



***EKO FIZIOLOGIJA
BILJNA***

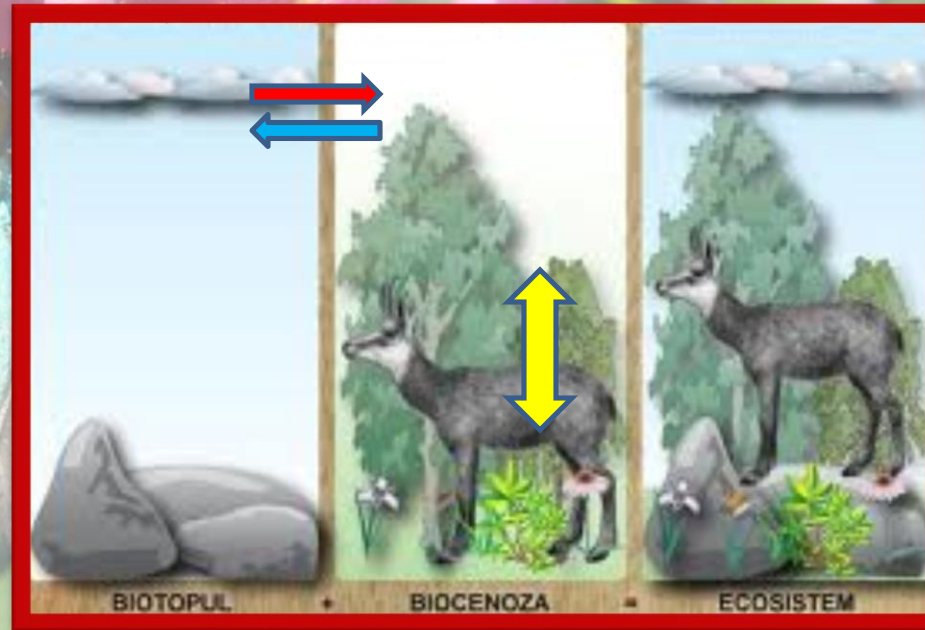
prof.dr. Danka Čaković

Biljna ekofiziologija

- ***Biljna ekofiziologija je naučna disciplina koja proučava interakciju između biljaka i njihove okoline, povezujući biljnu fiziologiju s ekologijom.***
- Proučavanje zakonitosti djelovanja ekoloških faktora na pojedine fiziološke procese
- Biljna autekologija (opšta biljna ekofiziologija), Eksperimentalna biljna ekologija, Fiziološka ekologija, Biljna biofizika, Fiziologija stresa biljaka

Ponoviti...

- Ekološki faktori
- Biotop, biozenoza, odnosi u ekosistemu
- Ekološka valenca, kardinalne tačke
- Ekosistemi, biomi, biociklusi, biosfera
- Adaptacije, životne forme



Homeostazni mehanizmi

- Klimaks ekosistem – dinamička ravnoteža ili homeostaza
- Dublje promjene – sukcesije (primarne i sekundarne)
- Pri postizanju i održavanju ravnoteže (samoreprodukciji) ekosistema djeluju faktori regulacije po principu **feedback-a**
- **Pozitivan feedback (domino efekat) = smrt ekosistema**, ali istovremeno i pozitivna sila koja dovodi do sukcesije
- **Negativan feedback princip „termostata“**, (plijen-predator-plijen)
- **Važan princip djelovanja ekoloških faktora:** Prag djelovanja – optimum (saturacija) - inhibicija

Stres

- Biološki stres posljedica štetnih promjena u okolini
- Elastična i plastična biološka napetost (smanjene ili promjenjene biološke funkcije)
- Izbjegavanje stresa – morfološke ili fiziološke adaptacije u jednoj generaciji; tolerancija – morfološke ili fiziološke promjene stečene kroz više generacija
- Stresni faktori \longrightarrow alarm reakcija (postizanje stanja otpornosti) \longrightarrow stanje pražnjenja \longrightarrow smrt

A detailed diagram of a leaf cross-section. At the top, a sun is partially visible. A vertical line represents the midrib. A blue arrow points upwards from the bottom of the leaf towards the top, labeled 'VODA ULAZI U LIST' (Water enters the leaf). A purple arrow points downwards from the top of the leaf towards the bottom, representing the transport of photosynthetic products. The leaf is shown with various internal structures like veins and stomata. The text is overlaid in red, bold, italicized font.

