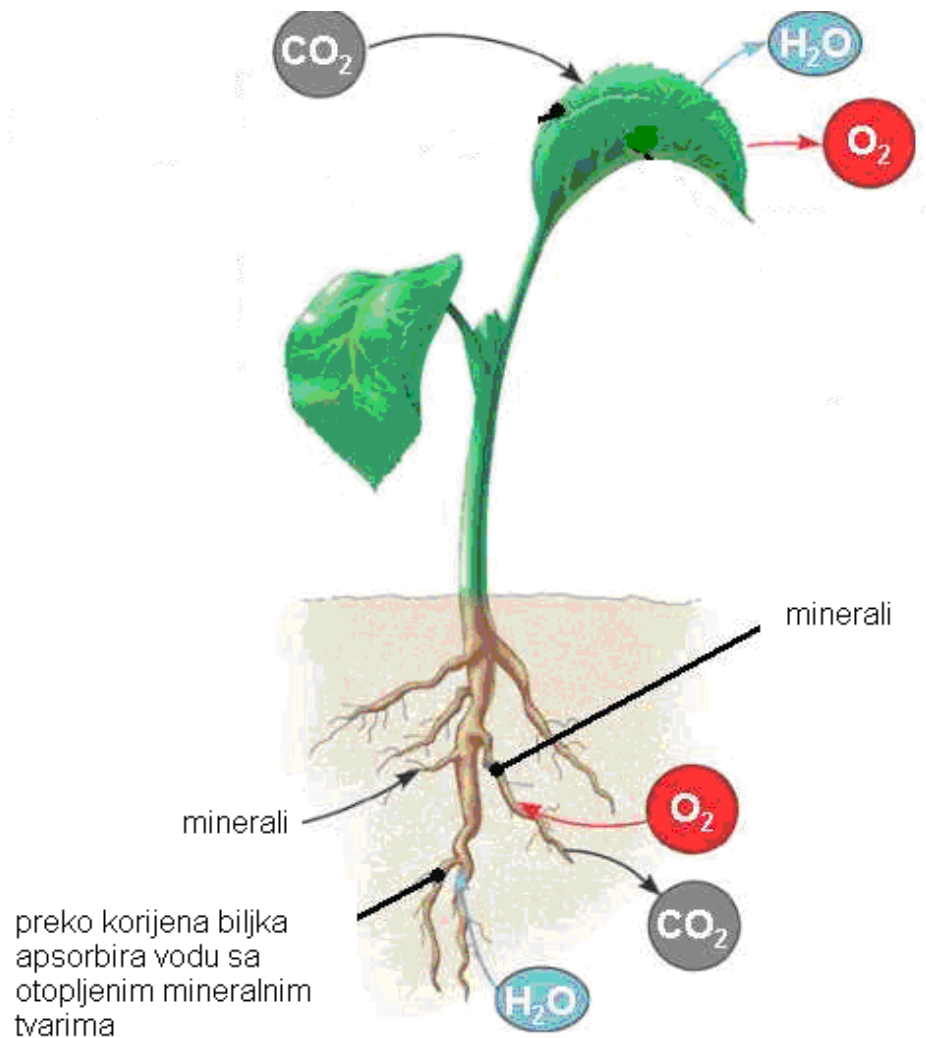


# MINERALNI ELEMENTI



## *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, kobalt, natrijum i silicijum

### *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

## *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 i kobalt

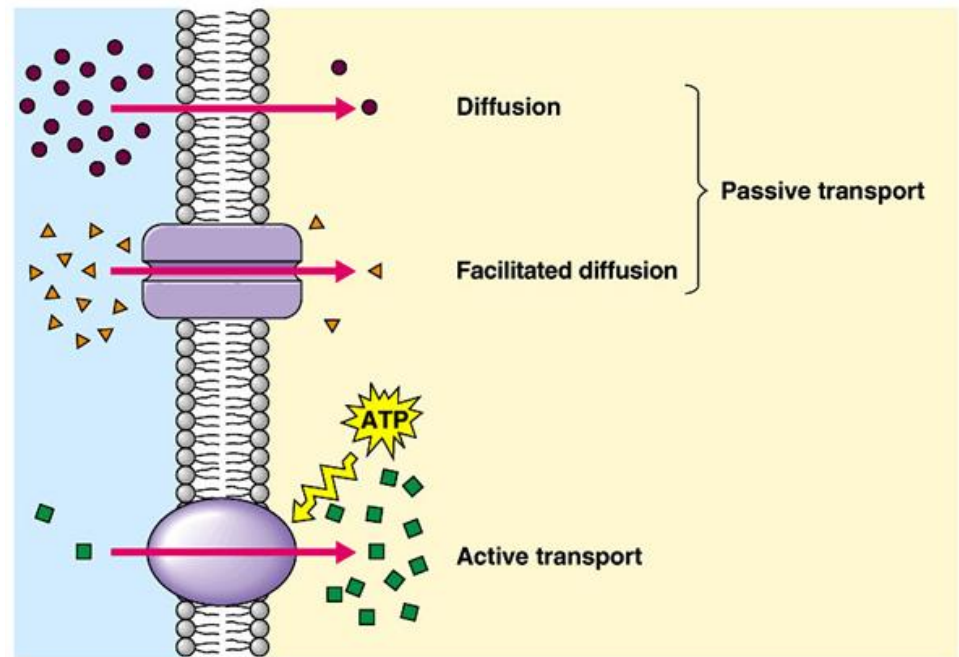
## Usvajanje hranjiva

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)



