

# ELEMENTI BILJNE ISHRANE

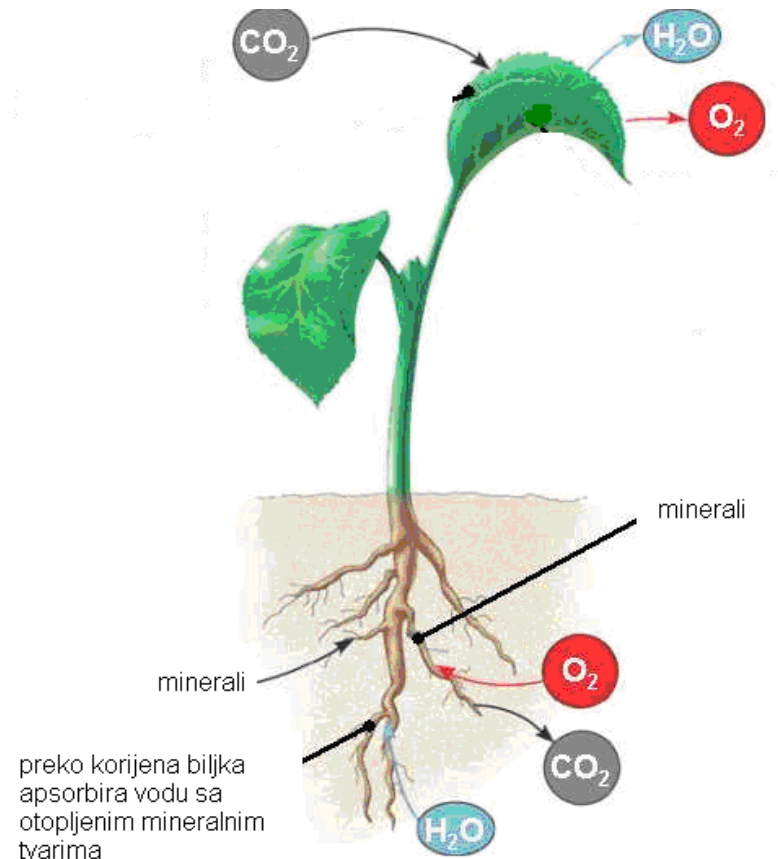
**Elementi** biljne ishrane su hemijski elementi i molekule koje mogu biti mineralnog i organskog porijekla.

## MINERALNA HRANIVA

- biljke ih usvajaju u mineralnom obliku
- većinom potiču iz minerala zemljišta
- neorganski joni, soli, molekule

## ORGANSKA HRANIVA

- biljke ih usvajaju u jonskom obliku
- nastaju kao produkt razgradnje žive materije (humusa, žetvenih ostataka, organskih đubriva).



# ESENCIJALNI MINERALNI ELEMENTI

-utemeljili **Arnon i Stout** (1939)

*-kriteriji:*

1. Bez tog elementa poremećen je normalan rast i razvoj biljke – uginuće biljke.

2. Njegova funkcija nije zamjenjiva drugim elementom.

3. Element mora biti direktno uključen u ishranu biljke i metabolizam – ima specifičnu fiziološku ulogu.

-kao npr. komponenta esencijalnih biljnih konstituenata enzima ili za određenu metaboličku aktivnost kao aktivator enzima.

4. Element mora biti potreban za više od dvije biljne vrste.

## Mineralni elementi

- korisni
- neophodni

## Korisni elementi

- elementi koji nisu nužni za održavanje života biljke, ali njihovo prisustvo djeluje pozitivno na određene fiziološke procese u biljci
- u korisne elemente spadaju, hlor, natrijum i silicijum

U poželjne ili potrebne elemente za samo neke biljne vrste spadaju:  
**Na** (Chenopodiaceae), **Si** (riža), **Co** (leguminoze), Al ...

## Neophodni elementi

- elementi bez kojih biljka ne može završiti svoj životni ciklus  
isključivanje bilo kojeg neophodnog elementa iz života biljke značilo bi uginuće te biljke jer se nedostatak neophodnog elementa ne može nadoknaditi prisustvom ili suviškom drugog elementa (**C, O, H, N, P, K, Mg, Ca, S, Fe, B, Mn, Cu, Zn, Mo, Cl**)

U toksične elemente : Cr, Cd, Hg, Pb, As itd.

## *Podjela mineralnih elemenata:*

(ova podjela napravljena je s obzirom na količinu prisutnosti u biljci, dok je njihov značaj za život biljke podjednak)

- *makroelementi*

elementi potrebni biljci u većim količinama i tu spadaju ugljenik , kiseonik, vodonik, azot, fosfor, kalijum, sumpor, kalcijum, magnezijum i željezo

- *mikroelementi*

elementi potrebni biljci u manjim količinama i tu spadaju molibden, mangan, bor, bakar, cink , kobalt , hlor

## *Prema hemijskim osobinama elemente biljne ishrane dijelimo na:*

-*Nemetale* : N, P, S, B, Cl

- *Metale*:

- alkalne metale (K)
- zemnoalkalne (Ca, Mg)
- teške metale

## *Prema ulozi u metabolizmu:*

-*Konstitucioni elementi (C, H, O, N, P, S)*

-*Aktivatori enzima (K, Ca, Mg, Mn, Zn)*

- *Redoks reagensi (Fe, Cu, Mn, Mo)*

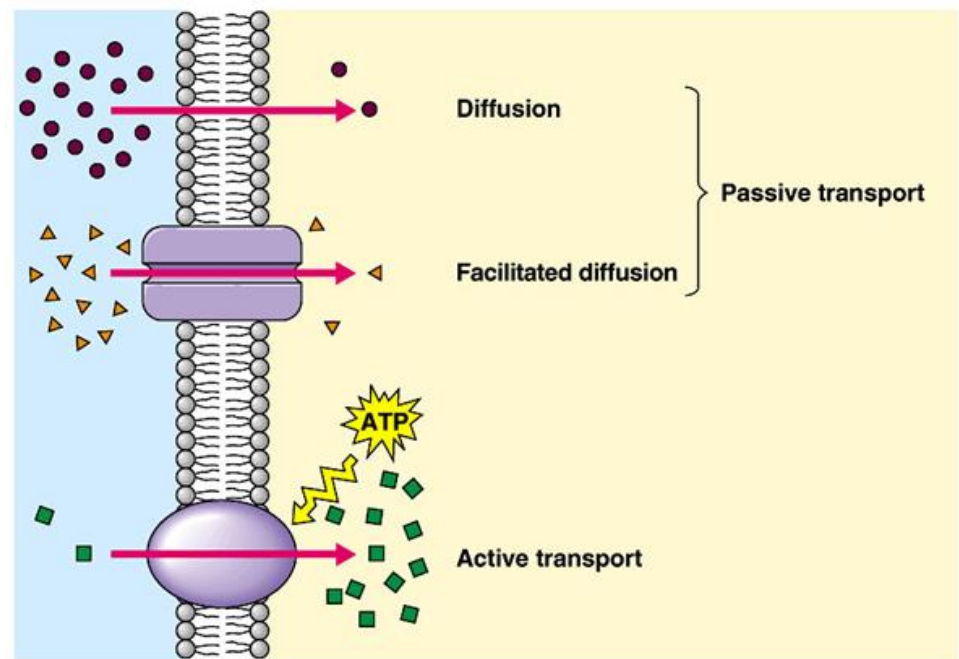
## Usvajanje hranjiva

Biljka može usvajati hranjiva preko korjena i preko lista, a samo usvajanje hranjiva zavisi od niza faktora:

- gradijenta koncentracije rastvorenih materija
- građi membrane i njenoj selektivnoj propustljivosti
- usisavajuće sile
- (osmoza i difuzija) - pasivno usvajanje
- učešću energije - aktivno usvajanje
- metabolizmu biljke

## Načini usvajanja hranjiva

- pasivan
- aktivan (uz učešće energije)



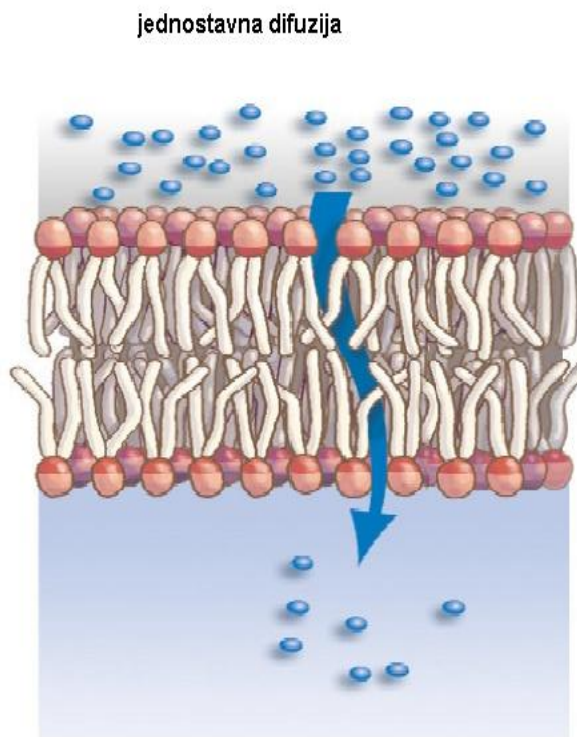
# Osnovna teorija pasivnog načina usvajanja hranjiva

## Difuzija

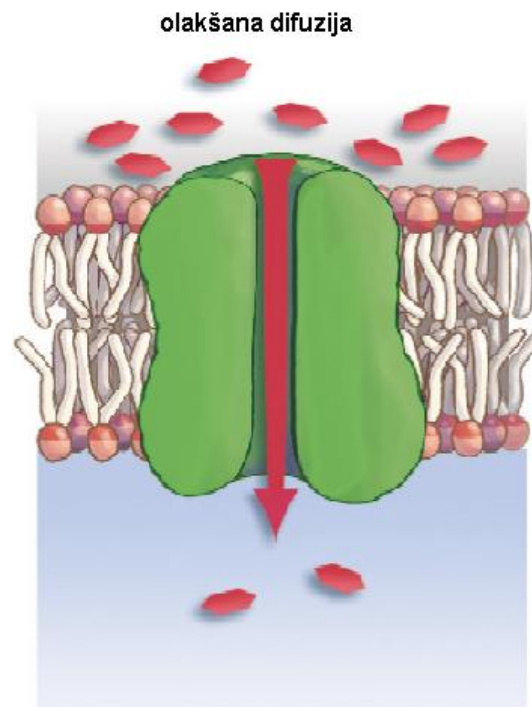
- pasivan proces koji ne zahtijeva energiju za kretanje molekula, već se molekule kreću iz pravca veće ka manjoj koncentraciji zahvaljujući svojoj kinetičkoj energiji

