

**Teški metali – Zagadivači životne
sredine, fiziološke adaptacije biljaka**

Teški metali – zagađivači životne sredine

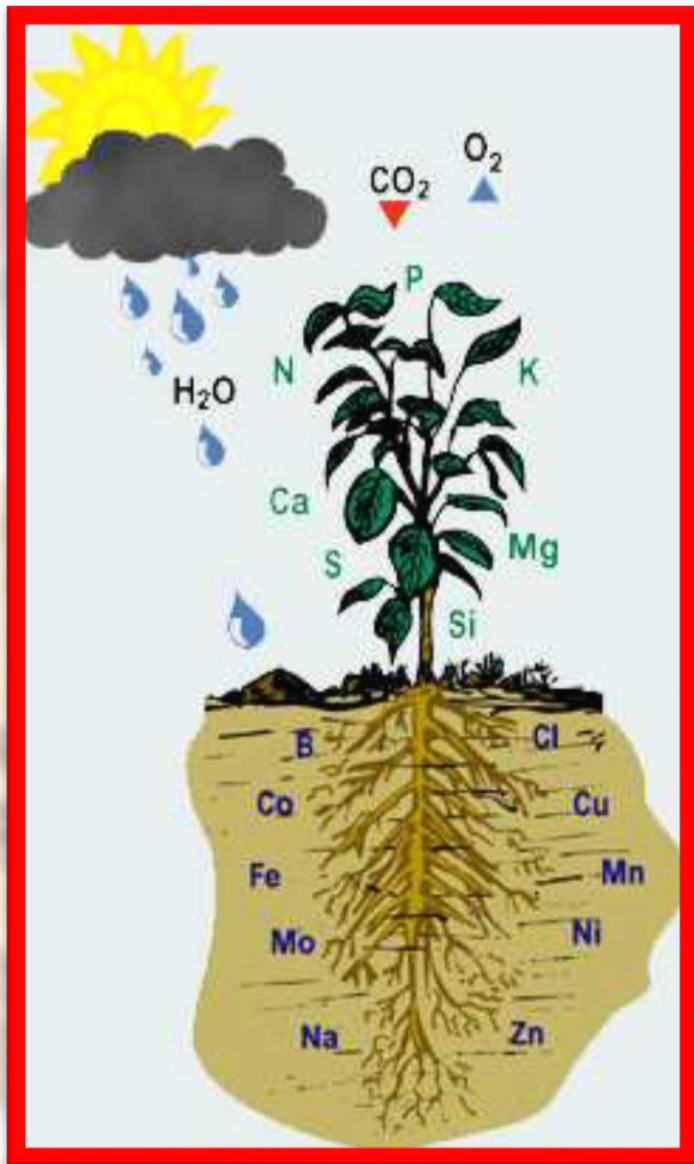
- **teški metali** elementi čija je gustina atoma veća od 5 g/cm
- **Zagađenje...**

... u širem smislu se može definisati kao unošenje elemenata, supstanci ili energije u životnu sredinu u nivoima koji narušavaju funkcionisanje i ravnotežu datog staništa, odnosno predstavljaju rizik za živa bića koja su direktno ili indirektno povezana sa tom životnom sredinom

