Jak to vidí rostliny
&
Na cestě k inteligenci

Chamovitz, D., What a Plant Knows. A Field Guide to the Senses. Scientific American/Farrar, Straus and Giroux. New York
Trewawvas, A., Aspects of Plant Intelligence. Convergence and Evolution.

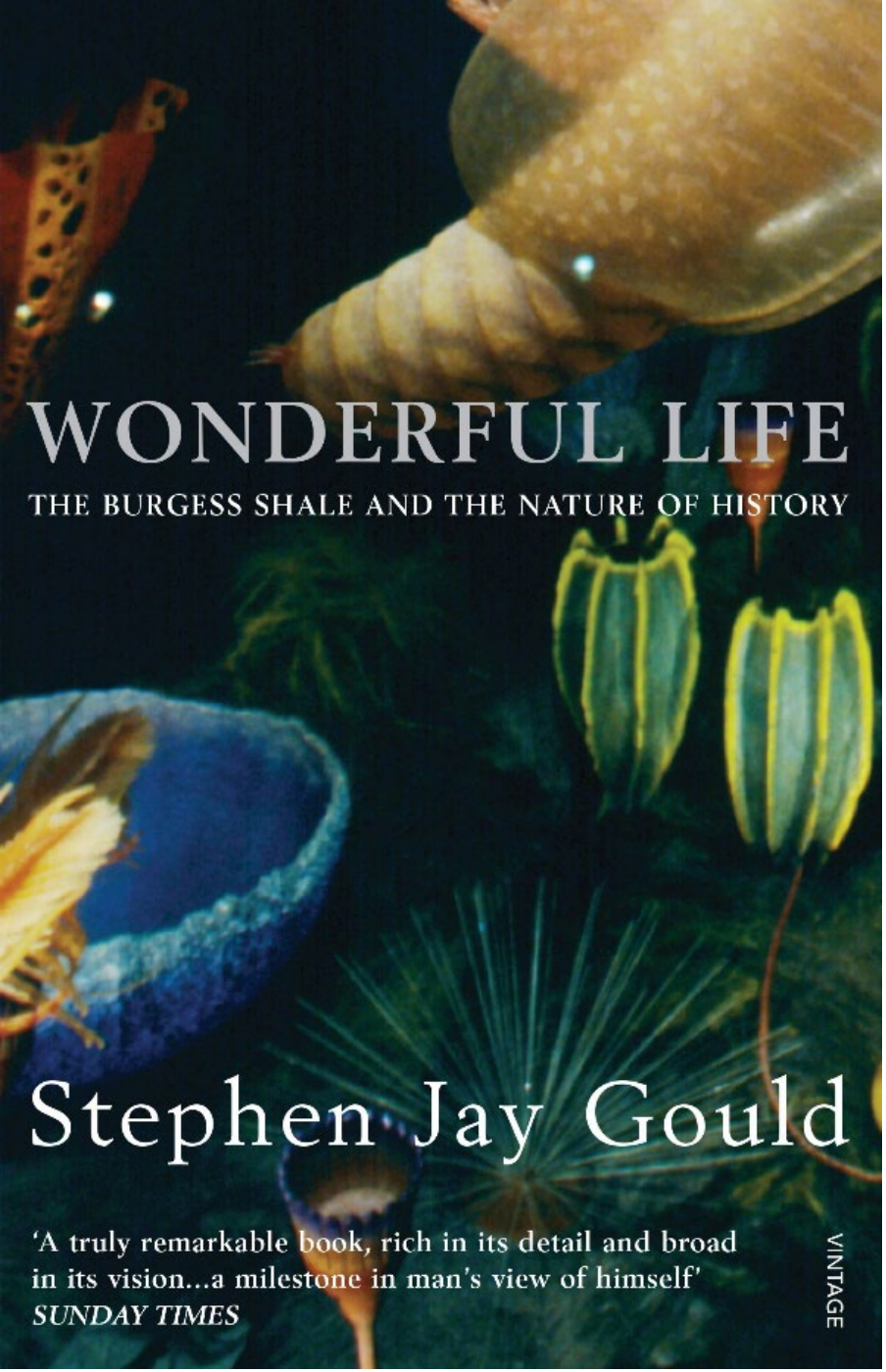
12. dubna 2024

Penzion Na srubech

Etický víkend

Hora sv. Kateřiny





Gould: přehrání pásky

Stephen Jay Gould

Replay the Tape



- S.J. Gould:
  - „rewind the tape“ – kdybychom život na Zemi přehrávali znovu a znovu, strom života by vypadal pokaždé jinak
  - „Přetoč pásku evolučních dějin na začátek a přehraj ji znovu, výsledek nebude stejný“ (Gould, 1989)

Replay the Tape



- Simon Conway Morris:
- ne tak úplně – existuje konečný počet fyzikálně přijatelných tělesných plánů organismů, ke kterým vývoj konverguje

Vývoj života mohl jít mnoha různými cestami

Burgess shale (520 - 515 mil. let)

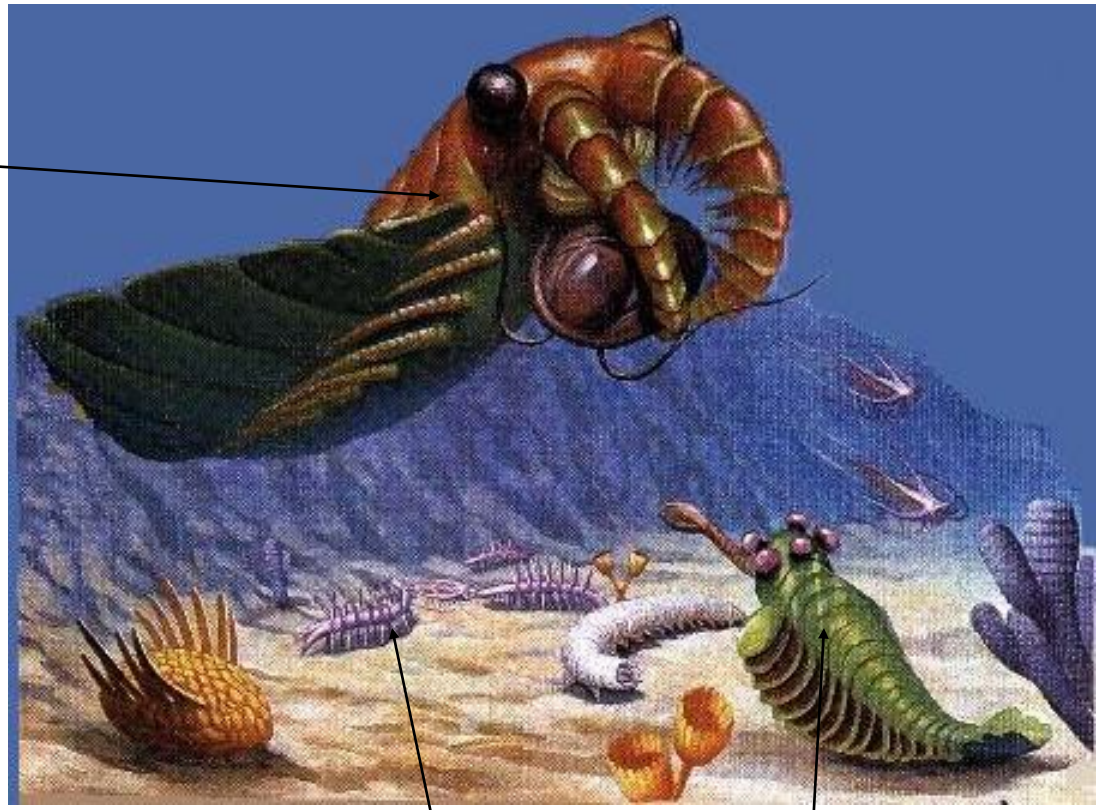
- asi 15 - 20 druhů nemůže být přiřazeno k žádné známé skupině živočichů
- asi 20 - 30 členovců nemůže být přiřazeno k žádné známé skupině Arthropod





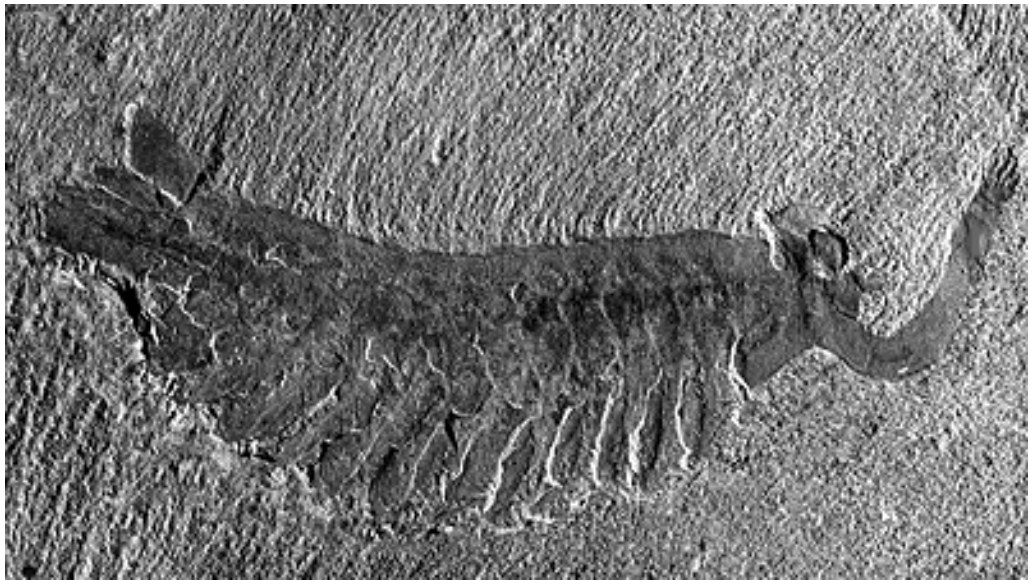
Anomalocaris canadensis

Burgess shale

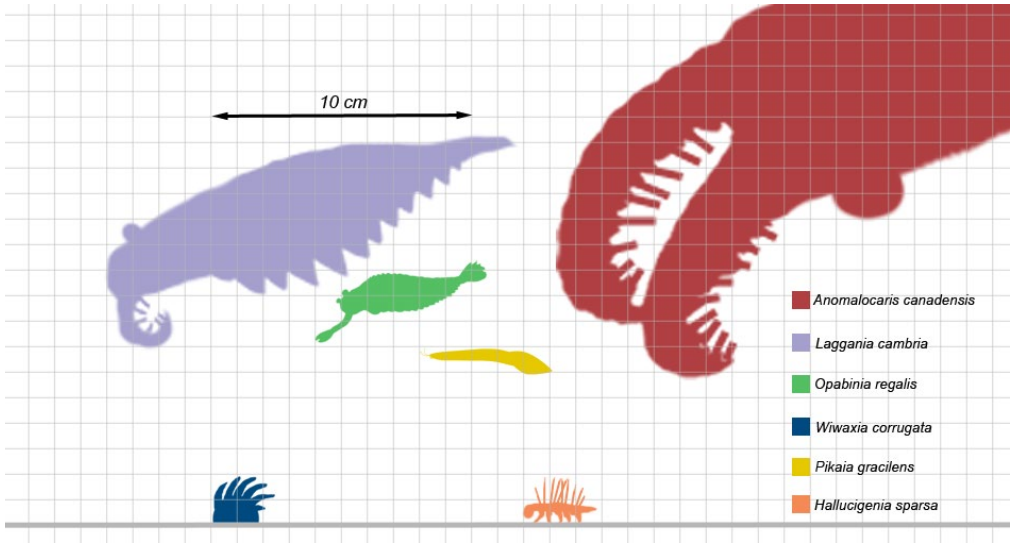




Opabinia






10 cm
Anomalocaris canadensis
Laggania cambria
Opabinia regalis
Wiwaxia corrugata
Pikaia gracilens
Hallucigenia sparsa

Zánik dinosaurů před 65 miliony lety zřejmě způsobil dopad meteoritu na Yucatánský poloostrov…





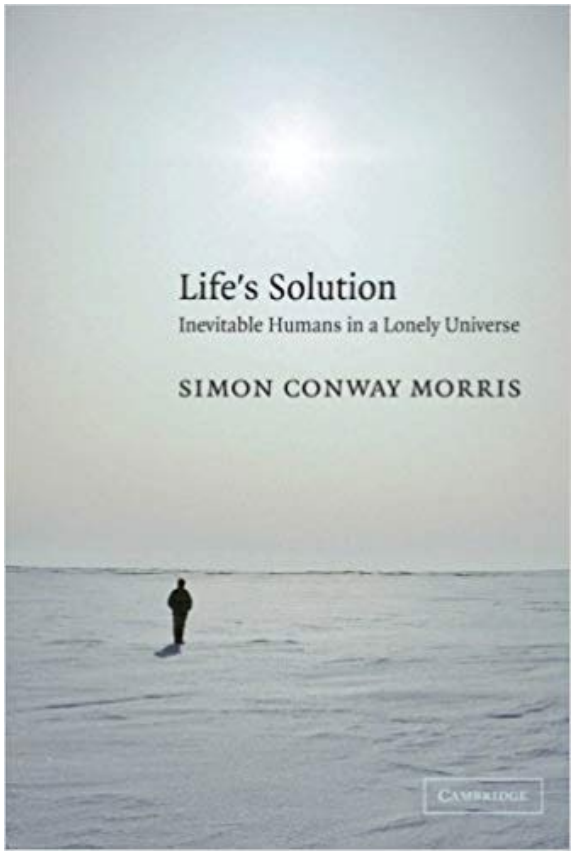
…čímž byla umožněna radiace savců

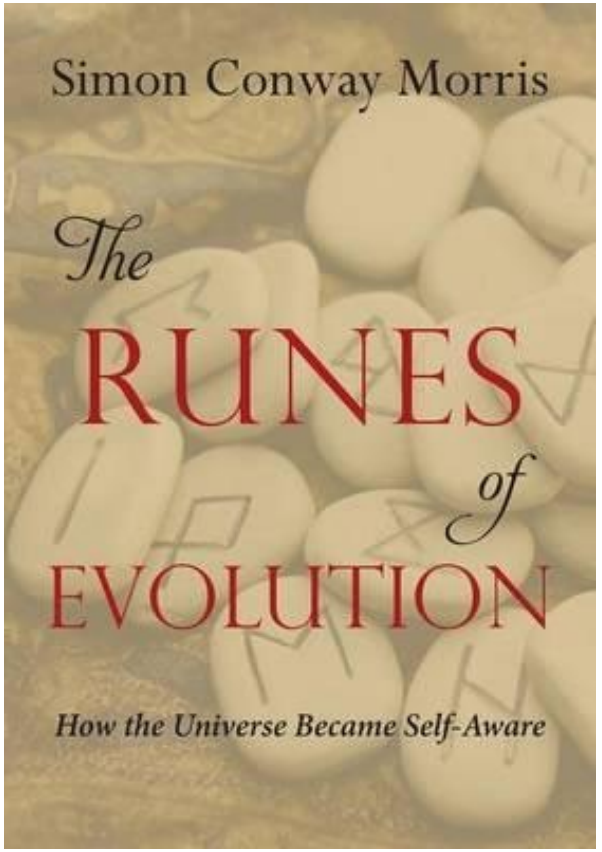
Pustil tento meteor z ruky Bůh (koncept ID), nebo Bůh použil přírodní procesy (koncept ID, věřící evolucionisté) nebo se jednalo o produkt slepé náhody (ateističtí evolucionisté)?

- Co kdyby v kambriu přežily jiné kmeny než ty, které aktuálně přežily?
- Co kdyby na konci křídy neudeřil asteroid?
  - Co kdyby měl onen asteroid poloviční hmotnost nebo dvojnásobnou hmotnost než ten, který v reálu dopadl?
  - Co kdyby udeřil o jednu hodinu dříve nebo o jednu hodinu později?

- Lenski, R.E., Chance and Necessity in Evolution. in Morris, C.S., (ed.) (2008) *The Deep Structure of Biology*. Templeton Foundation Press, West Conshohocken, Pennsylvania.

- Proces evoluce vnímáme jako náhodný – mutace, hromadná vymírání etc.
- Evoluce, tak zní naše krédo, je bez cesty a bez účelu: konec je nedeterminovaný





Simon Conway Morris

Konvergence

Evoluční omezení (constraints)

- Extrinsic constraints – jsou dané zákony fyziky a geometrie
- Intrinsic constraints – jsou dané biologií daného organismu.

- Přírodní vědy jsou zdatné v popisu a činění předpovědí týkající se světa kolem nás, ale, kupodivu, zdá se, že se tato jejich síla mizí, když se jedná o biologii.“

- Morris, C.S., Introduction. in Morris, C.S., (ed.) (2008) *The Deep Structure of Biology*. Templeton Foundation Press, West Conshohocken, Pennsylvania.

- Experimenty „mohou odhalit, co se stane stovce potkanů během deseti let za daných a jednoduchých podmínek, ale už ne, co se stane miliardě potkanů během deseti miliónů let ve stále se měnících podmínkách dějin Země.“
- Paleontologist George Gaylord Simpson

Lenski, R.E., Chance and Necessity in Evolution. in Morris, C.S., (ed.) (2008) *The Deep Structure of Biology*. Templeton Foundation Press, West Conshohocken, Pennsylvania.

Konvergence

- Pokud jsou fyzikální prostředí podobná, vzdáleně příbuzné organismy mohou nezávisle na sobě vyvinout podobné adaptace.

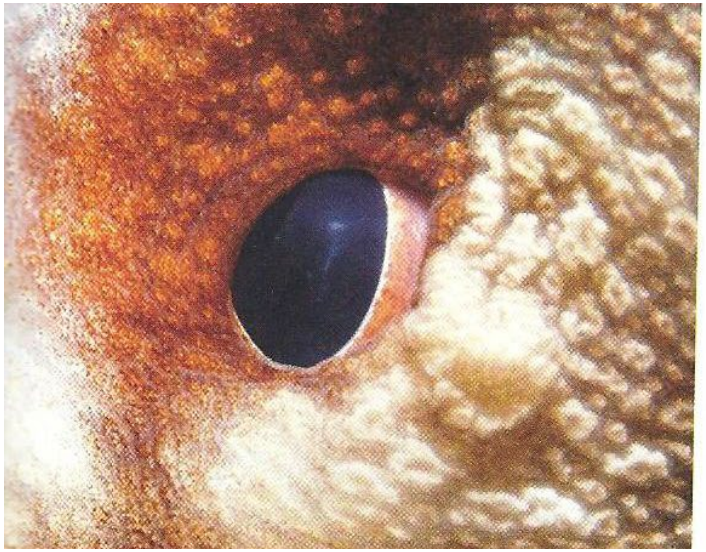
Konvergence

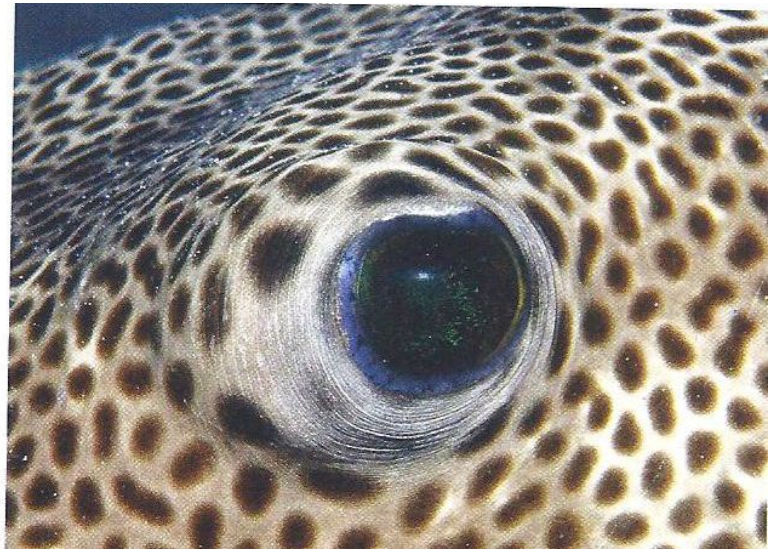
- Konvergentní evoluce se může objevit na mnoha úrovních. Uvnitř jednoho druhu může být omezena na několik znaků, nebo může v sobě zahrnout celý organismus, což má za následek konvergenci v morfologii, fyziologii a chování, tak jak se nepříbuzné formy specializují na podobné niky.
- Konvergence se může rovněž objevit na úrovni celých biot, což má za následek geograficky izolované ekologické komunity s podobnými strukturami a funkcemi.