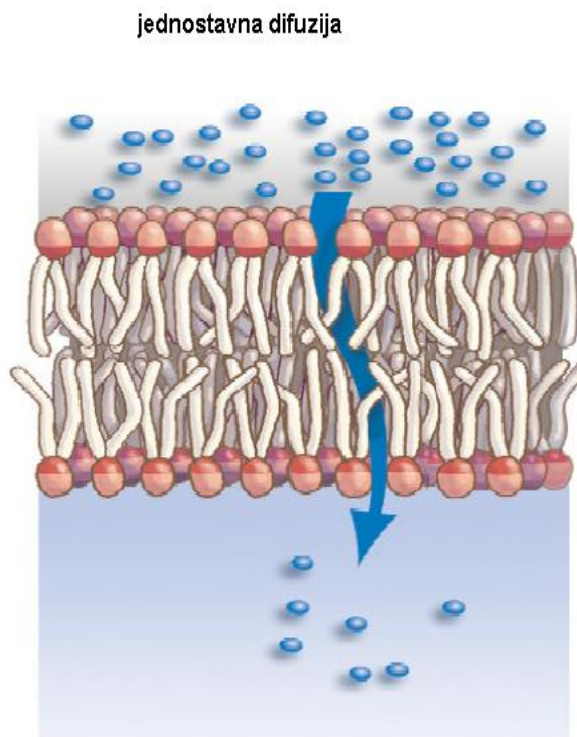
# Osnovna teorija pasivnog načina usvajanja hranjiva

## Difuzija

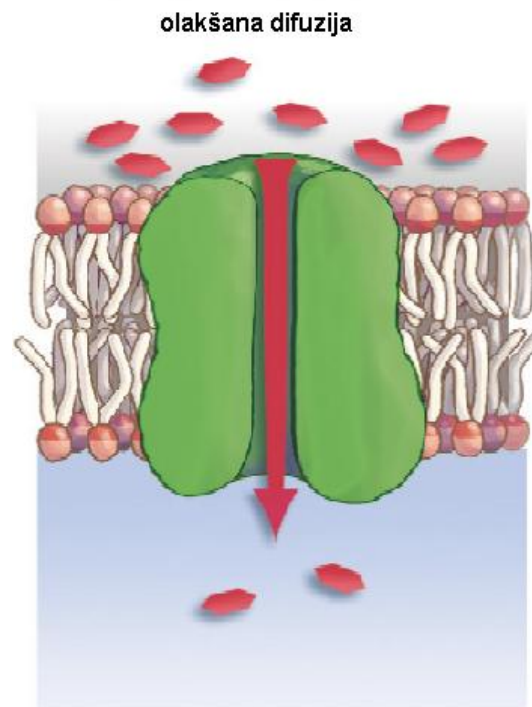
- pasivan proces koji ne zahtijeva energiju za kretanje molekula, već se molekule kreću iz pravca veće ka manjoj koncentraciji zahvaljujući svojoj kinetičkoj energiji

## Oblici difuzije

- jednostavna difuzija
- olakšana difuzija



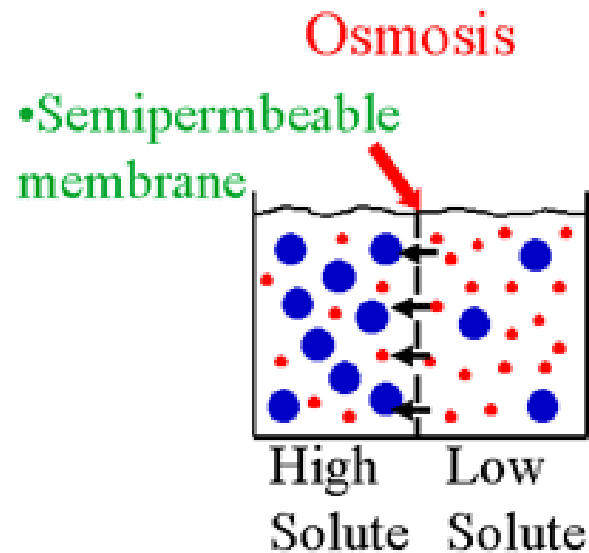
molekule se kreću iz pravca više ka nižoj koncentraciji



