

# Köklerin İşlevleri

- Bitkileri toprağa bağlamak
- Topraktan su ve besin elementlerinin alınmasını sağlamak
- Alınan su ve besin elementlerin gövde ve yapraklara taşınmasını gerçekleştirmek
- Bitkisel hormonların ve diğer organik bileşiklerin sentezlenmesini sağlamak

Bitkilerin **besin maddelerini almaları** ve **yararlanmaları** üzerine **köklerin** büyüme ve gelişim durumu önemli rol oynamaktadır.

Bu nedenle köklerin büyüme ve gelişmesini etkileyen etmenler **bitkilerin beslenmesini etkileyebilmektedir.**



# BU ETMENLER NELERDİR?

- Karbonhidratların kök sistemine aktarılması
- Bitki besin maddeleri
- Havalanma
- Nem
- Sıcaklık
- Tekstür (Bünye)



# KARBONHİDRATLARIN KÖK SİSTEMİNE AKTARILMASI

Bitki çeşidine ve büyüme durumuna göre fotosentez sonucu oluşan karbonhidratların yaklaşık **%25-50'si** kök büyümesi ve besin maddesi alımı için köke aktarılmaktadır. Bu yüzden bitki kök gelişimi ile fotosentez arasında yakın ilişki vardır.

Köklerin büyümesi ve gelişmesi üzerine **bitkisel hormonların (Fitohormon) köke taşınması** da etkili olmaktadır.

Bitkilerdeki **fotosentez ürünlerinin köke doğru taşınımı**, bu ürünler çoğunlukla **çiçeklenme** ve **meyve oluşumu** sırasında toprak üstü aksamalarda tüketildiğinden **en aza inmektedir**. Bu yüzden söz konusu bu dönemde kök gelişimi çok azdır veya durmaktadır.

Üreticiler bazen köklenmenin güçlü olmasını sağlamak için (özellikle genç fidanlarda) çiçek ve meyveleri koparırlar

# BİTKİ BESİN ELEMENTLERİ

Kök büyümesi, morfolojisi ve toprak profilindeki kök sisteminin dağılımı üzerine bitki besinlerinin, özellikle de bazı besin maddelerinin önemli etkileri vardır.

Bu besin maddeleri içinde **N** birinci sırayı alır, bunu **P** izler. **Mg** dışında diğer besin maddelerinin etkisi ise yok denecek kadar azdır.



N'lu gübrelerin tek başına uygulanmasına karşın, P'lu gübrelerle birlikte uygulandığında kök büyümesi üzerine etkisi daha fazla olmaktadır (Coutts and Philipson 1977).

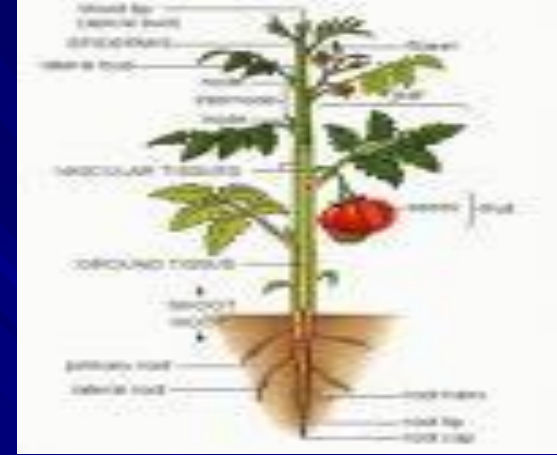
Genel olarak yeterli düzeyde besin maddesine sahip topraklarda yoksul topraklara göre kök büyümesi ve gelişimi daha fazladır (Kacar ve Katkat 1997).



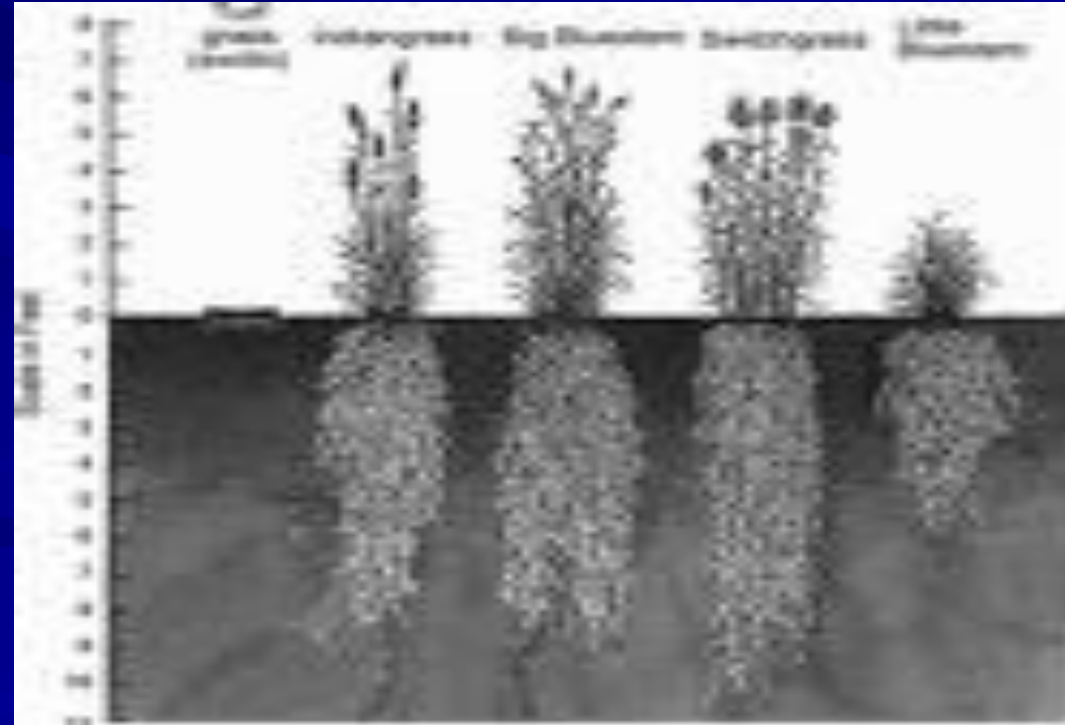
## HAVALANMA

Kök büyümesi üzerine toprak havası 3 şekilde etki yapmaktadır:

- Toprak havasının  $O_2$  içeriği (<%8 ise büyüme gerilemekte, <%2 ise büyüme durmaktadır)
- Toprak havasının  $CO_2$  içeriği (<%1 olmalıdır)
- Toprak havasının  $H_2S$ ,  $CH_4$ ,  $H$  içeriği (çok düşük konsantrasyonda olmalıdır)



- Kök bölgesinde O<sub>2</sub> gereksinimi yüksek olanlar  
Domates, bezelye, mısır
- Kök bölgesinde O<sub>2</sub> gereksinimi orta olanlar  
Tahıllar ve soya fasulyesi
- Kök bölgesinde O<sub>2</sub> gereksinimi düşük olanlar  
Çeltik, söğüt





## NEM

Kök büyümesi üzerine toprağın su içeriği (potansiyeli) etkilidir.

**Kök büyümesi** genelde nemli (AŞIRI) topraklara göre nispeten kuru topraklarda daha iyidir.

**Aşırı kuru topraklarda (kuraklık)** mekanik direncin yüksek olması ve su miktarının azalması stres etmeni olup kök büyümesini engeller.

**Tuzlu topraklarda** ise yüksek tuz konsantrasyonu ve rizosferdeki **iyon dengesizliği** nedeniyle kök büyümesi olumsuz etkilenir.



Toprakta **yarayışlı su** miktarının azalması durumunda **strese giren bitkilerde toprak üstü organlara** göre **kök sistemi** daha fazla gelişir ve bunun sonucunda **kök/gövde kuru madde oranı artar**

Çizelge. Vermikulitte yetiştirilen mısır bitkisinde su stresinin gövde ve kök kuru madde miktarı üzerine etkisi

Bitki yaşı (gün)	İşlemler	Kuru ağırlık (mg bitki <sup>-1</sup> )		Kök/Gövde oranı
		Gövde*	Kök	
21	Su uygulanmış	114	40	0.35
	Su uygulanmamış	44	28	0.64
34	Su uygulanmış	230	106	0.46
	Su uygulanmamış	48	45	0.94

\*Toprak üstü organları



# SICAKLIK

Optimum sıcaklığın altında ve üstünde bitkilerde kök büyümesi gerilemektedir.

## KÖK BÖLGESİ OPTİMUM SICAKLIKLARI

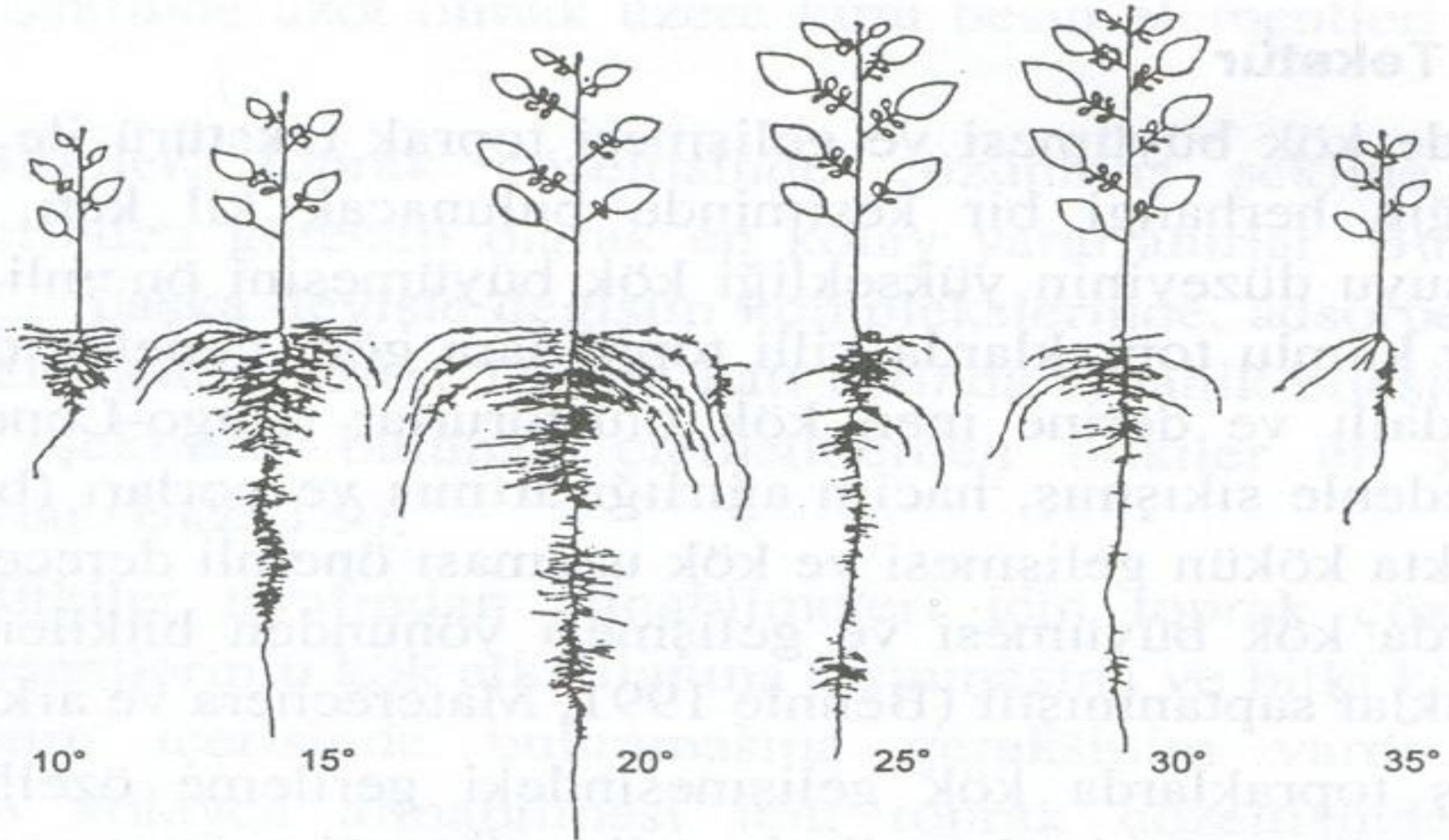
Pamuk: 30°C

Buğday: 25°C

Patates: 15-20°C



Patates bitkisi fidelerinde kök gelişimi üzerine sıcaklığın etkisi aşağıda açık bir şekilde görülmektedir.