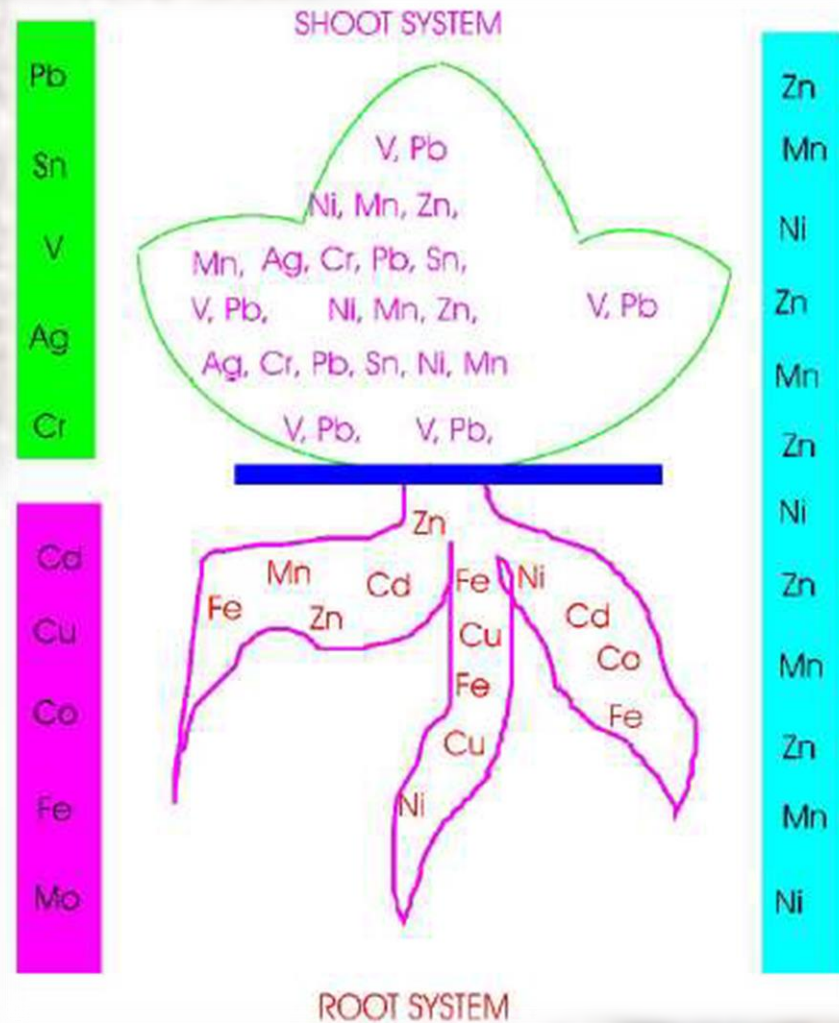
... u užem, praktičnom smislu, zagađenje je kada u nekom staništu određeni zagađivač prelazi granice propisane odgovarajućim zakonskim regulativama važećim za dato područje

Teški metali – zagađivači životne sredine

- neki su u manjim koncentracijama neophodni za optimalno rastenje i razviće biljaka (**Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Co i Mo**); štetno dejstvo i pri veoma niskim koncentracijama - (**Cd, Pb, Hg, Cr**)
- Porijeklo: prirodni litogeni i pedogeni procesi, **antropogeno porijeklo**
- **Posljedice:** trajne degradacije, redukcije prinosa biljaka i lošeg kvaliteta poljoprivrednih proizvoda, *čime se direktno ugrožavaju ljudi, životinje i ekosistem*
- ova zagađenja posledica su prisustva metala i metaloida kao što su: **As, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Hg, Se, Ag, Zn, Al, Cs, Co, Mn, Mo, Sr, U**



Prvenstveno se usvajaju korjenom



Raspored u biljnim tkivima

ANTROPOGENI IZVORI

**SAOBRAĆAJNA
SREDSTVA (Cd, Pb)**

**ORGANSKA I
MINERALNA
ĐUBRIVA (Cd,
Cr, Ni)**

**RUDNICI I
TOPIONICE METALA**

**METALNE
INDUSTRIJA**

**URBANI
OTPAD**

**TEŠKI
METALI**

**PEDOGENI PROCESI: 1. OSLOBAĐANJE METALA IZ MATIČNOG
SUPSTRATA**

**2. TRANSLOKACIJA I AKUMULACIJA SASTOJAKA
ZEMLJIŠTA KOJA ADSORBUJU METALE**

Uticaj teških metala na biljke

- Zavisi od niza faktora
- **1. Narušavanje normalnog toka metaboličkih procesa**
- **2. Narušavanje strukture karboksilnih kiselina i proteina**
- **3. Istiskivanje neophodnih elemenata**
- **4. Stimulisanje formiranja slobodnih radikala i reaktivnih derivata kiseonika**
- **Primarni efekti različiti, sekundarne posledice slične (fiziološki, anatomski i morfološki poremećaji)**