- Lomolino, V.M., Riddle, R.B., et al. (2010) *Biogeography.* 4th ed. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, MA. p. 415

- Společný předek chobotnice a plejtváka pravděpodobně nemohl mít kamerové oko. Každá skupina se nezávisle navigovala ke stejnému evolučnímu řešení, a nejen že toto řešení funguje velmi dobře, nýbrž vzniklo přinejmenším pětkrát nezávisle na sobě, u živočichů tak odlišných jako je slimák nebo dokonce medúza.

- Morris, C.S., Introduction. in Morris, C.S., (ed.) (2008) *The Deep Structure of Biology.* Templeton Foundation Press, West Conshohocken, Pennsylvania.





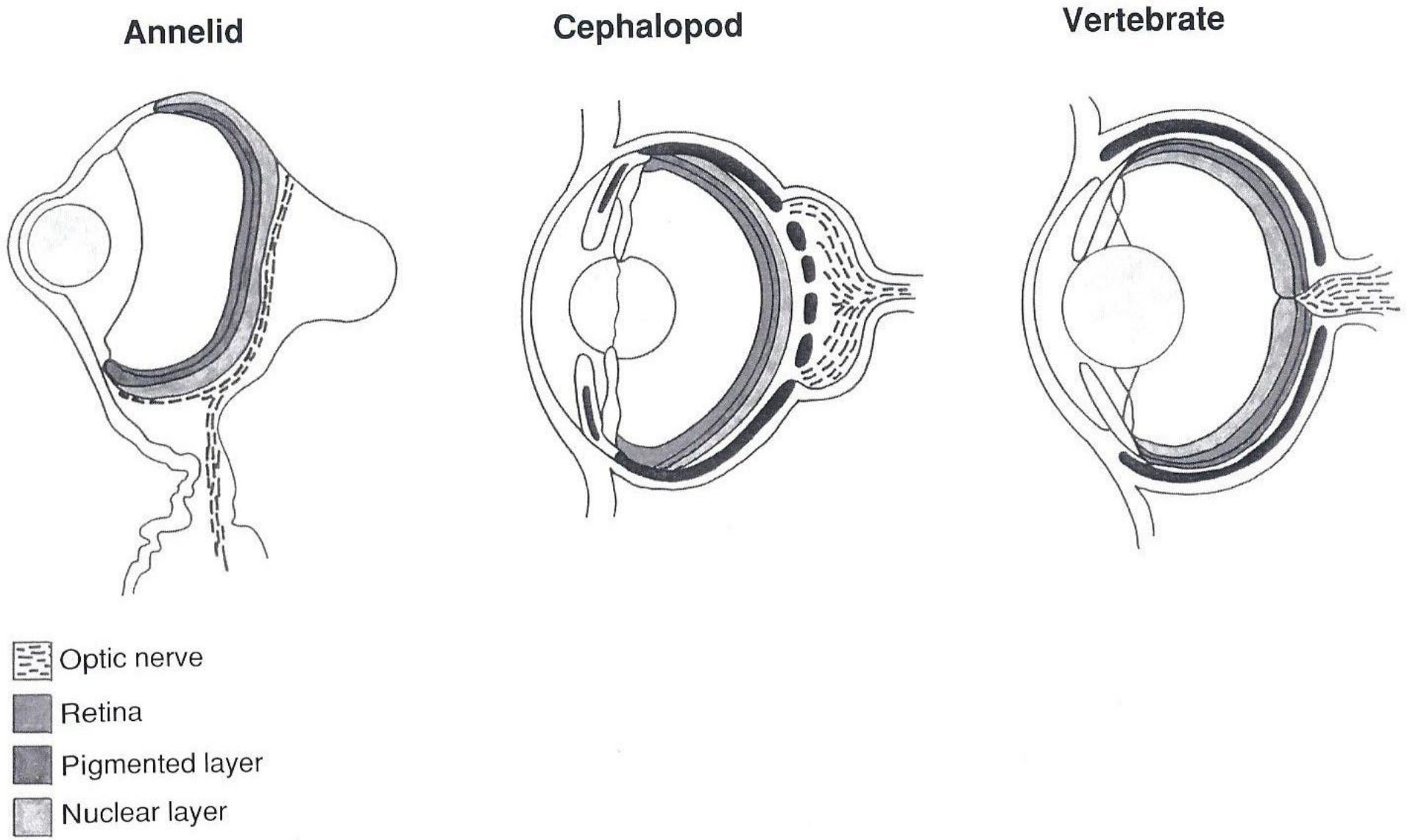


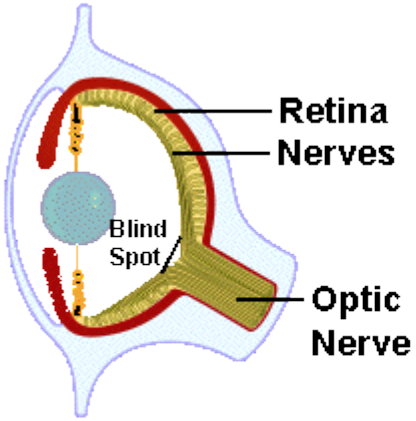
FIGURE 7.2 Convergence of the camera-eye, including the classic comparison between the octopus (cephalopod) and human (vertebrate), as well as the alciopid polychaete (annelid). (Redrawn from various sources.)

Kamerové oko

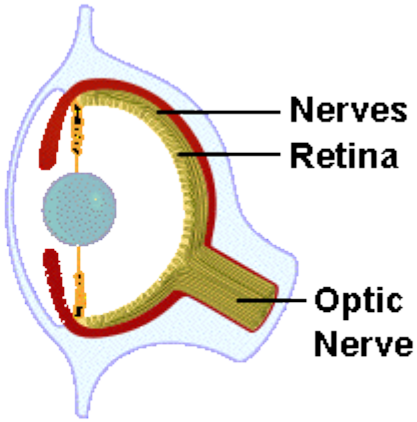
- Kamerové oko se vyvinulo nezávisle na sobě nejméně sedmkrát.
  - čočka musí být průhledná; toho je dosaženo pomocí bílkovin zvaných krystaliny
  - Jedná se o přesvědčivý příklad molekulární konvergence, takže není překvapivé, že jak chobotnice, tak obratlovci mají oba průhledné čočky a mají krystaliny, které fungují naprosto stejným způsobem
  - avšak ve skutečnosti mají krystaliny v obou skupinách zcela odlišný evoluční původ

- Conway Morris, S., (2015) *The Runes of Evolution. How the Universe Became Self-Aware.* Templeton Press.West Conshohocken. Pennsylvania. USA. str. 12

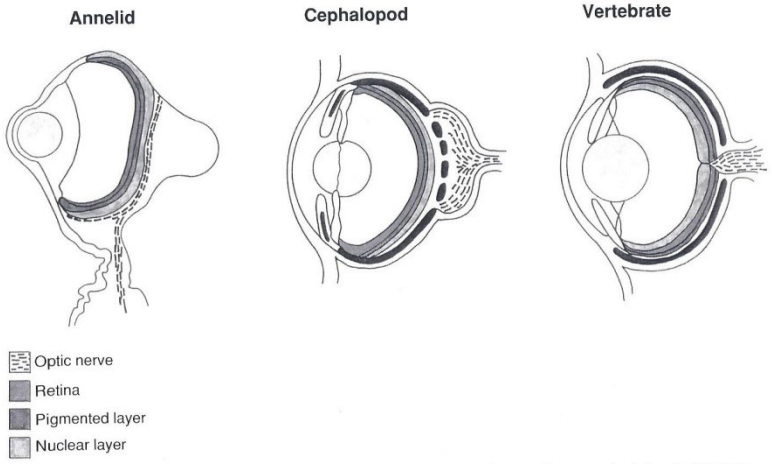
- In the mollusc the retina is derived from the outer layer (known as the ectoderm).
- In contrast, the vertebrate retina is effectively an outgrowth from the central nervous system.

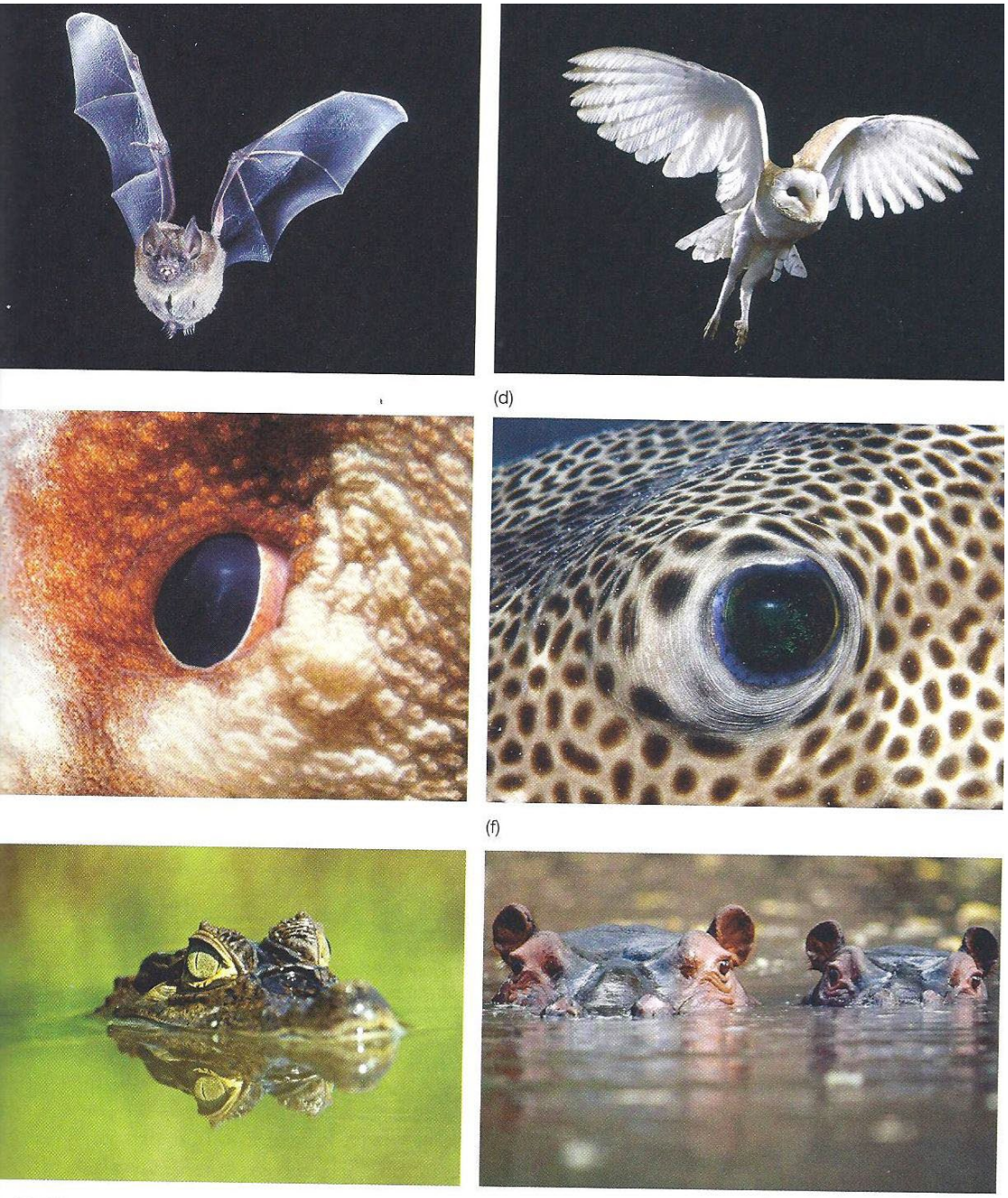


Vertebrate



Cephalopod





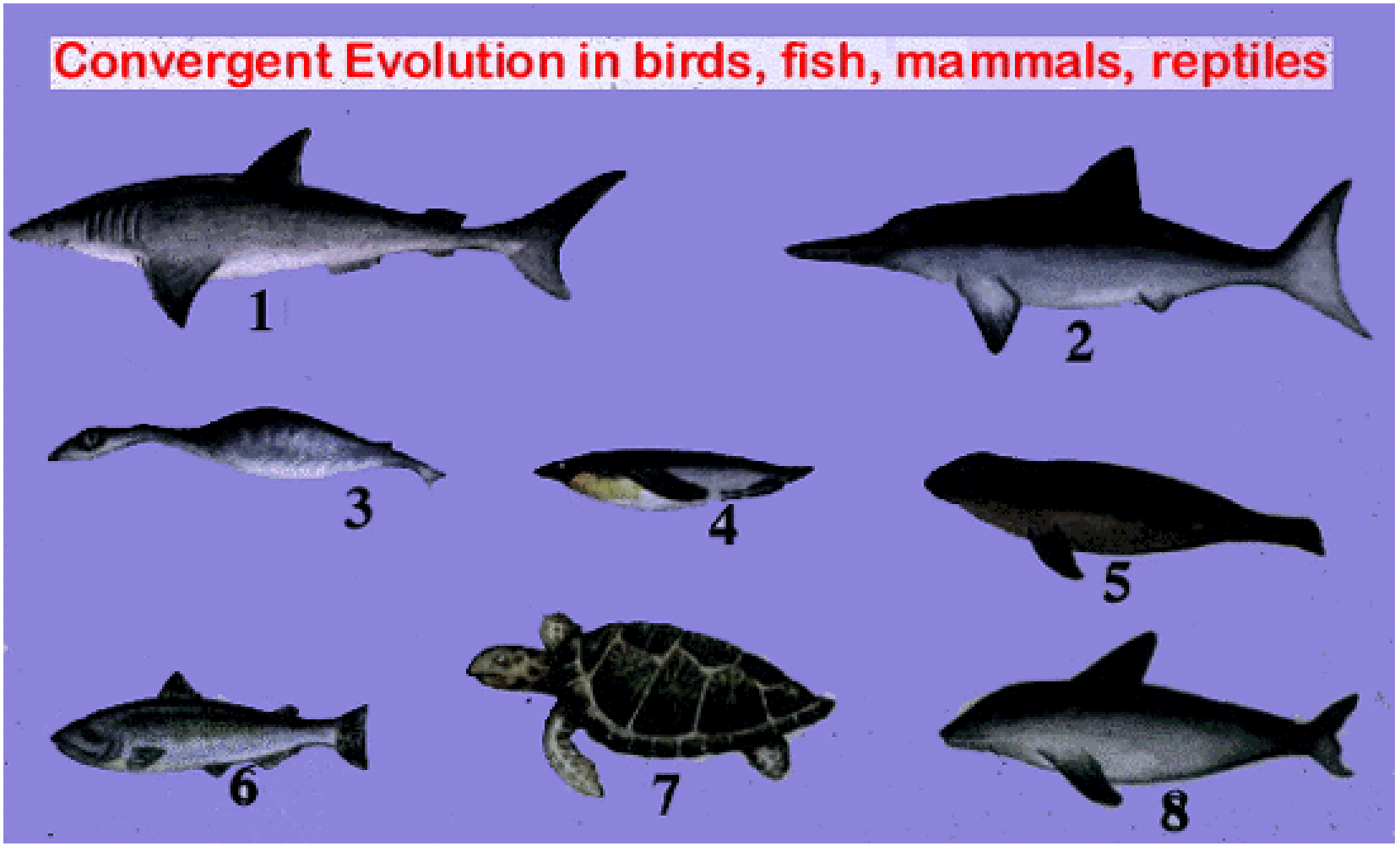
(d)

(f)

e 14.11 Convergent evolution leads to analogous traits Consider the wings of birds (a) and bats (b), eye struc- octopus (c) and fish (d), and the placement of eyes in crocodiles (e) and hippos (f). In each case, the similarity in the due to convergent evolution, not descent from a common ancestor.

Analogické znaky

Konvergentní evoluce vede a analogickým strukturám

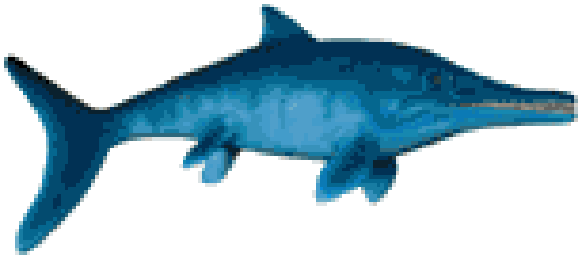


shark



fish

ichthyosaur



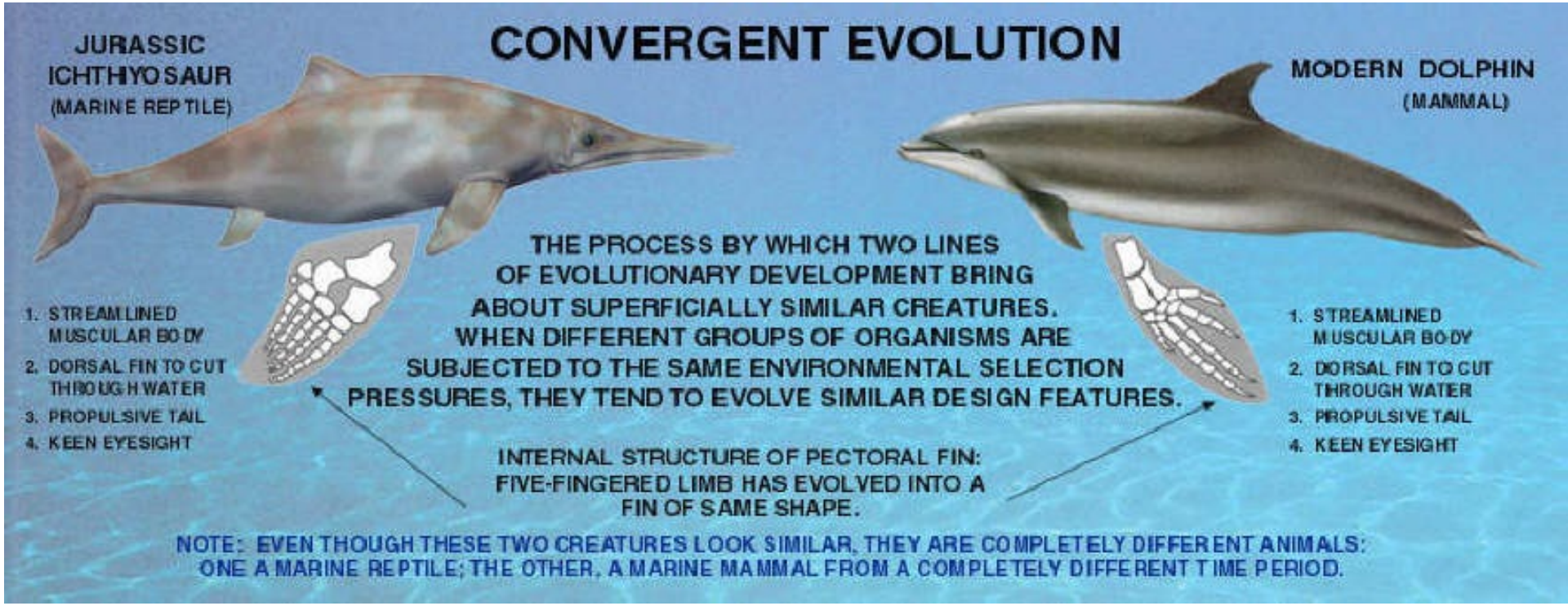
reptile

dolphin



mammal

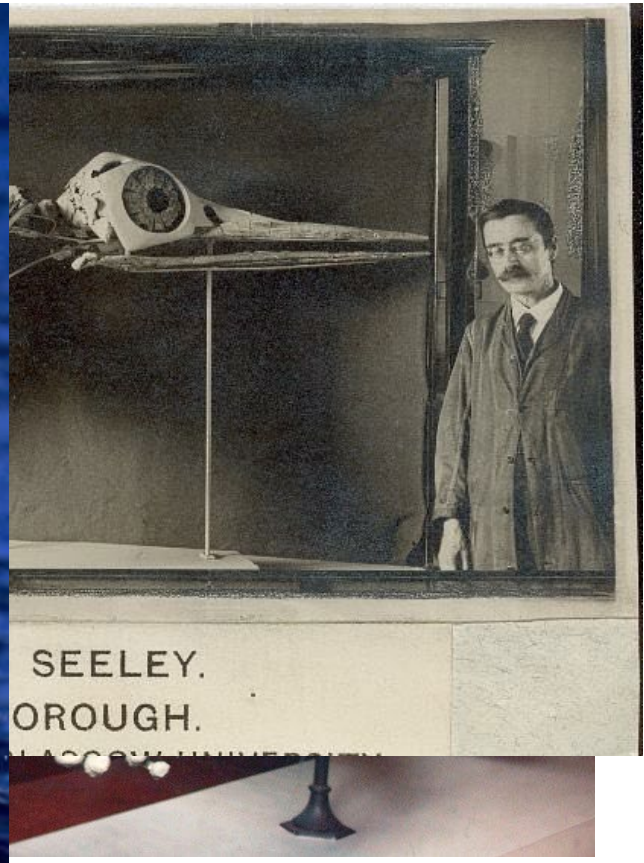
CONVERGENT EVOLUTION



NOTE: EVEN THOUGH THESE TWO CREATURES LOOK SIMILAR, THEY ARE COMPLETELY DIFFERENT ANIMALS: ONE A MARINE REPTILE; THE OTHER, A MARINE MAMMAL FROM A COMPLETELY DIFFERENT TIME PERIOD.