## TEKSTÜR (Bünye)

Tekstür denilince toprağın **kil**, **silt** ve **kum**dan oluşmuş bünyesi anlaşılır. (Killi Tın, Kum, Siltli Kil vb)

Bitkiler **kumlu topraklarda** killi topraklara göre genelde **daha çok yan dallı ve derine inen kök** oluştururlar.

Sıkışmış, hacim ağırlığı artmış ve boşlukları azalmış topraklarda kök gelişmesi ve uzaması önemli derecede azalır.

# TOPRAKTA BESİN ELEMENTLERİ NE ŞEKİLDE BULUNUR??

Toprakta **3 temel faz** bulunur ve besin elementleri bu fazlar içinde yer alır.

## Katı faz

- İnorganik materyaller (kaya ve mineraller): K, Na, Ca, Mg, Mn, Zn ve Co'ın kaynağıdır
- Organik materyaller (organik madde): N, P ve S'ün kaynağıdır

## Sıvı faz\*\*\*

- Toprak çözeltisi: Besin elementlerini iyon şeklinde ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Zn}^{++}$ ,  $\text{Cl}^-$  vb) içerir. Ayrıca bu fazda  $\text{O}_2$  ve  $\text{CO}_2$  sıvıda çözülmüş halde bulunur

## Gaz faz

- Toprak havası: Toprak porlarını (boşluklarını) dolduran ve atmosfer ile arasında sürekli değişim ve yenileme olan fazdır.  $\text{NH}_3$  ve  $\text{N}_2$  gibi besin elementleri bu fazda gaz şeklinde bulunur

# Bitki Besinlerinden Yararlanılma Sırası

- 1- Toprak çözültisinde çözünmüş besinler\*\*\*
- 2- Toprağın katı fazında değişim komplekslerinde adsorbe edilmiş besinler\*\*
- 3- Toprağın katı fazında organik ve kimyasal bileşikler halinde bulunan besinler\*

# BİTKİ BESİN ELEMENTLERİNİN KÖK ETKİ ALANINA TAŞINMASI

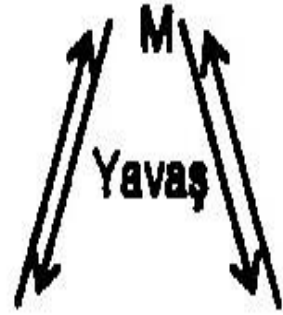
Besin elementlerinin bitkiler tarafından alınabilmesi için kök etki alanına taşınmasına ve ayrıca köklerin katı faz ile değinim halinde olmasına gerek vardır.

## TAŞINMA NASIL GERÇEKLEŞİR??

Günümüzde besin maddelerinin kök etki alanına taşınımı 2 temel kuram ile açıklanmaktadır. Bunlar:

- 1- KİTLE AKIMI
- 2- DİFÜZYON'dur

Katı fazda adsorbe edilmemiş halde  
(Organik madde veya mineraller halinde)



M

M (Toprak çözeltisinde)

Difüzyon  
ve  
Kitle akımı

M (Kök etki alanında)

MR (Kökte)

Transpirasyon  
M (Ksilemde)  
(Bitkinin tepesinde)

Katı fazda adsorbe edilmiş halde



M (Kökte birikmiş halde)

Şekil 2-7. Toprağın katı fazında bulunan bitki besin elementi M'nin bitkinin tepesine gelinceye değin geçirilen aşamalar. (R özel taşıyıcıları simgelemektedir.)

**Kitle Akımı:** Topraktaki **su hareketine** bağlı olarak besin maddelerinin kitlesel taşınımını ifade eder.

En yüksek kitle akımı **yağış** veya sulamadan hemen sonra, en düşük kitle akımı ise **buharlaşma (evaporasyon) anında** görölmektedir.

Bitkiler tarafından alınan besin maddelerine kitle akımının katkısı **bitkiden bitkiye farklılıklar gösterebilir.**

Kitle akımının katkısıyla besin maddelerinin alınımı üzerine bitki yaşının da etkili olabileceği bildirilmiştir.



Çizelge Yazlık buğday ve şeker pancarı bitkilerinin K, Mg ve Ca alımında kitle akımının katkı düzeyi (Strebel and Duynisveld 1989)

	Besin elementleri miktarı (kg ha <sup>-1</sup> )					
	Yazlık buğday			Şeker pancarı		
	K	Mg	Ca	K	Mg	Ca
Bitki alımı	215	13	35	326	44	104
Kitle akımı ile sağlanan miktar	5	17	272	3	10	236
Toplam alımın %'si	2	131	777	1	23	227

**Difüzyon:** Difüzyon ile besin maddelerinin kök etki alanına taşınması konsantrasyon farklılıklarına bağlı olarak gerçekleşir.