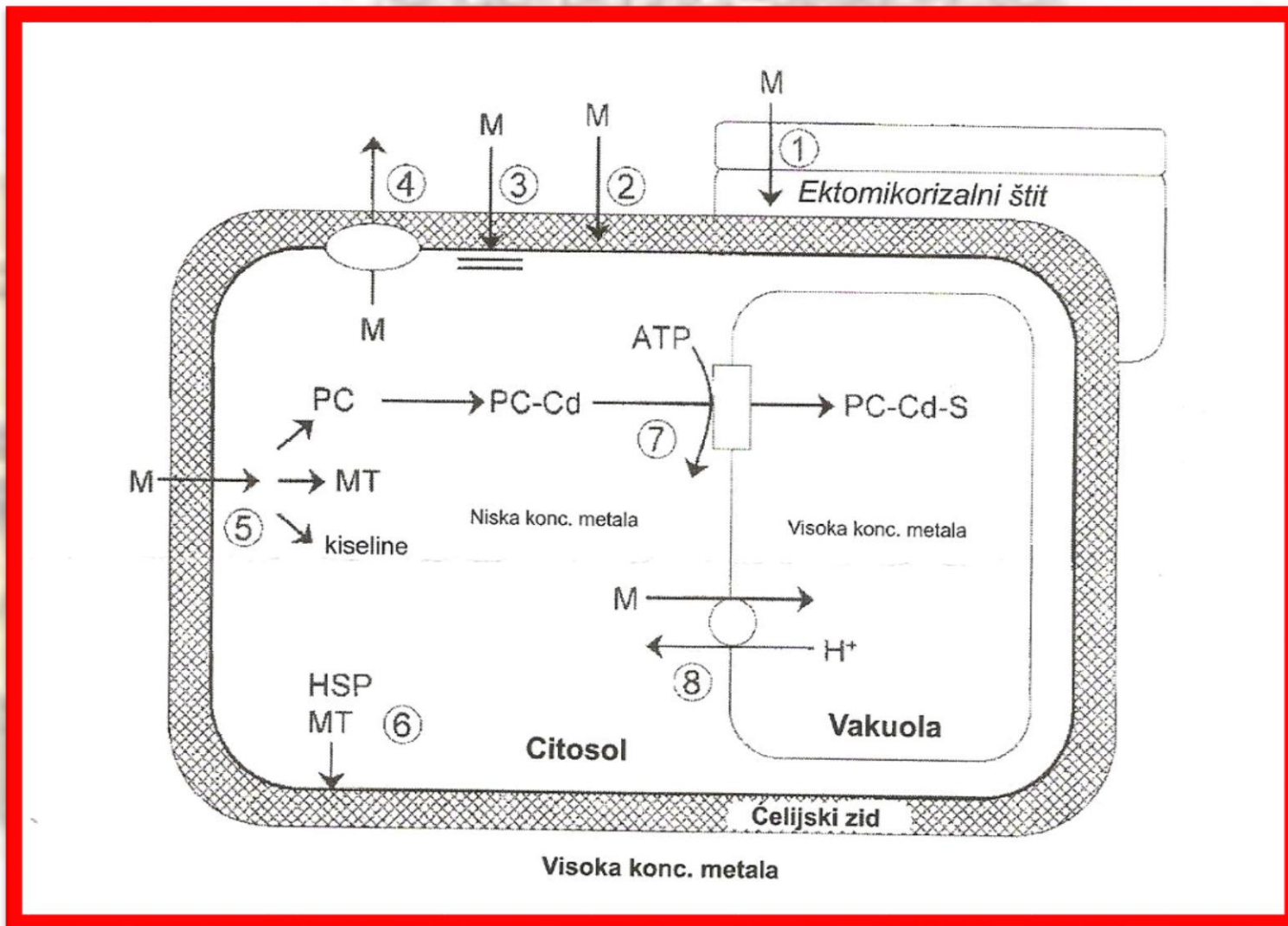
Primarno djelovanje

- Promjena permeabiliteta ćelijskih membrana
- Zamjena biogenih jona
- Ireverzibilno vezivanje za metabolički aktivne grupe (-COOH, -NH₂, -NH, -SH, -HPO₃)
- Konkurencija za mjesto vezivanja sa neophodnim metabolitima

Anatomske i fiziološke promjene

- **DESTRUKTIVNO DEJSTVO NA HLOOROPLASTE**
- **POREMEĆAJI U METABOLIZMU FITOHROMA**
- **SMANJUJU INTEZITET FOTOSINTEZE KROZ INHIBICIJU TRANSPORTA ELEKTRONA**
- **INHIBITORNO DEJSTVO NA RAST**
- **REDUKUJU USVAJANJE VODE**
- **U VELIKIM KOLIČINAMA UTIČU NA STRUKTURU I FUNKCIJU RIBOZOMA I SMANJUJU SINTEZU PROTEINA**
- **SLABIJI RAST KORIJENA I SLABIJE GRANANJE**
- **HLOOROTIČNE I NEKROTIČNE PJEGE NA LISTOVIMA**