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

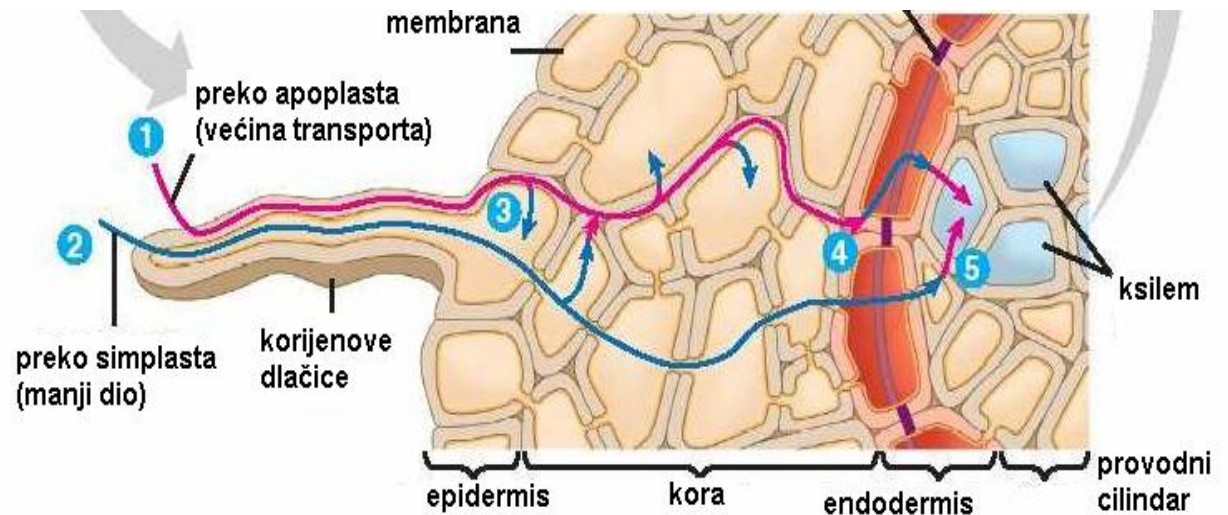
## Osmoza

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



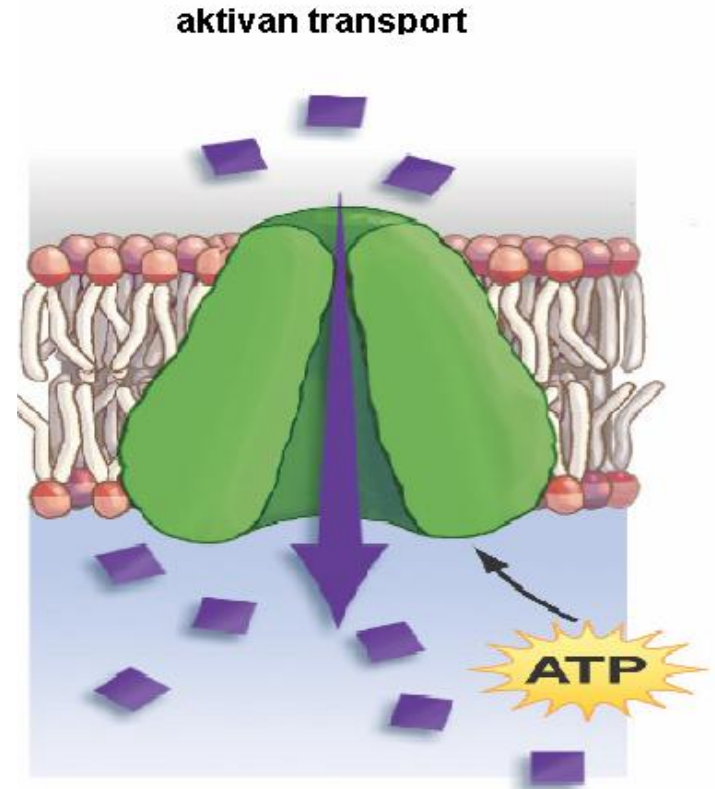
## Osnovna teorija pasivnog načina usvajanja hranjiva (osmoza)

- 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 endodermiskih 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