Ophtalmosaurus





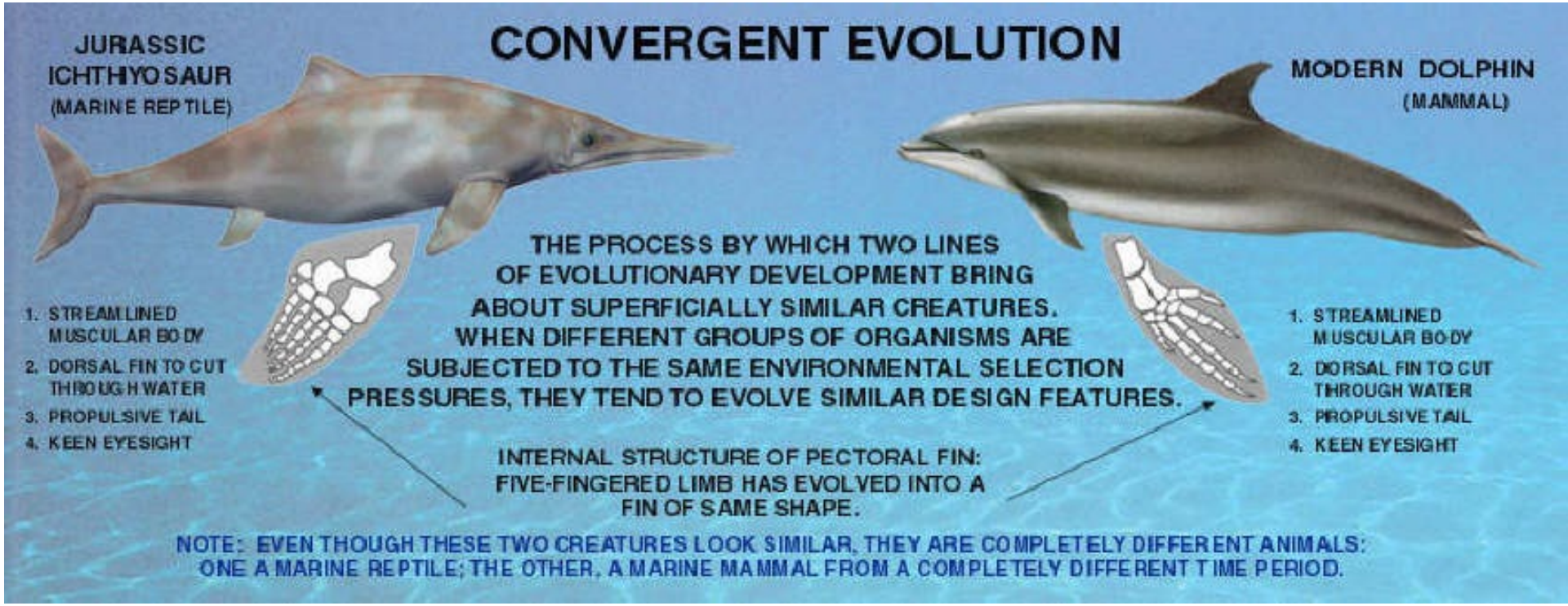
Ophtalmosaurus patří mezi vodní ichthyosaury. Střední až pozdní Jura (165-145 mil. let). Rodil živá mláďata. Zřejmě dobře viděl i v noci. Dorůstal až 6 m.

Mosasaurus



Moře pozdní křídy, 70–65 miliony let, na území dnešní Západní Evropy.

CONVERGENT EVOLUTION



NOTE: EVEN THOUGH THESE TWO CREATURES LOOK SIMILAR, THEY ARE COMPLETELY DIFFERENT ANIMALS: ONE A MARINE REPTILE; THE OTHER, A MARINE MAMMAL FROM A COMPLETELY DIFFERENT TIME PERIOD.


ARKive
www.arkive.org
Titanus giganteus
© A. Hartl / StillPictures.com


ARKive
www.arkive.org
Scolopendra gigantea
© Robert Pickett / papiliophotos.com


ARKive
www.arkive.org
Alces alces
© Staffan Widstrand / naturepl.com


Alligator mississippiensis

Mullerovské mimkry



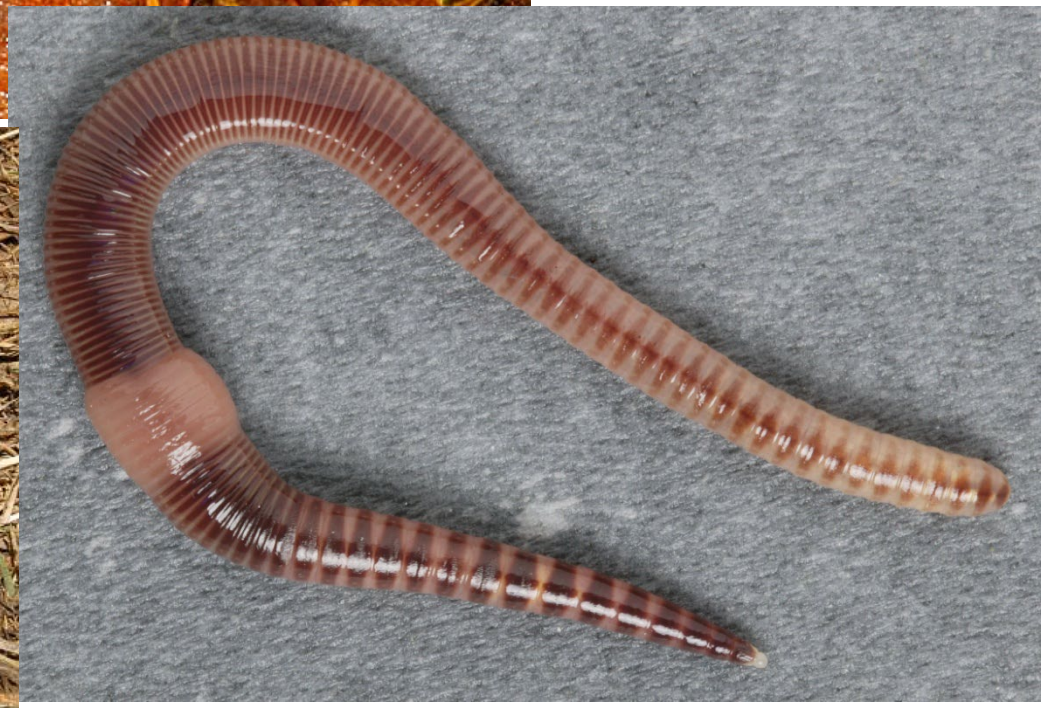
Některé zeměpisné formy Heliconius erato (horní řada) a H. melpomene (spodní řada)



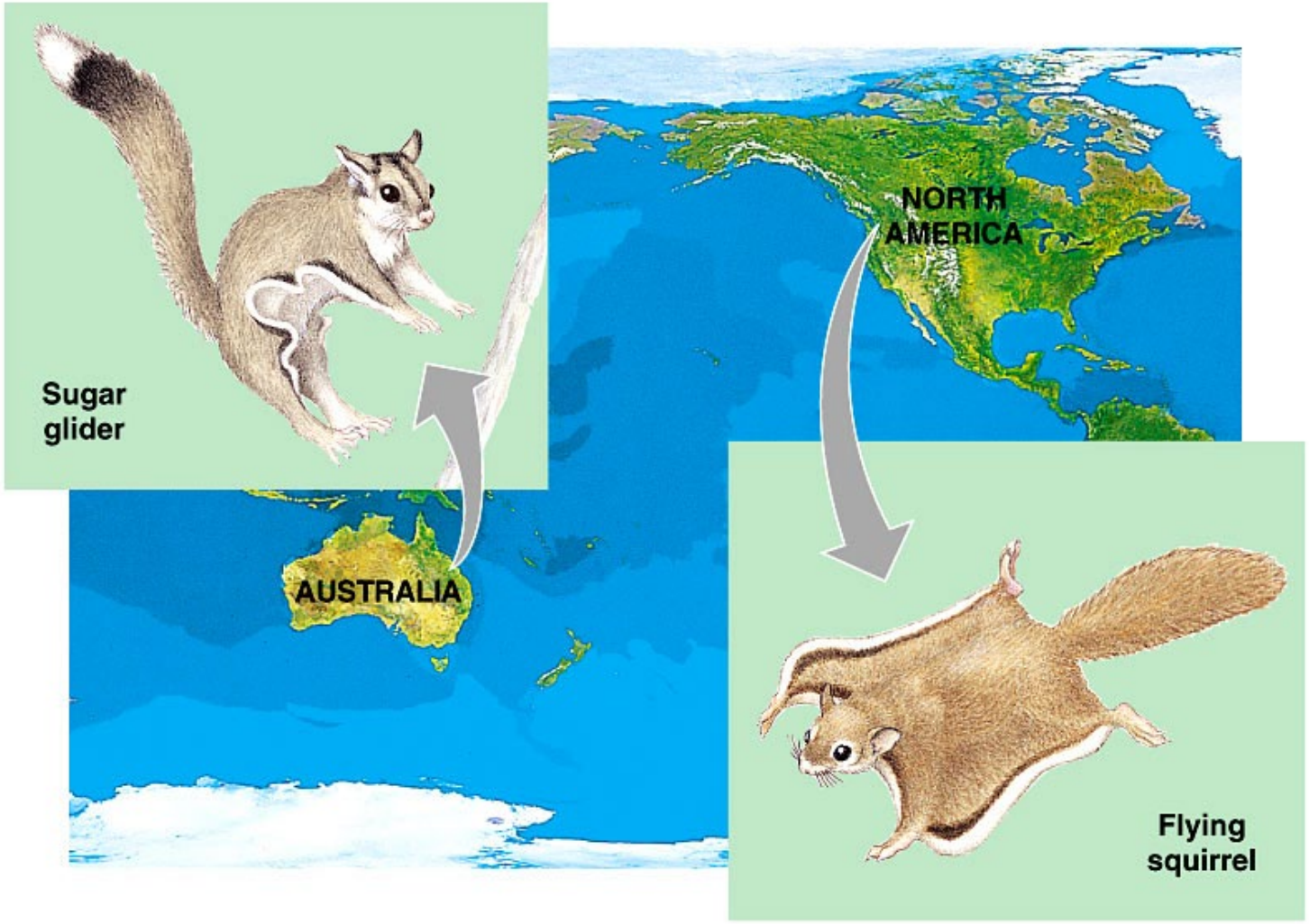
Campo de los Alisos
Argentina 2009







Konvergentní evoluce vede a analogickým strukturám



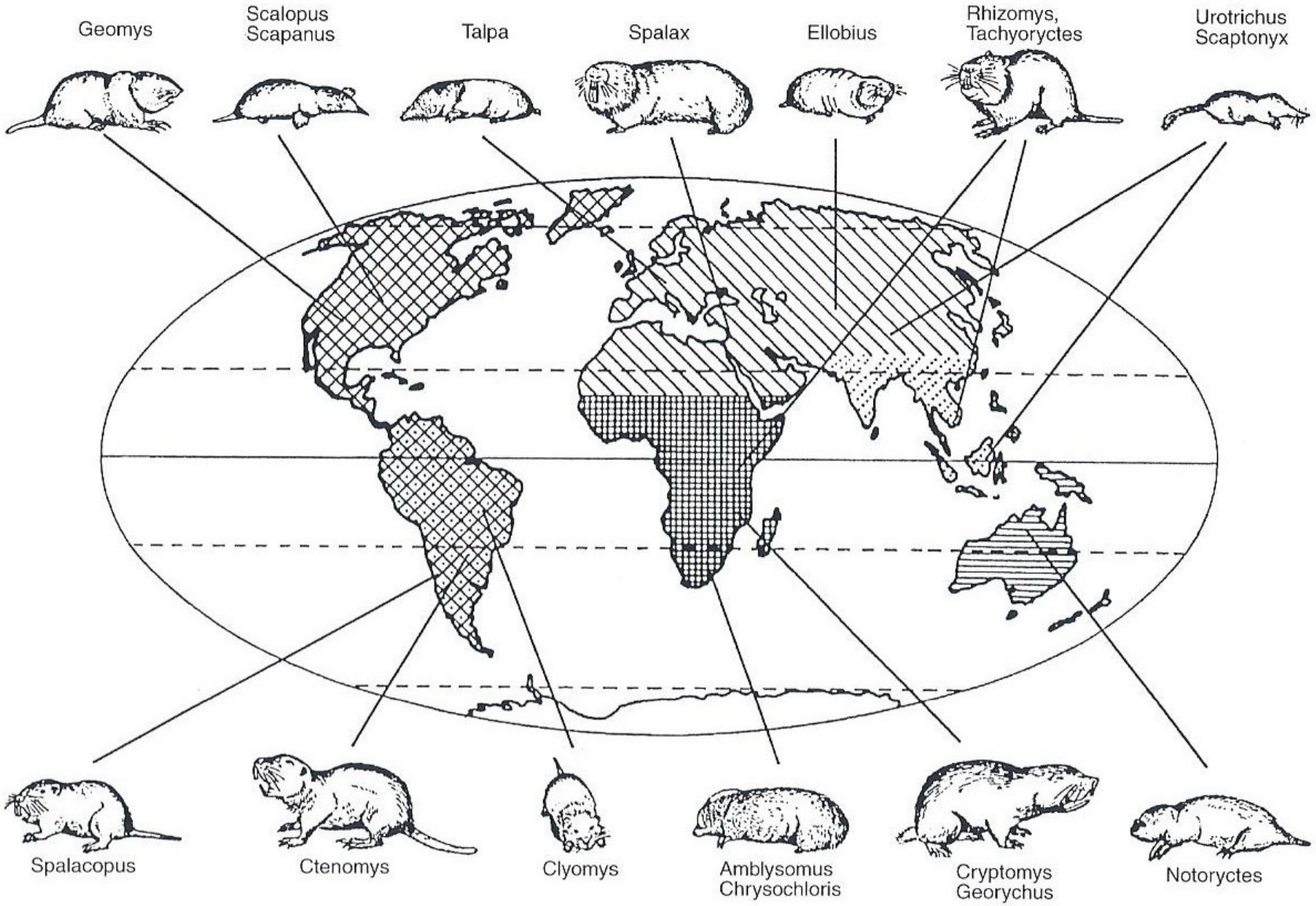


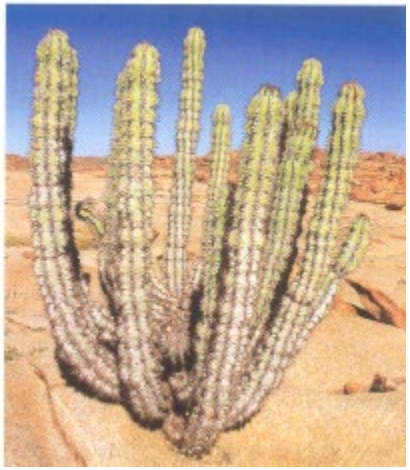
FIGURE 6.8 Convergent evolution in the burrowing (fossorial) mammals, including the familiar mole (*Talpa*), mole-rat (*Spalax*), and marsupial mole (*Notoryctes*). (Reproduced from fig. 1 of E. Nevo (1995) Mammalian evolution underground. The ecological–genetic–phenetic interfaces, *Acta Theriologica*, Supplement 3 (Ecological genetics in mammals II, eds. G. B. Hartl and J. Markowski), pp. 9–31, with permission of author and *Acta Theriologica*.)