## Oblici difuzije

- jednostavna difuzija
- olakšana difuzija



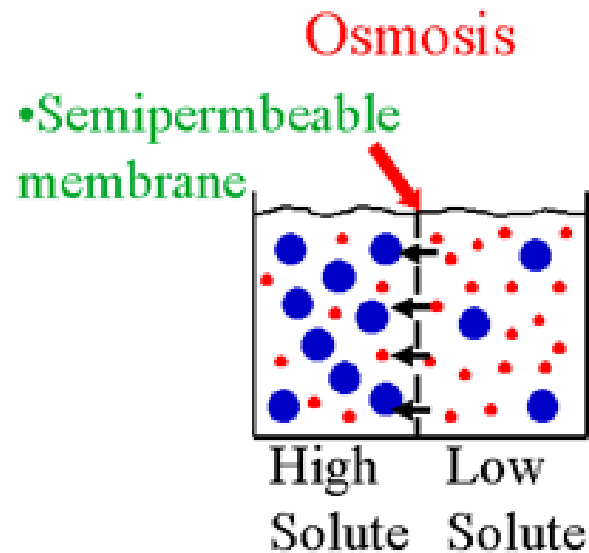
molekule se kreću iz pravca više ka nižoj koncentraciji



kretanje hidrofilnih molekula također u pravcu gradijenta koncentracije uz pomoć proteina "nosača"

## Osmoza

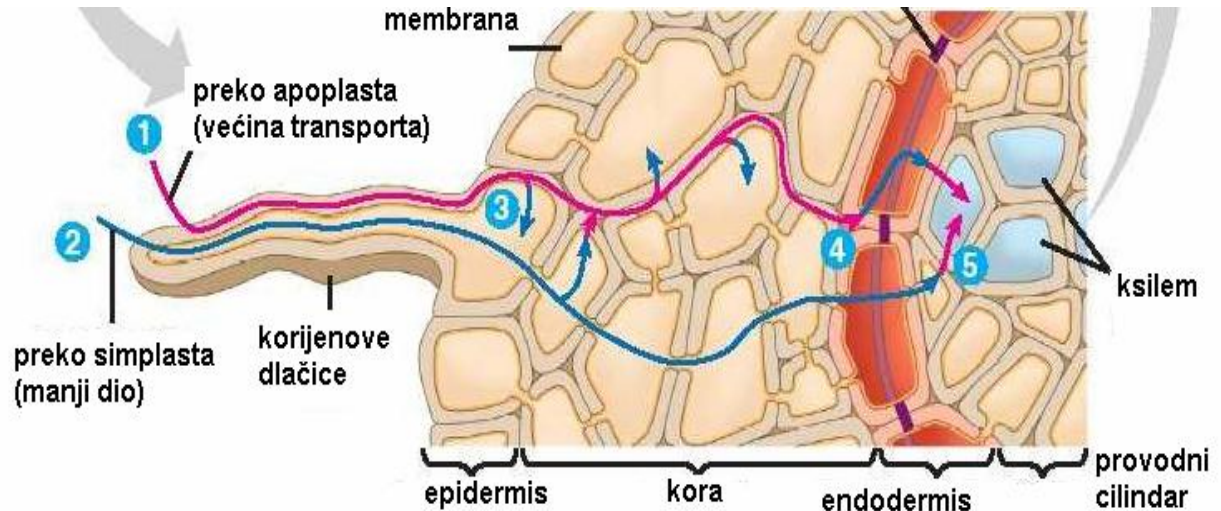
- proces difuzije rastvarača kroz selektivnu membranu iz rastvora niže u rastvor više koncentracije rastvorene materije
- jedan od najznačajnijih način usvajanja hranjiva





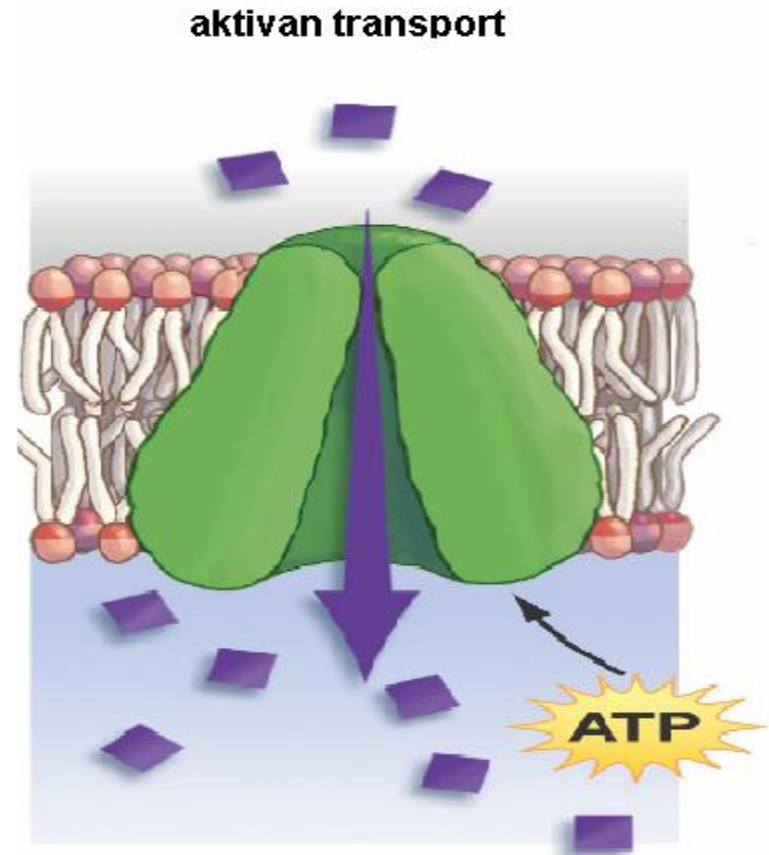
## Osnovna teorija pasivnog načina usvajanja hranjiva (osmoza)

- voda sa rastvorenim materijama ulazi preko korjenovih dlačica u biljku najčešće osmozom
- korjenove dlačice predstavljaju **hipertoničan** medij u odnosu na rastvor zemljišta (korjenove dlačice imaju manju koncentraciju vode u svom ćelijskom soku)
- voda se dalje kreće (većinom kroz **apoplast**- gdje je otpor kretanju vode manji) u pravcu gradijenta vode, a nasuprot gradijenta rastvorenih materija osmozom, preko ćelija epidermisa, primarne kore do ćelija endodermisa.
- **Kasparijeve tačke** u ćelijskom zidu endodermalnih ćelija onemogućavaju kretanje vode kroz apoplast i dalje kretanje vode sa min. elementima odvija se kroz **simplast** (preko plazmodezmi) do ksilema.



## Aktivan način usvajanja hranjiva

- Molekule se kreću iz pravca niže koncentracije u pravcu više koncentracije rastvorene materije (nasuprot gradijenta koncentracije), uz učešće energije



**kretanje tvari nasuprot  
gradijenta koncentracije -  
potrebna energija**

# Osnovna teorija aktivnog načina usvajanja hranjiva

## Teorija prenosilaca

- membrane imaju više različitih prenosnih sistema za prenos materija (kanali, nosači, pumpe)
- prenošenje materija zavisi od hemijske prirode prenosnih sistema ili od prirode enzima koji omogućava vezivanje određene materije na prenosni sistem.
- integrirani proteini u ćelijskoj membrani predstavljaju prenosni sistem za prolaz materije
- ako se prenos materije odvija nasuprot gradijentu koncentracije, energiju potrebnu za prenos materija osigurava **ATP**, nastao kao produkt metaboličkih procesa u biljci

## Endocitoza

- unošenje velikih molekula uz aktivno učešće ćelijske membrane i uz utrošak energije

### Oblici endocitoze:

pinocitoza

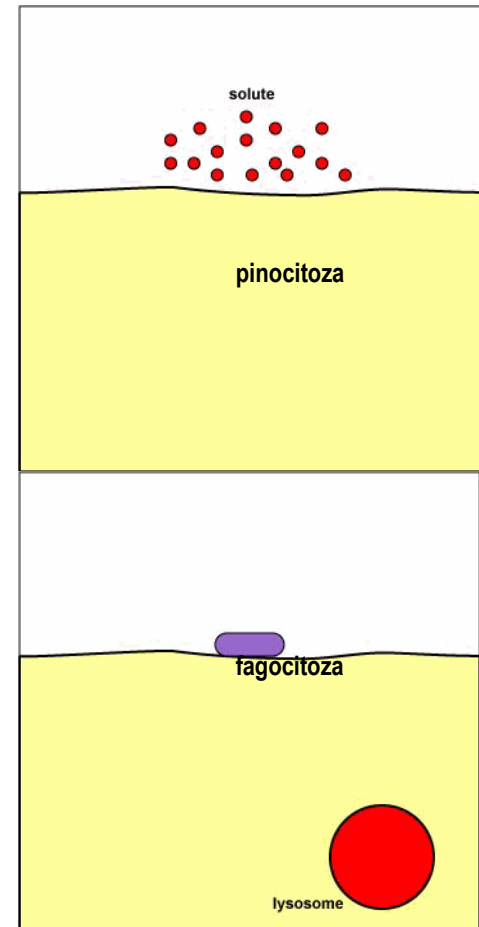
fagocitoza

### **Pinocitoza**

- najčešći oblik endocitoze
- rastvorene materije se uz pomoć vezikula unose u ćeliju

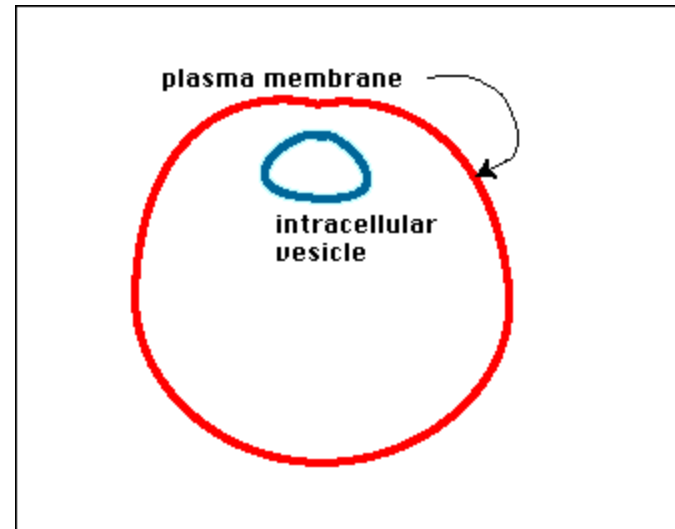
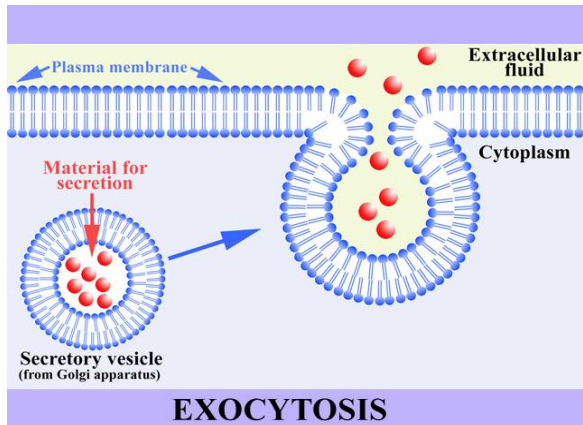
### **Fagocitoza**

