



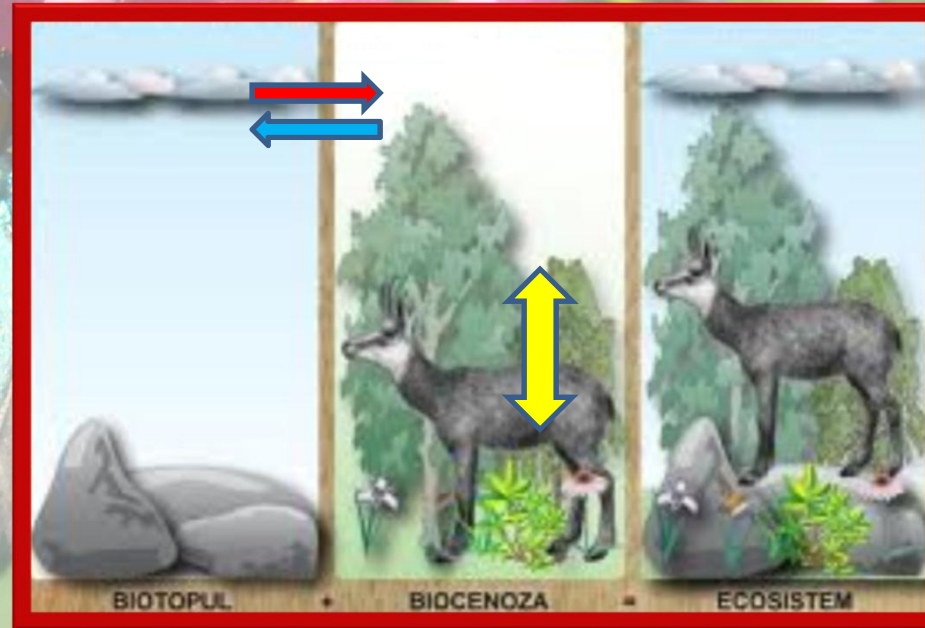
***EKOFIZIOLOGIJA
BILJNA***

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 ekologija), 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 left, a sun is shown with rays. A vertical line represents the midrib. A blue arrow points upwards from the xylem in the midrib into the leaf. A purple arrow points downwards from the phloem in the midrib into the leaf. A pink arrow points from the bottom of the leaf towards the midrib. The text 'VODA ULAZI U LIST' is written in black capital letters at the top. The text 'Svjetlost' is written in black lowercase letters on the left side. The leaf is green and shows the internal vein structure.

***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, Kriptoohrom

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

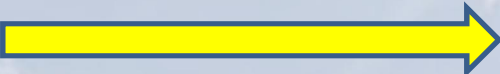
- **Karotenoidi, pigmenti plastida**, apsorbuju energiju u plavom dijelu spektra
 - pomoćni pigmenti
 - zaštitna funkcija (preuzimaju višak apsorbovane svjetlosti kraćih talasnih dužina, sprečavaju nastanak veoma aktivnih oblika kiseonika)
- **Fitohrom, pigment citoplazme**, receptor svjetlosti koja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

FITOHROM

- Ogleda se u djelovanju **crvene** i **plave** svjetlostim na različite biološke procese:
 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 (kloroplasti), 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 osvijetljenim 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

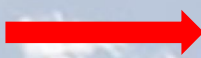
1. Fiksacija ugljen-
dioksida u ćelijama
mezofila (PEP
karboksilaza)

