

# FOSFOR

## Toprakta Fosfor

### Fosfor fraksiyonları ve fosfat mineralleri

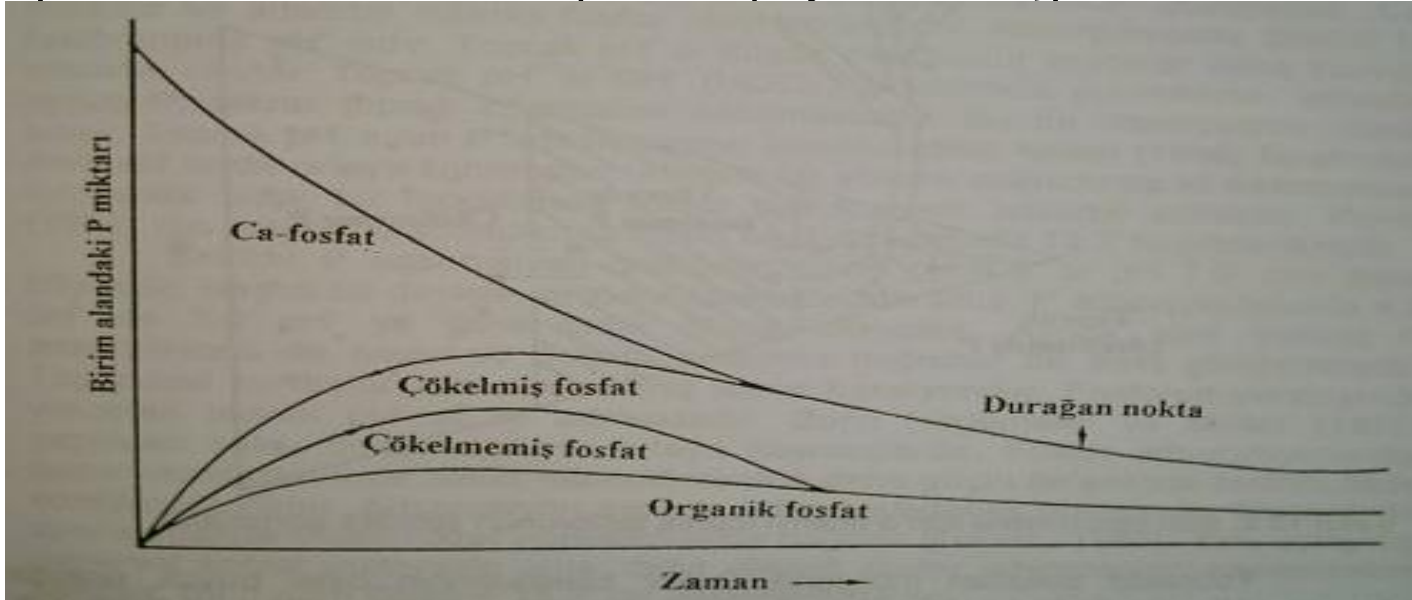
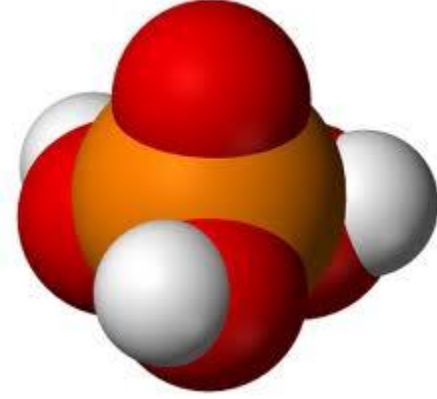
~ % 100' ü ortofosfat formundadır