***Ekofiziološki aspekti fotosinteze,
preživljavanje biljaka u uslovima
intenzivne osvjetljenosti, UV zračenja,
duboke sjenke; ekofiziološke odlike C4 i
CAM biljaka***

Uticaj zračenja na biljke

- Fotoenergetski efekat
- Fotobiološki efekat
- Fotodestruktivni efekat
- Toplotni ili termički efekat

Uticaj zračenja na biljke

- Apsorbpcija, refleksija, propuštanje
- **Apsorbpcija** slaba u kratkotalasnom dijelu spektra (kutikula, epidermis „ultraljubičasti filter„)
- Listovi apsorbuju 60 – 80 % bijele svjetlosti (380 – 760 nm), u zavisnosti od anatomske strukture
- Prihvatajući kvante energije fotoreceptori postaju fotohemijski aktivne supstance, koje indukuju ili usmjeravaju fotobiološke procese
- Hlorofili, Karotenoidi, Fitohrom, Kriptohrom

Fotoreceptori

- **Hlorofili, pigmenti hloroplasta**, apsorbuju oko 70% fotosintetički aktivnog zračenja u plavom i crvenom dijelu spektra – ekscitiran molekul, nestabilan
 1. prenosi na drugi molekul – do reakcionog centra jednog od fotosistema (inicijalna energija za fotosintetičke reakcije)
 2. izračuje
 3. otpušta u obliku toplote
- **Važne osobine:** apsorbovanu energiju mogu prenositi, mogu je se oslobađati, ili primiti energiju od drugih pigmenata (karotenoida)

Fotoreceptori

- **Karotenoidi, pigmenti plastida**, apsorbuju energiju u plavom dijelu spektra
 - pomoćni pigmenti
 - zaštitna funkcija (preuzimaju višak apsorbovane svjetlosti kraćih talasnih dužina, sprečavaju nastanak veoma aktivnih oblika kiseonika)
- **Fitohrom, pigment citoplazme**, receptor svjetlosti koja djeluje kao stimulus u fotomorfogenetskim procesima i fotoperiodskim reakcijama (neposredni svjetlosni podsticaj i promjena nivoa hormona – giberelini i citokinini)
- **Kriptohrom** - plava svjetlost (mahovine, gljive)


Uticaj zračenja na biljke

- Debeli listovi i oni koji sadrže veću količinu vode bolje apsorbiraju svjetlost od onih koji imaju dobro razvijenu kutikulu
- Refleksija – najviše u infracrvenom dijelu spektra; zavisi od oblika, debljine i položaja lista, njegovih površinskih struktura (kartiranje vegetacije)
- Propuštanje zračenja – tanki listovi do 40 %, neki listovi samo 3 %; najveće u tamnocrvenom i zelenom dijelu spektra

Fotobiološko i fotodestruktivno dejstvo

- Ogleda se u djelovanju **crvene** i **plave** svjetlostim na različite biološke procese:

FITOHROM

1. biosinteza
 2. Indukcija fotomorfogenetskih procesa (formativno dejstvo)
 3. Uticaj na fototropizam (orientaciono dejstvo svjetlosti) 
 4. Regulisanje fotoperiodskih reakcija
- Fotodestruktivno – ultraljubičasto ili iznenadno izlaganje izuzetno intenzivno bijeloj svjetlosti



Fotoenergetsko djelovanje zračenja

- Direktno iskorištavanje u procesu fotosinteze (talasne dužine 400-700 nm) \longrightarrow hemijska energija ugljenih hidrata i drugih organskih jedinjenja
- U ćelijama asimilacionog parenhima (hloroplasti), svijetla i tamna faza, difuzija CO_2 i O_2
- Adaptacija biljaka životnom formom, morfo-anatomskim strukturama, **fiziološko-biohemijske adaptacije fotosintetskih reakcija** (način fiksacije CO_2) – odgovor na uslove sredine na toplim, intenzivno osvjetljenim i sušnim staništima

C4 i CAM biljke

- Tri različita metabolička puta vezivanja CO_2 , **C3** (3-fosfoglicerat), **C4** i **CAM** – DVOSTEPENA ASIMILACIJA CO_2 , pomoću 2 različita enzima
- Odvija se inicijalna fiksacija ugljen-dioksida pomoću enzima PEP-karboksilaze I (fosfoenolpiruvat karboksilaza) i povećava njegova koncentracija na mjestu (u vrijeme) konačne fiksacije uz enzim ribuloza-1,5-bifosfat-karboksilaze-oksigenaze (**Rubisco**) II
- Kao produkti nastaju jedinjenja sa 4 C atoma – C-4 kiseline