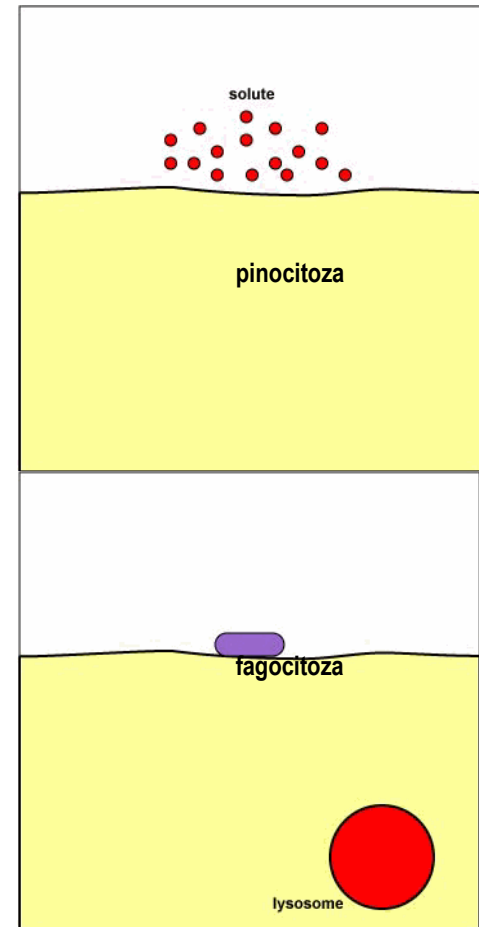
fagocitoza

### Pinocitoza

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

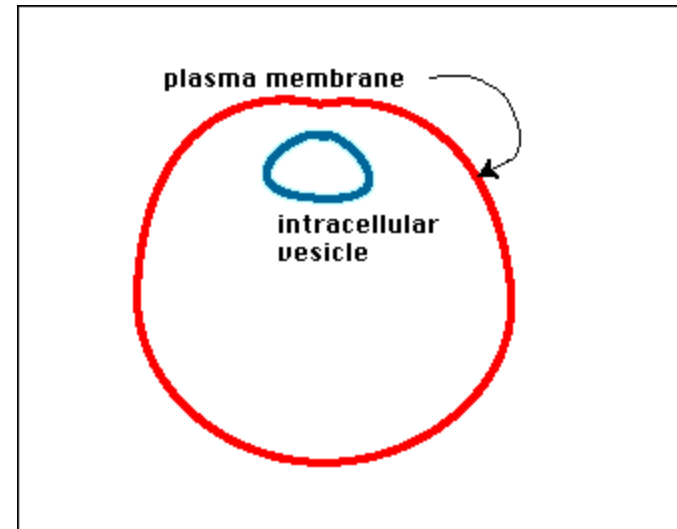
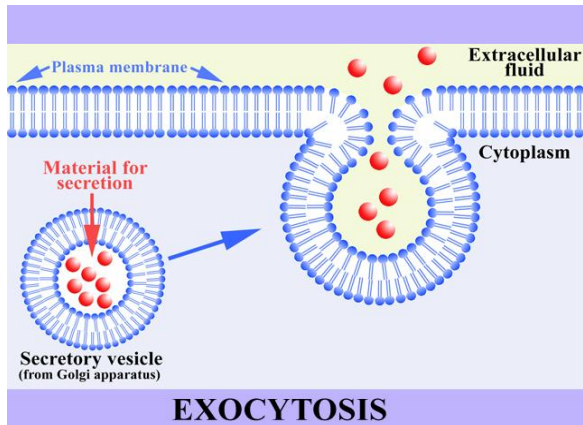
### Fagocitoza

