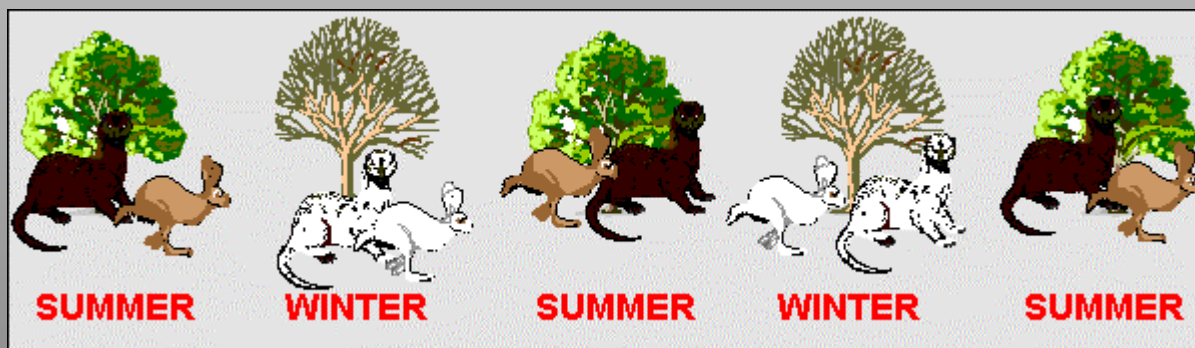


EKOLOGIJA JEDINKE (FIZIOLOŠKA EKOLOGIJA)



- 1. Prilagodbe organizama na uvjete fizičkog okoliša**
- 2. Odgovor organizama na varijacije okoliša**
- 3. Biološki faktori u okolišu**

ODGOVORI ORGANIZAMA NA VARIJACIJE U OKOLIŠU

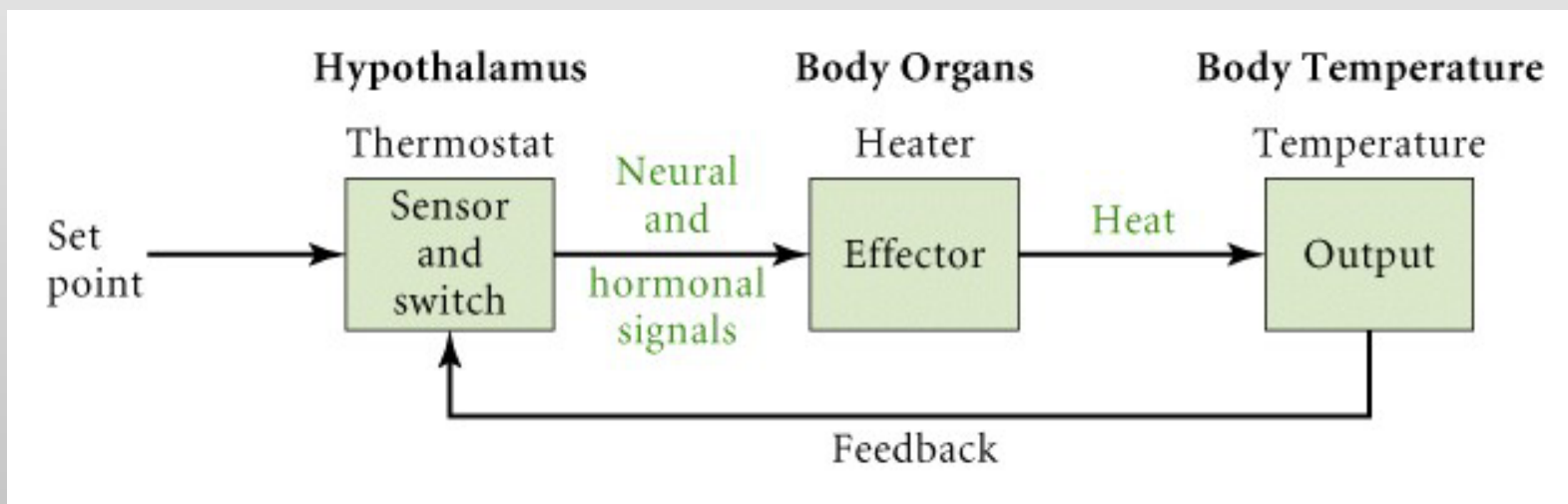


Odgovori organizama na varijacije okoliša

- Preživljavanje svake jedinke ovisi o njenoj sposobnosti da se nosi s promjenama u okolišu
- Svjesni smo nekih odgovora našeg tijela na promjene u okolišu (znojenje, drhtanje na hladnoći, tamnjenje kože ljeti itd.)
- Organizam odgovara na promjene u okolišu s ciljem da održi unutrašnje uvjete na optimalnoj razini za funkcioniranje
- Odgovori organizama na promjene u okolišu mogu se promatrati s aspekta cijene i koristi (costs and benefits)

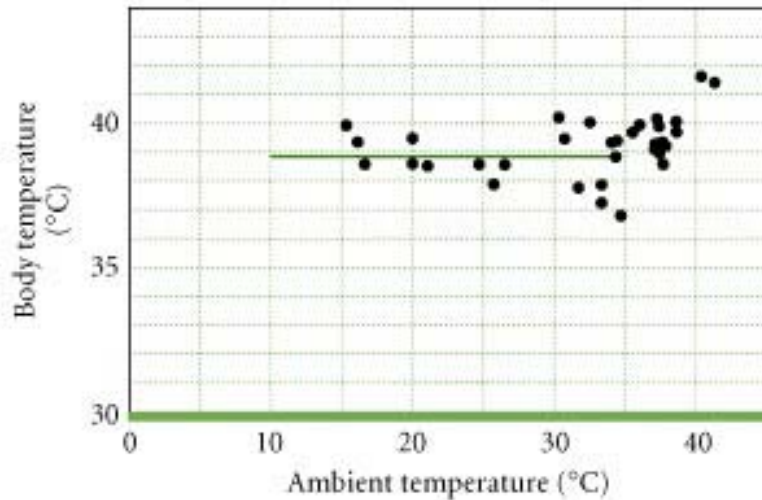
Homeostazija

- Homeostazija je sposobnost jedinke da održava konstantne unutrašnje uvjete, usprkos variranju vanjskog okoliša
- Sve homeostazije pokazuju svojstva negativnog povratnog mehanizma (feedback) (Primjer: rad termostata):

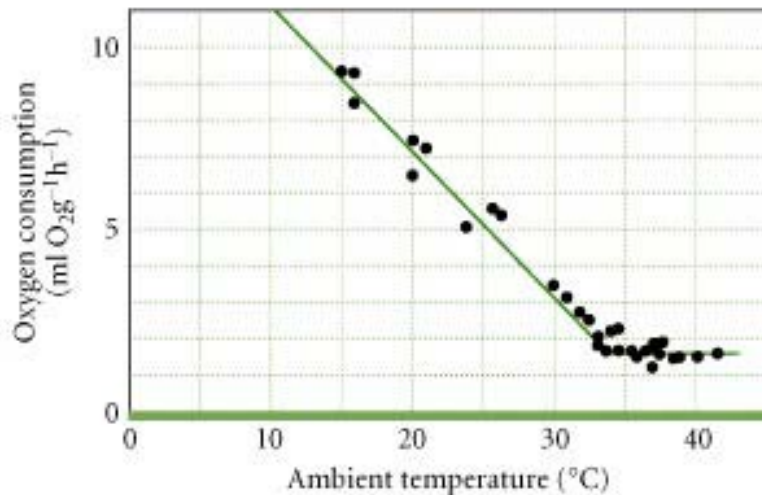


- Elementi negativnog feedback mehanizma su:
 - 1. Mehanizmi osjećanja unutrašnjih uvjeta u organizmu
 - 2. Mehanizmi uspoređivanja aktualnog internog stanja s željenim stanjem
 - 3. Mehanizam promjene internih uvjeta u pravcu željenih uvjeta

Homeostazija traži utrošak energije



Primjer: Održavanje konstantno visoke temperature kod ptica i sisavaca



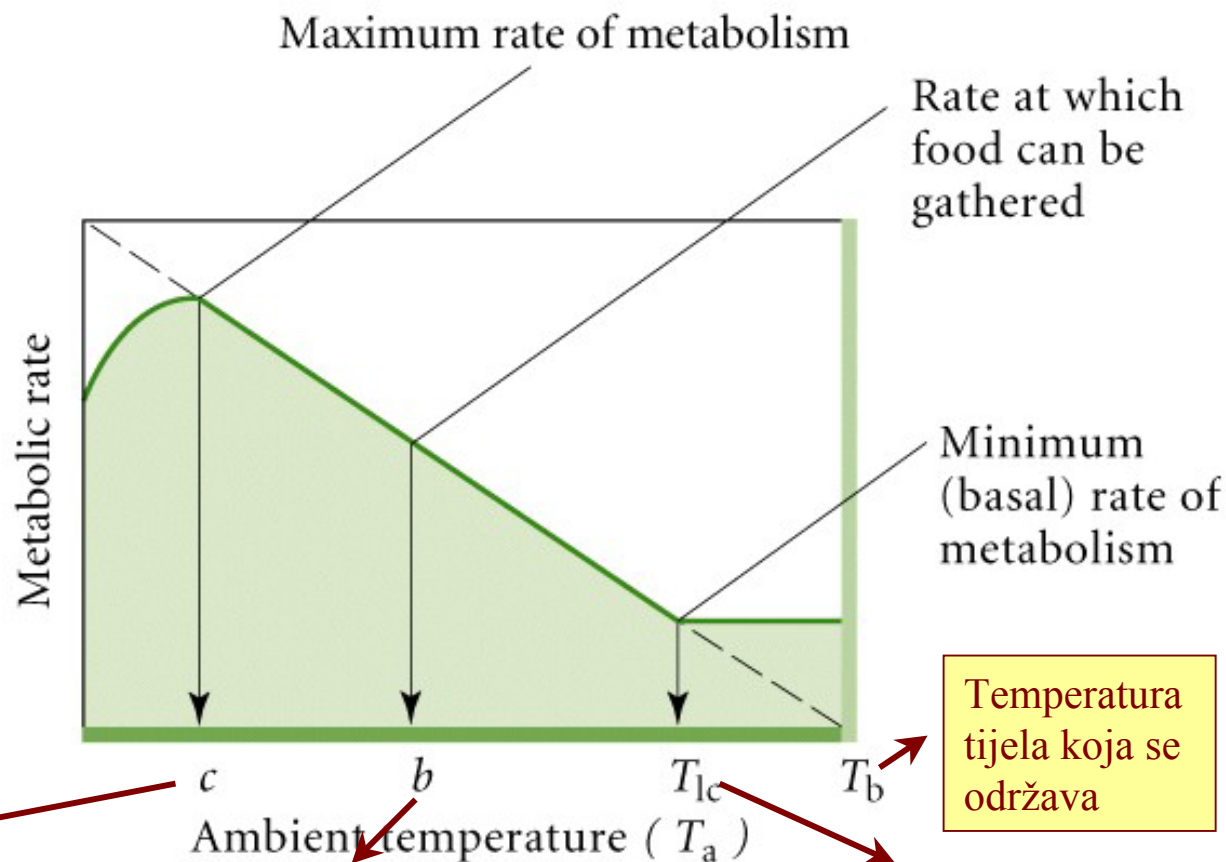
Stopa metabolizma koja je potrebna za održavanje tjelesne temperature raste proporcionalno s razlikom tjelesne i ambijetalne temperature

Odnos između stope metabolizma i temperature u okolišu za homeoterme koji tjelesnu temperaturu održavaju na temperaturi T_b

Ispod točke c organizmi ugibaju ukoliko su duže izloženi

Između točaka c i b preživljavaju ali kroz kratko vrijeme i s negativnim energetske balansom

Iznad točke b je energetski balans pozitivan te organizmi preživljavaju neograničeno, a mogu obavljati i druge aktivnosti



Temperatura tijela koja se održava

Donja letalna temperatura (donja kritična fiziološka temperatura)

Najniža temperatura kod koje organizam može beskonačno održavati samog sebe (donja kritična ekološka temperatura)

Donja kritična temperatura ispod koje se metabolizam mora povećati kako bi se održala temperatura tijela

