay yararlanmasını sağlayıcı veya başka bir elementin zehirli etkisini antogonize edici olmamalıdır.

- Aşağıdaki özellikleri taşıyan bir element canlılar için gerekli olarak kabul edilmektedir (Öztürk ve ark. 1992):
  1. Elementin yokluğu, anormal büyümeye veya yaşam döngüsüne etki ederek erken yaşlanma ve ölüme neden olmalı,
  2. Etki özgün olmalı ve yerini başka bir element almamalı,
  3. Metabolizma ve büyümeyi doğrudan etkilemeli, element diğer besinlerle ya da tek olarak alındığında tutarlı büyüme yanıtları göstermeli,
  4. Besleyicilerde yetersizliği, uygunsuzluğu belli olmalı,
  5. Yüksek bitkiler için B, Cu, Mn, Mo ve Zn azot bağlanması için gereklidir,



**TABLO 4.1** Bitkiler için zorunlu elementler: Kaynakları ve görevleri

Element (Simge)	Atom numarası	Bitki kuru ağırlığındaki Miktarı (yüzde olarak)	Alındığı başlıca kaynak	Görev(ler)i
<b>Makro-besin elementleri</b>				
Hidrojen (H)	1	6	Su	Tüm organik moleküller
Karbon (C)	6	45	CO2 olarak hava	Tüm organik moleküller
Azot (N)	7	1.5	Toprak	Proteinler, Nükleik asitler
Oksijen (O)	8	45	Su ve hava	Tüm organik moleküller
Magnezyum (Mg)	12	0.2	Toprak	Klorofil
Fosfor (P)	15	0.2	Toprak	Nükleik asitler, Fosfolipitler
Kükürt (S)	16	0.1	Toprak	Proteinler, Vitaminler
Potasyum (K)	19	1.0	Toprak	Hücrelerde iyonik denge
Kalsiyum (Ca)	20	0.5	Toprak	Hücre duvarı bileşeni
<b>Mikro-besin elementleri</b>				
Bor (B)	5	0.002	Toprak	Belli değil
Klor (Cl)	17	0.01	Toprak	Hücrelerde iyonik denge
Manganez (Mn)	25	0.005	Toprak	Enzim ko-faktörü
Demir (Fe)	26	0.01	Toprak	Enzim ko-faktörü
Bakır (Cu)	29	0.0006	Toprak	Enzim ko-faktörü
Çinko (Zn)	30	0.002	Toprak	Enzim ko-faktörü
Molibden (Mo)	42	0.00001	Toprak	Enzim ko-faktörü



- Bitkiler için gerekli olan elementler ve bitkinin topraktan alabileceği formlar:

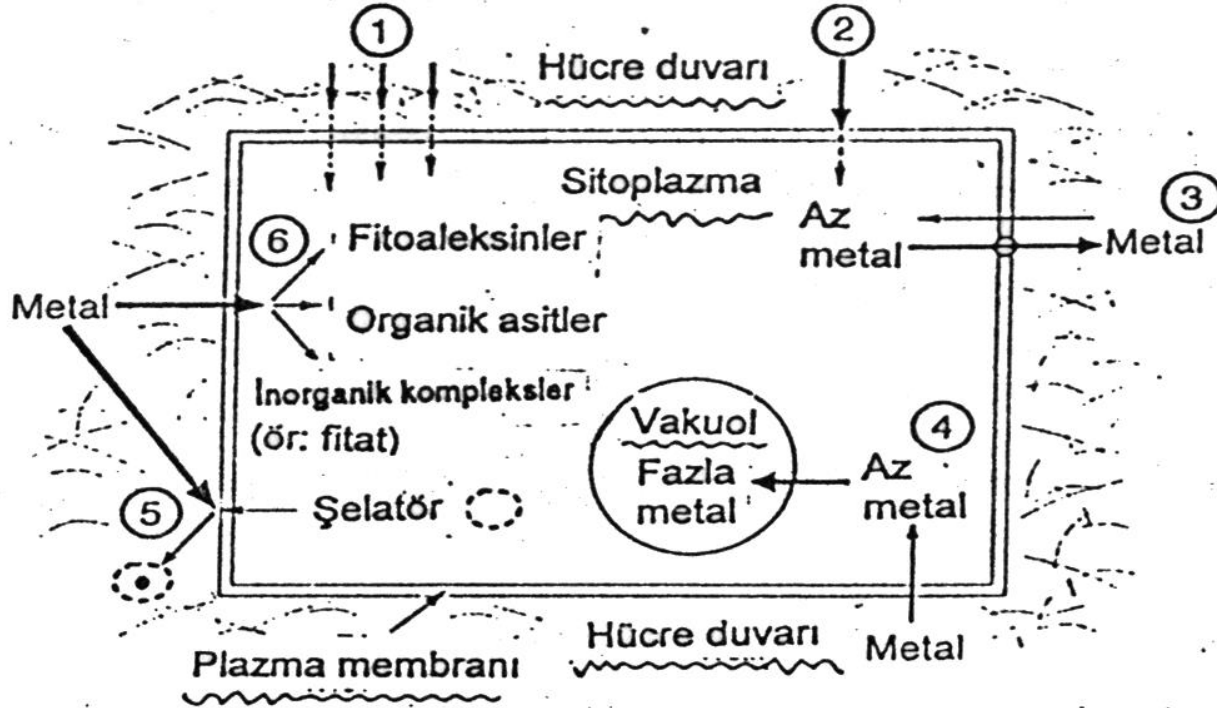
ELEMENT	BİTKİNİN ALABİLECEĞİ FORM
Mo (Molibden)	$\text{MoO}_4$
Cu (Bakır)	$\text{Cu}^+$ ve $\text{Cu}^{++}$ (daha kolay)
Zn (Çinko)	$\text{Zn}^{+2}$
Mn (Mangan)	$\text{Mn}^{+2}$
B (Bor)	$(\text{BO}_3)^{-3}$ , $(\text{B}_4\text{O}_7)^{-2}$
Cl (Klor)	Pek gerekli değil
Fe (Demir)	$\text{Fe}^{+3}$ , $\text{Fe}^{+2}$ (makro mikro sınırı)
S (Kükürt)	$(\text{SO}_4)^{-2}$
P (Fosfor)	$(\text{H}_2\text{PO}_4)^-$ , $(\text{HPO}_4)^{-2}$
Mg (Magnezyum)	$\text{Mg}^{+2}$
Ca (Kalsiyum)	$\text{Ca}^{+2}$
K (Potasyum)	$\text{K}^+$
N (Azot)	$(\text{NO}_3)^-$ , $(\text{NH}_4)^+$
O <sub>2</sub> (Oksijen)	$\text{O}_2$ , $\text{H}_2\text{O}$
C (Karbon)	$\text{CO}_2$
H (Hidrojen)	$\text{H}_2\text{O}$

# BİTKİLER VE AĞIR METALLER

- Topraklar gibi bitkilerinde ağır metal biriktirme kapasiteleri sınırlıdır. Önemli mikro besleyicilerin fazla miktarı toprakta fitotoksik etki yapabilmektedir.
- Bitkilerin ağır metallere karşı duyarlılıkları farklıdır. Şalgam ve pancar gibi çeşitli *Chenopodiaceae* türleri metallere çok duyarlıdır(hassastır).
- Diğer sebze bitkileri ile mısır,soya ve tahıllar nispeten biraz daha dayanıklı olup, çimlen çok toleranslıdır.