C4 biljke

1. Fiksacija ugljen dioksida
u ćelijama mezofila (PEP
karboksilaza)

2. Konačna fiksacija u
ćelijama parenhimske sare
oko provodnih snopića
(**Rubisco**)

**OBA ENZIMA AKTIVNA ISTOVREMENO, ALI NA
RAZLIČITIM MJESTIMA**

CAM BILJKE

1. Fiksacija ugljen-
dioksida u ćelijama
mezofila (PEP
karboksilaza)

Nastaju C4 kiseline koje se odlažu u vakuole

2. Oslobađanje iz
kiselina i definitivna
fiksacija (**Rubisco**)

**OBA ENZIMA AKTIVNA NA ISTOM MJESTU, ALI U
RAZLIČITO VRIJEME**

C4 i CAM biljke

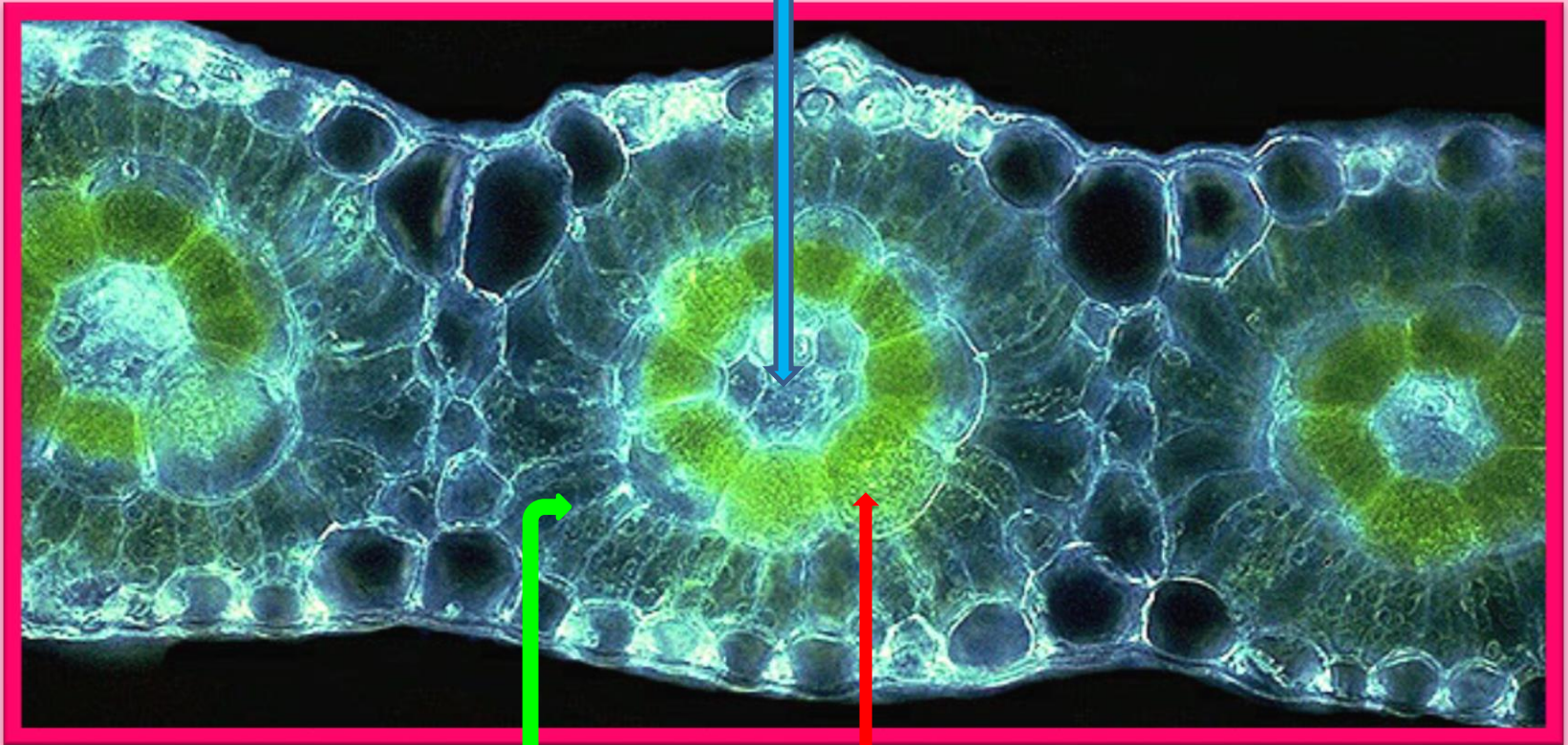
- *...su rasprostranjene...???*
- **Fotosintetička efikasnost; Fotorespiracija** - događa se na svjetlosti, uz usvajanje kiseonika i otpuštanje ugljen-dioksida, raste parcijalni pritisak kiseonika (konkurentan za ribulozo bifosfat) što **inhibira fotosintezu**
- C3 i C4 biljke – dvostepena fiksacija CO₂, slaba difuzija gasova tokom dana **→** kompetitivna prednost u odnosu na C3 biljke (pri intezivnom zračenju gube i do 20 % fiksiranog CO₂)
- Među C3 biljkama značajne razlike
- **Fotosintetički kapacitet**