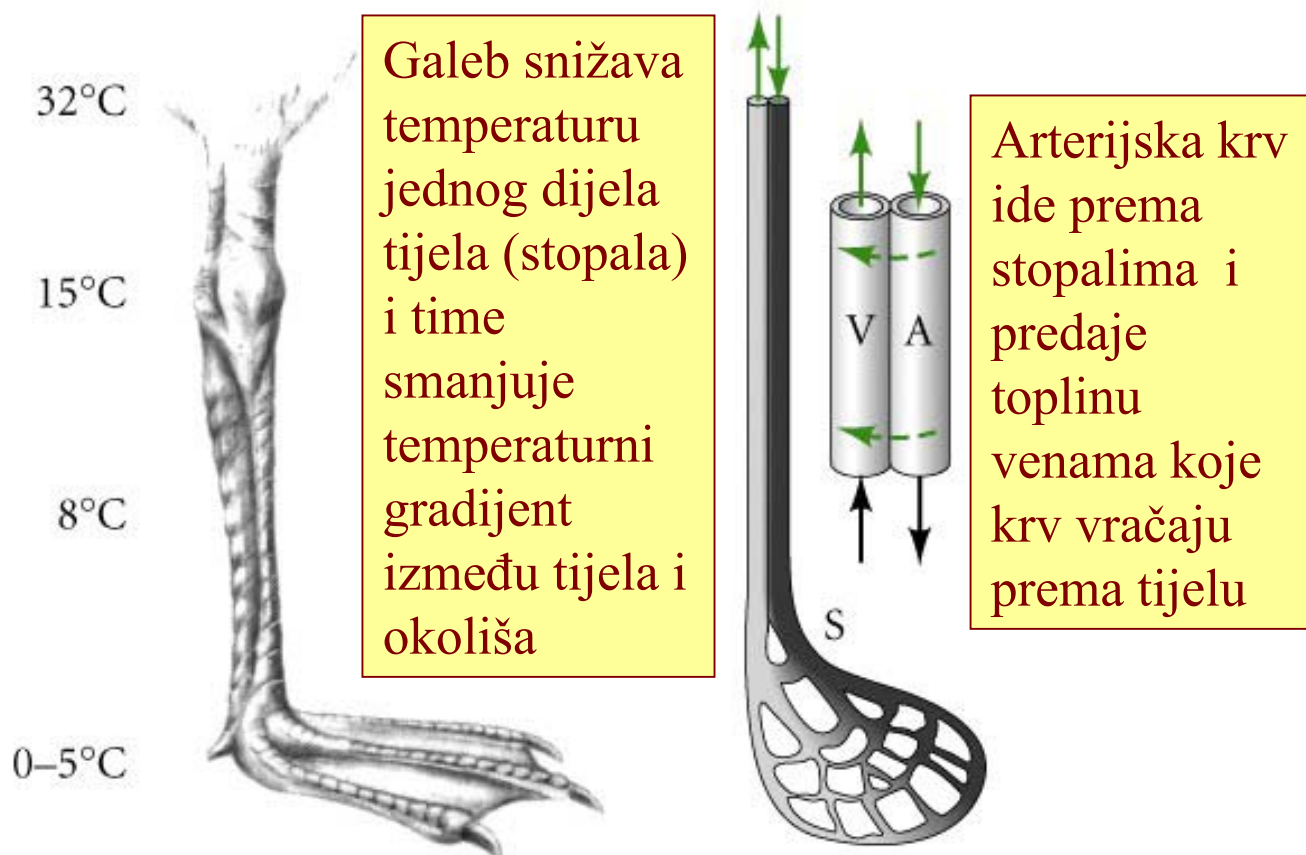
Snimka kanadskih gusaka infracrvenom kamerom



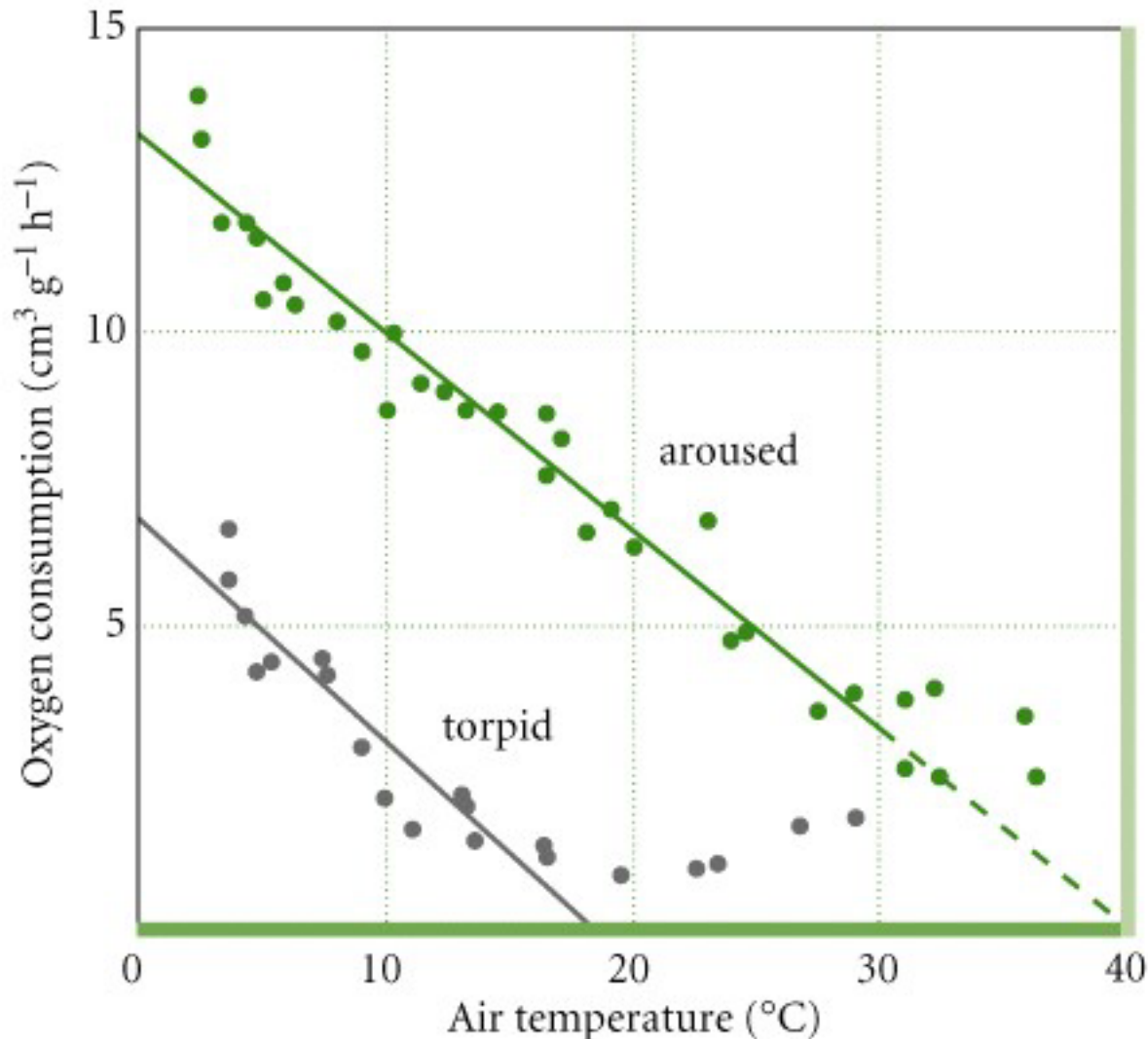
Guske gube puno više topline kroz vratove i noge nego kroz kroz tijelo koje je dobro izolirano perjem

Kada homeostazija košta više nego što organizam može priuštiti, tada su mu na raspolaganju određene ekonomske mjere

Protustrujna izmjena topline u stopalima galeba



Smanjenje utroška energije



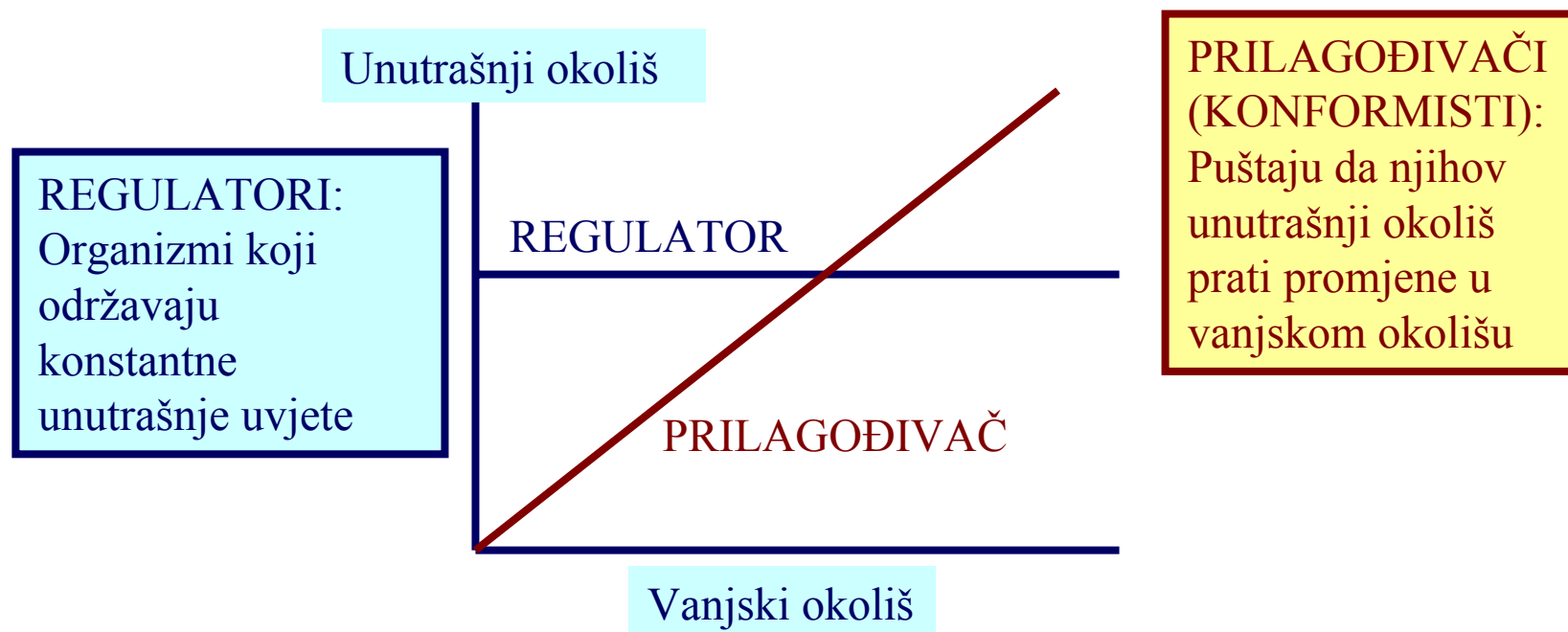
Odnos između konzumacije kisika i temperature u okolišu za jednu vrstu kolibrića tijekom normalne aktivnosti i torpora

Postoje različite vrste odgovora na promjene uvjeta u okolišu

- **1. REGULACIJSKI ODGOVORI**
- **2. AKLIMATIZACIJSKI (PRILAGOĐIVAČKI) ODGOVORI**
- **3. RAZVOJNI ODGOVORI**

REGULACIJSKI ODGOVORI

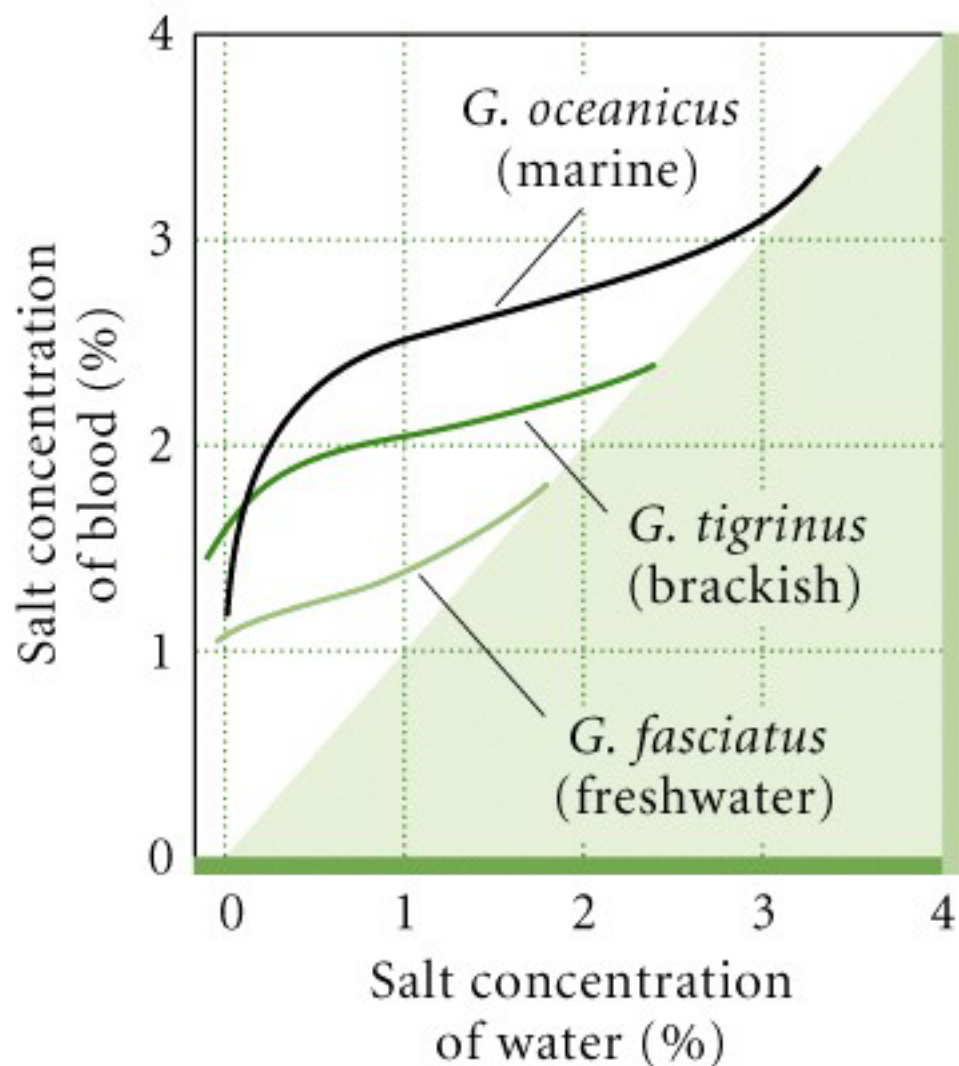
- Reverzibilni su i događaju se najbrže
- Uključuju promjene u brzini fizioloških procesa (npr. metabolizma), te promjene ponašanja (npr. traženje hlada)
- Regulacijski odgovori ne zahtijevaju morfološke i biokemijske modifikacije