\*Toplam miktar % 0.02 - 0.15 arasındadır

-Toplamın büyük kısmı **organik** formdadır

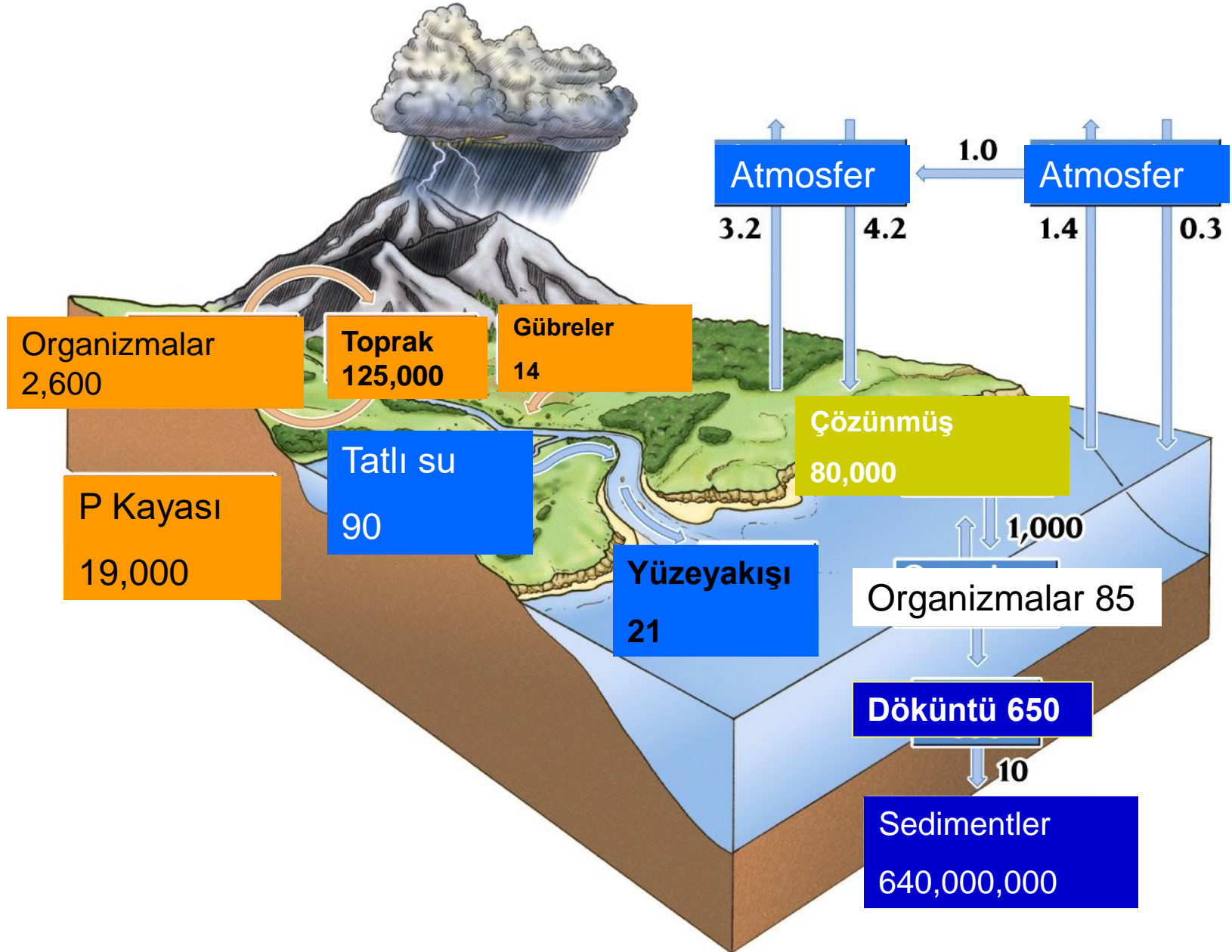
-mineral topraklarda toplamın % 20-80' i organik bağlı P' dur.