Mehanizmi zaštite i adaptacije biljaka na stres izazvan teškim metalima



Mehanizmi zaštite i adaptacije biljaka na stres izazvan teškim metalima

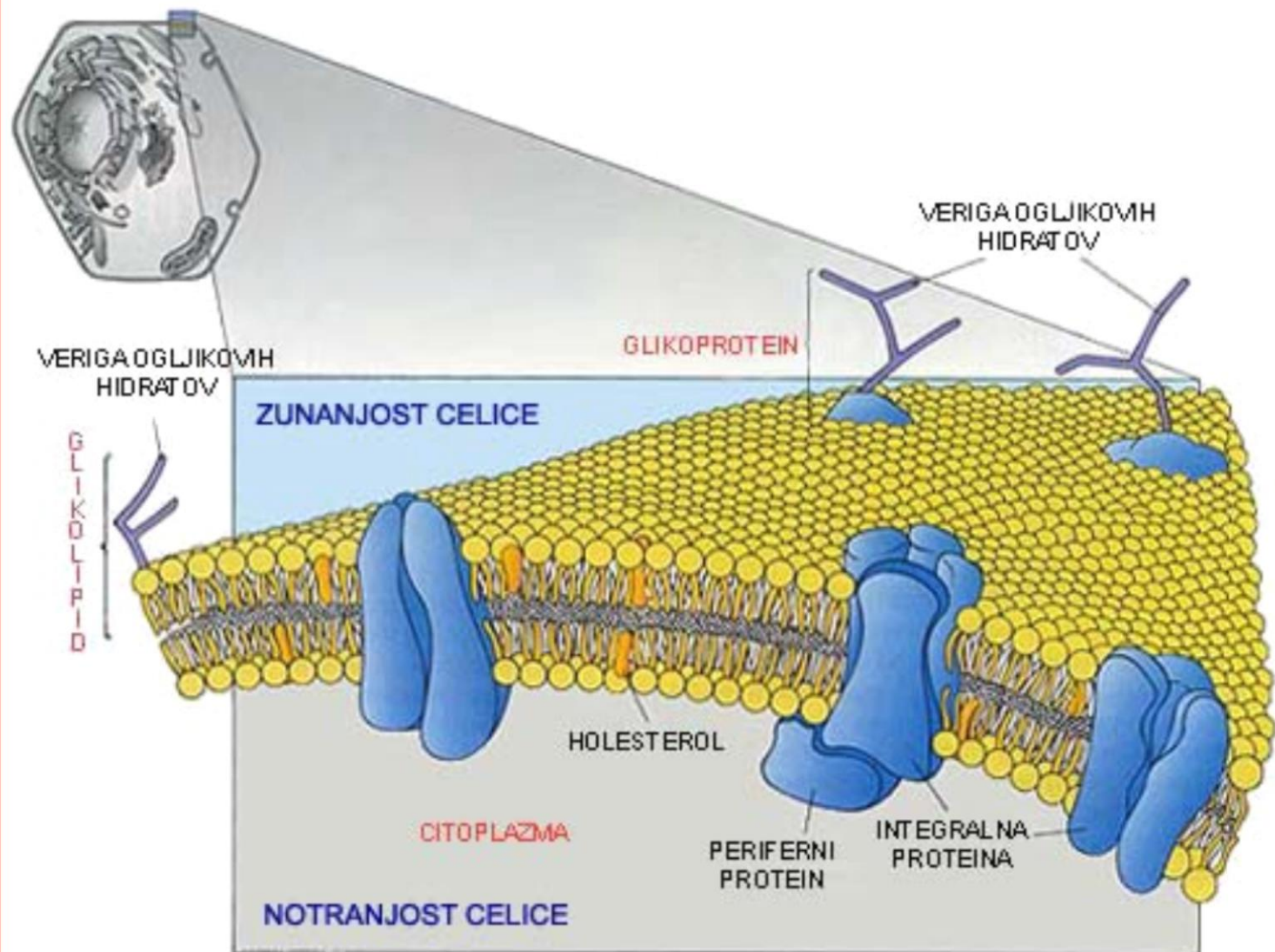
1. Ektomikorizno ograničavanje kretanja metala ka korijenu
2. Vezivanje metala za ćelijski zid i korjenske izlučevine
3. Reduktivno usvajanje kroz ćelijsku membranu
4. Aktivno izbacivanje u apoplast
5. Stvaranje helata metala u citosolu različitim ligandima
6. Oporavak i zaštita ćelijske membrane od stresa izazvanog teškim metalima
7. Transport PC-Cd kompleksa u vakuolu
8. Transport i akumuliranje teških metala u vakuololi

