

A winter landscape with snow-covered evergreen trees under a clear blue sky. The trees are heavily laden with snow, and the ground is also covered in a thick layer of snow. The sky is a clear, bright blue.

EKOFIZIOLOŠKE ADAPTACIJE BILJAKA U USLOVIMA NISKIH I VISOKIH TEMPERATURA

3.03.2021.

Fiziološki značaj temperature

- Poikilotermni organizmi; 0-50°C
- Kardinalne temperaturene tačke, nisu iste u odnosu na različite fiziološke procese
- Megaterme, kserofile, mezoterme, mikroterme, hekistoterme.
- **Specifična nulta tačka života; Granica životne aktivnosti; letalne granica**

Dejstvo niskih temperatura

- 42% površine Zemlje srednja godišnja minimalna temperatura je ispod -20°C ; najniža na Antarktiku (oko -90°C)
- Za prilagođavanje značajno: **1. brzina promjene temperature**, **2. vrijeme nastupanja niskih temperatura**, **3. način pojavljivanja mrazeva**
- Postupne pripreme za **periodične mrazeve**: završavaju fazu rasteanja, povlače se u podzemne organe, prezimljujući nadzemni organi pokriveni zaštitnim tvorevinama i snadbjeveni sekundarnim supstancama
- Najopasniji **epizodni mrazevi** (kasno proljeće, rano ljeto, kasno ljeto, rana jesen) – biljke sadrže dosta vode i nalaze se u aktivnoj metaboličkoj fazi



Kratkotrajni mrazevi i u tropskom klimatskom pojasu (Andi, Kilimandžaro), tokom noći temp do -12°C - dominiraju **pahikaulne** životne forme



Espeletia sp.

Ekofiziološke adaptacije biljaka na niske temperature

- Tropske biljke osjetljive i na temp 2-4°C (enzimi)
- Biljke generalno bolje podnose niske, nego visoke t; na niskom nema nagle degradacije, usporava se opšta metabolička aktivnost; ako se ne pređe letalna granica relativno brzo se obnavljaju fiziološke aktivnosti; **poikilohidrične reverzibilno do -196°C !**
- 1.usporava se kretanje citoplazme, 2. usporava se fotosinteza, pojačava disanje
- Vegetativno razmnožavanje

Ekofiziološke adaptacije biljaka na niske temperature

- $< 0^{\circ}\text{C}$ 1. led u intercelularima \rightarrow blokira difuziju ugljen-dioksida po tkivima lista, povećava se i izvlači vodu iz ćelije \rightarrow formiranje intracelularnog leda i smrti ćelije; ako nakon formiranja ekstracelularnog leda nastupi povoljni period, neće doći do velikih oštećenja tkiva biljke
- Ako se nastavi proces intercelularni led pritisak na citoplazmu, enzimi se denaturišu, puferni sistem nesposoban da kontroliše pH, lipidi membrane prelaze u čvrstu fazu, proteini „ispadaju“, gubi se semipermeabilnost membrane