Toprakların P konsantrasyonları yaşlarına bağlıdır



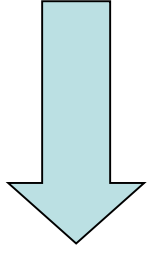
Şekil 13.1. Toprak oluşumu sürecinde toprak fosfat fraksiyonlarının değişimleri. Aynı ana materyal üzerinde farklı yaşlarda toprakların oluşumu (Mengel ve Kirkby, 1987)

# Fosfor döngüsü (units = megatons, $10^6$ tons)



Bitki beslenmesi açısından 3 temel fosfor fraksiyonu önem taşır;

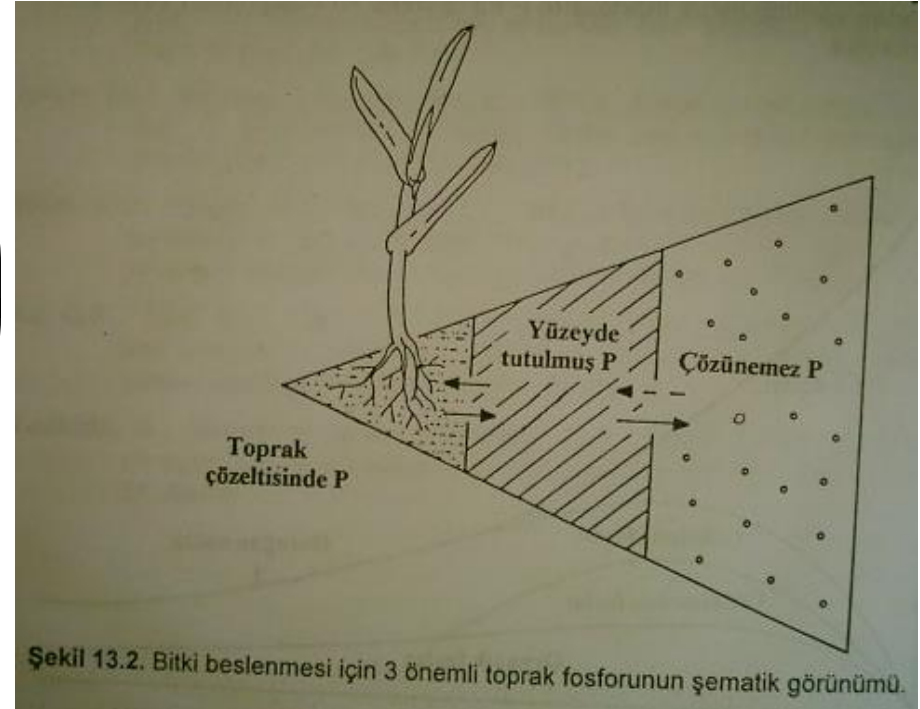
- **Toprak çözeltilisindeki fosfor**
- **Değişebilir fosfor**
- **Değişemez fosfor**



- Topraktaki inorganik fosfor bileşiklerinin cinsi **pH' ya bağlıdır**
  - Kireçli ve yüksek pH' lı ( $pH > 7$ ) Ca-fosfatlar, (APATİT)
  - Asit topraklarda ( $pH < 7$ ) Fe ve Al fosfatlar halinde bulunur

**Çizelge 13.1.** Toprakta önemli fosfat mineralleri

Hidroksiapatit	$Ca_5(PO_4)_3OH$ Cl, $CO_3$
Florapatit	$Ca_5(PO_4)_3F$
Dikalsiyumfosfat	$CaHPO_4$
Trikalsiyumfosfat	$Ca_3(PO_4)_2$
Variscit	$AlH_2PO_4(OH)_2$
Strengit	$FeH_2PO_4(OH)_2$



Şekil 13.2. Bitki beslenmesi için 3 önemli toprak fosforunun şematik görünümü.



