

***VLIV ABIOTICKÝCH
FAKTORŮ
NA ORGANISMY***

Prof.RNDr.Lubomír Hanel, CSc., 2011

Obsah

Význam světla pro rostliny a živočichy

Tropismy, nastie, kineze, taxe

Cirkadiánní rytmy

Zbarvení živočichů

Adaptace na tmu

Význam teploty pro organismy

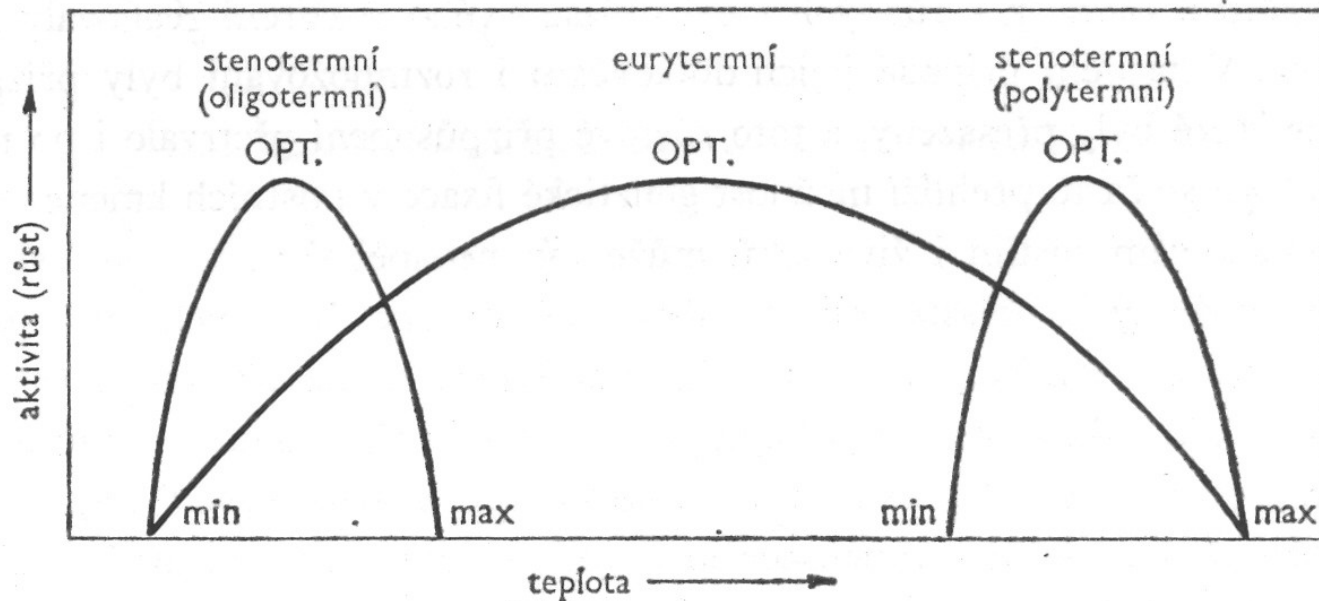
Termobiologické typy živočichů

Adaptace na vysoké a nízké teploty

Rostlinné indikátory výskytu určitých látek v substrátu

Šíření organismů

Život v extrémních podmínkách



Obr. 5 – 1. Srovnání poměrných mezí tolerance stenothermních a eurytermních organismů. U stenothermních druhů leží minimum, optimum a maximum blízko sebe, takže malý teplotní rozdíl, jenž by patrně neměl na eurytermní druhy účinek, je pro stenothermní druhy často kritický. Všimněme si, že stenothermní organismy mohou snášet buď nízké teploty (oligothermní), nebo vysoké teploty (polythermní), nebo teploty mezi nimi. (Podle RUTTNERA 1963.)

Sluneční záření a světlo

Sluneční záření je zdrojem energie veškerých exogenních procesů Země

Solární konstanta

Průměrné množství zářivé energie přijaté zemskou atmosférou ze Slunce. Velikost solární konstanty je přibližně 2 kalorie za minutu dopadající na každý cm^2 horního okraje atmosféry.

Délka elektromagnetických vln, pronikajících do biogeosféry je 290 – 5000 nm

- lidskému oku je viditelné cca v rozmezí **390-800 nm**
- ultrafialové světlo je pod 300 nm
- infračervené nad 750 nm

Dlouhé vlny (pomalé kmity)



Radiové vlny

Mikrovlnné záření

Infračervené světlo

Viditelné světlo

Ultrafialové světlo

Paprsky X

Gamma záření



650-800 nm

590-640 nm

550-580 nm

490-530 nm

460-480 nm

440-450 nm

390-430 nm

Krátké vlny (rychlé kmity)



Sluneční záření a světlo

Euryfotní

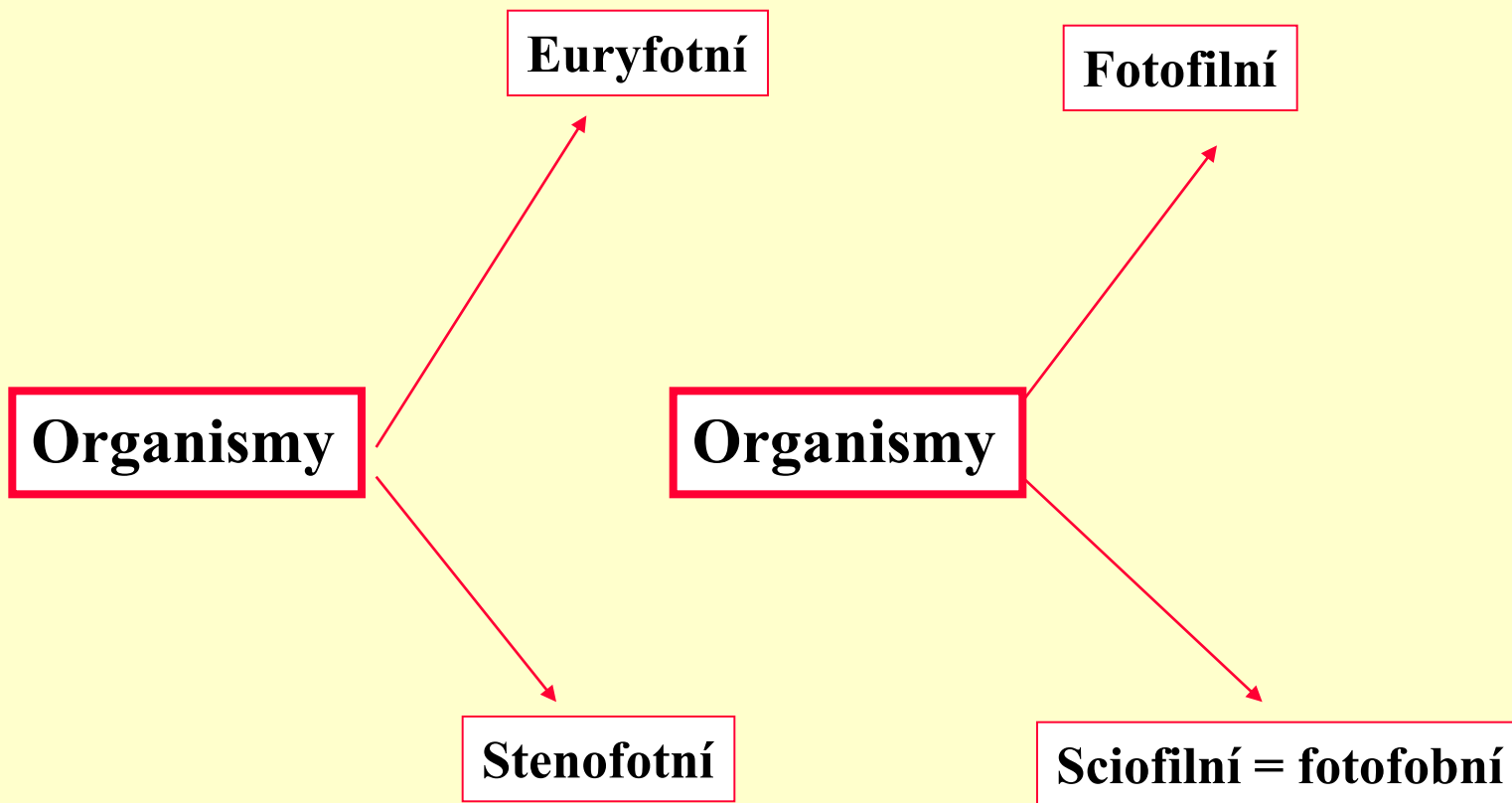
Fotofilní

Organismy

Organismy

Stenofotní

Sciofilní = fotofobní



Světlo a rostliny

Nedostatek světla způsobuje **etiolizaci** - tvorbu bledých rostlinných orgánů bez chlorofylu.

Chamaerops humilis - na fotografii lze vidět světle zelené listy, což způsobila nízká intenzita světla (v zimních měsících byla rostlina umístěna v nevhodných světelných podmínkách).



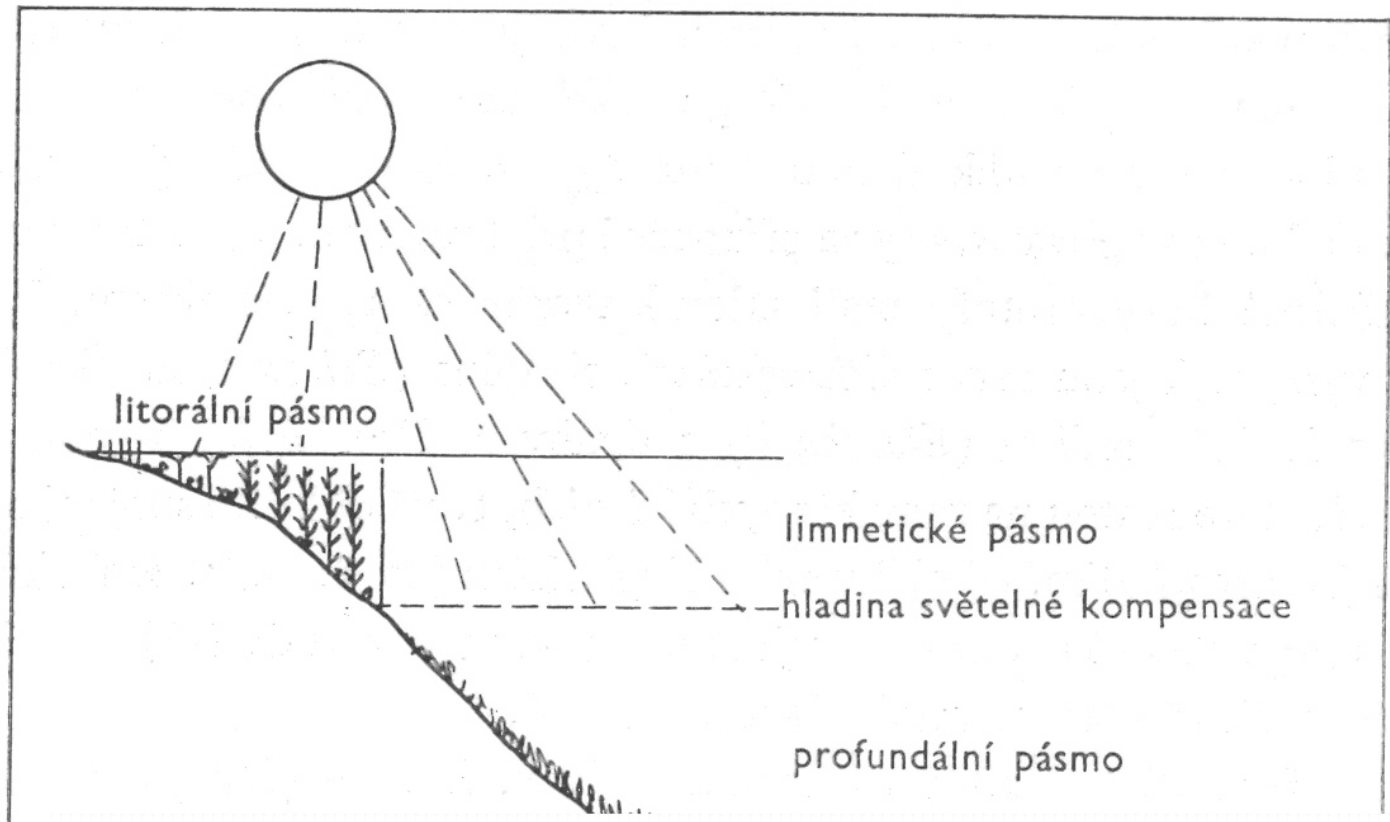


(a) Before exposure to light. A dark-grown potato has tall, spindly stems and nonexpanded

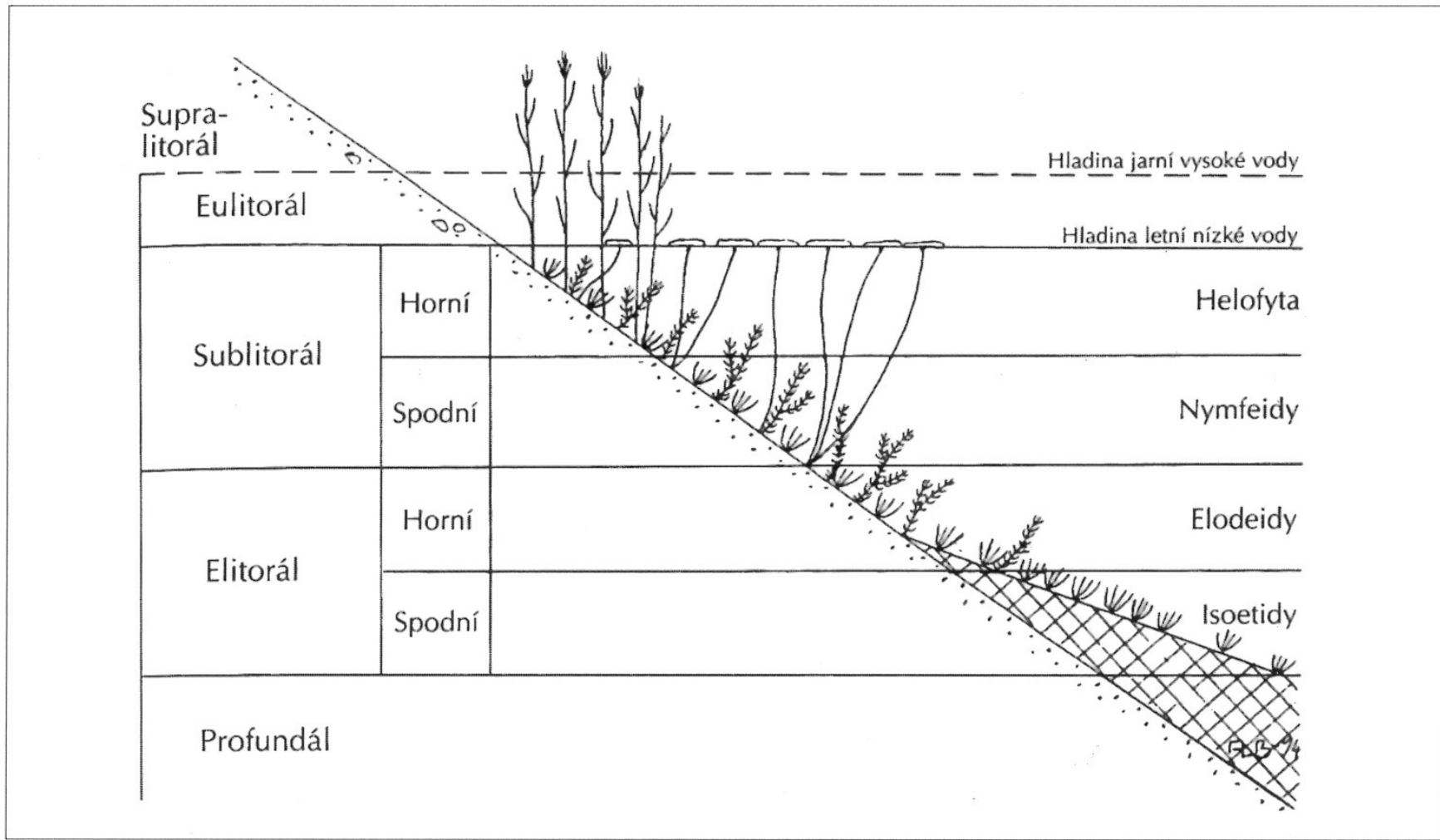


(b) After a week's exposure to natural daylight. The potato

Za tmy dochází k růstu rostlin za vzniku dlouhých stonků. Brambora vlevo dá veškerou energii na růst dlouhého stonku. Po týdnu vystavení světlu vzniká rostlina, jak ji známe: zelené listy, krátký silnější stonek, dlouhé kořeny. Tato proměna začala tím, že brambora zaznamenala přítomnost světla díky specifickému pigmentu, *fytochromu*



Obr. 27: Schematické znázornění litorální zonace makrofytické vegetace v oligotrofním jezeře (Eiseltová ed. 1996)



Adaptace rostlin na sluneční záření

- **Heliofyty** (rostliny slunobytné) 100 % ozáření, rostliny pouštní, stepní, tundrové, horské, některé vodní, ruderální a plevelle
- **Heliosciafyty** snesou obojí, ale pro kvetení často vyžadují větší ozářenost, *Stachys recta* – 100-48%, *Dactylis glomerata* 100-3%
- **Sciafyty** (stínobytné) *Prenanthes purpurea* 10-5%, *Lathyrus vernus* 33-20%, kapradiny 1%, mechy 0,5%, řasy 0,1%, parazitické rostliny.



Stachys recta



Dactylis glomerata



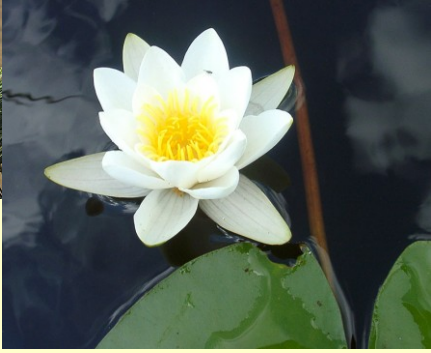
Prenanthes purpurea



Lathyrus vernus

Rostliny

Heliofyty



Heliosciafyt

Srha laločnatá (*Dactylis glomerata*)



Sciafyty, umbrocyty

Věsenka nachová (*Prenanthus purpurea*)



<http://botanika.wendys.cz>

Typy listů

- **Slunné listy** - mají menší plochu, větší tloušťku listu, větší počet chloroplastů, nižší obsah chlorofylu na jednotku sušiny, více malých průduchů, obsahují méně vody
- **Stinné listy** – větší obsah chlorofylu, nižší světelný kompenzační bod.

Světelný kompenzační bod

- Určuje minimálně nutné ozáření
- Dýchání se rovná fotosyntéze

Pohyby organismů (rostlin)

Fyzikální – hygroskopické
mrštivé

Vitální

- lokomoční (taxe) – indukované podrážděním orientované k/od zdroje (pohyb celého organismu)
- ohybové (ohnutí části rostliny, auxiny)
- odvetné (podněty z vnějšího prostředí)
 - tropismy (jednosměrný vnější faktor)
 - nastie (neorientované)

Hygroskopické pohyby

Způsobeny pnutím, které vzniká na základě rozdílu v rychlosti bobtnání a propustnosti buněčných stěn pro vodu u rostlinných pletiv vně a na vnitřní straně pohybujícího se orgánu

*(otvírání za sucha - zavírání za vlhka plodných šišek jehličnanů :
buněčné vnější strany semenných šupin bobtnají a propouštějí
vodu rychleji než na vnitřních stranách).*



Mrštivé (explozivní) pohyby

Například zralé tobolky netýkavky – jsou citlivé na dotyk, který vyvolá náhlé vyrovnání **turgoru** (*vnitrobuněčného napětí*) v pletivu tobolky a tím se svinou chlopně a vymrští semena do okolí (*také vřeckovýtrusé houby a výtrusnice kapradin*)

Explozivní pohyby netýkavky



tobolka

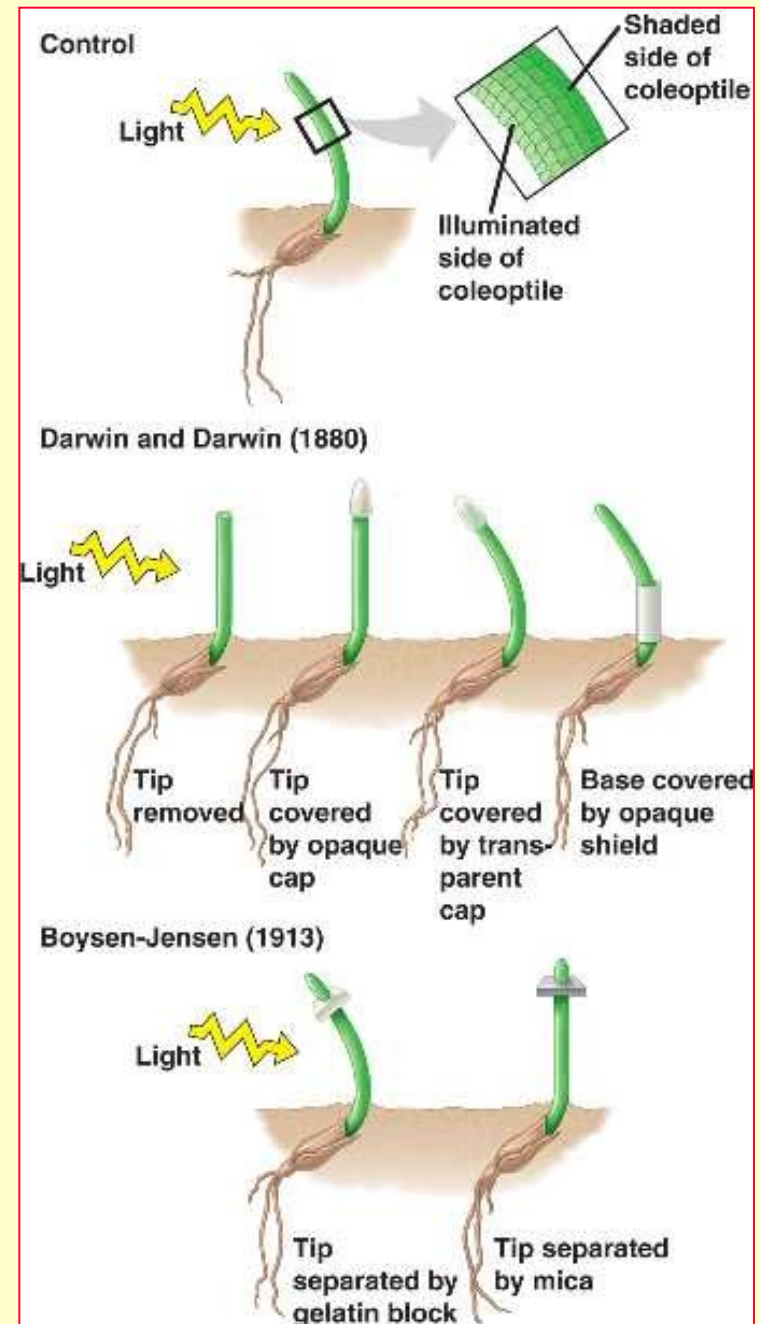


Vitální pohyby

- Rostlina v květináči na okenním rámu otáčí své listy směrem ke světlu. Kdybychom květináč otočili, rostlina velmi brzy přeorientuje svůj růst tak, aby směřovala listy proti světlu.



- V roce 1880 Charles Darwin a jeho syn Francis provedli první experimenty týkající se fototropismu. Objevili, že rostlina se otáčí za světlem, pouze když je přítomen vrchol stonku. Obrázek sumarizuje tyto experimenty. Když Darwin odstranil stonkový vrchol, rostlinka rostla přímo vzhůru, neotáčela se za světlem.



Orientační (odvetné) reakce

Organismy mohou reagovat pohybem či změnou polohy díky vnějšímu podnětu. Rozeznáváme následující typy reakcí:

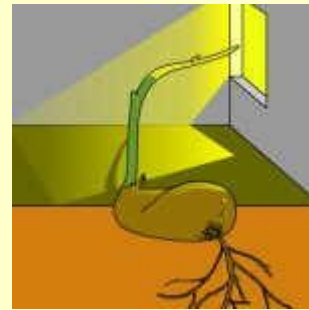
Tropismus – zaujímání určité polohy vůči podnětu beze změny místa, většinou světlu (fototropismus), záleží na směru podnětu

Nastie - pohyb rostlin nezávislý na směru působení podnětu, mohou mít ochrannou funkci (např. zavírání květů rostlin)

Taxe - složitější orientační lokomoční chování, kdy pohyb je ve vztahu ke směru působení podnětu. Existují pozitivní a negativní taxe.

Kineze - nejjednodušší instinktivně motivované projevy. Může jít o změnu rychlosti nebo druhu pohybu jako odpověď na změnu síly podnětu, rozhodující je intenzita, ne směr.

Tropismy



- pohyb či zaujímání polohy k něčemu
= pozitivní tropismus
- pohyb či zaujímání polohy od něčeho
= negativní tropismus
- např. pozitivní fototropismus = růst rostliny směrem ke světlu

Fototropismus

- Růst rostliny směrem ke světlu je nazýván fototropismus (z řečtiny: *fotos* = světlo, *tropos* = otáčet). Fototropismus je adaptace, která řídí směr růstu semenáčku nebo prýtu dospělé rostliny směrem ke světlu, které rostlina potřebuje pro fotosyntézu.

Fototropismus



Nezmarovka (*Eudendrium*)



Fototropismus

Jehlanka válcovitá (*Ranatra linearis*)



Zaujímá různý postoj v případě, že světlo přichází zepředu – přitisknuta k podkladu, či naopak zezadu – tělo je vzpřímené na nohou.