VERIGA OGLJIKOVH
HIDRATOV

ZUNANJOST CELICE

GLIKOPROTEIN

VERIGA OGLJIKOVH
HIDRATOV

GLIKOLIPID

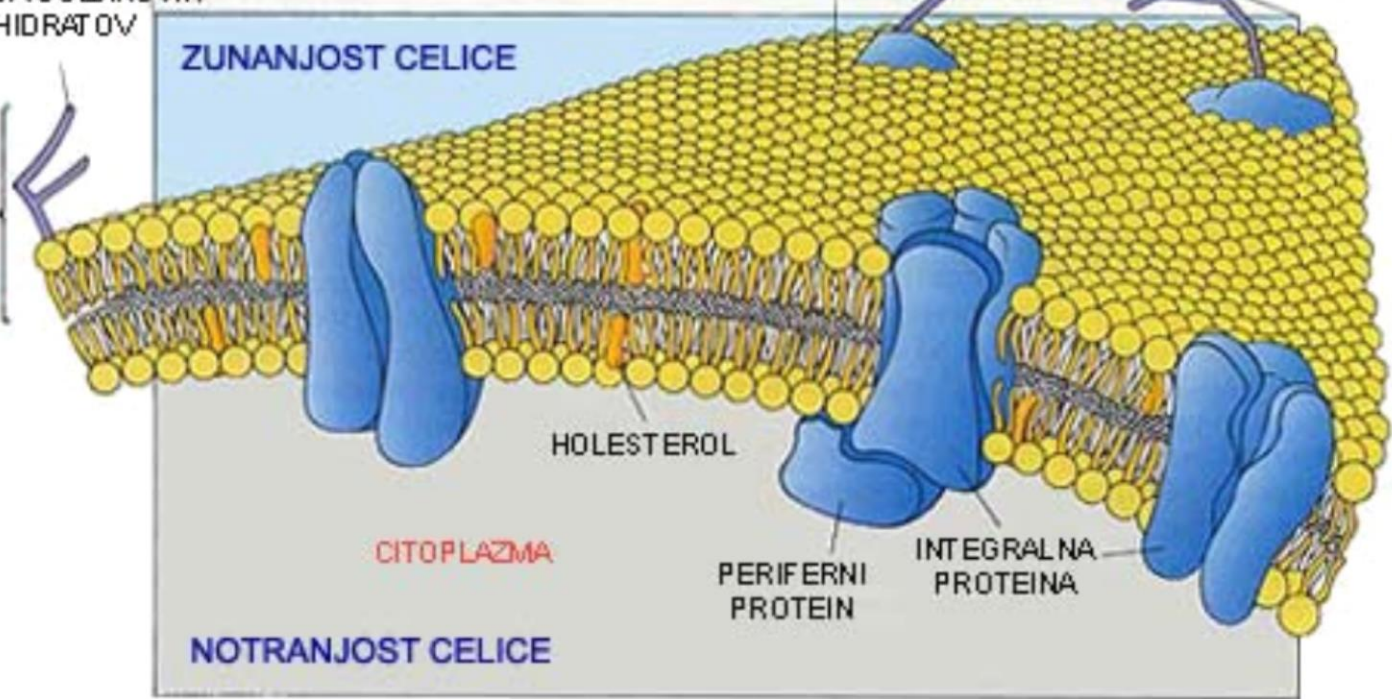
HOLESTEROL

CITOPLAZMA

PERIFERNI
PROTEIN

INTEGRALNA
PROTEINA

NOTRANJOST CELICE




Ekofiziološke adaptacije biljaka na niske temperature

- **Adaptacije:** 1. protoplazma u stanju da „drži“ vodu većom snagom; 2. veća količina nezasićenih masnih kiselina i specifičnih fosfolipida otpornih na niske temperature (održavanje strukture membrane); 3. supstance koje povećavaju njihovu otpornost prema dejstvu niskih t: **šećeri**, lipidi (rastvori sa većom količinom masnih supstanci se ne zamrzavaju), organske i neorganske soli, rastvorljivi proteini, organske kiseline, pigmenti...
- Pri kraju tople sezone, faze intenzivnog rasta i plodonošenja, prestaje ulaganje u rast i sintetišu se zaštitne supstance



Pirola uniflora



Led se obrazuje tek
na -31°C (pentoze,
sluzi, pektinske
supstance koje
snažno vezuju vodu



Ekofiziološke adaptacije biljaka na niske T

- Neke biljke podnose smrzavanje vode u ćelijama: mijenjaju se odlike ćel membrane (fizička jačina, fluidnost, transport jona...); istovremeno su otporni na isušivanje, ostaje samo tanak sloj vode membrane i organele (**sulfhidril-disulfidna hipoteza**)
- Čak i najotpornije biljke ne mogu podnijeti naglo intracelularno formiranje leda, koje se može javiti u **rano proljeće** ili ranu jesen, kad je biljka dobro hidratizirana
- Pri niskim temp i opasnost od dehidratacije, posebno u proljeće (**hladna podloga, intenzivna transpiracija**)