Mehanizmi zaštite i adaptacije biljaka na stres izazvan teškim metalima

- **Ektomikorize** – ograničavanje pokretljivosti teških metala ka korjenu biljke: apsorpcija metala hifama gljiva, smanjen pristup metala apoplastu biljke usled hidrofobnosti „barijere“ koja se formira prisustvom gljiva, želatiranje (helatiranje) metala gljivičnim izlučevinama i adsorpcija na spoljašnjem dijelu micelijuma
- **Vezivanje teških metala za ćelijski zid i korjenske izlučevine** – adsorpcija metala na ćelijski zid; korjenske izlučevine mogu da povećaju i da smanje usvajanje metala, metal+korj.izlučevina=neutralni kompleks

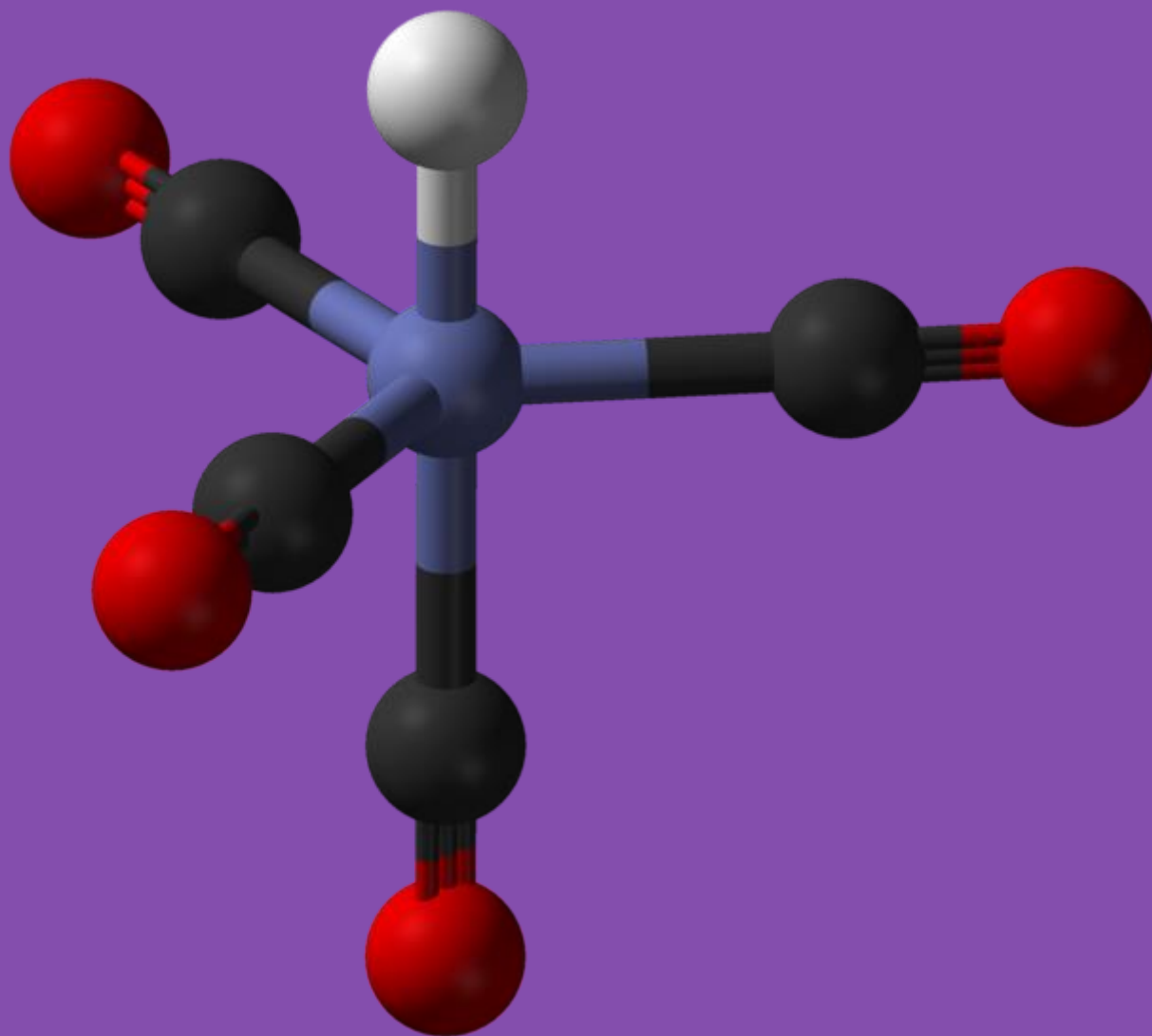
Mehanizmi zaštite i adaptacije biljaka na stres izazvan teškim metalima