Fototropismus



Locika kompasová (*Lactuca seriola*),
nasměrování okrajů listů ve směru sever-jih



Ohyb řapíku u zčásti zastíněného listu u rostliny *Coleus*



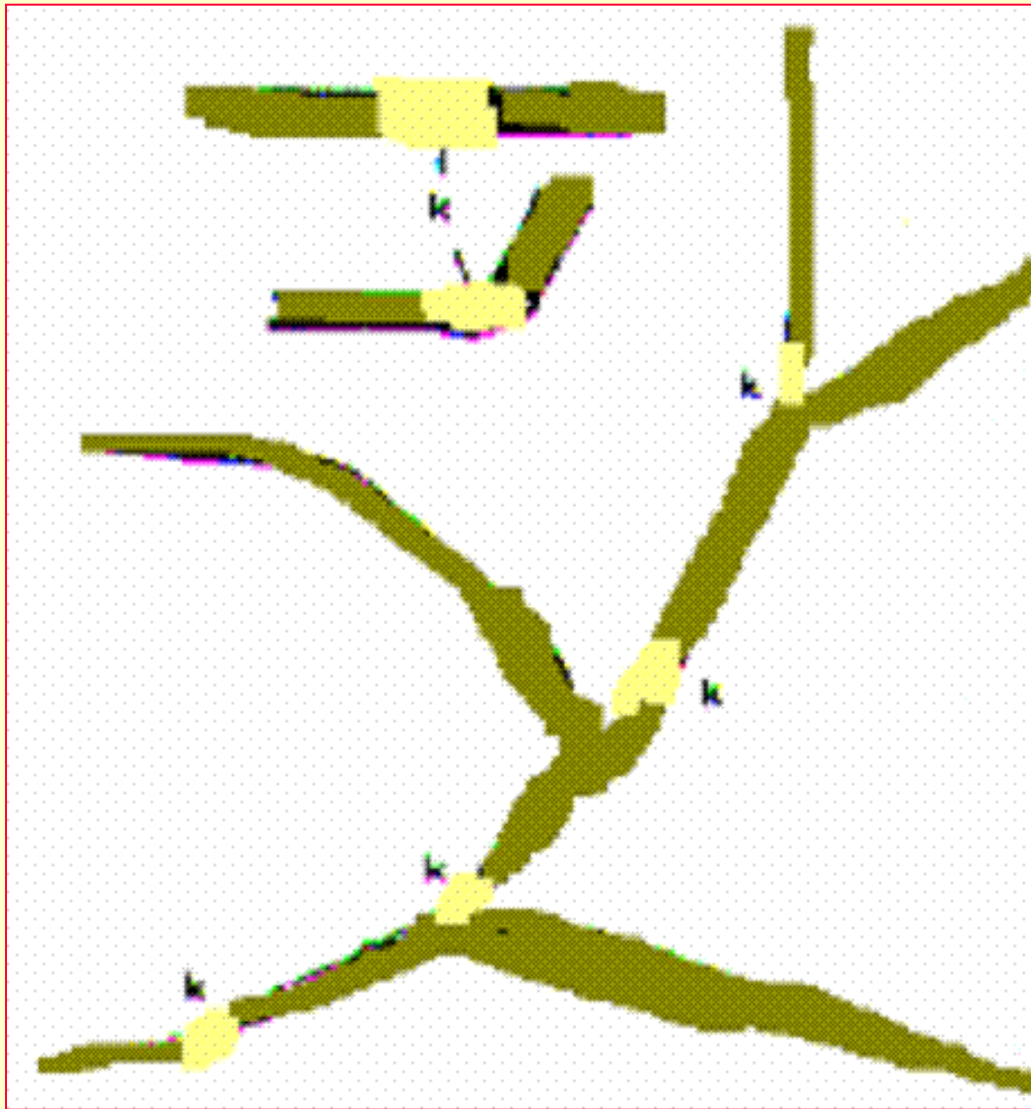


Heliotropismus



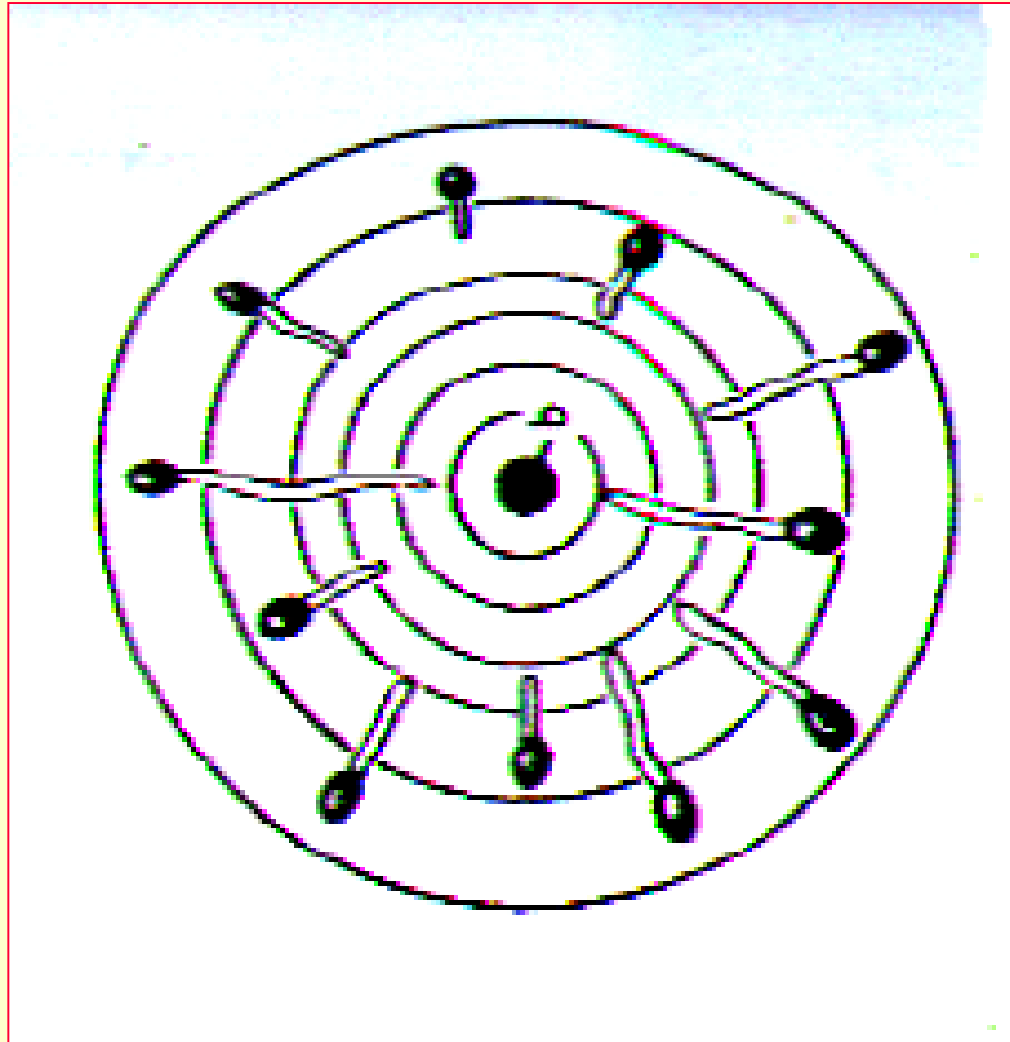
Otáčení za sluncem, čili heliotropismus, je známý jev, který se o slunečnici traduje. Ve skutečnosti se vyskytuje pouze u poupat, nerozvinutých květenství. Při východu Slunce se všechny slunečnice v této životní fázi natáčí na východ a postupně „putují“ po obloze na západ. V noci se opět vrací na východní pozici.

Negativní gravitropismus



Negativní gravitropismus u polehlého stébla trávy (k – kolénko)

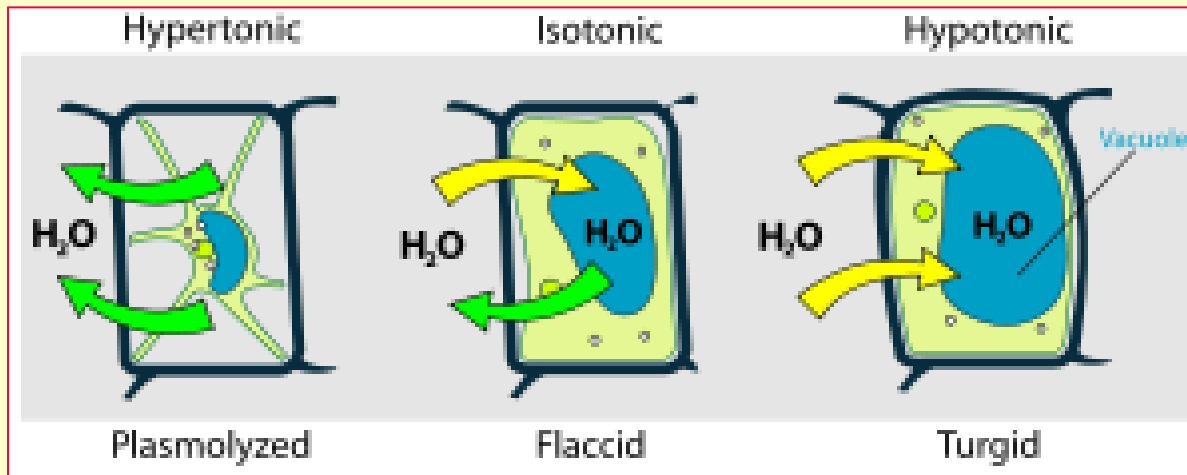
Chemotropismus



Růst pylové láčky v prostředí (b – vložená blizna)

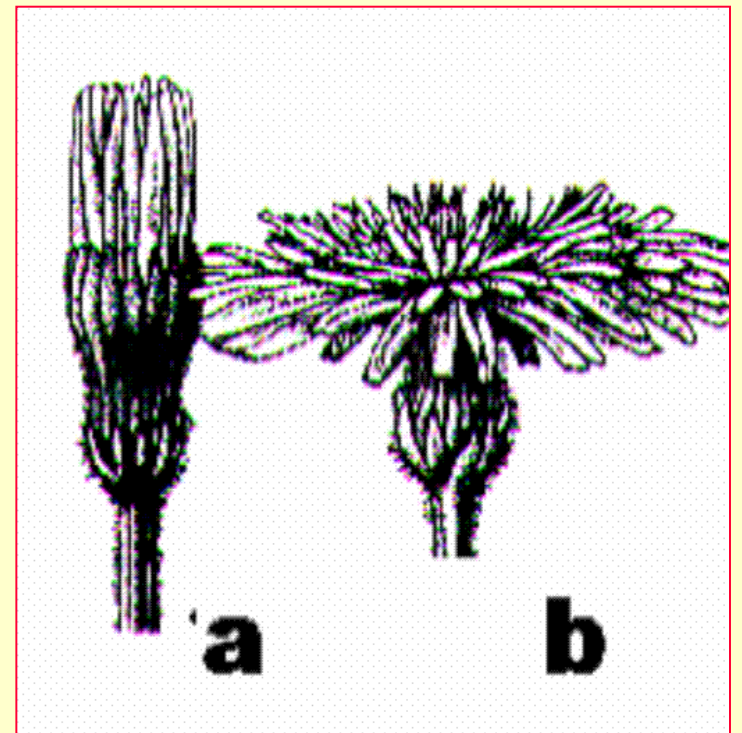
Nastie

- pohyb rostlin nezávislý na směru působení podnětu, může mít ochrannou funkci (např. zavírání květů)



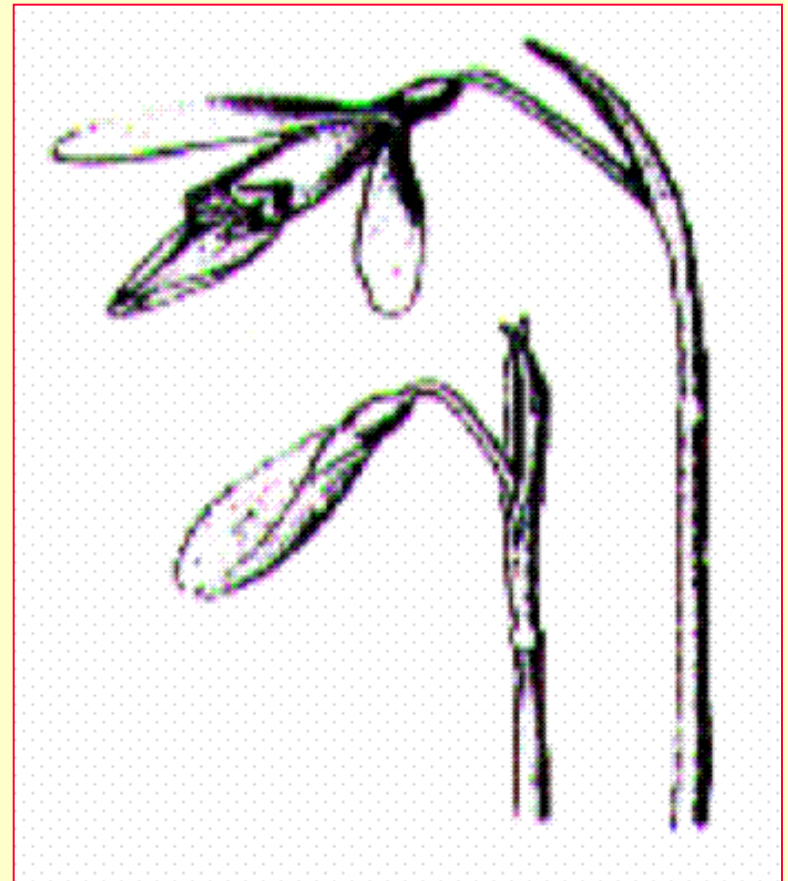
Některé nastie jsou založeny na změně turgoru, tzn. změně tlaku v jednotlivých buňkách pletiv

Fotonastie



Fotonastie květenství hvězdnicovitých v závislosti na změnu intenzity světla

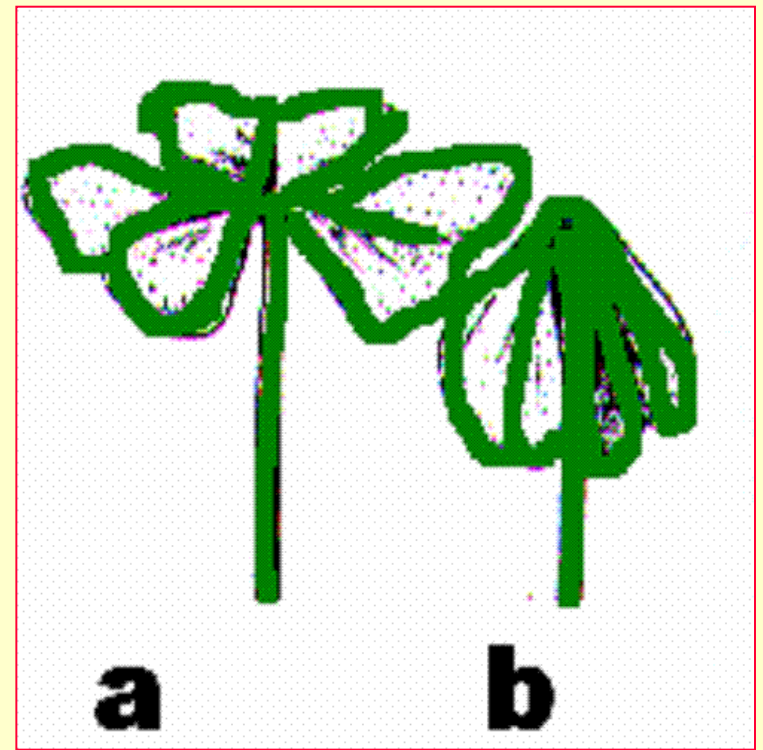
Termonastie



Termonastické pohyby květů (otevírání a zavírání) sněženy dle teploty

Nyktinastie

Střídání dne a noci



Spánkové pohyby listů šťavelu (změna turgoru v buňkách)

Tigmonastie

Například pohyb žláznatých tentakulí na listech masožravé rosnatky vyvolaný dotykem hmyzu



Tigmonastie

Pohyb tyčinek dřívěálu (*Berberis vulgaris*) po dotyku – mechanismus zlepšující opylení



Seizmonastie

Seizmonastie listů citlivky
(změna turgoru v buňkách).
Evolučně nejpokročilejší
pohyb rostlin.



Mimosa pudica
Citlivka stydlivá

Seizmonastie

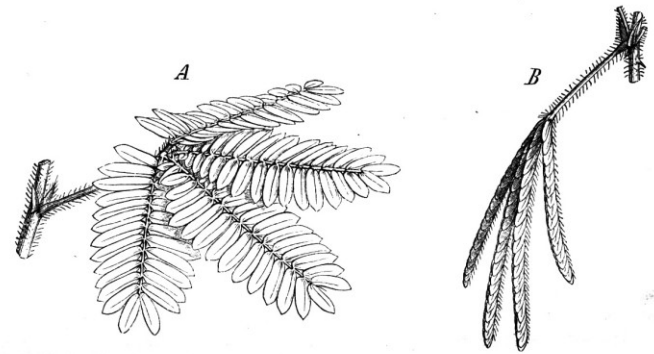


Fig. 41. *Mimosa pudica* L. A im ungereizten Zustande (Tagstellung); B nach einer Erschütterung (auch Nachtstellung) (1/2). (Nach Sachs.)

Petiole
Pulvinus
Leaflets in normal position



Leaflets folded upwards
Petiole drooping

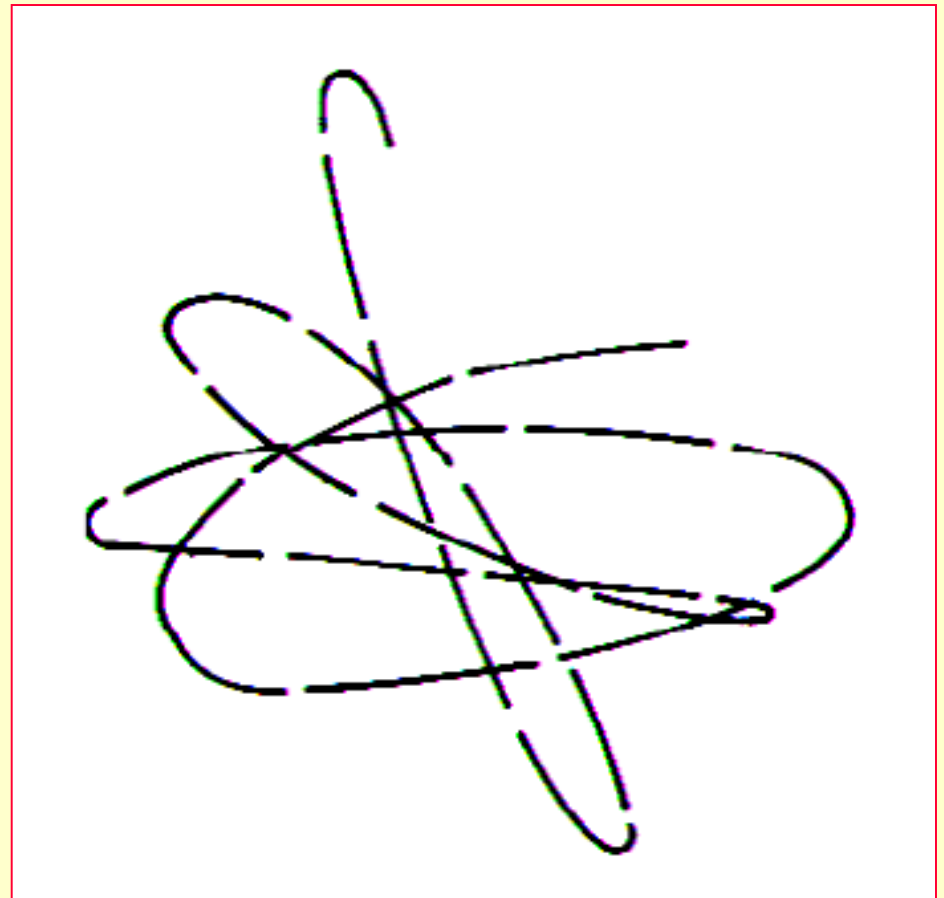


Pulvini at bases of leaflets

Response of the 'sensitive plant' (*Mimosa pudica*) to shock. (left) before (right) after.

Mimosa pudica
Citlivka stydlivá

Autonomní pohyby ovíjivé rostliny



Oscilace

Kineze

nejjednodušší instinktivně motivované projevy. Může jít o změnu rychlosti nebo druhu pohybu jako odpověď na změnu síly podnětu, rozhodující je intenzita, ne směr. Zesílení podnětu pohyb urychlí, zeslabení zpomalení (fotokineze – ke světlu nasměrované pohyby, kdy je vyhledáváno místo s nejvhodnějším osvětlením, např. nauplie u žábronožky solné), u prvoků můžeme pozorovat ortokinezi (přímočarý pohyb např. z přehřátého prostoru) nebo klinokinezi (pohyb je klikatý, např. pasoucí se dobytek). Při fobokinezi nastává zrychlení pohybu živočicha ven z nepříznivého prostředí



Kineze



© - josef hlasek
www.hlasek.com
Artemia salina 6908

Taxe

složitější orientační lokomoční chování, kdy pohyb je ve vztahu ke směru působení podnětu. Existují pozitivní a negativní taxe (obecná negativní reakce na podnět je fobotaxe), např. menotaxe (pohyb pod určitým úhlem), fototaxe (reakce na světlo), termotaxe (reakce na teplo), heliotaxe (reakce na Slunce), osmotaxe (reakce živočicha na osmotický tlak), anemotaxe (reakce na vítr).

Klinotaxe je orientační chování střídavým přivracením a odvracením se od podnětu, např. pohyby larev masařek před kuklením či kličkování zajíce za účelem pozorování nepřítele očima.

Tropotaxe je současné měření určitým smyslem, např. stejná intenzita světla vnímaná v obou očích vyvolává přímý pohyb, snížení intenzity napravo vyvolá pohyb směrem vpravo, zalepení jednoho oka pak vyvolá kruhový pohyb.

Telotaxe je zachycení, určení i uchování místa podnětu ve smyslových orgánech – na rozdíl od předchozí tropotaxe jsou larvy vážek schopny přesně lovit kořist i se zalepeným jedním okem.



Skototaxe je pohyb živočicha ze světlých do zastíněných míst. Existuje i změna reakce v závislosti na stáří živočicha: larvy a mladí brouci kožojedi skvrnití (*Attagenus pello*) se vyznačují pozitivní fototaxí, pro starší brouky je charakteristická fotonegativní reakce. Mravenci mají ráno pozitivní fototaxi, večer negativní fototaxi.



Thaumatopoea pityocampa



Pozitivní geotaxí je pohyb housenek *Thaumatopoea pityocampa* (bourovčíkovití), které slézají před zakuklením se stromu kolmo dolů.

Oncorhynchus



Pozitivní reotaxe je např. orientace lososů proti proudu (uplatňují se zde i další stimuly).



Pozitivní chemotaxí je pohyb ploštěnky lezoucí k potravě.



© Warren Photographic

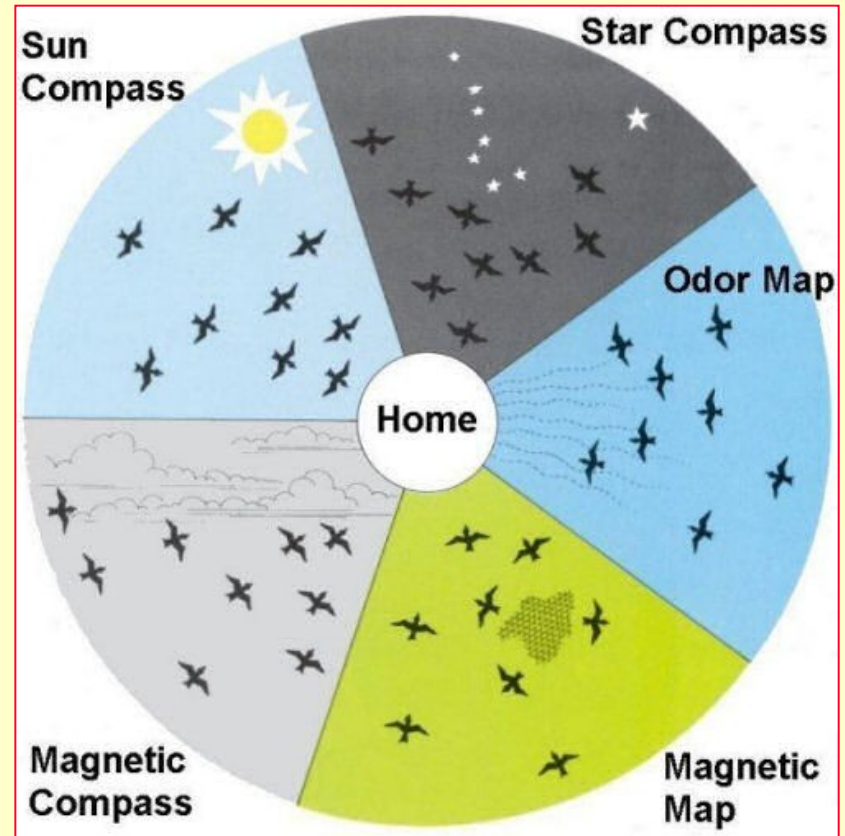
Žížala obecná (*Lumbricus terrestris*) je typická negativní fototaxí, přičemž je schopná reagovat ještě na množství světla 0,313 luxu. Je to zároveň příklad skototaxe.

Pilotování - orientace např. dle pozemních značek do nevelké vzdálenosti (např. vyhledávání vlastního hnízda kutilkami podle detailů terénu)

Kutilka písečná
Ammophila sabulosa



Navigace – zjištění a zachování směru ke vzdálenému cíli bez pozemních značek, např. orientace dle Slunce, hvězd u tažných ptáků či orientace dle magnetického pole Země (racek, špaček)



Vnímání magnetismu



Někteří živočichové vnímají magnetické pole Země. Krystaly **magnetitu** byly nalezeny v horní čelisti zobáku holubů, v zadečku včely či v hlavě pstruhů. Druhou možností je skutečnost, že magnetické pole mění pohyb elektronů ve zvláštním světločivném pigmentu **krytochromu**.

Obligátní krátkodenní rostliny – rozkvetou jen pro období krátkých dní s trváním světla - např. 10 hodin denně



Hluchavka nachová (*Lamium purpureum*)

**Popenec obecný
*Glechoma hederacea***



Obligátní dlouhodobní rostliny – rozkvetou po určitém počtu dlouhých dní (např. s 16, 18 nebo 24 hodinami světla)



Jetel luční (*Trifolium pratense*)



**Tolice vojtěška
(*Medicago sativa*)**

**Pryšec nádherný (*Euphorbia pulcherrima*)
poinsettie**



Přebarvuje se za zkráceného dne (rovnodennosti)

Heliofilní



© - josef hlasek
www.hlasek.com
Mantis religiosa ac5554

Živočichové



Heliofobní



Vliv délky dne na živočichy

**Dlouhý den (léto) –
vznik partenogenetických forem**

**Heterogonie
mšic**



Kratší den (podzim) – vznik sexuálních forem

Vliv má i teplota

Vliv délky dne na diapauzu hmyzu



Bourovec borový
Dendrolimus pini



Délka dne jen 9 hodin → dochází k diapauze jakéhokoliv instaru



Světlo ovlivňuje živočichy v několika aspektech

- intenzitou (chování živočichů),
- spektrálním složením (zbarvení těla a jeho změny),
- délkou působení (fotoperiodické reakce),
- stupněm polarizace (migrace mořských i suchozemských živočichů),
- směrem působení (polohové a pohybové reakce),
- nepřímo fotosyntézou (potrava).