Ekofiziološke adaptacije biljaka na niske T

- Vrsta (drveće) ide više na sjever ukoliko manje transpiriše; četinari manje transpirišu od lišćara (čak i kada su bez lišća) **Abies sibirica 0,3 Tilia platyphyllos 4,9**
- Sniježni pokrivač zaštita od zimske transpiracije, ali ispod njega otežana difuzija gasova, štetan ako je biljka duže pokrivena (hipoksija, toksične supstance, psihrofilne gljive)
- Različiti organi-različita osjetljivost. **Osjetljivost organa: 1. reproduktivni; 2. podzemni; 3. nadzemni (čak i vegetativna kupa), među najotpornijim kambijum stabla i grana**
- Različiti stadijumi-različita osjetljivost
- **Klimatski ekotipovi** – mogu da prežive surovije uslove nego što su na staništima vrsta od kojih potiču – **sorte otporne na mraz**

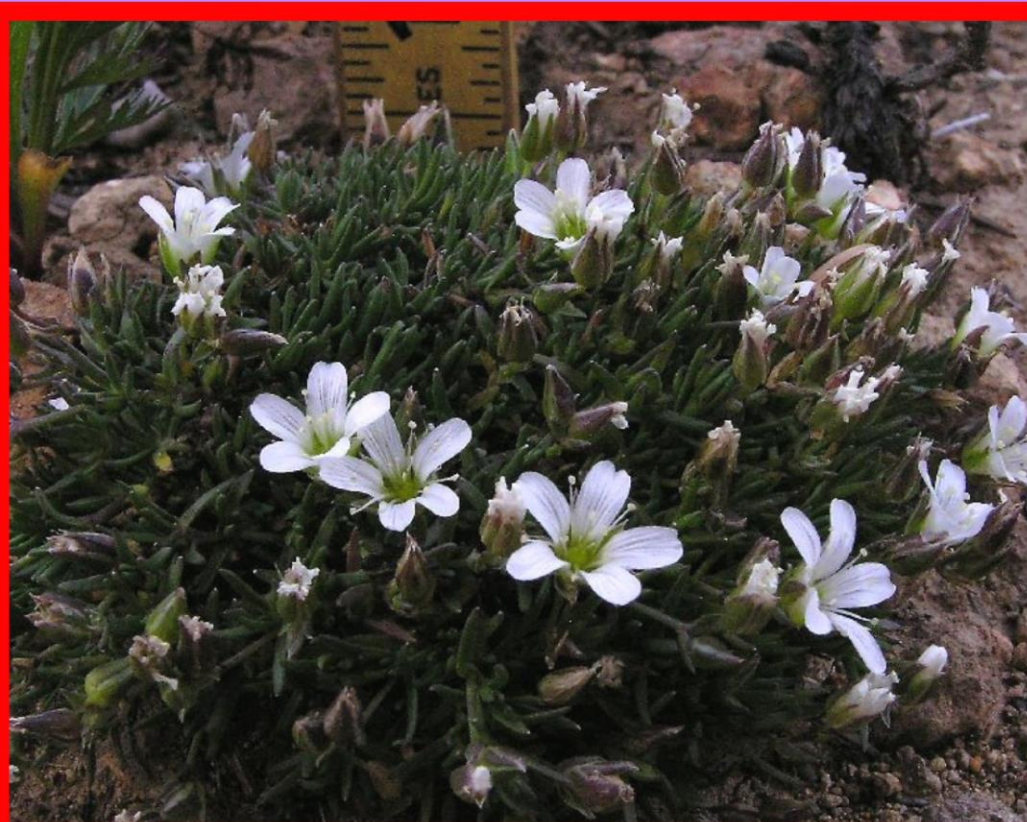
Ekofiziološke adaptacije biljaka na niske T