Konvergentní evoluce

A B C







A. Kaktus Lophocereus schottii (Cactaceae), Severní Amerika
B. rod Stapelia (Apocynaceae), jižní Afrika, východní Indie
C. Euphorbia (Euphorbiaceae), poušť v Namibii, Afrika



Macroglossum stellatarum (Dlouhozobka svízelová)



Argentina 2018, Iberá

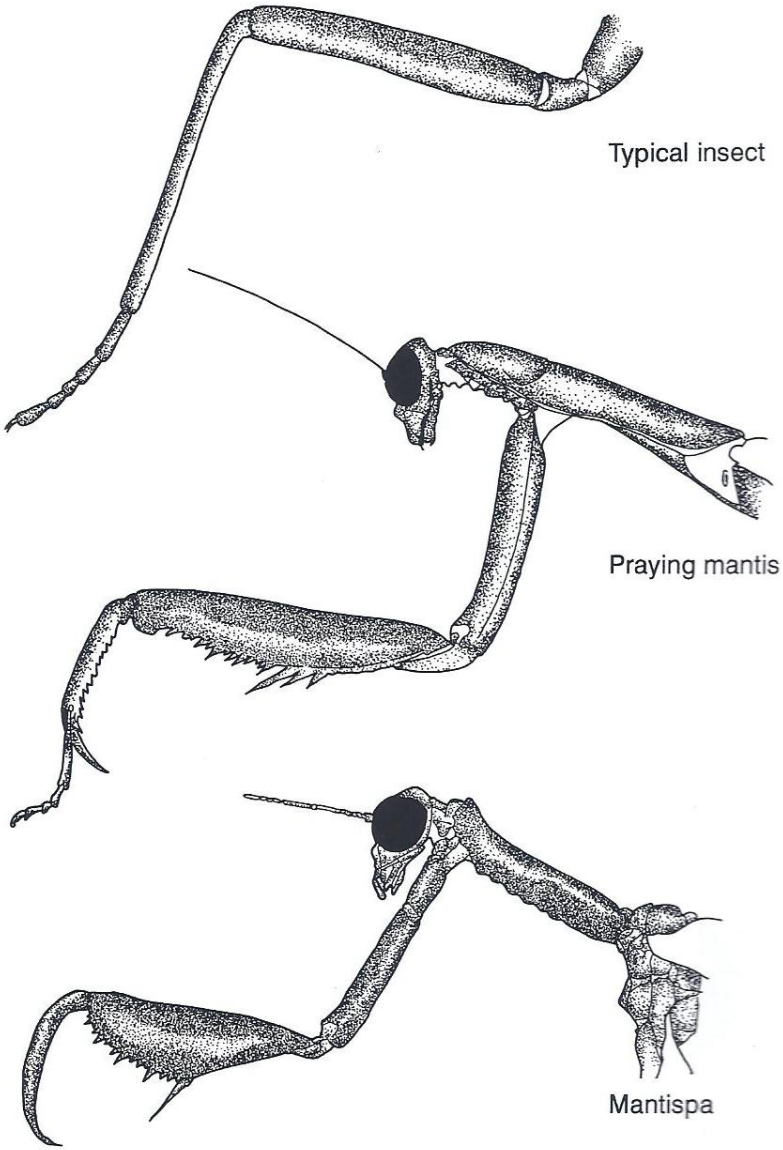


FIGURE 6.4 A remarkable case of convergent evolution, between the raptorial fore-limb of the praying mantis and the neuropteran *Mantispa*, both arriving at the same solution independently from the generalized insect leg. (Redrawn from figs. 1–3 of Ulrich (1965; citation is in note 112) with the permission of the author, *Natur und Museum* and Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft.)



Mantispa styriaca (Neuroptera)
Mantis religiosa (Mantodea)





Thylacosmilus atrox, American Museum of Natural History, 4 million years ago, a saber-toothed marsupial meat eater from South America.



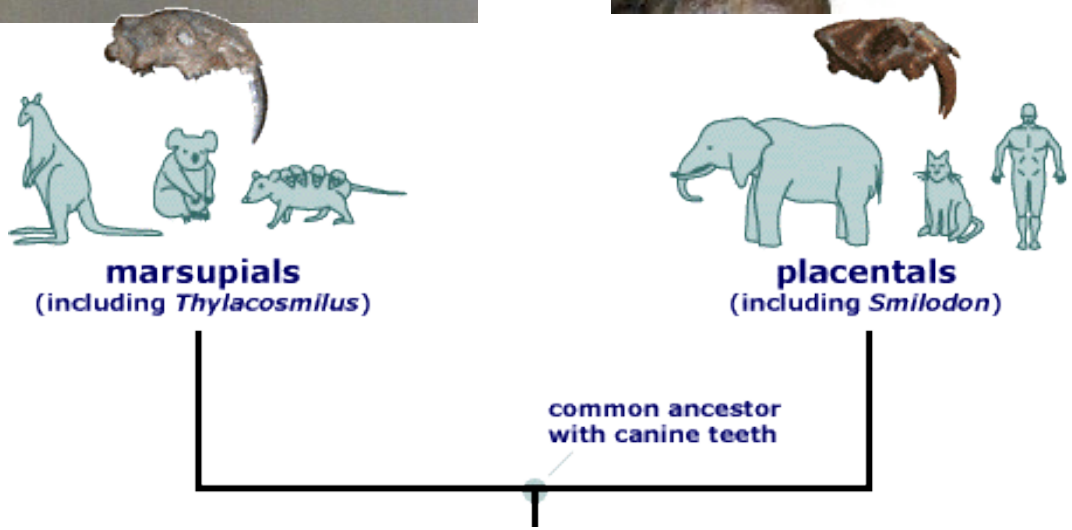
Close up view of a saber tooth cat head Smilodon

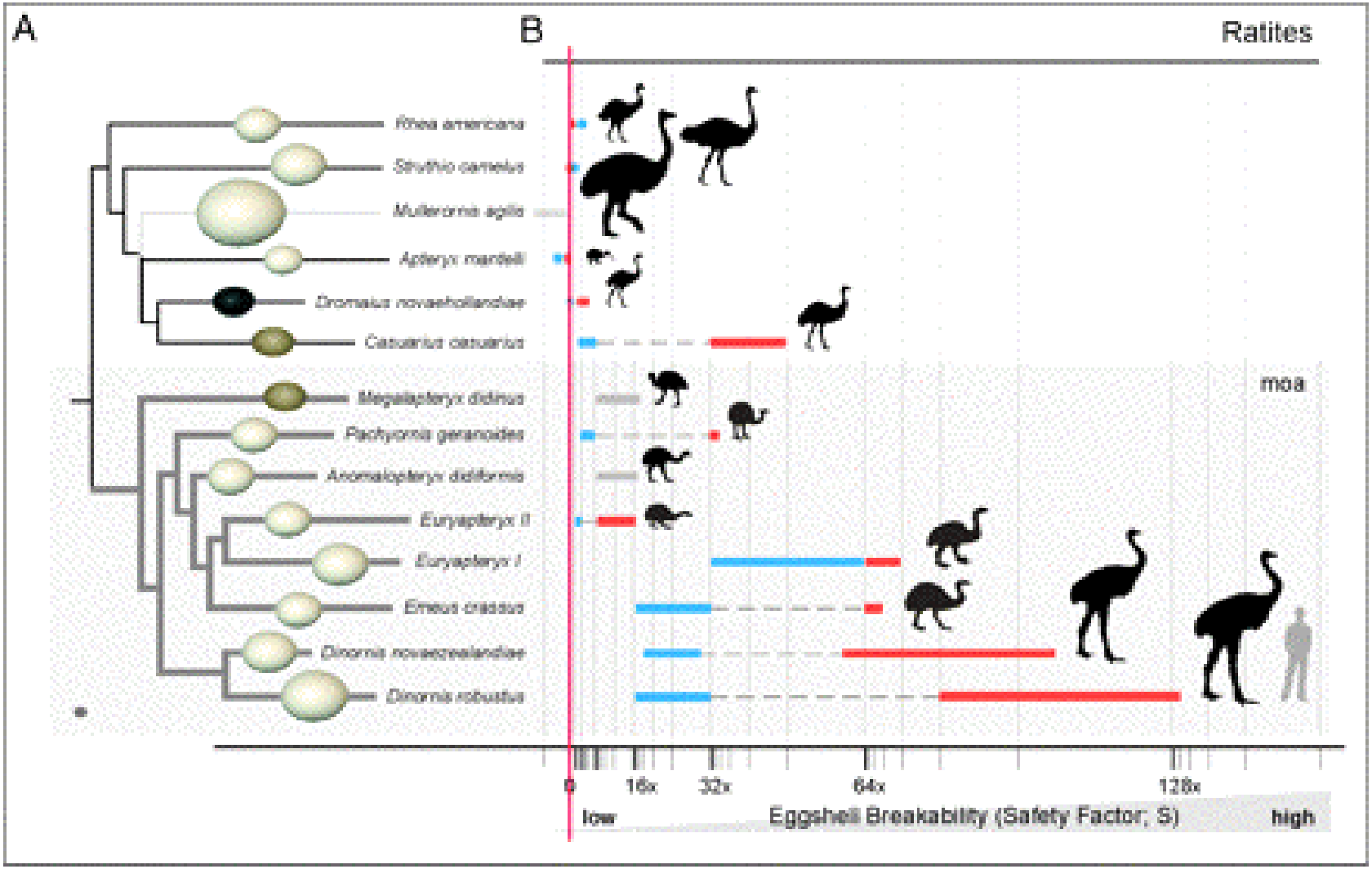


Thylacosmilus atrox, a saber-toothed marsupial meat eater from South America



Close up of a saber tooth ca
Smilodon




A
B
Ratites
Rhea americana
Struthio camelus
Mullerornis agilis
Apteryx mantelli
Dromaius novaehollandiae
Casuarius casuarius
Megalapteryx didinus
Pachyornis geranoides
Anomalopteryx didiformis
Euryapteryx II
Euryapteryx I
Emeus crassus
Dinornis novaezealandiae
Dinornis robustus
moa
0
16x
32x
64x
128x
low
Eggshell Breakability (Safety Factor; S)
high

Švábí mléko

Diploptera punctata

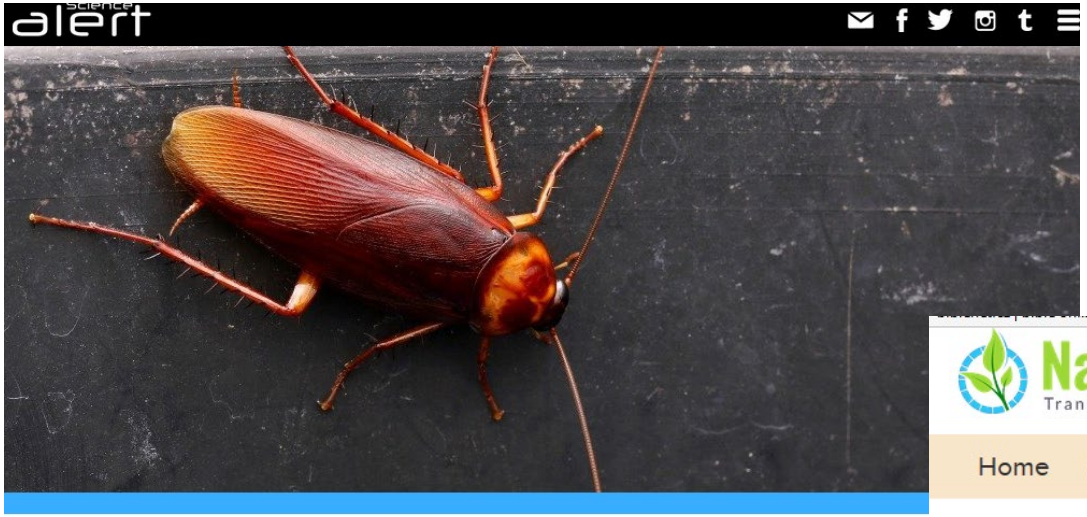


- Na rozdíl od jiných druhů hmyzu rodí tento šváb pocházející z Havaje živá mláďata. Krmí je matným, žlutým, tekutým "mlékem" ze svého snůškového vaku (brrod sack).
  - Švábí mléko patří mezi nejvýživnější látky na Zemi.
  - Je třikrát bohatší na kalorie než mléko od buvola domácího (což je mléko s vysokým obsahem bílkovin a kalorií).

Cockroach Milk

Diploptera punctata





Scientists think cockroach milk could be the superfood of the future

Move over kale.

JACINTA BOWLER 25 JUL 2016

An international team of scientists has just sequenced a protein crystal located in the midgut of cockroaches. The reason?

It's more than four times as nutritious as cow's milk and, the researchers think it could be the key to feeding our growing population in the future.

Natural Society

Transform your health naturally

Weight Loss | Cold & Flu | GM

Home | News | Newsletter | About Natural Society | Contact | Shop

Could Cockroach Milk Be The Next Superfood?

But it would probably have to be bioengineered

Print



- Jiným tématem konvergence jsou sukulenty s věncem tuhých, zašpičatělých listů: agáve v severní Americe, pozemní bromélie v jižní Americe a aloe v Africe (každá reprezentuje jinou čeleď).
- Tyto pouštní sukulenty také všechny sdílejí speciální formu fotosyntézy, CAM.
- Mělo by ale být zdůrazněno, že tyto konvergentní rostliny nejsou úplně stejné ve všech svých znacích.
  - často se zřetelně liší v reprodukční biologii, mají odlišné tvary a funkce květů, plodů a semen, které odrážejí odlišné způsoby opylení a rozšiřování semen.

- Lomolino, V.M., Riddle, R.B., et al. (2010) *Biogeography.* 4th ed. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, MA. p. 416

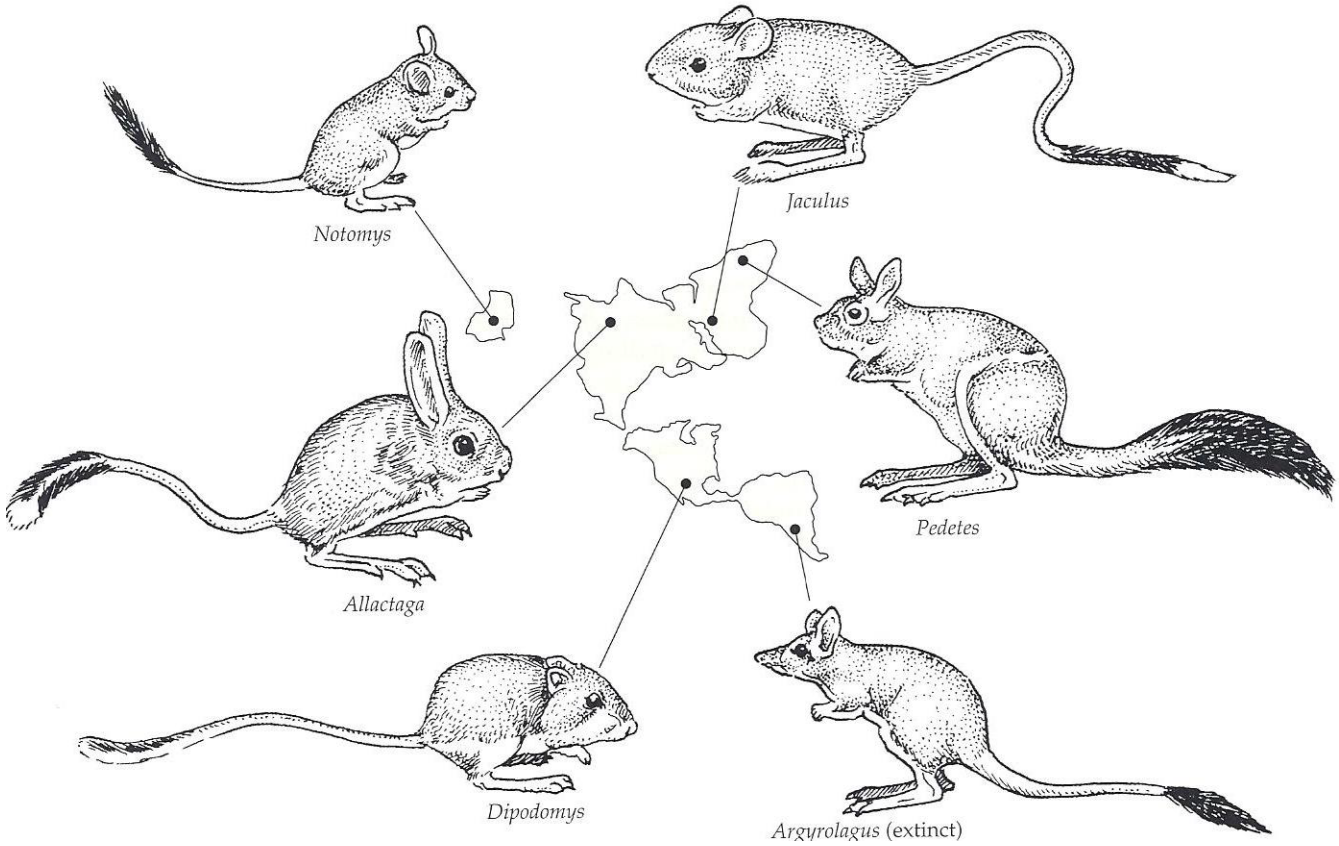
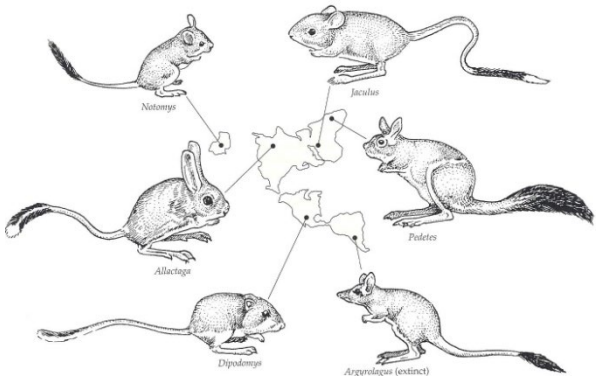


FIGURE 10.37 Apparent convergence, at least in morphology, of five genera of rodents and one extinct marsupial from deserts throughout the world. All of the rodents are derived from unspecialized mouselike ancestors, and have independently evolved long hind limbs, short forelimbs, long tufted tails, light brown dorsal and white ventral pelage, and bipedal hopping locomotion. Some of them share other morphological, physiological, and behavioral characteristics, but some of them also differ conspicuously in body mass, ear length, diet, and other characteristics. (After Mares 1993a.)

- nejkřiklavější případ konvergence je zřejmě nezávislá evoluce forem mající
  - prodloužené zadní končetiny
  - dlouhé, střapaté ocasy
  - pohyb pomocí skákavých zadních končetin
- u různých čeledí na několika kontinentech.



- Lomolino, V.M., Riddle, R.B., et al. (2010) *Biogeography.* 4th ed. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, MA. p. 417

- mnozí z těchto hlodavců mají rovněž společné další adaptace, mezi něž patří
  - světlou srst v barvě okolí za účelem ochranného zbarvení
  - zvětšené velké ušní boltce
  - krátké přední končetiny s dlouhými drápy

- „Antilopa“ pronghorn z plání severní Ameriky je jediným reprezentantem endemické čeledi Antilocapridae, které je ve své morfologii a chování konvergentní k pravým antilopám (čeldi Bovidae) z afrických stepí.
- několik druhů tukanů (čeleď Ramphastidae) z tropů Nového světa jsou vzhledově podobní zoborožcům (čeleď Bucerotidae) ze Starého světa.



Antilocapra americana
Vidloroh americký, USA

Antidorcas marsupialis
Antilopa skákavá, Namibie





Ramphastos toco, Iguazú, 2009



Zoborožec vrásčitý,
Aceros corrugatus
Thajsko, Malajsie

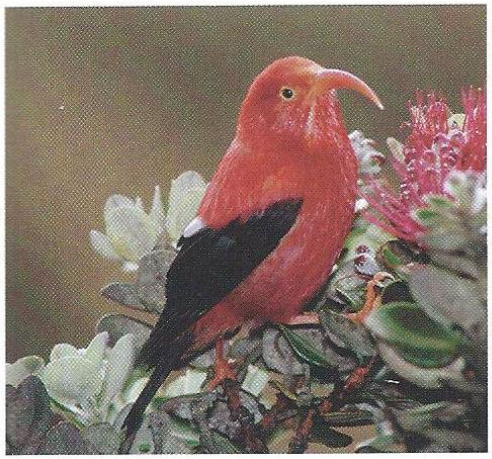
(A)



(C)



(B)



(D)



Figure 3.8 Four bird groups in which similar bill shape has evolved independently as an adaptation for feeding on nectar. (A) A South American honeycreeper, family Thraupidae (*Cyanerpes caeruleus*). (B) *Iiwi vestiaria coccinea*, one of the many Hawaiian honeycreepers, family Fringillidae. The Hawaiian honeycreepers are a well-studied example of adaptive radiation. (C) Hummingbirds, family Trochilidae. This violet sabrewing is from Costa Rica. (*Campylopterus hemileucurus*). (D) Sunbirds, family Nectariniidae. The red-chested sunbird (*Nectarinia pulchella*) is native to the Great Lakes region of Africa. (A, photo © fotolincs/Alamy Images; B, Photo Resource Hawaii/Alamy Images; C, Anthony Mercieca/Photo Researchers, Inc.; D, Photo Resource Hawaii/Alamy Images.)