# • Fosfor adsorpsiyonu, desorpsiyonu ve mineralizasyonu

Toprakta çözünebilir fosfor fraksiyonunu;

- çözünebilir Ca- fosfatlar ile **adsorbe fosfor** oluşturur

Adsorpsiyonda pH önemli bir yer tutar;

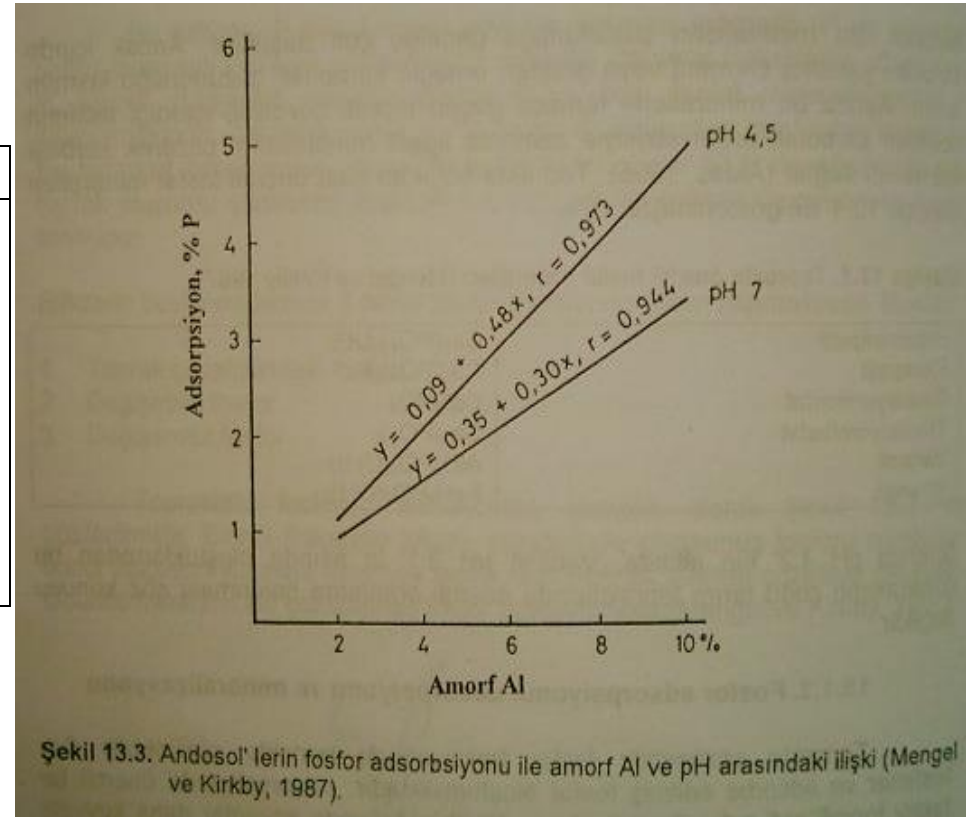
- pH < ise anyonlar daha kuvvetli adsorbe olur
- adsorbe edici materyalin

tipi, ayrışma durumu ve yüzey alanı da etkiler

- **Desorpsiyon:** toprak pH' sının OH<sup>-</sup> (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) iyonlarınca artırılması nedeniyle adsorbe olmuş P' un tekrar toprak çözeltisine salınmasıdır (ANYON ANTAGONİZMİ !!!)