Malo je organizama koji su savršeni regulatori ili prilagođivači za sve faktore

- Žabe se prilagođavaju vanjskoj temperaturi, ali reguliraju koncentraciju soli u krvi
- Čak su i endotermi jednim dijelom temperaturni prilagođivači (nos i uši zimi)
- Organizmi katkada reguliraju unutrašnji okoliš unutar umjerenog raspona vanjskih uvjeta, dok se prilagođavaju kod ekstremnih uvjeta
- *Artemia salina* (račić koji živi u solanama) održava koncentraciju soli u tijelu ispod 3% čak i u otopini s koncentracijom soli od 30%

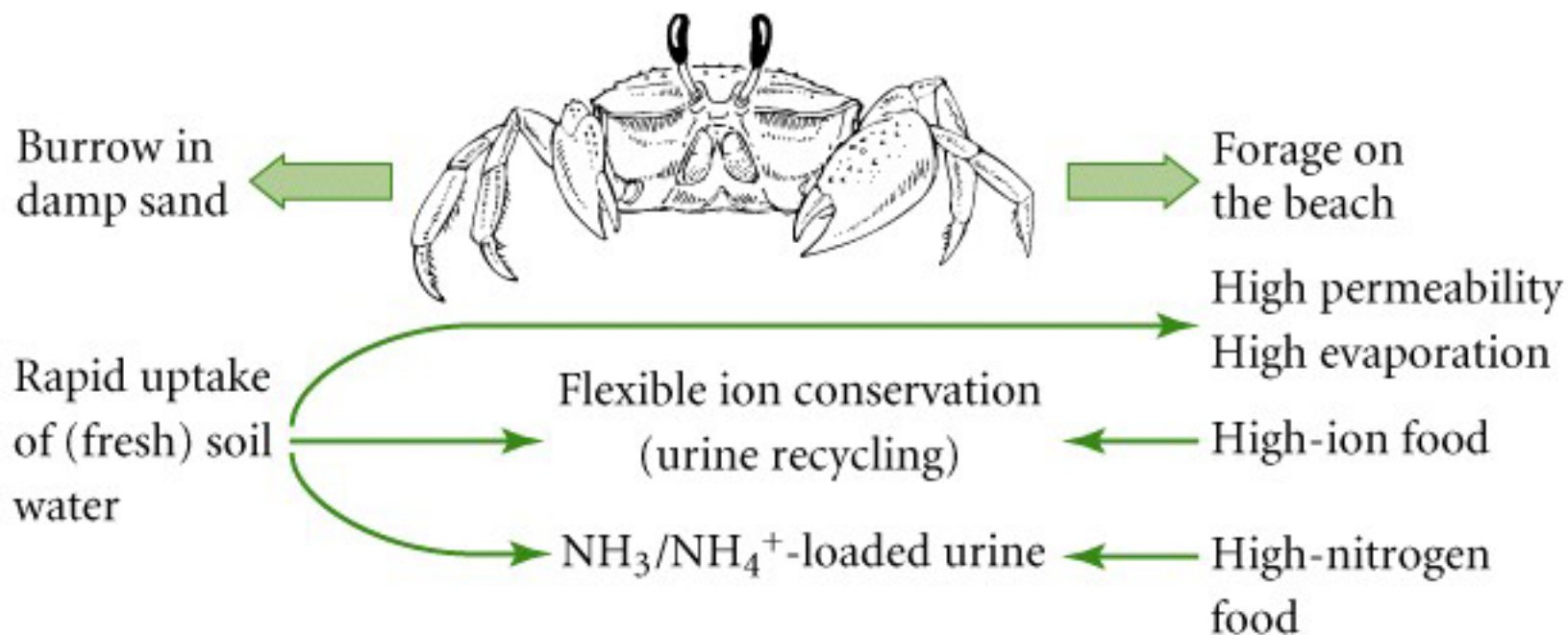
Koncentracije soli u krvi različitih vrsta račića iz roda *Gammarus* koji žive u različitim staništima, kao funkcija koncentracije soli u njihovom vanjskom okolišu



Račići reguliraju koncentraciju soli u svojim tjelesnim tekućinama kada se stave u vodu u kojoj je koncentracija soli niža od koncentracije soli u njihovoj krvi, ali se počinju prilagođavati kada su stavljeni u otopinu koja je slanija od njihove krvi.

Slatkovodni se račić počinje ranije prilagođavati od morskog jer je koncentracija soli u njegovom tijelu niža.

Održavanje ravnoteže soli i vode kod raka *Ocypode quadrata*



Hraneći se na obali gubi dosta vode a koncentrira soli.
Povlačenjem u rupe u pijesku nadoknađuje vodu i izlučuje
višak soli

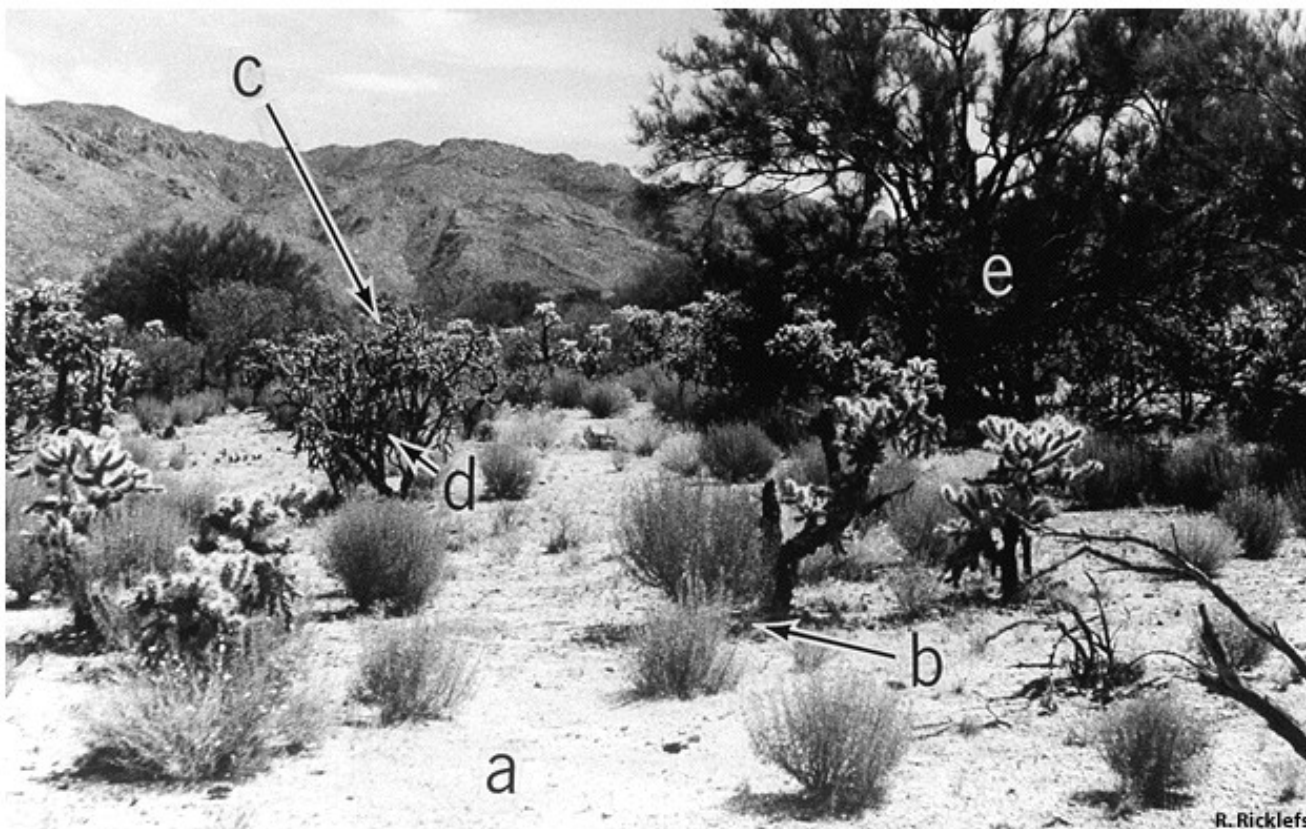
“KONCEPT ZRNATOSTI” (R. Levins, 1968)

- Alternativna svojstva okoliša predstavljaju dijelove koji su distribuirani kao mozaik u vremenu i prostoru
- Ti dijelovi imaju različite veličine, a svojstva različitih dijelova se mogu superponirati
- Koncept zrnatosti stavlja u odnos veličinu dijelova okoliša s prostornom aktivnosti organizama
- Prema “konceptu zrnatosti” okoliš može biti:
 - **Krupno zrnati** – dijelovi su relativno toliko veliki da organizmi mogu birati između njih
 - **Fino zrnati** – dijelovi su tako mali da ih organizmi ne mogu razlikovati (okoliš njima izgleda kao uniforman)
- Zrnatost ovisi o:
 - **Aktivnosti** – livada je za nas uniformna, ali ako smo došli ubrati određeni cvijet ona postaje krupnozrnata
 - **Poimanju prostorne skale** – cvijet je za nas fino zrnat dok je za kukca krupnozrnat
 - **Vremenu promjena** – brzo variranje značajki dijela okoliša čini ga finozrnatim, jer su promjene prebrze za prilagodbe

Odabir dijelova okoliša definira prostornu aktivnost organizama

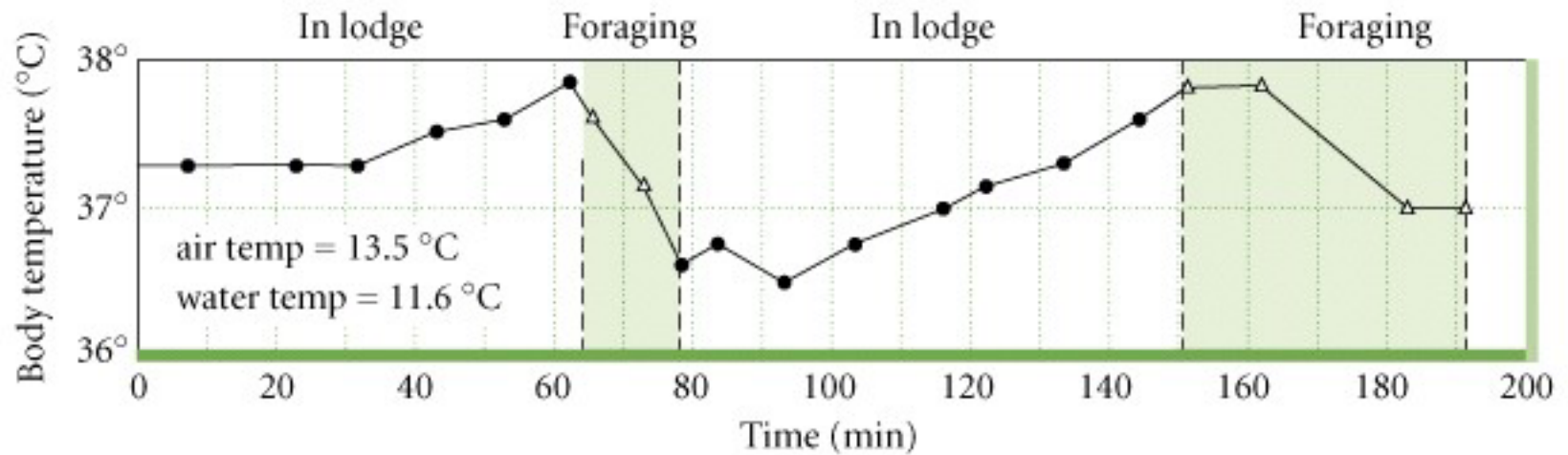
- U svakom se dijelu okoliša uvjeti tijekom vremena mijenjaju, pa se životinje mogu stalno zadržavati unutar pogodnog raspona uvjeta tako što će se kretati između dijelova staništa
- Većina biljaka ne može izabrati gdje će rasti. One uspijevaju na mjestima koja im pogoduju, dok na drugima ugibaju.