- unošenje krupnih nerastvorenih materija unutar ćelije



# Egzocitoza

- iznošenje velikih molekula uz aktivno učešće ćelijske membrane i uz utrošak energije



## Vizuelna dijagnoza

1. prema vizuelnim simptomima zaključiti da li se radi o nedostatku ili suvišku određenog mineralnog elementa ili o nekoj infektivnoj bolesti
2. ukoliko ne postoje klasični simptomi oboljenja od fitopatogenih bakterija i gljiva (konidije, spore) pretpostaviti da se radi o poremećaju u ishrani
3. vidjeti da li su simptomi na listu na mlađem ili starijem lišću
  - ako je u biljci prisutan nedostatak pokretljivog elementa simptomi će se prvo uočiti na starijim listovima jer se element zbog svoje pokretljivosti vrlo brzo premješta iz starijih u mlađe dijelove biljke

### *pokretljivi elementi:*

N, P, K, Mg, Cl, Mn

- nedostatak nepokretljivih elemenata manifestuju se prvo na mlađim listovima

### *nepokretljivi elementi:*

Ca, S, Fe, Cu, Zn, B, Mo

4. ustanoviti da li su simptomi hlorotične ili nekrotične prirode

# OBLICI HRANJIVIH MATERIJA U ZEMLJIŠTU

## 1. Mobilna hranjiva

- čine manje od 2% ukupnih hranjiva nekog zemljišta
  - sva hraniva u vodenoj fazi zemljišta i dio hranjiva koji nije čvrsto adsorbovan na AK
- a) Vodorastvorljiva hranjiva su najpristupačniji oblik - pretežno jonski oblik
- zbog mogućnosti udaljavanja vodorastvorljivih hranjiva iz zone korjenovog sistema odn. ispiranjem do nivoa podzemne vode uz konačan gubitak nisu i najpovoljniji oblik hranjiva.
- b) Izmjenjivo vezana hraniva u zemljištu su u jonskom obliku (uglavnom katjoni) ali su električnim silama zadržani uz koloidne čestice čime je onemogućeno njihovo kretanje sa vodom i ispiranje iz zone korjena. Njihov sadržaj zavisi od veličine katjonskog izmjenjivačkog kapaciteta zemljišta (KIK)

## 2. Rezervna hranjiva - su hranjive materije u zemljištu vezane organskim ili neorg. vezama koje ne dopuštaju njihovo usvajanje u tom obliku, rastvorljivost je slaba u vodi, spora i ograničena.

- raspoloživost rezervnih hranjiva je potencijalnog karaktera i biljna hranjiva moraju prvo predhodno proći kroz proces **mobilizacije** u pristupačne oblike

# Dinamika hranjiva u zemljištu

-Predstavlja promjene oblika raspoloživosti hranjiva

- Mobilizacija hranjiva obuhvata sve procese koji uzrokuju prelaz nepristupačnih u raspoloživa (mobilna) hranjiva

-Imobilizacija - prelaz pristupačnih hranjiva u nepristupačna

-Fikasacija – je prelaz pokretljivih hranjiva u teško pokretne oblike, dok je defiksacija suprotan proces

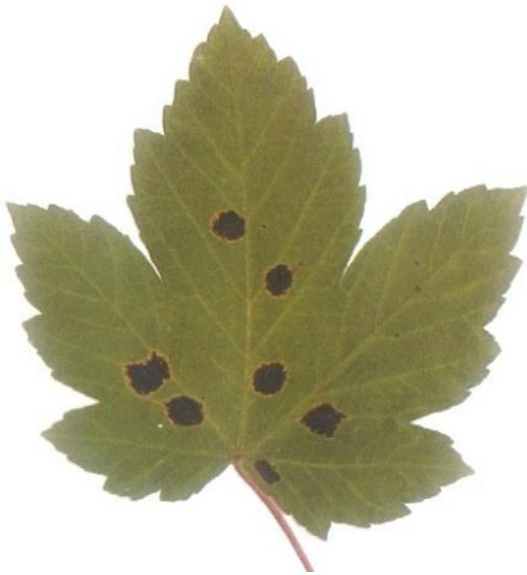
-Do promjene u dinamici hranjiva u zemljištu dolazi usljed promjene koncentracije jona u vodenoj fazi zemljišta (đubrenje, rast mikrobiološke aktivnosti...)

-Proces imobilizacije uvijek je brži od mobilizacije pa je zato đubrenje jedan od najvažnijih agrotehničkih mjera koja osigurava visoke prinose





Hloroza je reverzibilnog karaktera i manifestuje se se kao svijetložuto obojenje lišća



Nekroza je ireverzibilnog karaktera i tada dolazi do izumiranja dijelova lišća

# MAKROELEMENTI

## AZOT

- jedan od najrasprostranjenijih elemenata u prirodi

- najveći dio azota vezan je u litosferi u primarnim stijenama i mineralima (**oko 98 %** od ukupnog N)

- zemljište sadrži vrlo malo litosfernog N, a posebno malo od toga je biljkama odmah dostupno

-u atmosferi je azota manje nego u litosferi

- **atmosferski azot** je u stabilnom molekularnom obliku (**N<sub>2</sub>**), pa je za više biljke uglavnom neznačajan, osim onih koje žive u simbiozi s kvržičnim bakterijama

**-Organski dio** je u humusu i nepotpuno razloženim biljnim i životinjskim ostacima i nije pristupačan za ishranu biljaka

-Ukupna količina zavisi od klime, vegetacije, topografije terena, matičnog supstrata i starosti zemljišta

### -Porijeklo azota u zemljištu je:

-Biološka fiksacija

-Atmosferska fiksacija

-Đubrenje mineralnim i organskim đubrivima

-Žetveni ostaci

# Mineralizacija azota u zemljištu

- razgradnja organske materije
- većina N u u zemljištu u organskoj materiji – u amino kiselinama i nukleinskim kiselinama
- proces pod kontrolom mikroorganizama (temperatura, voda, pH)

## 1. Proteoliza (aminizacija)

- oslobađanje aminokiselinskog N iz organske materije (proteini) naziva se proteoliza (nastaju peptidi- peptoni-aminokis.-amidi-amini)
  - djelovanjem enzima **peptidaza nastaje amino oblik (NH<sub>2</sub>)**
- organski N u zemljištu - R-NH<sub>2</sub>+ CO<sub>2</sub>+ drugi produkti + E (energija)**

## 2. Amonifikacija (bakterije i gljive)

- djelovanjem enzima dezaminaza oslobađa se amonijak iz aminokiselina
  - oslobađa se E koju koriste heterotrofni mikroorganizmi koji izvode reakcije (kao izvor E služi organski C u molekulama koje se razgrađuju)
  - **bitan C/N omjer – optimalan 20:1 do 25:1**
  - vlažnost, temperatura, provjetrenost zemljišta...
- U anaerobnim uslovima se odvija hidrolitički proces a u aerobnim oksidacioni

### 3. Nitrifikacija

- kod povoljnih faktora okoline dolazi do BIOLOŠKE OKSIDACIJE amonijaka u nitrat
  - prva faza – od amonijaka nastaju nitriti (*Nitrosomonas, Nitrosococcus*)
  - druga faza – oksidacija nitrita do nitrata (*Nitrobacter*)
- nitrifikacija je proces pretvaranja amonijaka i amonijum jona u **nitrate** usljed životne aktivnosti nitrifikacionih autotrofnih bakterija

## AZOTOFIKSACIJA

Nesimbiontna fiksacija – obavlja se u aerobnim i anaerobnim uslovima (Azotobakter, Clostridium) fiksiraju atmosferski azot, pretvaraju ga u amonijak i koji se vezuje za organske kiseline, stvara aminokiseline i nastaju proteini. Osim bakterija, fiksaciju azota mogu obavljati i plavozelene alge...

Simbiontna fiksacija – bakterije iz roda Rhizobium žive u simbiozi sa leguminoznim biljkama

# GUBICI AZOTA IZ ZEMLJIŠTA

**1. Ispiranjem** iz zemljišta (privremeno ili trajno)

- nitrati se ne vežu na adsorptivni kompleks te su skloni ispiranju u niže slojeve
- važne - klimatske prilike, fizičke osobine zemljišta ....

**2. Nitrati** mogu da dospiju u **podzemne tokove** i da se premještaju zajedno sa vodom

**3. Volatizacija - gubitak** kao amonijak u gasovitom obliku, pri pH 6 i 7 i više

- u određenim uslovima  $\text{NH}_4$  se deprotonizuje i prelazi u  $\text{NH}_3$  (karbonatno zemljište, suša, visoke temperature)

**4. Denitrifikacija** – redukcija nitrata i nitrita do molekularnog azota koji se u gasovitom obliku gubi iz zemljišta

- u nedostatku kiseonika bakterije denitrifikatori /pomoću enzima reduktaze/ koriste  $\text{O}_2$  iz azotnih jedinjenja –  $\text{NO}_3$ -  $\text{NO}_2$ -  $\text{NO}$  -  $\text{N}_2\text{O}$  -  $\text{N}_2$
- moguć gubitak 5-50% dodatog N

**5. Odnosnje prinosa** (različito prema kulturama)

- usvajanje N iz zemljišta i njegov ulazak u sastav organskih jedinjenja u biljci
- iznošenje žetvom, berbom (osim leguminoza)

## Značaj azota za biljke

- konstitutivni element mnogih organskih jedinjenja (proteini, nukleinske kiseline..)
- sastavni dio hlorofila
- sastavni dio mnogih enzima i učestvuje u mnogim fiziološkim procesima u biljci
- primarni element koji učestvuje u izgradnji svih dijelova biljke