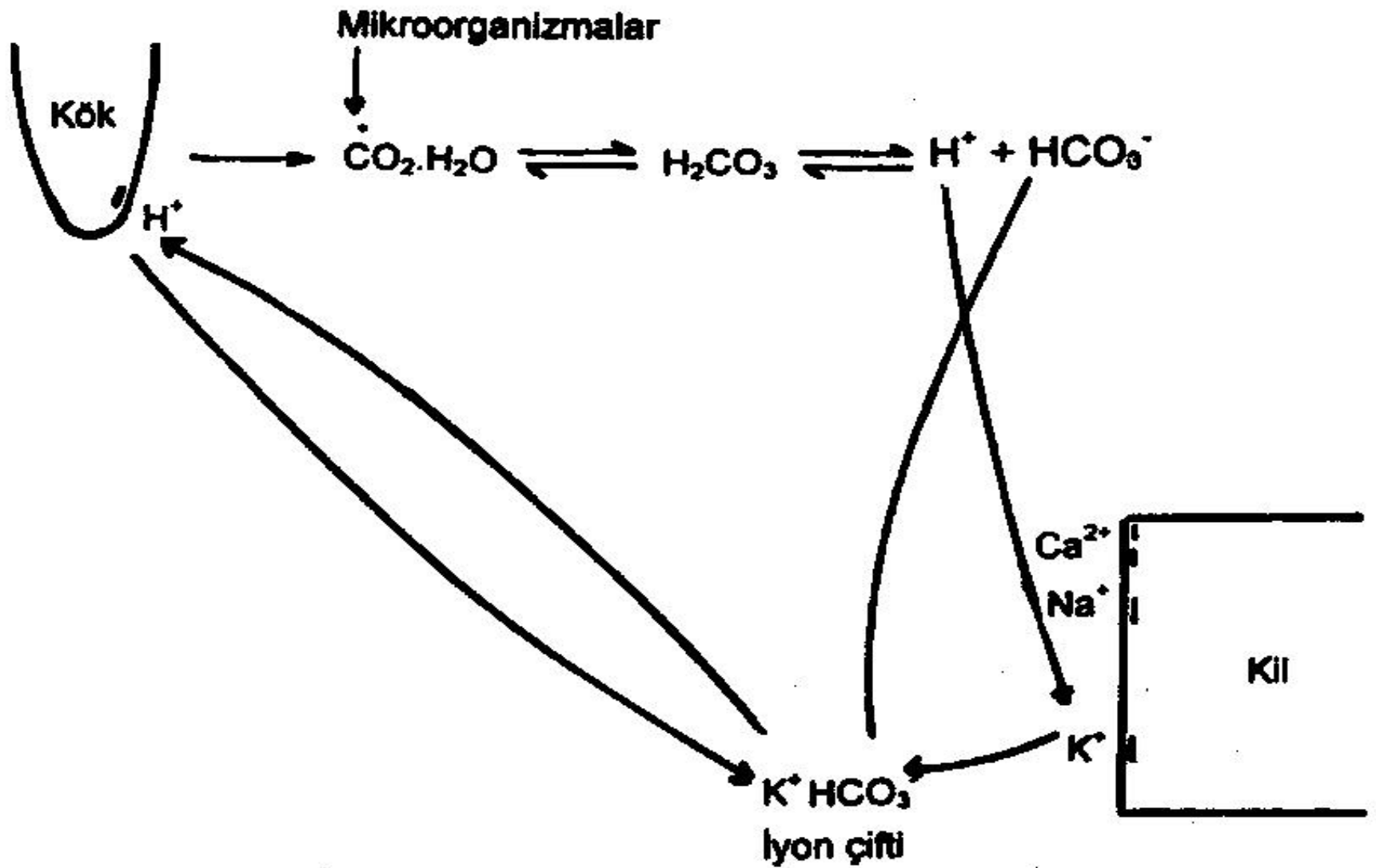
Difüzyon ile taşınım kitle akımına göre çok az düzeylerde, **çok kısa mesafelerde** (yaklaşık günde 1 cm) ve genellikle **büyüme mevsimleri içinde** görülür.