Kaktusov palčić koristi sva mikrostaništa na slici, ali je tijekom najtoplijeg dijela dana uglavnom prisutan u staništu **e**



Biranje
pogodnijeg dijela
staništa
predstavlja
regulacijski
odgovor

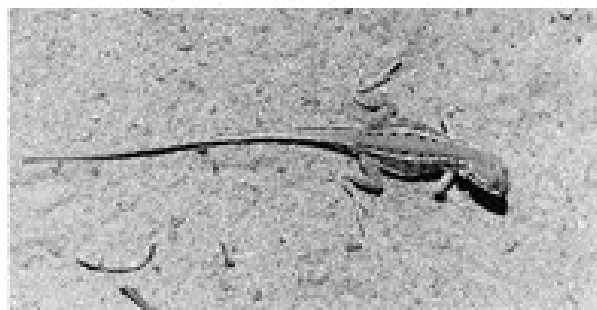
Dabar provodi u hranjenju pod vodom kratko vrijeme jer mu temperatura tijela naglo opada. Povratkom u jazbinu temperatura tijela mu se podiže.



Dnevni ciklus aktivnosti agamidnog guštera (*Amphibolurus fordii*) iz Australije



Rano ujutro dok je još trom, prije nego temperatura njegovog tijela pređe 25°C, sunča se među visokom travom koja ga štiti od predatora

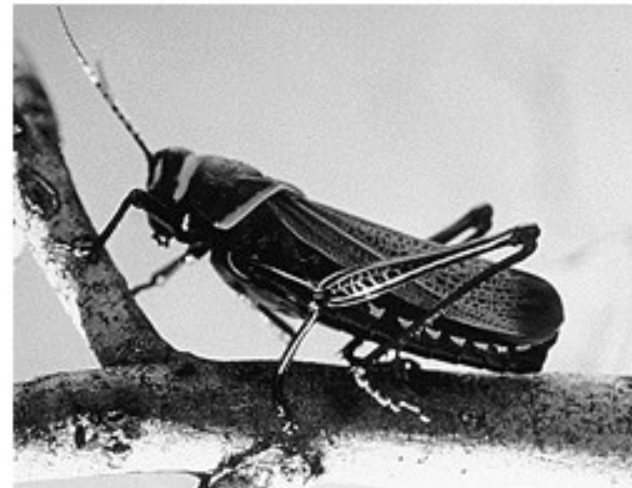


Kasnije tijekom jutra, kada temperatura njegovog tijela pređe 25°C, izlazi iz trave i sunča se na tlu u blizini. Pri tome je glavom i tijelom potpuno prislonjen na tlo iz kojeg crpi dodatnu toplinu

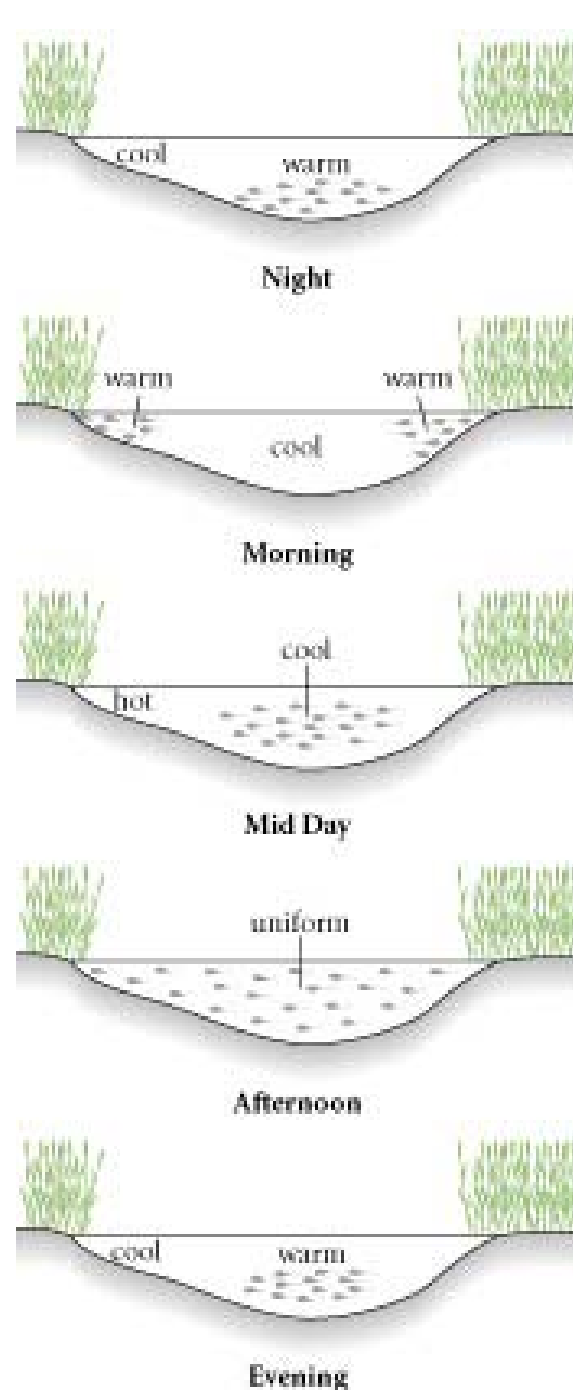


Kada temperatura tijela uđe u raspon normalne aktivnosti (33-39°C) tada se usuđuje udaljiti od trave, te odlazi u potragu za hranom. Prilikom kretanja glavu i tijelo drži u normalnom položaju izdignutom iznad tla

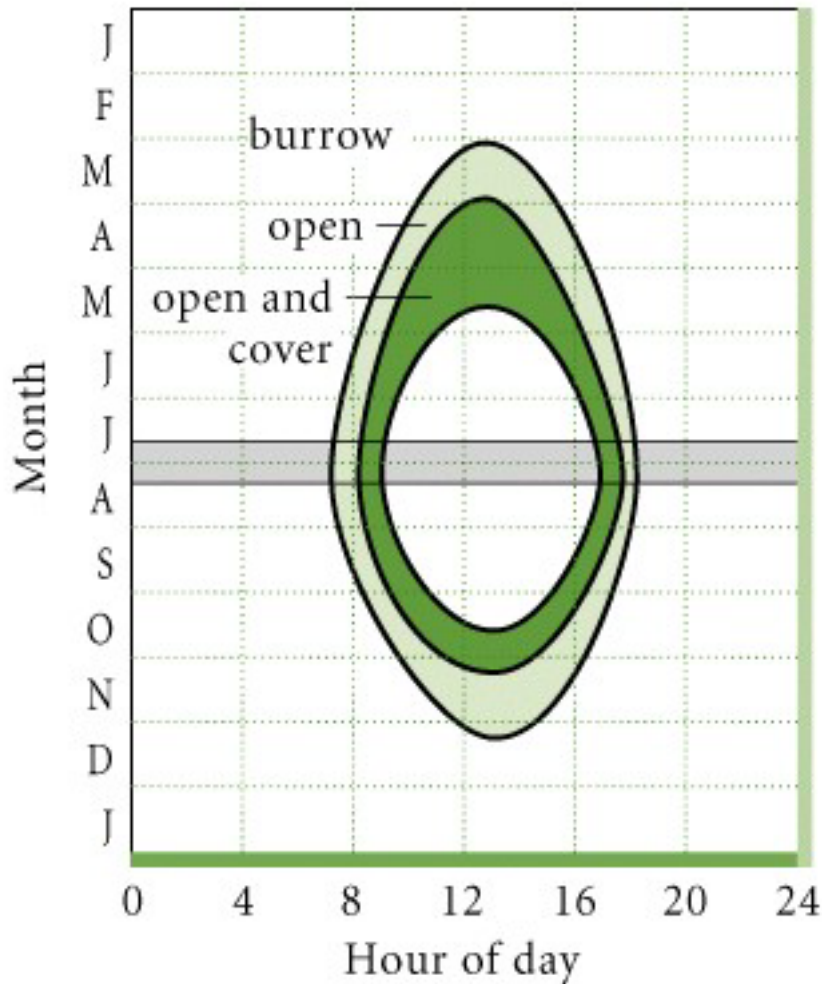
Termoregulacija kod pustinjskog skakavca putem mijenjanja položaja tijela u odnosu na sunce



Temperatura pojedinih dijelova jezera mijenja se tijekom dana, pa punoglavci aktivnim kretanjem mogu preko cijelog dana birati optimalnu temperaturu

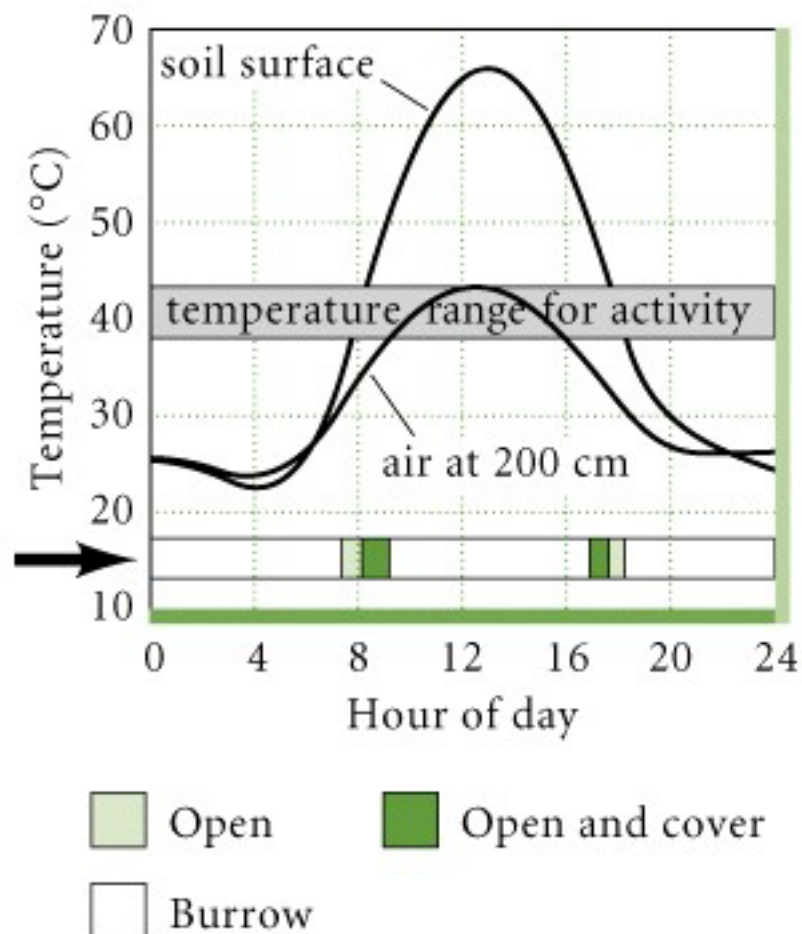


Prostor dnevne i sezonske aktivnosti pustinjske iguane
(*Dipsosaurus dorsalis*) u južnoj Kaliforniji

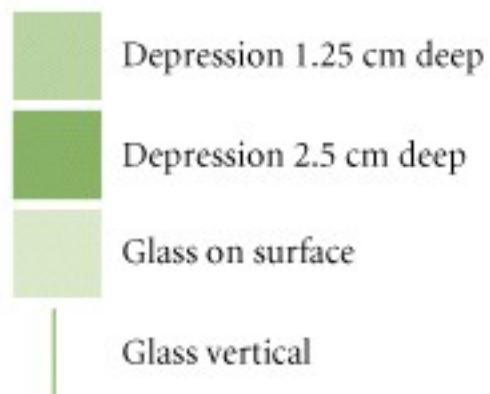


Dnevni ciklus
aktivnosti tijekom
godine

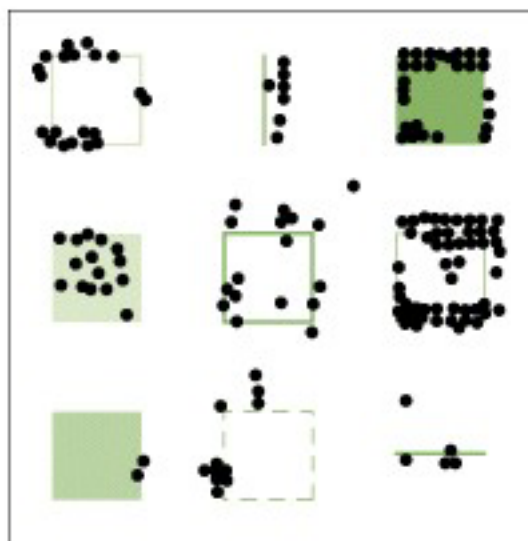
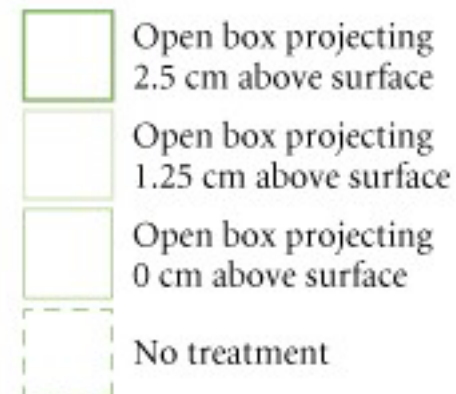
Dnevna aktivnost pustinjske iguane (*Dipsosaurus dorsalis*) u južnoj Kaliforniji u mjesecu srpnju