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

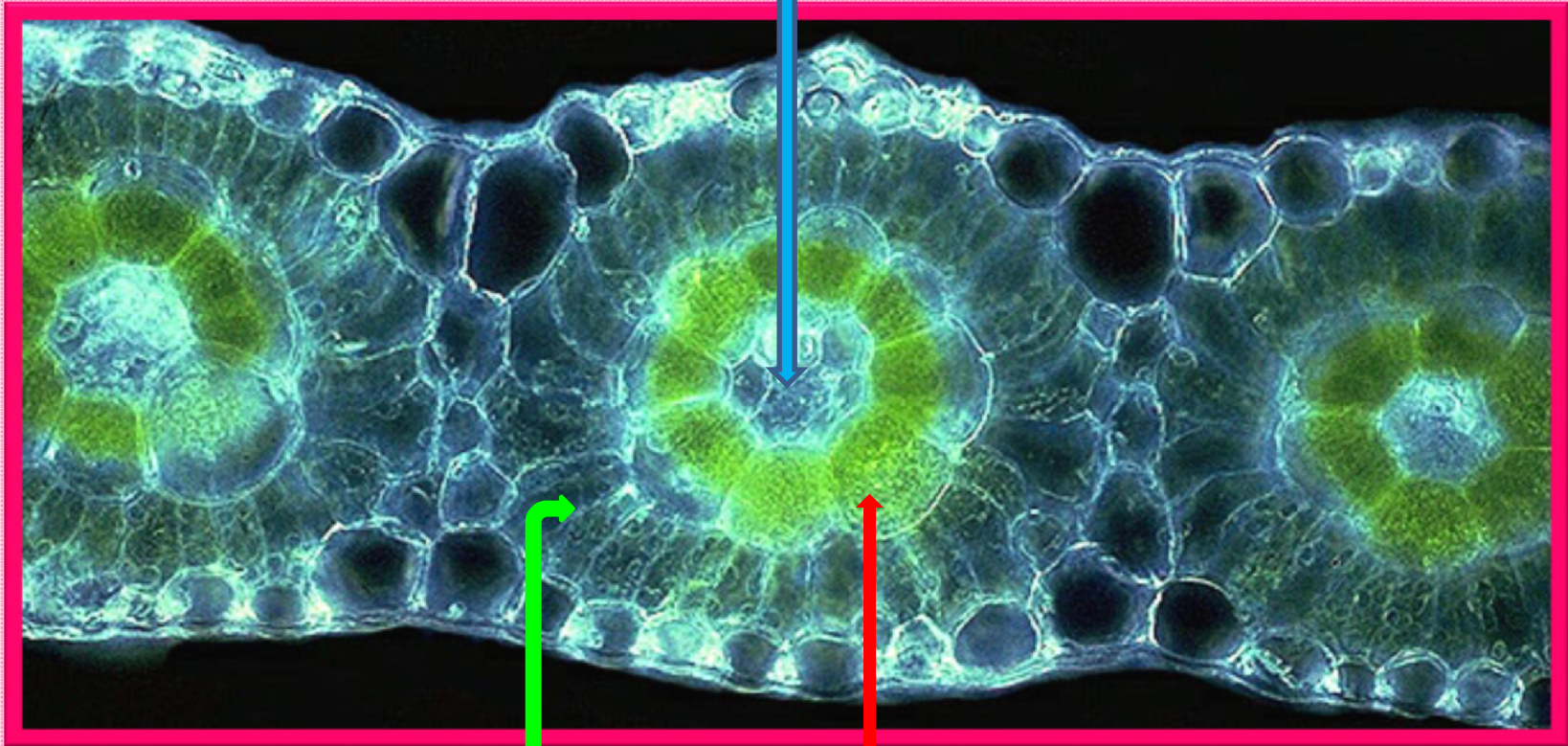
- *...su rasprostranjene...???*
- Efikasnim radom oba enzima smanjuje se opasnost od fotoinhibicije fotosinteze
- **Fotorespiracija** - događa se na svjetlosti, uz usvajanje kiseonika i otpuštanje ugljen-dioksida, raste parcijalni pritisak kiseonika (konkurentan za ribulozo bifosfat) što **inhibira fotosintezu**
- C3 i C4 biljke – dvostepena fiksacija CO₂, slaba difuzija gasova tokom dana  kompetitivna prednost u odnosu na C3 biljke (pri intenzivnom zračenju gube (pri intenzivnom zračenju gube i do 20 % fiksiranog CO₂))