Şekil 21.2' de de gösterildiği gibi, Cu toleransını da içeren bitkilerin (ağır) metal toleransı değişik mekanizmalardan oluşur. Değişik mekanizmaların oransal önemi bitki türüne, aynı türün ekotipine (popülasyon) ve sakınan (dışlayan) veya sakınmayan (içleyen) olup olmamasına bağlıdır (Baker, 1987). Kimi zaman Şekil 21.2' de gösterilen mekanizmalardan birini veya bir kaçını birden kullanan türler de mevcuttur. Sakınan bitkiler, alımı engelleyerek kök hücrelerinin plazma membranının zarar görmesini veya içeride birikimi engeller.



Şekil 21.2. Bitkilerin ağır metal toleransındaki muhtemel mekanizmalar (Tomsett ve Thurman, 1988). (1) Hücre duvarına bağlanma, (2) Plazma membranından geçişi sınırlama, (3) Aktif çıkış, (4) Vakuolde dağılım, (5) Plazma membranı hücre duvarında kleytleşme, (6) Sitoplazmada

Bir bitkide bulunan bir elementin gerçek seviyesini çok sayıda faktör etkilemektedir.Bunlar;

- Bitkinin tipi,
- Özel bitki dokusu,
- Elementin toprakta bulunuşu ve miktarı,
- Element kaynağının bitkiye uzaklığı,
- Mevsimsel ve iklimsel koşullar ve
- Çöken aerosollerden alımlar olmaktadır.



Çizelge 3.8. Bitki dokularındaki Cd seviyeleri

Bitki tipleri	Bitki dokuları	Derişim, $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (ppm) DW	Yer/ yorum
<i>Çimenler(otlar)ve mera</i>			
Çimenler		0,05-1,26*; 0,27	B. Almanya
		0,05-0,20; 0,08	Polonya
		0,03-0,3; 0,16	USA
Yonca		0,28	Kanada
		0,07-0,3; 0,10	Polonya
		0,02-0,35; 0,16	D. Almanya
Saman		0,14-0,33; 0,18	
Yerli bitki örtüsü		0,11-7,6	USA
<i>Tahıllar</i>			
Arpa	Tane	0,006-0,044; 0,022	
Yulaf	Tane	0,21	
Pirinç	Tane	0,05-0,11; 0,08	Japonya
Çeşitleri	Tane	0,01-0,75; 0,22	B. Almanya
	Tane	0,014-0,21; 0,047	USA
	Tane	0,39-0,12	
	Tane	0,015-0,08; 0,38	Hindistan
Buğday	Tane	0,012-,0,036; 0,022	Avustralya
<i>Sebzeler</i>			
Fasulye	Tohum	0,29	
Lahana	Yapraklar	0,05	
Havuç	Kökler	0,07; 0,27; 0,2	
Genel		0,017-0,98; 0,044	Hindistan
Marul		0,5-3,3	İrlanda
	Yapraklar	0,12; 0,4; 0,66; 0,062	
Patates	Yumru	0,03; 0,23	
Kırmızı turp	Yumru	0,1-14	USA
	Tepe	0,2-58	USA
		0,2-3,3	İrlanda
Çeşitleri	Yapraklar	0,93-0,88; 0,056	USA
<i>Ağaçlar</i>			
Ladin	Çeşitli kısımlar	<0,1-5,4	Sweden
Karışık ağaçlar	Çeşitli kısımlar	0,2-0,4	USA
Çeşitleri	Yapraklar	30-55	

\*dağılım, \*\*ortalama.

Çizelge 3.9. Bitki dokularındaki Pb seviyeleri

Bitki tipleri	Bitki dokuları	Derişim, $\mu\text{g.g}^{-1}$ (ppm) Kuru Ağırlık	Yer/ yorum
<b>Çimenler(otlar)ve mera</b>			
Yonca		1-3*;1,3**	İngiltere
		3,3-4,7; 4,2	B. Almanya
Çimenler		<1,2-3,6; 1,8	Kanada
Yonca		1-9; 2,1	İngiltere
		5-6	Swedan
		<0,8-5,6; 1,6	USA
<b>Tahıllar</b>			
Arpa	Tane	<1,25-1,5	İngiltere
Genel	Tane	0,1-0,2	Kanada
Yulaf	Tane	2,28	Kanada
Çavdar	Tane	0,64	Avusturya
Buğday	Tane	0,13-0,28	Finlandiya
	Tane	0,2-0,8	Polonya
	Tane	0,42-1,0	USA
<b>Sebzeler</b>			
Lahana	Yapraklar	1,7-2,3	
		1,4-26	İrlanda
Havuç	Kökler	3; 1,5; 0,5	
Pırasa		8,3	İrlanda
Marul	Yapraklar	0,7; 2; 3,3; 3,6	
		2,1-67	İrlanda
Patates	Yumurru	0,5; 3	
Kırmızı pancar	Kökler	2; 0,7	
Şalgam		12,4	İrlanda
Tatlı mısır	Tane	<0,3; 3; 0,88	
Domates	Meyve	1; 1,2; 3	
Çeşitleri		0,01-3,85; 0,05	
<b>Ağaçlar</b>			
Çeşitleri	Yapraklar		USA
	İnce dal		USA
	Odun		USA
	Kökler		USA

\*değişim \*\*ortalama

**Kanalizasyon atıklarının tarımda kullanılması halinde çevrenin ve özellikle toprağın korunması hakkında 12 Haziran 1986 tarihli  
KONSEY DİREKTİFİ  
(86/278/EEC)**

**AVRUPA TOPLULUĞU KONSEYİ**

Parametreler	Sınır Değerler
Kadmiyum	1 ila 3
Bakır <u>1</u>	50 ila 140
Nikel <sup>1</sup>	30 ila 75
Kurşun	50 ila 300
Çinko <sup>1</sup>	150 ila 300
Cıva	1 ila 1,5
Krom <sup>1</sup>	-