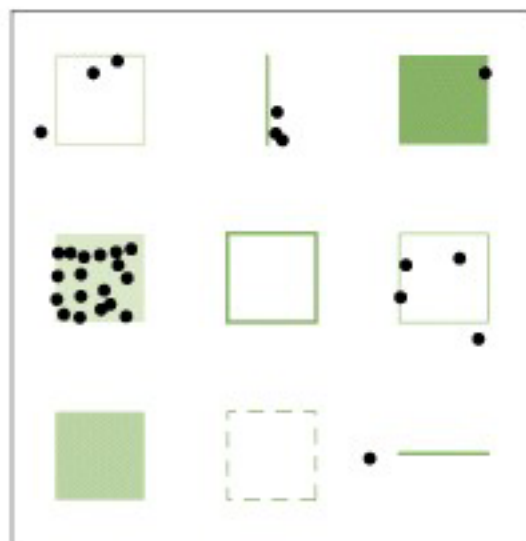
Tijekom srpnja temperaturni uvjeti se tako brzo mijenjaju između ekstrema da iguana može biti aktivna samo unutar svoje optimalne temperature tijela koja se kreće u rasponu od 39-43°C, a to se događa svega 45 minuta sredinom jutra, te otprilike isto toliko u ranu večer. Tijekom preostalog dijela dana iguana traži hladovinu među biljkama ili u svojoj jazbini



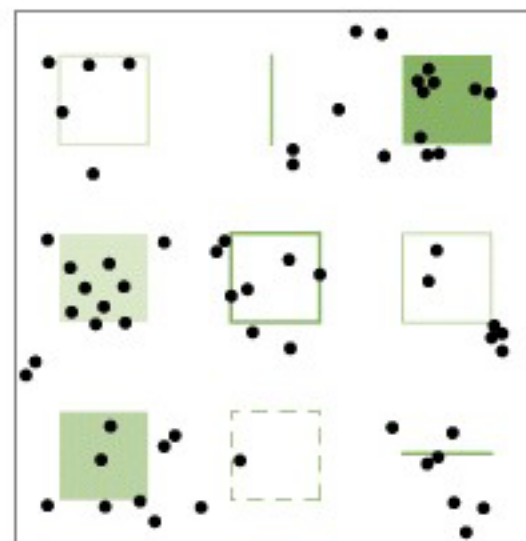
Za uspješno klijanje
sjemenke trebaju vrlo
specifičnu kombinaciju
svjetla, temperature i
vlažnosti, koja varira čak i
među bliskim srodnicima



Plantago lanceolata



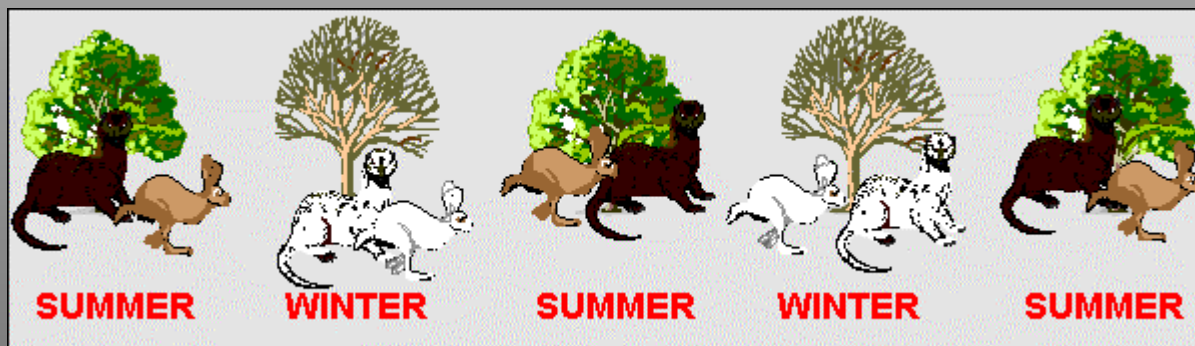
Plantago media



Plantago major

PRILAGOĐIVAČKI (AKLIMATIZACIJSKI) ODGOVORI

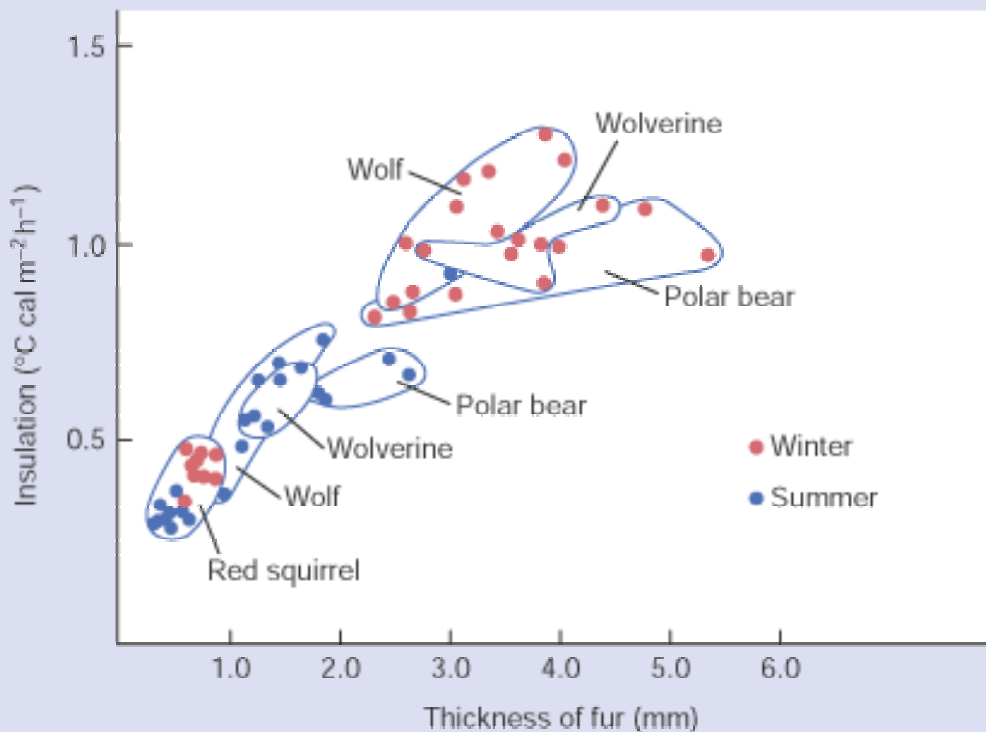
- Također reverzibilni, ali nešto sporiji od regulacijskih odgovora
- Ove se promjene mogu promatrati kao pomaci u rasponima regulacijskih odgovora
- Ovi odgovori uključuju morfološke (npr. dobivanje zimskog krzna) i biokemijske modifikacije (npr. porast broja eritrocita na većim nadmorskim visinama)



Arktička lisica u
svom debelom,
bijelom zimskom
krznu i tanjem,
smeđem ljetnom
krznu



Sezonske promjene u debljini krzna i pridruženih vrijednosti temperaturne izolacije kod nekih životinja sjevernih i arktičkih područja