Rozdíl v osvětlování a zahřívání sluncem vyvolává určité změny na straně slunečné nebo stinné

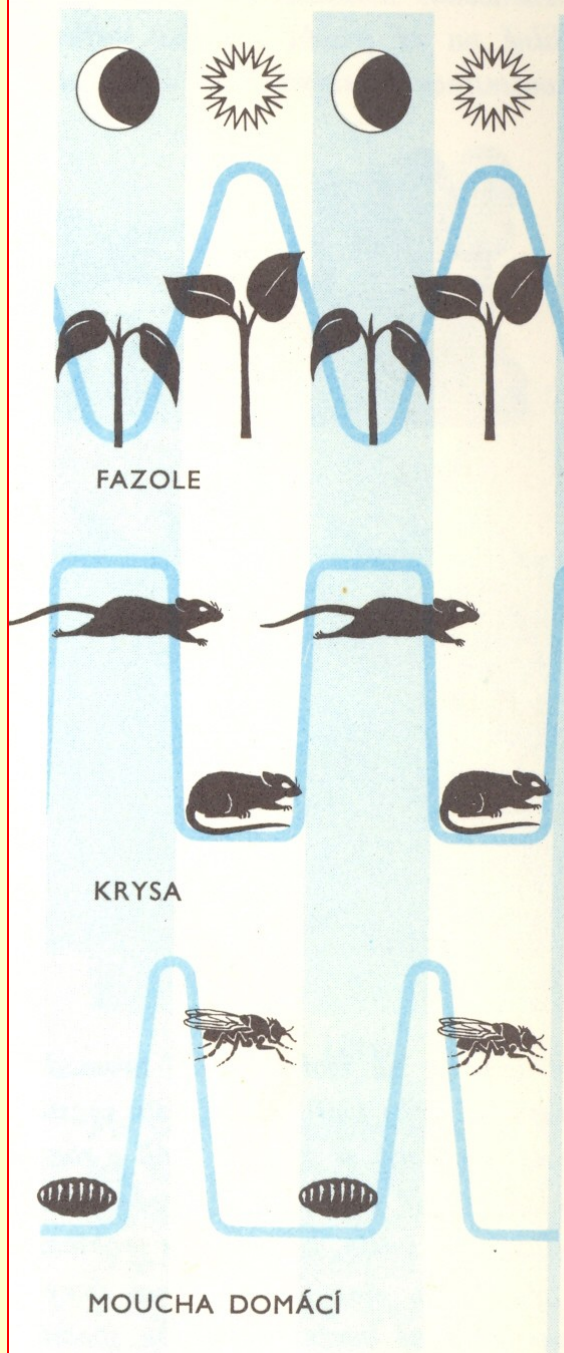
- u jednotlivě stojících stromů jsou bohatší větve na jižní straně
- letokruhy na pařezech stromů stojících osaměle jsou na jižní straně širší nežli na straně severní
- kůra bříz je na jižní straně světlejší a pružnější než na straně severní
- kmeny borovic jsou obvykle pokryty borkou, která se na severní straně kmenu vytváří dříve a sahá do větší výšky
- mravenci budují svá obydlí na jih od nejbližšího pařezu nebo stromu
- jižní strana mravenišť je pozvolnější a severní strmější
- jahody a jiné plodiny se na jižní straně zbarvují dříve
- slunečnice své květy (poupata) neustále otáčejí za sluncem (i když je pod mrakem) proto lze pomocí směru květů a času určit světové strany
- lišejníky na kmenech stromů narůstají více na severní straně

Cirkadiánní rytmy

– perioda trvá přibližně 24 hodin (*polyfázické* druhy se vyznačují rychlým střídáním aktivity a pasivity, např. myšovití (Muridae), *diafázické* druhy mají dvě fáze aktivity, např. soumravné druhy: sysel, myšivka, soumravný hmyz, *monofázické* druhy mají jednu fázi aktivity za 24 hodin, např. denní či noční druhy, netopýři, ptáci). Cirkadiánní rytmy existují od jednobuněčných živočichů po člověka a jsou nejlépe prostudovány.

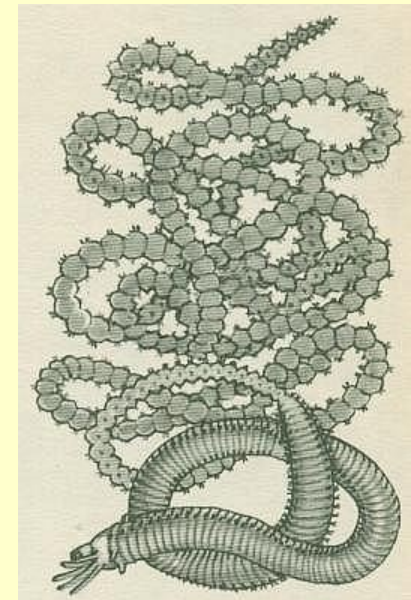
- **Hemidiánní rytmy** – perioda trvá kolem 12 hodin. Projevují se u suchozemských živočichů, kteří jsou aktivní buď jen ve dne nebo jen v noci;
- **lunární rytmy** – perioda je 29,5 dne, příkladem může být např. rozmnožování některých mořských mnohoštětinatců (Polychaeta). Rytmy jsou synchronizovány změnami světelné intenzity Měsíce a projevují se periodicitou některých procesů rozmnožování;
- **semilunární rytmy** – perioda trvá asi 14,8 dne. Jsou ve vztahu k tzv. skočnému přílivu při úplňku a novu, kdy Země, Měsíc a Slunce leží přibližně na přímce a mořské dmutí dosahuje maxima;
- **anuální rytmy** – roční perioda. Trvání kolem 365 dnů. Jsou ovlivněny klimatickými změnami během roku. Patří sem i sezónní rytmy, které skládají jeden roční cyklus (např. u druhů, u nichž se rozmnožování opakuje vícekrát během jedné sezóny);
- **přílivové (tidální) rytmy** – s periodou asi 12,4 hod. Jsou ovlivněny střídáním mořského přílivu a odlivu. Uplatňují se u živočichů žijících v příbojové zóně.

**Tři typy aktivity v souvislosti
se střídáním dne a noci**



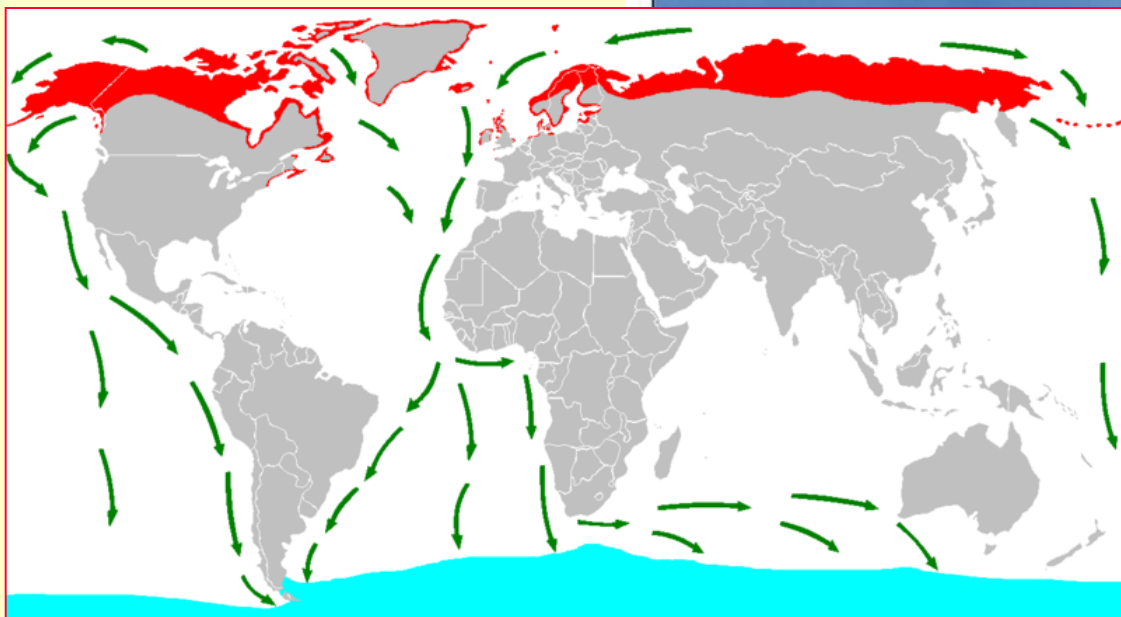
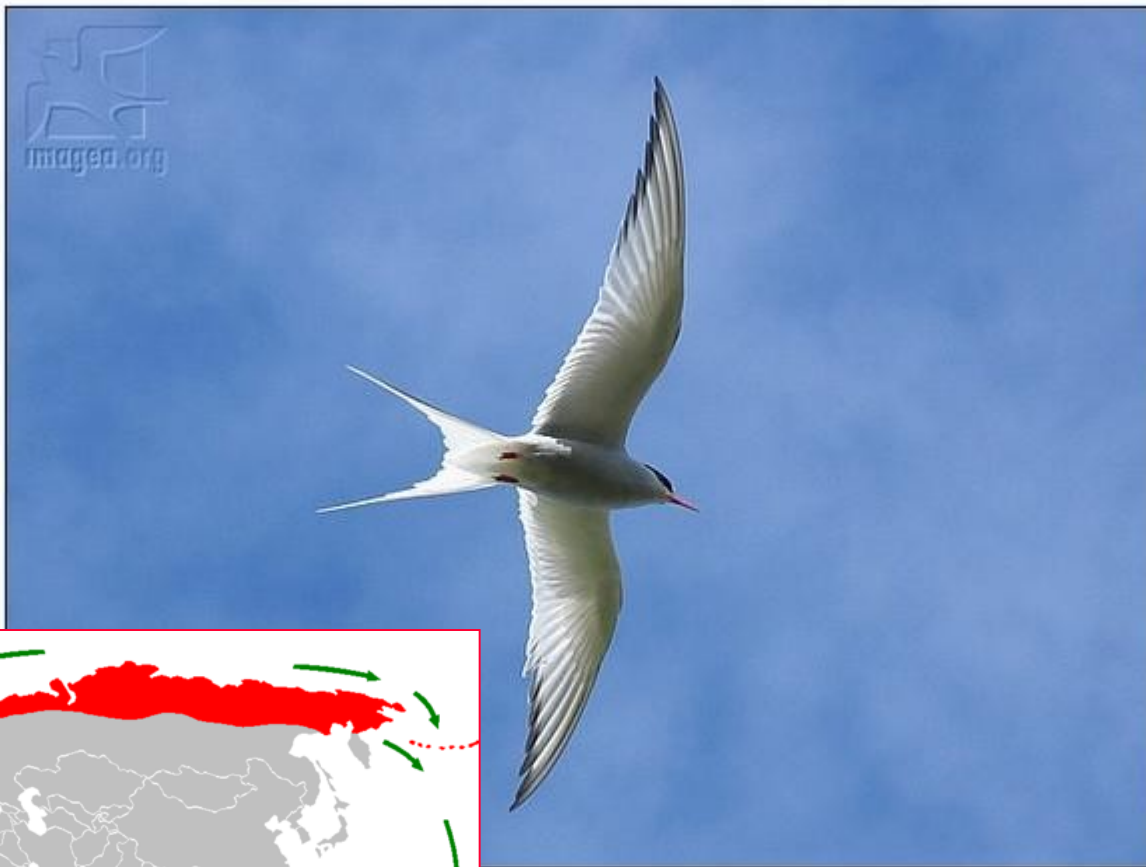


Eunice viridis
Lunární cyklus





**Rybák *Sterna paradisea* –
hnízdí v Arktidě a přezimuje
v Antarktidě
Annuální cyklus**



Červeně – místa rozmnožování, modře – místa přezimování, šipky - migrace

Zbarvení živočichů

1/ Chemická změna barev – pozvolné blednutí pigmentu u hmyzu během stárnutí imag



Mrchožrout zploštělý (*Aclypea opaca*)

Zbarvení živočichů

2/ Morfologická změna barev



Babočka síťkovaná (*Araschnia levana*)
jarní populace (housenky žijí v podmínkách dlouhého dne)

Velmi zajímavá je zvláště kvůli nápadným sezónním proměnám (**sezónní dimorfismus**, **sezónní polymorfismus**), takže v dřívějších dobách byla každá forma považována za jiný druh! Proměny babočky jsou závislé na ekdysteroidních hormonech, jejichž uvolňování je dáno délkou dne

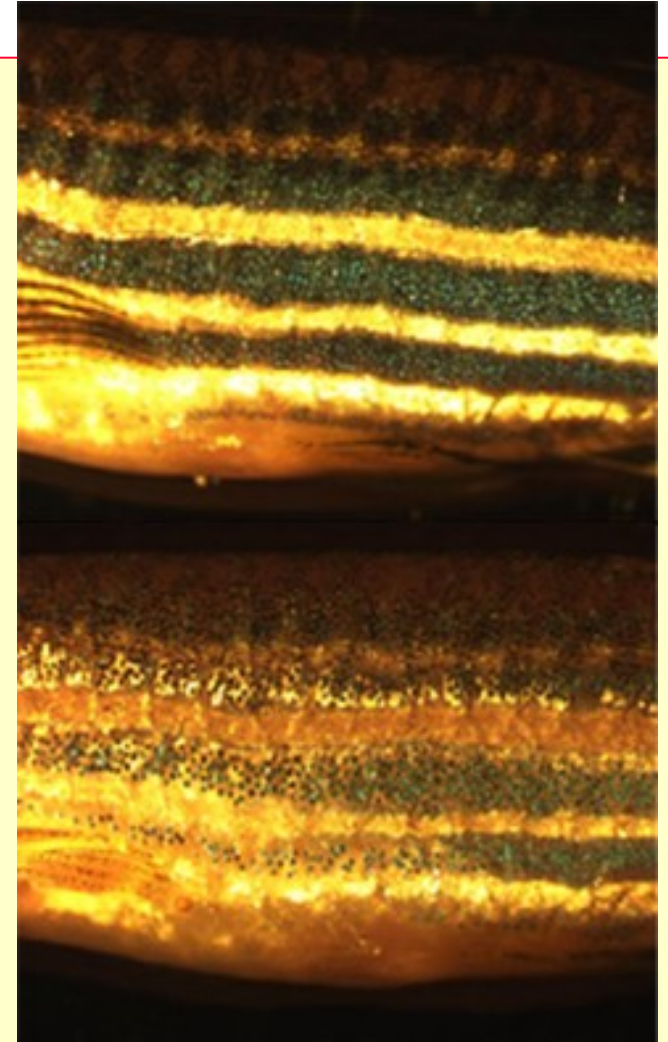
Letní populace (housenky se vyvíjejí v podmínkách kratšího dne)



Zbarvení živočichů

3/ Fyziologická změna barev – pigment není nově vytvářen, ale je přesunován v kůži nebo dochází ke kontrakci a expanzi chromatoforů. Rychlá změna podmíněna nervově a hormonálně.

Zralé chromatofory se řadí podle svého zbarvení pod bílým světlem:
xantofory (žluté),
erytrofory (červené),
iridofory (proměnlivé/duhové),
leukofory (bílé),
melanofory (černé/hnědé),
cyanofory (modré).



Danio rerio

Zbarvení živočichů



Melanismus



Leucismus



Albinismus



Erytroforismus

Barevné odchylky



Albinismus



Xantoforismus



Albinismus



Melanismus



Albinismus x leucismus

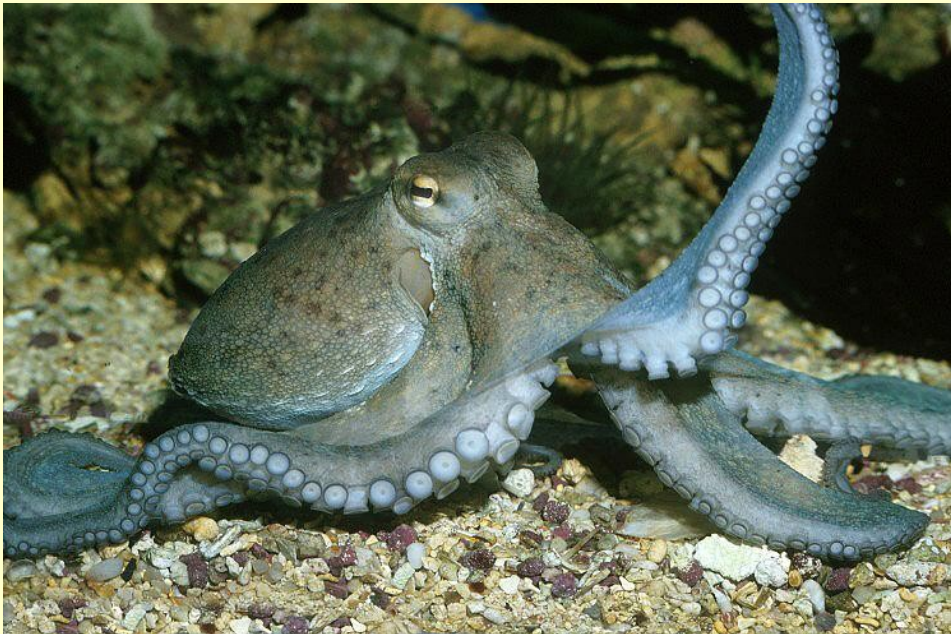
Geny u albínů znefunkčňují enzym tyrosinázu, který je pro tvorbu melaninu důležitý. **Albín** je proto vždy celý bílý, potažmo růžový, což je způsobeno prosvítáním drobných cévek, které jsou pod kůží bez barviva lépe vidět. Kvůli prosvítání cévek mají albíni také růžové oči.

U **leucismu** nespočívá příčina bílého zbarvení v neschopnosti produkovat melanin, ale v nepřítomnosti samotných pigmentových buněk. Geny, jejichž mutace vede k leucismu, způsobí v zárodku zvířete chybný vývoj nervové lišty a proto z ní nemohou vycestovat žádné melanoblasty, z nichž se později vyvíjejí melanocyty. Zvíře tedy nemá po těle žádné pigmentové buňky, je celé bílé. U oslabené formy leucismu ale přece jen omezený počet melanoblastů vycestuje a živočich na některých místech pigmentové buňky má, je strakatý. Na rozdíl od albína je v očích leucistického zvířete vždy přítomen alespoň určitý počet melanocytů, takže nikdy nejsou růžové. To je nejspolehlivější znak, podle kterého se dají obě poruchy zbarvení rozeznat.



Zbarvení živočichů

Některé druhy živočichů umějí rychle změnit své zbarvení díky mechanismům, které přesouvají pigment a přesměrovávají odrazové plochy uvnitř chromatoforů. Tato fyziologická změna zbarvení slouží především k maskování. Hlavonožci (např. chobotnice) mají složité chromatoforní orgány, které jsou ovládány pomocí svalů. Obratlovci (např. chameleoni) mění zbarvení pomocí buněčné signalizace. Takovéto signály se přenášejí pomocí hormonu nebo neurotransmiterů a mohou být vyvolány změnou nálady, teploty, stresem nebo viditelnými změnami okolního prostředí.



Chamaeleo pardalis

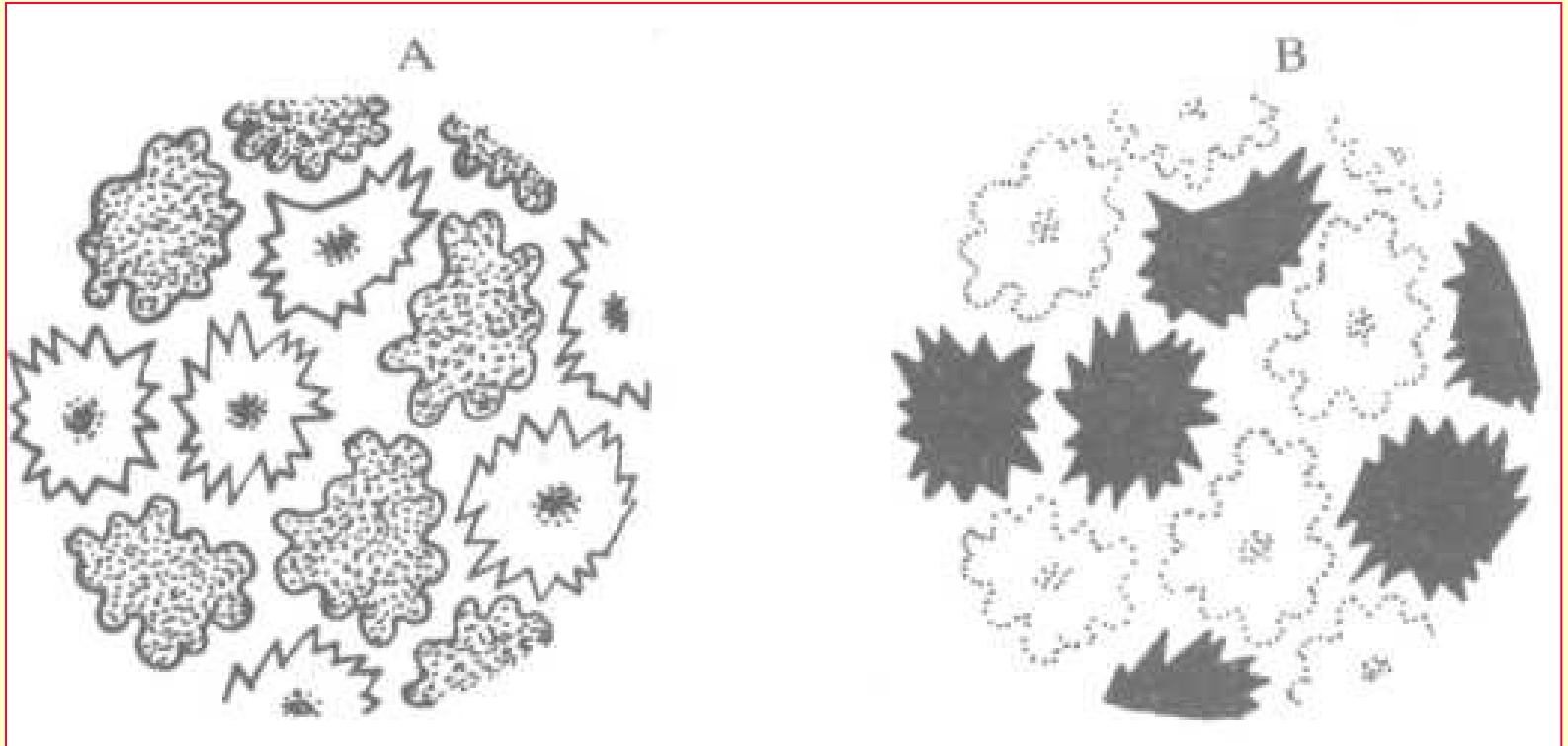


Zbarvení živočichů

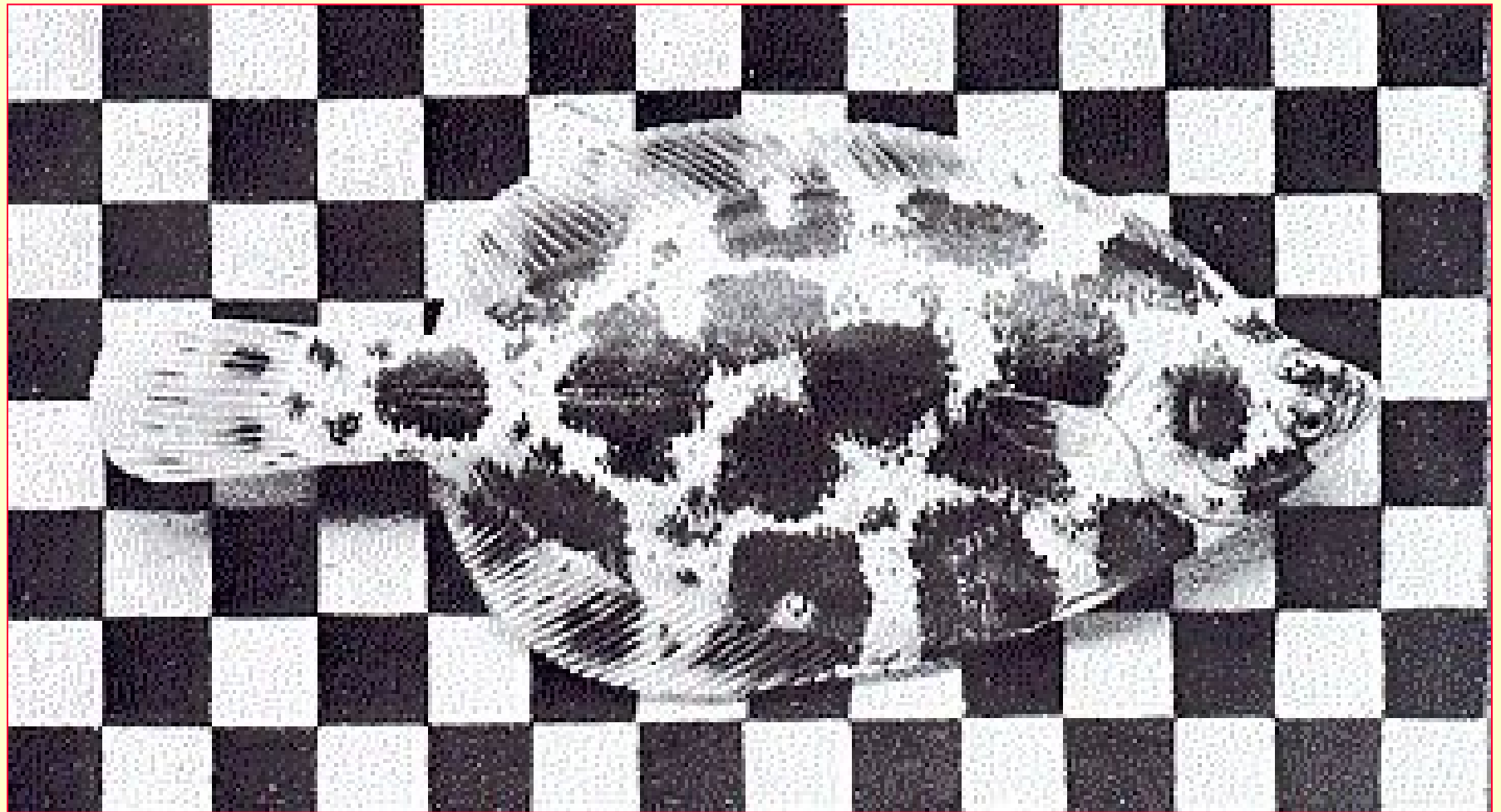
Etologická změna barev – způsobená okamžitými světelnými vlivy nebo psychickým stavem živočicha, reakce jsou okamžité (kontrakce a expanze chromatoforů), je podmíněna především nervově



Zbarvení ryb



Změna zbarvení u ryb. A - černý pigment je soustředěn uprostřed buněk, barevný pigment (tečkované) je rozptýlen - ryba zesvětlí. B - barevný pigment je ve středech buněk a tmavý je rozptýlen - ryba celkově ztmavne.

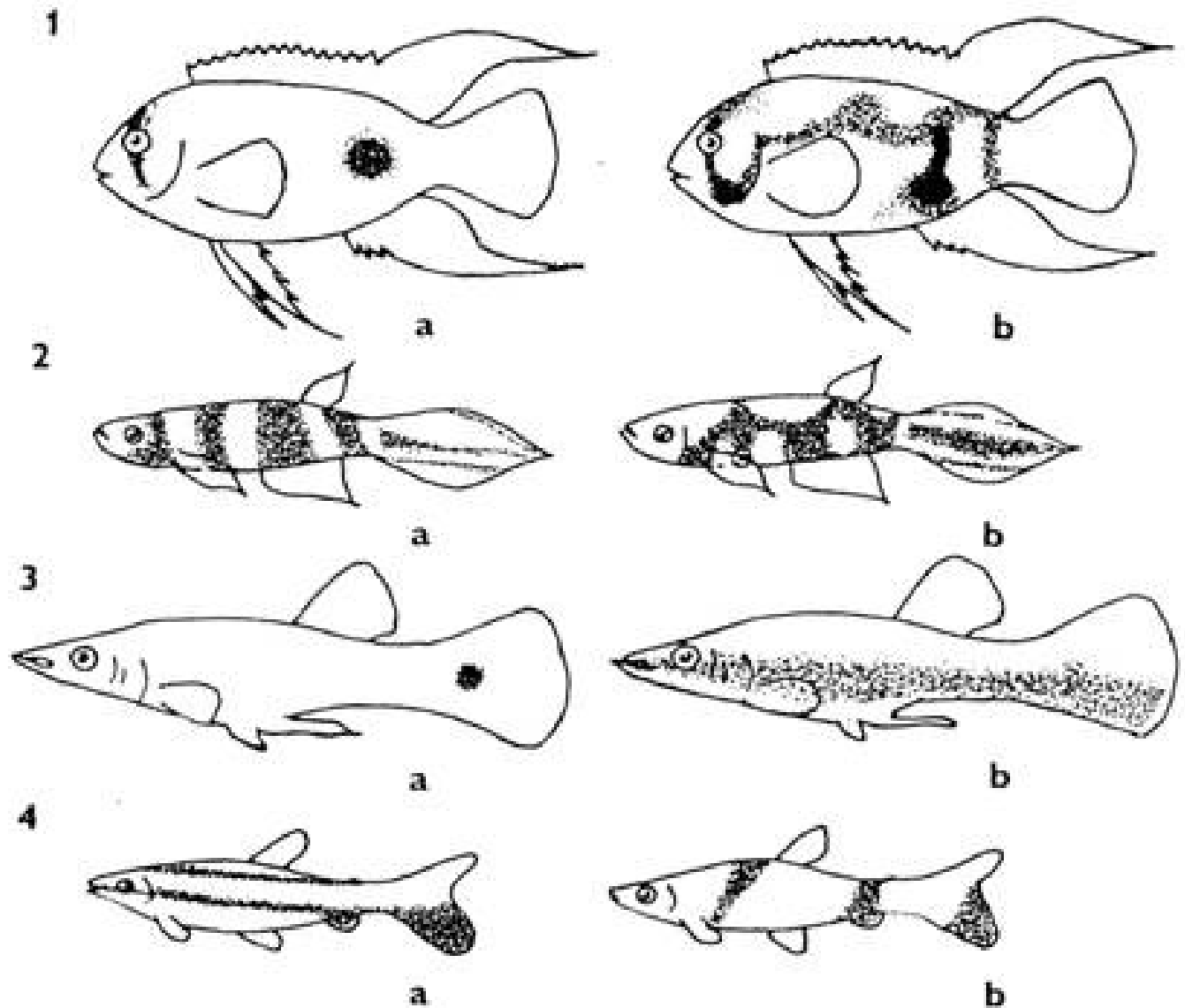




Loligo - chromatofory



Změna zbarvení mezi dnem a nocí



1. akara *Aequidens maronii* 2. štikovec *Pseudepiplatys annulatus* (podle Neumanna, 1983) 3. živorodka *Belonesox belizanus* 4. *Poecilibrycon* šikmostojka (*Nannobrycon*) *eques* (podle Franka, 1977), a – denní zbarvení, b – noční zbarvení



Proč jsou zebry pruhované?