**TOPRAKTAKİ AĞIR METAL KONSANTRASYONLARI İÇİN SINIR DEĞERLER  
(EK II C'de tanımlandığı şekliyle 6 ila 7 pH içeren toprağı temsil eden örnekte mg/kg kuru madde olarak)**



Parametreler	Sınır Değerler
Kadmiyum	20 ila 40
Bakır <u>1</u>	1000 ila 1750
Nikel <sup>1</sup>	300 ila 400
Kurşun	750 ila 1200
Çinko <sup>1</sup>	2500 ila 4000
Cıva	16 ila 25
Krom <sup>1</sup>	-

- TARIMDA KULLANIM İÇİN KANALİZASYON ATIKLARINDA AĞIR METAL KONSANTRASYONLARI İÇİN SINIR DEĞERLER (mg/kg kuru madde)**

Parametreler	Sınır Değerler(1)
Kadmiyum	0,15
Bakır	12
Nikel	3
Kurşun	15
Çinko	30
Cıva	0,1
Krom1	-

**10 YILLIK ORTALAMAYA DAYALI OLARAK TARIMSAL ALANLARA YILLIK OLARAK İLAVE**

# BİTKİLERDEKİ AĞIR METALLER

## A) DEMİR (Fe)

- Yer kabuğunun % 5' ini demir oluşturur. Topraklar genellikle demir açısından zengin olmasına karşılık ortamda Ca'un fazla olması ve havalanması uygun olmayan toprak şartlarında bitkiler demirden faydalanamazlar.
- Bitkiler demiri daha ziyade  $Fe^{+2}$  formunda alırlar. Bazen de  $Fe^{+3}$  formunda alabilirler. Demir hangi formda alınırsa alınsın bitki bünyesinde  $Fe^{+2}$  formuna dönüşmeden kullanılamaz. Yüksek kalsiyum olduğunda yani toprak pH'ı yüksek iken demir bileşikleri  $Fe^{+2}$  ve  $Fe^{+3}$  formlarına indirgenemez.
- Sıkışık topraklar, uzun süreli sulama, aşırı yağışlar, yüksek taban suyu da demir alımını engelleyen unsurlardır. Toprakta fazla miktarda ağır metal olması da (örneğin mangan) demir eksikliğine neden olmaktadır.

- Toprakta hemen hemen her zaman demir vardır fakat bitkilerin alamayacağı formda olabilir. Demir yıkanmayla kaybolur ve toprağın alt tabakalarında tutunurlar.
- Toprakta kalsiyumun fazla olduğu ortamlarda toprak pH'ı yüksektir. Yüksek pH ortamlarında (Alkali ortamlar) demir bitkilerin alamayacağı forma dönüşür. Yani pH 7.2 ile 8.3 arasında iken bitkiler demirden yararlanamazlar. Toprak alkali olduğu zaman belkide demir minerali çoktur fakat bitkiler tarafından alınamamaktadır.
- Demir bitkilerde enzim aktivitesi ve klorofil sentezi için gereklidir. Bitkilerin yeni büyümekte olan genç kısımları için esas teşkil eder. Ayrıca sitokromlar, peroksidazlar ve katalazlar gibi demir porfirin proteinlerinde de Fe bulunmaktadır.



# Demir eksikliği (Kloroz):

- Bitkilerde demir noksanlığı çok yaygındır. Başlangıçta belirtiler çok genç yapraklarda yeşil rengin kaybıdır. Damarların aralarındaki dokular soluk yeşil, sarı hatta beyaz olurken, damarların kendisi koyu yeşildir. Yeni yapraklar tamamen renkten yoksun olarak çıkarlar, fakat damarlar daha sonra koyu yeşile dönerler. Demir noksanlığının tanınması oldukça kolaydır. En ince damarlar dahi yeşil kalarak damarlar arasındaki renk tamamen sarıya dönerler. Şiddetli noksanlıklarda damarlarda sararabilir.



**ŞEKİL: Demir eksikliği (kloroz) belirtileri.**

- Demir noksanlığından kaynaklanan kloroz aşağıdaki gibi değişik şiddetlerde görülebilir:

- **a) Hafif kloroz (sarılık):**

Yeni çıkan yapraklarda damarlar normal görünümündeyken damar araları soluk yeşil veya sarımsı yeşildir.

- **b) Orta Düzeyde kloroz (Sarılık):**

Yeni çıkan yapraklarda damar araları oldukça sarıdır.

- **c) Şiddetli kloroz (Sarılık):**

Yeni çıkan yapraklar sarıdan fildişiye kadar değişen renklerde. Damarlar yeşil yada yeşil olmayabilir. Yaprak üzerinde kahverengi bölgeler vardır veya yaprağın tamamı kuruyabilir. Yapraklar genellikle dökülürler.





**SEKİL : Demir eksikliği (kloroz) belirtileri**



**SEKİL : Demir eksikliği (kloroz) belirtileri**



- Demir noksanlığı belirtileri azot, manganez, çinko noksanlıklarının belirtilerine benzer semptomlar gösterir. Buna rağmen demir noksanlığı yeni oluşan yapraklarda gözükür halbuki azot noksanlığı yaşlı yapraklarda gözükür. Manganez noksanlığında ise yeşil kısım demir noksanlığında olduğu gibi sadece damar aralarında sınırlı olmakla kalmaz ve çam ağacına benzer bir görünüm oluşturur. Çinko noksanlığında ise semptomlar demir noksanlığına benzer fakat yapraklar normalden çok küçüktür.
- Semptomların demir noksanlığından mı, manganez yada çinko noksanlığından mı kaynaklanıp kaynaklanmadığını anlamanın en kolay yöntemi uygun demir çözeltisinin yapraklara püskürtülmesidir. Eğer görülen sarılık kaybolur veya hafiflerse demir noksanlığı olduğu anlaşılır.



# B) BOR:

- Bor hücre duvarının teşekkülü, hücre çeperinin bütünlüğü, kalsiyum alımı için gereklidir ve bitkide şekerlerin taşınmasında yardımcı olur.
- Bor bitkilerde birçok fonksiyonu etkiler. Bu fonksiyonlar, çiçek açma, polenin çimlenmesi, meyve verme, hücre bölünmesi, su ilişkileri ve hormonların hareketini kapsar. Ayrıca azot ve fosfor metabolizması, hücre farklılaşması, döllenme, aktif tuz alınımı, hormon metabolizması ve fotosentezde rol aldığı (kesin olmamaktadır) ileri sürülmektedir.
- Boron bitkinin bütün hayatı boyunca alınması gereklidir. Bitki bünyesinde hareketi yoktur, bitkilerde ksilem dokusunda transpirasyon etkisi ile taşınır ve topraktan kolayca yıkanabilir.
- Bor toprakta borik asit ya da borat anyonu şeklinde bulunur. Bitkilerce bor iyonize olmamış borik asit formunda alınmaktadır.