## Snabdijevanje biljke azotom

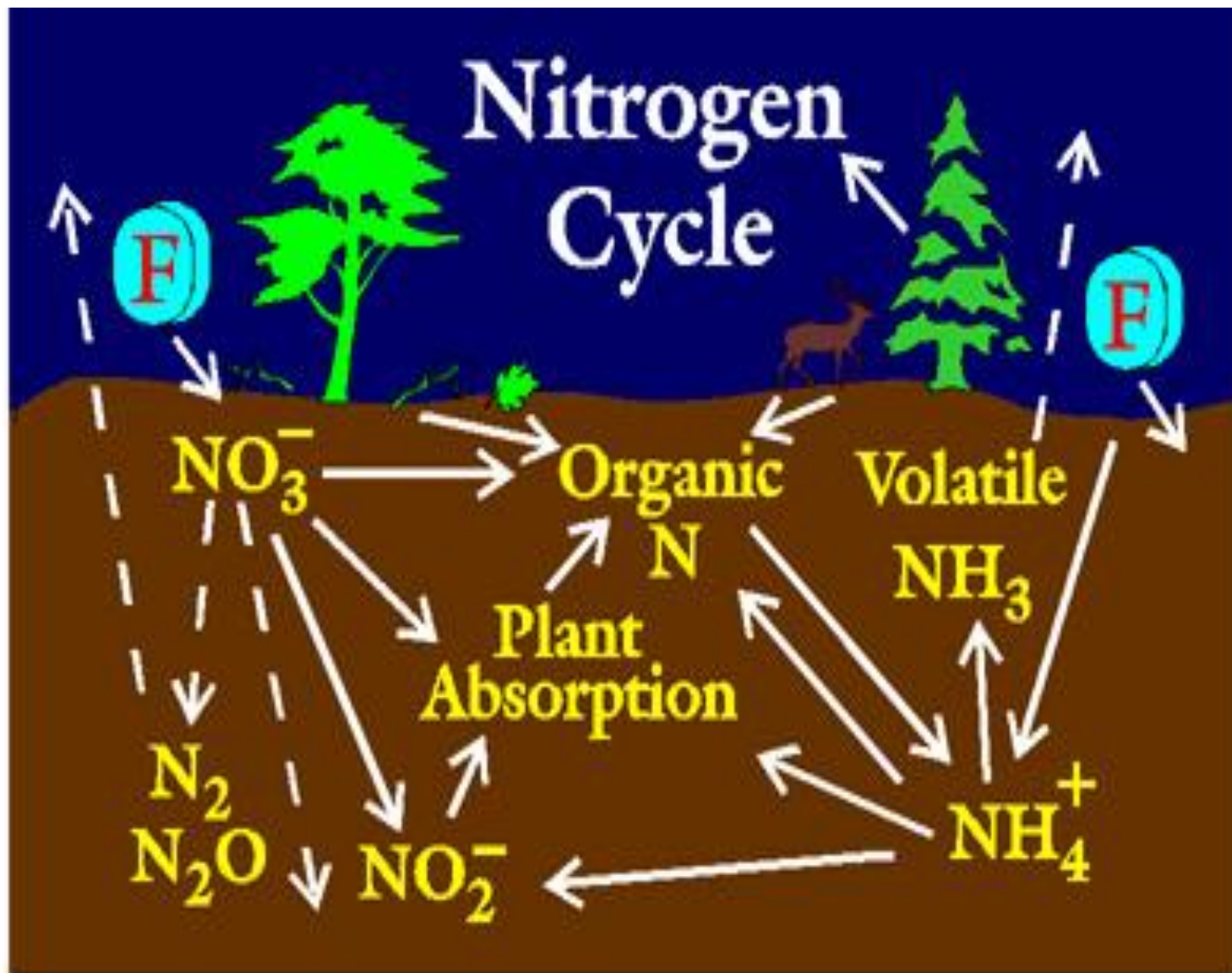
- iz rastvora zemljišta biljci je pristupačan azot kao  $\text{NH}_4^+$  (amonijum jon) i  $\text{NO}_3^-$  (nitrat jon)
- na usvajanje nitrarnog jona negativno utiču alkalna sredina i joni hlora
- na usvajanje amonijačnog jona antagonistički utiču kisela sredina i katjoni ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ )
- mobilan u biljci

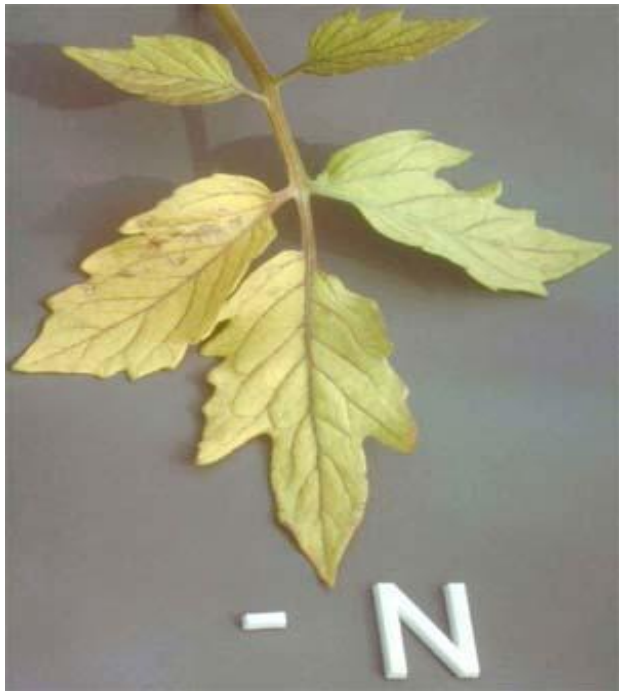
## •Simptomi nedostatka azota:

- različito se manifestuju kako kod različitih biljnih vrsta tako i kod pojedinih biljnih organa, pri nedostatku azota biljka ima manji porast, lišće je uže, kraće i blijedozelene boje koja poslije prelazi u narandžasto - crvenu (manjak hlorofila)
- simptomi se prvo javljaju na starijem lišću

## •Suvišak azota

- Intenzivan porast vegetativnih organa uz modrozelenu boju lišća
- Strne žitarice jače busaju. Stvaraju preveliku masu lišća, lako poliježu uz kasnije sazrijevanje







# FOSFOR

- u zemljištu varira od **0,02-0,15 %**
- u zemljištu je najčešće u formi **ortofosfata**
- potiče od razgradnje matičnih stijena, najčešće **apatita**, ima ga u 170 minerala (različite rastvorljivosti)
- sadržan u neorganskom obliku (oko 40-80 %)
- u organskom obliku (oko 20-60 %) u većini zemalja

Fosfor je nemetal koji se u prirodi nalazi kao petovalentan

Najzastupljeniji su minerali fosfora sa aluminijumom, željezom i kalcijumom

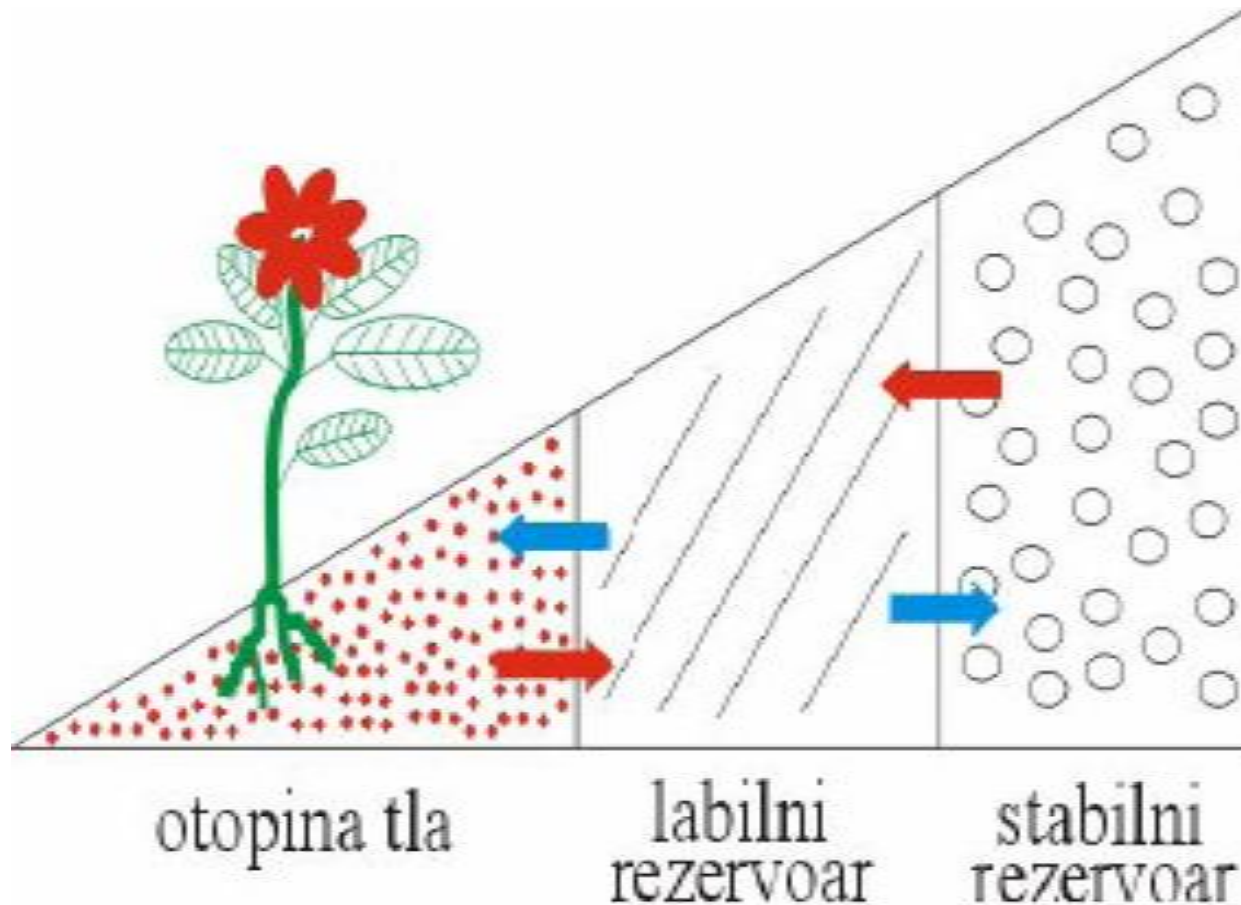
## Organski fosfor

- **fitin** koji pod uticajem fitaze daje fosforu kiselinu
- Nukleoprotini se defosforilizuju pod uticajem fitaze do fosforne kiseline

**-RETROGRADACIJA** – proces pretvaranja u nerastvorljive fosfate i hidrofosfate

**Postoje 3 bitne frakcije fosfora:**

1. Fosfor u zemljišnom rastvoru
2. Fosfor u labilnom rezervoaru
3. Fosfor u stabilnom rezervoaru



## *1. Zemljišni rastvor*

- predstavlja vodorastvorljivi fosfor i najmanje zastupljenu frakcija P u zemljištu
- koncentracije fosfatnog jona u rastvoru - niske od 0,02 –1,00 ppm, jer se brzo transformiše u teže pristupačne oblike,
- ishrana fosforom iz zemljišnog rastvora nedovoljna je za biljke i zavisi od priticanja iz labilnog rezervoara, odnosno teže rastvorljivih oblika fosfora

## 2. Labilni rezervoar

- predstavlja *lako rastvorljive* i zamjenjive fosfate,
- nalazi se u ravnoteži sa rastvorom
- hraniva odlaze u rastvor i iz njega u labilni rezervoar

## 3. Stabilni rezervoar

- biljci *slabo pristupačan* fosfor
- teško zamjenjivi fosfor jer je vezan u mineralima i u organskoj materiji
- oslobađanje fosfora iz ove frakcije težak i dugotrajan proces
- osnovni faktor koji određuje pristupačnost fosfora je *pH zemljišta*

# Fosfor vezan u mineralima

**-u alkalnim zemljištima prevladavaju Ca-fosfati:**

*dikalcijev fosfat -  $\text{CaHPO}_4$*

*dikalcijev fosfat - sa vodom  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$*

*trikalcijevi fosfati –  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$*

*apatiti – hidroksiapatit nešto više rastvorljiv od F i Cl apatita*

*-Raspadanjem apatita nastaju lakše rastvorljivii fosfati*

**-u kiselim zemljištima**

*nastaju teško rastvorljivi Al i Fe, Mn fosfati*

## Fosfor u organskoj materiji

-u kiselom zemljištu – **teško rastvorljivi Al i Fe fitati**

-u alkalnom zemljištu – **Ca fitati**

-organski P sadrži derivate fitina, nukleinskih kiselina, fosfatide i dr...