Sezonní homochromie



Saranče *Truxalis nasuta*



Aktivita živočichů podle světelných podmínek

Podle doby aktivity lze rozdělit živočichy na:

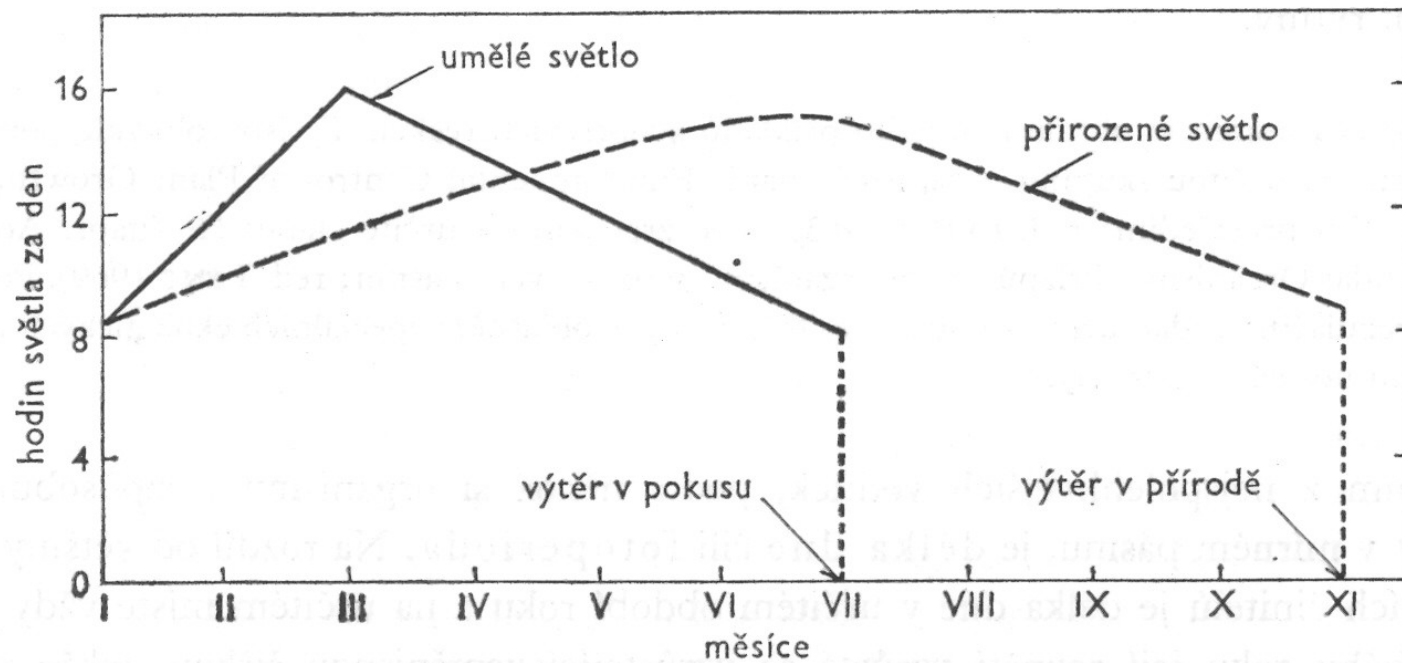
- **denní** (diurnální) – např. sysel, naprostá většina vážek,
- **noční** (nokturnální) – např. plši, netopýři,
- **soumračné** (krepuskulární) – např. soumračný hmyz,
- **indiferentní** (arytmické) – střídání světla a tmy nenavozuje žádný rytmus.



Pachydactylus capensis, soumračný až noční druh



Vážka rodu *Sympetrum*, typický heliofilní druh



Obr. 5-5. Řízení období rozmnožování u pstruha umělým střídáním světla a tmy. Pstruzi, kteří se normálně trou na podzim, se začnou třit v létě, jestliže na jaře uměle prodloužíme délku dne a pak ji v létě zkrátíme, abychom napodobili podzimní podmínky. (Překresleno podle HAZARDA a EDDYHO 1950.)

Temnostní formy (afotní)

= závisí na světle nepřímo, troficky, mají výrazná specifická přizpůsobení (zánik zrakových orgánů, ztráta pigmentace pokožky, zánik periodicity některých životních projevů atd.)

troglobionti – žijí v jeskyních

kavernikolní formy – žijí v dutinách

euedafonti – žijí v půdě

stygobionti – žijí v podzemních vodách

abysální formy – žijí v mořských hlubinách

endoparaziti – žijí v tělech různých hostitelů

Adaptace na šero a tmu

- **zvětšení očí** (gekoni, sovy, hlubokomořské ryby, noční primáti);
- **orientace jinými smysly než zrakem** (čich, sluch, hmat);
- **schopnost světélkování** (např. světlušky, některé hlubokomořské ryby);
- **tapetum lucidum** (jde o světločivnou vrstvu buněk v cévnatce na zadní straně vnitřní stěny oka).

Je přítomna u nočních savců (např. psa či kočky), ale i u některých dalších skupin živočichů (např. paryby, ryby). U živočichů se světločivnou vrstvou můžeme pozorovat při silném osvětlení jejich oka barevný odlesk. Barva odražená z této vrstvy závisí obvykle na barvě duhovky oka. Je-li oko modré, pak je odlesk červený. Je-li oko žluté, pak vidíme zelený odlesk (např. u některých druhů koček). Světločivná skvrna zlepšuje vidění za šera;

- **echolokace** (netopýři).



Nokturnální druhy

Lišaj svízelový (*Hyles galii*)



© Tomáš Pavelka
Lišaj svízelový (*Hyles galii*)



Světluška *Pyractonema angulata*



© Pavel Krásenský

www.naturfoto.cz

Střevlík vrásčitý (*Carabus intricatus*)

Nokturnální druhy



© Miloš Anděra

.naturfoto.cz

http://www.liveinternet.ru/users/filly_gilly/

Speleofilní druhy



Meta menardi

Štírenky (Palpigradi)

Speleofilní druhy

Cambarus hubrichti. Slepý, v podzemních vodách Missouri. Do 7 cm.

Cambarus setosus



Speleofilní druhy



Caecobarbus geertsi



Amblyopsis spelea

Speleofilní druhy

Macarát jeskynní (*Proteus anguinus*)



Speleofilní druhy

Gvačaro jeskynní (*Steatornis caripensis*)

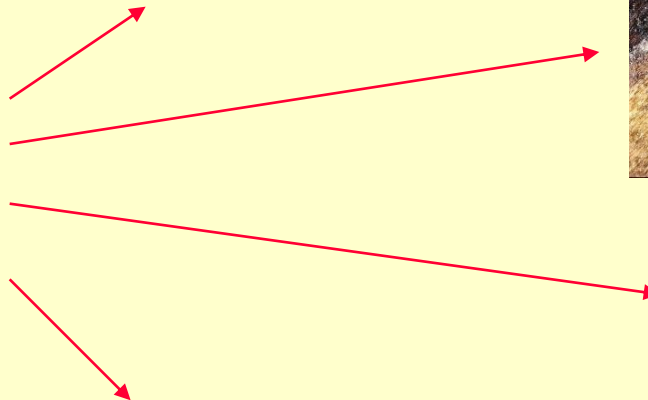


Photo by Iain Mackie

Kaloň jeskynní
(*Eonycteris spelea*)

Fotokineze

Heliofobní druhy



Orientace živočichů

Fototropismus



Fototaxe

Pozitivní fototaxe

Negativní fototaxe

larva



Mladé imago



Starší imago

Někdy ovlivňuje fototaxi teplota



Lýkohub sosnový
(*Myelophilus piniperda*)

> 40 C

Fotonegativní

25 C

Fotopozitivní

15-20 C

Indiferentní

< 10 C

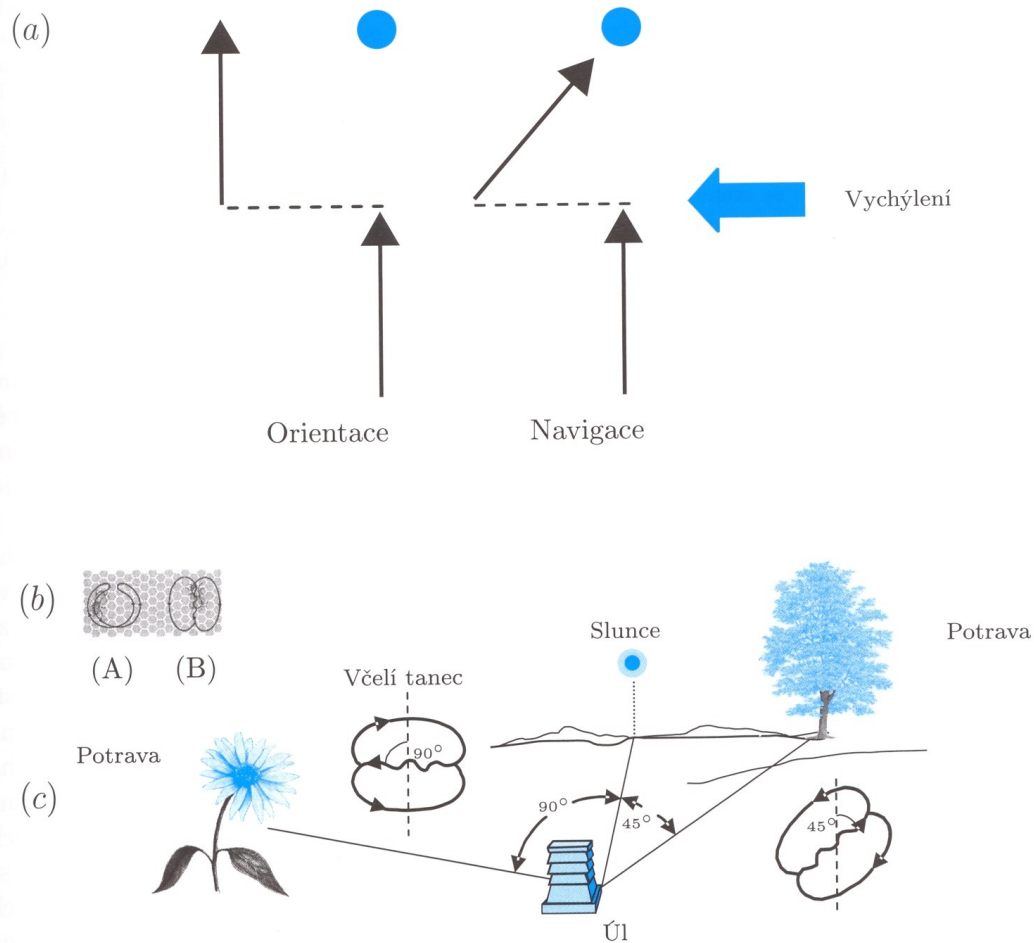
Fotonegativní

Menotaxe

pohyb v konstantním úhlu vůči světelnému zdroji. Zdroj slouží jako orientační bod a je jím Slunce nebo Měsíc. Menotaxe ale může být i vůči umělému světlu – nálety nočního hmyzu na lampy.



Jestliže mravenec obecný (*Lasius niger*), spěchající k mraveništi, je přikryt na 1-2 hodiny temným krytem, odchýlí se po vypuštění od přímočarého směru k mraveništi o týž úhel, o jaký se změnilo postavení slunce na obloze za 1-2 hodiny



Obr. 5.3 (a) Schematické znázornění orientace (směřovaných pohybů) a pravé navigace. Na rozdíl od orientace dochází v případě navigace po vychýlení dráhy ke kompenzaci a změně směru (např. Grier a Burk 1992; Bingman a Cheng 2005). (b) Včely označují potravní zdroje na vertikálním plátnu kruhovými tanci (A), pokud se nacházejí v blízkosti úlu, nebo třaslavými tanci (B) ve tvaru osmičky, pokud jde o vzdálenější zdroje. (c) Třaslavé tance (angl. waggle dance) ve tvaru osmiček, jejichž střední úsek vymezuje úhel, ve kterém se nachází potravní zdroj vzhledem k poloze Slunce. V třaslavém tanci je rovněž zakódována vzdálenost zdroje od úlu. Čím déle trvá čas strávený natřásáním ve středním úseku, tím je zdroj vzdálenější. Za objasnění včelích tanců a průkaz barevného vidění u včel získal rakouský etolog Karl von Frisch v roce 1973 Nobelovu cenu za fyziologii (spolu s Tinbergenem a Lorenzem, např. Riley et al. 2005).

Menotaxe

Může být i vůči umělému světlu – nálety nočního hmyzu na lampy.



Let můr je světlu není přímočarý, ale spirálovitý – zachovávají během letu stále stejný úhel ke zdroji paprsků



Na závěr jedna příhoda, která se stala jednoho letního večera roku 1956 univerzitnímu profesorovi Kennethu Roederovi, americkému fyziologovi. Pořádal doma malé letní posezení a kolem lampy létaly můry. Náhle jeden z hostů nechtěně přejel velkou zátkou po skleničce a všechny můry spadly na zem. Byly však živé, čile se pohybovaly a za okamžik zase vzlétly. Znovu ten zvuk a můry a můry opět padají. **Proč?**

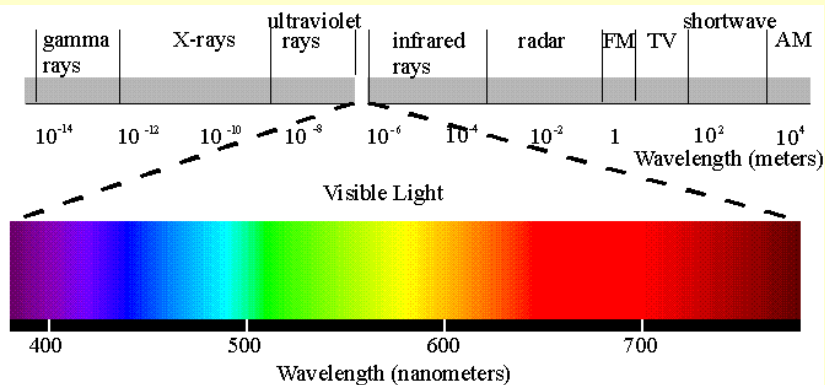


Člověk vnímá rozsah světelného spektra od fialové do červené, cca 390-810 nm



Vnímání barev je různé

Včela vnímá i ultrafialové záření (asi od 300 nm), ale nevnímá červenou (vnímavost končí u oranžové barvy (asi 650 nm))



[Table of Contents](#)

[Visual Stimulus](#)

Vliv světla na rozmnožování živočichů

- přes endokrinní systém (zvyšuje sekreci hormonů, které ovlivňují zrání gonád)
- přes zvýšenou celkovou aktivitu včetně pohlavní
- přes potravní faktory zvyšováním příjmu potravy, čímž příznivě působ na růst i aktivitu gonád a tak zvyšuje produkci potomstva

Teplo a organismy

Eurytermní organismy

Stenotermní organismy

Hekistotermní, kryofilní

Trvalý sníh a led

Mikrotermní

Chladná zóna

Mezotermní

Mírná a etéziová zóna

Megatermní

Teplá zóna

Udržení či zvýšení teploty rostlin

Snížení obsahu vody – hydrofilní koloidy, proteiny ve vodě rozpustné, škrob se mění v tuk

Přítisknutí se k substrátu (**chamefyty**) - rostliny jejichž obnovovací pupeny se nacházejí do 30 cm nad povrchem země. V nepříznivém období jsou tyto pupeny kryty šupinami nebo jinými orgány k tomu uzpůsobenými. Patří sem různé keříky, byliny, některé sukulenty a xefofyty, ale též mechy a lišejníky.



Šalvěj luční (*Salvia pratensis*)

U stálezelené *Pirolly* se tvoří led až při $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$



Udržení či zvýšení teploty rostlin

**Snížení tepelného vyzařování a transpirace
– nyktinastické spánkové pohyby na noc a za chladna**



Šťavel (*Oxalis*) – skládání čepelí lístků složených listů k sobě



Netýkavka (*Impatiens*) - zaujímání vertikální polohy čepelí

Udržení či zvýšení teploty rostlin

**Snížení tepelného vyzařování a transpirace
– nyktinastické spánkové pohyby na noc a za chladna**



Pěnišník (*Rhododendron*) – sklánění vždyzelených listů v zimě

Udržení či zvýšení teploty rostlin

Snížení tepelného vyzařování a transpirace
– nyktinastické spánkové pohyby na noc a za chladna



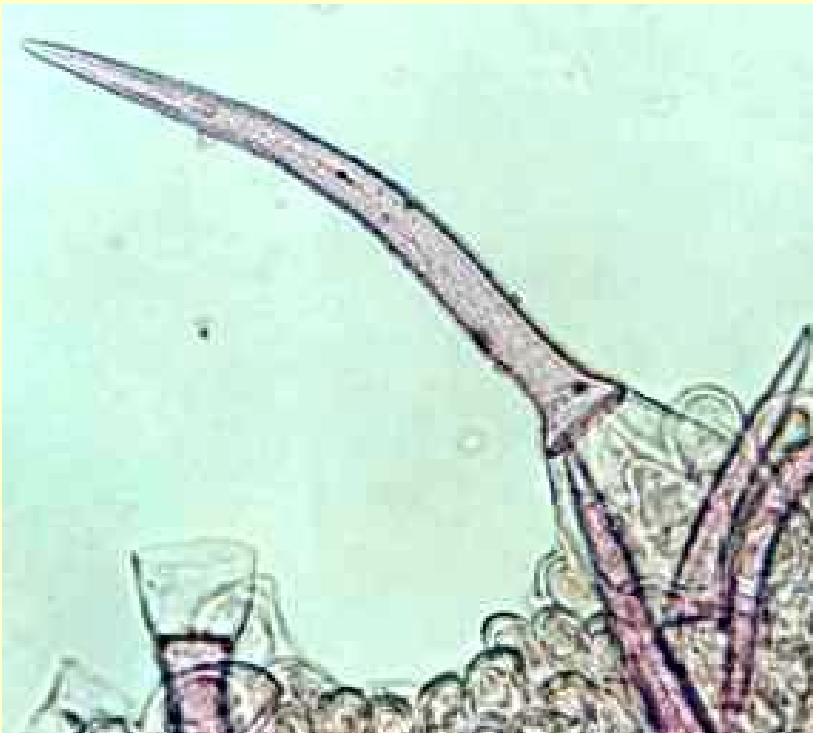
Fialka (*Viola*) – sklánění květů



Asteraceae – uzavírání úborů

Udržení či zvýšení teploty rostlin

Snížení tepelného vyzařování a transpirace



Trichomový příkrov (porost chlupů)



Třemdava bílá (*Dictamnus albus*)

Udržení či zvýšení teploty rostlin

Zvýšení teploty – červenofialové zbarvení spodní strany vřdyzelených listů



Brambořík (*Cyclamen*)

Udržení či zvýšení teploty rostlin

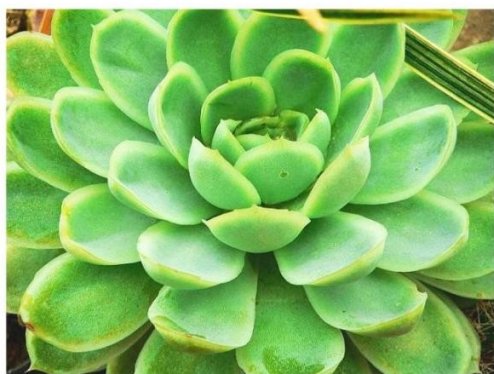
Stříbřité skvrny na listech (pozdvolněji se ohřívají, ale pozdvolněji i vyzařují teplo)



Lamium

Teplota a rostliny

Zabránění transpirace

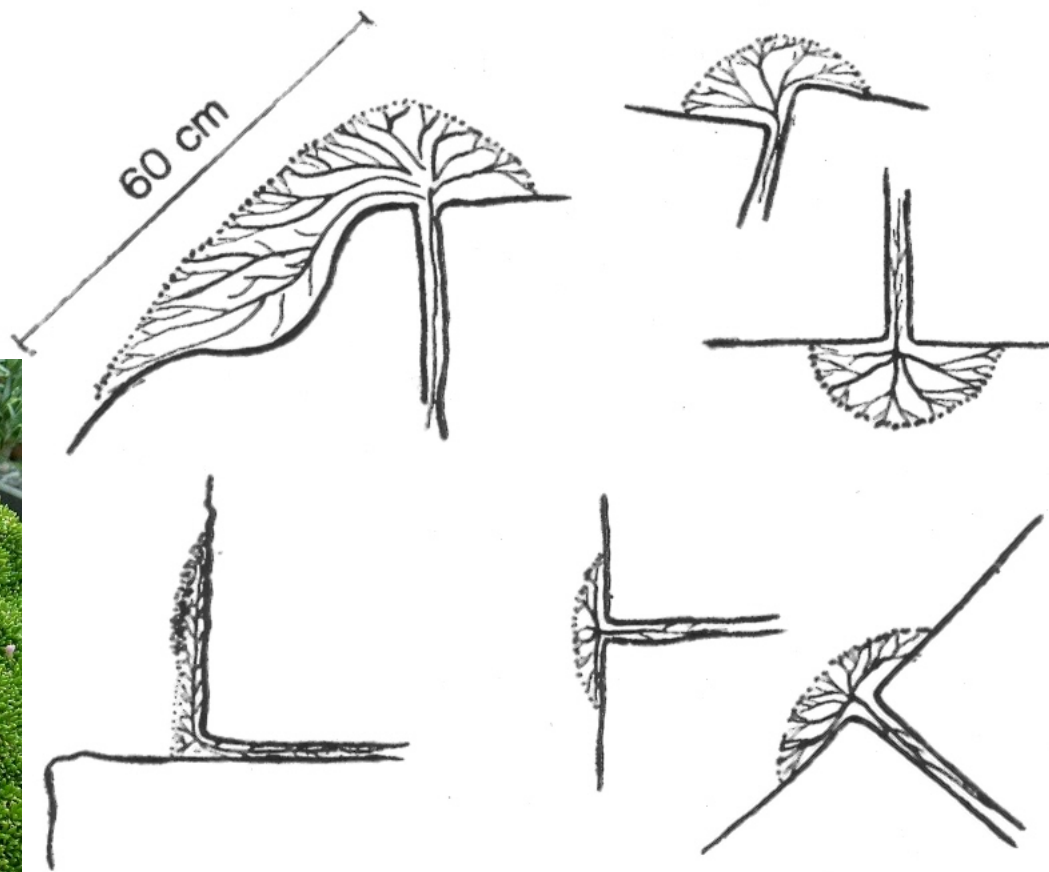


Centaurea – trichomy brání ohřevu

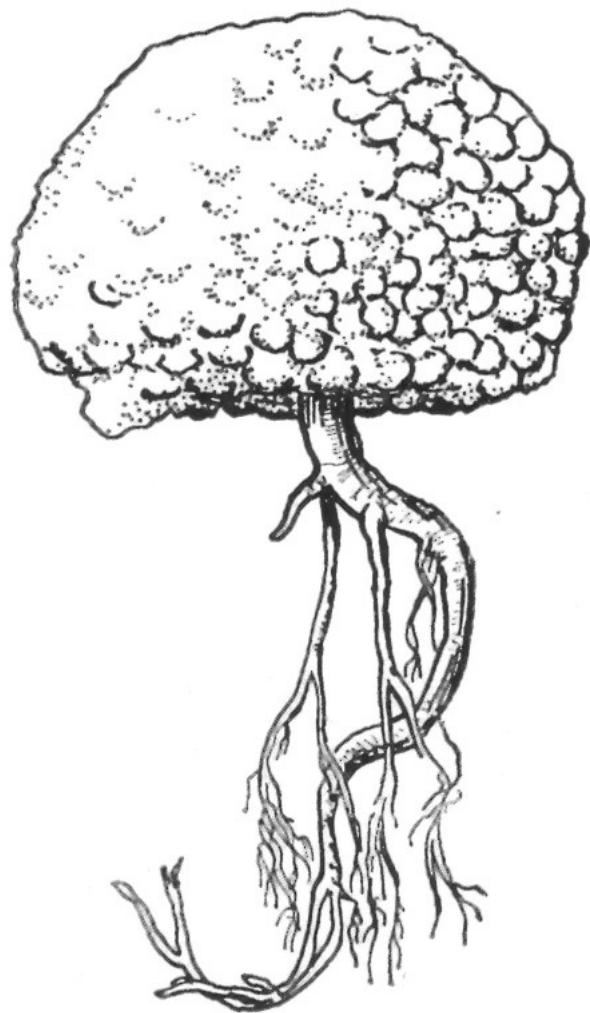
Sukulenty (ze šp. *suculento* – šťavnatý) jsou rostliny, které umí shromažďovat ve svém těle (stonku nebo listech) vodu, která jim umožňuje přežít i velmi dlouhá období sucha. Jsou tak uzpůsobené k přežití v pouštních a polopouštních podmínkách. Jsou přizpůsobeny jak pro snížení teploty tak i pro snížení transpirace.



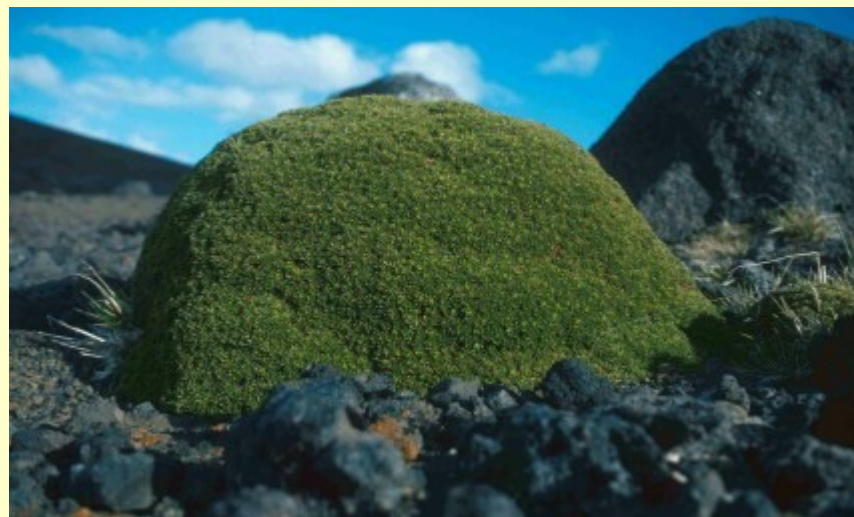
Chasmofyty - ve
štěrbínách skal
se sypkým obsahem



Polštářovité formy stálezeleného vysokohorského
chasmofyta (u nás v Centrálních Karpatech)
Silene acaulis L. v různých polohách. (Podle
E. Wettera 1918.)