- Priprema na jake mrazeve, postepenim privikavanjem: *Poa annua* i *Fumaria officinalis* **-9°C**
-7°C
- Češća kolebanja štetna: *Lamium purpureum* **-11°C** pri šestokratnom smrzavanju **-4°C**
- Suština aklimatizacije: stvaranje i nagomilavanje niza zaštitnih supstanci i smanjenje količine vode u tkivima; u kasnu jesen ozima žita podnose temp - 10°C, koja bi u ranu jesen bila ubitačna
- Proces sticanja otpornosti odvija se u 2 faze

I Aktivan
proces
fotosinteze,
nakupljanje
šećera u
ćelijama (čak
20-25%)

II temperature $<0\text{ }^{\circ}\text{C}$,
proces fotosinteze se
prekida; smrzavanje
vode u intercelularima i
dehidratacija;
povećanje hidrofилnih
koloida u ćel, povećanje
osmotski aktivnih
materija; prestanak
rasta, formiranje
kutikule, fragmentacija
centralne vakuole

Biljka se adaptira ukupnom životnom formom:
gusti, zbijeni habitus, patuljasti rast, jastučaste
forme; mladi dijelovi biljke zaštićeni prošlogodinjim
lišćem; listopadne vrste; efemere



Zimski period u umjerenj zoni, planinska staništa

- Vegetacijski period u umjerenj zoni dovoljno dug (april-oktobar), dosta biljaka prezimljuju u obliku sjemena; listopadno drveće u stanju mirovanja; aktivni četinari i malobrojne biljke, koje ne ulažu asimilate u nova tkiva
- Planinska staništa kratak vegetacijski period (oko 3 mjeseca), intenzivno zračenje sa puno ultraljubičastog, rashod toplote putem izračivanja veći od prihoda → temperature niske i padaju sa porastom visine, vegetacijski period se skraćuje za oko 11 dana na svakih 100 m

Arktičke tundre i antarktičke ledene pustinj

- Negativne temp skoro cijele godine
- Slabo sunčevo zračenje
- Vegetacijska sezona 6 do 8 nedelja
- Jaki vjetrovi, sniježna abrazija
- Fiziološka suša
- Nepovoljni mineralni režim
- Nepovoljni uslovi za reprodukciju



Drveće

- Drveće: listopad, minimalne fiziološke aktivnosti četinara
- Zona borbe, sjeverna šumska granica (iznad 60° sjeverne geografske širine), gornja šumska granica
- Ograničen rast i metabolizam izazvan niskim temp izaziva nastajanje „**krumholc**“ oblika, karakterističan za četinare i rijetko lišćare: savijene grane, poleglo drvo, intenzivnije disanje



Životne forme

- **Patuljasti, jastučasti oblik** – internodije skraćene, pupoljci i listovi „sakriveni“ od uticaja vjetrova i zimske suše
- **U uslovima niskih temperatura najviše hamefita, sve manje hemikriptofita i geofita i izuzetno rijetko prisustvo terofita (izuzetci *Arenaria musciformis* – Himalaji 6200 mnnv, *Koenigia islandica* – Grenland)**



Silene acaulis



Saxifraga oppositifolia



© Trond Skoglund
Koenigia islandica



Arenaria musciformis



Ekofiziološke adaptacije biljaka na niske T

- Visoke koncentracije **antocijana** u listovima, apsorbuju veću količinu zračenja različitih talasnih dužina; imaju veću temp od okolnog vazduha; pojačana pigmentacija, prisustvo flavonoidi i antocijana, kutikula štite od ultraljubičastog zračenje
- **Plavi cvjetovi**; čest oblik zdjelice; boja se može mijenjati u zavisnosti od temp na staništu
- **CX (?)**, brzo odlaganje šećera u podzemne organe, magacioniranje lipidnih jedinjenja u stablo i listove