# Bor eksikliği:

- Normal olarak bitkiler 25-100 ppm arasında bor içerirler. 20 ppm bitkilerde borun eksiklik sınırı olarak kabul edilmektedir.
- Bor eksikliğinin en bilinen belirtisi beslenme bozukluğudur. İlk görülen belirtisi ise, gövde uçlarının ölümüdür. Bundan dolayı yanal büyüme hızlanır ve yan sürgünleri tepe noktalarda ölür.
- Yapraklar kalınlaşır ve bakır görünümü alır. Kırılılıkları artar ve kıvrılmalar gözlenir.
- Genellikle çiçekler oluşmaz ve kök büyümesi engellenir. depo organlarında anormallikler görülür.

- Elma ve armutlarda bor noksanlığında çiçekler soğuktan zarar görmüş gibi aniden solar ve siyah bir renk alır. Şiddetli noksanlıkta yaprak çıkışı gecikir, vejetatif büyüme noktaları ölür, bitkide bir rozet etkisi görülür. Yapraklar kalın, kıvrımlı ve gevrekler. Meyvelerde, yumru ve köklerde, renk bozukluğu oluşur ve kahverengi küçük çatlama benekler görülür. Sürgünler kısa, yapraklar küçük ve bozuk şekilli olurlar. Meyveler normalden küçüktür ve bazen çatlama olur. Elma ve armutlarda semptomlar boğum boğumdur, genellikle sert mantarlaşmış dokunun altında oluşan bir çöküntüyle meyvenin şekli bozuktur.



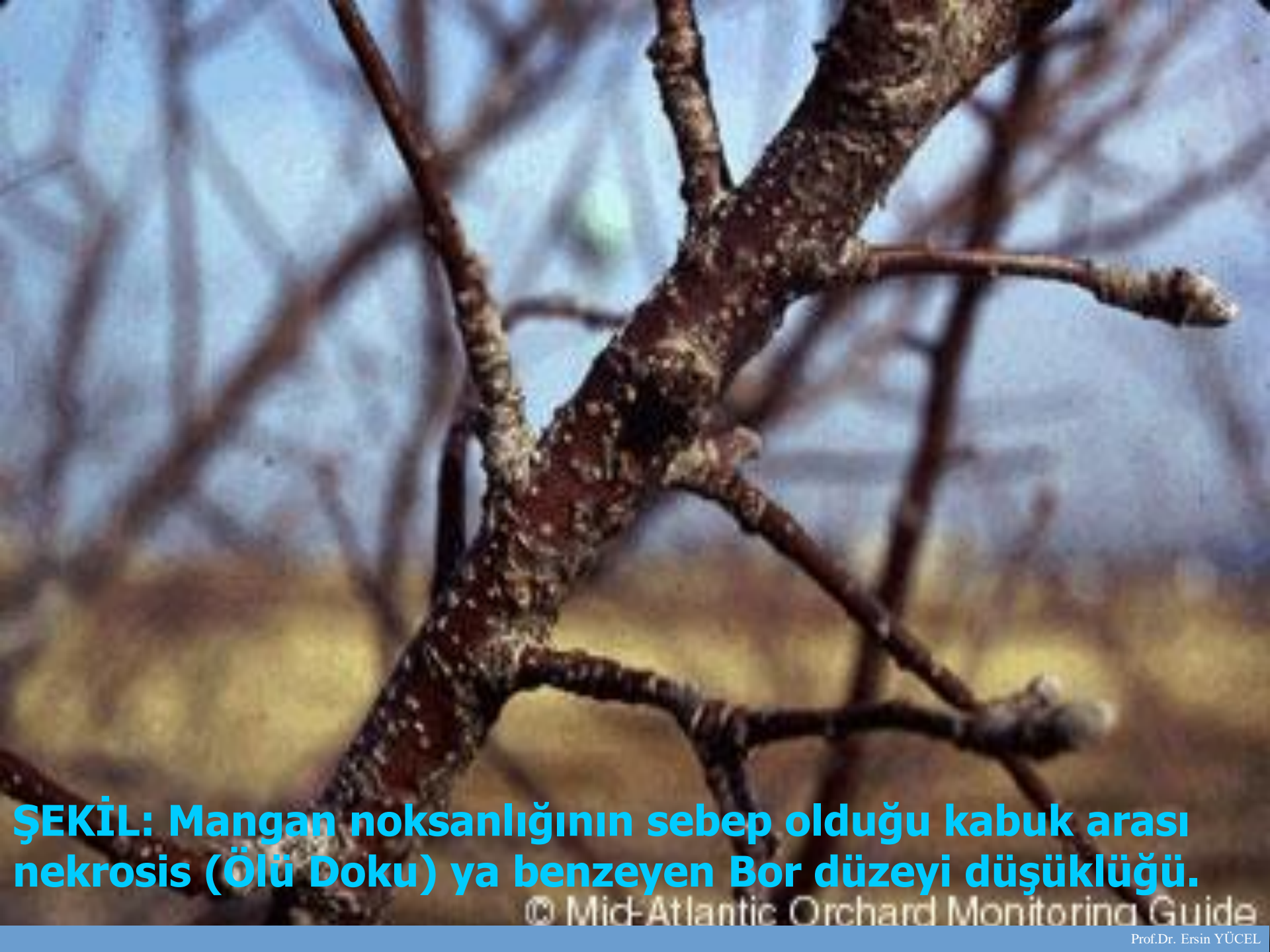


**ŞEKİL:Armutta Bor Noksanlığı**



© Mid-Atlantic Orchard Monitoring Guide

## ŞEKİL: Elmada Bor Noksanlığı



**ŞEKİL: Mangan noksanlığının sebep olduğu kabuk arası nekrosis (Ölü Doku) ya benzeyen Bor düzeyi düşüklüğü.**

© Mid-Atlantic Orchard Monitoring Guide

Prof.Dr. Ersin YÜCEL



# Bor Fazlalığı (Toksisitesi):

- Borun eksikliği gibi fazlalığı da sakıncalıdır. Bu sebeple bor gübrelenmesi yapılırken dikkat edilmelidir. Genellikle semptomlar; sürgünlerin kurumması, daha çok 1-2 yıllık sürgünlerde boğumlaşma, erken meyve olgunlaşması ve meyvenin içinin kararması ve dökülmesi şeklinde görülür. Yeşil akşam semptomları önce yaşlı yapraklarda ana damar boyunca ve büyük lateral (yanal) damarlar boyunca sararmaları kapsar. Yaprak uçları sararır ve nekrozlar oluşur. Belirtiler daha sonra yaprak kenarlarına ve orta damara yayılır. Yapraklar yanık bir görüntü alırlar ve erken dökülürler. Belirtiler yaşlı yapraklarda görülür.