Cover Requirements for Quail

Nesting cover

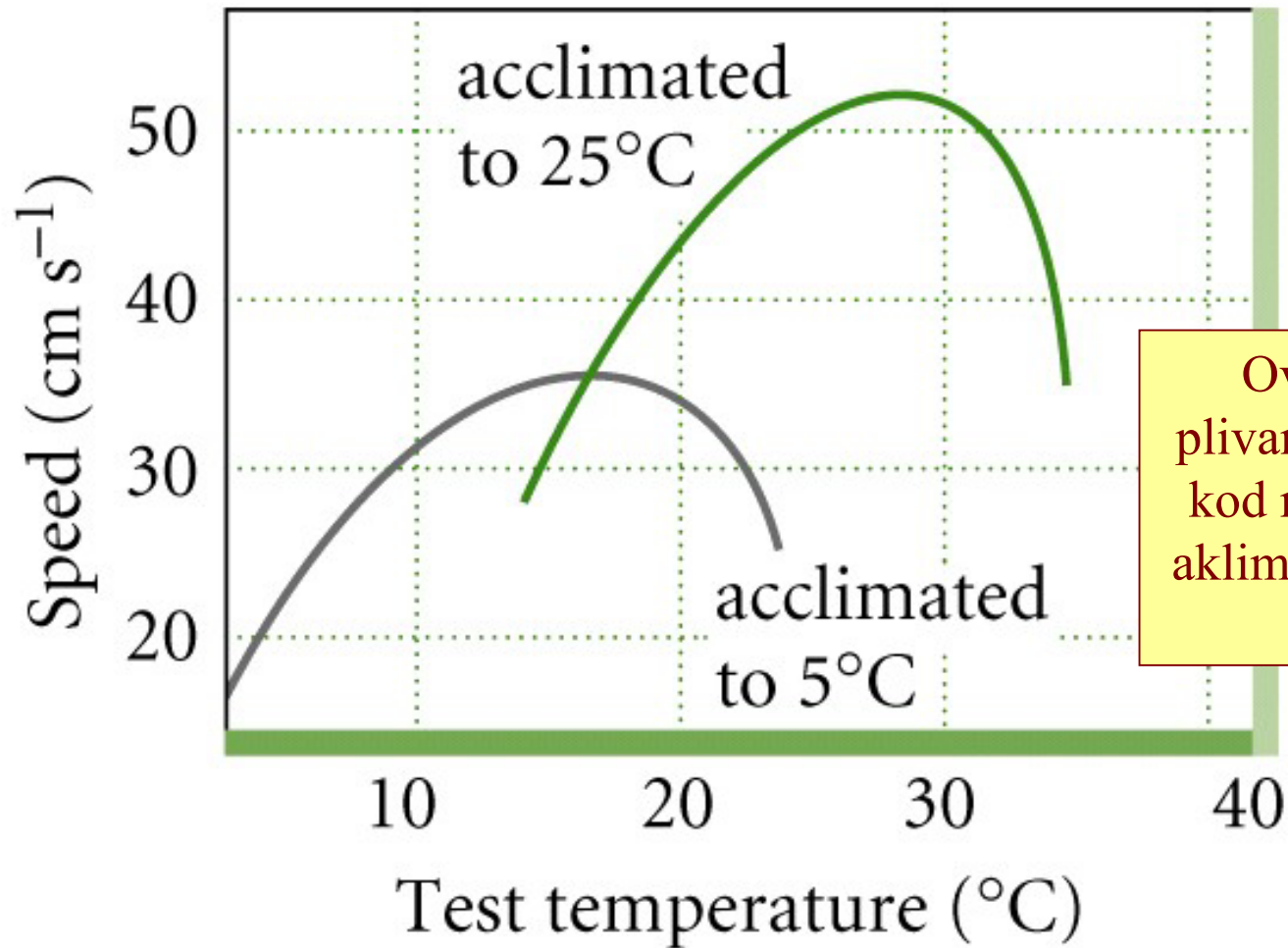


Winter cover



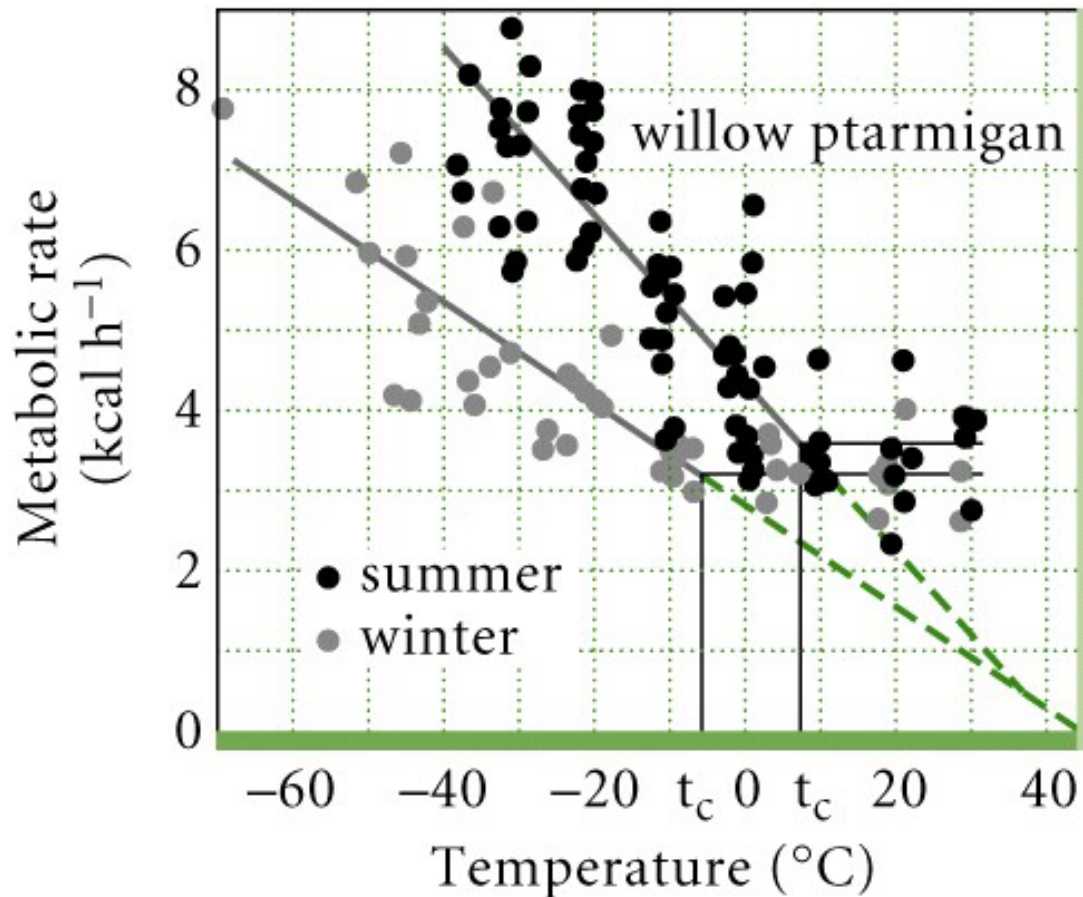
Ljetno i zimsko perje kod prepelice

Temperaturna prilagodba kod zlatne ribice



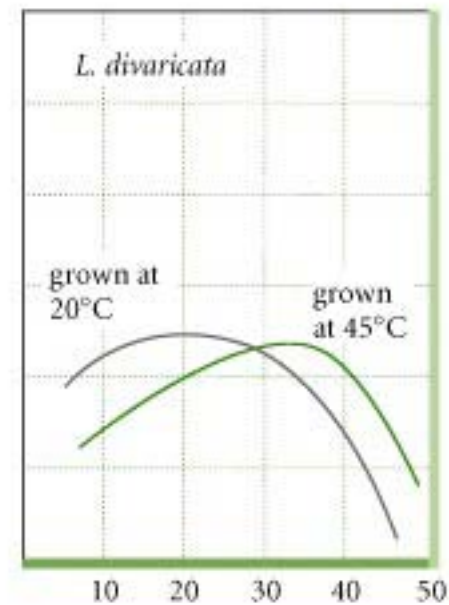
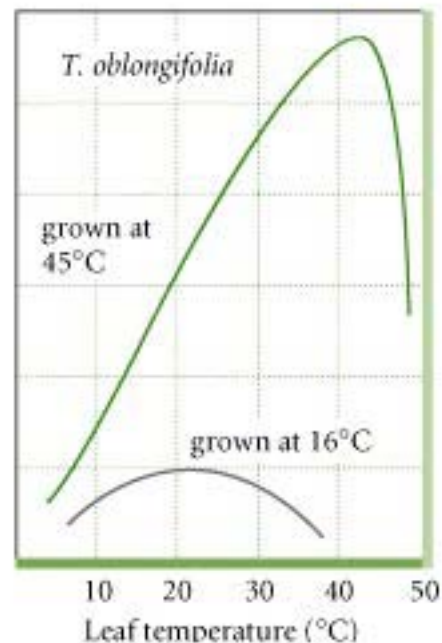
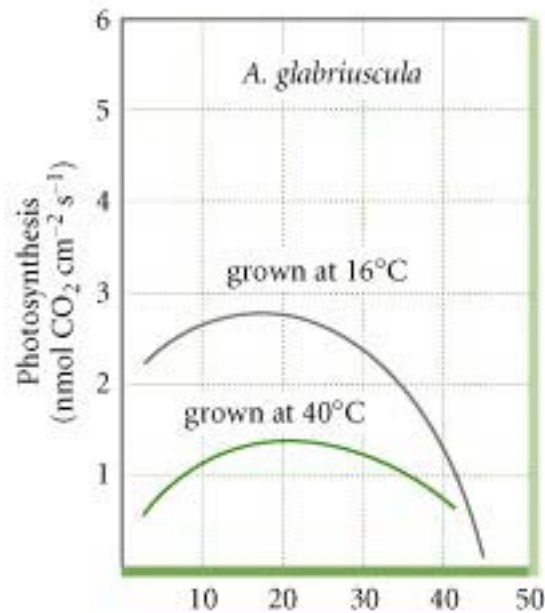
Ovisnost brzine plivanja o temperaturi kod ribica prethodno aklimatiziranih na 5°C i 25°C

Ovisnost stope metabolizma o temperaturi kod ptica
prethodno aklimatiziranih na ljetne i zimske temperature



Ptice aklimatizirane na zimske temperature imaju deblje perje pa je njihova stopa metabolizma, kao i donja kritična temperatura uvijek niža u odnosu na ptice aklimatizirane na ljetne temperature

Prilagođavanje stope fotosinteze na temperaturu



Živi u hladnim obalnim područjima Kalifornije i ne može se prilagoditi visokim temperaturama

Termofilna vrsta koja se ne može prilagoditi niskim temperaturama

Vrsta koja živi u unutrašnjosti pustinje, ali je fotosintetski aktivna tijekom hladnih zima i tijekom vrućih ljeta. Pokazuje klasičan skok temperaturnog optimuma karakterističan za temperaturnu prilagodbu

Kapacitet za prilagođivanjem često je povezan s rasponom temperature u prirodnom okolišu

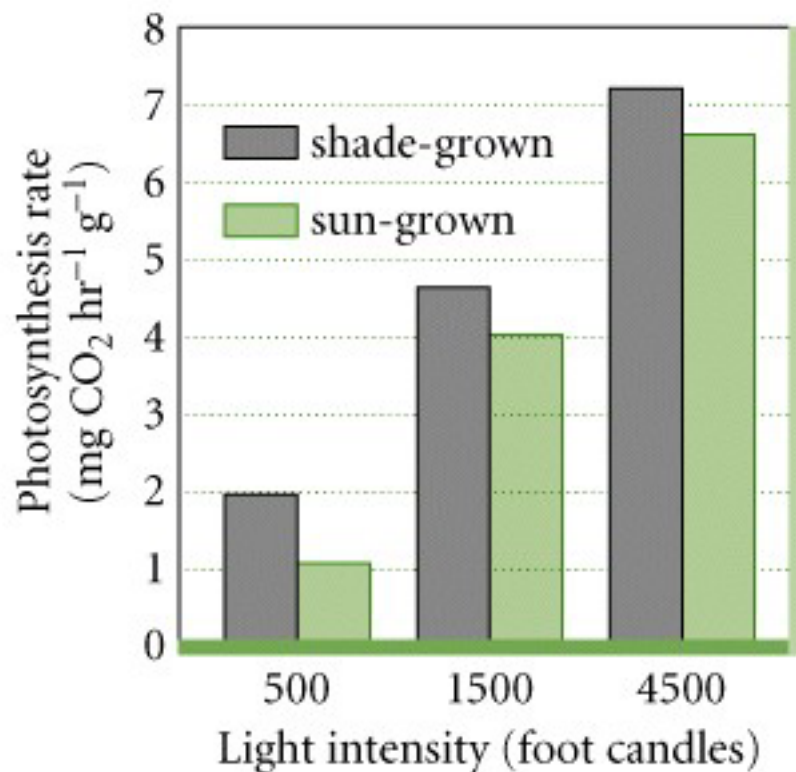
RAZVOJNI ODGOVORI

- Najsporiji su i u pravilu ireverzibilni
- Događaju se kada su promjene u okolišu spore pa jedinke mogu mijenjati svoj razvoj u svrhu proizvodnje najprikladnijeg oblika
- Organizam ne može razvojnim odgovorom reagirati na kratkoročne promjene u okolišu
- Razvojni odgovori su značajni kod organizama koji imaju nekoliko generacija godišnje
- Strategija razvojne fleksibilnosti (npr. kod biljaka čije sjemenje može uspjeti u više različitih staništa)

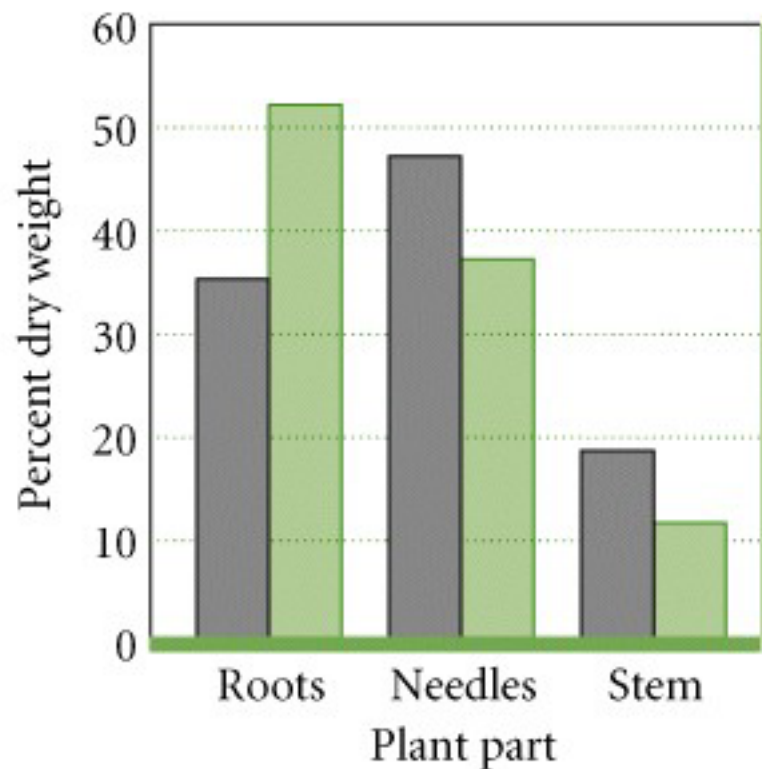
Mladice bora koje rastu u sjeni imaju manji korjenov sustav, više lišća, te veću stopu fotosinteze u odnosu na one koje rastu na suncu (razlog je veća vlažnost u sjeni)

	Rast u sjeni	Rast na suncu
Postotak suhe tvari u:		
korjenju	35	52
iglicama	47	37
stabljici	18	11
Stopa fotosinteze (mg CO₂ h⁻¹):		
nizak intezitet svjetla (500 cd)	1.9	1.0
srednji intezitet svjetla (1500 cd)	4.6	4.0
visoki intezitet svjetla (4500 cd)	7.2	6.6

Mladice bora koje rastu u sjeni imaju manji korjenov sustav, više lišća, te veću stopu fotosinteze u odnosu na one koje rastu na suncu (razlog je veća vlažnost u sjeni)



(a)



(b)

Dugokrila forma



Kratkokrila forma



Razvitak dugokrilih i kratkokrilih formi kod vodenog kukca iz roda *Gerris* (vodena kopnica) koji nastanjuje slatke vode s različitim razinama stalnosti i predvidivosti. Razvitak pojedinih formi ponajviše ovisi i temperaturi. Visoka temperatura uzrokuje isušivanje manjih stajačica što favorizira razvitak dugokrilih formi (kod kratkokrilih formi krila nisu funkcionalna, te onemogućavaju rasprostranjenje kada njihovo stanište presuši

U stajaćicama koje nikada ne presušuju razvit će se kratkokrile forme

U nepredvidivim staništima razvit će se obje forme

U staništima gdje je presušivanje sezonsko i pravilno razvit će se spolni dimorfizam

U vrlo nepredvidivim staništima razvit će se dugokrile forme

TABLE 6-2 Wing lengths of water strider species (*Gerris*) inhabiting bodies of fresh water with different levels of permanence and predictability

Habitat	Characteristic wing length	Characteristic determination mechanism
Permanent	Short	Genetic
Fairly persistent, but unpredictable	Both short and long	Genetic dimorphism
Seasonal	Seasonally dimorphic (summer generation)	Developmental switch
Very unpredictable	Long	Genetic

Ekstremni odgovori organizama na nepovoljne uvjete

- Kada se ni sa jednim tipom odgovora na promjene u okolišu ne mogu savladati nepovoljni uvjeti, organizmi posežu za ekstremnim odgovorima:
 - **1. MIGRACIJE**
 - **2. SKLADIŠTENJE HRANE (ENERGIJE)**
 - **3. FIZIOLOŠKO MIROVANJE**



MIGRACIJE

Ptice – arktička čigra
migrira od pola do pola
(30.000 km)

Ribe – losos, jegulja

Sisavci – kitovi, gnuovi
(slijede sezone kiša)

Kukci – skakavci, leptir
monarh itd.