-oslobađanje **mineralizacijom** – pomoću enzima fosfataze, radom mikroorganizama

-proces sličan mineralizaciji N, zavisi od temperature, najbolje razlaganje kod **30-40 C**

-takođe važan odnos **C/P**, jer je najveći dozvoljeni omjer **200/1**

-u plodnim zemljištima odnos **100**, u stajnjaku oko **150-200**, a u psedogleju ili smeđem zemljištu i do **1000**

- određivanje lakše pristupačnih fosfata (najčešće sekundarnih) vrši se slabim kiselinama (**AL –rastvorljivi fosfor**), a tercijarnih fosfata tipa apatita i fosforita jakim kiselinama.

# TRANSFORMACIJE FOSFORA U TEŽE PRISTUPAČNE OBLIKE

## 1. BIOLOŠKA IMOBILIZACIJA

-**Lažni** privremeni (latentni manjak), ako organska materija zemljišta sadrži manje od 0,2 % P, mikroorganizmi blokiraju P jer ga koriste za izgradnju tijela

-**važan C/P odnos**

- fosfor nepristupačan dok se mikroorganizmi ne raspadnu

## 2. FIKSACIJA (zbog nepovoljnog pH)

- **Alkalno zemljište**, viši pH i dosta Ca u zemljištu pogodno nastanku Ca-fosfata, teže rastvorljivosti i pristupačnosti za biljku

- **Kiselo zemljište** niski pH i dosta Fe, Al, Mn – teško rastvorljivi fosfati

- **starenje minerala** – u početku nastaju amorfni oblici, kasnije kristalni iz kojih biljka teško koristi P

## *Faktori koji utiču na usvajanje fosfora*

-*količina* fosfora u rastvoru zemljišta

-*oblici u kojima je vezan* - organska materija, minerali (važno starenje)

-*korjen* - metabolizam – lučenje  $H^+$  i helatirajućih materija, razgranjenje (veća aktivna površina)

-*mikoriza* - asocijacija biljke i gljive – bolje korištenje P

-*vlažnost* - u periodu suše otežana difuzija do korjena

-*temperatura* ( $> 10C$ ), čak i  $15C$

-*reakcija zemljišta (pH)*

-za **Al i Fe fosfate** – kalcifikacija (povišenje pH) poboljšava pristupačnost P

-za **Ca fosfate** – unošenje fiziološki kiselih đubriva – (snižavanje pH) poboljšava rastvorljivost



## Značaj fosfora

- sastavni dio organskih jedinjenja (nukleotidi ADP, ATP, NADP, polifosfati) koji učestvuju u mnogim fiziološkim procesima (fotosinteza, fosforilacija, sinteza nukl. kis..)
- uključen u sve energetske procese koji se odvijaju u ćeliji
- fosfolipidi učestvuju u građi membrana

## Snabdijevanje biljke fosforom

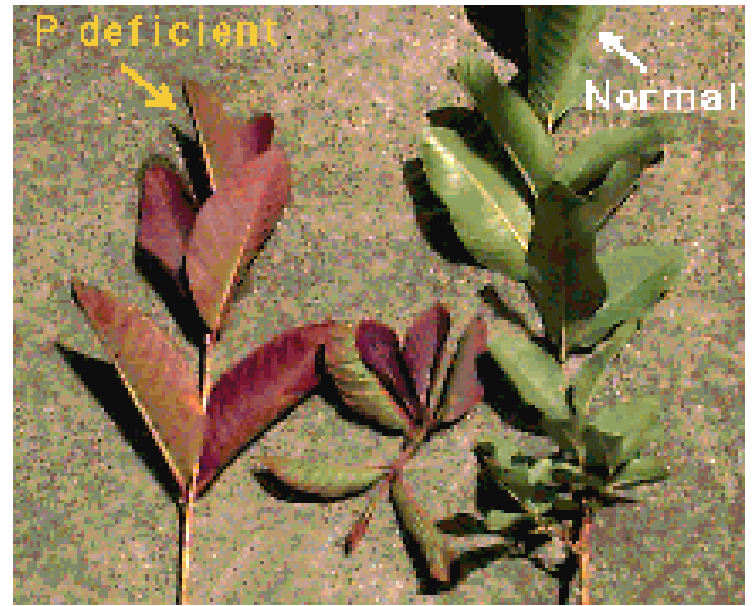
- glavni izvor fosfora za biljke su soli ortofosforne kiseline ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) - tri vrste jona  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$
- biljke mogu koristiti fosfor i iz soli pirofosforne i metafosforne kiseline čiji sadržaj u zemljišnom rastvoru nije značajan
- mobilan u biljci (akropetalno - gore i bazipetalno -dole)
- Najveće potrebe biljaka za fosforom su u periodu intenzivnog razvića korjenovog sistema i kod prelaza iz vegetativne u reproduktivnu fazu života

### •Simptomi nedostatka:

- usporava se rast biljke (smanjenje fotosinteze i drugih energetske procesa)
- lišće postaje vrlo nježno
- zelena boja listova postepeno prelazi u crvenkastu do crnosmeđu

### •Suvišak P

- Usporen rast, tamnomrke pjege na lišću, opada lišće



# KALIJUM

velike rezerve kalijuma u zemljištu (**0,2-3%**, neka zemljišta i 7%)

-samo manji dio ukupnog K biljci pristupačan

-naša zemljišta relativno dobro opskrbljena, a količina zavisi od količine *gline*

najveći dio K «fiksiran» u kristalnoj mreži – primarnih i sekundarnih minerala (80 %), kao gnajs, granit, feldspat ,vermikulit, ilit...

**-biljci postaje pristupačan nakon raspadanja minerala**

- *Sekundarni minerali građe* (2:1) važan izvor K

-ilit i vermikulit (2:1) - najvažniji izvor K, zbog troslojne građe

- kaolinit - malo veže K (1:1)

## *Dinamika kalijuma u zemljištu*

**Na osnovu pristupačnosti razlikujemo:**

1. **Mobilni K** – kalijum u vodenoj vazi zemljišta (lakopristupačni) i izmjenjivo vezani
2. **Fiksirani kalijum** – uslovno pristupačni (između lamela minerala gline)
3. **Nepristupačni** (u kristalnoj rešetki neraspadnutih primarnih i minerala gline)

Od ukupne količine K u zemljištu 90-98% je u obliku minerala, 1-10% fiksirani K, 1-2% izmjenjivo vezani i kalijuma u zemljišnom rastvoru ima 6-20ppm(mg/l zemljišnog rastvora).

# KALIJUM

## Značaj kalijuma

- aktivator enzima čime i utiče na brojne fiziološke procese u biljci
- reguliše fizičko-hemijska svojstva protoplazme (viskoznost, elastičnost, propustljivost)
- uključen je u procese fotosinteze i respiracije
- vrlo važan faktor prilikom otvaranja i zatvaranja stoma
- učestvuje u formiranju i translokaciji organskih jedinjenja (šećeri, proteini)
- povećava rezistentnost biljaka prema bolestima i niskim temperaturama
- intenzivnost boje ploda i kiselost u uskoj je korelaciji sa koncentracijom kalijuma

## Snabdijevanje biljke

- iskorištavanje kalijuma iz mineralnog oblika, silikatnih i alumosilikatnih stijena moguće je tek nakon njihovog potpunog raspadanja, tako da većinu kalijuma biljka iskorištava iz organskog oblika
- nakon oslobađanja iz organske materije, kalijum se u rastvoru zemljišta nalazi u obliku lako rastvorljivih soli; karbonata, sulfata, hlorida koji su pristupačni biljci - u obliku jona ( $K^+$ )
- vrlo je mobilan u biljci

## •SIMPTOMI:

- nedostatak kalijuma usporava ili u potpunosti zaustavlja rast biljke
- manifestuje se prvo na starijim listovima u vidu nekroze i to prvo na rubovima lista
- stablo postaje tanje, internodiji se sužavaju
- korjen postaje kratak, ne razvijaju se korjenove dlačice
- pri nedostatku kalijuma ćelije gube turgor, biljka vene



# SUMPOR

## Frakcije sumpora u zemljištu:

### Stabilni - minerali

- sulfidi:
- pirit ( $\text{FeS}$ ,  $\text{FeS}_2$ )
- halkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ )
- sfalerit ( $\text{ZnS}$ )

### Labilni

- sulfati ( $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$ ) – lako rastvorljivi
- sulfati vezani na koloide zemljišta - lako pristupačni, pa odlaze u zemljišni rastvor

Sulfatni jon se adsorbuje na minerale gline i seskvioksida, pa su zemljišta bogatija mineralima gline sadrže i više zamjenjivog sulfatnog jona,

- kapacitet adsorpcije zavisi od vrste minerala:
- kaolinit (1:1) jače veže S od ilita (1:2)

### - pristupačnost sulfatnog zavisi od:

- pH vrijednosti zemljišta
- vlažnosti
- količine organske materije

### *Kiselo zemljište*

-jače vezanje sulfatnog jon na zamjenjivače, slabija pristupačnost, ali i manje ispiranje

### *Aridna zemljišta*

-malo padavina pa dolazi do akumulacije Ca, Mg, Na-sulfata u rastvoru zemljišta

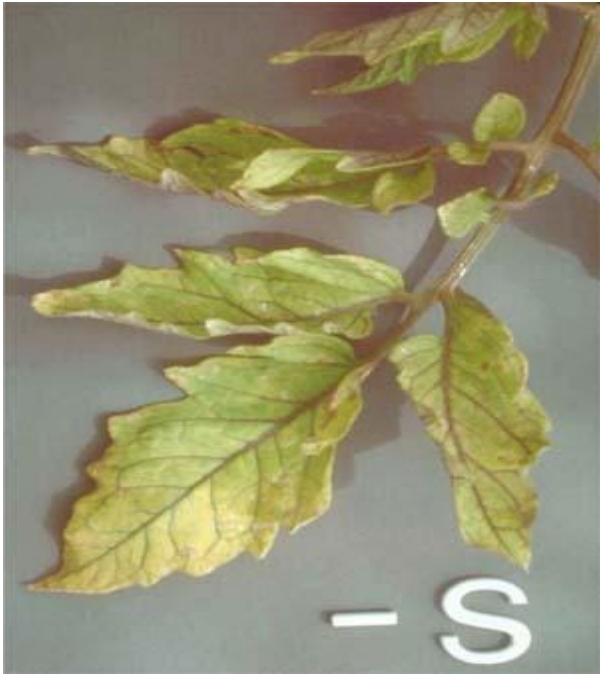
### *Organska materija zemljišta*

- sadrži dosta S (1/2 od ukupne količine u zemljištu)
- važan je odnos C:N:S u organskoj materiji iznosi oko 125:10:1,2