# BİTKİ BESİN ELEMENTLERİNİN KÖK ÜZERİNE ALINMASI

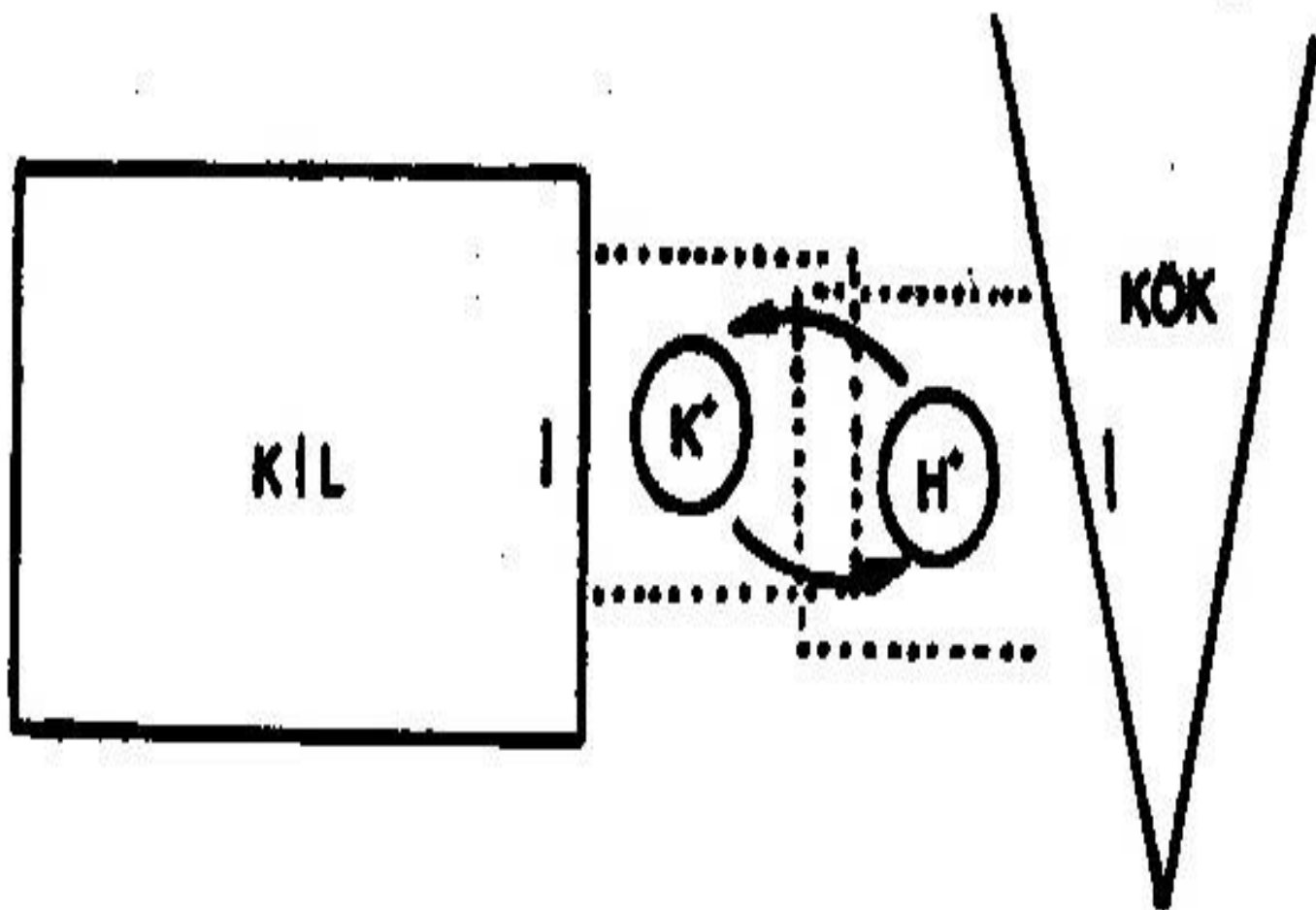
Toprak çözeltilisinde **çözünmüş halde bulunan** ve toprakta **adsorbe edilmiş** (değişebilir şekilde tutulmuş) şekilde olan besin maddeleri 2 temel kurama göre kök üstüne alınmaktadır. Bunlar;

- Karbonik Asit Kuramı
- **Kontak Değişim Kuramı'dır**

KARBONİK ASİT VE KONTAK DEĞİŞİM KURAMLARI  
NE ANLAMA GELMEKTEDİR?



**Şekil 2-8. Karbonik asit kuramına göre bitki besin elementlerinin kök üzerine alınması.**



*Şekil 2-9. Kontak değişim kuramına göre kök üzerine adsorbe edilmiş katyonların alınması.*

# KÖK ÜZERİNDEKİ BİTKİ BESİN ELEMENTLERİNİN KÖK İÇERİSİNE ALINMASI

Kök üzerindeki besin maddelerinin kök içine girmesi ve oradan da iç bölgeye aktarılıp biriktirilmesi birbirini izleyen ve tamamlayan 2 mekanizma ile olmaktadır.

- **Pasif Alım (absorpsiyon):** Metabolik enerji gerektirmez
- **Aktif Alım (absorpsiyon):** Metabolik enerji gerektirir

Pasif alım mekanizması 2 önemli olay ile açıklanabilmektedir.

- İyon değişimi
- Donnan dengesi

**İyon değişimi:** Toprak çözeltileri ile değinim halinde olan kök hücre duvarları veya doku zarları üzerinde **değişebilir halde** tutulan **iyonik formdaki besin maddelerinin** çözeltideki bir iyon ile yer değiştirmesidir.

**Donnan dengesi:** Kök hücreleri içindeki ve dışındaki elektriksel yük dengeleri sağlanana kadar kök içine anyon veya katyon girişi olduğu ilkesini temel alan bir kuramdır.

$$C_i^+ * A_i^- = C_d^+ * A_d^-$$



Aktif alım alım mekanizması ise **TAŞIYICI KURAMI** ile açıklanabilmektedir.

**TAŞIYICI KURAMI:** Kök üzerindeki iyonik formdaki besin maddelerinin özel taşıyıcılarla “**Taşıyıcı-İyon Kompleksi**” oluşturarak geçirgen olmayan zardan geçerek kök içine alınabildiğini açıklayan temel bir kuramdır.

Düşük sıcaklıklarda, yetersiz oksijen ortamında ve engelleyicilerin (inhibitörlerin) etkisinin söz konusu olduğu durumlarda **AKTİF ALIM DÜŞMEKTEDİR**. Çünkü bu koşullarda bitkide metabolik işlevler ve buna bağlı **enerji üretimi gerilemekte** ve enerji kullanılarak gerçekleştirilen aktif alım da bu yüzden düşmektedir.

# BİTKİ BESİN ELEMENTLERİNİN ALIMINA ETKİ YAPAN ETMENLER

Bitkilerin besin maddelerini almaları çeşitli iç ve dış etmenlerin etkisi altında artar, azalır veya bazen de değişmeden kalabilir.

Besin maddelerinin alımını etkileyebilen etmenleri şu şekilde sınıflandırmak mümkündür.