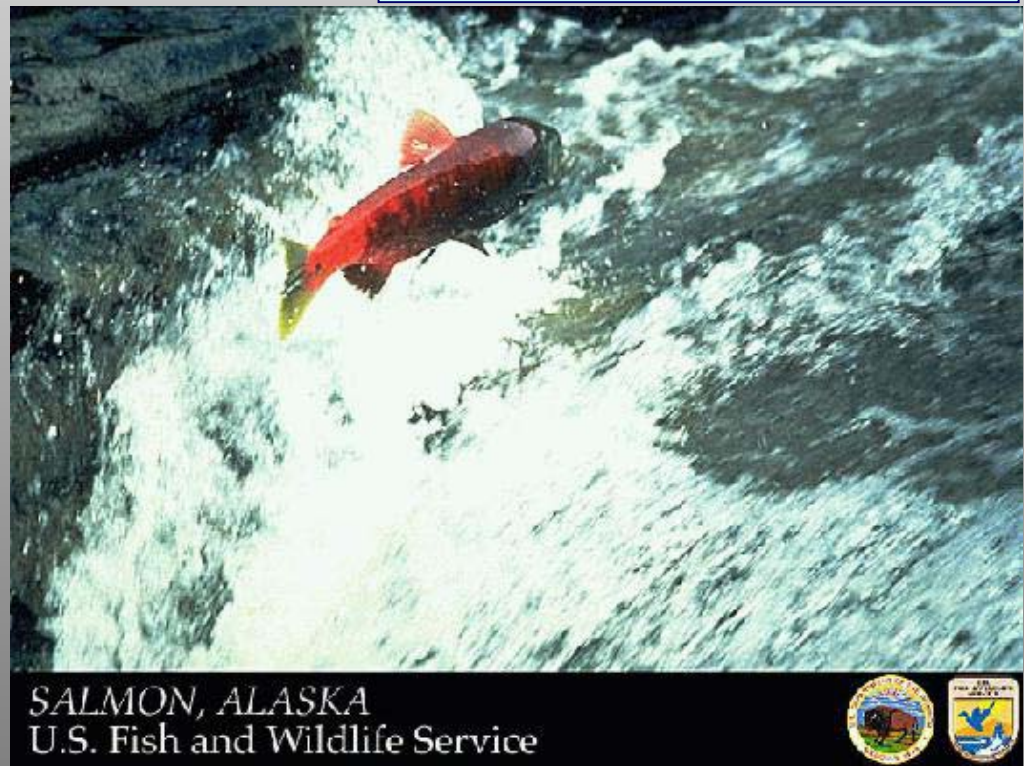
Gnu poduzima velike migracije u
potrazi za područjima koja omogućavaju
ispašu velikim krdima



Migracije aligatora



Migracije lososa



SKLADIŠTENJE

- Kaktusi tijekom kišnih razdoblja skladište vodu
- Brojne biljke skladište hranjiva
- Životinje (pogotovo arktičke) akumuliraju mast kao rezervu energije u razdobljima obilja hrane
- Životinje koje su zimi aktivne spremaju hranu ispod kore ili je zakopavaju (npr. dabar, vjeverica, djetlić, šojka)

SKLADIŠTENJE

U staništima koja su često izložena požarima, višegodišnje biljke spremaju hranjiva u korjenju koje je otporno na vatru, i koje ubrzo nakon požara izbacuje nove mladice

6 mjeseci nakon požara



20 mjeseci nakon požara





Šumski požar

FIZIOLOŠKO MIROVANJE

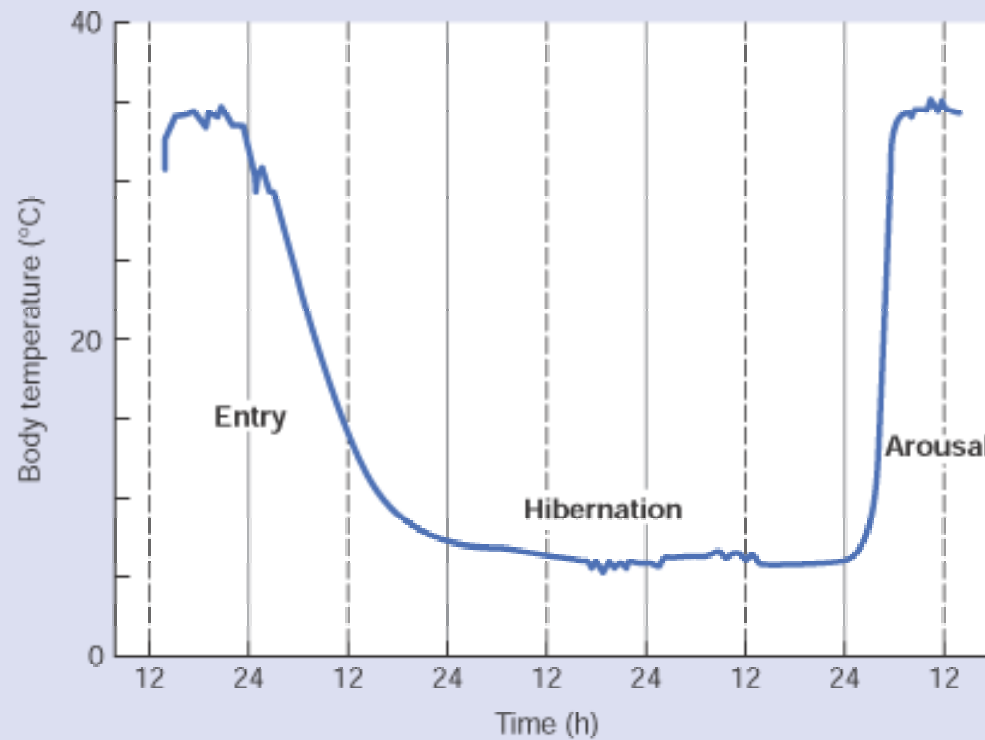
- Brojno tropsko i subtropsko drveće tijekom razdoblja suše gubi lišće
- Drveće umjerenih i arktičkih područja gubi lišće u jesen jer iz smrznutog tla ne može uzimati vodu
- Sjemenje biljaka, te spore bakterija i gljivica podnose duga razdoblja mirovanja
- Mnogi sisavci hiberniraju zbog nedostatka hrane (“zimski san”)
- Na razdoblje mirovanja organizmi se pripremaju nizom fizioloških promjena (proizvodnja “antifrizi”, dehidracija, skladištenje masti)
- Kukci tijekom velikih vrućina i hladnoća ulaze u stanje mirovanja - diapauzu

- Prije zimskog sna stvaraju velike rezerve energije u obliku sala
- Tijekom sna temperatura tijela neznatno opada
- Broj otkucaja srca pada na 25%
- Metabolizam pada na 50-60% od normalnog
- Tijekom sna izgubi na težini 2-25%
- Tijekom sna ne jede, ne pije, te ne vrši defekaciju i uriniranje
- Sadržaj mjehura se reapsorbira

Promjene tijekom zimskog sna



Promjene tjelesne temperature kod europskog hrčka tijekom trodnevnog razdoblja koje je obuhvaćalo ulazak u hibernaciju, razdoblje hibernacije, te razdoblje buđenja iz sna



Znakovi koji organizmima omogućavaju da predvide promjene u okolišu

- Kako ptice selice znaju da se približava zima ili proljeće?
- Kako kukci znaju kada treba započeti s dijapauzom?

J.R. Baker (1938) razlikuje:

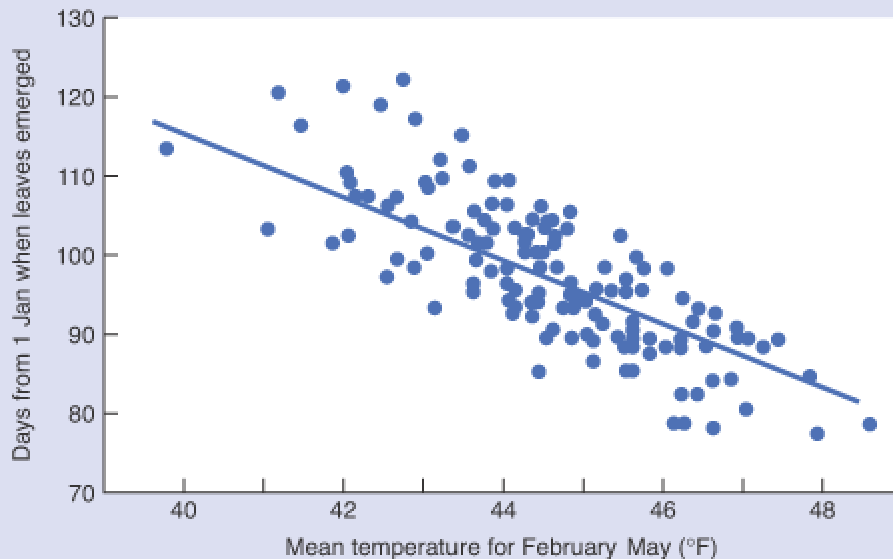
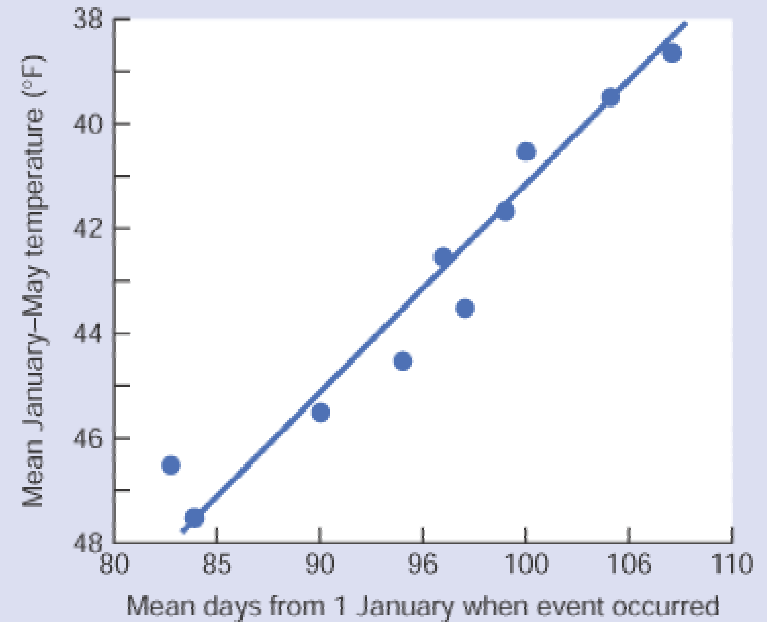
1. NEPOSREDNI ZNAKOVI

2. KONAČNI (KRAJNJI) ZNAKOVI

Neposredni znakovi

- Većina organizama osjeća promjene temperature, te dužinu dana (fotoperiod) kao neposredne znakove koji ukazuju na sezonu, a mnogi mogu razlikovati da li se dan skraćuje ili produžava
- **Primjer:** Jedna vrsta moljca ulazi u dijapauzu u ranu jesen kada dan postane kraći od 13 sati
- Slični organizmi ili čak različite populacija iste vrste se mogu značajno razlikovati u svom odgovoru na fotoperiod u različitim područjima
- **Primjer:** U Michigenu (45°N), populacije vodenbuhe ulaze u dijapauzu kada dužina dnevnog svjetla padne ispod 12 h (sredina rujna), dok srodna vrsta na Aljasci (71°N) ulazi u dijapauzu kada dužina dnevnog svjetla padne ispod 20 h, što se događa sredinom kolovoza

**Razdoblje u godini kada
je došlo do proizvodnje
lisnih i cvjetnih pupova
(prikazano kao broj
dana od 1. siječnja) ...**



**... kao funkcija
prosječne temperature u
razdoblju veljača-
svibanj, odnosno
siječanj-svibanj**

Konačni (krajnji) znakovi

- Kada dužina dana ne može biti pouzdan pokazatelj promjena u okolišu, organizmi se moraju koristiti konačnim (krajnjim) znakovima
- **Primjer:** U ekvatorijalnim područjima dužina dana je konstantna, pa organizmi prate sezonske cikluse oborina i njihovog utjecaja na vlažnost i vegetaciju
- U nepredvidivim okolišima kao što su pustinje, mnogi organizmi primjenjuju konzervativnu strategiju pripravnosti tijekom čitavog razdoblja kiša
- **Primjer:** Kod nekih se pustinjskih ptica gonade održavaju u stanju pripravnosti sve dok traje razdoblje unutar kojega je moguća kiša, ali sama kiša je ta koja inicira završetak fiziološkog razvitka gonada i početak parenja

Ekotipska diferencijacija odražava razvojne adaptacije na lokalne uvjete okoliša

EKOTIPOVI su genetički diferencirani sojevi istih vrsta od kojih je svaki ograničen na specifično stanište

Švedski botaničar Göte Turesson (1922) je sakupio sjemenke nekoliko vrsta biljaka koje su rasle u širokom rasponu staništa i posadio ih u svom vrtu. Iako su rasle u istim uvjetima biljke iste vrste su pokazivale različite forme ovisno o staništu s kojeg su donesene. Turreson je ove forme nazvao **ekotipovima**