Čtyři skupiny ptáků, u kterých se vyvinul stejný tvar zobáků jako zařízení na konzumaci nektaru.

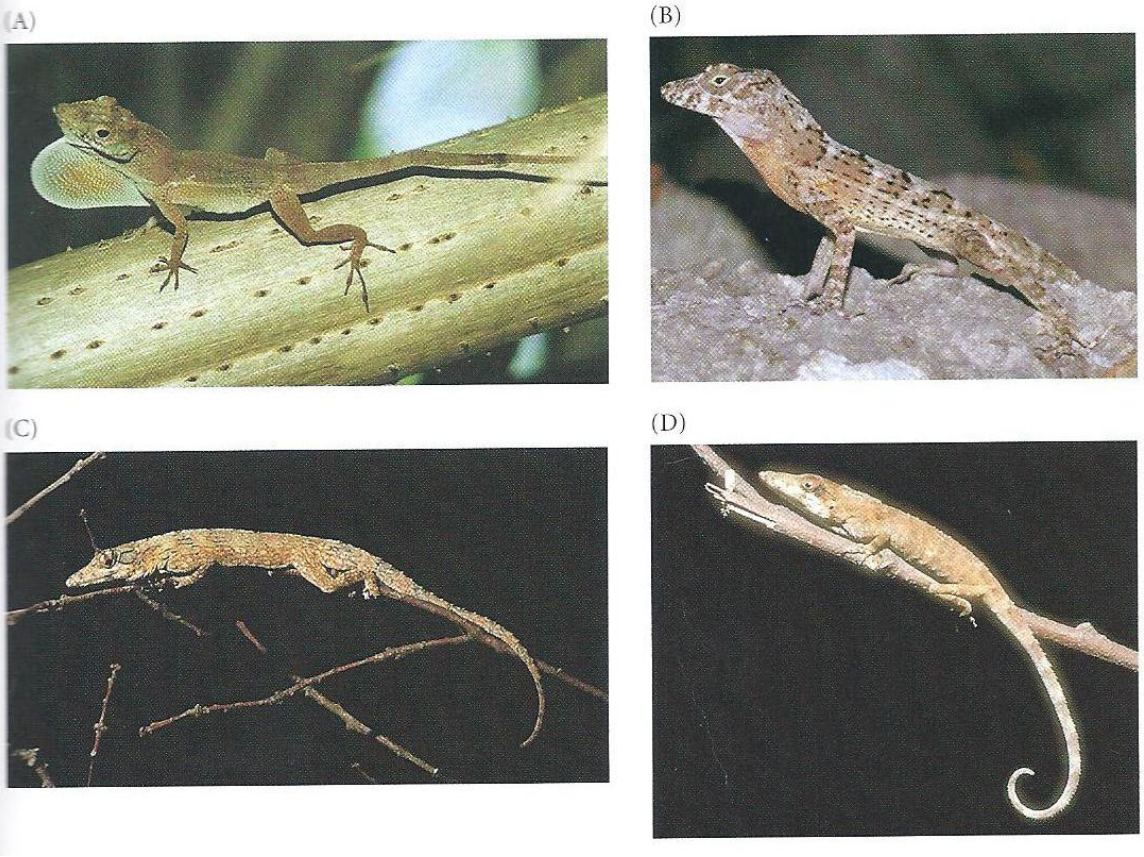


Figure 6.21 Convergent morphologies, or "ecomorphs," of *Anolis* lizards in the West Indies. (A) *Anolis lineatopus* from Jamaica. (B) *A. strahmi* from Hispaniola. Both species have independently evolved the stout head and body, long hind legs, and short tail associated with living on lower tree trunks and on the ground. (C) *Anolis valencienni* from Jamaica. (D) *A. insolitus* from Hispaniola. Both are twig-living anoles that have convergently evolved a more slender head and body, shorter legs, and long tail. (Photographs by K. DeQueiroz and R. Glor, courtesy of J. Losos.)

Konvergentní morfologie, neboli „ekomorphy" anolisů ze Západní Indie.
(A) Anolis lineatopus z Jamajky, (B) A. strahmi z Hispanioly. Oba druhy nezávisle na sobě vyvinuly silnou hlavu a tělo, dlouhé zadní nohy a krátký ocas, což souvisí s životem na zemi a nízko na kmenech stromů. (C)Anolis valencienni z Jamajky. (D) A. insolitus z Hispanioly. Oba žijí na tenkých větévkách a vyvinuli knvergentně štíhlejší hlavu a tělo, kratší nohy a delší ocas.

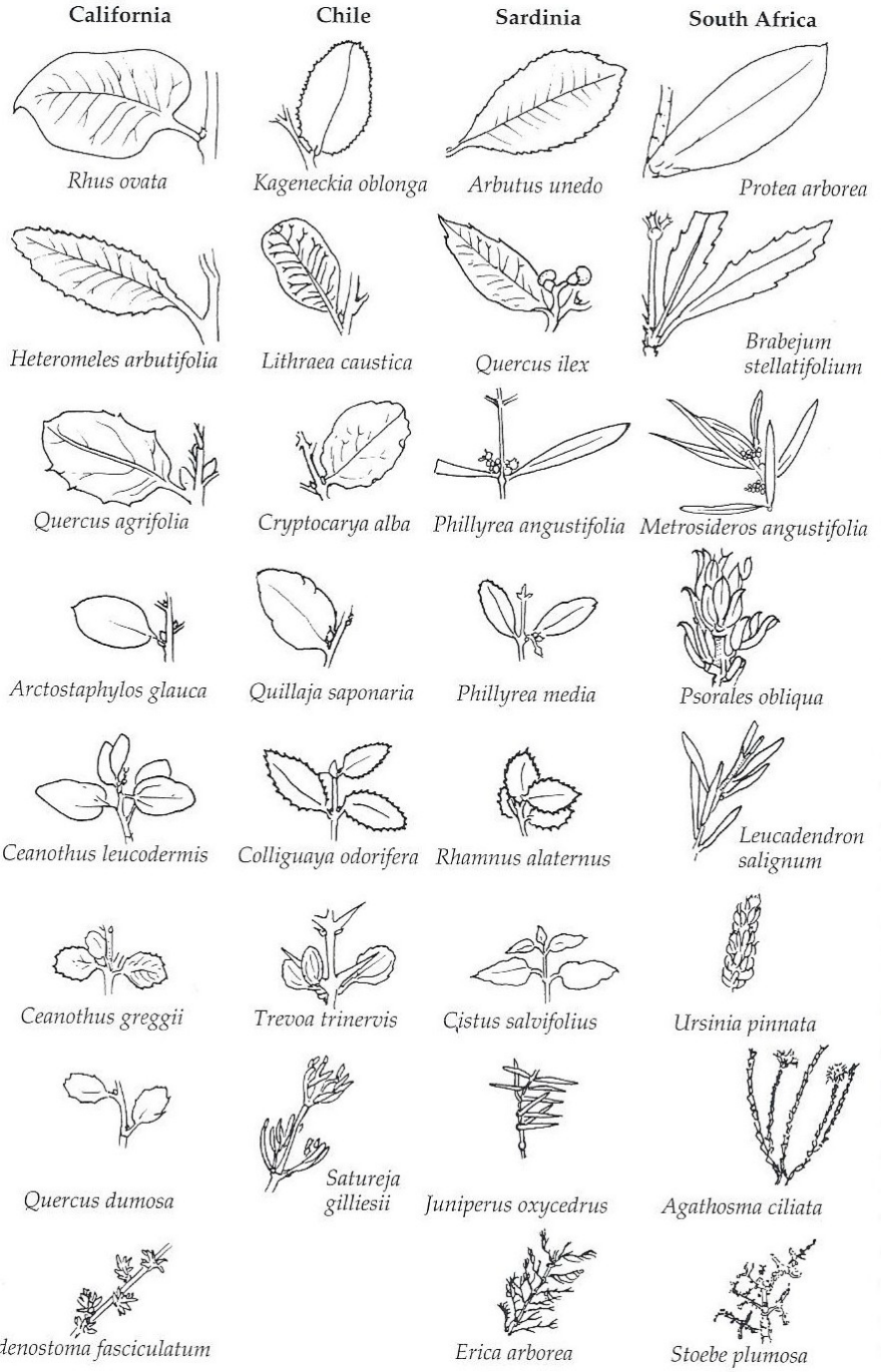


FIGURE 10.36 Convergence in leaf morphology of distantly related plant species from evergreen shrub habitats in Mediterranean climates in four widely separated regions: California, Chile, Sardinia (Mediterranean), and South Africa. Presumably, the similarities—not only in the sizes and shapes of the leaves shown here, but also in their physiological characteristics—reflect convergence: the independent evolution of similar traits in response to natural selection for similar adaptations to similar environments. (After Cody and Mooney 1978.)

Konvergence v morfologii listů u vzdáleně příbuzných druhů rostlin ze stálezelených křovinatých habitatů v středomořském klimatu ve čtyřech velmi odlišných oblastech: Kalifornie, Chile, Sardinie (Středomoří) a jižní Afrika. Podobnosti, zdá se, odrážejí konvergenci: nejen ve velikosti a tvarech listů, nýbrž také ve fyziologických parametrech.

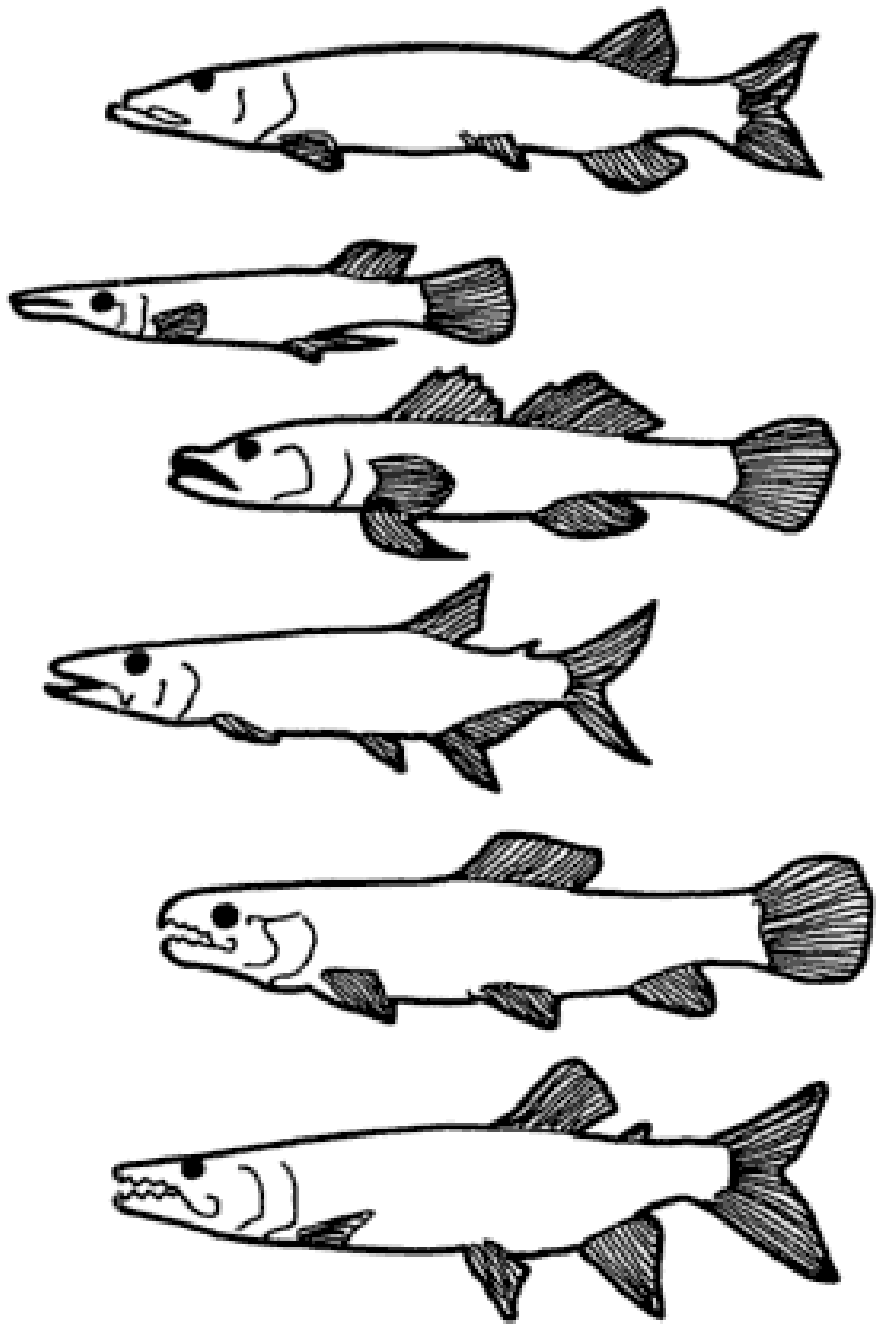


FIGURE 6.6 Convergence in the pike morphology, i.e. fusiform, sit-and-wait/stealth fish-hunters, arrived at independently (top to bottom) by the classic pike (*Esox lucius*, Esocidae: Alaska), *Belonesox belizanus* (Poecillidae: Central America), *Gobiomorus dormitor* (Eleotridae: Central America), *Acestrorhynchus microlepis* (Characidae: South America), *Hoplias malabaricus* (Erythrinidae: South America), and *Hepsetus odoe* (Hepsetidae: Africa). (Redrawn from fig. 11D of Winemiller (1991; citation is in note 134) with permission of the author and the Ecological Society of America.)

Heterocephalus glaber



Strepsiptera x Diptera





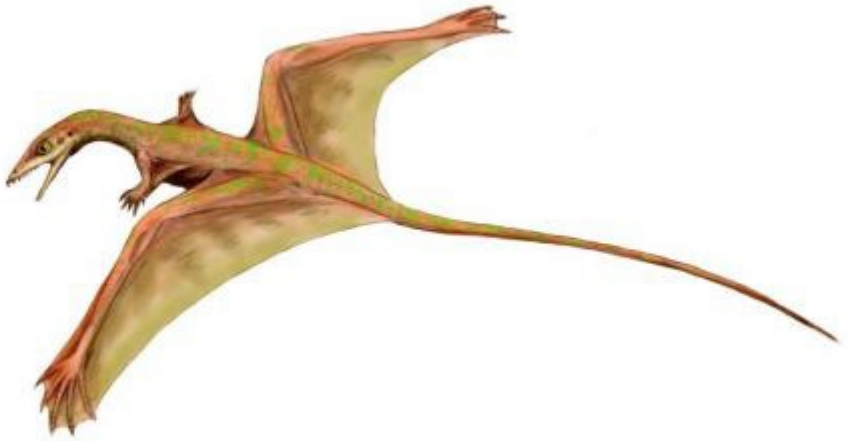
Tiplice - Diptera

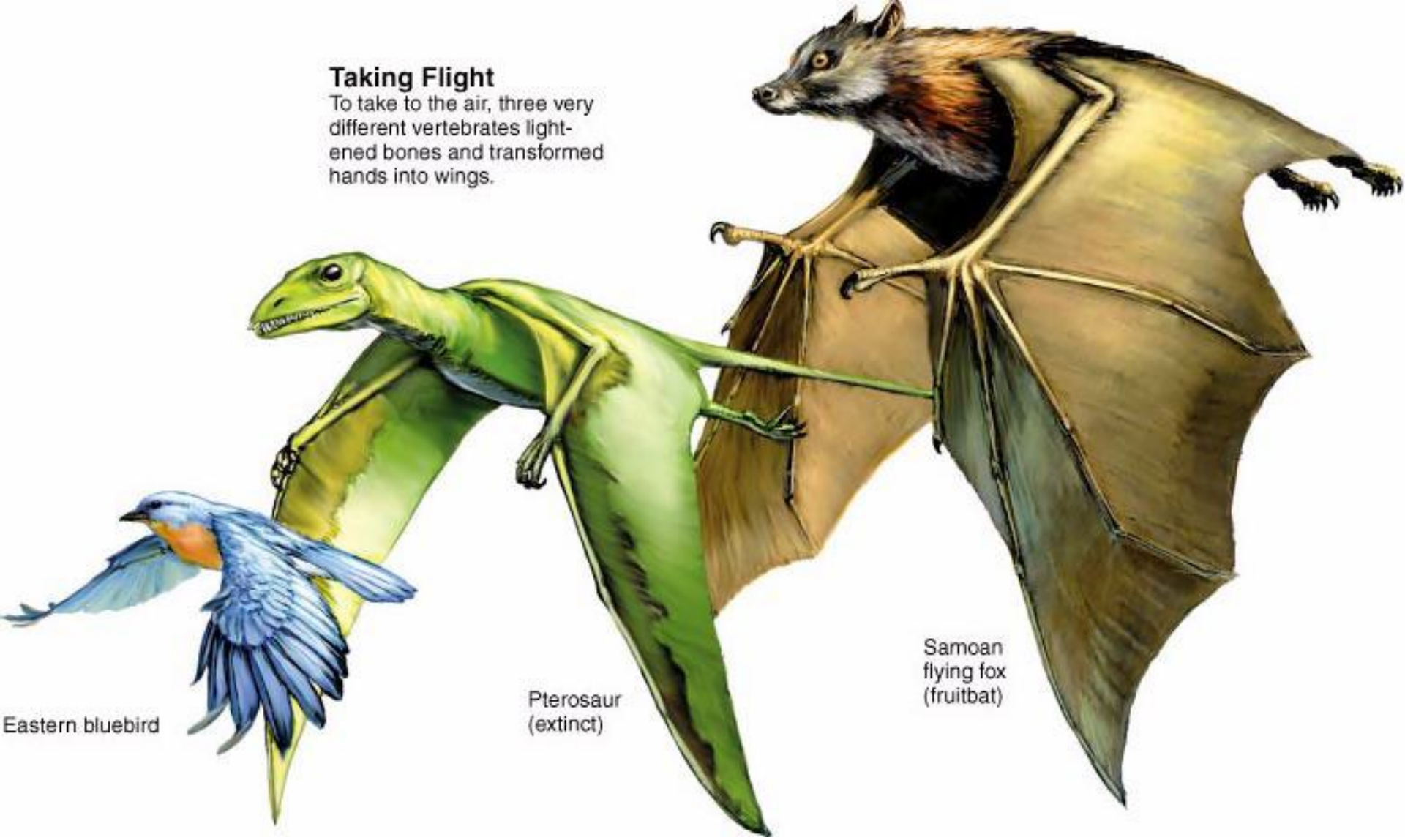
Na rozdíl od dipter je přední pár křídel přeměně na haltery



Sharovipteryx mirabilis

middle-late Triassic period




Taking Flight
To take to the air, three very different vertebrates lightened bones and transformed hands into wings.
Eastern bluebird
Pterosaur (extinct)
Samoan flying fox (fruitbat)

Evoluce aktivního letu

- hmyz (cca 330 miliónů let)
- pterosauři (cca 225 miliónů let)
- ptáci (cca 150 miliónů let)
- netopýři (60 – 50 miliónů let)









Supi a kondoři



Sup (Starý svět)



Kondor (Jižní Amerika)