# C)BAKIR (Cu):

- Bakır; vitamin, karbonhidrat ve protein sentezi, fotosentez ve solunum gibi çok sayıda kompleks olaylarda görev alır. Bitkilerin üreme organlarının ve verim yönünden bitkilerin gelişmesinde büyük önem taşır.
- Bakır, fenolazların, laktazların, askorbatoksidaz enzimlerinin yapısında bulunur ve bunların fonksiyonlarında rol oynar.
- Bakır bitkilerin köklerinde yoğunlaşır, azot metabolizmasında, proteinlerin kullanılmasına görev yapar. Bakır organik maddelere sıkı bir şekilde bağlanır ve organik maddelerce zengin topraklarda noksanlıklar görülebilir. Topraktan kolayca kaybolmaz fakat bitkilerin alamayacağı şekilde bulunabilir.

- Bitkiler bakır çok küçük miktarlarda alırlar. Bakır alımında demir, manganez, çinko ve nikel gibi ağır metaller arasında rekabet söz konusudur.
- Bitkilerde bakırın taşınması % 99 oranında ksilem özsuyunda olmakta ve floemde taşınma gerçekleşmemektedir. Bu taşınma transpirasyon akımına bağlıdır. Bakır az da olsa yaşlı yapraklardan genç yapraklara taşınabilir.
- Noksanlığında sürgün uçlarında kuruma meydana gelir ve terminal yapraklarda kahverengi benekler oluşur.



# Bakır (Cu) eksikliği:

- Bitkilerin bakır kapasitesi vegetatif organlarda 4-20 ppm civarındadır. Noksanlık sınırı 4 ppm olarak kabul edilmektedir. Bakırın yaşlı yapraklardan genç yapraklara taşınma kabiliyeti iyi olmadığından eksiklik belirtileri öncelikle genç yapraklarda görülmektedir. Grimsi yeşil renk, hatta beyazlaşma gibi renk değişimleri ve solma görülür. Gelişme zayıflar. Bazı hallerde uç kurumalarının görülmesinden önce normalden büyük yapraklar oluşur.
- Genellikle genç yaprakların uç kısmında nekrozis oluşur ve kenarlara doğru yayılır.yaprak solgun bir görünüme sahiptir.



**ŞEKİL: Bakır noksanlığı gösteren elma sürgünleri**



# Bakır (Cu) Fazlalığı (toksisitesi):

- Bakırın bitki bünyesinde hareket kabiliyeti iyi olmadığından noksanlık belirtileri yeni meydana gelen yapraklarda görülür.
- Grimsi yeşil renk, hatta beyazlaşma gibi renk değişimleri ve solma görülür.
- Gelişme zayıflar.
- Meyve ağaçlarında dalların uç kısımlarında kurumalar olur.



# D) MANGANEZ (Mn):

- Manganez bir çok enzimi etkilemesi rağmen, rolünün büyük olduğu iki enzim, yaygın şekilde bilinmektedir. Bunlar; fotosistem II'deki (PSII) manganprotein ne Mn içeren süperoksit dismutaz (MnSOD) enzimleridir.
- Manganez fotosentez için enzim aktivitesi, solunum, ve azot metabolizmasında görev alır. Manganezin görevleri klorofil teşekkülünde olduğu gibi demirin görevleri ile sıkı bir şekilde ilişkili olduğu düşünülür. Bu sebepten dolayı manganez noksan olduğu zaman sarılık yaygın bir septomdur.
- Toprak pH'sı ile mangan elverişliliği arasında sıkı bir ilişki vardır. Yüksek pH'lı topraklarda manganın alınabilirliği düşüktür. Bu sebeple kireçli topraklarda Manganez eksikliği sık görülür.

# MANGANEZ (Mn) EKSİKLİĞİ:

- Mangan noksanlığı, daha çok ana materyalinde az Mn içeren ve fazlaca yıkanmış topraklarda, serbest karbonatlar içeren yüksek pH'lı topraklarda ve yüksek pH'lı olmakla birlikte aynı zamanda fazlaca organik madde içeren topraklarda görülür.
- Mangan noksanlığı, bitkilerde az sayıda tane oluşumuna ve tane veriminin azlığına, polen metabolizmasının engellenmesine (Sharma vd.1991) ve tane dolumu için yetersiz karbonhidrat bulunmasına (Longnecker vd. 1991) yol açar.



- Manganez noksanlığı demir noksanlığıyla sık sık karıştırılır. Yaprak analiziyle doğru teşhis yapılabilir.
- Genç yapraklarda noksanlıklar demir noksanlığına benzeyen açık yeşil bir zemin üzerinde yeşil damar ağları şeklinde görünüm gösterir.İleri safhalarda açık yeşil kısımlar beyazlaşır ve yapraklar dökülür. Damarların bitişiğinde kahverengimsi, siyah veya yeşilimsi noktalar gözükebilir.
- Demir eksikliğine göre diğer bir ayırt edici özellikte manganez noksanlığı önce genç yapraklarda görülür ve demir noksanlığında görüldüğü gibi ince yaprak damarları yeşil kalmazlar. Manganez noksanlığında yapraklar arası kloroza ilave olarak yapraklarda sarı noktalar halinde lekeler oluşur.





**ŞEKİL: Elmada manganez noksanlığı.**



© Mid-Atlantic Orchard Monitoring Guide

**ŞEKİL: Manganez toksisitesinin sebep olduğu kabuk arası nekrozu**



# Mangan (Mn) fazlalığı:

- Mangan toksikliği, vejetatif gelişimden çok, generatif gelişimi etkiler.
- Örneğin; mangan toksikliğinde bitkiler iyi bir vejetatif gelişim sergilemelerine rağmen, tane verimleri çok az olmaktadır.
- Mangan toksisitesi özellikle asidik topraklarda büyüme ve ürünü sınırlandıran önemli bir etmendir.