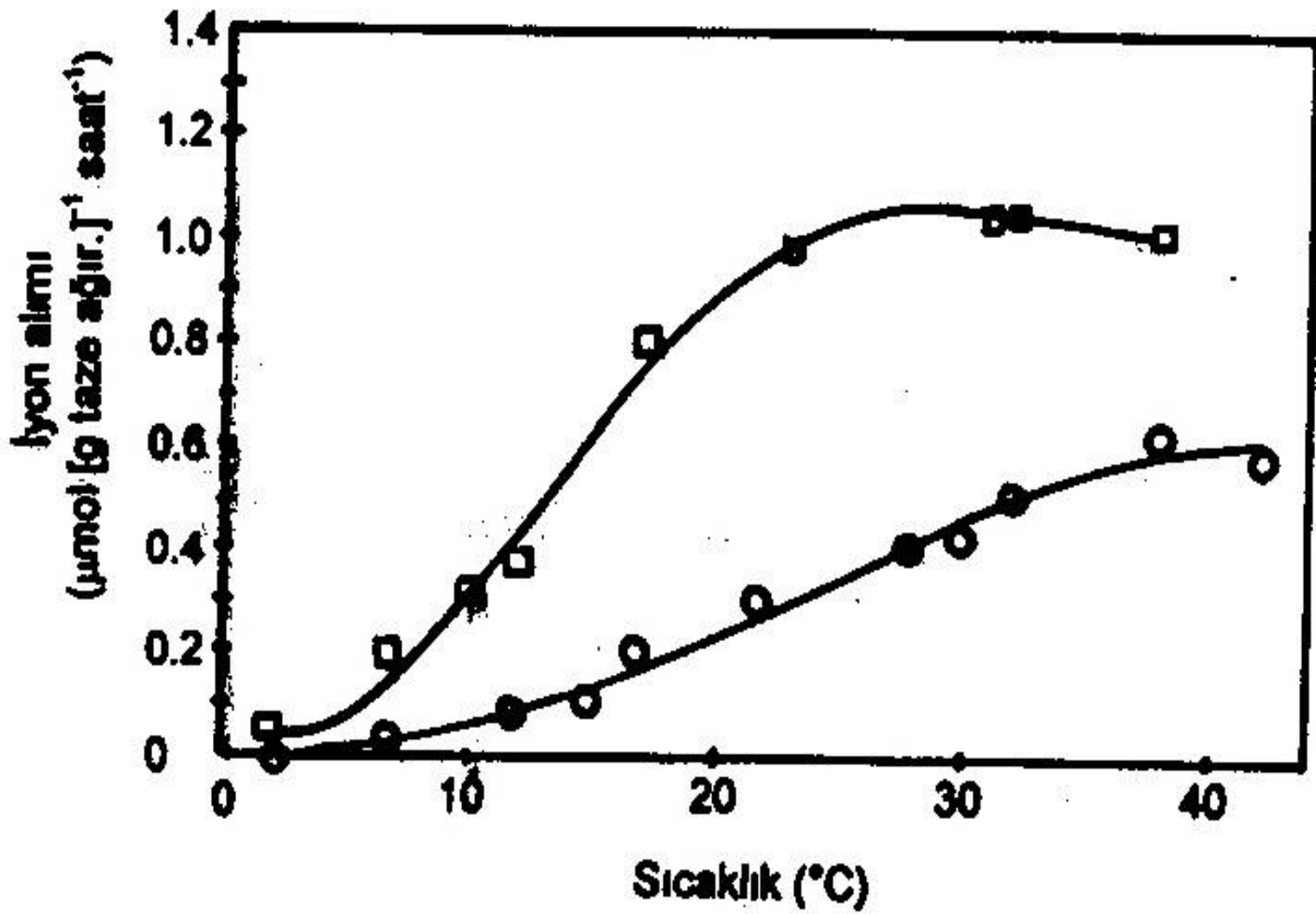
- Sıcaklık
- Işık
- Havalanma
- Reaksiyon (pH)
- İyonların karşılıklı etkileri
- Bitki çeşidi
- Bitkinin büyüme durumu

## Sıcaklık

Kök bölgesinde **sıcaklığın değişmesi** besin maddelerinin hem **aktif** hem de pasif yolla alınmalarını etkilemektedir.

Kök bölgesinde sıcaklığın belli bir düzeyin altında veya üstünde olması iyon formunda besin maddesi alımını olumsuz etkileyebilmektedir.

Nedenleri kesin olarak bilinmemekle birlikte değişik sıcaklıklarda **anyonlar katyonlara** göre daha düşük oranlarda alınmaktadır.