### *Organski vezan S:*

- u aminokiselinama (cistein, cistin, metionin)
- u bjelančevinama
- u fenol sulfatu
- u holin sulfatu





# KALCIJUM

-ukupne količine Ca u zemljištu **0,1-1,2 %**

## ***-Oblici kalcijuma u zemljištu :***

- 1.Primarni minerali kalcijuma
- 2.Sekundarni minerali kalcijuma
- 3.Ca vezan za organsku materiju
- 4.Izmjenjivi Ca u vodenom rastvoru zemljišta

- dominantan jon u normalnim zemljištima (znatne količine), pomaže humifikaciju, biološku fiksaciju azota i oksidaciju sumpora, smanjuje toksičnost vodonikovih jona kod niskog pH
- glinovita zemljišta više od pjeskovitih
- u plodnim zemljištima treba biti 50-80 % adsorpcijskog kompleksa zemljišta zasićeno sa Ca
- u kiselim zemljištima je jako ispiranje Ca

## ***zakiseljavanje zemljišta može uzrokovati :***

- \* kisela kiša
- \* lučenje protona (H<sup>+</sup>) iz korjena
- \* nitrifikacija
- klima – jako utiče na ispiranje Ca jer ga ima puno u zemljišnom rastvoru
- humidna klima - ispiranje od 100-600 kg/ha Ca

## Značaj kalcijuma

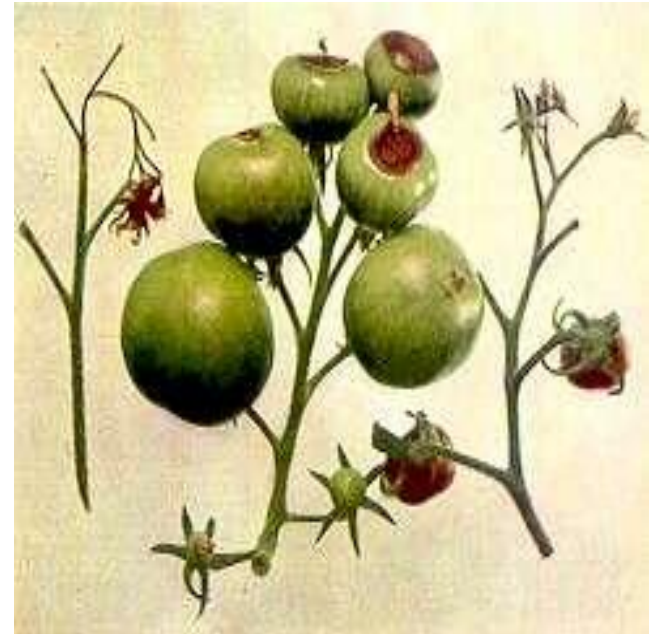
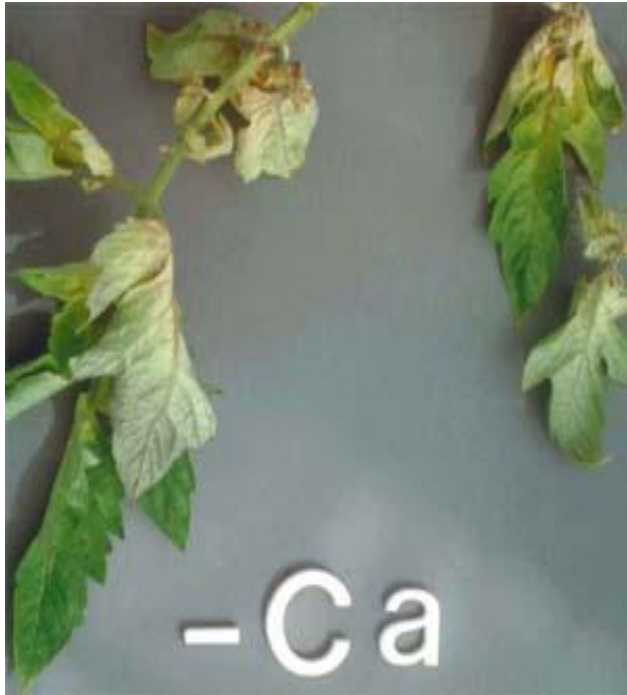
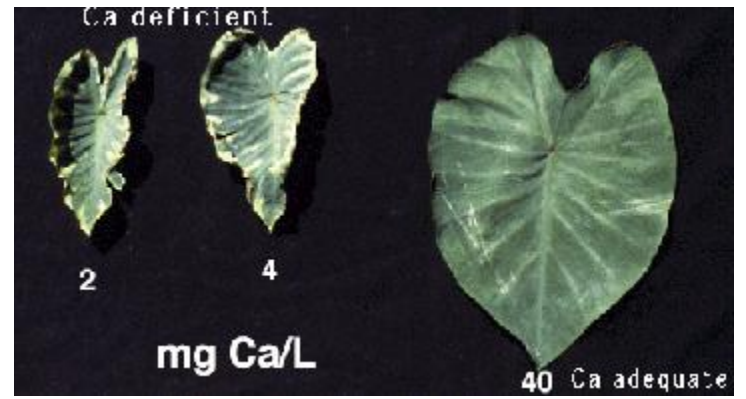
- Neutralizuje višak organskih kiselina stvarajući oksalate
- s pektinom gradi kalcij-pektinat koji služi kao neophodan materijal za jačanje primarnih membrana
- učestvuje u enzimatskim procesima metabolizma ugljenih hidrata
- viskoznost protoplazme i utiče na održavanje fizičko-kemijske strukture ćelije
- nužan za pravilno formiranje ploda
- Bitan je za građu Ca fosfatnog pufera (neutralizacija kiselosti vakuola)

## Snabdijevanje biljke

- kalcijum se u zemljištu nalazi u vidu lako topivih soli (karbonata, sulfata, nitrata) i lako je pristupačan biljci ( $\text{Ca}^{2+}$ )
- slabo mobilan u biljci
- Ca ima više u lišću nego u korjenu

## •SIMPTOMI:

- simptomi na listovima u vidu hloroze
- često su listovi naborani, krajevi lista okrenuti prema gore
- na plodovima karakteristične pjege (zbog pojačane aktivnosti enzima pektinaze što dovodi do autolize ćelijskih zidova) i pojave gorkih jamica i plutastih tvorevina
- Polen je slabe klijavosti



# MAGNEZIJUM

- količine variraju zavisno od matičnog supstrata
- lagana zemljišta 0,05 %
- teža, glinena zemljišta do 0,5 %
- Zemljišta nastala raspadanjem:
- bazalta, biotita, serpentina – bogata Mg

## Mg u zemljištu može biti u obliku:

- karbonata ( $MgCO_3$ )
- dolomita ( $CaCO_3 \times MgCO_3$ )
- sulfata ( $MgSO_4$ ); u aridnim predjelima – solonjec i solončak

## *biljci najlakše dostupan*

- u rastvoru zemljišta (između K i Ca)
- vezan na koloide zemljišta u zamjenjivom obliku stabilni minerali
- silikati
- karbonati
- sekundarni minerali (vermikulit, ilit, montmorilonit)
- primarni minerali (biotit, serpentin ...)

## Značaj magnezijuma

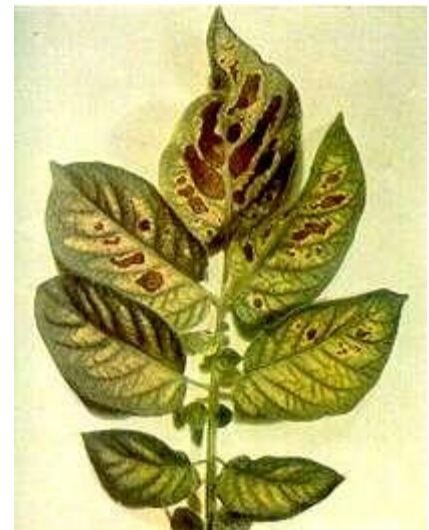
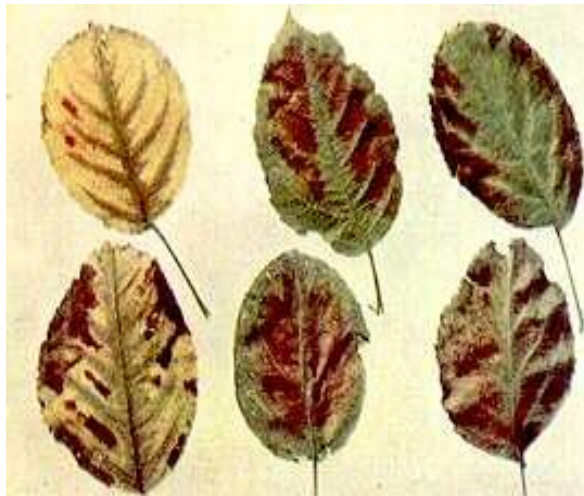
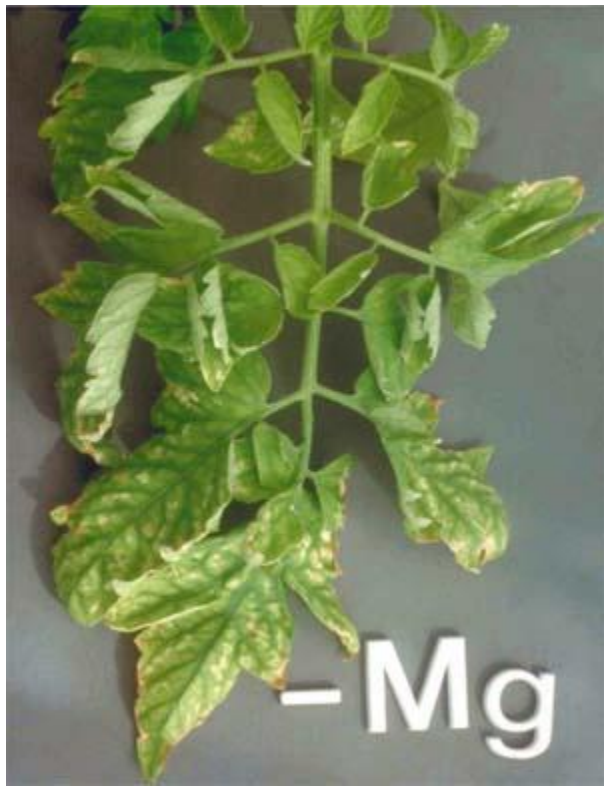
- sastavni dio hlorofila
- sastavni dio koenzima mnogih transferaza i ima značajnu ulogu u enzimatskim procesima
- učestvuje u izgradnji ćelijskih membrana kao magnezijev pektinat
- učestvuje u energetskim procesima u ćeliji (transport elektrona)
- uključen je u metabolizam azota, te u sintezi i transportu proteina i ugljenih hidrata
- može neutralisati višak kiselina u biljkama, stvarajući oksalate koji su teško rastvorljivi