Çizelge 13.2. Farklı materyallerin fosfor adsorpsiyon kapasiteleri

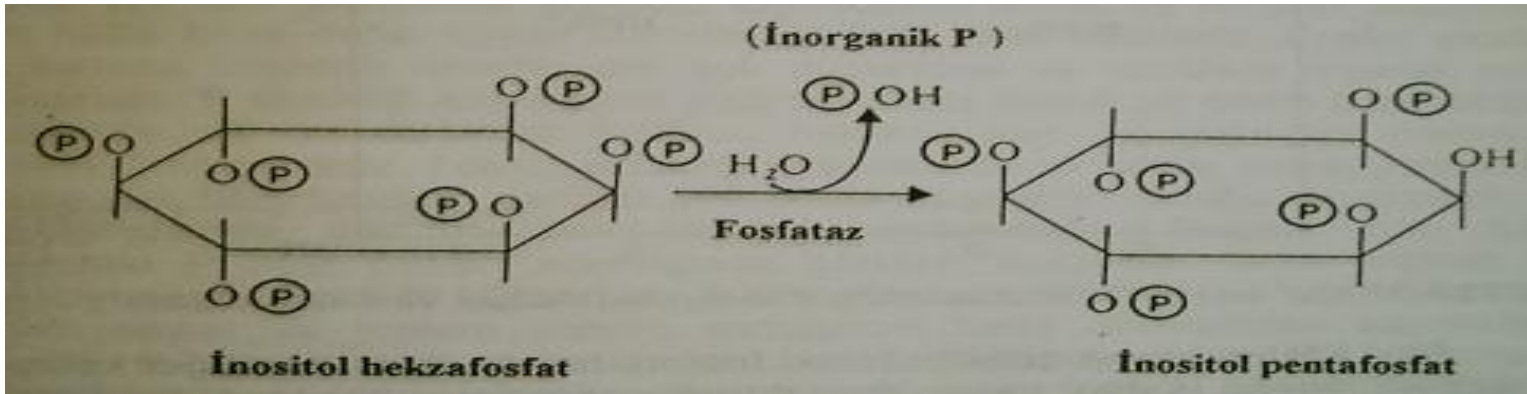
Adsorbe edici materyal	Adsorpsiyon indeksi (x/10 g C)
Taze hazırlanmış amorf Al(OH) <sub>3</sub>	1236
Taze hazırlanmış amorf hidrate Fe-oksit	848
Nötr koşullar altında hazırlanmış Fe-oksit	453
Eski hidrate Fe-oksit	111
Fe-oksit tortuları (ağır Lateritler)	21
Kristal gotit	0
Kristal gipsit	0
Kireç (CaCO <sub>3</sub> )	46



## P yarayışılığını;

- fosfor adsorpsiyonu yanında
- oluřan çökeltinin (Ca, Fe ve Al fosfatlar) çözünebilirliđi de etkiler

- Fe ve Al oksitlerce ve aynı zamanda kil minerallerince zengin topraklarda daha çok **desorpsiyon** söz konusu iken
- Fakir **kumlu** topraklarda, **kalkerli** topraklarda ve özellikle **organik** topraklarda fosfor **çökmesi** başlıca söz konusu olur
- Anaerobik koşullarda ( $Fe^{+3}$ ' ün  $Fe^{+2}$ ' ye indirgenmesi) yarayışılı P artar
- Organik madde fosfor adsorpsiyonunu **dođrudan ve dolaylı** olarak etkiler
  - İçerdiđi P mineralize olur
  - İçerdiđi inositol fosfatlar P adsorbe eder