Ekofiziološke odlike C4 biljaka

- Specifična anatomska građa lista: **ćelije mezofila** u kojima se odvija inicijalna fiksacija CO₂ (PEP) kružno usmjerene ka parenhimskim ćelijama sare provodnih snopiće, imaju sitne hloroplaste i u njima nastaju **C4 kiseline** → u krupne ćelije **parenhimske sare** koje kao vijenac obavijaju provodne snopiće, imaju krupne hloroplaste agranalnog tipa. U ovim ćelijama kiseline se dekarboksilizuju i CO₂ uključuje u Kalvinov ciklus (Rubisco)
- Efikasno prihvatanje CO₂ na dva mjesta
- Efikasno fiksiranje PEP-karboksilazom „**zamka za CO₂**“

Vjenačna ili kranc (kranz) anatomija lista

provodni snopić



ćelije mezofila

ćelije parenhimske sare

Ekofiziološke odlike C4 biljaka

- Štedljiva upotreba vode; više energije za predhodnu fiksaciju, ali manje za fotorespiraciju; visoka kompezaciona tačka za svjetlost, ali manja za CO_2
- „zamka za CO_2 “ bolji i veći prinos organske supstance → C4 biljke ili ekotipovi u poljoprivrednoj selekciji, šumarstvu (*Oryza sativa*, *Zea mays*, *Saccharum officinarum*...)
- C4 biljke 5% ukupnog broja, centri diverziteta tropski predjeli, **zeljaste forme** (*Poaceae*, *Cyperaceae*, *Euphorbiaceae*)
- Odgovor na smanjenje CO_2 u uslovima sve toplije i suvlje klime

Ekofiziološke odlike C4 biljaka

- Duž klimatskog gradijenta, toplije → hladnije, smjena C4 biljaka C3 biljkama; sezonska smjena u umjerenim oblastima
- Prelazni C3-C4 oblici, ili fakultativne C4 biljke; *Alloteropsis semialata* ekotipovi
- Alternacija na istoj biljci tokom različitih stadijuma razvića
- Vodene biljke , kada dolazi do promjene opštih uslova na njihovom staništu (isušivanje bara il priobalnog dijela jezera) C3 → C4
- Listovi C4 biljaka manje ukusni za herbivore



Elodea canadensis

Ekofiziološke odlike CAM biljaka

- Pustinje, mediteranski kamenjari, slatine
- Noćna asimilacija CO_2 i odlaganje u vidu C_4 kiselina u vakuolu odakle ga tokom dana koriste u fotosintezi – adaptivni mehanizam za prevazilaženje suše; prednost CAM biljaka u ekonomisnju vodom
- Anatomske adaptacije: vodeni parenhim, velike vakuole, listovi redukovani u bodlje, dobro razvijena kutikula, mali broj stoma i njihovo otvaranje tokom noći
- Mala produktivnost, posebno kod onih čije stome ostaju zatvorene i tokom noći (do 100 dana!) zbog nepovoljnih okolnosti na staništu

Ekofiziološke odlike CAM biljaka

- Najčešća životna forma žbunoliki oblici sa malom podzemnom biomasom i ogromnom nadzemnom biomasom
- Prvi produkt fiksacije CO_2 **oksalosirćetna k.** koja se redukuje u **jabučnu k.** i ova se odlaže u vakuole (**tokom noći**); dekarboksilacija jabučne **→** CO_2 koji se uključuje u Kalvinom ciklus (**tokom dana**) = **dnevno (oko 7)-noćna (oko 3-5) variranja pH**
- Kiseli metabolizam krasulacije; „**C**rassulacean **A**cid **M**etabolism“

Ekofiziološke odlike CAM biljaka

- Više od 20000 vrsta – *Agavaceae*, *Liliaceae*, *Bromeliaceae*, *Orchidaceae*, *Cactaceae*, *Crassulaceae*, *Euphorbiaceae*, *Geraniaceae*, *Portulacaceae*; epifite
- Obligatne CAM biljke (većina kaktusa); rijetko u zoni umjerene klime
- Fakultativne CAM biljke – u uslovima ekstremne suše ili visokog saliniteta, u slučaju boljeg snadbijevanja vodom C3 (*Sedum acre*, *Jovibarba heufelii*).
- Stablo CAM metabolizam, listovi C3 (listopadna vrsta *Frerea indica*)
- C4 → CAM u stresnim, sušnim uslovima
- Neke vodene biljke CAM = **funkcionalna konvergencija** (*Isoetes howellii*, *Litorella uniflora*)