- unošenje krupnih nerastvorenih materija unutar ćelije



# Egzocitoza

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



## Vizuelna dijagnoza

1. prema vizualnim 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

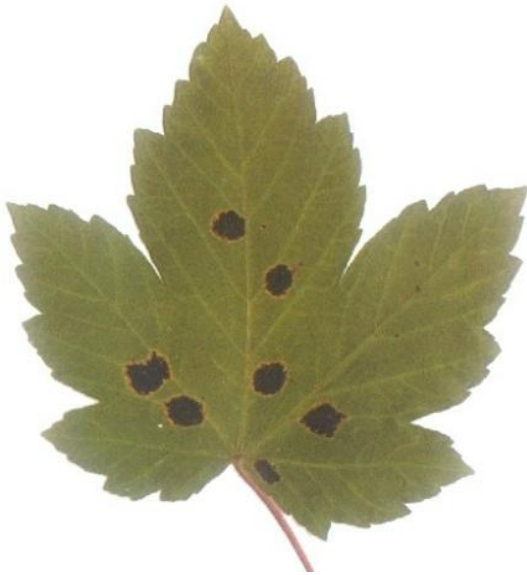
### *nepokretljivi elementi:*

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

4. ustanoviti da li su simptomi hlorotične ili nekrotične prirode



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

### Značaj azota

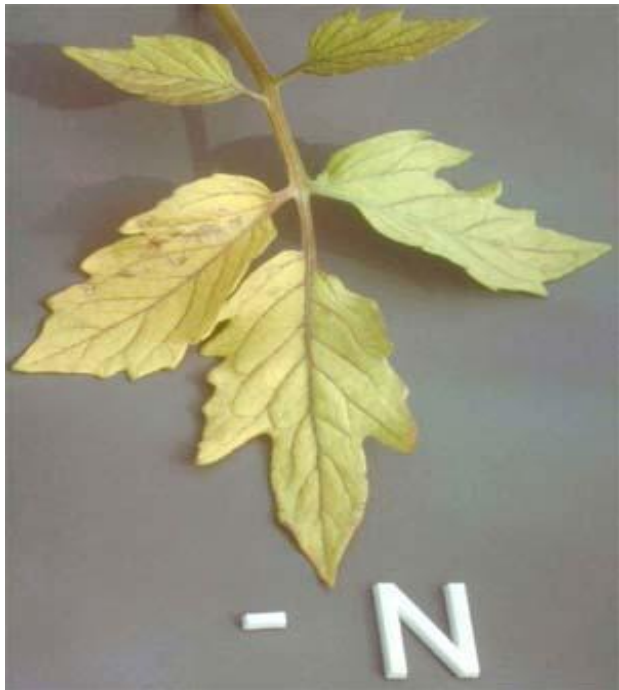
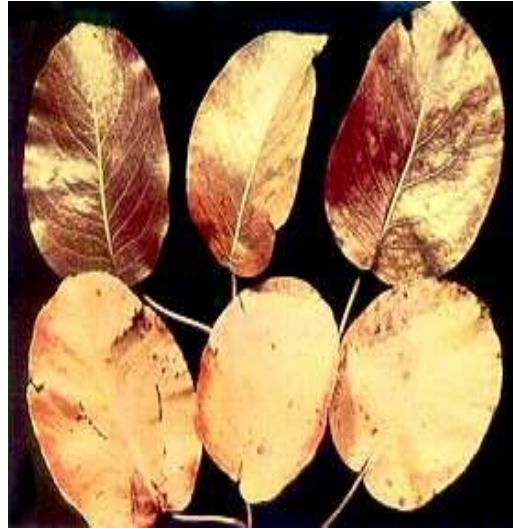
- konstitutivni element mnogih organskih jedinjenja (proteini, nukleinske kiseline..)
- sastavni dio hlorofila
- sastavni dio mnogih enzima i učestvuje u mnogim fiziološkim procesima u biljci
- primarni element koji učestvuje u izgradnji svih dijelova biljke

### 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:

- 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 žutu (manjak hlorofila)
- simptomi se prvo javljaju na starijem lišću