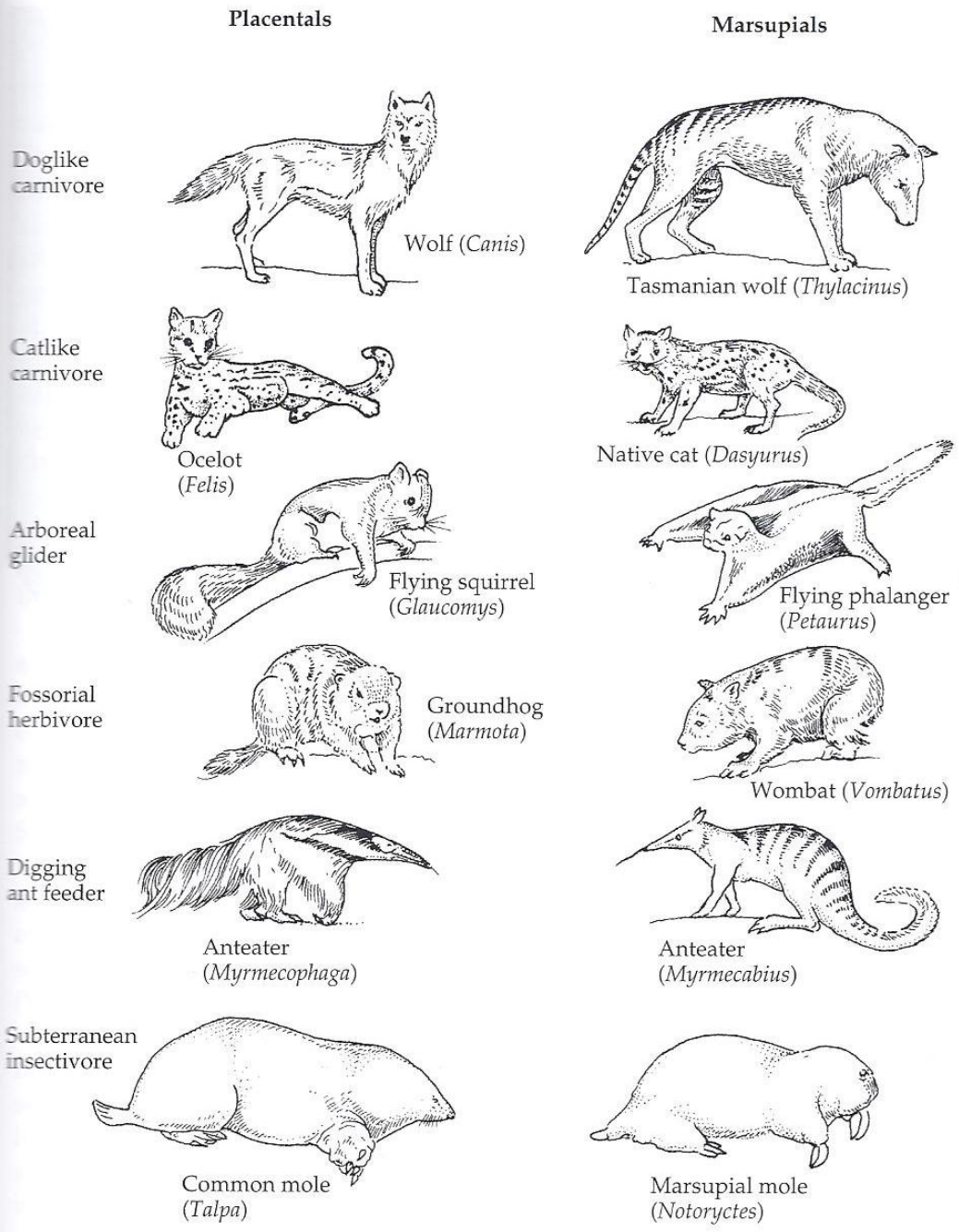
Kiwi – savec honoris causa





Celé bioty

- Savci v Austrálii a severní Americe jsou možná nejčastěji citovanými příklady.
- Následující (a mnohé jiné) ilustrace nechtějí být záměrně klamavé, ale často přehánějí stupeň celkové podobnosti mezi biotami.



Such illustrations are not intended to be misleading…

FIGURE 10.38 Drawings of pairs of species of North American and Australian mammals purporting to show convergence. Figures such as this one are somewhat misleading. As described in more detail in the text, the species paired here are often not drawn to the same scale, and some of those that look alike do not have similar ecological niches. (After Begon et al. 1986.)

- vačnatá „kočka“ je menší, častěji se živí hmyzem a žije méně na stromech než ocelot.
- vačnatý „krtek“ žije v písečných pouštích, na rozdíl od pravého krtka.

- tyto obrázky navíc neukazují většinou jiných druhů v obou biotách, z nichž si většina není podobná.
  - Austrálie nemá žádné blízké ekologické ekvivalenty k pumě, bizonům, lasičkám, skunkům, psounům a bobrům.
  - Severní Amerika nemá druhy opravdu podobné ptakopyskům, ježurovi, bandikutům, koalovi či mnoha druhům malých a středně velkých klokanů

- Severní Amerika nemá reálné ekvivalenty australským papouškům, emuům mezi ptáky nebo eukalyptům mezi rostlinami.
- Austrália nemá sukulentní rostliny podobné kaktusům a agávím žijícím v pouštích severní Ameriky

- Ve skutečnosti, po návštěvě Austrálie a severní Ameriky mnoho přírodovědců zpochybňuje dogma konvergence.

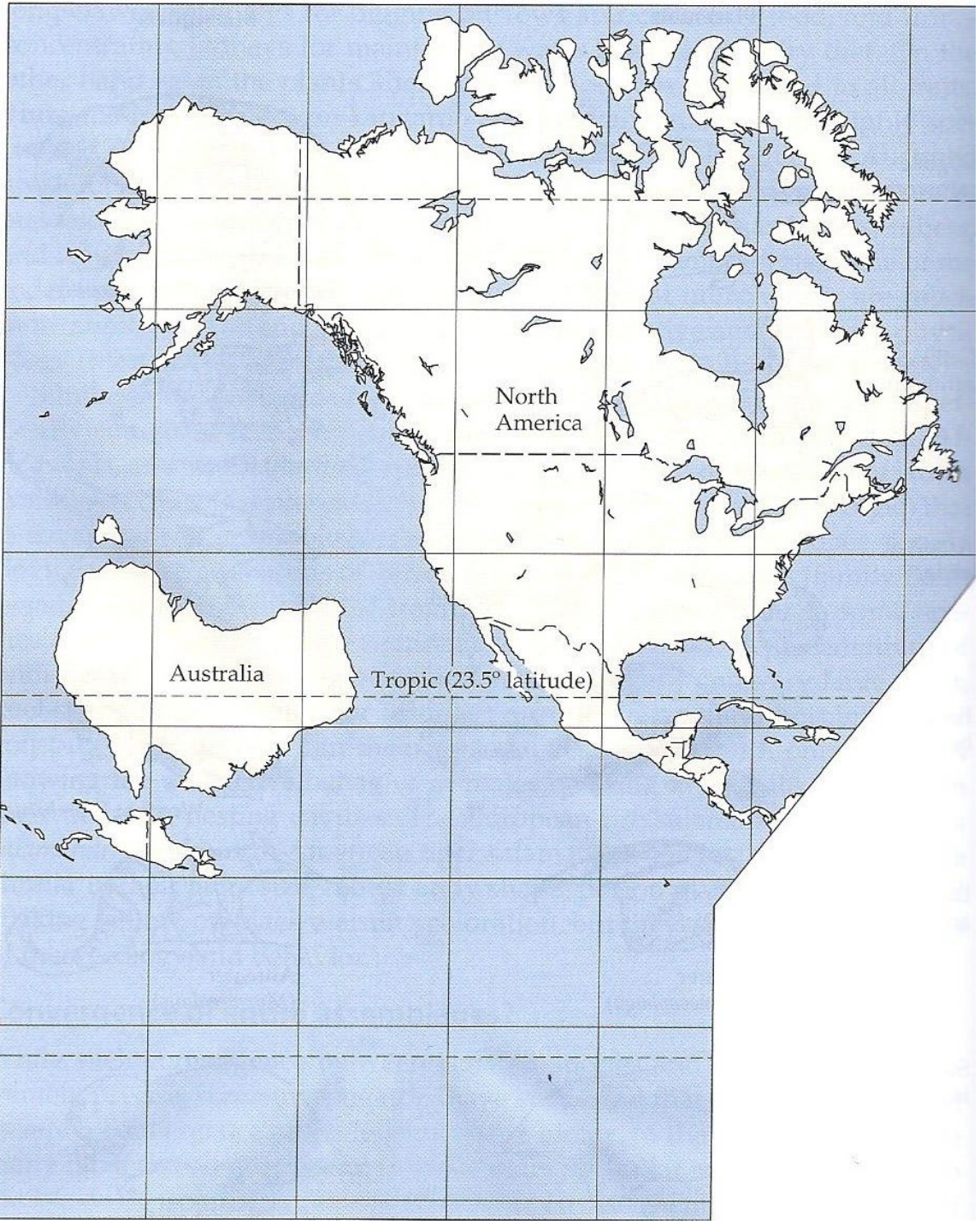
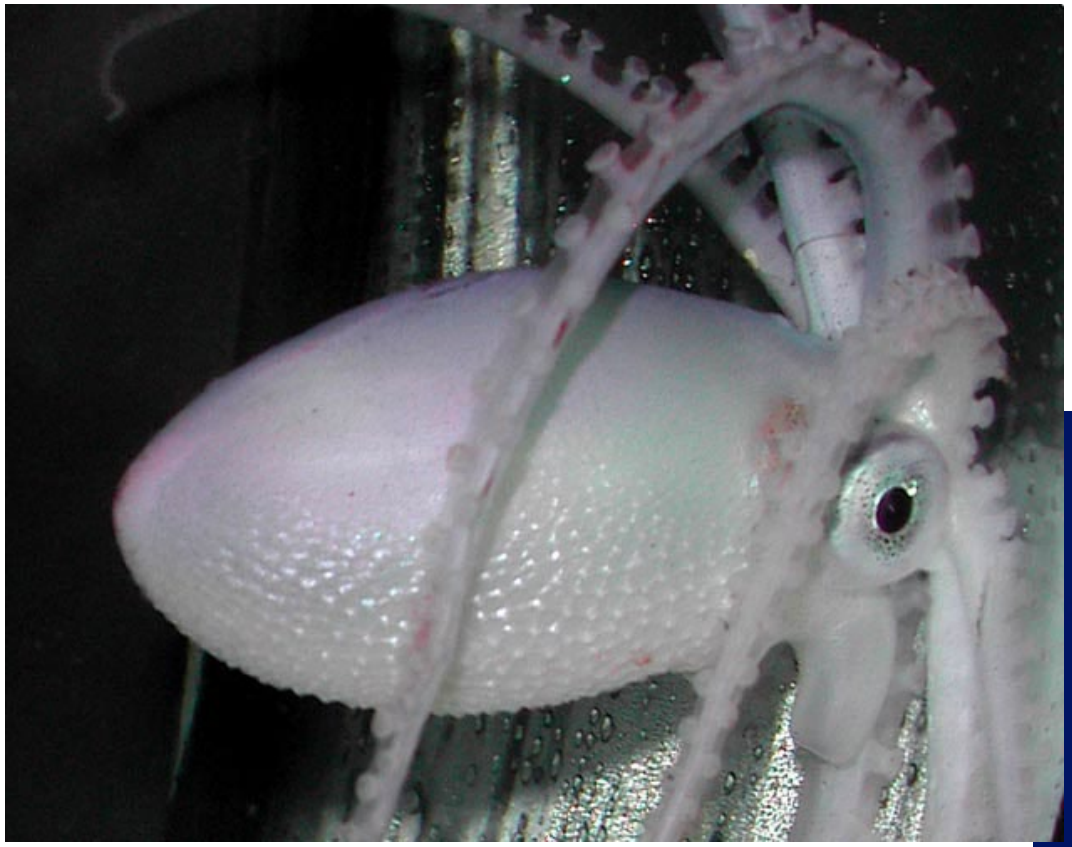
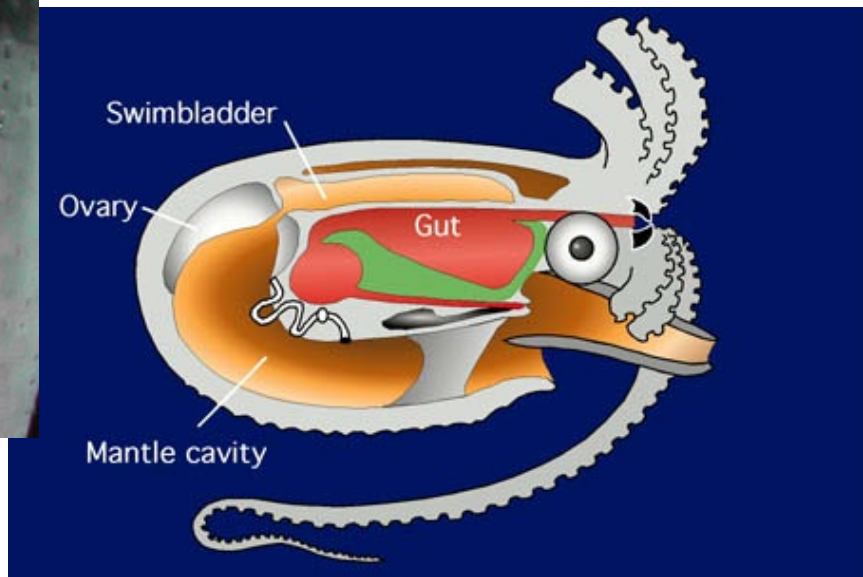


FIGURE 10.39 A map in which the locations of Australia and North America have been juxtaposed while their relative latitudinal positions have been maintained. Note that while Australia is about the same size as the United States, its latitudinal position overlaps more with that of Mexico. The locations of the arid habitats that are often suggested to contain convergent species or ecological communities are, on average, much more tropical in Australia than in North America. (Australia has been inverted in order to maintain its orientation relative to the Equator.)

Ocythoe tuberculata

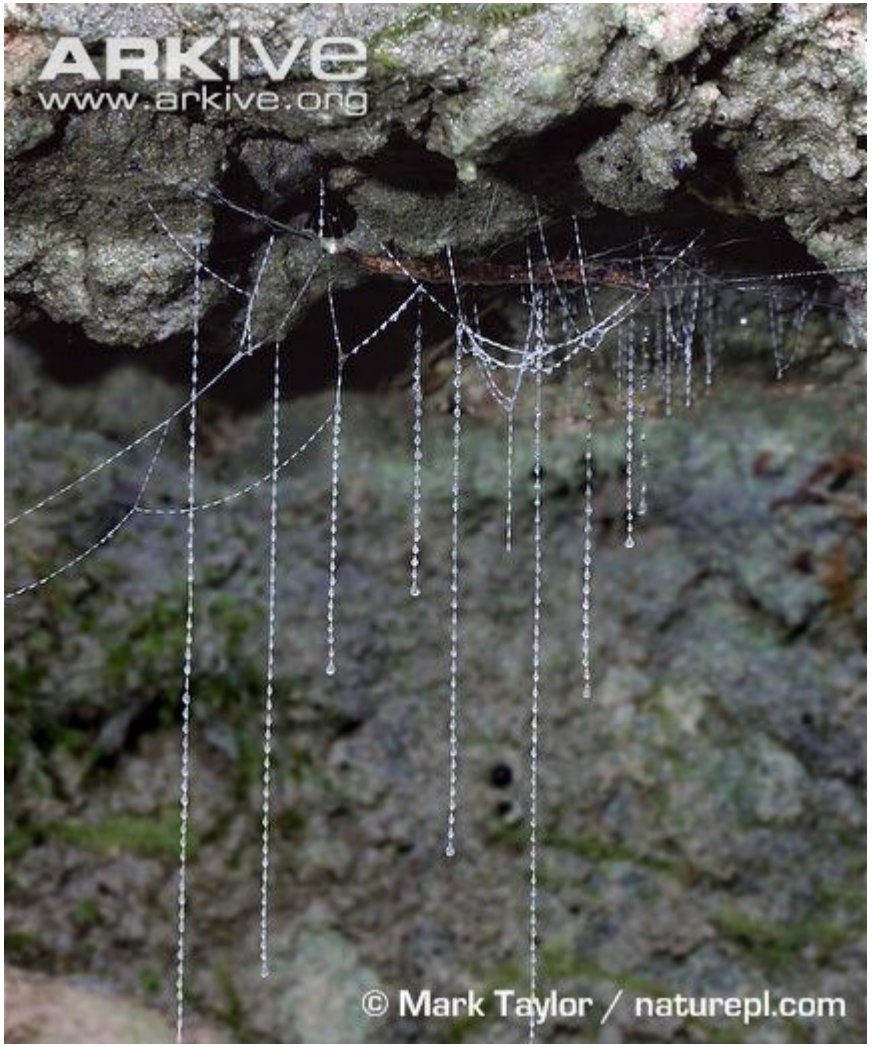
Females of ***Ocythoe*** are one of the few known cephalopods with a true swimbladder





Arachnocampa luminosa (Diptera)





- základním pravidlem evoluce je udělat to tak by to „fungovalo ve většině případů“ ale neztrácet čas výrobou Roll-Royce z organismu , nebo nadzvukového albatrosa. (14)
- Pavučinové vlákno má součinitel bezpečnosti (safety factor) jen 1,5, zatímco noha klokana má 3. (14)
- Stanley Miller: „Pokud by život měl vzniknout na nějaké jiné planetě, můžeme odhadovat, že 75% aminokyselin by bylo stejných jako zde.“ (15)
- je to jako kdyby Slepý hodinář si sundal své sluneční brýle a rozhodl se navštívit bratra Chronose. (19)

Konzumace mravenců nebo termitů

- Pokud se daný tvor živí mravenci nebo termity, bude mít charakteristický tvar těla a zejména hlavy, ať se již jedná o
  - asijské luskouny (řád Pholidota),
  - jihoamerické mravenečníky (řád Xenarthra) nebo
  - australské vačnatce mravencojedy z řádu kunovců (Dasyuromorphia).
- Všichni mají prodloužený a ohebný jazyk, modifikované nebo žádné zuby, lepivé sliny, hrabavé přední končetiny – a dokonce velmi podobnou střevní mikrobiotu!



Myrmecophaga tridactyla (Xenarthra)

Manis javanica (Pholidota)







Myrmecobius fasciatus, Dasyuromorphia, Marsupialia



Tamandua, Mravenečník čtyřprstý, *Tamandua tetradactyla*, Costa Rica 2023

Člověk

Schopnost trávit laktózu

- u našich společných afrických předků se schopnost trávit mléko vypíná přibližně ve věku dvou let.
- některé skupiny v Evropě, na Středním východě a ve východní Africe se začaly věnovat rolnictví, což zahrnovalo mimo jiné i pastevectví krav a koz.
  - u těchto populací je většina dospělých lidí schopna produkovat laktázu

Schopnost trávit laktózu

- Většina Severoevropanů jsou nositeli specifické mutace v regulátorovém signálu pro laktázový gen, který jej udrží ve stavu „zapnuto“ i v průběhu dospělosti.
- Některé africké kmeny, majících ve zvyku pít mléko, jako jsou Masajové, vykazují rovněž stálou expresi genu pro laktázu, ale schopnost je způsobena zcela odlišnoumutací.
  - máme zde dvě odlišné molekulární změny u dvou odlišných populací, které mají za následek tentýž výsledek; jev je nazýván „konvergentní evoluce“.