Mesembryanthemum crystallinum



kaktus



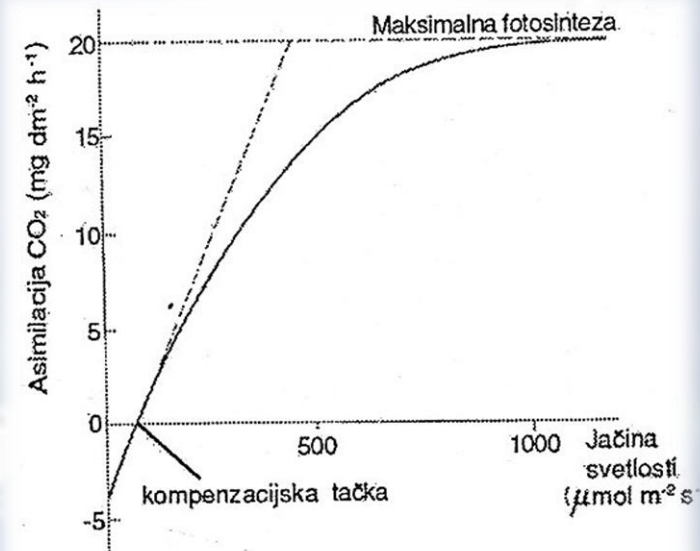
Portulaca oleracea



Frerea indica

Uticaj spoljašnjih faktora na intezitet fotosinteze (svjetlost)

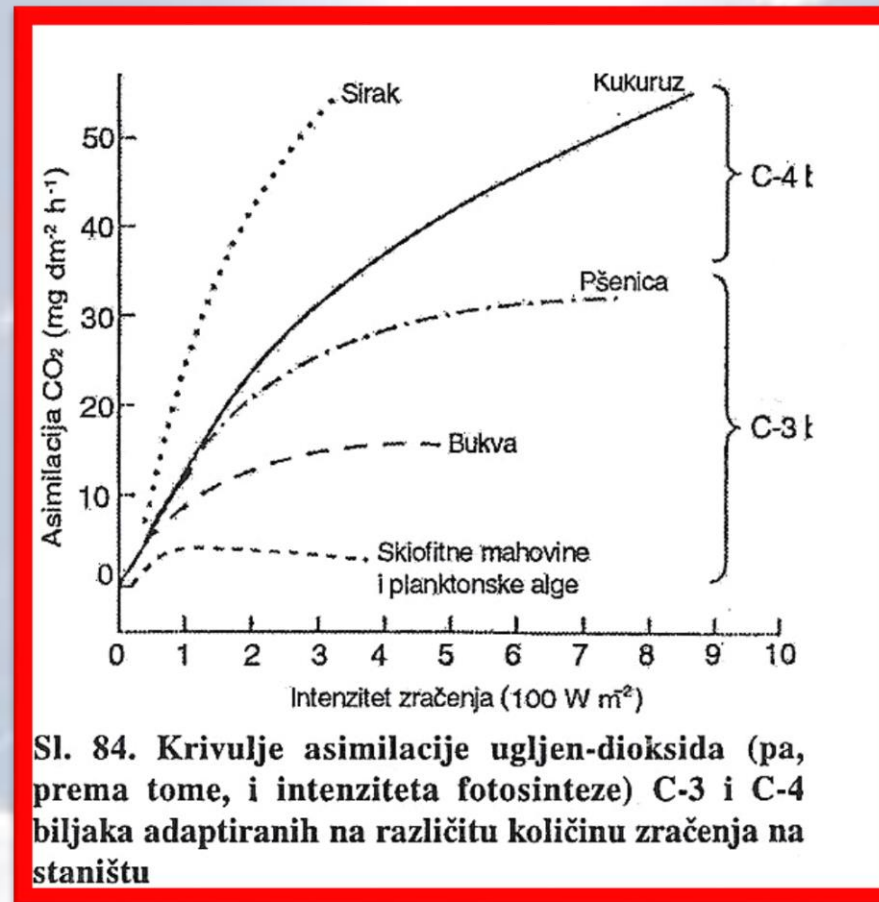
- Svjetlost, CO_2 , H_2O , mineralni elementi; opšte stanje biljke
- Intezitet fotosinteze proporcionalan jačini svjetlosti sve dok neki drugi faktor ne ograniči njen dalji rast
- Povećanje inteziteta svjetlosti nakon „tačke zasićenja“ ne dovodi do rasta fotosinteze zbog ograničenog kapaciteta enzima (neiskorišten CO_2), nedovoljno brz transport obrazovanih org.jedinjanja