Polštářkovitá stálezelená rostlina *Azorella selago* (*Daucaceae*) z Kerguel. (Podle A. F. W. Schimpera 1898.)



Litofyty

Rostliny uchycené na povrchu skal a balvanů

Chasmofyty

Rostliny uchycené ve štěrbinách skal

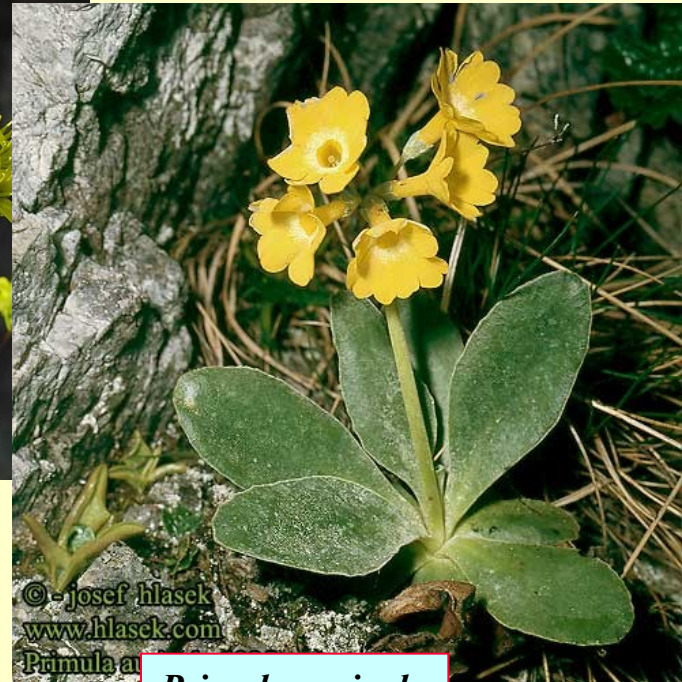
Na **vápencovém podkladu** roste např. lomikámen latnatý (*Saxifraga paniculata*), chudina vřdyzelená (*Draba aizoides*), prvosenka medvědí ouško (*Primula auricula*) aj.



Saxifraga paniculata



Draba aizoides



Primula auricula

Kalcifilní (kalcikolní) rostliny

Sleziník routička (*Asplenium ruta-muraria*)



Litofyty

Rostliny uchycené na povrchu skal a balvanů

Chasmofyty

Rostliny uchycené ve šterbinách skal

Společenstvo **skalních šterbin na silikátovém podkladu** tvoří např. zvonek okrouhlostý (*Campanula rotundifolia*), vrbovka chlumní (*Epilobium collinum*), sleziník severní (*Asplenium septentrionale*)



Campanula rotundifolia



Epilobium collinum



Asplenium septentrionale

Nedostatek vápna indikují: třtina krovištní (*Calamagrostis epigeios*), smilka tuhá (*Nardus stricta*), kostřava ovčí (*Festuca ovina*), medyněk vlnatý (*Holcus lanatus*), psineček (*Agrostis vulgaris*), vřes (*Calluna vulgaris*), rašeliníky (*Sphagnum*), janovec (*Sarothamnus scoparius*), dutohlávky (*Cladonia*), pukléřka (*Cetraria*), dvouhrotec (*Dicranum scoparium*)

Calluna vulgaris



Calamagrostis epigeios
Foto: Jan Wesenberg



Copyright: Hörður Kristinsson 2000

Holcus lanatus

Nedostatek vápna indikují: třtina krovištní (*Calamagrostis epigeios*), smilka tuhá (*Nardus stricta*), kostřava ovčí (*Festuca ovina*), medyněk vlnatý (*Holcus lanatus*), psineček (*Agrostis vulgaris*), vřes (*Calluna vulgaris*), rašeliníky (*Sphagnum*), janovec (*Sarothamnus scoparius*), dutohlávky (*Cladonia*), puklérka (*Cetraria*), dvouhrotec (*Dicranum scoparium*)



Festuca ovina

Sphagnum



Agrostis vulgaris



Cetraria



Cladonia

Na nevápenné podklady jsou vázány rostliny *kalcifobní* (vápnotřezné) jako např. rosnatka okrouhlolistá (*Drosera rotundifolia*), vřes obecný (*Calluna vulgaris*)



Calluna vulgaris



Drosera rotundifolia

Rostliny rostoucí na hadcovém podklade se nazývají *serpentinofyty*. Jsou to druhy, které jsou speciálně adaptovány na chemické a fyzikální vlastnosti tohoto substrátu. Počítáme mezi ně např. sleziník hadcový (*Asplenium cuneifolium*), sleziník nepravý (*Asplenium adullerinum*).

Mnoho druhu rostlin je na specifické podmínky růstu na hadci pouze adaptováno a jejich metabolismus jim umožňuje aby běžně rostly i na jiných substrátech. Jedná se převážně o teplomilné druhy, na nichž můžeme pozorovat odchylné morfologické znaky od normálních rostlin jako je **nanismus** (nižší růst) nebo chlupatější stonky a listy.



Asplenium cuneifolium



Starček roketolistý
Senecio erucifolius



Mohelenská hadcová step u Třebíče

Rostliny náročné na dusík se nazývají **nitrofyty**. Někdy tvoří celá nitrofilní společenstva. Nejznámější jsou kopřiva (*Urtica* sp.div.), lebeda (*Atriplex* sp. div.), pýr plazivý (*Agropyron repens*), merlík (*Chemopodium* sp.div.), laskavec (*Amaranthus* sp.div.).



V půdách s **velmi dobrou nitrifikací** se dále vyskytují např. kakost smrdutý (*Geranium robertianum*), česnáček lékařský (*Alliaria officinalis*), bršlice kozí noha (*Aegopodium podagraria*), šťovík alpský (*Rumex alpinus*), kontryhel (*Alchemilla* sp.div.), bez černý (*Sambucus nigra*).

Geranium robertianum



Alliaria officinalis



Alchemilla vulgaris



Rumex alpinus



Sambucus nigra



Aegopodium podagraria



Saprofytické rostliny se živí odumřelými organickými látkami (plísně, houby, parazitické rostliny, které nemají chlorofyl) jako hnilák smrkový (*Monotropa hypopitis*), hnízdák (*Neottia nidus avis*), zárazy (*Orobranche*) aj.



Monotropa hypopitis



Neottia nidus-avis



Orobranche

Na rašelinných substrátech rostou také tzv. rostliny s **mixotrofní výživou** se specifickým metabolismem, které si nedostatek dusíku v půdě doplnují rozkladem těl živočichů zachycených na listech např. rosnatka (*Drosera*), tučnice (*Pinguicula*).



Drosera

Pinguicula



K několika těžkým kovům a jiným prvkům jsou např. odolné psinečky (*Agrostis vulgaris*, *A. canina*), kostřava ovčí (*Festuca ovina*), jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*), silenka obecná (*Silene vulgaris*). Tyto odolné rostliny, zvané **metalofyty** přijímají velké množství iontů těžkých kovů, jež ukládají v biomase v koncentracích 0,5 – 8 g·kg⁻¹, v extrémních případech až 25 g·kg⁻¹ tj 100x až 1000x více než je normální koncentrace stopových prvků v rostlinách



Agrostis



© - josef hlasck
www.hlasck.com
Silene vulgaris all28



© Libor Ekrt

Festuca ovina



Plantago lanceolata
"narrow-leaved plantain"
by Thomas J. Elpel

Psamofyty rostou na písčítých půdách: paličkovec šedý (*Corynephorus canescens*), jitrocel písečný (*Plantago arenaria*).



Psamofyty: kostřava písečná (*Festuca psammophyla*), jitrocel písečný (*Plantago arenaria*), hvozdík písečný (*Dianthus arenarius*), smil písečný (*Helichrysum arenarium*), mateřídouška úzkolistá (*Thymus serpyllum*) a další.



Dianthus arenarius



Helichrysum arenarium



Thymus serpyllum

Z rostlin mohou sloužit jako **indikátory draslíku**: hasivka orličí (*Pteridium aquilinum*), kaprad' samec (*Dryopteris filix mas*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), rulík zlomocný (*Atropa bella dona*), štavel (*Oxalis acetosella*), kostřava lesní (*Festuca silvatica*), pýr plazivý (*Agropyrum repens*) aj.



Pteridium aquilinum



Z rostlin mohou sloužit jako **indikátory draslíku**: hasivka orličí (*Pteridium aquilinum*), kaprad' samec (*Dryopteris filix mas*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), rulík zlomocný (*Atropa bella dona*), štavel (*Oxalis acetosella*), kostřava lesní (*Festuca silvatica*), pýr plazivý (*Agropyrum repens*) aj.



Urtica dioica



Atropa bella dona

www.naturfoto.cz

© Jiří Bohdal

Z rostlin mohou sloužit jako **indikátory draslíku**: hasivka orličí (*Pteridium aquilinum*), kaprad' samec (*Dryopteris filix mas*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), rulík zlomocný (*Atropa bella dona*), štavel (*Oxalis acetosella*), kostřava lesní (*Festuca silvatica*), pýr plazivý (*Agropyrum repens*) aj.



Oxalis acetosella



Agropyron repens



Festuca silvatica



Ektotermní (poikilotermní)

Proměnlivá tělní teplota



Termobiologické typy živočichů



Endotermní (homoiotermní)

Vnitřní zdroje tepla a stálá tělní teplota



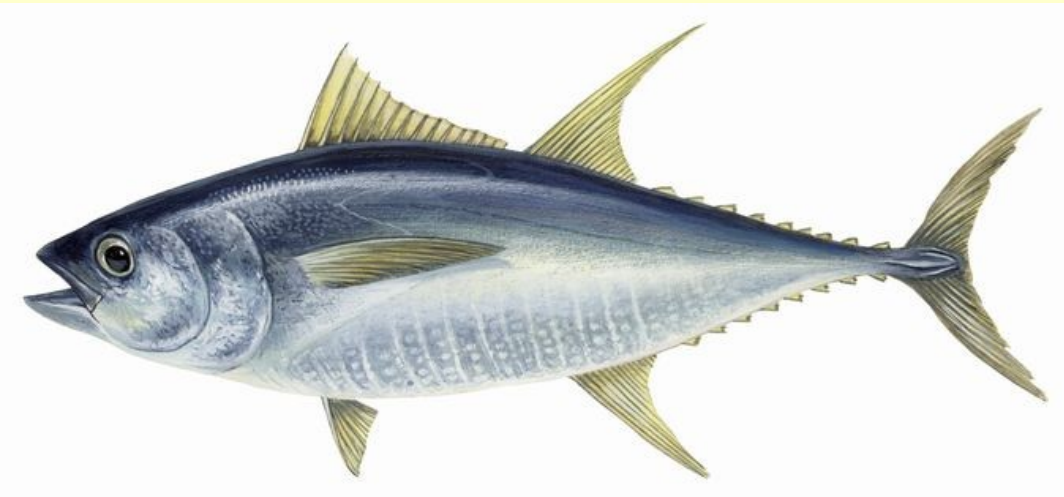
Heterotermní



Výjimky



Vířením křídel může hmyz zahřívát svalovinu i produkovat metabolické teplo

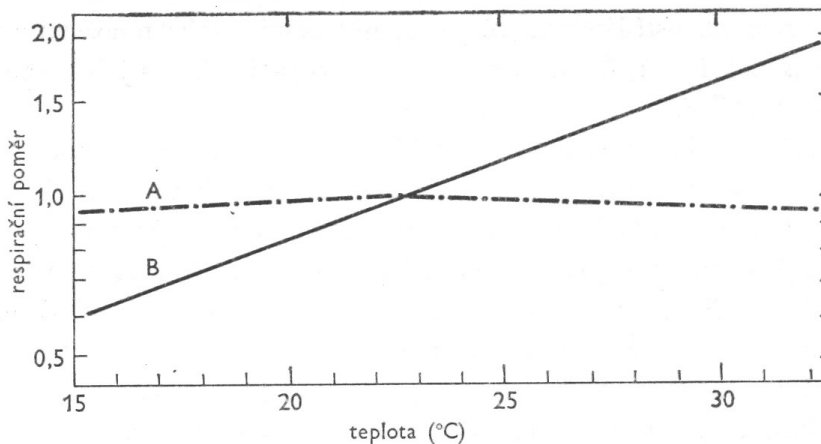
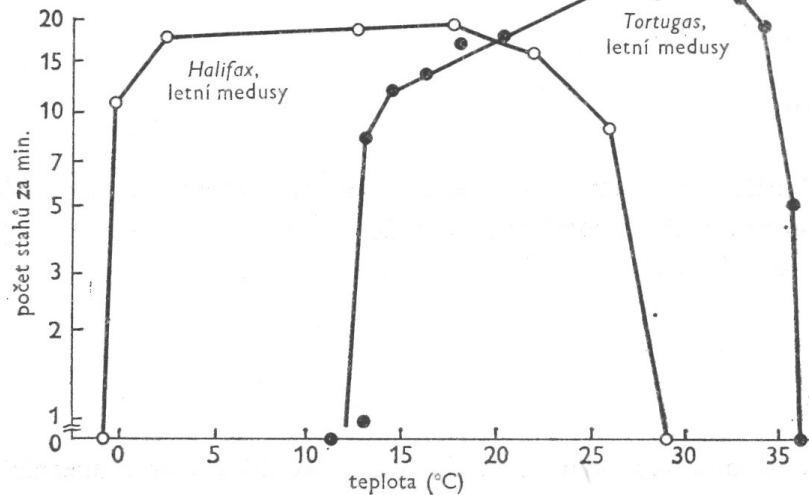
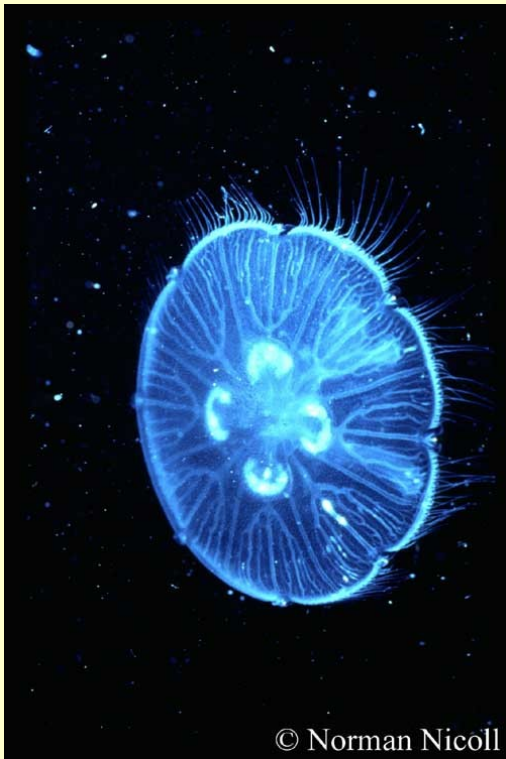


U tuňáků může být teplota svaloviny až o 12 °C vyšší než okolní voda



Krajta královská (*Python regius*)
termoregulace smršťováním svalů
(fakultativní endotermie)

Ektotermní živočichové



Obr. 5–2. Kompensace teploty na úrovni druhu a společenstva. A. Vztah mezi teplotou a plovacími pohyby severských (Halifax) a jižních (Tortugas) jedinců téhož druhu medusy – *Aurelia aurita*. Teploty stanoviště byly 14° a 29°C. Všimněme si, že každá z obou populací je přizpůsobena teplotám prostředí. Forma přizpůsobená chladným podmínkám jeví zvláště vysokou nezávislost na teplotě. (Podle BULLOCKA 1955 na základě MAYEROVÝCH údajů.) B. Účinek teploty na respiraci (A) vyváženého laboratorního společenstva a (B) jeho jediné složky, drobného korýše *Daphnia* (viz obr. 11–7). Poměrná změna v rychlosti produkce CO₂ je vynesena jako podíl rychlosti při teplotě 23°C, k níž byl laboratorní mikrokosmos adaptován. (Překresleno podle BEYERSE 1962.)

Ektotermní živočichové

Zvyšování teploty těla sluněním



Leguán mořský (*Amblyrhynchus cristatus*)

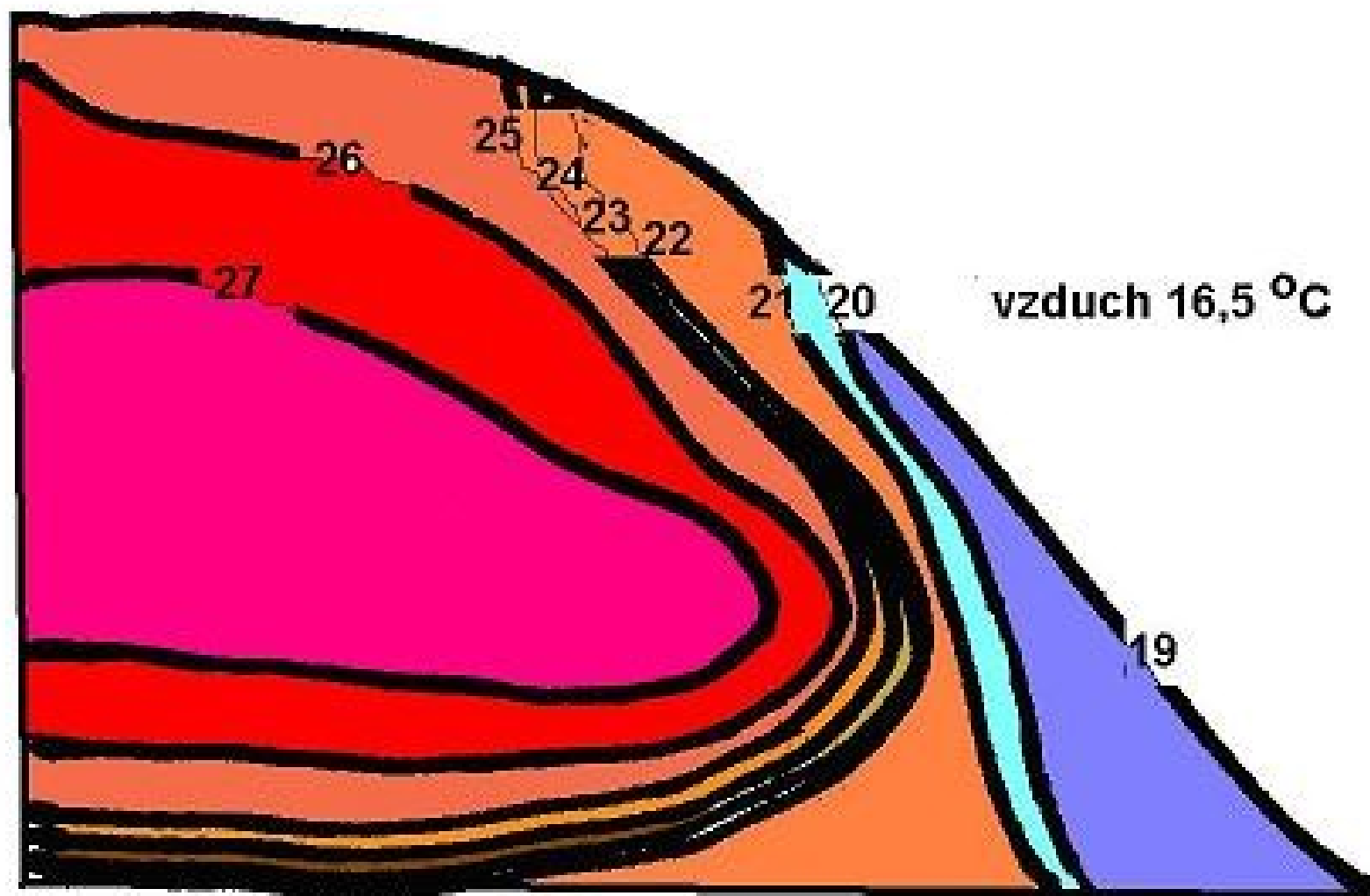
Ektotermní živočichové

Ovlivňování teploty kolektivní termoregulací



Včela medonosná (*Apis mellifera*)





Obr. 1. Příklad rozložení teplot v hnízdech lesních mravenců rodu *Formica*



Podřád: Štíhlopasí (Apocrita)

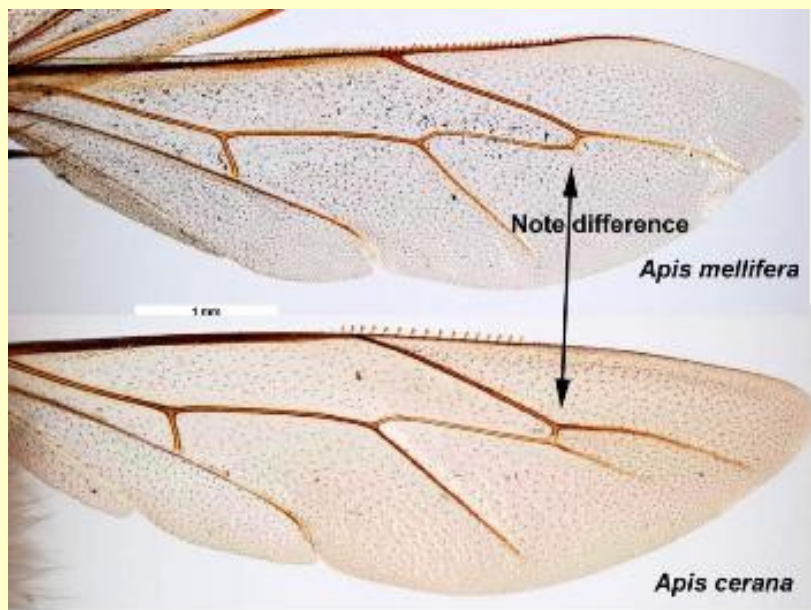
Vosovití (Vespidae)

Obrana japonských včel: jakmile nějaký sršeň začne řádit v okolí úlu, začne hlídkovat kolem vchodu skupina včel čítající až 1000 jedinců.

Když se sršeň znovu objeví, vyrazí na něj letka odhodlaných včel, která jej obklopí a uzavře hroznem svých těl. Může jich kolem něj být až 500. V krátké době stoupne uprostřed hroznu teplota na 47 °C a to je pro sršně osudné.

Zatímco japonská včela snese teplotu až do 48-50 °C, sršeň jen do 44-46 °C.

Horko uvnitř hroznu jej zahubí.



Podřád: Štíhlopasí (Apocrita)

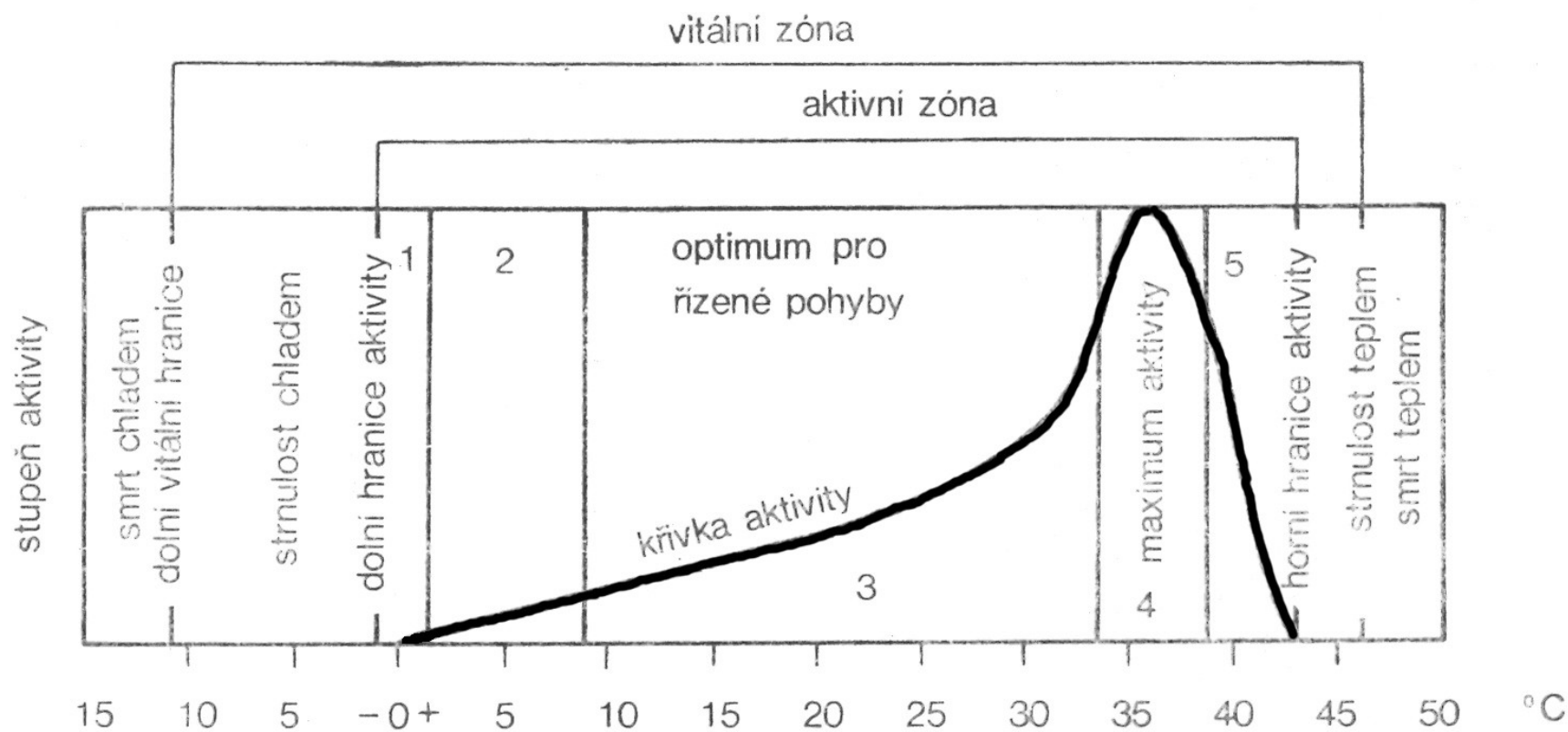
Vosovití (Vespidae)



Registrace teploty živočichy



Krasec *Melanophila acuminata*
Larvy se vyvíjejí v ohořelém dřevě,
brouci vyhledají lokalitu s požárem
lesa díky receptorům infračerveného
záření



Stupně a křivka aktivity u mladé housenky mnišky *Lymantria monacha* (L.) v závislosti na teplotě: 1 — dolní zóna nekoordinovaných pohybů, 2 — snížená aktivity, pohyby koordinované, avšak pomalé, 3 — normální aktivity, 4 — zóna zvýšené aktivity, 5 — horní zóna nekoordinovaných pohybů, snížená pohyblivost. (Podle von Arnima 1936.)