## Snabdijevanje biljke

- magnezijum se u zemljištu nalazi u vidu lakorastvorljivih soli i pristupačan je biljci ( $Mg^{2+}$ )
- lako pokretljiv u biljci
- amonijačni, kalijevi i kalcijumovi joni antagonistički utiču na usvajanje magnezijuma

## •SIMPTOMI:

- simptomi se manifestuju prvo na starijim listovima koji blijede (između lisnih nerava) i postepeno poprimaju mrku boju počevši od vrha lista
- ova pojava popraćena je i stvaranjem hlorotičnih pjega rasutih po cijelom listu
- plodovi ostaju mali



# ŽELJEZO

- U zemljištu potiče iz *primarnih i sekundarnih* minerala
- Sadrže ga *karbonati, oksidi, silikati, sulfidi*
- najznačajniji su *hematit i geotit*
- Zbog velike koncentracije u zemljištu neki ga autori smatraju i makroelementom*
- U aerobnim uslovima preovladava *feri oblik* a u anaerobnim *fero oblik*
- Nakuplja se u stromi plastida kao *Fitoferitin*, u nodulima leguminoza, u sjemenu



## Značaj željeza

- Učestvuje u sintezi *hlorofila*
- ulazi u sastav mnogih oksidoreduktaza
- sastavni dio citohroma i ferodoksina (transport elektrona u fotosintetskom i respiratornom lancu)
- utiče na fiksaciju atmosferskog azota (od strane kvržičnih bakterija)

## Snabdijevanje biljke željezom

- iz rastvora zemljišta biljci je željezo pristupačno kao  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  i kao *helati*
- da bi se željezo uključilo u metabolizam biljke potrebno je da se  $Fe^{3+}$  redukuje u dvovalentni oblik (vrlo važno prisustvo mangana)
- na usvajanje željeza negativno utiču veće prisustvo K, Ca, Mg (antagonisti), alkalna sredina i teški metali (zbog taloženja), povećana vlažnost zemljišta i kiselost zemljišta
- *slabo pokretljiv u biljci*

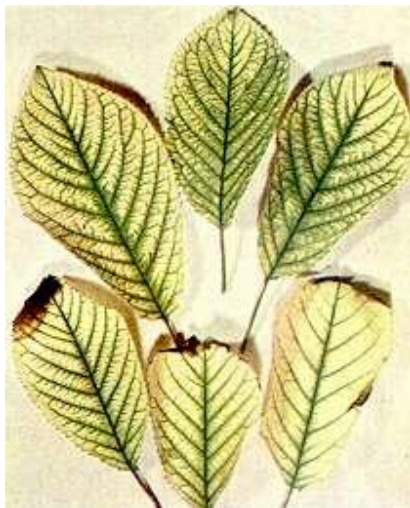
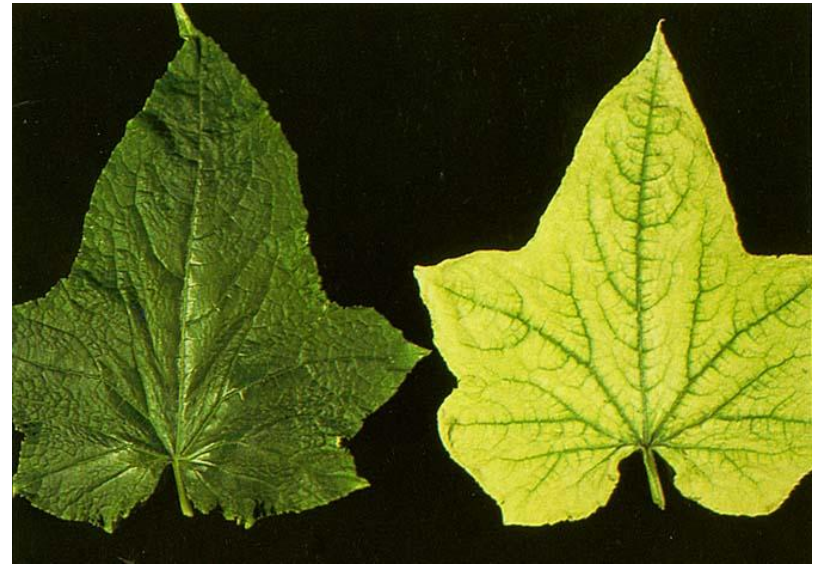
• **Nedostatak željeza je jedan od glavnih abiotskih stresova za biljke uzgajane na alkalnim i karbonatnim zemlj.**

### • **Simptomi nedostatka Fe:**

- manjak željeza se prvo manifestuje na listovima kao hloroza između nerava
- biljke zaostaju u razvoju

• **Suvišak željeza** – u kiselim zemlj., slabo prozračnim, gdje je moguće toksično djelovanje suviška Fe

- Inhibicija vegetativnog rasta, plavozelena lišće, mrka boja korjena



# CINK

U zemljištu vodi porijeklo iz *primarnih i sekundarnih* minerala

*Kisele stijene* (granit, gnajs) imaju nizak sadržaj cinka dok su *alkalne* bogatije

Prosječan sadržaj cinka u zemljištu je nizak (*5-20ppm*), najmanji sadržaj imaju laka pjeskovita zemljišta dok najveći imaju černoze

## U zemljištu se nalazi u različitim oblicima:

1. U mineralima – razlaganjem minerala cink prelazi u vodeni rastvor i stvara lako i teško rastvorljive soli
2. Cink u organomineralnim jedinjenjima čija mobilnost zavisi od reakcije zemljišta (dostupan u kiseloj sredini)
3. Cink u obliku teško rastvorljivih soli
4. Izmjenjivo adsorbovani – gdje su katjoni cinka čvrstvo vezani za adsorptivni kompleks
5. Nedostatak se javlja na teškim glinovitim zemljištima

## Značaj cinka

- sastavni je dio koenzima mnogih dehidrogenaza i proteaza
- ulazi u sastav enzima karboksilaze
- stimulira rast biljaka (pozitivno utiče na sadržaj auksina u biljci)
- pospješuje stvaranje skroba
- Zn je značajan u metabolizmu proteina
- Značajan je u biosintezi DNA i RNA

## Snabdijevanje biljke cinkom

- biljka uzima cink u obliku dvovalentnog jona i helata
- slabo pokretan u biljci
- Kod većeg sadržaja fosfora u zemljištu usvajanje cinka je smanjeno (posebno kod kukuruza) uz akumulaciju veće količine željeza.

Usvajanje cinka je **aktivan proces** (uz utrošak energije) pa niska temp. i suvišak fosfora snižavaju njegovo usvajanje

## Simptomi nedostatka Zn:

- patuljast i rozetast izgled biljke
- hlorotične pjege na listu
- listovi dobijaju blijedo zelenu boju
- Osjetljive biljke na nedostatak Zn su kukuruz, lan, soja a otporne su žita.



# BOR

## ***1. Bor u obliku primarnih i sekundarnih minerala***

- B iz minerala nije direktno dostupan biljkama

## ***2. Izmjenjivo adsorbovani*** – bor se može vezati za mineralne i organske koloide preko njihovih aktivnih grupa

-Najznačajniju ulogu u adsorpciji imaju Al i Fe hidroksidi

## ***3. Bor u organskoj materiji zemljišta*** – nije direktno pristupačan već mora doći do mineralizacije

-Sa humusnim materijama ne gradi stabilna jedinjenja

-Slobodne humusne kiseline povećavaju pokretljivost bora što omogućava njegovo ispiranje

## ***4. Bor u vodenom rastvoru zemljišta*** - predstavlja mobilnu frakciju bora

-Ukupna količina u zemljištu je **5-10ppm**

***-Rastvorljivost bornih jedinjenja*** je veća u kiseloj reakciji

-U alkalnim zemljištima često se javlja nedostatak bora

-Bora je više u lišću i reproduktivnim organima pa mu je najveća konc. u prašnicima, peteljkama, plodniku...

## Značaj bora

- bor sa šećerima gradi komplekse koji lakše prolaze kroz membranu
- učestvuje u sintezi nukleinskih kiselina i procesu aminacije organskih kiselina kao aktivator dehidrogenaza enzima
- neophodan element u procesu oprašivanja i oplodnje (formiranje polenove cijevi)
- uključen je u translokaciju Ca i biljnih hormona
- Reguliše meristemsku aktivnost, rad mitohondrija (disanje)...

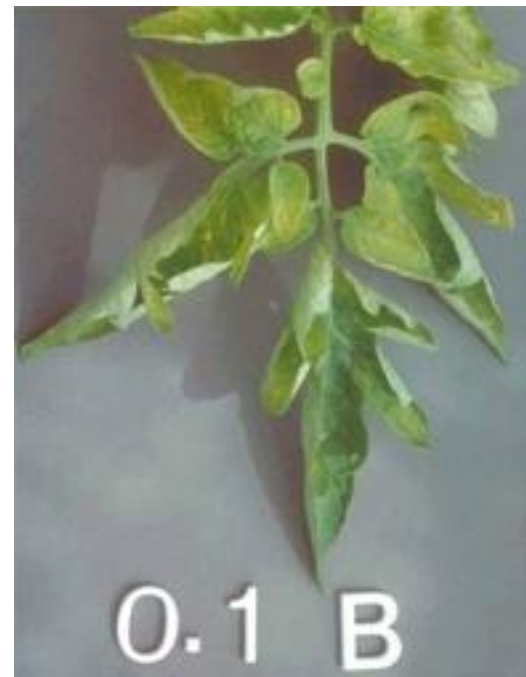
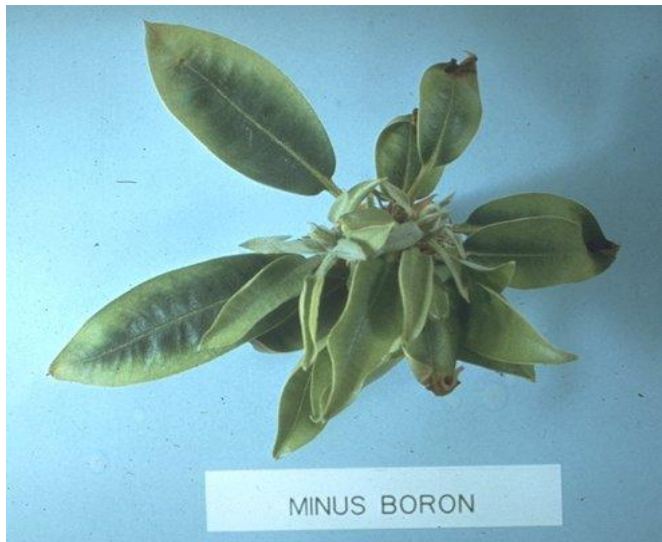
## Snabdijevanje biljke borom

- $\text{H}_3\text{BO}_3$  je dominantna forma bora iz koje biljka može apsorbirati bor
- u alkalnim zemljištima slabija je pristupačnost bora
- bor je slabo mobilan u biljci
- Manjak ili suvišak bora utiču na rad mitohondrija i na aerobnu fazu disanja, na propustljivost protoplazme i na bubrenje koloida
- B se primjenjuje redovno kod šećerne repe