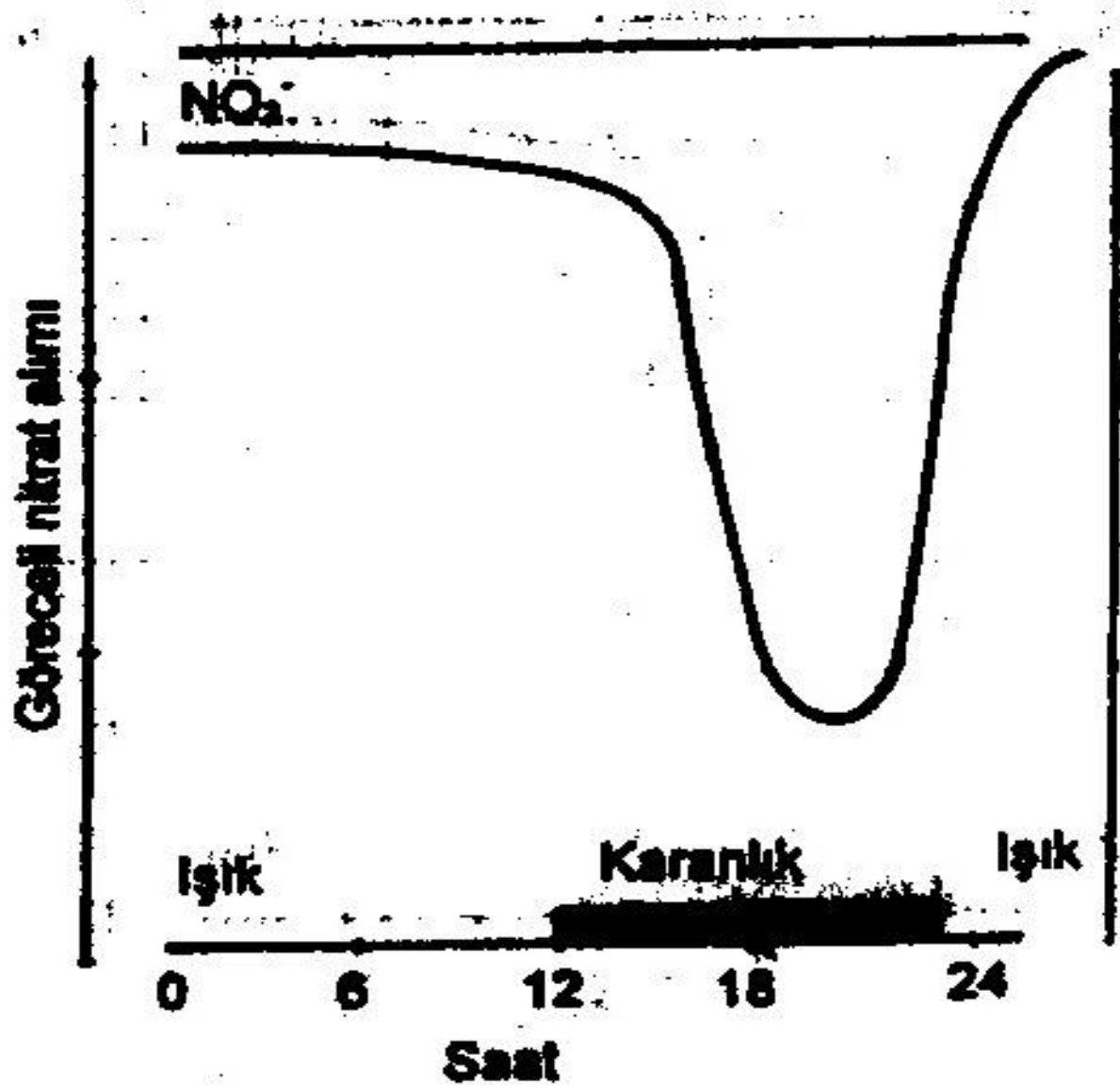


**Şekil 2-14.** Değişik sıcaklık derecelerinin mısır bitkisinin potasyum ( $\square$ ) ve fosfor (o) alımı üzerine etkisi (Bravo ve Uribe 1981).

## Işık

Işığın yeterli olduğu koşullarda bitkilerin oransal (göreceli) olarak daha fazla besin maddesi aldıkları belirlenmiştir.

Işık bitkilerde gözeneklerin (stomaların) açılıp kapanmalarına ve fotosenteze etki yaparak besin maddesi alımını dolaylı yoldan etkiler.



**Şekil 2-15. Işıқта ve karanlıkta bırakılmanın mısır bitkisinde nitrat almı üzerine etkisi.**

# Havalanma

Yeterince havalanamayan topraklarda bitkilerin besin maddesi alımının düşmesi temelde 2 nedene dayanır.

- O<sub>2</sub> azlığı
- CO<sub>2</sub> fazlalığı (birikimi)

Kök bölgesindeki O<sub>2</sub> azlığı özellikle **K** ve **P** alımını olumsuz yönde etkilemektedir.

Drew and Sisworo (1979) tarafından yapılmış bir çalışmada su ile kaplı toprakta arpa bitkisinin NO<sub>3</sub>, P ve K alımının azaldığı belirlenmiştir.

## Çizelge Su ile kaplı kalmanın arpa bitkisinde nitrat, fosfor ve potasyum alımı üzerine etkisi

Element içeriği ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ kuru ağırlık)	2 gün su ile kaplı			6 gün su ile kaplı		
	Kontrol	Su ile kaplı	Kontrole göre oran (%)	Kontrol	Su ile kaplı	Kontrole göre oran (%)
Nitrat	390	139	35.6	470	143	30.0
Fosfor	217	149	68.7	210	71	33.8
Potasyum	1540	1190	77.3	1420	615	43.3



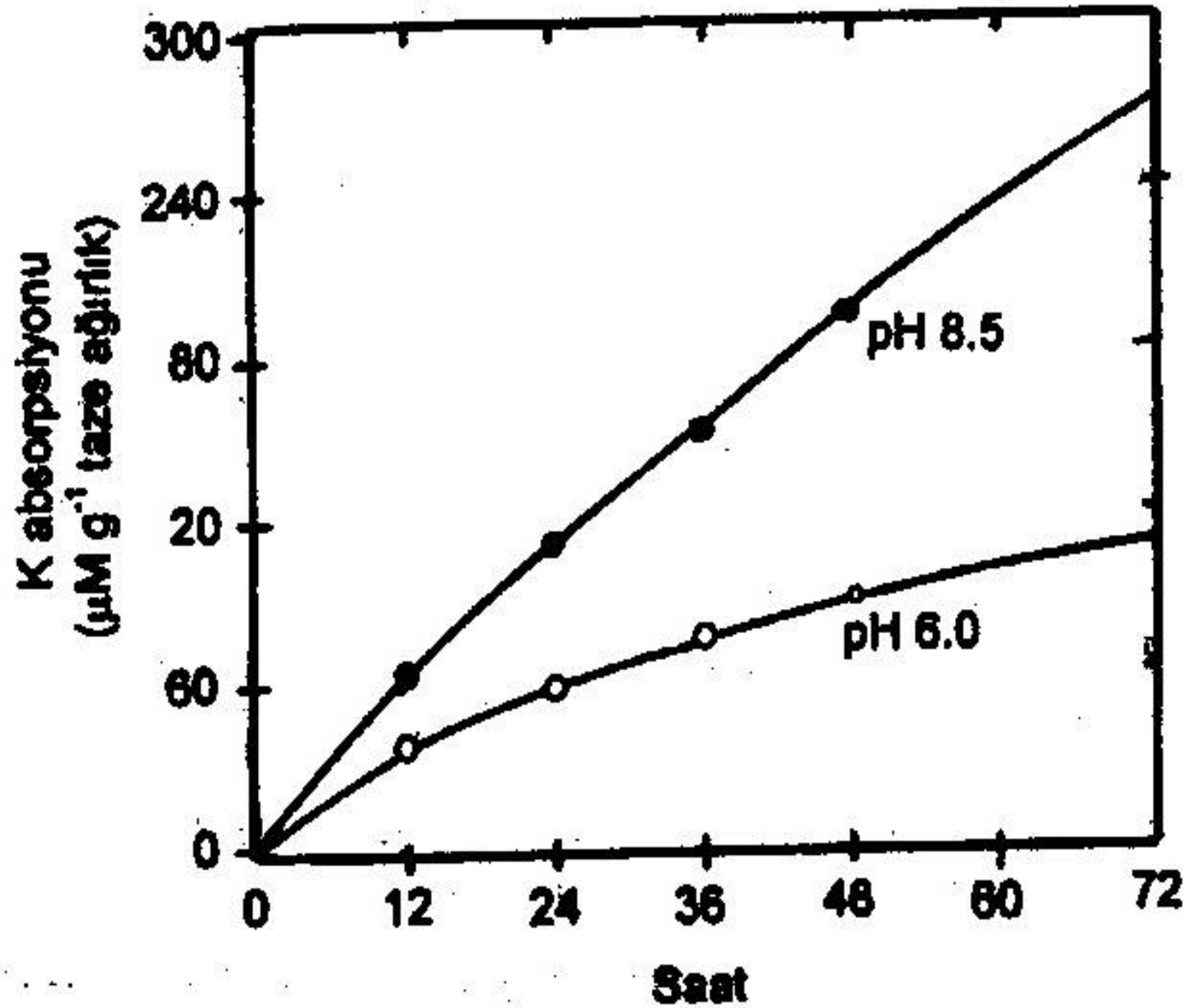
## Reaksiyon (pH)