# ÇİNKO (ZN):

- Erezyozyona uğramış topraklarda ortaya çıkar. 5.5-7.0 pH ortamında çinko alınımı en az düzeydedir. Düşük pH'larda toksisite noktasında alıma sebebiyet verir.
- Bitkiler çinkoyu suda çözünebilir formda ve aktif olarak alırlar. Toprakta çinko çözünürlüğü toprak pH'sı ile ters orantılıdır. pH yükseldikçe çözünürlük azalır pH düşüldükçe çözünürlük artar Bitki bünyesinde çinko  $Zn^{+2}$  iyonları şeklinde veya organik asitlere bağlı olarak ksilem dokularınca taşınır.
- Sınırlı da olsa yaşlı yapraklardan genç yapraklara taşınma olmaktadır. Bitkilerde fosfor ile çinko arasında antagonistik bir etki vardır. Bazı elementler diğerlerinin bitkiler tarafından absorpsiyonunu yavaşlatır. Örneğin kalsiyum potasyum alımını yavaşlatır veya öteki diğerini gibi. Bu olay "antogonizm" olarak bilinir.

# Çinko (Zn) Eksikliği:

Çinko noksanlığı iyi ayrışmış asit topraklar ile kireçli topraklarda yetişen bitkilerde görülür.

Çinko eksikliği kültür bitkilerinde daha ziyade kökleri etkiler ve yaşlı kök dokularının ölümüne sebep olur. Öte yandan çinko noksanlığında yaprak damarları arasında kloroz meydana gelir. Yaprak damarları yeşil kalırken, damarlar arası renk açık yeşil, sarı hatta beyaza döner.

Yeni gelişmekte olan yapraklar normalden daha küçüktürler. Sürgün gelişimi kısa olduğu için yapraklar birbirine yakındır ve rozet görünümü verirler. Bu oluşumun nedeni ise boğum araları uzunluklarının oldukça kısalmış olmasıdır.

Yaprak yüzeyinde damar kenarları yeşil kalmak üzere damarlar arasında sarı mozaik şeklinde lekeler oluşur. Noksanlık şiddetli değilse sadece yaprakları etkiler. Şiddetli noksanlık olursa sürgün gelişimi de tamamen durur. Sürgünlerde meyve tomurcuğu sayısı azalır, hatta tamamen yok olur. Sert çekirdekli meyvelerin meyve etlerinde kararmalar görülür.

Bitkilerde Zn noksanlıkları her zaman birbirine benzememekle beraber noksanlık semptomları genelde şunlardır:

- Noksanlık ilk önce genç yapraklarda ortaya çıkmakta,
- Yapraklar küçülmekte,
- Bitki çalimsı bir hal almakta(bodurlaşmakta),
- Rozet yapraklar oluşmakta,
- Genç yapraklarda kloroz ortaya çıkmaktadır.



Çinko eksikliğine aşağıda belirtilen özelliklere sahip topraklarda daha sık rastlanmaktadır:

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

# Çinko (Zn) Fazlalığı

- Toleransı az olan bitkilerde Zn fazlalığının en belirgin etkisi kök uzamasının engellenmesidir (Godbold vd. 1983; Ruano vd. 1988).
- Yapraklardaki kritik toksiklik düzeyi olarak kuru maddede 100mg/kg (Ruano vd.1988) veya daha yaygın olarak 300 mg/kg düzeyi sınır olarak kabul edilebilir..

# NİKEL (Ni) :

- Tarım topraklarının Ni içerikleri genelde çok azdır. Serpantin gibi bazı kayaçların ayrışması ile oluşan toprakların nikel içerikleri çok yüksek olmaktadır ve böylece yüksek Ni konsantrasyonu bitkilere toksik etki yapabilmektedir.
- Yüksek bitkilerde önemli işlevleri olan üreaz ve pek çok hidrogenaz enzimlerinin metal yapı maddesidir.



# KADMİYUM (Cd):

- Topraklarda Cd düzeyi 0,01 - 0,20 mg/kg arasında değişmektedir.
- Çevresel Cd kirliliğinin temel kaynağı demir çelik endüstrisidir. Buna ilave olarak yol kenarlarındaki topraklar lastik ve makine yağlarından da etkilenerek Cd bakımından kirlenebilirler.

Çizelge . Ağır metallerin toprakta bulunabilen miktarları ile kirlilik sınırı olarak toprakta kabul edilebilir değerler

Metaller	Toprakta		Sulama suyunda, mg/lt
	Bulunuş, mg/kg	Kabul edilebilir, mg/kg	
Bakır	Cu	5-20	50
	( Zehir etkisi: 0,1-1,0 mg/lt )		
Çinko	Zn	10-50	300
Kadmiyum	Cd	0,1-1,0	3
	( Zehir etkisi: 0,1-1,0 mg/lt )		
	( Bitkide $\leq 50$ mg/kg olursa insanda hastalık yapıcı )		
Krom	Cr	10-50	100
	( Zehir etkisi: 0,5-5,0 mg/lt )		
Kurşun	Pb	0,1-20	100
Nikel	Ni	10-50	50
	( Zehir etkisi: 0,5-5,0 mg/lt )		

A : İri taneli toprak B : İnce taneli toprak

# Ağır metaller ile ilgili olarak daha 6nce yapılmış çalışmaların bazıları şunlardır:

- Henden ve ark. (1993) tarafından *Ballota acetabulosa* (L.) Bentham, İzmir'in Aliağa İlçesi Yeni Foça yolu yakınında kurulu bir demir elik fabrikasının çevresinde metal kirlenmesinin monit6r6 olarak araştırılmıştır. Pb, Zn, Cd, Cr, Fe, ve Mn derişimleri fabrikaya 250-2500 m uzaklıktaki mesafelerden alınan yıkanmış ve yıkanmamış yapraklarda belirlenmiştir. Yıkanmamış ve kurutulmamış yapraklarda Pb 100-856 mg/g; Cd 1,50-15,3 mg/g; Zn 94-1700 mg/g; Fe 1000-3950 mg/g ve Mn 75-1300 mg/g arasında bulunmuştur. Yıkama ile farklı uzaklıklardan alınan 6rneklerde metallerin yapraklardan ortalama olarak % 30- 60 arasında uzaklaştığı saptanmıştır.



- Bandırma ve Erdek'te yayılış gösteren *Pinus pinea*, *Olea europaea subsp. oleaster*, *Ferula communis*, *Laurus nobilis*, *Cupressus sempervirens*, *Styrax officinalis*, *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus* ve *Sorghum halopense* bitkilerinin, çevredeki gübre fabrikalarının havayı kirletmeleri sonucu, nasıl etkilendiklerini Oflas ve arkadaşları (1993) araştırmıştır. Bu çalışmada her iki bölgedeki toprak özellikleri belirlenmiş; örnek bitkiler ve topraklardaki N, P, K makro elementleri yanı sıra Pb, Fe, Mn, Cu, Zn ve Cd mikro element ve ağır metal içerikleri de belirlenmiştir.