Sl. 83. Pri određenom intenzitetu svjetlosti na staništu biljke dostižu kompenzacijsku tačku svjetlosti pri kojoj je neto-fotosinteza jednaka nuli, jer je to moment u kojem se izjednačava količina primljenog i otpuštenog ugljen-dioksida. Na dijagramu je to mesto na kojem krivulja asimilacije ugljen-dioksida preseca apscisu

Uticaj spoljašnjih faktora na intezitet fotosinteze (svjetlost)

- C3 – hiperbolični rast, izražen plato, povećanje svjetlosti može dovesti do oštećenja fotosintetičkog aparata
- Razlika između skiofita i heliofita (visoka komp tačka)
- Puna dnevna svjetlost – oštećenje fotosintetskog aparata
- C4 visoka kompezaciona tačka, gotovo da nema platoa



Uticaj spoljašnjih faktora na intezitet fotosinteze (CO₂, temperatura)

- Intezitet fotosinteze se povećava sa rastom CO₂, u saglasnosti sa određenim svjetlosnim uslovima (posebno C3 biljke)
- Temperatura prije svega utiče na enzimske reakcije; opšte pravilo – pri dovoljnoj svjetlosti i količini CO₂ fotosinteza se povećava sa porastom temp. do određene granice, zatim opada
- Kardinalne tačke – mogu varirati s obzirom na adaptivne mogućnosti biljke
- **Kompezaciona tačka temperature**, najveća kod C4 biljaka

C3 biljke sjenke
minimum=-2-0°C
optimum=10-20°C

C3 biljke svjetlosti
minimum=-2-0°C
optimum=20-30°C

C4 biljke
minimum=5-7°C
optimum=iznad 30°C,
nekad blizu 50

Lišajevi postižu fotosintetički
optimum tokom niskih temp
na staništu

CAM
T mali uticaj na svjetlu fazu
minimum=-2-0°C

Najniža temperatura na
kojoj proces fotosinteze
još teče između - 2°C i
- 10°C (biljke tajge,
tundre)

Uticaj spoljašnjih faktora na intezitet fotosinteze (voda i mineralne materije)

- Voda gradivni materijal u procesu fotosinteze; presudna uloga u održavanju adekvatnog vodnog potencijala
- Pretjerani gubitak vode utiče na elektronski transport, biohemijske reakcije i aktivnost svih enzima; posebno osjetljive biljke sjenke
- Zemljište **siromašnog mineralnog sastava** smanjuje fotosintetski prinos; višak mineralnih elemenata, posebno teških metala narušava ili zaustavlja proces fotosinteze
- Mineralni elementi ugrađeni u enzime, pigmente; **azot**, **magnezijum**, gvožđe – u sastav strukturnih i energetskih komponenti fotosintetičkog aparata; ATP

Ekofiziološke adaptacije biljaka sjenke

- Jednogodišnje ili višegodišnje zeljaste biljke
- Efikasno apsorbuju malu količinu svjetlosti, a organska jedinjenja najviše ulažu u nove fotosintetske organe; raspored listova
- Adaptivne promjene: ukupna aktivnost fotosintetičkog aparata i anatomska struktura organa
- **Problem:** kako održati pozitivni balans C u uslovima nedovoljne osvjetljenosti **Riješenje:** brzo postizanje kompezacione tačke i svjetlosnog zasićenja
- Nizak intezitet metaboličkih procesa = nizak rast
- Najčešće C3 biljke (ekotipovi u odnosu na svjetlost, npr. *Solidago virgaurea*)



Circea lutetiana



Paris quadrifolia

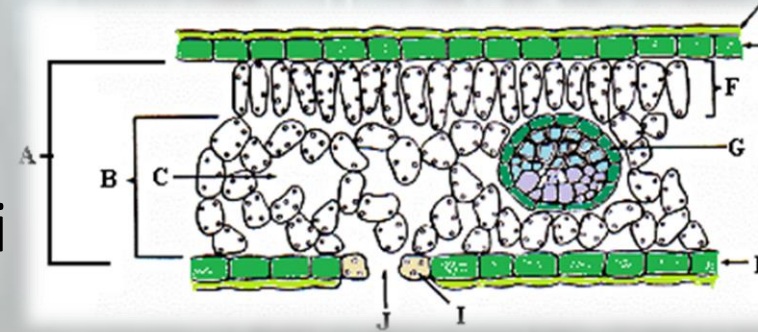
Ekofiziološke adaptacije biljaka sjenke

Skjomorfni strukturni oblik

Stablo malog prečnika, slabo granato, duge internodije, malo listova koji su široki, cijeli, bez kutikule i dlaka, slabo razgranata nervatura, tanki (nekad se mezofila sastoji samo od 1-2 sloja sunderastog tkiva); oko listova debeo i stabilan granični sloj vazduha