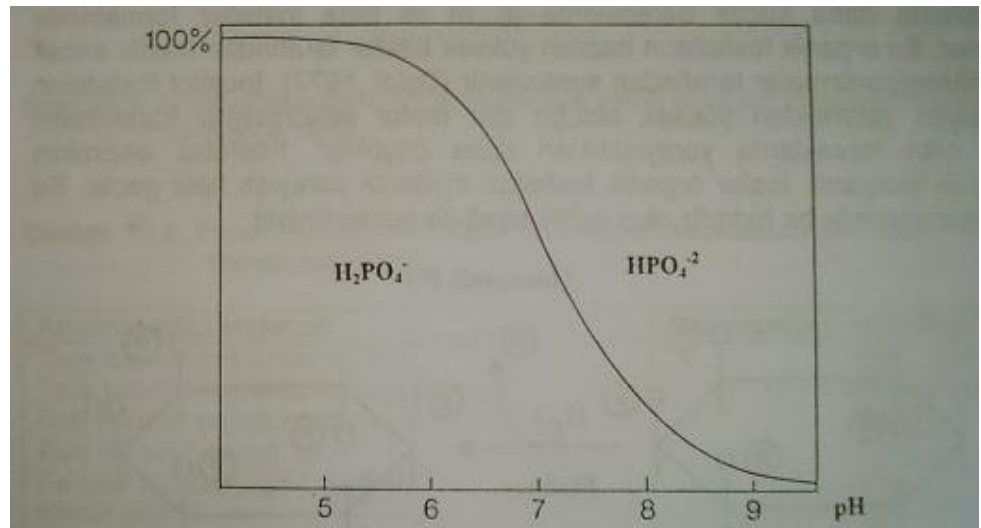




- Fosforu çözümlü duruma getiren **Fosfataz enzimleri** çok sayıda mikroorganizma tarafından yüksek bitkilerin köklerinde üretilirler (örneğin *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Bacillum*, *Pseudomonas*)

## Toprak çözeltilisindeki fosfor ve kök ile interaksiyonları

- Toprakta adsorbe P miktarı > yararlı P miktarı (100-1000 kat)
  - verimli işlenebilir toprakların fosfor konsantrasyonları düşük ( $10^{-5} - 10^{-4} \text{ M} = \mathbf{0.3 \text{ ile } 3 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}}$ )
  - önemli P formları  $\text{HPO}_4^{-2}$  ve  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$  iyonlarıdır
  - bu iki iyonun toprak çözeltilisindeki oranları pH'ya bağlıdır
- $$\text{HPO}_4^{-2} + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^{-}$$

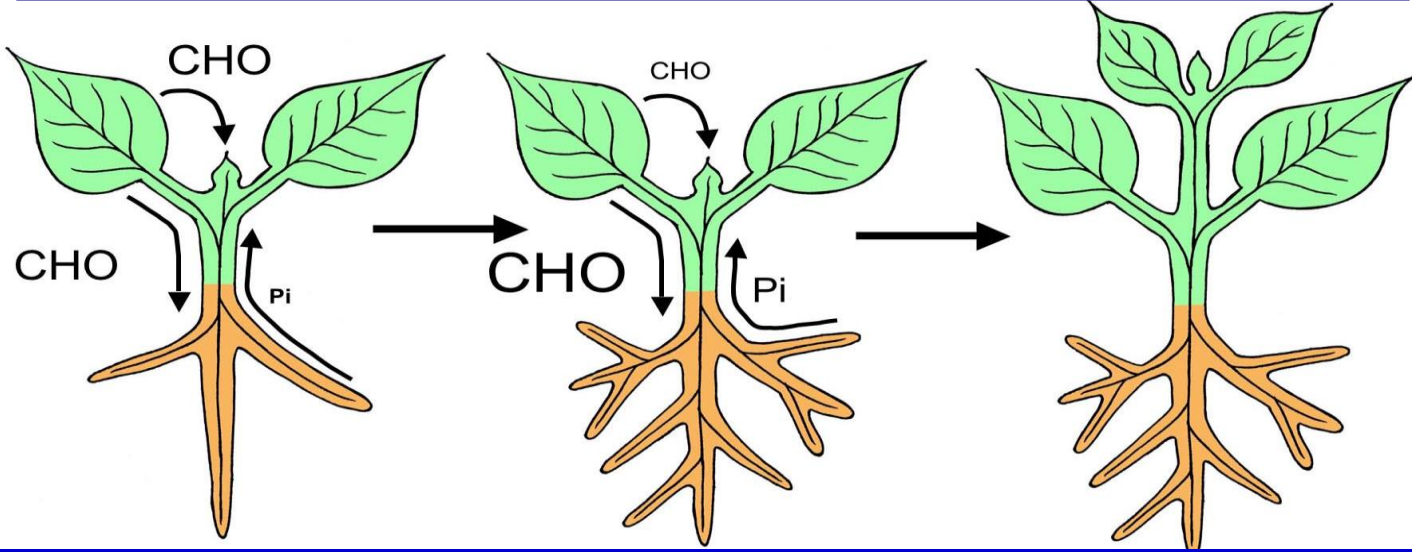


Şekil 13.4.  $\text{HPO}_4^{-2}$  ve  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$  oranlarının pH ile ilişkisi (Mengel ve Kirkby, 1987)