# FOSFOR

## 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 izgradnji membrana

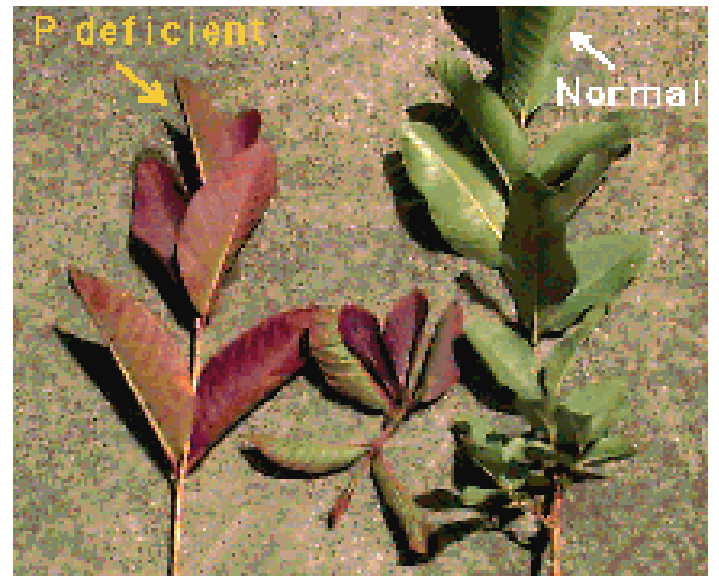
## Snabdijevanje biljke fosforom

- 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

## •SIMPTOMI:

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





# 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

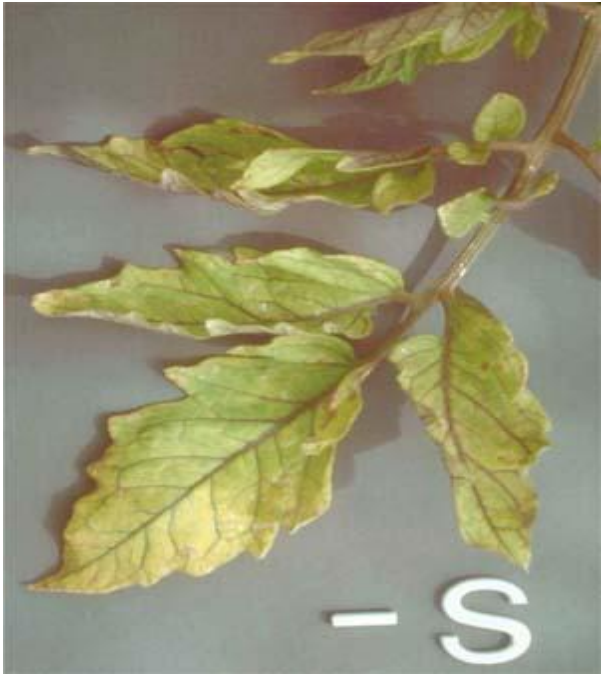
## Snabdijevanje biljke

- 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





# KALCIJUM

## Značaj kalcijuma

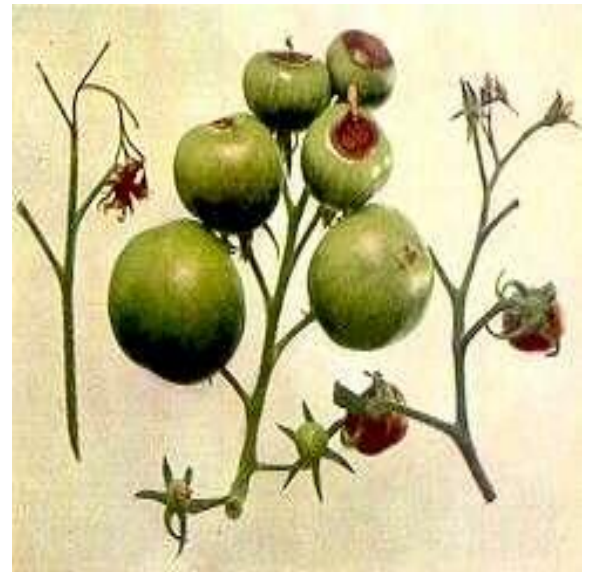
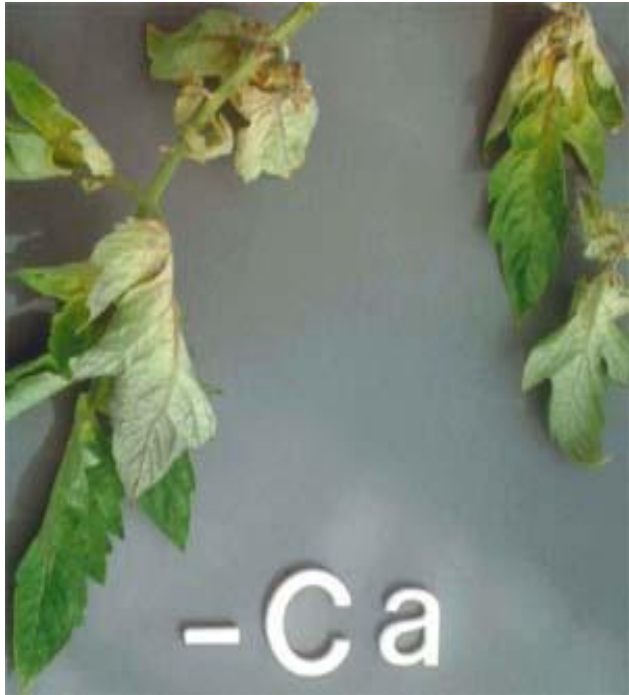
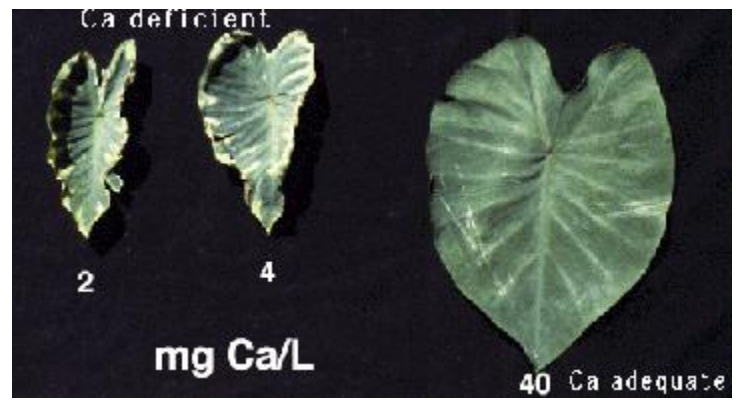
- Neutralizuje višak organskih kiselina stvarajući oksalate
- s pektinom gradi kalcij-pektinat koji služi kao neophodan materijal za jačanje primarnih membrana
- učestvuje u enzimatskim procesima metabolizma ugljenih hidrata
- **viskoznost** protoplazme i utiče na održavanje fizičko-kemijske strukture ćelije
- nužan za pravilno formiranje ploda

## Snabdijevanje biljke

- kalcijum se u zemljištu nalazi u vidu lako rastvorljivih soli (karbonata, sulfata, nitrata) i lako je pristupačan biljci ( $\text{Ca}^{2+}$ )
- *slabo mobilan* u biljci

## •SIMPTOMI:

- simptomi na listovima u vidu hloroze
- često su listovi naborani, krajevi lista okrenuti prema gore
- na plodovima karakteristične pjege