Vliv teploty na vývoj a počet jedinců

u mnohých druhů (zejména hmyz) má doba vývoje vztah k teplotě prostředí suma efektivních teplot C

$$C = (T-k).d$$

kde T je účinná teplota při které byl sledován vývoj živočicha, k je nulový bod vývoje— teplota kdy ještě neprobíhal, d je délka doby vývoje, C je druhově specifické; protože vyšší teplota zkracuje dobu vývoje umožňuje současně více generací během roku **počet generací hmyzu**

$$J = (T_r-k).d_r/C$$

kde T_r je průměrná denní teplota během roku, d_r délka roku

Registrace teploty živočichy

Jehly rodu *Nerophis* dokážou registrovat změny teploty vody o 0,07 °C



© W. Bay-Houailhat



Slizoun *Lipophrys pholis* registruje změny teploty vody 0,03 °C

Registrace teploty živočichy

Chřestýši mají termoreceptory umožňující registrovat změny teploty 0,003 C



Vliv teploty na rozšíření živočichů



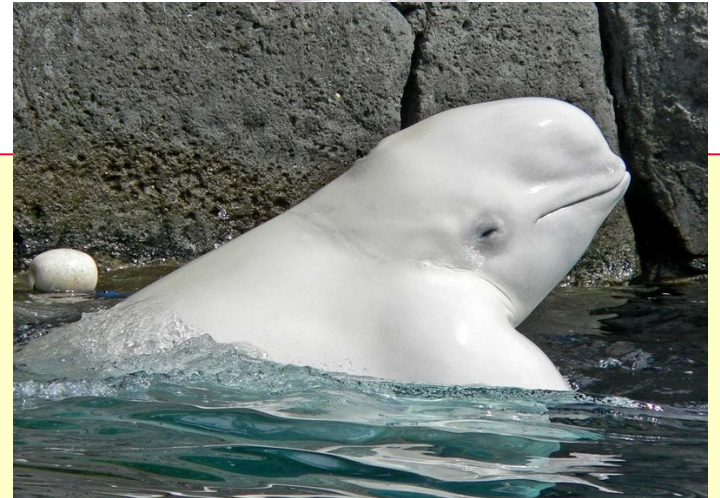
Mrož lední (*Odobenus rosmarus*)

Jižní hranice rozšíření mrože je dána přibližně 10 °C červencovou izotermou

Cirkumpolární rozšíření

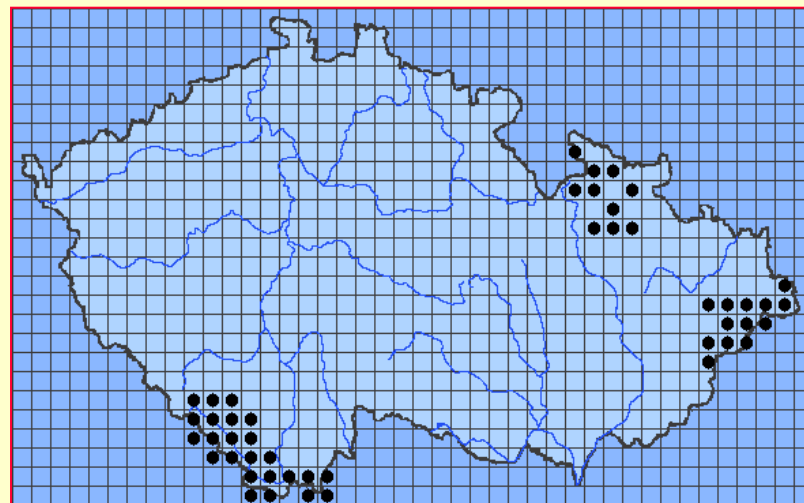


Areál výskytu běluhy severní
(*Delphinapterus leucas*)



Psychrofilní druhy

K chladnomilným druhům živočichům patří např. glaciální relikty



Myšivka horská (*Sicista betulina*)



Modráček tundrový (*Luscinia svecica svecica*)



Šídlo horské (*Aeshna caerulea*)

Vliv teploty na rozmnožování

Teplota může ovlivňovat pohlaví potomstva nebo vznik sexuálních či partenogenetických forem



Při teplotě pod 20 °C z vajíček mravence lesního (*Formica rufa*) se vyvíjejí hlavně samci, při vyšších teplotách hlavně samice

U gavúna *Menidia menidia* nižší teploty vody ovlivňují u larev (8-20 mm) vyvinutí samic



Tolerance k teplotě

Trematomus bernacchi (Nototheniidae)
oligostenotermní druh, hlubinný druh
žijící v rozmezí teplot + 2 C až - 2 C



Ve tkáních si vytvářejí glykopeptidy bránící promrznutí

Tolerance k teplotě



Eurytermní halančík *Cyprinodon macularius*
přežívá v teplotách vody 10-50 C

O maximální (minimální) teplotě, kterou je organismus schopen vydržet rozhoduje i teplota, v které žil před vystavením extrémní teploty

Tolerance k teplotě



Eurytermní liška polární
(*Alopex lagopus*)
je schopna přežít
v rozmezí teplot -70 až + 30 C



Kryofilní druhy

Trvale se vyskytující na sněhu a ledu

Chlamydomonas nivalis



Kryofilní druhy

Trvale se vyskytující na sněhu a ledu



Pavoučnice rodu *Chionea* (Diptera)

Srpice rodu *Boreus* (Mecoptera)

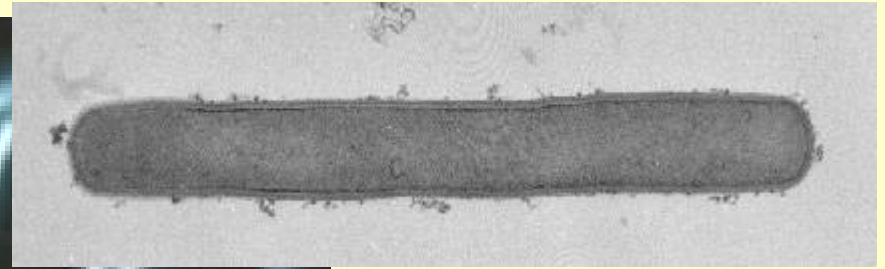
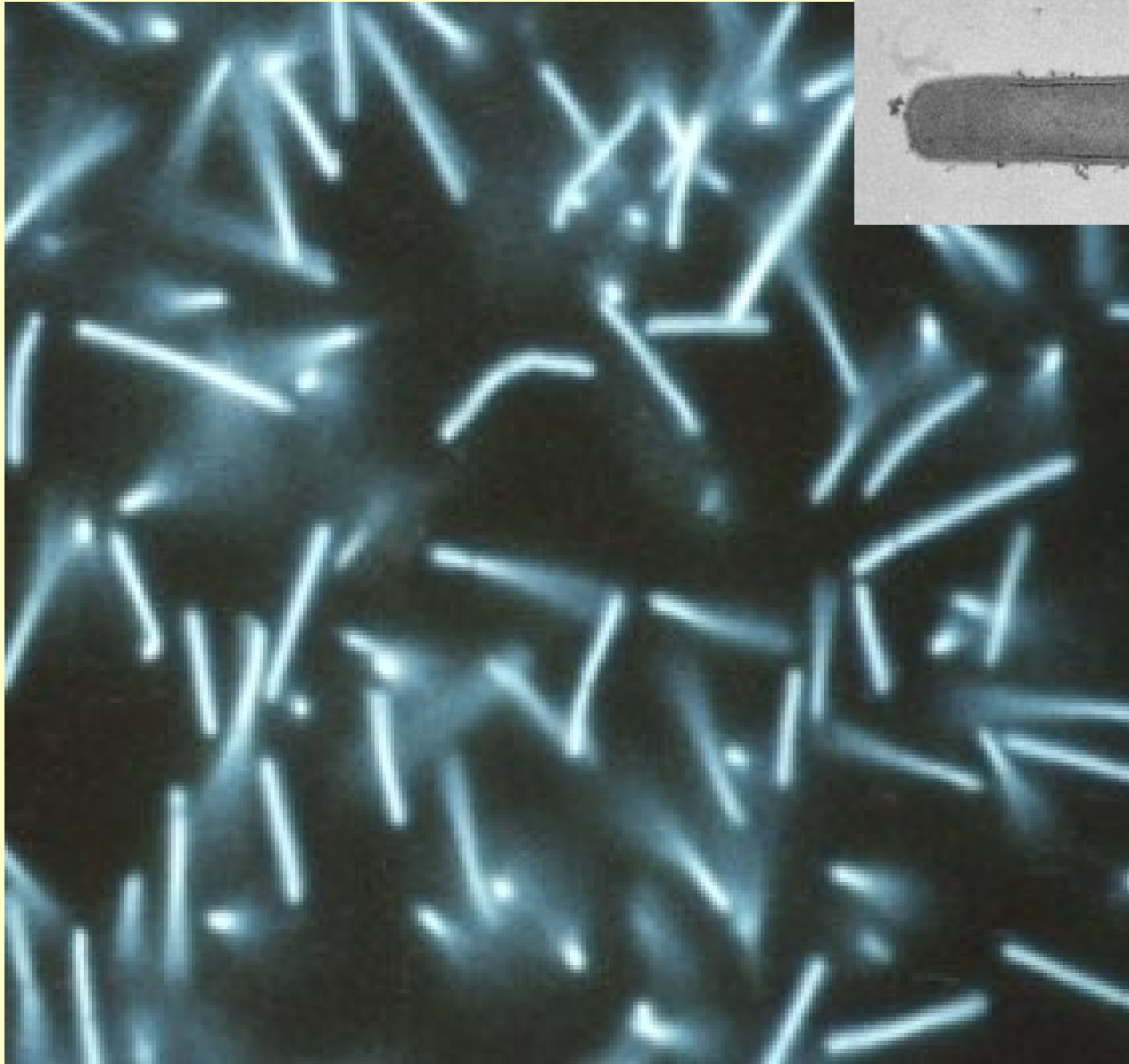


Rekordmani



Některé měňavky jsou schopny při pokusech přečkat teplotu $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$ (týden) nebo při $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$ (20 dnů)

Želvušky (Tardigrada) vydrží v anabióze -270 až $120\text{ }^{\circ}\text{C}$



Bakterie *Methanopyrus kindleri* dokáže žít při teplotách 110 C.

Tolerance k nízkým teplotám

Druhy mrazu odolné (freeze-tolerant) – přežijí vytvoření ledových krystalů v tkáních



Mandelinka *Melasoma collaris* vydrží ve zmrzlém stavu teplotu – 35 °C



Mláďata želvy *Chrysemys scripta elegans* přežijí ve sněhu a ledu s více než 50% zmrzlé mimobuněčné vody v těle



Mlok sibiřský (*Salamandra keyserlingi*) vydrží zamrzlý v ledu i několik desítek let (teplotu do – 40 °C)

Tolerance k nízkým teplotám



Dále aljašská *Dallia pectoralis* přežije i zamrznutí v ledu

Druhy zamrzlé v ledu musí mít adaptace na nedostatek kyslíku.

Střevlík *Pelophila borealis* je schopen anaerobního metabolismu s konečným produktem kyseliny mléčné



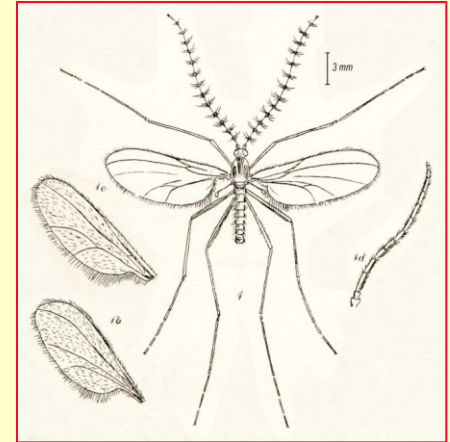
Tolerance k nízkým teplotám

Druhy k mrazu citlivé (freezing-susceptible) – přežijí díky snižování bodu podchlazení (supercooling-point) hromaděním kryoprotektantů (u hmyzu glycerol)



Hálky aljašské mouchy *Rhabdophaga strobiloides*. Druh vydrží – 60 °C, přičemž tělní tekutiny obsahovaly až 50% glycerolu.

Cecidomyiidae



Pacvrček *Grylloblatta* žije v rozmezí teplot – 2,5 až – 10,5 °C

Tolerance k nízkým teplotám



Obojživelníci při přezimování v zámrazné hloubce produkují polysacharid glykosid, který zabraňuje krystalizaci vody v těle a roztrhání buněk krystaly ledu. Voda účinkem glykosidu má pískovitou strukturu.

Adaptace ektotermů na chlad

Redukce tělesné hmotnosti – malá velikost umožňuje lépe najít úkryt a spokojit se s menším množstvím potravy



Himálajští střevlíci rodu *Bembidion* měří v nadmořské výšce 500 m kolem 10 mm, v nadmořské výšce 4000 m jen méně než 4 mm

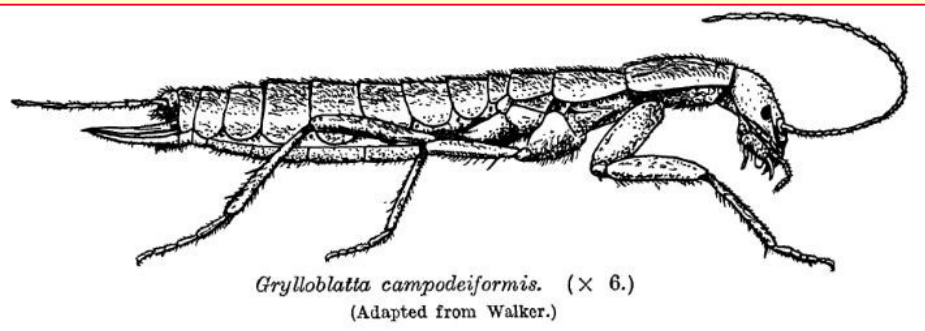
Adaptace ektotermů na chlad

Redukce velikosti křídel – brachypterie a apterie (snížení rizika být odnesen větrem na nevhodné místo)

Cvrčkovci (Grylloblattodea)

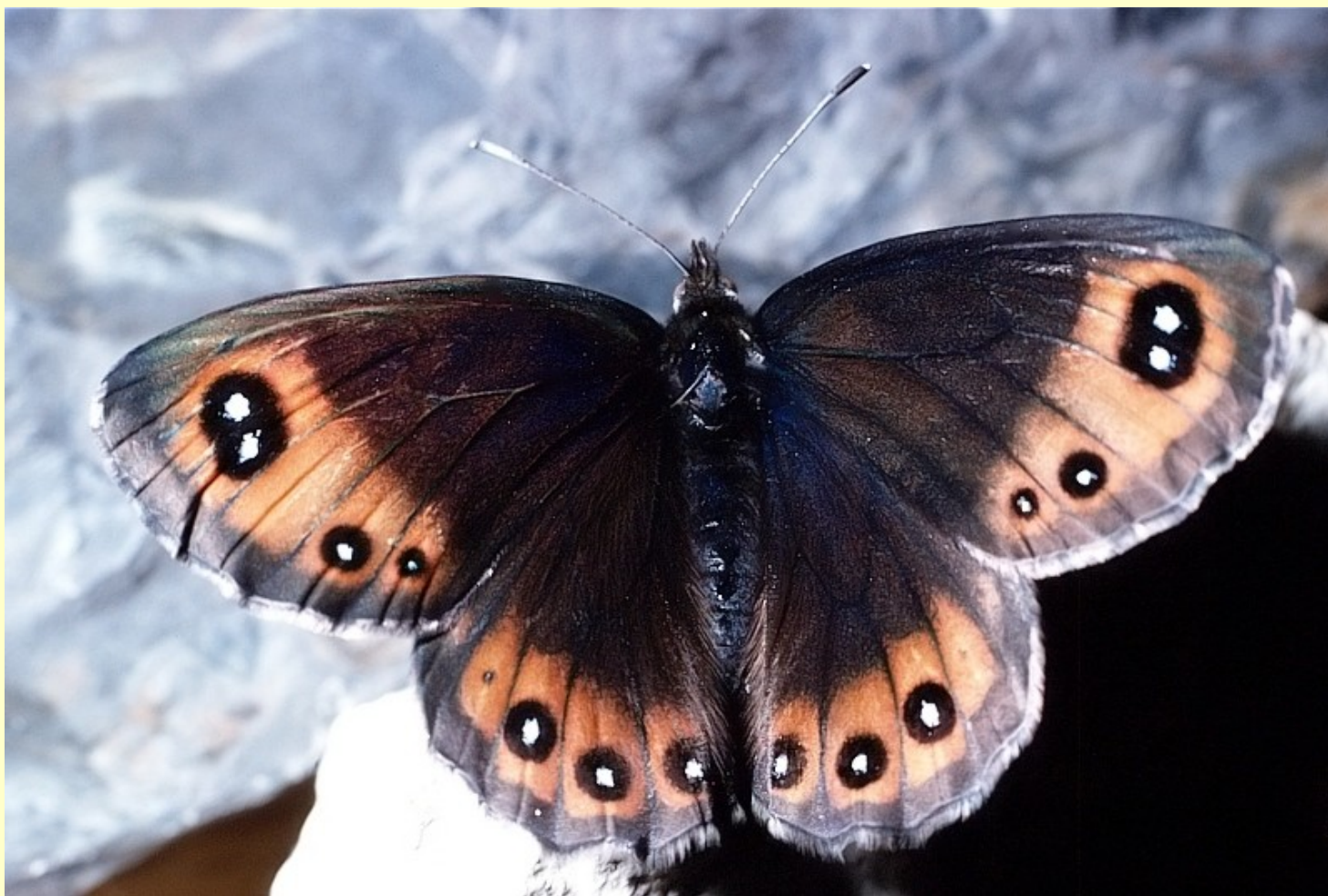


Andštití bělásci rodu *Phulia* mají malá křídla, což jim umožňuje se ukrývat do skulin při nepříznivém počasí



Adaptace ektotermů na chlad

Termální melanismus – tmavé zbarvení červenohnědé, černé lépe absorbuje sluneční záření, navíc lépe chrání před UV radiací



Okáč *Erebia stirus*

Adaptace ektotermů na chlad

Cikáda *Cacama valvata*



Dvoubarevné cikády nastavují slunci světlou či tmavou část těla podle toho, jak se potřebují ohřát

Adaptace ektotermních živočichů k chladu

Noční aktivita – řada chionofilních a chionobiontních druhů (predátorů) využívá své schopnosti aktivovat v noci a lovit dočasně nepohyblivou kořist. Odpadá i nebezpečí predace ptáky

Rezistence proti vysychání – suchý vzduch ve vyšších nadmořských výškách se jeví jako velmi významný ekologický faktor. Druhy musí nalézt takový mikrobiotop, kde netrpí vodním stresem;

Prodloužení životních cyklů – vzhledem ke krátkému a chladnému vegetačnímu období je růstová rychlost alpínských druhů značně zpomalena. Zatímco druhy temperátních a tropických oblastí mají často několik generací za rok, druhy vysokohorských stanovišť (podobně jako druhy s boreálním výskytem) mají výjimečně jednu generaci za rok, často jedinou generaci za dva i více roků. Uvádí se, že vývoj bekyně *Gynaephora groenlandica* trvá 7 a možná i více let. Ale i v těchto drsných podmínkách existují naopak i některé druhy monovoltinní, které jsou schopny v krátké vegetační době zcela dokončit svůj vývin;

Metabolismus – některé druhy jsou schopny kompenzovat nízkou teplotu okolí zvýšením metabolismu.



Adaptace endotermů na chlad

Morfologické adaptace

- ochranná tuková vrstva - tučňáci
- hustá srst *Macaca fuscata*



Adaptace endotermů na chlad



Makak červenolící, nihonsaru

Adaptace endotermů na chlad



Teplá krev, proudící z těla do končetin, prochází těsně kolem studené krve, která se vrací, a teplo se přenáší, takže přitékající krev se ochlazuje. Končetiny proto zůstávají chladnější

Adaptace endotermů na chlad



Fyziologická adaptace

- zvětšení chladové rezistence
- snížení tělní teploty – heterotermie (u kolibříků snížení tělní teploty z 41-42 C na 8-12 C)



Zlatokrt hotentotský (*Amblysomus hottentotensis*),
v nepříznivých podmínkách upadá do letargie



Gvačaro jeskynní *Steatornis caripensis*

Adaptace endotermů na chlad

Dehnelův fenomén – zmenšení těla a hmotnosti jako předběžná adaptace na nedostatek potravy, zmenšení kostry



Leguán mořský (*Amblyrhynchus cristatus*)



Rejsek obecný (*Sorex araneus*)

Adaptace endotermů na chlad

Vyhledávání mikrostanovišť



Bělokur rousný (*Lagopus lagopus*)
Vyhrabává si ve sněhu nory, kde je
teplota až o 30 °C vyšší než na povrchu



Adaptace endotermů na chlad

Načechrané pří je dobrou izolační vrstvou

Načepýření peří ptáků



Adaptace endotermů na chlad

Shlukování jedinců



Uvnitř shluku tučňáků může být teplota vzduchu o 10 °C vyšší než v okolí

Adaptace endotermů na chlad

Behaviorální termoregulace



Rozevřená křídla nastavují kondori slunečním paprskům

Kukačka *Geococcyx californianus* nastavuje tmavé nažiny slunci a uspořídá tak energii



Hibernace

aktivní schopnost měnit tělesnou teplotu podle potřeby a udržovat homeostázu v podmínkách podchlazení

Pravý

snížení tělesné teploty prakticky na teplotu okolí a výrazné zpomalení všech životních funkcí. Zvířata si na toto období připravují tukové zásoby, které během hibernace spotřebovávají. Zásoby potravy si nedělají.



Zimní spánek

Npravý

zvířata tráví tukové zásoby ve vhodném úkrytu, ale nesnižují tolik tělesnou teplotu a jsou občas aktivní. Mohou si dělat zásoby



Adaptace na suché teplo

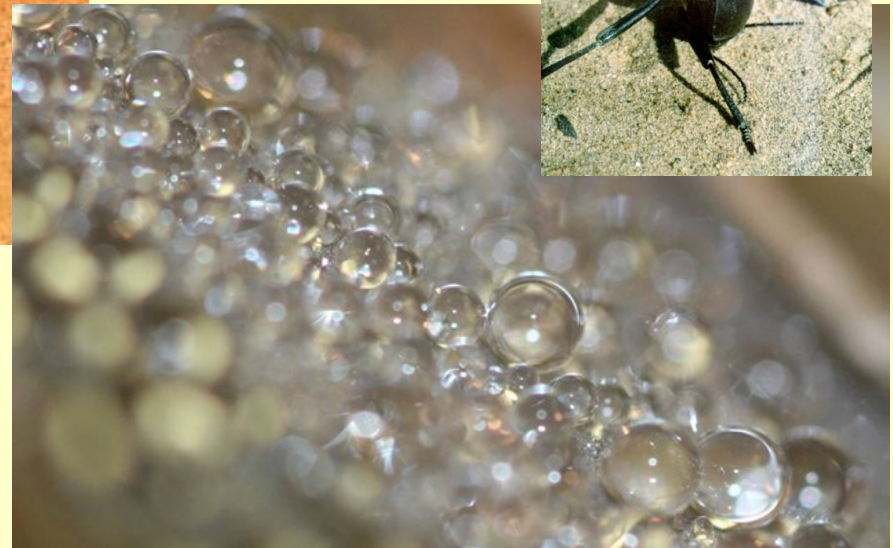
- přerušování aktivity**
- polohové přizpůsobení (orientace těla, pozice křídel)**
- kryptobióza (estivace slimáků)**
- vyhledávání vhodných mikrobiotopů (stín, nory)**
- koncentrovaná moč a výkaly**
- omezení ztrát vody (pokryv těla)**
- vysoká tolerance k horku (vyšší tělní teplota)**
- mechanismy rozptylující vliv světelného záření (bílé brouci)**
- ochlazování výčnělky těla (uši fenka)**
- využití rosy a mlhy (píjáci mlhy)**
- vypití velkého množství vody (velbloud)**



Řád: Brouci (Coleoptera)

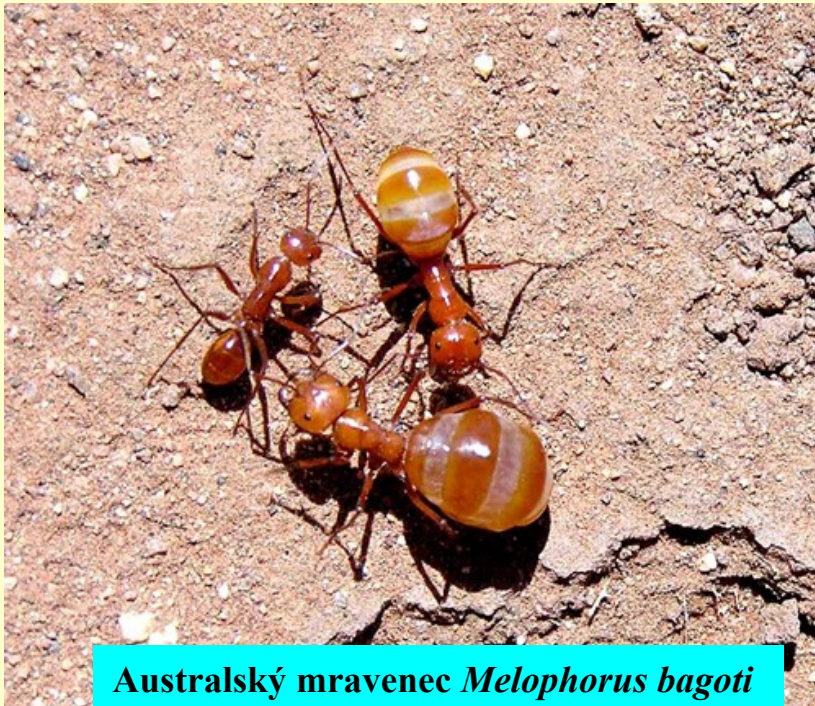


Onymacris (Tenebrionidae)

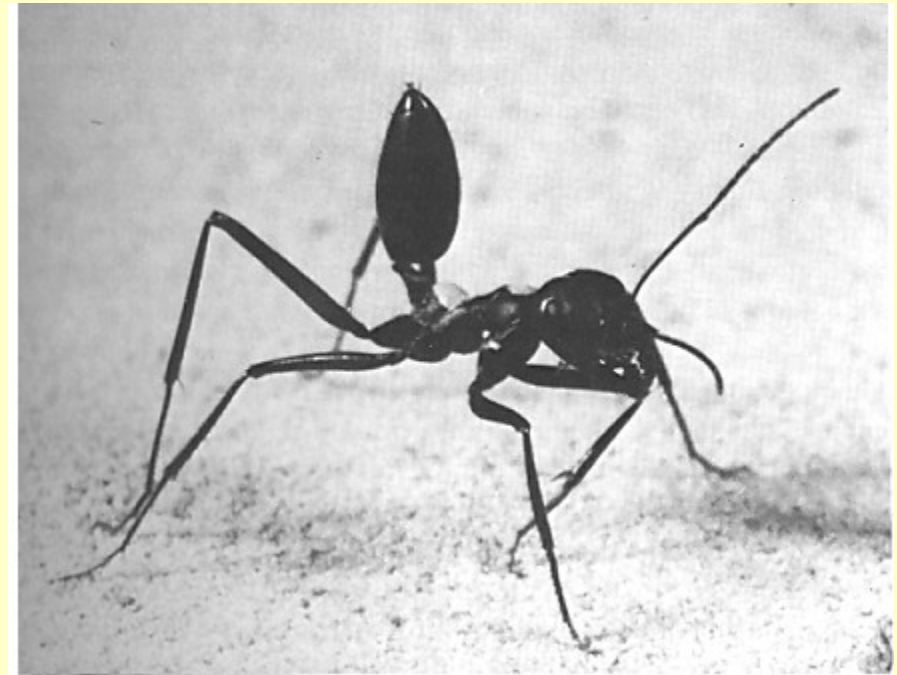


Sternocara gracilipes

Adaptace na suché teplo



Australský mravenec *Melophorus bagoti* snáší podobné teploty



Cataglyphis bicolor

photograph by R. Wehner

Tento saharský mravenec vydrží teplotu prostředí 70 °C (heat shock proteiny, HSP, zvyšují odolnost bílkovin), letální teplota těla je 55 °C.