- Kutbay ve Kılınç (1991) en yüksek Pb derişimlerini tüylü ve dikenli yapraklara sahip *Centauria iberica*, *Plantago lanceolata* ve *Solanum nigrum*'da bulmuşlardır. Yine benzer şekilde, en yüksek Zn derişimlerini *Inula graveolens* ve *Plantago lanceolata* gibi bitkilerde bulmuşlardır. Kutbay ve Kılınç'ın Samsun şehir merkezinden aldıkları örnekler üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre en yüksek Pb derişimi *Centauria iberica*'da 69,9 ppm olarak ve en düşük Pb derişimi 29,9 ppm olarak *Robinia pseudo-acacia*'da bulunmuştur. En yüksek Zn derişimi *Malva neglecta*'da 129,9 ppm olarak ve en düşük Zn derişimi 10,5 ppm olarak *Corylus maxima*'da bulunmuştur. Samsun-Bafra yolundan alınan örneklerde en yüksek Pb derişimi 46,6 ppm ve en düşük Pb derişimi 29,9 ppm' olarak belirlenmiştir. En yüksek ve en düşük Zn derişimleri 83,3 ve 12,0 ppm olarak belirlenmiştir.

- Yücel (1996) tarafından Kütahya ili'ndeki trafikten kaynaklanan ağır metal (Pb, Cd ve Zn) kirliliğini belirlemek için *Populus usbekistanica* Kom. Subsp. *Usbekistanica* cv. "Afghanica" analiz edilmiştir. Kimyasal analizler sonucu Pb, Cd ve Zn seviyelerinin dağılım aralığı sırasıyla 0- 32 mg/kg, 0.722- 4.148 mg/kg ve 34.0- 572,8 mg/kg kuru madde olarak belirlenmiştir.
- Bitkilerdeki Pb ve Zn içeriklerini trafik yoğunluğuna bağlı olarak çok sayıda faktör etkilemektedir. Kurşun seviyeleri baharda hemen hemen sabit kalmakta fakat kış aylarında daha yüksek seviyelere ulaşmaktadır. Yapılan çalışmalara göre bitkilerde ağır metal seviyeleri vejetatif ve generatif büyüme evrelerinde farklılık göstermektedir.



- Bereket ve Yücel (1990), *Populus nigra subsp, nigra L.* yaprak Örnekleri kullanarak trafik kökenli Pb, Cd ve Zn gibi ağır metalleri izlemek için biyolojik bir yöntem denemişlerdir. Cd ve Zn seviyelerinin tavsiye edilen maksimum seviyeyi aşmadığı ve trafik yoğunluğu ile Cd ve Zn seviyeleri arasında tam anlamıyla bir uyum olmadığı, ancak Pb seviyeleri ile trafik yoğunlukları arasında doğrusal bir orantı olduğu bulunmuştur. Maksimum Pb seviyesinin ise tavsiye edilen maksimum seviyenin üç katı olduğu görülmüştür.
- İstanbul-Ankara anayolundaki yaprak örnekleri üzerinde yapılan analiz sonuçlarından; yaprak örneklerinin Zn içeriğinin yoldan mesafe ile bağımsız olduğu fakat Pb içeriğinin yoldan mesafe ile doğrusal ilişki içinde olduğu bulunmuştur.

- Garber (1974) tarafından yapılan çalışmada, motorlu taşıtlardan kaynaklanan çevredeki ağır metal kirliliğinin bir otoyol çevresindeki sebze ve meyve ağaçları gibi bir çok kültür bitkisinde ortaya çıktığı sonucuna varılmaktadır. Örneğin bir otoyola 5 metre mesafede kayısı ve armut ağaçlarındaki Pb değerleri kayısı kabuğunda 7,5 ppm, armut kabuğunda 3,9 ppm iken, bu değerler otoyola 15 ve 80 metre mesafelerde kayısı için 6,9 ppm ve 5,8 ppm'e ve armut için 2,0 ppm ve 1,1 ppm'e düşmektedir.

- Yeni Zelanda'da Auckland kentinin otoyolunun değişik kesimlerinde yapılan bir araştırmada, otoyolun refuj kesiminde 0-1 cm yüzey toprağındaki Cd, Pb ve Zn düzeyleri trafiğin yoğunluğundaki artışa bağlı olarak çarpıcı bir yükseliş göstermektedir. Çizelge 4.4'de trafik yoğunluğuna bağlı olarak Cd, Pb ve Zn derişimlerindeki değişimler gösterilmiştir (VWard ve ark. 1977).
- Çizelge 4.4. Trafik yoğunluğuna bağlı olarak Cd, Pb ve Zn' derişimlerindeki değişimler:

Trafik yoğunluğu (araç/ 24 saat)	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
10000-19000	0,3	780	130
20000-39000	0,4	1.250	180
40000-50000	0,7	1.650	250
50000-yukarı	2,2	2.200	480
Trafikten uzaktaki topraklar	0,2	14	64



- 24 saatte yaklaşık 10000-19000 aracın geçtiği yolda, topraktaki Cd değeri 0,3 ppm, Pb değeri 780 ppm ve Zn değeri 130 ppm iken, bu değerler 24 saatte 50000 aracın geçtiği yolda Cd için 2,2 ppm'e, Pb için 2200 ppm'e ve Zn için 480 ppm'e ulaşmaktadır. Oto yoldan uzakta bulunan ve benzer toprak özelliklerine sahip olan yerden alınan toprak örnekleri ile 50000'den fazla aracın geçtiği yerden alınan toprak örnekleri karşılaştırıldığında, söz konusu artışlar yaklaşık olarak Cd için 10 kat, Pb için 160 kat ve Zn için 8 kat olmaktadır. Söz konusu ağır metal miktarları toprak derinliğine bağlı olarak da Önemli bir düşüş göstermektedir. Örneğin toprağın 0,5 cm'sinde Pb değeri yaklaşık 4000 ppm iken bu değer toprağın 10 cm'sinde 500 ppm'e kadar düşmektedir.

- AKSOY A. VE ŞAHİN U. (journal of botany tübitak1998) yaptıkları çalışmada *Elaeagnus angustifolia*L. (*Elaeagnaceae*) bitkisinin yaprakları, Kayseri'de ağır metal kirlenmesinin olası biyolojik monitörü olarak araştırıldı. Yıkanmış ve yıkanmamış bitki örnekleri ve toprak örneklerindeki Pb, Cd ve Zn konsantrasyonu belirlendi. Yıkanmış ve yıkanmamış bitki örnekleri arasında metal kirlenme düzeyleri farklılıklar gösterdi. Yıkanmış bitki yapraklarında ve yüzey topraklarındaki ağır metal konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki elde edildi. *E. angustifolia*'nın araştırılan ağır metallerin kullanışlı bir biyolojik monitörü olduğu bulundu.