## Simptomi nedostatka B:

- prvi simptomi nedostatka bora su izumiranje tačaka rasta stabla i korjena,
- raspadanje provodnog sistema biljke (floema), biljka poprima žbunast izgled
- nedostatak bora izaziva poremećaje u formiranju ploda, korjena i krtole
- plodovi zaostaju u rastu, poprimaju deformisan oblik i nejednaki su po veličini
- nedostatak bora često je popraćen simptomima nedostatka Ca, jer je translokacija Ca usko vezana za prisutnost bora
- Listovi deformisani, zadebljali, plavozelene boje
- Oplodnja je slaba jer B utiče povoljno na klijanje polenove cijevi a usljed njegovog nedostatka formiraju se partenokarpni plodovi





# MANGAN

U prirodi se najčešće nalazi u *obliku oksida*

U zemljište dolazi razlaganjem željezno-manganovih stijena, ima ga i u silikatima magmatskih stijena u obliku minerala

Više Mn ima na težim i karbonatnim zemljištima a manje na pjeskovitim i lakim

**Mn** se u biljkama nalazi kao katjon dvovalentni i trovalentni a u zemljištu kao +4 i +6

*Raspoloživost mangana* raste sa kiselosti zemljišta i njegove redukcije do  $Mn^{2+}$  koji biljke lako usvajaju, dok oksidovani oblik  $Mn^{3+}$  i  $4+$  - inaktivni oblik teže usvajaju

Biljke Mn usvajaju u obliku *helata*

## *OBLICI MANGANA U ZEMLJIŠTU*

- u mineralima
- u teško rastvorljivim solima
- u organskim jedinjenjima
- izmjenjivo adsorbovan
- u vodenom rastvoru zemljišta

## Značaj mangana

- aktivator enzima (dekarboksilaza, dehidrogenaza i oksidaza)
- kontroliše nivo auksina (aktivira enzim koji učestvuje u oksidaciji auksina)
- lako mijenja valenciju ( $Mn^{2+}$  u  $Mn^{3+}$ ) – učestvuje u brojnim oksidoredukcijskim procesima
- neophodan za normalno odvijanje fotosinteze – učestvuje u fotooksidaciji vode
- održava strukturu hlorofila
- značajan za primanje fosfora i magnezija

## Snabdijevanje biljke manganom

- mangan ulazi u biljku u obliku trovalentnog jona
- mangan je pokretljiv u biljci

## SIMPTOMI:

- hloroza lista, list dobija sitnomrežast izgled, nervi dugo zadržavaju zelenu boju
- hlorotične pjege u odmakloj fazi prelaze u fleke tzv. *suha flekavost*
- uslijed nedostatka mangana biljne ćelije gube turgor (zbog smanjenog turgora, list se savije pa izgleda kao da visi)

**Suvišak Mn izaziva deficit Fe, Mo, Mg**



# BAKAR

*1. Bakar iz primarnih i sekundarnih minerala* (halkopirit, kuprit, malahit) gdje se nalazi u jednovalentnom obliku a nakon njihovog raspadanja oksiduje u dvovalentni oblik

*2. Cu u teško rastvorljivim solima i oksidima*

*3. organomineralni kompleks Cu – helati (visoka stabilnost)*

*4. Izmjenjivo (adsorbovani, supstitucioni) bakar*

*5. Cu u vodenoj sredini*

Cu je u zemljištu malo, usvaja se kao dvovalentni i pripada grupi metala koji se čvrsto apsorbuju na koloide zemljišta

Na **pristupačnost Cu** utiče: hemijska reakcija zemljišta i pristupačnost mu raste sa povećanjem kiselosti, količina organske materije, sadržaj fosfata u zemljištu, mehanički sastav zemljišta (zemljišta sa dovoljno minerala gline su obezbijeđena sa bakrom).

## **Cu u biljkama**

Fiziološka uloga - aktivator mnogih enzima, stabilizuje molekule hlorofila, učestvuje

U sintezi antocijana, ulazi u sastav plastocijana, citohromoksidaze ...

Utiče na formiranje polena, fertilnost biljaka, povećava otpornost na niske temperature...

Utiče na sintezu nukleinskih kiselina

### **Simptomi nedostatka su:**

-Hloroza i nekroza lišća, odumiranje mlađeg lišća, zbog nedovoljne lignifikacije dolazi do anatomskih promjena, i gubitka vršne dominantnosti slično kao kod bora

-Suvišak Cu je rijetka pojava



# MOLIBDEN

- Mo potiče iz primarnih i sekundarnih minerala (molibdenit - primarni, ferimolibdat – sekundarni)
- Mo vezan za okside i hidrokside Al i Fe je *fiksirani Mo*
- Izmjenjivo adsorbovani je samo mali dio Mo i on predstavlja glavni oblik ishrane biljaka sa Mo
- Mo u organskoj materiji zemljišta
- Mo u vodenom rastvoru (lakopristupačni ) zavisi od reakcije zemljišta i aeracije
- Rezerve molibdena u zemljestu su veoma niske (2-4 ppm)
- Biljke ga usvajaju kao visokooksidovani molibdat i pristupačnost mu raste sa povećanjem alkalnosti
- Kalcizacija zemljišta povećava pristupačnost molibdena
- Usljed nedostatka u biljkama dolazi do narušavanja strukture hloroplasta i usporava se rast biljaka
- *Deficit* se zapaža na starom lišću u obliku žutih polja i uvijanje rubova



# KOBALT

1. **Kobalt u mineralima-** nije direktno pristupačan za ishranu biljaka potrebne su transformacije u dvovalentni i trovalentni oblik
2. **U organo-mineralnim kompleksima** – sa humusnim materijama gradi *teško rastvorljive* komplekse
3. **Adsorbovani (izmjenjivi) kobalt** – vezan za minerale gline, dio može biti pristupačan za ishranu biljaka
4. **U zemljišnom rastvoru** – u obliku rastvorljivih soli hlorida, nitrata, sulfata...

- Bitan je za fiksaciju atmosferskog azota kod leguminoza
- Učestvuje u inhibiciji sinteze etilena
- Koncentracija u zemljištu je niska 0.02 – 0.5ppm
- Učestvuje u razgradnji peroksida nastalog u oksidacionim procesima

# KORISNI ELEMENTI

## HLOR

- Ubraja se u grupu korisnih elemenata (utiče stimulatивно na asimilaciju katjona kalijuma i amonijuma)
  - Biljke aktivno usvajaju hlor kao jon Cl<sup>-</sup>
  - Biljke ga sadrže u velikim količinama a za njegove specifične fiziološke funkcije dovoljne su ultraniske količine
  - Nalazi se u lišću, vakuolama, utiče na osmoregulaciju i otvaranje stoma, održavanje jonske ravnoteže i usvajanje drugih elemenata, membranski transport
  - Zajedni sa Mn učestvuje u fotolizi vode
  - Ne ulazi u sastav organske materije, više ga sadrže vegetativni nego generativni organi
- 
- Simptomi nedostatka** hlora se rijetko javljaju u prirodnim uslovima
  - Suvišak hlora** dovodi do porasta turgora i smanjenje transpiracije, pojave sitnih i deformisanih listova

**Natrijum Na** - nalazi se u svim zemljištima (oko 2.8% u litosferi)

- U zaslanjenim zemljištima konc. Na lako dostiže toksične vrijednosti
- Veće količine Na pogoršavaju strukturu zemljišta, pojavu pokorice, ljepljivosti ...
- Biljke ga lako usvajaju , utiče na osmotsku vrijednost i hidrataciju protoplazme pa može kod nekih biljnih vrsta zamijeniti kalijum (šećerna repa)

**Silicijum Si** - u zemljištu se nalazi u velikim količinama ali je raspoloživa količina mala zbog slabe rastvorljivosti Si jedinjenja

- Biljke ga usvajaju kao silikatni anjon  $\text{SiO}_4$
- Korisna uloga Si je u učvršćivanju mehaničke osnove biljaka , kao inkrustacija u sekundarnim ćelijskim zidovima, pa povećava otpornost biljaka prema štetnim insektima i oboljenjima

**Selen Se** - sličan je sumporu, javlja se u zemljištu u različitim oksidacionim stepenima

- Biljke ga usvajaju kao selenit anjon ili selenat
- Esencijalni je element za ljude i životinje (kofaktor glutation peroksidaze)

**Aluminijum Al** – 8% u litosferi, ulazi u građu minerala gline, u vodenoj fazi zemljišta je slobodan ispod pH 5.5

# ŠTETNE I OPASNE MATERIJE U ZEMLJIŠTU

## Štetne materije

- Lakorastvorljivi oblici svih **biogenih** elemenata (nitrata, nitrita, sulfata, hlorida, flor, željezo, natrijum, cink, mangan, selen ...) ako se nadju u visokim koncentracijama u zemljišnom rastvoru ili adsorptivnom kompleksu zemljišta
- Veće koncentracije mobilnog **aluminijuma** i u malim koncentracijama ( $>5\text{mg}/100\text{g}$  zemlje) ima štetne posljedice za biljke i zemljište (pri pH manjim od 4.5)

## -Opasne materije

- Predstavljaju oni elementi (mobilne forme) koji nemaju fiziološku ulogu u razviću biljaka, već samo štetne posljedice na osobine zemljišta i na gajene biljke!

- *Neki teški metali (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, V)*
- *Radionuklidi (radioaktivni elementi)*
- *Neke sintetičke organske materije (npr. Fenoli, cijanidi ...)*
- *Neki pesticidi (rezidue većine pesticida)*

- Mobilnost i akumulacija od strane biljaka zavisi od reakcije zemljišta, sadržaja organske materije, koloidne gline, mehaničkog sastava, vlažnosti, sadržaja  $\text{CaCO}_3$ ...

## **Toksičnost hranjiva**

- **Za razliku od simptoma nedostatka, simptome viška hraniva je teže prepoznati jer reakcije biljaka su manje specifične.**
- **Toksičnost hraniva je česta ili znatno više prisutna i štetnija nego nedostatak hraniva.**
- **Toksičnost hraniva kod biljaka se teže odklanja ili u većini slučajeva se ne može odkloniti jer se radi o nekrozama.**
- **Nekontrolisano povećanje količina hraniva iznad tolerantnih su posljedice komercijalnih preporuka .**
- **U ratarstvu i voćarstvu prekomjernu primjenu zemljište može donekle da amortizuje ali u zatvorenom prostoru kod povrća više od 90% zemljišta dolazi do zasoljavanja kao posljedica suviška hraniva.**



**Višak azota**, sprovodni sudovi ostaju isti a medjuprostor se klobuči

**Toksičnost azota dovodi u 80% slučajeva do “zelenog uvenuća povrća”**



**Toksičnost azota i kalcijuma: nekroza vrhova salate (tip burn)**





**Toksičnost bora na rasadu paprike.**  
Između nedostatka, optimuma i suviška su male razlike



**Ako se zaliva vodovodnom vodom  
rasad može biti oštećen hlorom**



Ravnoteža hraniva daje maksimalne prinose. Dodavati hraniva češće ali u minimlanim količinama.

## Libigov zakon minimumuma