Potemník *Stenocara* má dlouhé nohy, tělo je tudíž výše nad horkým substrátem



Adaptace na suché teplo

Uši slona pomáhají řídit teplotu těla. Uši jsou bohatě zásobovány krevními cévami a při stoupaní teploty jimi sloni mávají a vydávají teplo do okolního prostoru



Adaptace na suché teplo

Meroles lopatonosý (*Meroles anchiatae*)



Adaptace na suché teplo

Agama hardún (*Laudakia stellio*) mění zbarvení těla od světlého po tmavé v souvislosti s potřebnou termoregulací



Adaptace na suché teplo

Stepokurové (Pteroclidiformes)



Ochlazuje sebe koupáním,
vodu pak donáší v mokrém
peří na ochlazení vajec a
mlád'at

© - josef hlasek
www.hlasck.com
Pterocles alchata 6852

Adaptace ptáků na pouštní podmínky

- vrozená vyšší teplota než u savců,
- fakultativní hypertermie,
- ochrana proti přehřátí izolační vrstvou vzduchu v peří,
- chlazení kroužením ve vyšších vrstvách atmosféry,
- speciální držení křídel při odpočinku,
- evaporační chlazení dýcháním,
- vylučování téměř pevné kyseliny močové,
- příjem vody potravou, schopnost získávat část vody štěpením látek z potravy (např. andulka vlnkovaná, *Melopsittacus undulatus*)

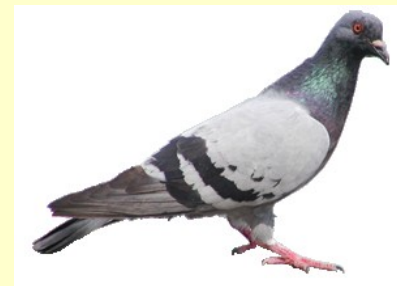


Adaptace ptáků na pouštní podmínky

- vyhledávání zastíněných míst,
- daleké lety za vodou – přinášení vody v namočeném peří (stepokur krásný, *Pterocles alchata*),

hnízda ve skalních štěrbinách (holub skalní, *Columba livia*), na zastíněné půdě nebo místech se vzdušným prouděním (*Ammomanes deserti*, *Alaudidae*, *Oenanthe leucopyga*, *Turdidae*),

- reprodukce jen v příznivých letech



© - lubomir hlasek
www.hlasek.com
Pterocles alchata 10098



Ammomanes deserti

Adaptace ptáků na pouštní podmínky



Oenanthe leucopyga

Adaptace savců na pouštní podmínky

**aktivita synchronizována s příznivými podmínkami prostředí,
evaporační chlazení dýcháním a pocením,
přežití dlouhé doby bez pití,
schopnost vypít naráz velké množství vody (= velká pitná kapacita,
drinking capacity),
exkrementy relativně suché,
příležitostná hypertermie a noční hypotermie,
protisměrná výměna tepla,
srst (vlna) chrání před přehřátím a ztrátami tepla, budování tukových
zásob, pomalý metabolismus**

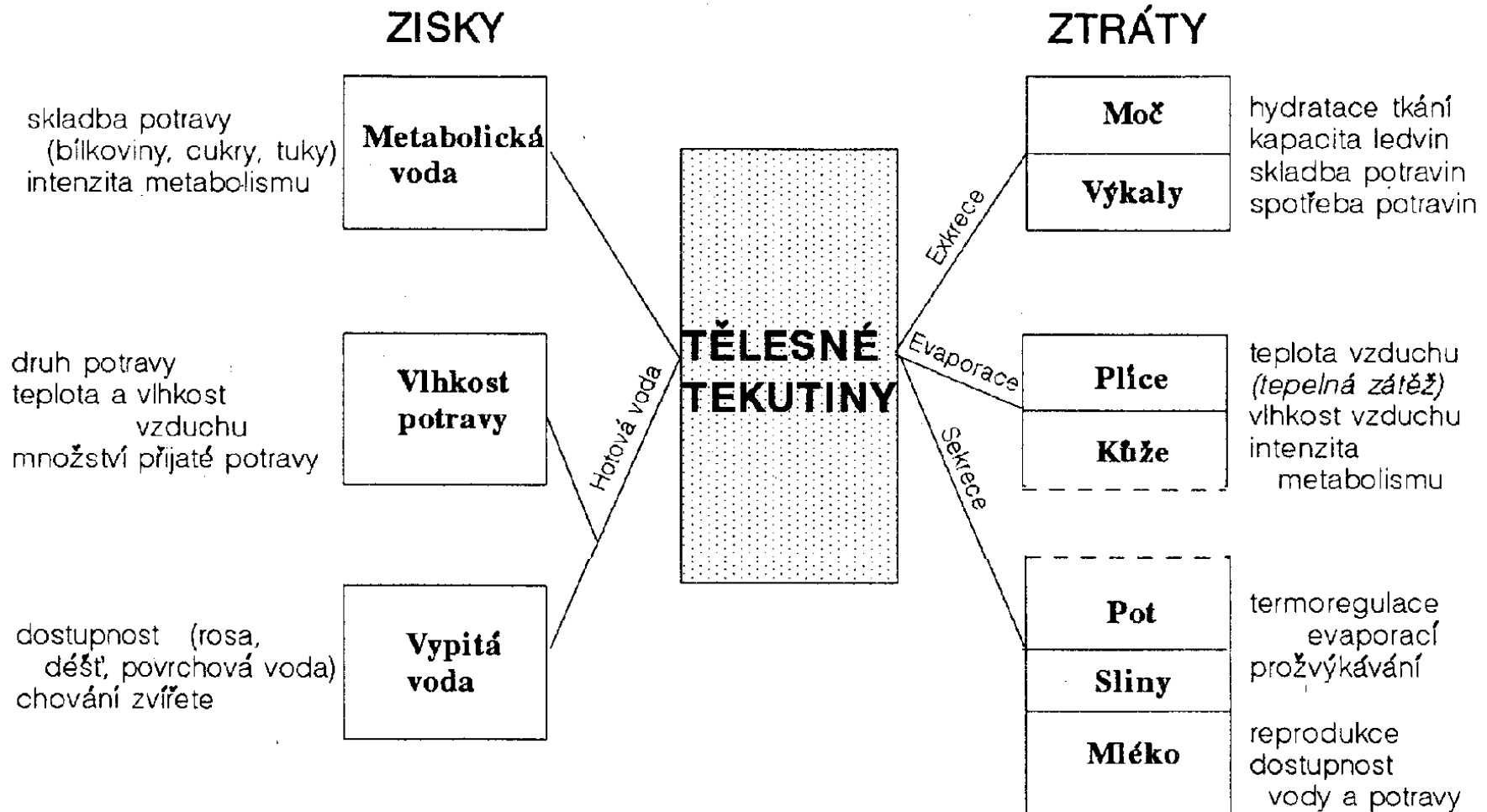


Camelus dromedarius

Adaptace savců na pouštní podmínky

Velbloud neshromažďuje v těle vodu, ani nevyužívá vody metabolické, jak se dříve soudilo. Významnými složkami jejich přizpůsobení je **výkonné pocení** a **dokonalá izolace povrchu těla srstí**. Velbloud je kromě toho schopen **tolerovat dočasnou dehydrataci** gastrointestinálního traktu i ztrátu vody z intracelulárního prostoru. Jeho ledviny mohou produkovat **zahuštěnou moč** a tak omezit ztráty vody vylučovacím ústrojím. Kromě toho velbloud **nemá zapotřebí odstraňovat z těla močovinu** jako odpadní produkt metabolismu. Tato látka přechází z jater do žaludku, kde je využívána mikrobiální flórou jako zdroj dusíku pro tvorbu bílkovin. Velbloudi vystaveni nedostatku vody vykazují **velké výkyvy tělesné teploty**. Ve dne se přehřívají a v noci jejich tělesná teplota poklesá. Při zvýšené tělesné teplotě není třeba vypařovat vodu na ochlazení těla, aby se udržela stálá tělesná teplota. Přebytek tepla zůstává v těle a ztrácí se v chladných nocích bez vypařování vody. Důležitá je rovněž schopnost velbloudů **rychlého příjmu velkého množství tekutin** (až 100 l vody během 10 minut). Typické velbloudí hrby obsahují především tuky jako energetickou rezervu pro případ hladovění. Nemají význam pro termoregulaci, neboť oxidace tuků spojená se vznikem vody metabolické by měla za následek zvýšení intenzity metabolismu i frekvenci dýchání, čímž by organismus ztratil více vody, než by metabolickými pochody získal.

Adaptace savců na pouštní podmínky



Allenovo pravidlo

zoogeografické pravidlo o vztazích teplotokrevných živočichů ke klimatu: ve studenějších oblastech areálu mají jedinci stejného druhu **relativně kratší** končetiny, ocas a boltce než v oblastech teplejších.



Lepus alleni



Lepus californicus



Lepus arcticus



A. lagopus



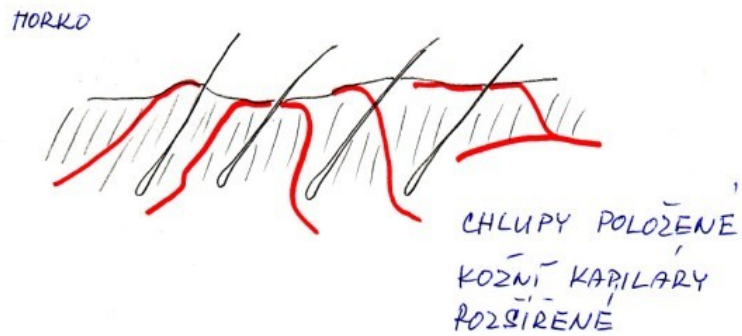
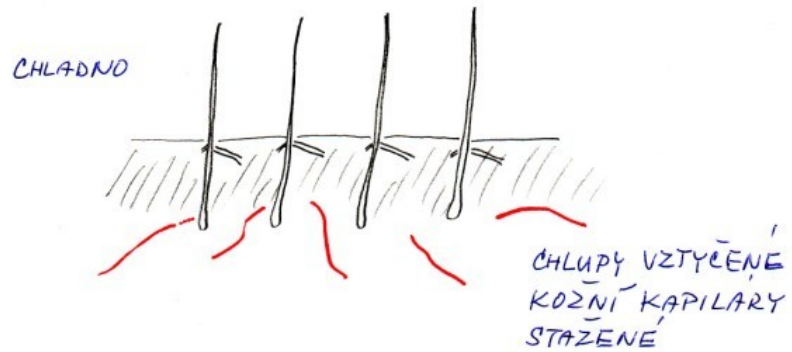
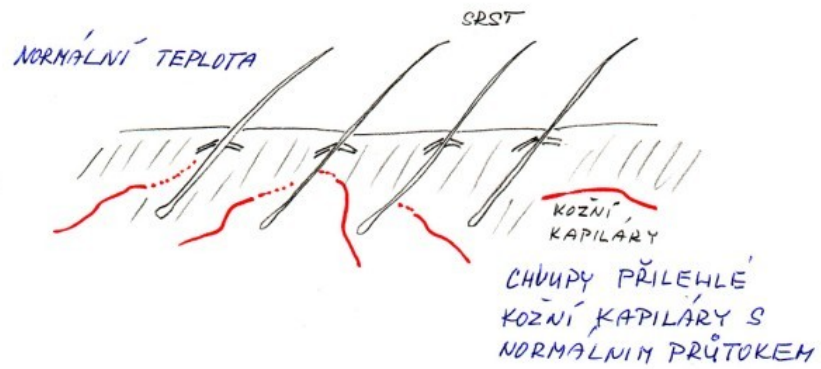
V. vulpes



V. zerda

Obr. 3.10 Allenovo pravidlo u lišky polární *Alopex lagopus*, lišky obecné *Vulpes vulpes* a fenka *V. zerda* demonstrující postupný růst velikosti uší podél teplotního gradientu (podle R. Hesseho 1937).





Bergmanovo pravidlo

endotermní živočichové **jsou v chladnějších oblastech větší** než jejich příbuzné formy žijící v oblastech teplejších



Tučňák císařský (*Aptenodytes forsteri*), výška 1 m



Tučňák galapážský (*Spheniscus mendiculus*), výška 0,5 m

Glogerovo pravidlo

homoiotermní živočichové mají směrem na sever tmavší zbarvení srsti, kůže; omezují tak své albedo.



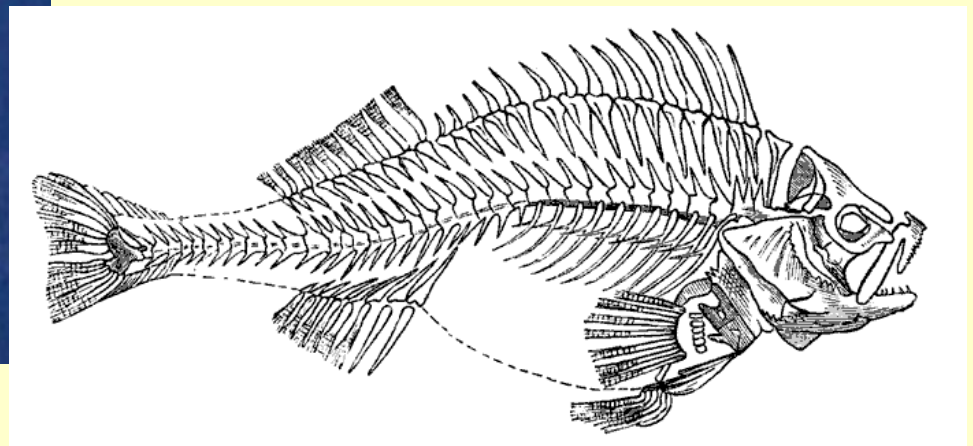
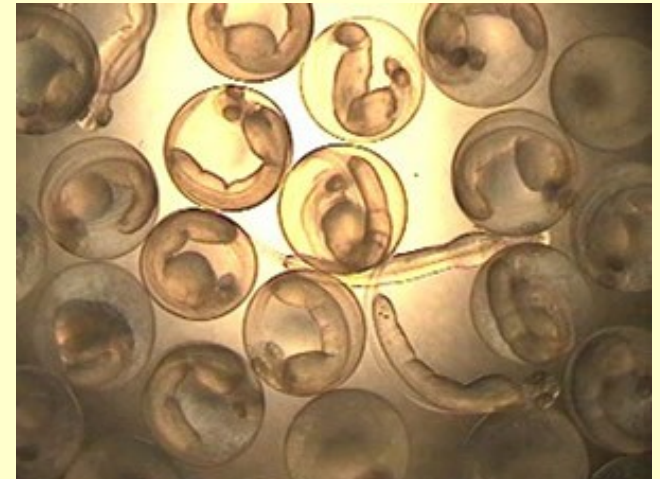
Panthera tigris altaica



Panthera tigris sumatrae

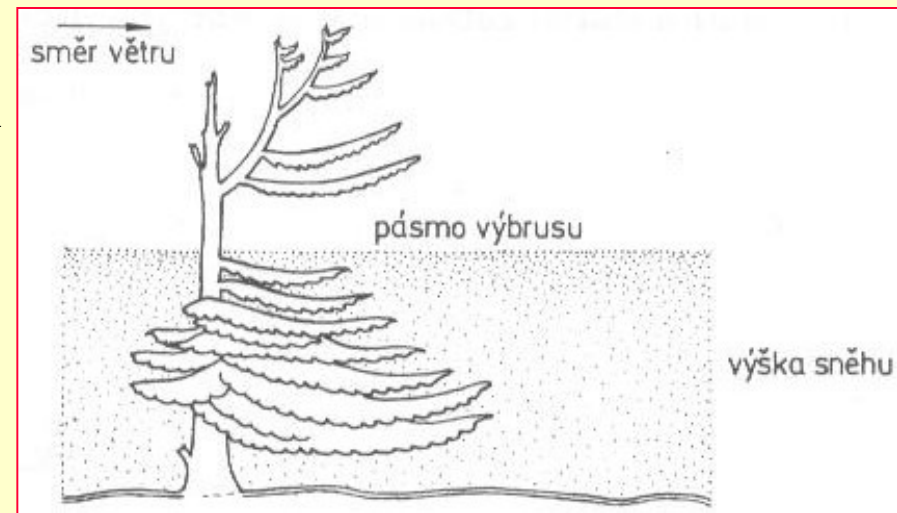
Jordanovo pravidlo

Zvýšený počet šupin, obratlů a paprsků v ploutvích u těchto druhů ryb, jejichž embrya se vyvíjela v nižších teplotách než při srovnání s exempláři chovanými ve vodě teplejší



Vítr jako ekologický faktor

- Distribuce srážek
- vysoušení/mechanické poškození pletiv → snížení hranice lesa
- redukce hraniční vrstvy listu → nárůst transpirace, ochlazování povrchu
- eroze půdy (deflace), depozice eolického materiálu



Šíření organismů větrem

Vznášeci a letci

S lehkou diasporou

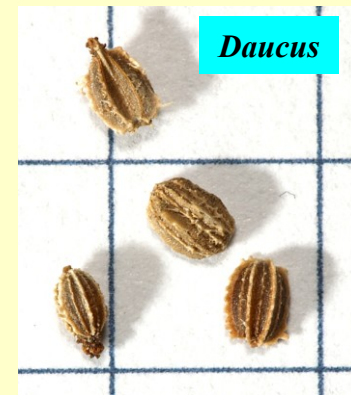


Anemochorie rostlin



Nadlehčovanou vnitřními dutinami

S těžší diasporou



Letci s těžší diasporou a létacím zařízením

Šíření organismů větrem

Stepní běžci (valivý typ)



Růže z Jericha (*Odontospermum pygmaeum*)

Anemochorie rostlin

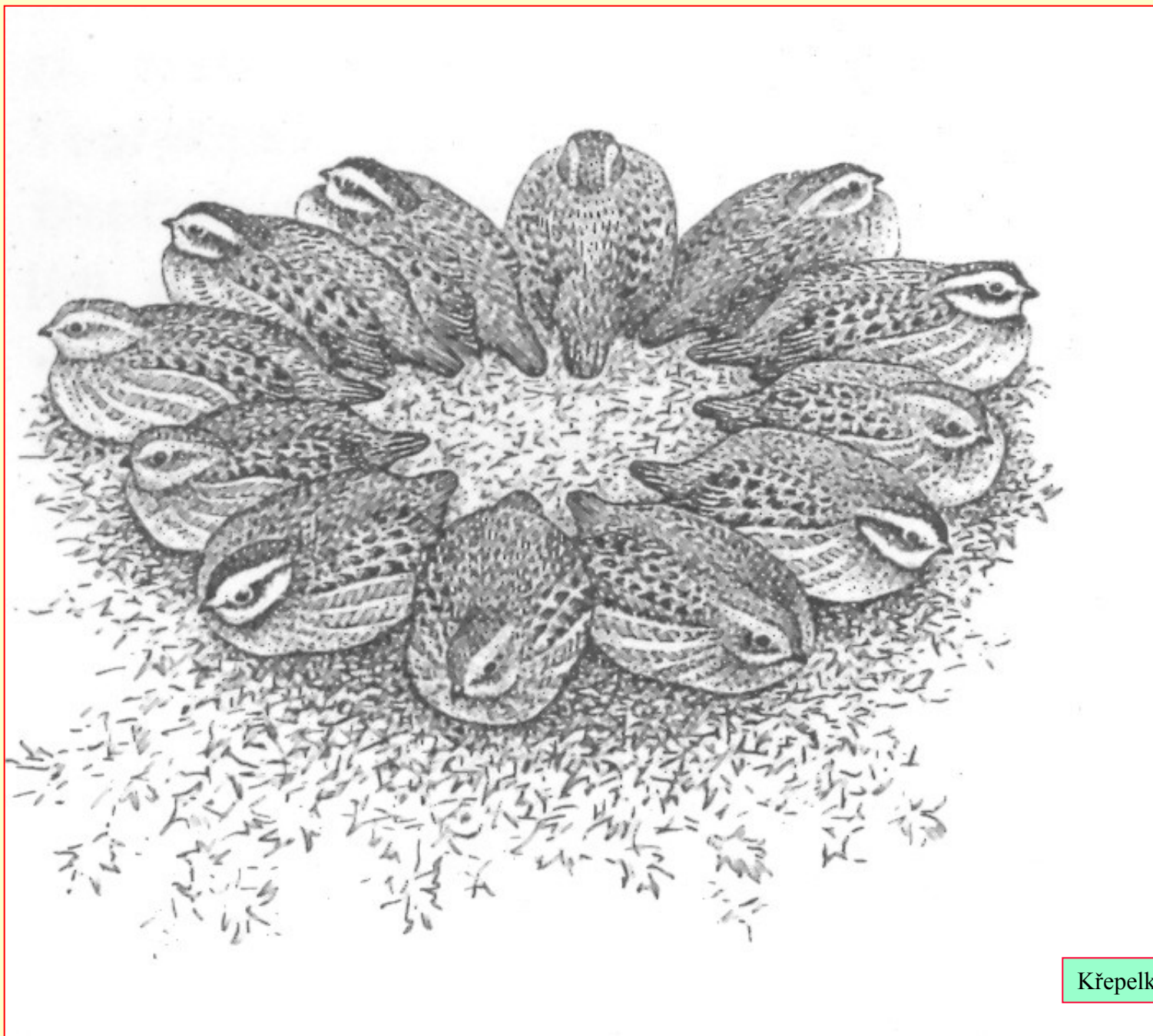
Vytrásači



Vliv větru na orientaci těla živočichů

U živočichů vyvolává vítr různé směrové a polohové reakce označované souborně jako **anemotaxe**. Jsou buď pozitivní nebo negativní. Nepříjemně např. působí mrazivý vítr foukající proti srsti savců či peří ptáků s následným nadměrným ochlazováním těla. Stojící nebo sedící ptáci proto otáčejí hlavu proti větru (racci, havrani, ústřičníci aj.). Podobně se chová i dobytek pasoucí se na louce. Většina býložravců také tímto způsobem zachycuje pach svých predátorů. Také hmyz se většinou orientuje proti větru.





Křepelky

Vliv pH a teploty

Tab. 11 – 2. Podélné rozmístění ryb v potoce Little Stony Creek¹⁾

Stanice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
pH	5,6	5,6	5,8	5,8	5,9	6,2	6,4	6,6	7,0	7,0	7,1	7,2	7,2	7,4
Teplota (°C)	15	15	16	16	17	18	18	18	18	19	19	20	20	21
<i>Salvelinus f. fontinalis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
<i>Rhinichthys atratulus obtusus</i>					+	+	+		+			+	+	
<i>Catostomus f. flabellaris</i>							+			+			+	+
<i>Salmo gairdneri irideus</i>								+	+	+	+	+	+	+
<i>Cottus b. bairdii</i>												+	+	+
<i>Campostoma anomalum</i>													+	+
<i>Notropis albeolus</i>														+
<i>Rhinichthys cataractae</i>														+
<i>Catostomus c. commersonii</i>														+

¹⁾ Podle BURTONA a ODUMA (1945). Stanice jsou od sebe vzdáleny asi 1,6 km.

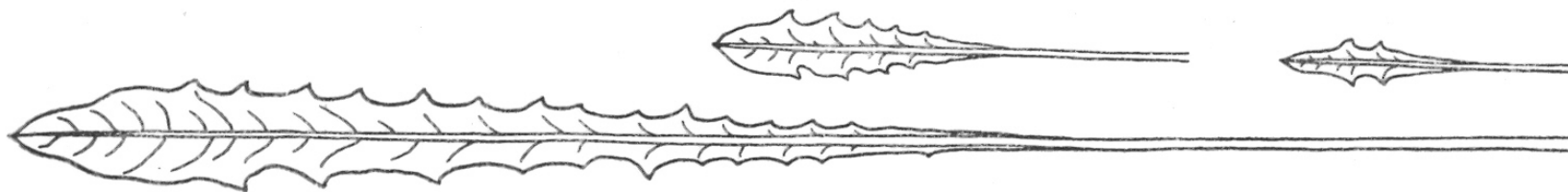
**Více odolný na
nízké hodnoty
pH (i jen 5,3)**



Siven americký



Pstruh obecný



Listy *Taraxacum officinale* Web. (*Asteraceae*); dole — v ovzduší nasyceném vodními parami, vlevo nahoře — v normálním nížinném ovzduší, vpravo nahoře — v suchém ovzduší. (Podle A. Wiesnera).