Bitki besin maddesi alımını pH değişik şekillerde etkilemektedir.

pH düştükçe anyon alımı **katyon alımına** göre **daha fazla** olmaktadır.

pH yükseldikçe ise bu kez **katyon alımı anyon alımına** göre **daha fazla** olmaktadır.

Bunun nedeni düşük pH'larda taşıyıcılarla birleşmede ortamda fazla miktarda bulunan **HİDROJENİN (H<sup>+</sup>)** önceliği alması, yüksek pH'larda ise **HİDROKSİL (OH<sup>-</sup>)** veya **BİKARBONAT (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**'in önceliği almasıdır.



Şekil 2-16. Değişik pH'larda kırmızı pancarın potasyum absorpsiyonu.

## Çizelge. Besin maddeleri alınımı ile pH arasındaki ilişki

Besin maddeleri	pH	Alınım
$H_2PO_4^-$	< 6.5	Fazla
$H_2PO_4^-$ ve $HPO_4^{2-}$	6.8	Fazla (eşit düzeyde)
$PO_4^{3-}$	>8.5	Fazla
$H_2BO_3^-$	Düşük pH (örn. <6.0)	Fazla
$NH_4^+$	Düşük pH'lar	Az
$NO_3^-$	Düşük pH'lar	Fazla
$Fe^{++}$ , $Zn^{++}$ , $Mn^{++}$ , $Cu^{++}$	Düşük pH'lar	Fazla
$MoO_4^{2-}$	Düşük pH'lar	Az
<b>***Genel bir kural olarak bir değerlikli iyonlar, iki değerlikli olanlardan, iki değerlikli olanlar da üç değerlikli olanlardan daha fazla alınırlar</b>		

## İyonların Karşılıklı Etkileri

İyonların etkileri temelde 2 şekilde ortaya çıkmaktadır:

- **Antagonizm**: Ortamdaki iyonların birbirinin alımını olumsuz yönde etkilemesi

Örnek: **Mg** alımı üzerine **K** ve **Ca**'un olumsuz etki yapması, **Mg** alımını **Mn**'in olumsuz etkilemesi

Sülfat X Molibdat

Sülfat X Fosfat

Nitrat X Klor

Sülfat X Selenat

Fosfat X Arsenat

Amonyum X Nitrat

- **Sinergizm**: Ortamdaki iyonların birbirinin alımını olumlu yönde etkilemesi

Örnek: **Ca** uygulamasının **K** ve **Cl** alımını artırması

Çizelge. Besin çözeltilisinde artan miktarlardaki nitratin arpa bitkisinde kök ve gövdenin klor içeriği üzerine antagonistik etkisi

Besin çözeltilisinde element konsantrasyonu (mM)		Bitkinin klor içeriği ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ taze ağırlık)	
$\text{Cl}^-$	$\text{NO}_3^-$	Kök	Gövde
1	0	52	93
1	0.2	26	73
1	1.0	13	54
1	5.0	9	46

Çizelge. Arpa bitkisi kökünün K ve Cl alımı üzerine Ca'un sinergistik etkisi\*

Gelişme ortamı içeriği (mM)	Alınan besin elementi miktarı ( $\mu\text{eq g}^{-1}$ kuru ağırlık) 2 saat <sup>-1</sup>	
	K	Cl
0.1 KCl	117±6	34±4
0.1 KCl+1.0 CaSO <sub>4</sub>	140±7	52±4

\*Gelişme ortamı pH'sı 5.0'tir

# Bitki eşidi

Bitkiler yetiştirildikleri ortamlardan besin maddelerini farklı düzeylerde alabilmektedirler.

## Nedenleri

- Genetik özellikler
- Ayrımlı kök sistemleri
- Kök salgıları
- KDK

## Bitkinin Büyüme Durumu

Kısa sürelerde gerçekleştirilen iyon alımları için bitki büyümesinin etkisi çok belirgin olmayabilir.

Ancak uzun zaman dilimi içerisinde büyüme etkisinin dikkate değer etkileri olmaktadır. Çünkü:

- Bitkinin veya dokuların değinim yüzeylerinin artması
- Hücre sayısının artması ve yeni taşıyıcıların sentezlenmesi
- Hücre gelişimine bağlı olarak hücre içi sıvılarının iyon konsantrasyonlarının azalması