- Reduktivno usvajanje kroz ćelijsku membranu – teški metali narušavaju transport drugih jona zbog: oksidacije proteina, ukrštenog povezivanja proteinskih tiol grupa (P-SH), inhibicije ključnih membranskih proteina kao što je protonska ATP-aza ili promjene u sastavu i fluidnosti lipidne komponente membrane
- Tolerancija ćelijske membrane na povišene koncentracije teških metala podrazumjeva zaštitu integriteta membrane od štetnih promena koje dovode do povećanog ulaska toksičnih jona i drugih materija u ćeliju (malo dokaza)
- Inhibiranje transporta određenog metala



Mehanizmi zaštite i adaptacije biljaka na stres izazvan teškim metalima

- **Aktivno izbacivanje u apoplast** – specifični proteinski transporteri, potvrđeno u malom broju slučajeva
- **Proteini temperaturnog šoka** – štite i stabilizuju membranu
- **Stvaranje helata metala u citosolu različitim ligandima** – važan mehanizam detoksikacije i tolerancije na teške metale; ligandi – AK, organske kiseline, dvije klase peptida – fitohelatini i metalotionini
- **Vakuolarna izolacija** – dobro dokumentovana za Cd, u vakuoli se nakupljaju fitohelatini koji stvaraju stabilan, netoksičan kompleks



Uticaj teških metala na akumulaciju azota, kalijuma i fosfora u biljnom organizmu

- Remete ravnotežu u mineralnoj ishrani (posebno Cd i Pb): kompeticijom redukuju usvajanje nutrijenata, oštećuju ćelijske membrane korjena, izmjenjuju aktivnost ATP-aza, gubljenje jona osnovnih nutritijenata iz oštećenih korjenova
- Postoji specifičan uticaj različitih metala

...na fotosintezu, disanje i transpiraciju

narušavanjem
strukture
kloroplasta

Cd, Ni, Pb

enzime

biosinteze
klorofila...