Příjem vody

- **digestivně** = pitím, tedy většinou ústním otvorem
- **penetrace** = přes pokožku, např. vodní živočichové, endoparazité
- **absorpce** = vstřebávání vodních par ze vzduchu, zejména někteří vlhkomilní živočichové
- **metabolicky** = vyrábí si vodu oxidací některých organických látek ve svém těle



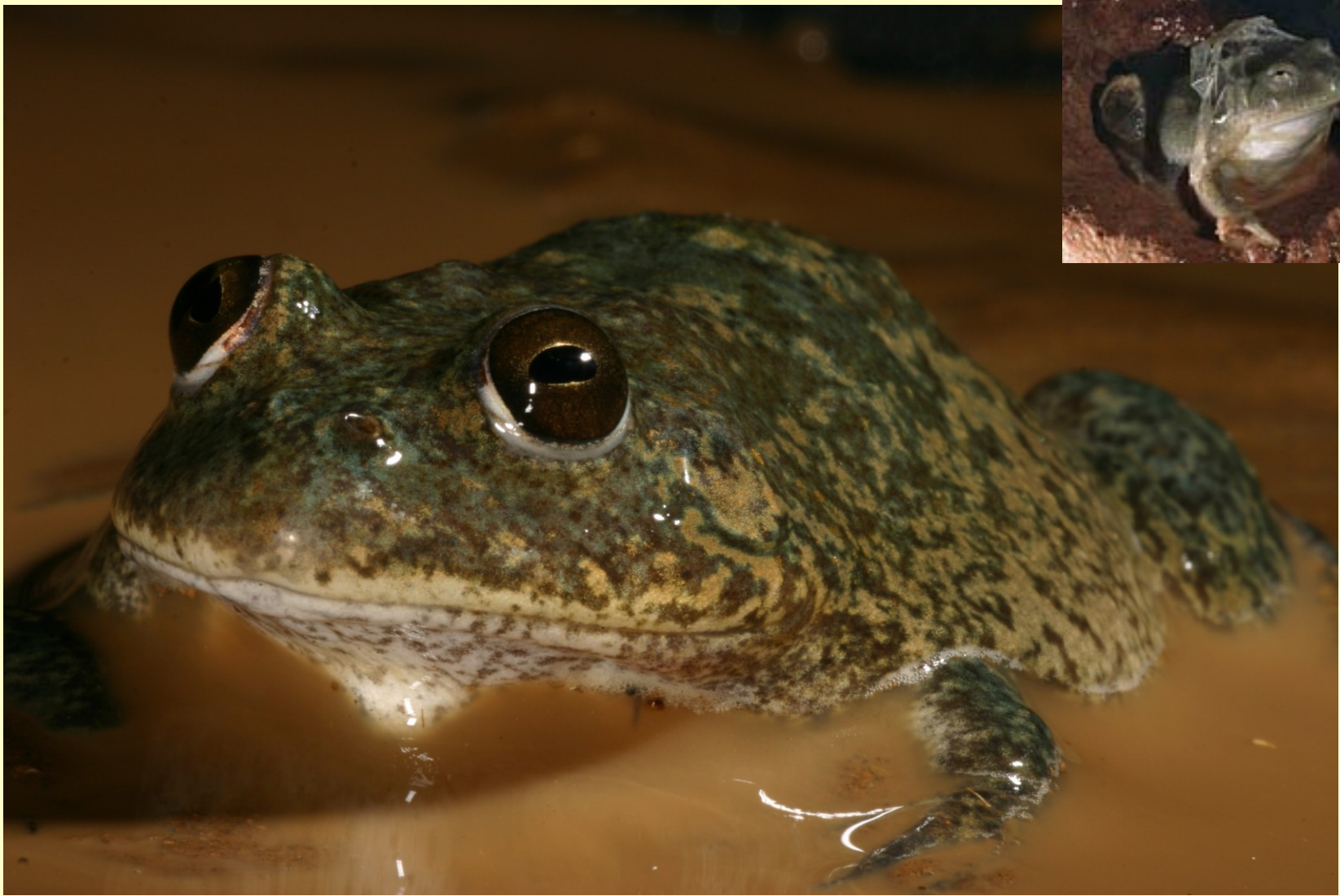
Ztráty vody

- **přes pokožku (transpirace)**, závisí na velikosti těla a způsobu odstraňování odpadních látek
- **dýcháním**
- **vylučováním moči a exkrementů**
 - *urikotelní* = vylučovaným produktem **kyselina močová**, dá se vylučovat krystalická malá ztráta vody, např. plazi, ptáci
 - *ureotelní* = produktem je **močovina**, kterou je nutné vylučovat ve vodním roztoku, savci

Ochrana proti ztrátě vody

větší ztrátu vody snesou exotermní živočichové – hmyz 30-70%, žížaly až 62%, slimák až 80%; zvláště velkou ztrátu snesou vodní bezobratlí ve stavu anabiózy; z endotermních snáší větší ztrátu vody myš domácí až 27%, velbloud, ovce až 32%;

- ***morfologická přizpůsobení*** = nepropustný tělní pokryv, redukce potních žláz, světlejší zbarvení, uložení dýchacích orgánů do dutin, vytváření ochranných obalů
- ***fyziologická přizpůsobení*** = vylučování pevných urátů (urikotelní), koncentrované a suché výkaly u stepních a pouštních živočichů atd.
- ***etologická přizpůsobení*** = vertikální migrace, změna doby aktivity



Australská žába *Cyclorana platycephala* si vytváří v době sucha vodotěsný obal ze svlečených kůží



Šidélko rodu *Megalagrion*



COURTESY OF IDELLE COOPER

Larvy havajského šidélka *Megalagrion oahuense* prodělávají celý vývin mimo vodu

Vliv nadbytku vlhkosti vzduchu a vody

záplavy - migrace, nedostatek potravy, přímý úhyn;
nadměrná vlhkost vzduchu brzdí např. předení pavučin u pavouků, zapřádání housenek, podporuje vývoj patogenních hub, plísní a bakterií, příznivě ovlivňuje tvorbu melaninů a tím i sezónní dimorfismus



Klidové stavy

dormance = částečná či úplná nehybnost, relativní či absolutní nečinnost smyslových orgánů a nervové soustavy; není důsledek vyčerpání, obecný termín pro klidové stavy

anabióza = klidový stav v kritickém období života, úplná dehydratace, naprostá nepohyblivost; zvyšuje toleranci, může trvat i několik let (prvoci, hád'átka, vířníci...)

diapauza = zastavení nebo zpomalení životních projevů bezobratlých (především členovců) v určitém druhově specifickém životním období; je nezbytnou součástí ontogeneze, je přizpůsobením na období zimy či sucha

Klidové stavy

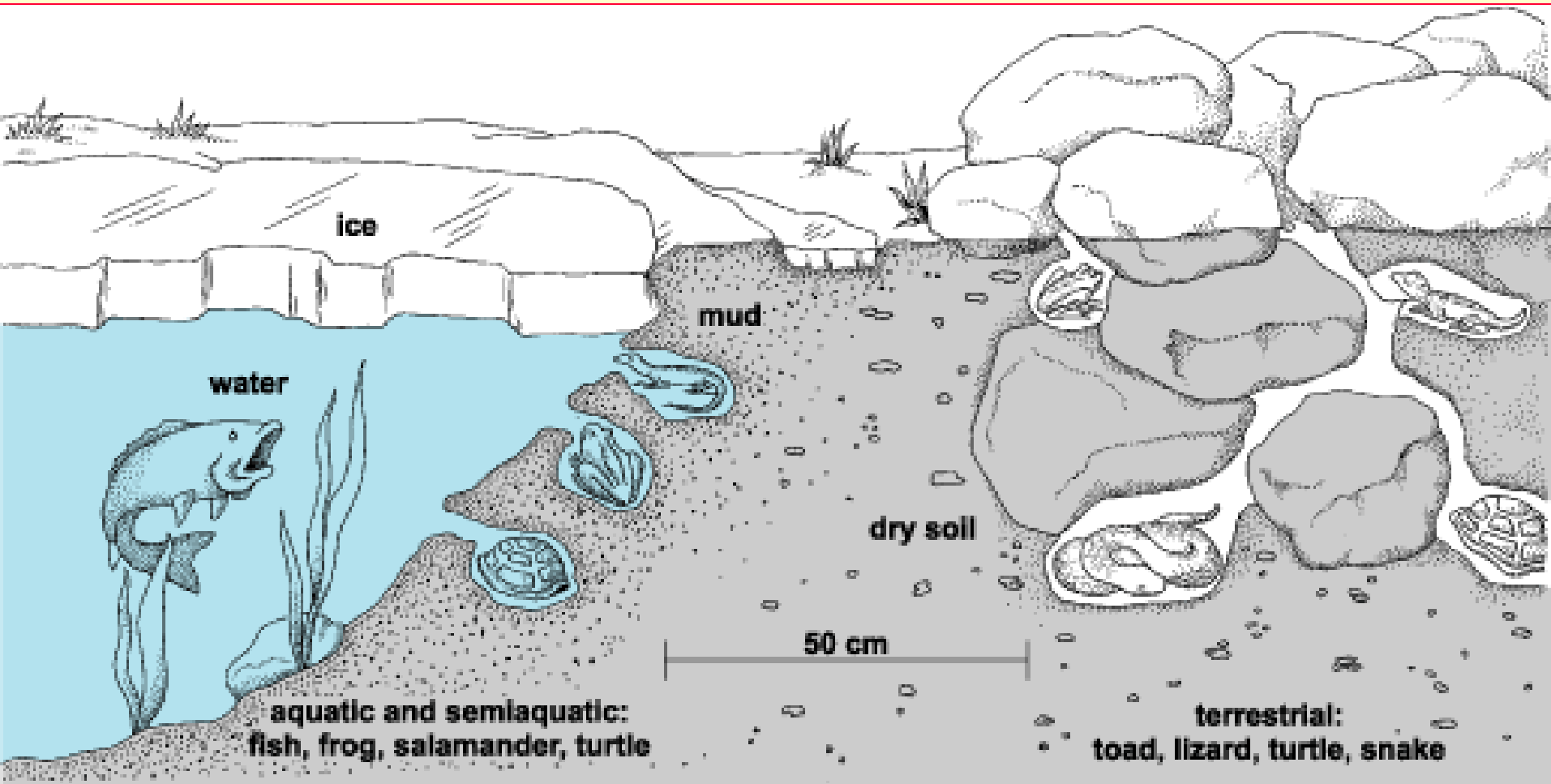
Torpor (strnulost) - méně extrémní a krátkodobé zpomalení tělesných pochodů, jako reakce na nepříznivé počasí (chlad), obvykle jen na pár hodin (netopýři, kolibříci).



Klidové stavy

hibernace endotermů = přezimování, zimní spánek; stav letargie u četných skupin savců (ojediněle ptáků) během chladného období roku, předchází změna hormonální situace vlivem fotoperiody; pokles teploty těla, snížení úrovně metabolismu – dýchání, tlak krve; před započítím hromadí tuky; je možný přechod ze spánku do bdělosti vlivem intenzivního vnějšího podnětu.

Hibernují též mnozí bezobratlí i ektotermní obratlovci.

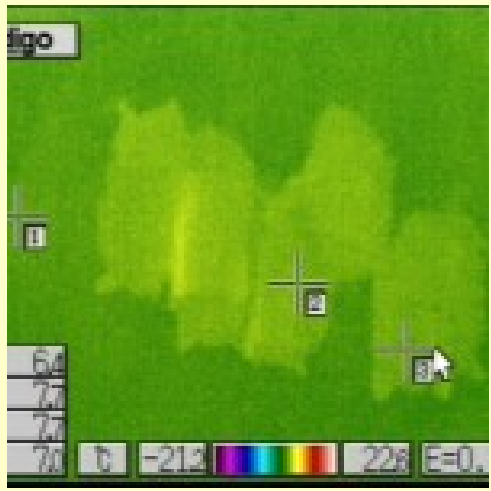
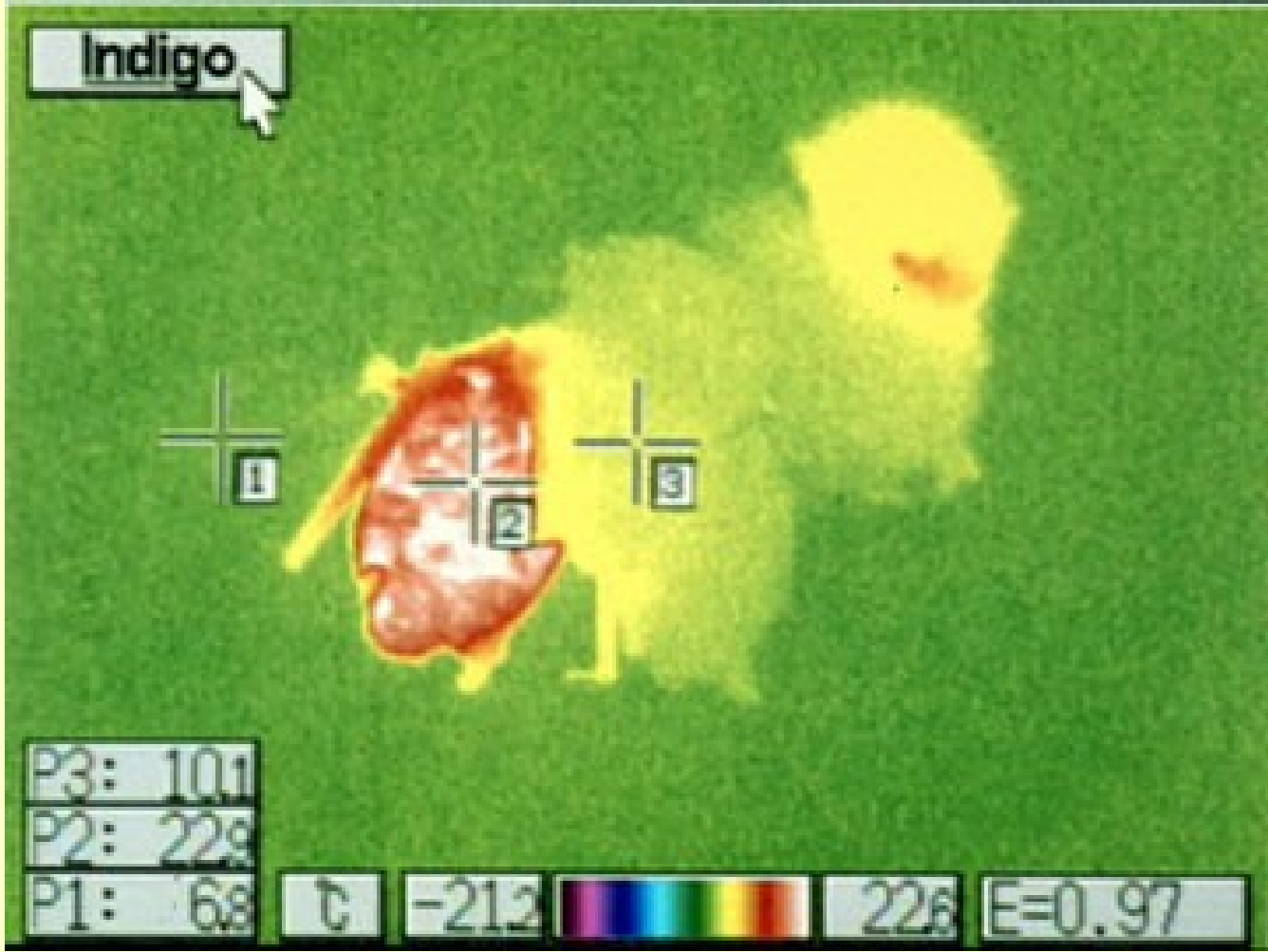


Hibernakula některých skupin studenokrevných živočichů

©Miloš Anděra



www.naturfoto.cz

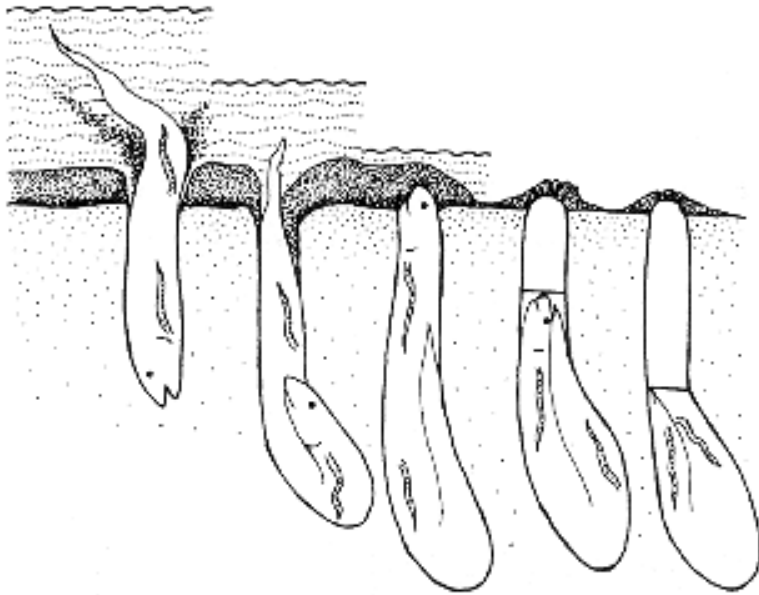


Klidové stavy

estivace = letní spánek; zpomalení pochodů v letním suchém období, snížení tělesné teploty, úkryt pod zemí nebo v dutinách, navozena hlavně nízkou vzdušnou vlhkostí, např. stepní sysel, poloopice, někteří vačnatci; někdy se sem řadí klidové stavy obratlovců ve vysychajících vodách (bahník) nebo pouštních plazů

spánek = stav snížené aktivity, který trvá méně než 24 hodin; útlum nejvyšších funkcí CNS a různý stupeň útlumu smyslových orgánů, nepatrný pokles teploty a metabolismu, probuzení trvá méně než 1 hodinu, chování těsně před usnutím je druhově specifické; teplokrevní živočichové

Estivace



As the water level falls lungfish burrow into the bottom mud to form a cocoon and aestivate through the dry season.



Klidové stavy



Maki tlustoocasý si ukládá zásoby tuku v ocasu, aby přežil období sucha

Madagaskar



Extrémní životní podmínky

Aerobní - ke svému životu potřebují volný vzdušný kyslík nebo kyslík rozpuštěný ve vodě.

ORGANISMY



Anaerobní - dokáží žít bez přítomnosti vzdušného kyslíku. Volný kyslík je pro většinu anaerobních organismů toxický. Dočasní anaerobové jsou např. larvy hmyzu žijící v bahně.

Anaerobní organismy

Organismus, který dokáže žít bez přítomnosti vzdušného kyslíku. energii pro své životní pochody, čili i dýchání získává chemickými procesy, které nevyžadují volný kyslík, ale vázaný v molekule například vody. Volný kyslík je pro většinu anaerobních organismů toxický. Mezi tyto organismy patří především některé bakterie.

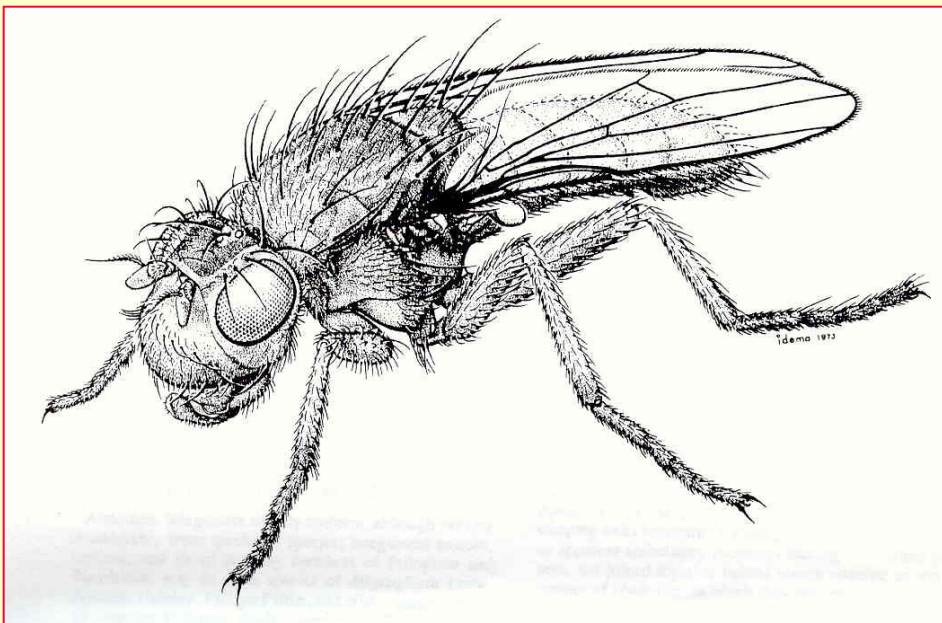
Endoparaziti



Extrémní podmínky

Břežnicovití (Ephydriidae)

Řád: Dvoukřídlí (Diptera)



Břežnice solná (*Ephydra hians*) žije v solném jezeře Mino Lake v Kalifornii a je jediným živočichem snášejícím osmotický tlak přes 50 atmosfér.

Řád: Dvoukřídlí (Diptera)



Psilopa = Helaeomyia

Břežnice petrolejová (*Psilopa petrolei*), Kalifornie, larvy se vyvíjejí v ropných nádržích, v nichž se živí utonulým hmyzem. Vstřebávání ropných látek brání zvláštní membrána ve střevě.

Kmen: vláknonoši (=bradatice)

Pogonophora

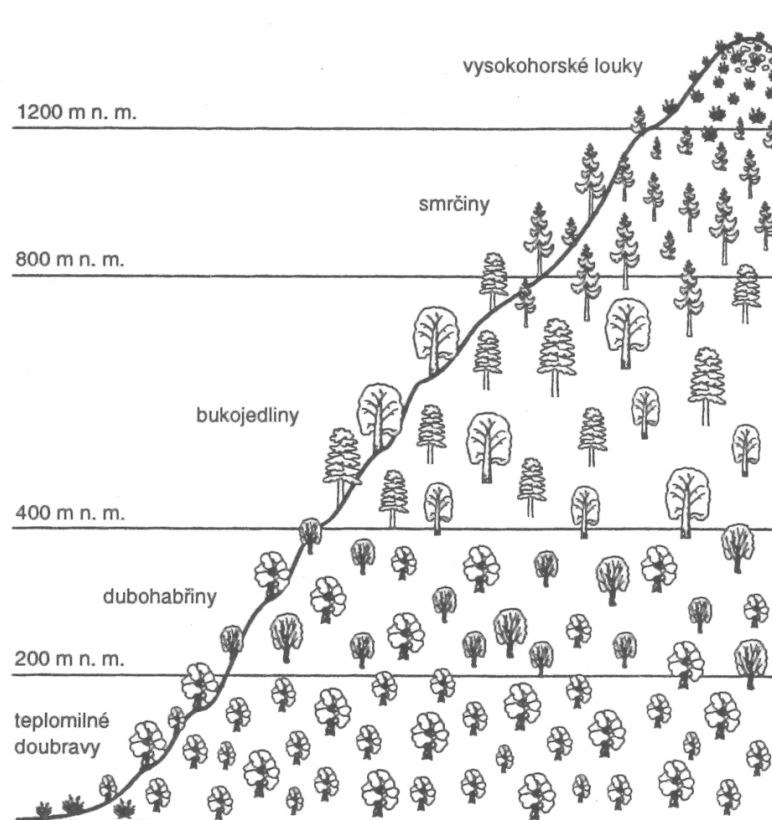
- **Hlubokomořští živočichové s dlouhým a tenkým tělem**
- Tělo rozděleno do **4 oddílů**, přední nese **chapadla** (až několik set)
- **Cévní soustava uzavřená s diferencovaným srdcem**
- **Vylučovací a nervová soustava jako u kroužkovců**
- Trávicí soustava jen u **obrvených larev** (zdrojem živin pro dospělé jsou endosymbiotické chemoautotrofní sírné bakterie, žijící v parenchymatické tkáni (tzv. trophosom))
- **Druhotně „autotrofní“ živočichové , 120 druhů**

Kmen: vláknonoši (=bradatice) Pogonophora



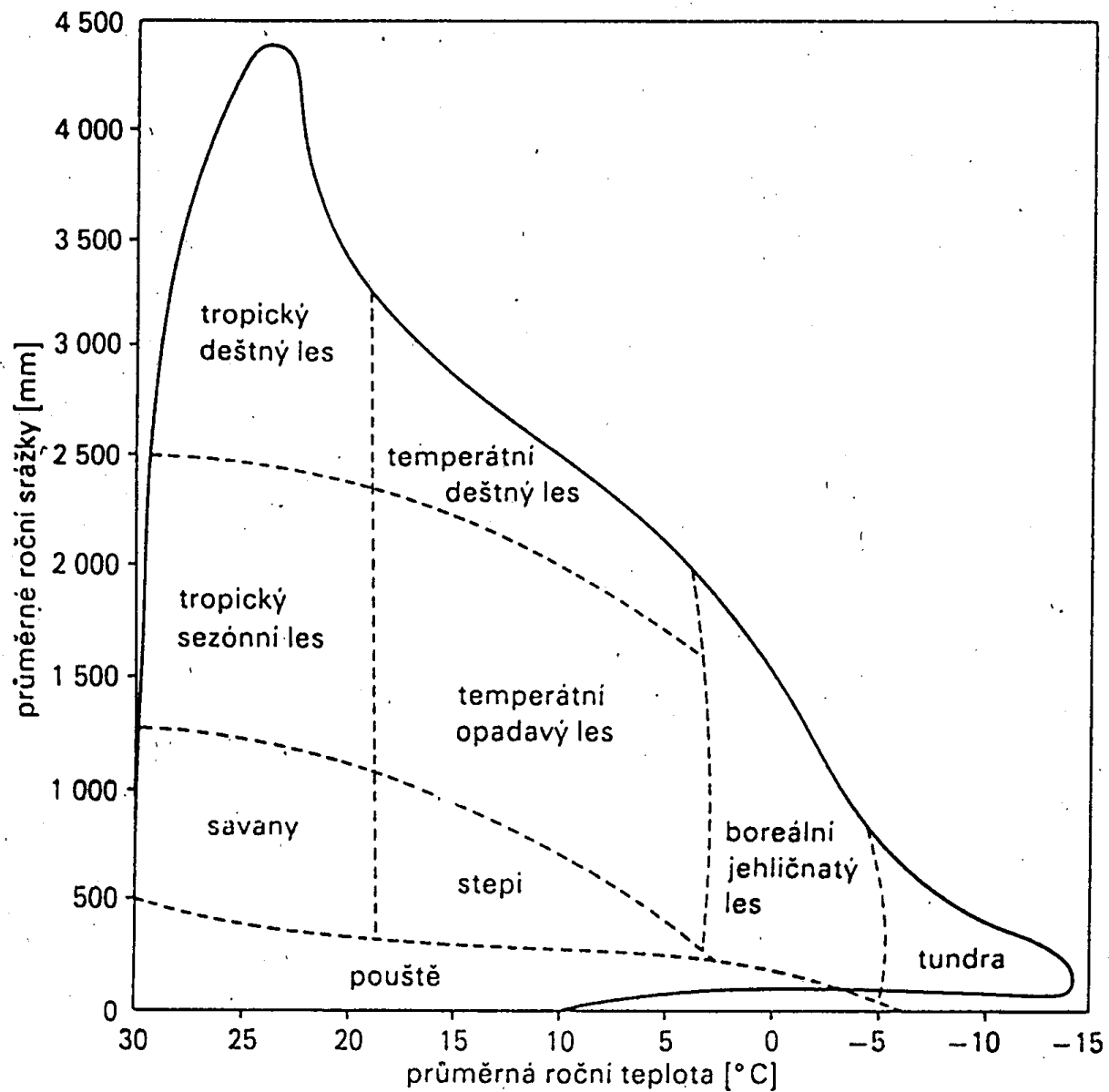
Riftia pachyptila, délka 150 cm, šířka 4 cm. U Galapážských ostrovů u vývěrů sírné vody v hloubce 2500 m

4.0A Ve středoevropské krajině se různá rostlinná společenstva vyskytují v různých nadmořských výškách. S nadmořskou výškou se totiž mění klimatické podmínky (teplota, vlhkost, intenzita záření) i charakter půdního substrátu. V nížinách rostou převážně teplomilné doubravy, okolo větších řek lužní lesy s olšemi a topoly. V pahorkatině převládají dubohabrové háje, dříve nejrozšířenější typ vegetace na našem území. Ještě výše rostou bukojedliny, které pak v horách nahrazují smrčiny. Horní hranice lesa u nás leží okolo 1200 až 1500 metrů nad mořem (podle lokálních podmínek), nad ní je možné najít už jenom vysokohorské louky. Takový obraz by samozřejmě odpovídal skutečnosti za předpokladu, že by do přirozeného vývoje společenstev nezasahoval člověk.



Charakteristiky lesních vegetačních stupňů lesů ČR

Lesní vegetační stupeň		Nadmořská výška	Průměrná teplota	Roční srážky	Vegetační doba	Rozloha
		m n. m.	°C	mm	dní	%
9	klečový	>1 350	<2,5	>1 500	<60	0,29
8	smrkový	1 050 – 1350	2,5 – 4,0	1 200 – 1 500	60 – 160	1,69
7	bukosmrkový	900 – 1 050	4,0 – 4,5	1 050 – 1 200	100 – 115	5,00
6	smrkobukový	700 – 900	4,5 – 5,5	900 – 1 050	115 – 130	11,95
5	jedlobukový	600 – 700	5,5 – 6,0	800 – 900	130 – 140	30,04
4	bukový	550 – 600	6,0 – 6,5	700 – 800	140 – 150	5,69
3	dubobukový	400 – 550	6,5 – 7,5	650 – 700	150 – 160	18,41
2	bukodubový	350 – 400	7,5 – 8,0	600 – 650	160 – 165	14,89
1	dubový	<350	>8,0	<600	>165	8,31
0	borový	-	-	-	-	3,73



122/ Rozšíření biomů v závislosti na průměrném úhrnu ročních srážek a průměrných ročních teplotách (podle WHITTAKERA 1973)

Fyziognomie porostů rostlin

- **Lesy** – tropický (vždyzelený široolistý)-subtropický (opadavý široolistý) temperátní (opadavý široolistý)-boreální (vždyzelený jehličnatý)
 - hranice lesa – podmíněna klimaticky (srážky, teplota), edaficky (zaplavení, skály), mechanicky (disturbance)
- **travné porosty** – tropické a temperátní
- **křoviny**
- **pouště**