Hloroplasti malobrojni, ali krupni,

tilakoidi usmjereni u različitim pravcima; više hlorofila nego heliofite (b)

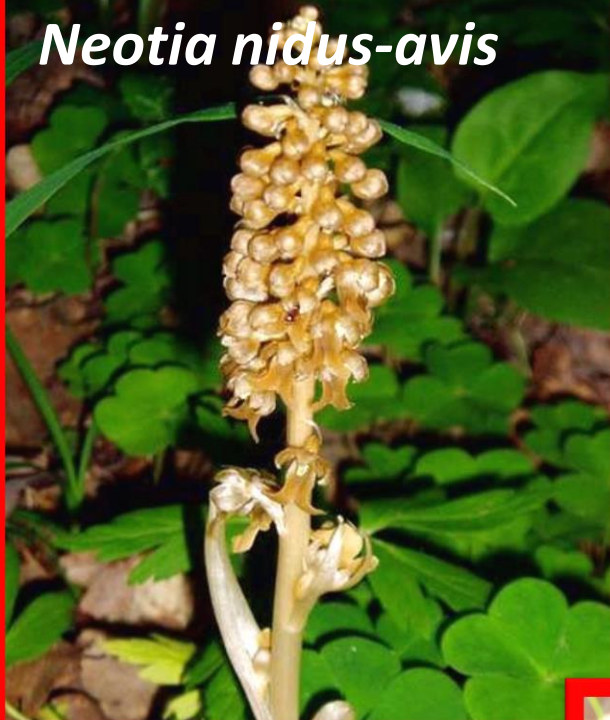


Ekofiziološke adaptacije biljaka sjenke

- *Aegopodium podagraria* – sezonski lisni dimorfizam u odnosu na svjetlosne uslove na staništu
- Nedostatak mineralnih elemenata u zemljištu, zbog usporenih procesa razgradnje = mikoriza, saprofiti, polusaprofiti, paraziti, karnivori.



Neotia nidus-avis



Corallorhiza trifida



Listera cordata



Lathrea squamata



Ekofiziološke adaptacije biljaka svjetlosti

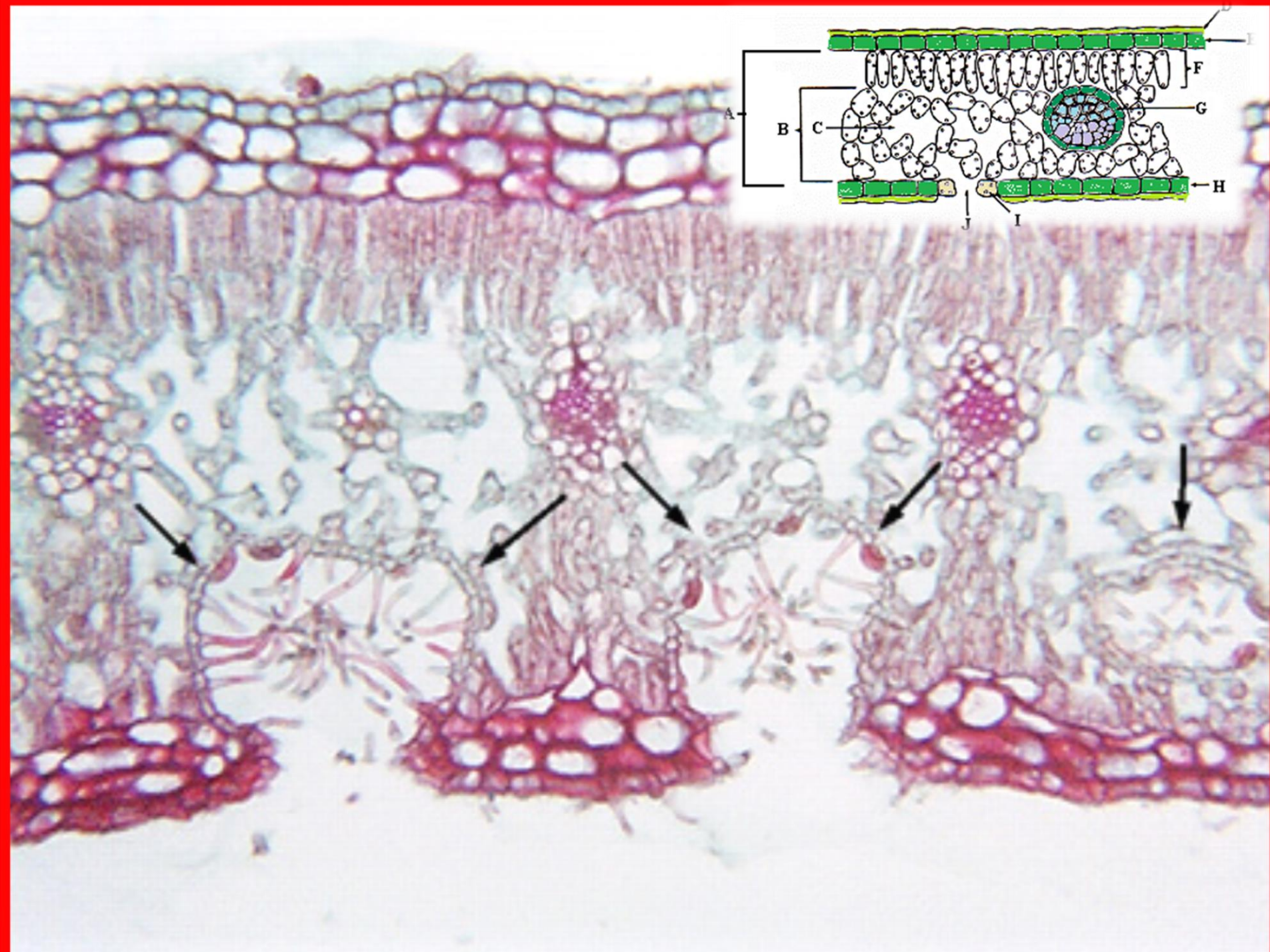
- Zeljaste, drvenaste – stepe, savane, pustinje, stijene, livade
- Visoka kompezaciona tačka, kriva fotosinteteze konstantno blag porst...ipak može doći do fotoinhibicije i fotodestrukcije fotosintetskog aparata
- **Problemi: Intezivno zračenje, visoka temperatura, deficit vode, vjetar**
- Bolje razvijen podzemni dio, stablo kratkih internodija, širokog prečnika, listovi se preklapaju ili mijenjaju položaj tokom dana
- Intezivan metabolizam, obilno cvjetanje i plodonošenje, dobro razvijena provodna i mehanička tkiva