- Collins, F., (2010) *The Language of Life*. Profile Books LTD. London, GB. p. 256

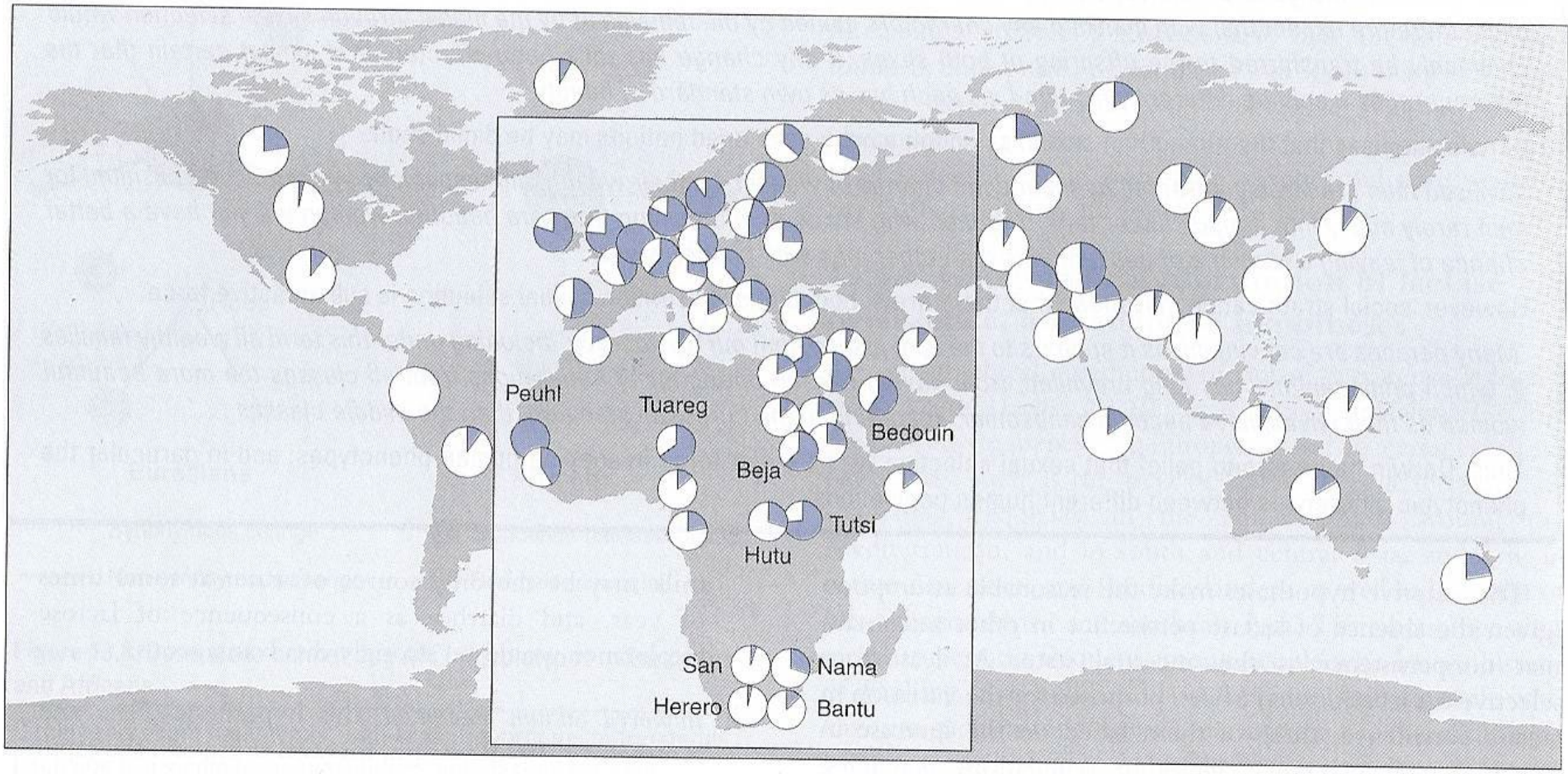


Figure 13.10: Frequency of the lactase-persistence (*LCT*P*) allele in different populations.

The blue sector of each pie chart represents the *LCT*P* allele frequency, as deduced from the frequency of the lactase-persistence phenotype. Note the high frequency of the allele in northern Europe and in some African populations, and the sharp differences between some neighboring groups in Africa. Drawn from data given in Swallow and Hollox (2000); some populations were pooled, and some were omitted because of very small sample sizes, recent assumed admixture, or (in central Europe), for clarity.

That process alllowed light skin to evolve from black in a few millenia.

Jones, S., (2013) *The Serpent´s Promise. The Bible Retold as Science*. Hachette Digital. London.

Mutace pro světlou kůži udeřila nejméně dvakrát nezávisle na sobě

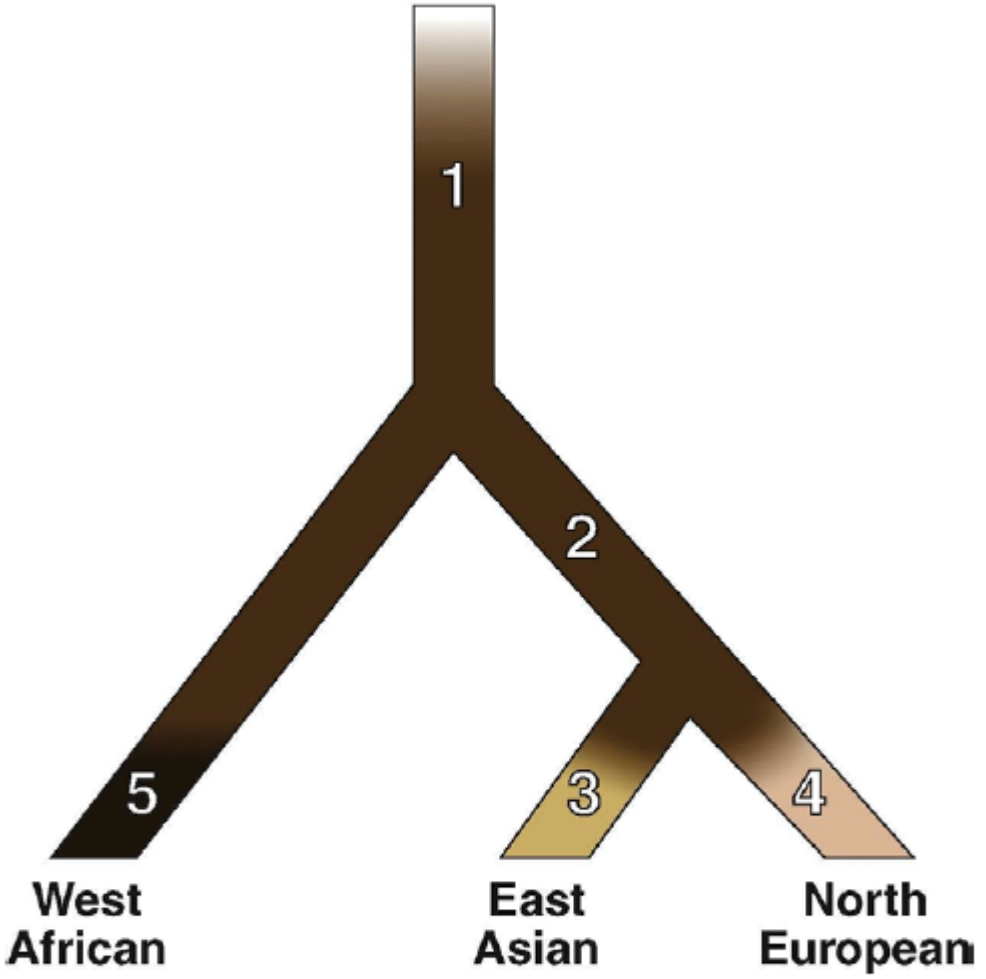


Figure 1. Speculative framework model for the evolutionary–genetic architecture of human pigmentation in three populations. The tree shows the average relationships among three human populations, with generalized deduced skin pigmentation level of these populations indicated by shading on the branches which are labeled 1–5. Genes hypothesized to have been subject to positive selection listed by branch are summarized in Table 1 along with the source(s) of evidence supporting their placement.

inteligence

- inteligence = adaptivně variabilní chování během života daného jedince.

- jakékoli obecné rysy organismu, které mají velkou adaptivní hodnotu (a jsou geneticky dostupné) by měly časem vzniknout, a inteligence pravděpodobně není výjimkou.

Inteligentní chování

1. umí uchovávat minulé zkušenosti a použít získané znalosti k řešení budoucích problémů
2. umí zpracovávat informace, provádět volby, což vede k ohodnocením a adaptivním odpovědím
3. je adaptivně variabilní chování v průběhu života jedince vedoucí rozlišení vrozených odpovědí od naučených odpovědí.

- jakékoli obecné rysy organismu, které mají velkou adaptivní hodnotu (a jsou geneticky dostupné) by měly časem vzniknout, a inteligence pravděpodobně není výjimkou.

- základním pravidlem evoluece je udělat totak by to „fungovalo ve většině případů“ ale neztrácet čas výrobou Roll-Royce z organismu , nebo nadzvukového albatrosa. (14)
- Pavučinové vlákno má součinitel bezpečnosti (safety factor) jen 1,5, zatímco noha klokana má 3. (14)
- Stanley Miller: „Pokud by život měl vzniknout na nějaké jiné planetě, můžeme odhadovat, že 75% aminokyselin by bylo stejných jako zde.“ (15)
- je to jako kdyby Slepý hodinář si sundal své sluneční brýle a rozhodl se navštívit bratra Chronose. (19)

Závěr

- myslím, že moderní vědecká disciplína evoluční biologie je dnes v podobné situaci jako byla chemie před objeveném Mendělejevovy periodické tabulky.
- Pokud by se v našem novém vesmíru znovu formovaly hvězdy, troufám si předpovědět, že by znovu vznikly neon a argon. Pokud by měl znovu vzniknout v našem vesmíru život, troufám si předpovědět, že by znovu vznikla mnohobuněčnost.

- McGhee, G., Convergent Evolution. A Periodic Table of Life? in Morris, C.S., (ed.) (2008) *The Deep Structure of Biology*. Templeton Foundation Press, West Conshohocken, Pennsylvania.

- jakékoli obecné rysy organismu, které mají velkou adaptivní hodnotu (a jsou geneticky dostupné) by měly časem vzniknout, a inteligence pravděpodobně není výjimkou.

Jak vypadají mimozemšťané?

- Jiné světy, které můžeme předpokládat budou mít své ekvivalenty našich rostlin.
- Velmi pravděpodobně budou mít buněčné stěny ze sacharidů podobných celulóze a téměř jistě budou fotosyntetizovat za pomoci chlorofylu.

- Morris, S.C., (2003) *Life´s Solution. Inevitably Humans in a Lonely Universe.* Cambridge University Press. NY. p. 135

Jak to vidí rostliny

II. část přednášky



Diglossa plumbea, háčkozobec pacifický



Ramphastos ambiguus, tukan žlutohrdlý. Kostarika duben 2023.



Cebus capucinus, malpa kapucínská. Kostarika, duben 2023



Pharomachrus mocinno, kvesal chocholatý. Kostarika, duben 2023



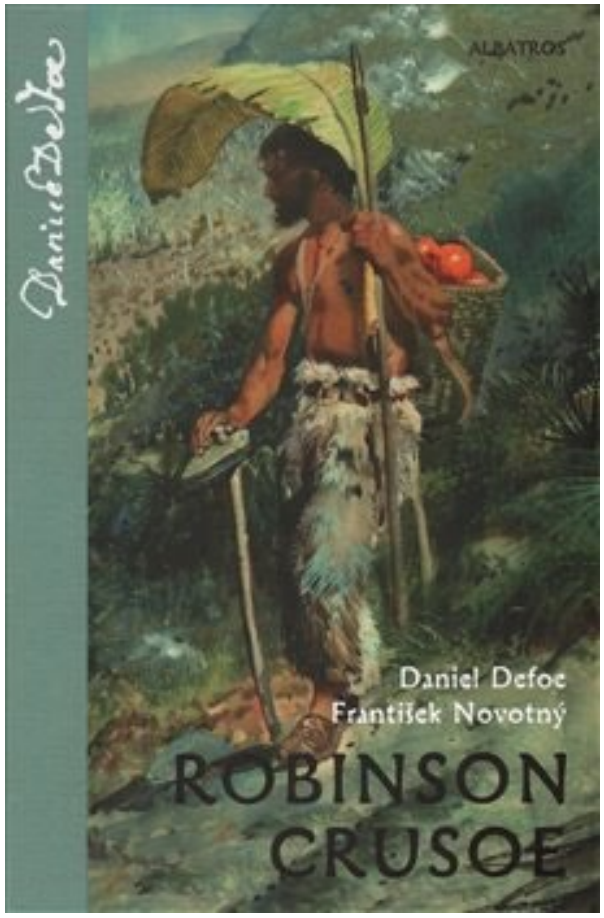
Chlorophonia callophrys, libohlásek malachitový. Kostarika, duben 2023



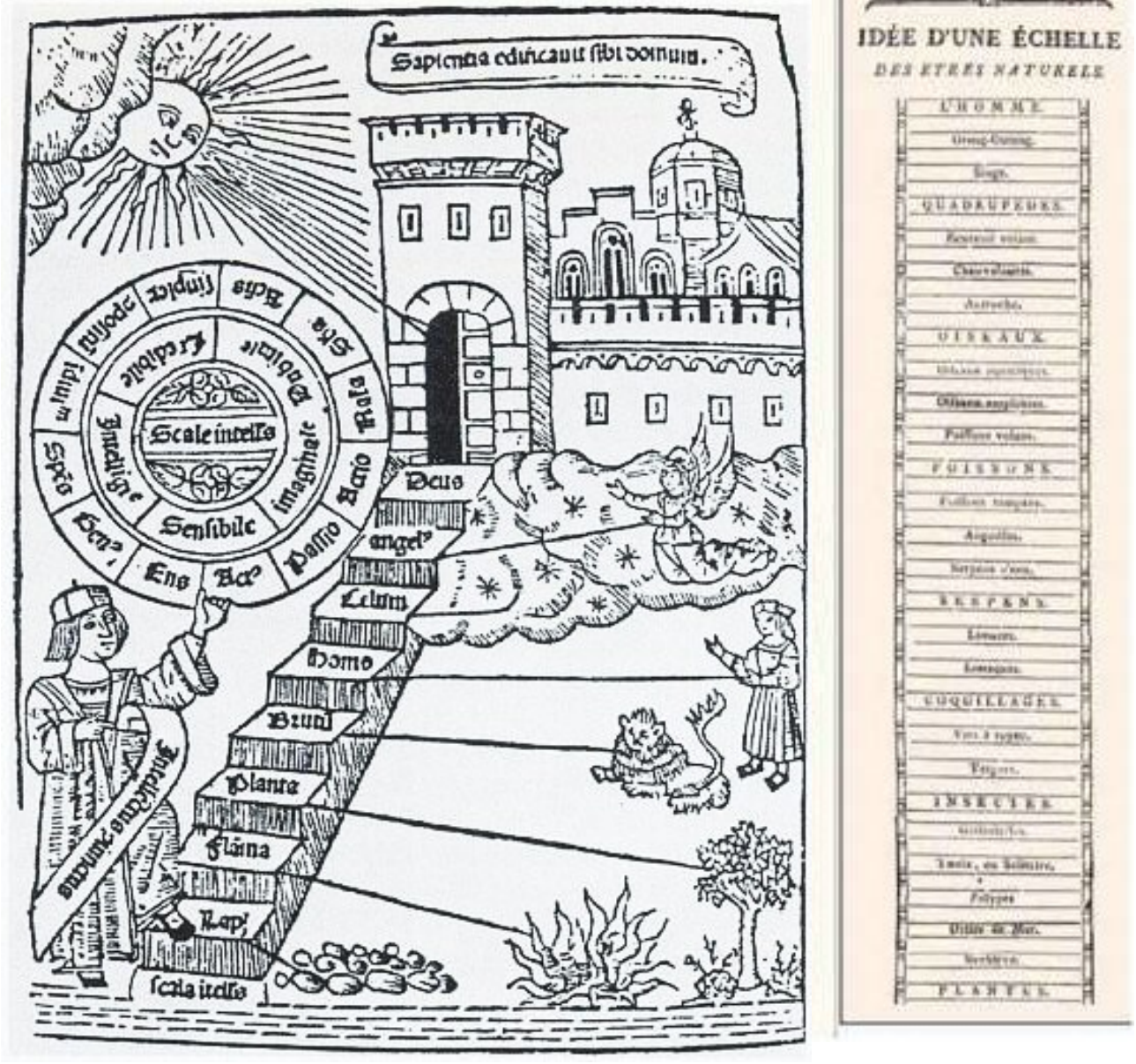
Amazilia tzacatl, kolibřík rezavoocasý. Kostarika, duben 2023

Slepota k rostlinám

- = neschopnost si všimnout nebo vidět rostliny v dané prostředí
- nás mozek by se jinak zahltil
- mnohem důležitější pro nás vždycky byli živočichové a druzí lidé
- 99,7% biomasy na Zemi jsou rostliny



Na ostrově není ani živáčka



the scales of Lull (1305) and Bonnet (1745) representing the hierarchy (stairs) of the beings, scala naturae, inspired by Aristotle (343 BC).

NEWS | 30 March 2023

Stressed plants ‘cry’ – and some animals can probably hear them

Microphones capture ultrasonic crackles from plants that are water-deprived or injured.

Emma Marris



https://www.nature.com/articles/d41586-023-00890-9

Rostliny, kterým byl ustřihnut stonek nebo mají stres z nedostatku vody, vydávají až 35 „zvuků“ za hodinu.
Zavlažované rostliny vydávají pouze jeden „zvuk“ za hodinu.

Zvuky jsou ovšem tak vysoké, 20–100 kilohertz, že je většina z nás neuslyší. Alespoň některá zvířata však určitě ano.

Netopýři, myši a noční můry žijí ve světě zvuků vydávaných rostlinami.

Zvuky jsou snad generované bublinkami vzduchu v xylému.

Možné využití v zemědělství a zahradnictví.
Rajče, tabák, pšenice, kukuřice vinná réva

Pupalka
Oenothera drummondii



ECOLOGY LETTERS

Ecology Letters, (2019) **22**: 1483–1492 doi: 10.1111/ele.13331

LETTER

Flowers respond to pollinator sound within minutes by increasing nectar sugar concentration

Marine Veits,[1†] Itzhak Khait,[1†] Uri Obolski,[1] Eyal Zinger,[1] Arjan Boonman,[2] Aya Goldshtein,[2] Kfir Saban,[1] Rya Seltzer,[2] Udi Ben-Dor,[1] Paz Estlein,[1] Areej Kabat,[1] Dor Peretz,[1] Ittai Ratzersdorfer,[1] Slava Krylov,[3] Daniel Chamovitz,[1] Yuval Sapir,[1§] Yossi Yovel,[2§] and Lilach Hadany[1*§]

Abstract

Can plants sense natural airborne sounds and respond to them rapidly? We show that *Oenothera drummondii* flowers, exposed to playback sound of a flying bee or to synthetic sound signals at similar frequencies, produce sweeter nectar within 3 min, potentially increasing the chances of cross pollination. We found that the flowers vibrated mechanically in response to these sounds, suggesting a plausible mechanism where the flower serves as an auditory sensory organ. Both the vibration and the nectar response were frequency-specific: the flowers responded and vibrated to pollinator sounds, but not to higher frequency sound. Our results document for the first time that plants can rapidly respond to pollinator sounds in an ecologically relevant way. Potential implications include plant resource allocation, the evolution of flower shape and the evolution of pollinators sound. Finally, our results suggest that plants may be affected by other sounds as well, including anthropogenic ones.