# MAGNEZIJUM

## Značaj magnezijuma

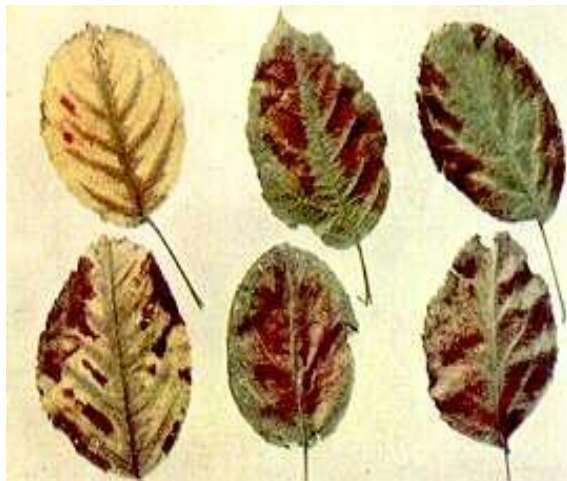
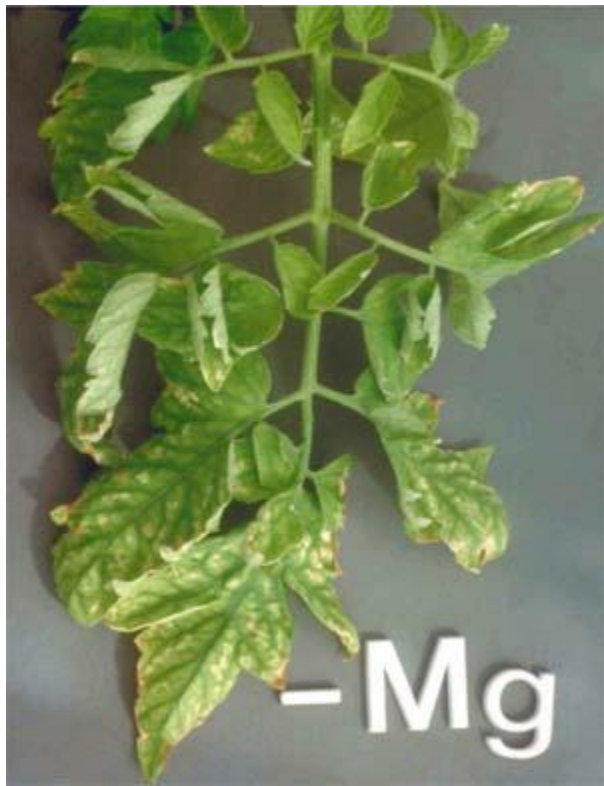
- sastavni dio hlorofila
- sastavni dio koenzima mnogih transferaza i ima značajnu ulogu u enzimatskim procesima
- učestvuje u izgradnji ćelijskih membrana kao magnezijev pektinat
- učestvuje u energetskim procesima u ćeliji (transport elektrona)
- uključen je u metabolizam azota, u sintezu i transport 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, kalijumovi 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 razasutih po cijelom listu
- plodovi ostaju mali





# ŽELJEZO

## Značaj željeza

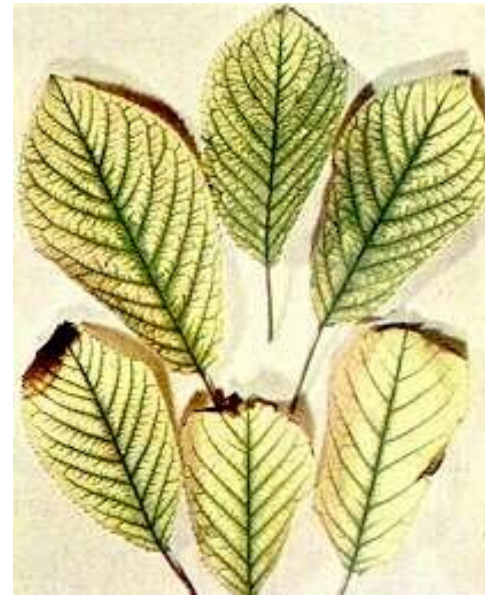
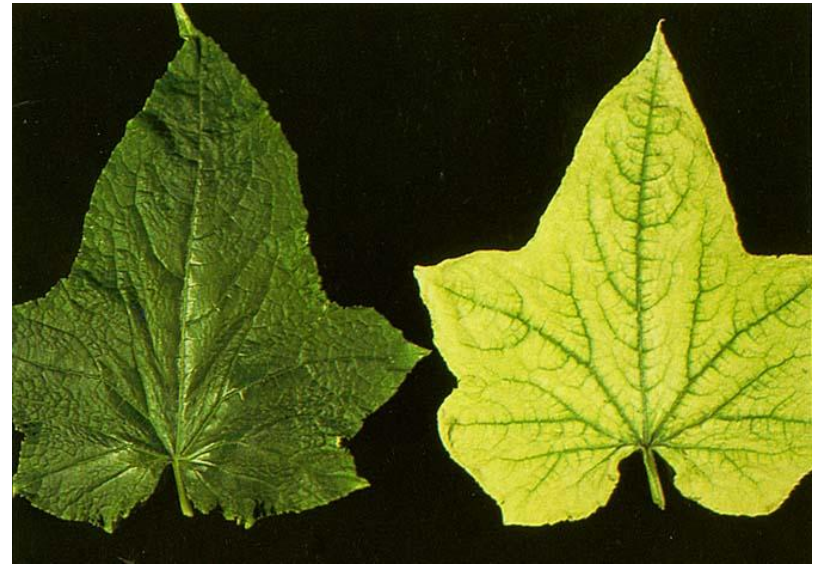
- Učestvuje u sintezi hlorofila
- ulazi u sastav mnogih oksidoreduktaza
- sastavni dio citohroma i ferodoksina (transport elektrona u fotosintetskom i respiratornom lancu)
- utiče na fiksaciju atmosferskog azota