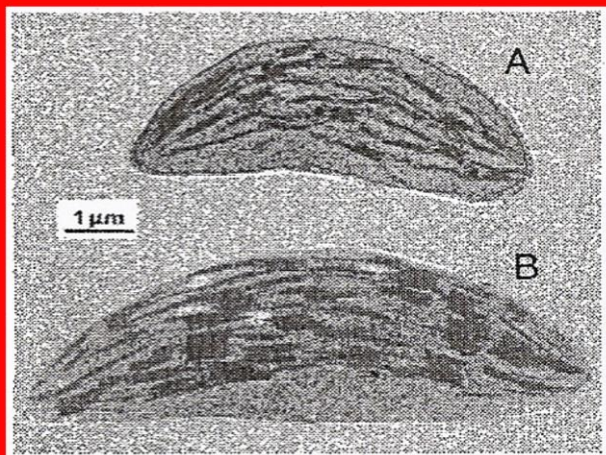


1. Povećan odnos mase korjena prema masi stabla
2. Zaštitne tvorevine: dlake, kutikula, vosak, suberin...

Ekofiziološke adaptacije biljaka svjetlosti

- Ukupna površina listova po biljci redukovana, ali listovi debeli (više mezofila u odnosu na p , nekad je sve **palisadno tkivo**), dobro razvijena nervatura, brojne, sitne stome – brza razmjena gasova dok su otvorene, mogućnost brzog zatvaranja (**helioplastični odgovor biljaka**)
- Gust dlakavi pokrivač – reflektuje do 70% svjetlosti; veći broj hloroplasti, ali ne i više hlorofila; tilakoidi orjentisani u jednoj ravni; više a u odnosu na b , kao i karotenoida (zaštitni pigmenti)





Sl. 110. Hloroplasti u ćelijama mezofila heliofita (A) su sitniji i sa tanjim naslagama granalnih tilakoida u odnosu na hloroplaste u ćelijama skiofita (B) koji su krupniji i sa brojnim granalnim tilakoidima u stromi, usmerenim u različitim pravcima

Ekofiziološke adaptacije biljaka svjetlosti

- Prekomjerna količina sunčeve energije
fotoinhibitorno dejstvo - inaktivacija transporta e, inhibicija stvaranja skroba, „bijeljenje“ hloroplasta
- Fotoinhibicija se ne javlja često
- Ne trpe zasjenčenost – ne uspijevaju da dostignu kompezacionu tačku, razgrađuju rezerve, neravnoteža...povlačenje
- **Heliofitne efemeroide** – trpe li visoke temperature i deficit vode? Objasni! Primjeri?

Seminarski rad:

**Uticaj zračenja na biljke – formativno,
orijentacijsko i fotodestruktivno
djelovanje sunčevog zračenja**