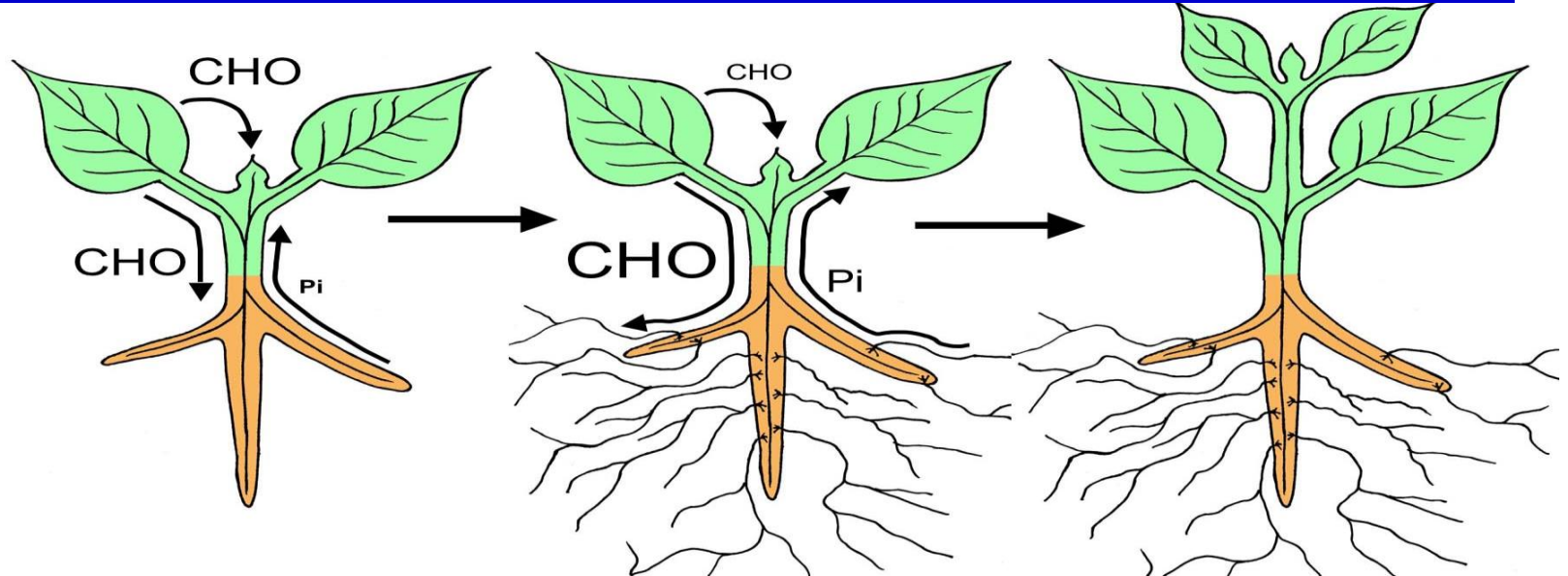
- Bitkilerin P alımında köklerin çözeltili ile teması önemlidir
- Çözeltiden P alındıkça kök yakınındaki P konsantrasyonu ile ana topraktaki P konsantrasyonu arasında bir fark (konsantrasyon gradienti) oluşur
- Bu konsantrasyon farkı nedeniyle P iyonları difüzyon ile köke hareket eder
- Bu yüzden bitkilerin P alımlarında fosforun **difüzyonu önemlidir**
- Kitle hareketi fosforun bitkilerin köklerine doğru taşınmasında rol oynayabilir
- Ancak toprak çözeltilisinde P az olduğundan bunun **önemi de fazla değildir**
- Mikorizalar da fosforunun taşınmasında önemli rol üstlenebilmektedir fazla yarayışlı toprak P' u mikorizanın gelişmesini engeller (CHO kapsamı)
- Fosforun alınabilirliği üzerine kök salgılarının da önemli etkisi vardır
- Fotosentez ürünleri, asit kleytler, organik asitler
- İyon alımı sonucu rizosfer pH' sının değişmesi de P alımını etkiler