- *Monni S., Uhlig C., Hansen E., Magel E. (Physiological Ecology of Plants Received 13 December 1999; accepted 18 March 2000)*
- *Empetrum nigrum* L. (crowberry)'da klorofil, organik (sitrit ve malik asit) ve absisik asit (ABA) içerikleri ve gövde suyu potansiyelinde ağır metallerin olumlu ekofizyolojik etkileri araştırıldı.
- *Empetrum nigrum* L.'in gövde ve yaprakları Harjavalta'nın (Güney-Batı Finlandiya) 0,5 ile 8 km mesafedeki Cu ve Ni bakımından zengin alanlarından toplandı. Tüm araştırılan parametrelerde ağır metal emilimleri incelendi. Yapraktaki klorofil içerikleri, yapraktaki organik asit içerikleri ve gövdede düşük seviyeli emilim gözlemlendi.
- Genellikle organik asit içerisinde bulunan içerikte Ni bulunmadı. Bunun sebebi de; fotosentezin organik asit miktarını azaltması olabilir.
- Kirlilik kaynağından 0,5 km.'de bitkilerin gövde ve yapraklarında Absisik asit miktarı oldukça yüksek bulundu.
- *Empetrum nigrum* L.'in kokulu gövde suyu potansiyeli gündüzleri azdır fakat geceleri daha da azdır.
- Tüm bunlar *Empetrum nigrum*'un ağır metallere olan toleranslarına göre gösterdiği ekofizyolojik etkilerdir.



# KAYNAKLAR

- Anonim, Türkiye'nin Çevre Sorunları, Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını.
- Anonim, Korkutan 'cep'e gözaltı, Hürriyet, 21 Kasım.
- Akman. Y., ve ark. Çevre Kirliliği, Çevre Biyolojisi. Palme Yayıncılık.
- Berkes, F. ve Kışlalıoğlu, M., Ekoloji ve Çevre Bilimleri, Remzi Kitabevi.
- Bereket, G., Yücel, E., Monitoring of Heavy Metal Pollution of Traffic Origin in Eskişehir, Doğa Türk Kimya.
- Çepel, N., Genel Ekoloji, İ.Ü. Yay.
- Çepel, N., Çevre Koruma ve Ekoloji Terimleri Sözlüğü, TEMA.
- Gürpınar, E., Çevre Sorunları, Der Yayınları.
- Haktanır, K., Çevre Kirliliği, Ziraat Fakültesi No..
- Karpuzcu, M., Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü, Kubbealtı Neşriyat.
- Keleş, R. ve Hamamcı, C., Çevre Bilim, İmge Kitabevi.
- Kocataş, A., Ekoloji Çevre Biyolojisi, E.Ü.Su Ürünleri Fak Yayını.
- Özdemir, İ. ve Yükselmiş, M., Çevre Sorunları ve İslam, Diyanet İşleri Başkanlığı Yayınları.
- Öztürk, M., Türkan, İ., Dalgıç, R., Çelik Ümmühan; Yılmaz, Melike; Yücel, Ersin: Ağır Metaller Canlılar İçin Bir Yükümü ?, II. Uluslararası Ekoloji ve Çevre Sorunları Sempozyumu, (Ed.) İlhami Kiziroğlu.
- Öztürk, M., Güvensen, A., Yücel, E., Doğayı Koruma Yönünden Hava Kirlenmelerinin Ekosistemlere Etkisi, Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü II. Ulusal Sempozyumu.
- Öztürk, M., Güvensen, A., Yücel, E., İç Mekanlarda Kirlilik Sorunu ve Bitkilerin Rolü, Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü II. Ulusal Sempozyumu.
- Öztürk, M., Özdemir, F., Yücel, E., An Overview of the Environmental Issues in the Black Sea Region, Scientific Environmental and Political Issues in the Circum-Caspian Region, (Eds. M.H. Glantz and I.S. Zonn).
- Şişli, N., Çevre Bilim Ekoloji, H.Ü. Fen Fakültesi.
- Topbaş, M.T., Brohi, A.R., Karaman, M.R., Çevre Kirliliği, TC.Çevre Bakanlığı Yayınları.
- Yücel, E., Türkiye Tabiatını Korumada Biyolojik Savaşın Önemi, Tabiat ve İnsan.
- Yücel, E., Eskişehir'de Yetiştirilen Ağaç ve Çalılarının Kentsel Ekoloji Açısından Değerlendirilmesi (1), A.Ü. Fen Edebiyat Fakü.Dergisi.
- Yücel, E., Öztürk, M., Doğan, F., Kütahya'da Hava Kirliliği Sorunu, Ekoloji Çevre Dergisi.
- Yücel, E., Doğan, F., Öztürk, M., Porsuk Çayında Ağır Metal Kirlilik Düzeyleri ve Halk Sağlığı İlişkisi, Ekoloji.
- Yücel, E., Asya Servi Kavağı Kullanılarak Kütahya İlinde Trafik Kökenli Pb, Cd ve Zn Kirliliğinin Araştırılması, Doğa Tr Bot. Derg.
- Yücel, E., Aşan Z., Öz, M., Öztürk, M., Eskişehir Yöresinde Bazı Orman İçeri Dinlenme Alanlarının Rekreatyone Talep Değerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. Ekoloji Çevre Dergisi.
- Yücel, E., Öztürk, M., Ağaç ve Çalı Türlerinde Görülen Kirlilik Zararları Üzerine Bir Çalışma, Tabiat ve İnsan Dergisi.
- Yücel, E., Canlılar ve Çevre. In (eds) Özata, A., Biyoloji, Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Uysal, İ., Yücel, E., Pirdal, M., Öztürk, M., Çevre Çıkmazı ve Çevre Biliminin Ana İlkeleri. Ekoloji.

# ÖNEMLİ UYARI

Bu ders materyalinin hazırlamasında, çok sayıda kitap, makale ve diğer yazılı kaynaklar ile internet ortamında yer alan resim, şekil vd. materyallerden faydalanılmıştır. Bu ders materyalini yazılı basımda veya internet ortamı gibi başka dijital ortamlarda yayınlamayınız. Çünkü resim, grafik vb. kaynakların bazıları telif ücreti gerektirebilir.

Bu bölüm ile anlaşılamayan veya sormak istediğiniz konuları portal üzerinden veya

[eyucel@eskisehir.edu.tr](mailto:eyucel@eskisehir.edu.tr) e-mail adresinden sorabilirsiniz.

Öğrenciler için hazırlanan bu ders materyali ücretsizdir, para ile satılamaz.

**Prof.Dr. Ersin YÜCEL**

Eskişehir Teknik Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü

[www.biodicon.com](http://www.biodicon.com)

[www.ersinyucel.com.tr](http://www.ersinyucel.com.tr)