Ekofiziološke adaptacije biljaka na niske T

- U uslovima hladne klime zemljište je najčešće skeletno, siromašno i nerazvijeno, ili vlažno, močvarno i kiselo; nepovoljan vodni i mineralni reži
- Biljke se odlikuju kseromorfnim strukturama, **peinomorfoze** (gr.*peinos* – glad, *morfe*-oblik)
- Bakterijske kvržice, mikorize, karnivorne biljke
- Često vegetativno razmnožavanje, nekad i cvjetovi i vegetativni (*Polygonum alpinum*); česta poliploidija
- U hladnim oblastima često vegetativno razmnožavanje, češće ženske jedinice od muških

Dejstvo visokih temperatura

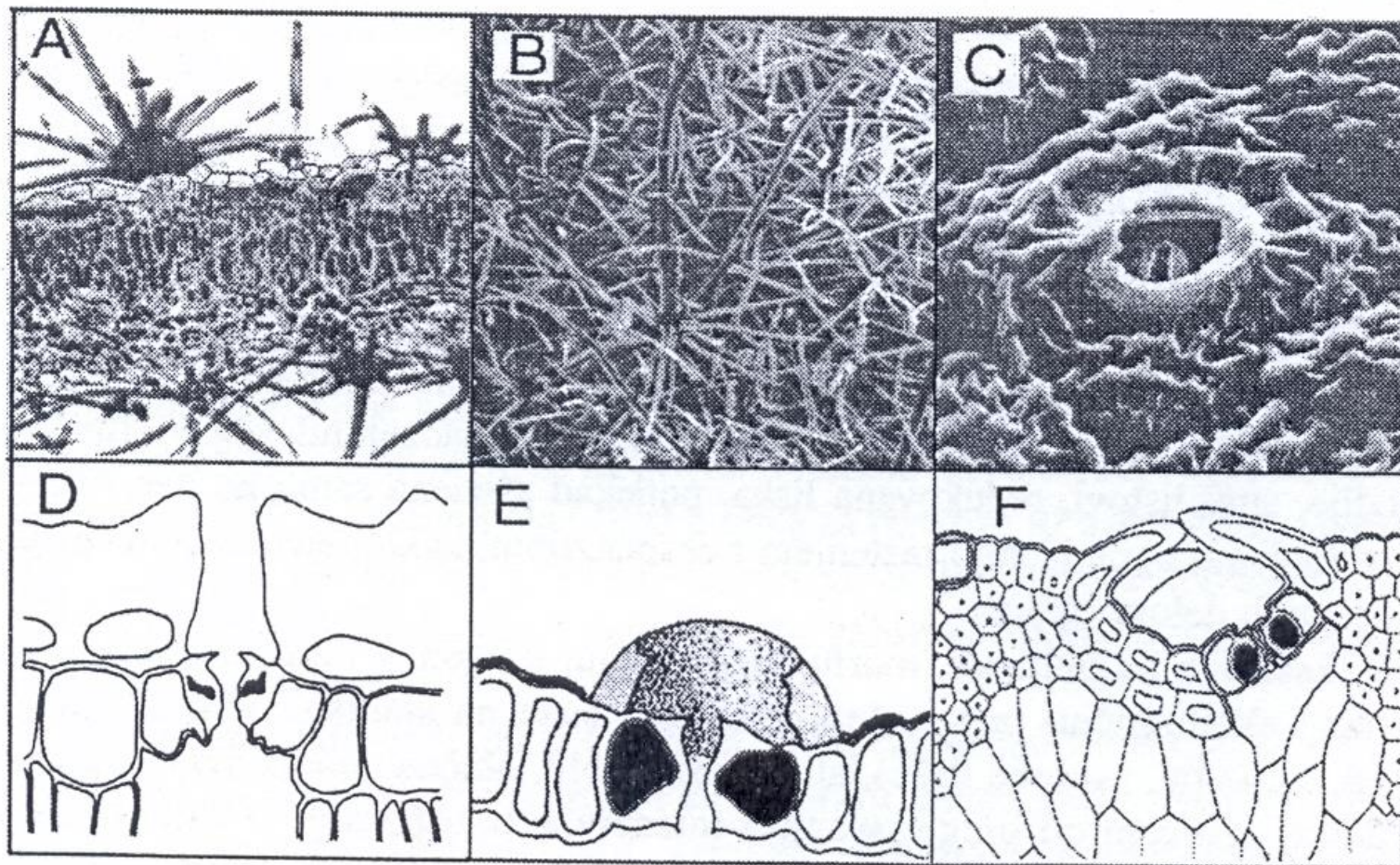
- Sušni predjeli tropske i subtropske klime, max **58°C**
Libijska pustinja, pustinjski predjeli Meksika, Kalifornije; 23% ukupne površine zemlje srednja godišnja temp veća od 40°C
- Vulkanska grotla i padine vulkana do 70°C, gejziri do 95°C (čak i preko 100°C) – **Cyanobacteria**; podmorski izvori na oko 110°C hipertermofilne arhebakterije *Pyrobaculum*, *Pyrococcus* – **specifično rezistentne ćelijske membrane, heterotrofni**
- U umjerenoj zoni površina zemljišta na nekim lokalitetima (kamenjari, pješčani tereni, asfalt) i preko 80°C