## 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

## •SIMPTOMI:

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



# CINK

## Značaj cinka

- sastavni je dio koenzima mnogih dehidrogenaza i proteaza
- ulazi u sastav enzima karboksilaze
- stimulliše rast biljaka (pozitivno utiče na sadržaj *auksina* u biljci)
- pospješuje stvaranje skroba

## Snabdijevanje biljke cinkom

- biljka uzima cink u obliku dvovalentnog jona i helata
- slabo pokretan u biljci

### •Simptomi nedostatka:

- patuljast i rozetast izgled biljke
- hlorotične pjege na listu
- listovi dobijaju blijedozelenu boju



# **BOR**

## **Značaj bora**

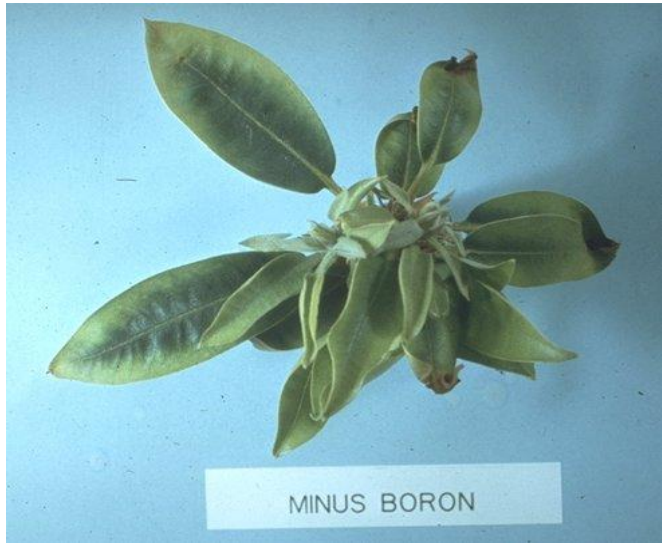
- bor sa šećerima gradi komplekse koji lakše prolaze kroz membranu
- učestvuje u sintezi nukleinskih kiselina i procesu aminacije organskih kiselina kao aktivator dehidrogenaza enzima
- neophodan element u procesu oprašivanja i oplodnje (formiranje polenove cijevi)
- uključen je u translokaciju Ca i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

## **•Snabdijevanje biljke borom**

- $H_3BO_3$  je dominantna forma bora iz koje biljka može apsorbirati bor
- u alkalnim zemljištima slabija je pristupačnost bora
- bor *je slabo mobilan* u biljci

## **•SIMPTOMI:**

- 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



# MANGAN

## 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 magnezijuma

## Snabdijevanje biljke manganom

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

## •Simptomi nedostatka:

- 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)





# 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*

*5. Cu u vodenoj sredini*

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

Na **pristupačnost Cu** utiče hemijska reakcija zemljišta i pristupačnost mu raste sa povećanjem kiselosti

Biljke ga usvajaju u obliku helata

***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



# HLOR

- Ubraja se u grupu mikroelemenata
  - Biljke aktivno usvajaju hlor kao jon Cl-
  - Nalazi se u lišću, vakuolama, utiče na osmoregulaciju i otvaranje stoma, održavanje jonske ravnoteže i usvajanje drugih elemenata, membranski transport
  - Zajedno sa Mn učestvuje u fotolizi vode
- 
- Simptomi nedostatka** hlora se rijetko javljaju u prirodnim uslovima
  - Suvišak hlora** dovodi do porasta turgora i smanjenje transpiracije, pojave sitnih i deformisanih listova

## KORISNI ELEMENTI

**Kobalt Co** – 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

**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 zemlj. je slobodan ispod pH5.5