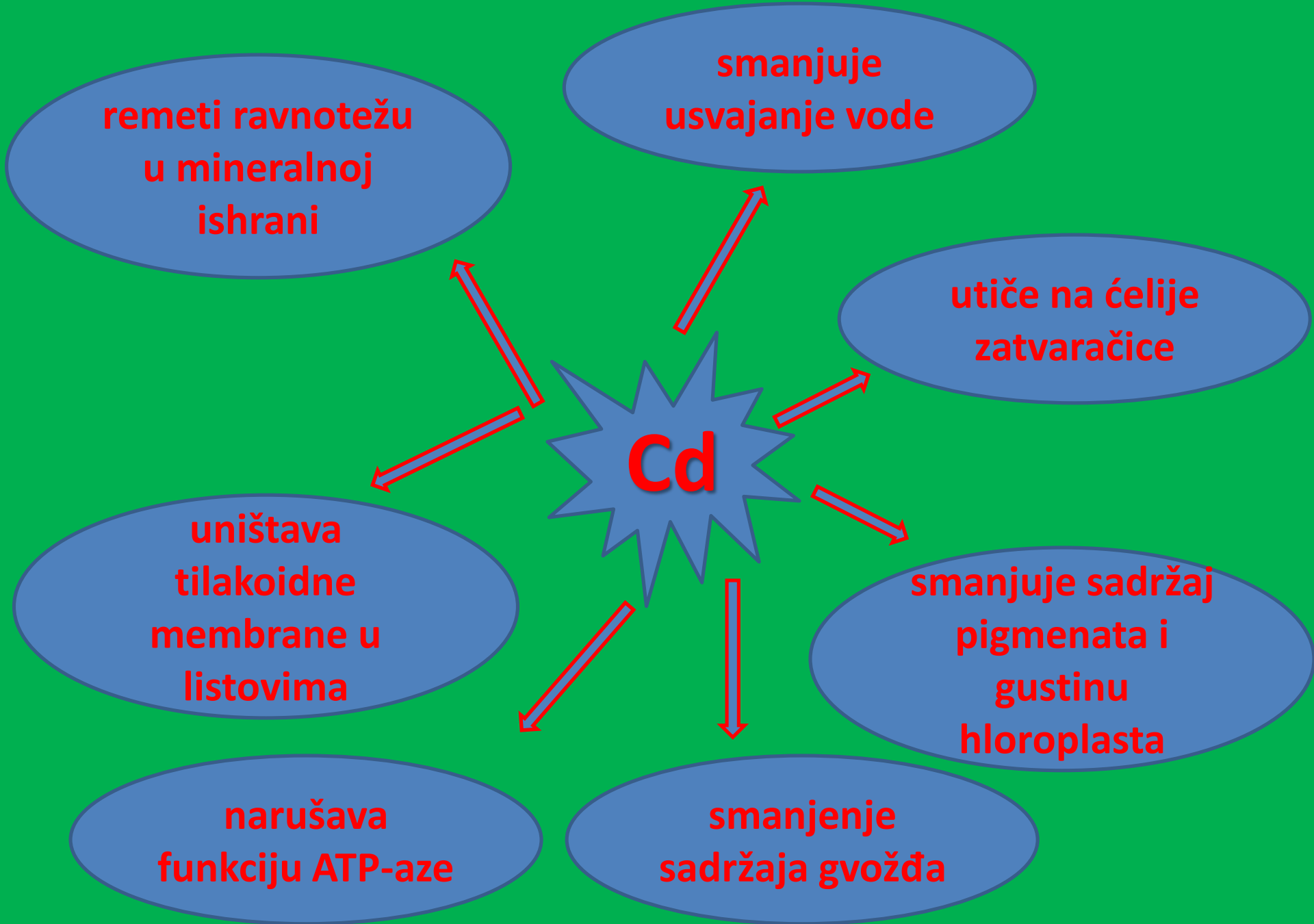
destruktivno
djelovanje na
pigmentproteinske
komplekse

usvajanje CO₂

...karotenoida
i plastohinona

**transport
elektrona**

fotooksidaciju
vode



...na sadržaj nitrata i aktivnost nitrat reduktaze

- Transport nitrata odvija se velikom mjerom preko ATP-aznih transportera, osjetljivih na teške metale koji se vezuju za SH grupe ATP-aze
- Narušavaju polarizaciju membrane, protonski protok, selektivnost u usvajanju pojedinih elemenata
- Cd, Ni, Pb (grašak, pšenica) \longrightarrow smanjeno usvajanje i translokacija nitrata (u kompeticiji sa nitratima) dovodi do smanjenja aktivnosti nitrat reduktaze

Prolin kao indikator stresa izazvanog teškim metalima

- Akumulacija prolina u pojedinim djelovima biljaka vezuje se za osmoregulaciju u uslovima vodnog stresa
- Nakupljanje prolina može biti i biomarker za stres izazvan teškim metalima; Cd, Ni, Pb
- U prisustvu teških metala prolin ima ulogu stabilizatora osmotskih uslova
- Akumulacija prolina genski regulisani proces, pri kome dolazi do ekspresije gena koji regulišu njegovu sintezu i depresije onih koji utiču na njegovu degradaciju

Fitoremeditacija

- ...proces prečišćavanja životne sredine korištenjem biljaka i mo u njihovoj korjenskoj zoni
- ova tehnologija podrazumjeva korišćenje prirodnih procesa kojima biljke i njihova mikrobiološka rizosfera uklanjaju, premještaju, stabilizuju, izoluju ili razgrađuju organske i neorganske zagađivače u zemljištu, sedimentu, vodi ili vazduhu

Metalofite

- Biljke adaptirane na zemljišta bogata teškim metalima
- Genetički determinisano, ali može da bude i adaptivno stimulirano
- ...mogu akumulirati znatne količine teških metala i do 1000 puta više od količine neophodnih mikroelemenata
- **Toksikofite** akumuliraju izuzetno štetne hemijske elemente (arsen ili selen): *Calluna vulgaris*, *Astragalus racemosus*