Dejstvo visokih temperatura

- Remete fiziološke procese, biljke se teško prilagođavaju, prilagođavanje kad temp pređe 35°C, kod sukulentnih dnevna 50°C; brzo se dešavaju; **palme samo na toplim staništima**
- Mijenjaju se fizičko-hemijske odlike biomembrana koje postaju fluidne i mijenja se raspored proteina u njima; **1. poremećaj inteziteta i dinamike fotosinteze, jer se narušavaju tilakoidne membrane**
- Inaktivacija termolabilnih enzima, remeti se metabolizam nukleinskih kiselina i proteina, oštećuje se biomembrana, nema semipermeabilnosti; procesi sinteze se zaustavljaju, dok intezitet disanja raste → akumulacija štetnih produkata metabolizma (posebno N jedinjenja)

Adapacije biljaka na visoke temperature

- Izbjegavanje dejstva visokih temperatura, preživljavaju ih u obliku sjemena, zbacuju lišće (nekad i grane) i zamjenjuju ih adekvatnijim;
obligatni termofili – protoplazmatična tolerancija
- **Adaptacije listova:** a) periferna zaštita; b) promjena položaja lista; c) intenzivna transpiracija (ukoliko je to moguće) čime se snižava temperatura lista
- Debela kora stabla, sloj plute pri osnovni stabla (štiti korjenov vrat), ili omotač od ostataka prošlogodišnjih listova kod zeljastih biljaka



Sl. 200. Listovi kserofita su prekriveni debelim dlakavim omotačem (A i B) ili voštanim prevlakama (C), dok su stome uvučene i zaštićene kutikularnim slojevima (D), posebnim izraštajima (E) ili dlakama koje zatvaraju udubljenja sa stomama (F)

Fiziološke adaptacije biljaka na visoke T

- Specifična struktura protoplazme, tako da može da podnese značajno povećavanje temperature, a da ne dođe do procesa razaranja ćelijske organizacije
- Iznenadni porast temperature (za oko 10°C u odnosu na optimalnu) indukuje sintezu **heat-shock proteina** koji štite membrane, stabilizuju hromatin, sprečavaju štetno dejstvo fotooksidativnih procesa i stimulišu mehanizme obnove
- **Efekat alanina**, nagomilava se alanin koji štiti biljku od samotrovanja amonijakom
- Otpornost ima godišnji ciklus, a mlade biljke osjetljivije od odraslih
- Kod biljaka osjetljivih na visoke temperature brze fiziološke modifikacije (nekoliko h): promjena koncentracije supstrata za fotosintezu, zamjena enzima izoenzimima sa optimum na višim temp, ugradnja lipida otpornih na visoke temp