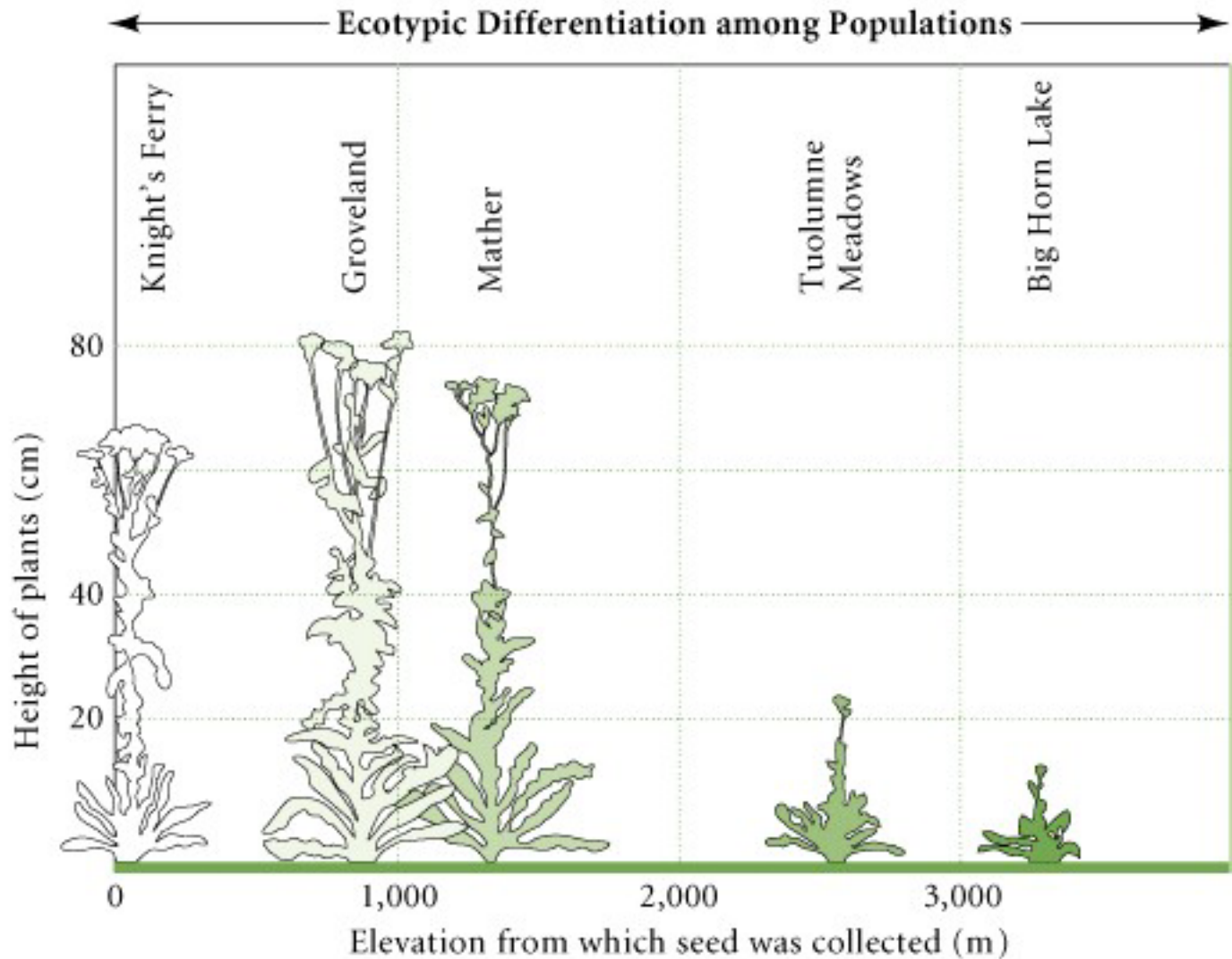
•Primjer: *Hieracium umbellatum*

- u šumi raste uspravno

- na pjeskovitim ledinama raste polegnuto

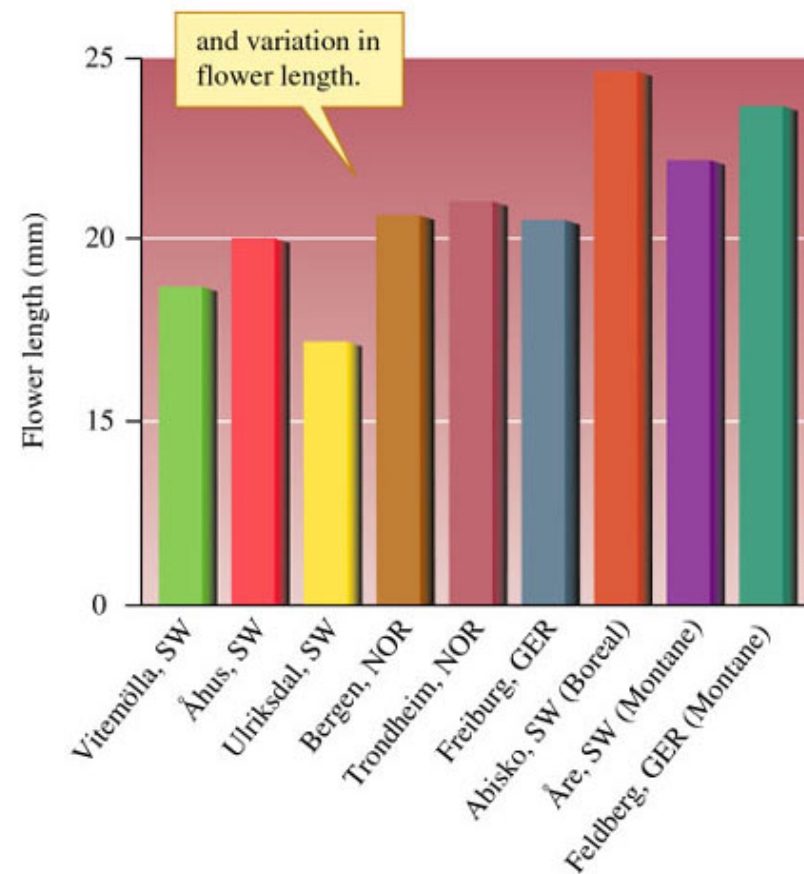
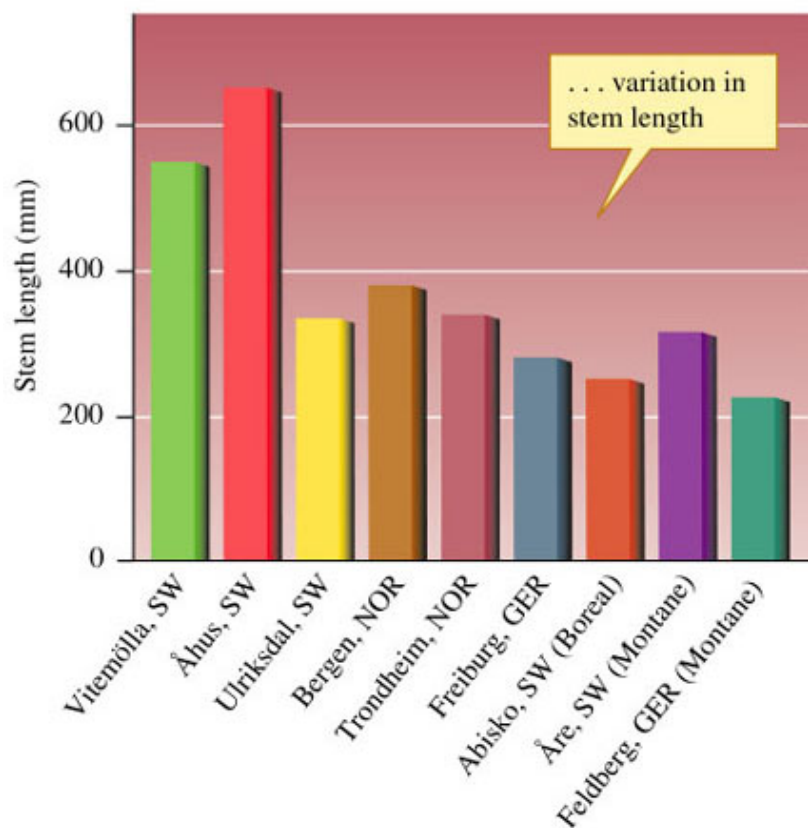
Ovakve razlike u adaptacijama na različite tipove staništa nesumnjivo povećavaju raspon ekološke tolerancije vrsta, dijeleći ih na manje subpopulacije

Ekotipska diferencijacija kod stolisnika (*Achillea millefolium*)

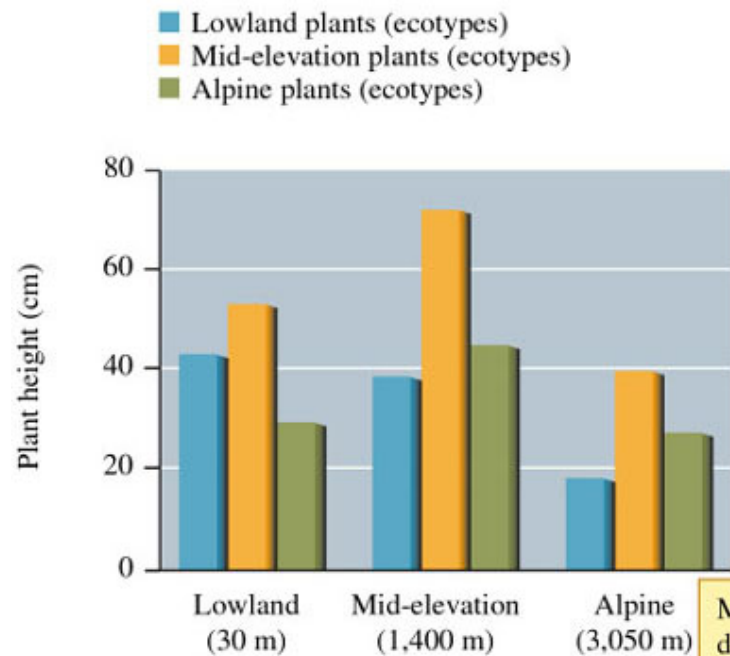


Kada se zvončike (*Campanula rotundifolia*) sakupljene s različitih dijelova njihovog geografskog raspona posade u istom vrtu, one ipak pokazuju morfološke razlike

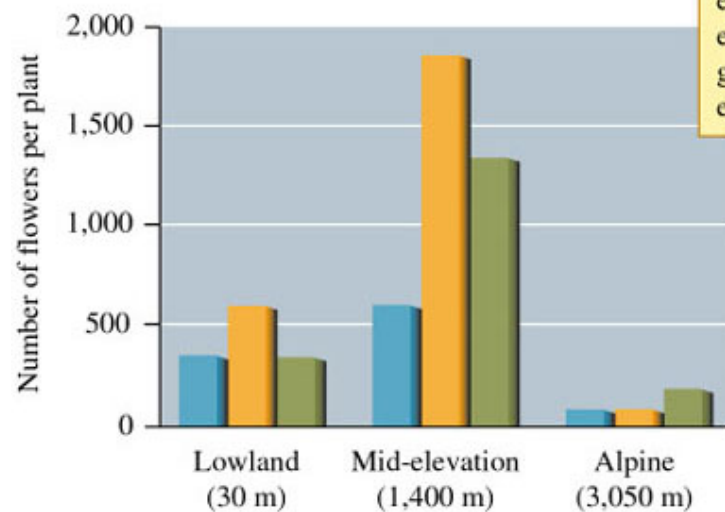
When grown in the same garden, *C. rotundifolia* from across its geographic range still shows substantial . . .



Morfološke razlike između ekotipova petoprsta (*Potentilla glandulosa*) koji žive na tri različite nadmorske visine ostaju vidljive bez obzira na kojoj se nadmorskoj visini nalazi vrt u kojem se uzgajaju



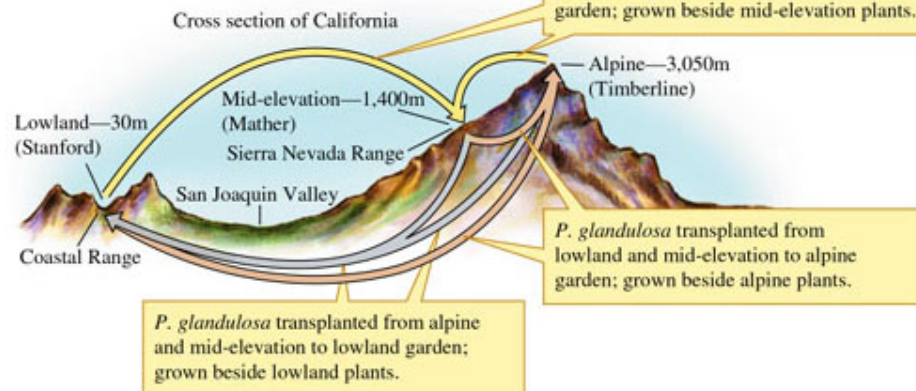
Morphological differences among ecotypes from three elevations were evident in gardens at all elevations.



Garden sites and elevations

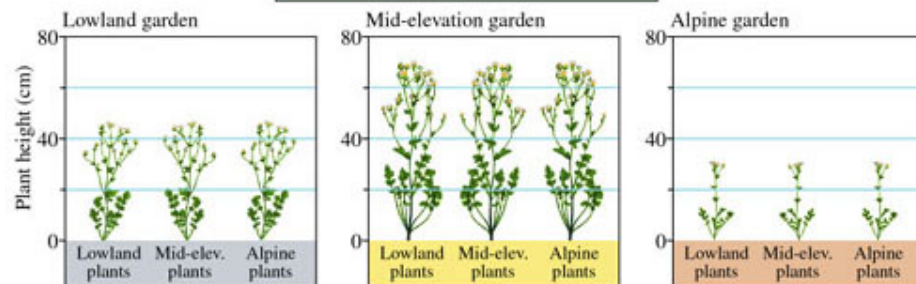
Petoprst (*Potentilla glandulosa*) pokazuje najbolji rast u vrtu koji se nalazi na nadmorskoj visini koja odgovara njenom prirodnom staništu

Transplant design:



Null hypothesis: No genetic differences (variation) among populations.

If there were no genetic differences among populations, all plants would grow equally well in all gardens.



Results: Did not support null hypothesis.

Differences in growth in gardens indicated genetic differences (variations) among populations.