## Bitkinin düşük P' a tepkisi: kök gelişimi artırıyor



## Alternatif: mikoriza ile ortak yaşam





önemli rol oynar

- $\text{NO}_3$  beslenmesi pH' yı  $\uparrow$
- $\text{NH}_4$  ve simbiyotik  $\text{N}_2$  beslenmesi pH' yı  $\downarrow$   
 $\uparrow$   $\text{H}_2\text{PO}_4$  iyonları ile değişime girer ve yararılı P  $\uparrow$

mikroorganizmalar (*Aspergillus niger*, bazı *Penicillium* türleri) toprak ve gübre fosforunun çözünlüğünde rol oynarlar

## Fosfor alımında kök morfolojisinin önemi

olabilmesi için konsantrasyon gradienti önemlidir

- Bu yüzden P' u hızlı ve fazla tüketen genotiplerin P etkinliği önemlidir
  - Kılcal kök yoğunluğu ve uzunluğu fazla olan genotipler
  - Kök uzunluğu ve kök/gövde oranındaki artışlar
  - Yeşil aksama (gövdeye) oranla bitkilerin daha fazla kök oluşturması ve kök uzunluklarını artırması gibi faktörler

Bitkilerin beslenme ortamından P alımlarını daha etken yapmalarını sağlamaktadır.

Rizosfer pH'sını  $\text{NO}_3^-$  lı gübreler arttırır;  $\text{NH}_4^+$  lu gübreler düşürür



$\text{NO}_3^-$



$\text{NH}_4^+$

## Türkiye topraklarının fosfor durumları

- Türkiye topraklarında P eksikliği ve artan aşırı P gübrelemesi SORUNDur

Türkiye topraklarının

- kireç,
- pH ve organik madde

yönünden sahip olduğu özellikler P yararlanılığını sınırlandırır

- Türkiye topraklarının % 58' inde P yetersiz ( $6 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ da}^{-1}$ ) durumdadır

Çeşitli bölgelerden;

- Kapalı Havzası topraklarının % 21.34' ünde
- Orta Anadolu' da çeltik tarımı yapılan toprakların % 25' inde
- Beypazarı' nda havuç tarımı yapılan toprakların % 5' inde
- bitkiye yararışlı P **Az**
- Akdeniz Bölgesi seralarının topraklarının % 71' inde yararışlı P **fazla ve çok fazla** olarak belirlenmiştir.
- DURUM ÇOK DİNAMİK

**Çizelge 13.3.** Türkiye topraklarının tarım bölgelerine göre P (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup>) dağılımı (%)

<b>Bölgeler</b>	<b>Çok az</b> <3 kg da <sup>-1</sup>	<b>Az</b> 3-6 kg da <sup>-1</sup>	<b>Orta</b> 6-9 kg da <sup>-1</sup>	<b>Yüksek</b> 9-12 kg da <sup>-1</sup>	<b>Çok yüksek</b> >12 kg da <sup>-1</sup>
<b>Orta-Kuzey</b>	24.67	33.59	19.41	9.15	13.18
<b>Ege</b>	19.72	27.26	20.65	11.05	20.98
<b>Marmara</b>	16.66	19.22	16.09	12.56	35.47
<b>Akdeniz</b>	15.62	24.59	20.31	12.55	26.93
<b>Kuzey-Doğu</b>	34.26	27.84	15.47	9.79	12.64
<b>Güney-Doğu</b>	39.50	31.13	15.41	6.81	4.15
<b>Karadeniz</b>	34.80	23.90	11.29	7.33	22.68
<b>Orta-Doğu</b>	48.41	27.84	12.52	5.11	6.12
<b>Orta-Güney</b>	27.21	26.61	18.38	11.18	16.62
<b>Toplam</b>	28.45	26.74	17.19	9.65	17.97