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 parenhimske sare

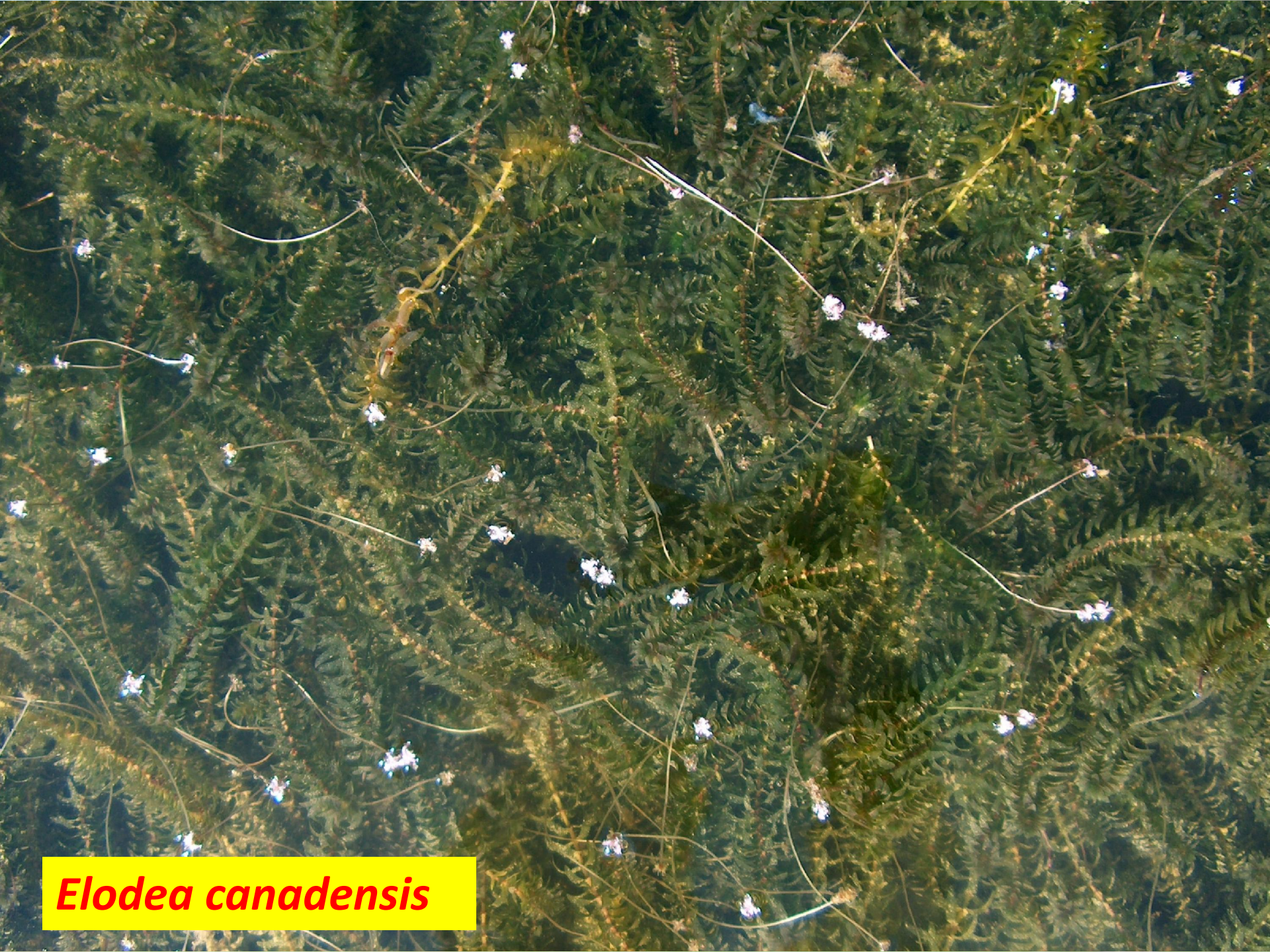
ćelije mezofila

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 \longrightarrow 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 ili priobalnog dijela jezera) C3 \longrightarrow 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 C4 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**



Mesembryanthemum crystallinum



kaktus



Portulaca oleracea



Frerea indica