Keywords

Communication, nectar, plant bioacoustics, plant–pollinator interactions, pollination, signalling, vibration.

Ecology Letters (2019) **22**: 1483–1492

Pupalka Oenothera drummondii reaguje na zvuk přibližující se včely tím, že během tří minut začne produkovat sladší nektar.

Rostliny

- „Tyto organismy předčí naše nejdivočejší očekávání“.
- „Není pochyb o tom, že rostliny mají všechny typy citlivostí – mnoha způsoby odpovídají na okolní prostředí“.
- (Keller 1983, p. 199-200 quoting McClintock)

Vegetace

- termín „vegetativní“ je užíván u pacientů v PVS, u pacientů s mozkovou smrtí.
- na genetické úrovni jsou rostliny komplexnější než řada zvířat.



- Naším dalším omezením je představa, že pouze organismy mající mozek mohou být inteligentní.
- Tato velmi surová forma radikálního šovinismu je jak antropocentrická a také přiřazuje nervovým buňkám jakýsi zvláštní typ vitalistické kvality. (loc. 1417/5069)

Strom je vkořeněn na jedno místo a nemůže se pohybovat

- s jakými problémy bychom se my setkali, když bychom byli zacementováni na jedno místo bez možnosti pohybu?
  - jídlo a pití
  - vylučování
  - sex
  - obrana před predátory
  - střídání teplot dne/noci a zimy/léta

Strom je vkořeněn na jedno místo a nemůže se pohybovat

- nemůže vyhledávat potravu pohybem, jak zvířata
- nemůže utéct před predátorem
- nemůže vylučovat odpadní látky jak zvířata
- v zimě nemá hustší srst ani svetr
  - na zimu se nemůže přesunout do teplých krajin
  - ani do doupat
- musí vyřešit problém transportu gamet v rámci sexu mezi dvěma jedinci

Stromy

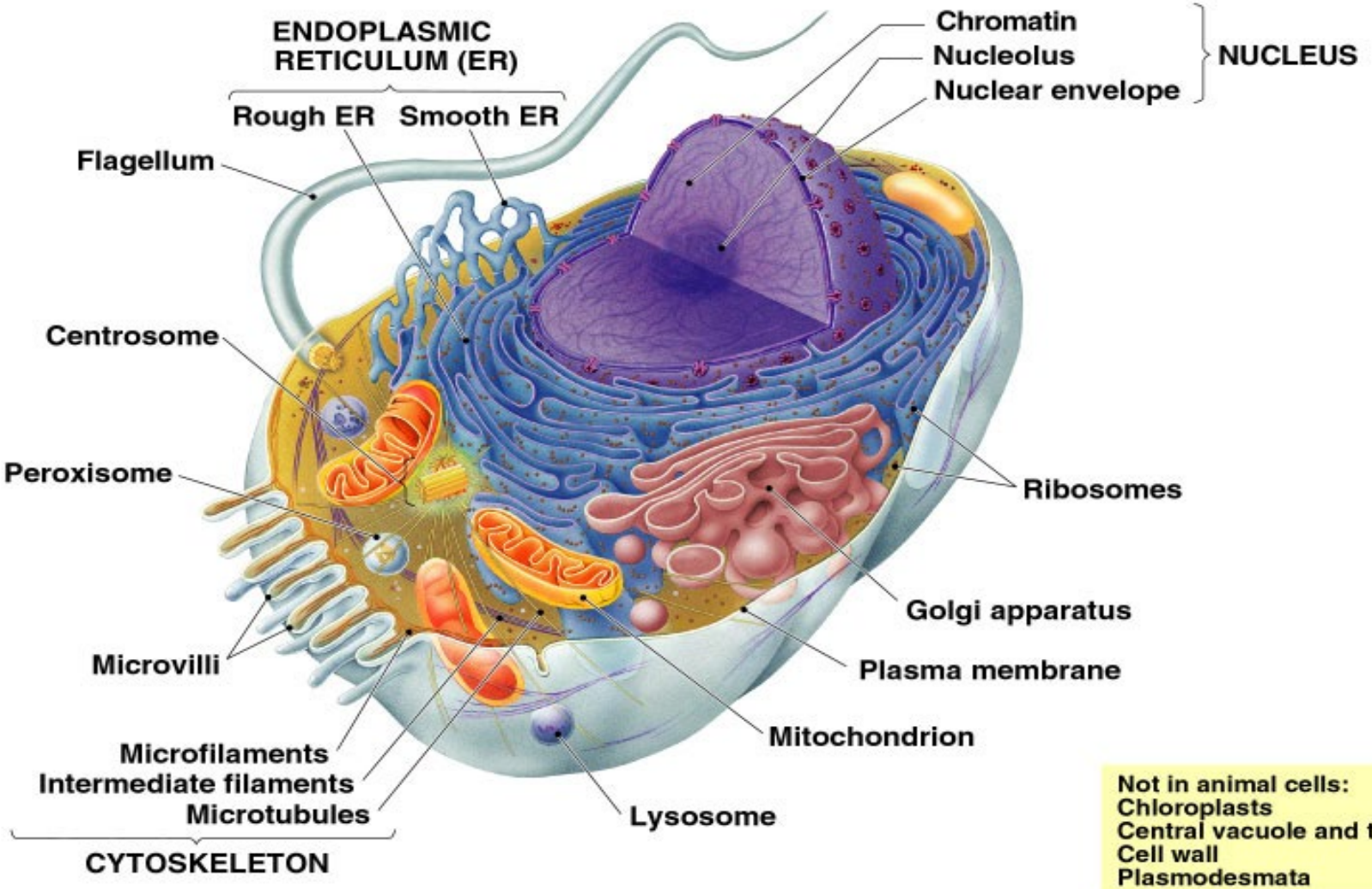
- musí vědět, jaké přijde počasí
- musí vědět odkud přijde světlo
- musí vědět jaké světlo

Rostliny a živočichové se vyvinuli nezávisle

- na problémy gravitace a přechod na souš odpovídají naprosto odlišnými strukturami
  - vnější kostra/vnitřní kostra x lignin
- problém vyschnutí
  - vítr etc.
- problém střídání teplot
- Můžeme pak ale vůbec mluvit o tom, že rostliny mají „smysly“ v našem konvenčním, antropocentrickém, významu?
- živočichové mají orgány – specifické funkce jsou koncentrovány do specifických orgánů (oko)
- rostliny nemají orgány!
  - nemají ani plíce, ani žaludek
  - mít orgány je pro rostlinu nebezpečné
  - pokud by jediný hmyz zkonzumoval část mozku, byla by to katastrofa

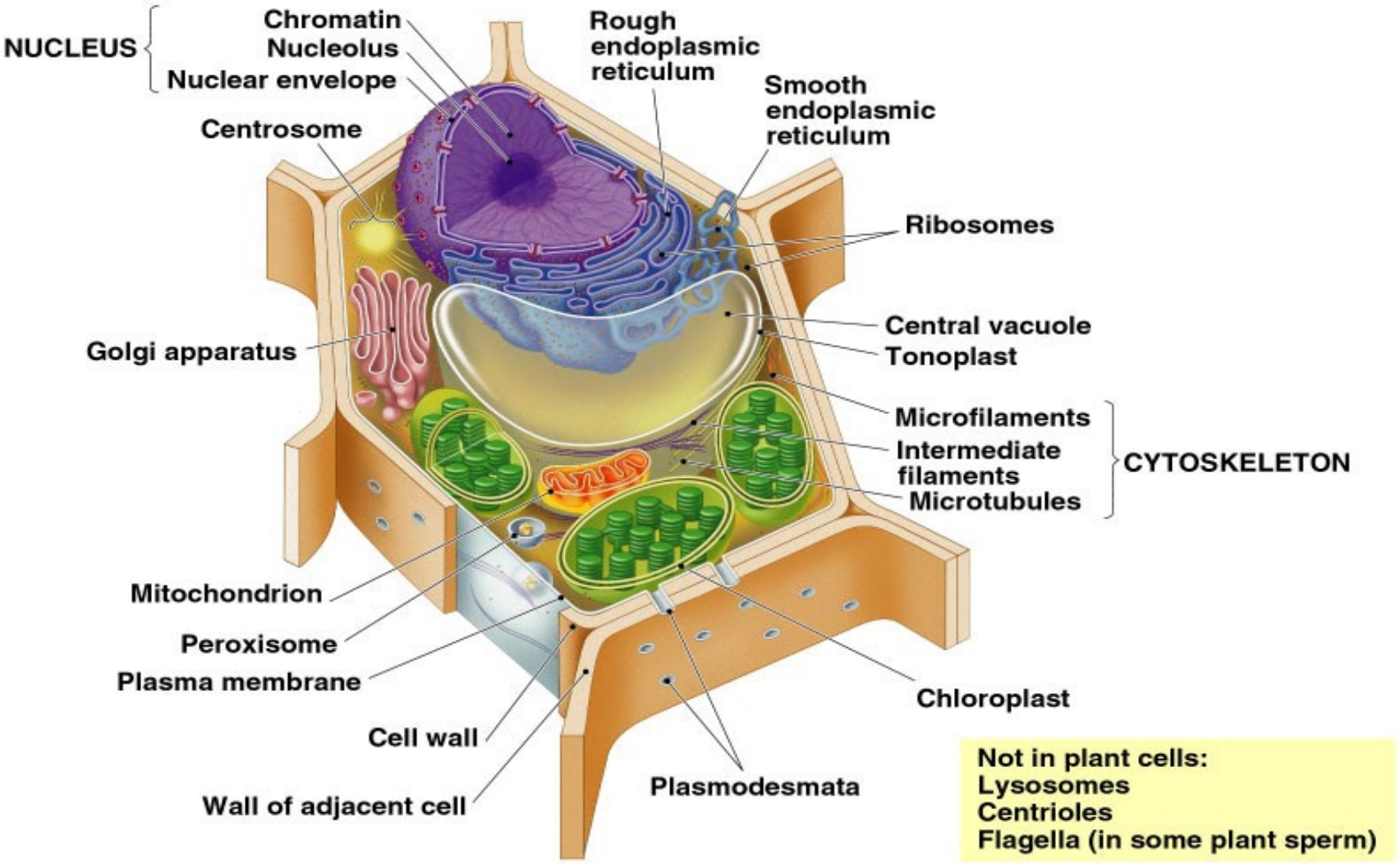
- rostlinná buňka je složitější než živočišná
- pokud je louka býložravci spasena, během několika dní se dokáže obnovit
- Stavba jejich těla je stavebnicí z modulů, v níž je každá část důležitá, ale žádná skutečně nezbytná. Na rozdíl od živočichů, pokud dojde ke ztrátě části těla, rostlina je schopna přežít
- (Mancuso a Viola 2018, str. 30).

Živočišná buňka



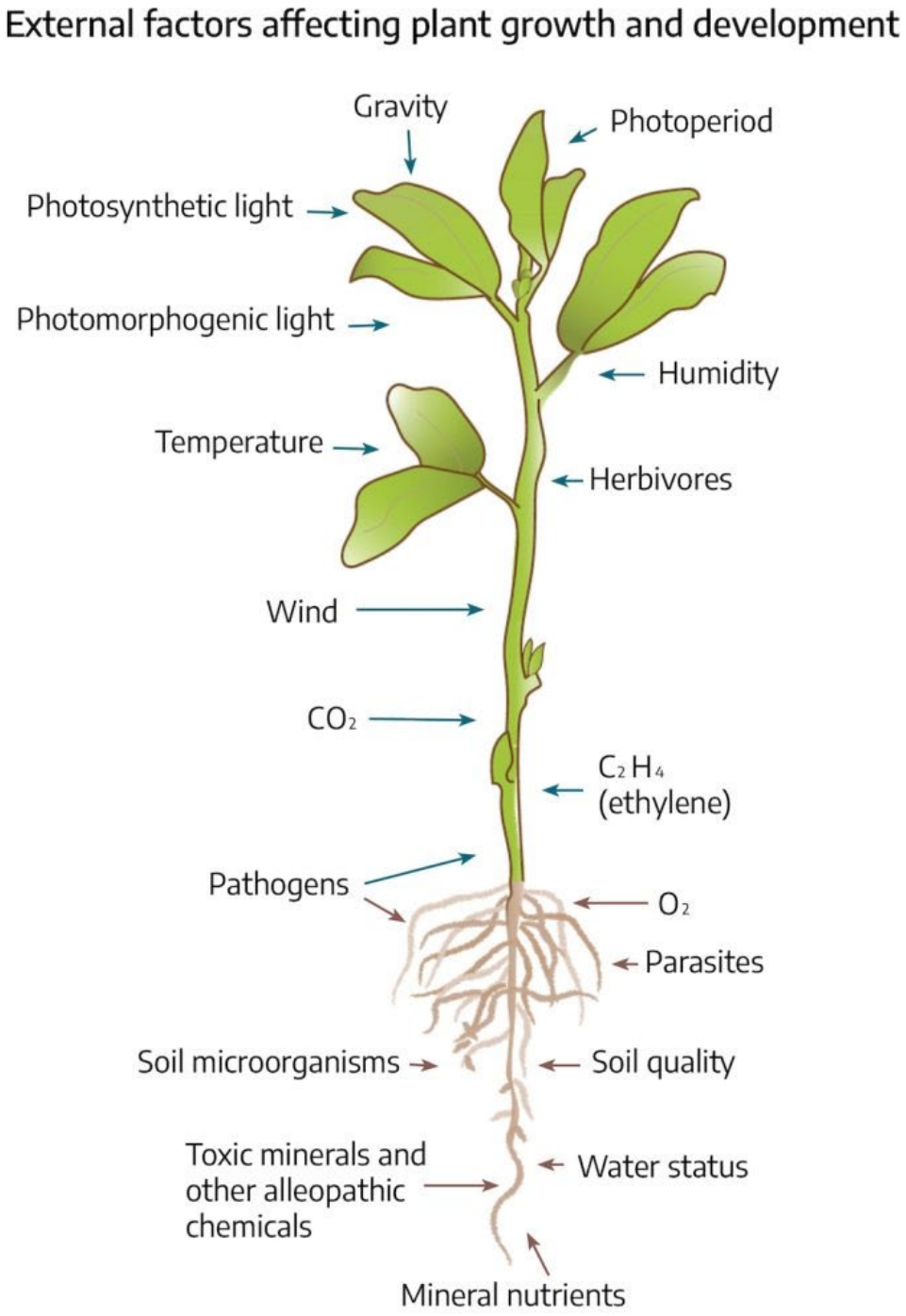
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Rostlinná buňka

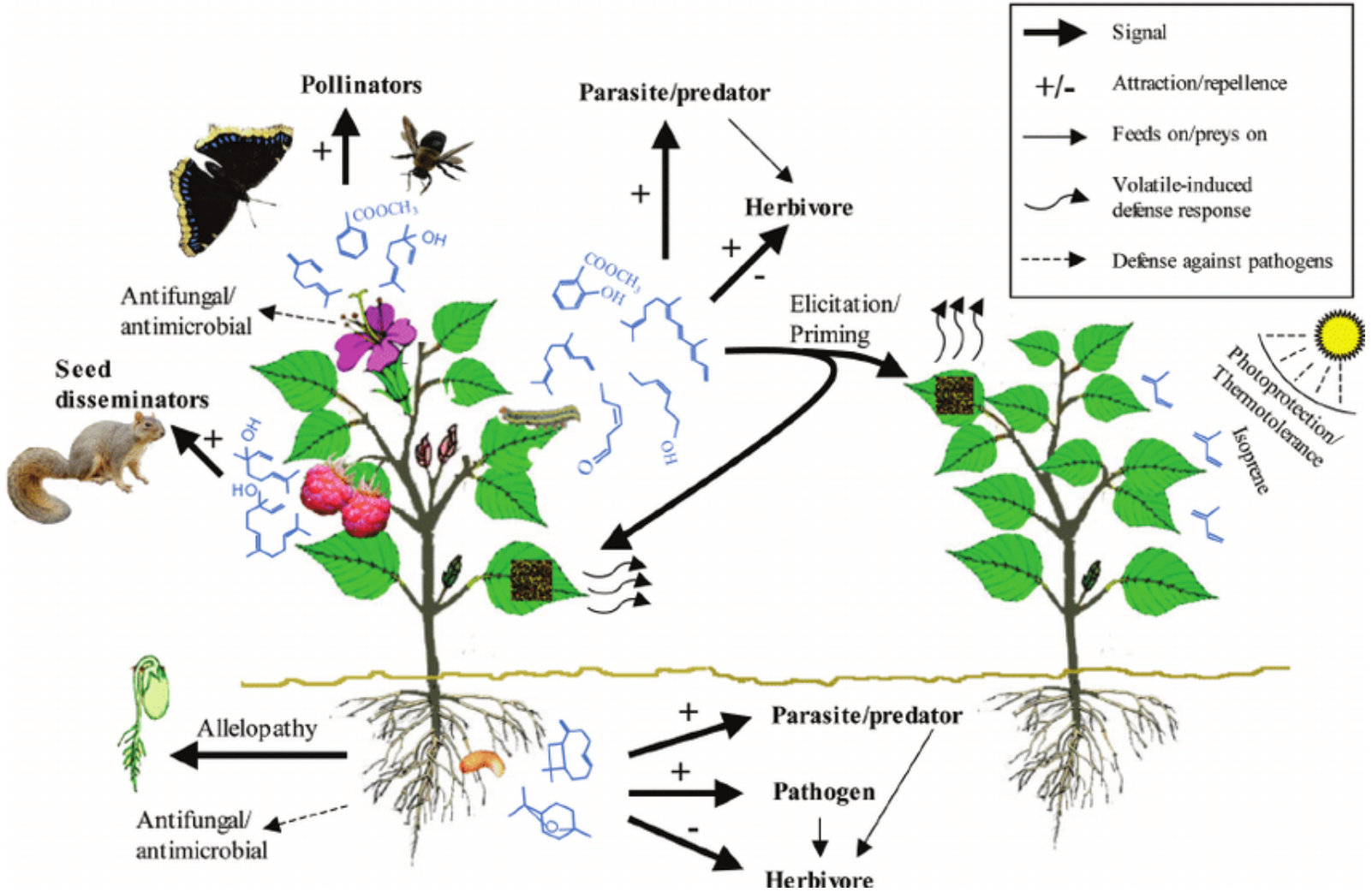


Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

- Rostliny jsou spásány živočichy. Decentralizovaná morfologie tak umožňuje přežití, zatímco komplexní diferenciace funkcí by byla zranitelná i při malém poškození (loc. 1612/5069)



Jediná rostlin je v jedné chvíli schopna detekovat přinejmenším dvacet chemických a fyzikálních parametrů okolního prostředí



An overview of volatile-mediated plant interactions with the surrounding environment. Plant-animal interactions include the attraction of pollinators and seed disseminators by floral and fruit volatiles, attraction/repellence of herbivores, and attraction of natural enemies of attacking herbivores both in atmosphere and rhizosphere. Aboveground plant-plant interactions comprise elicitation or priming of defense responses in healthy undamaged leaves of the same plant or in the neighboring unattacked plants. Belowground, these interactions include allelopathic activity on the germination and growth of competitive neighboring plants. Volatiles released from reproductive organs and roots also have antimicrobial activity thus protecting the plants from pathogen attack. In addition, isoprene, a leaf volatile confers photoprotection and thermotolerance.

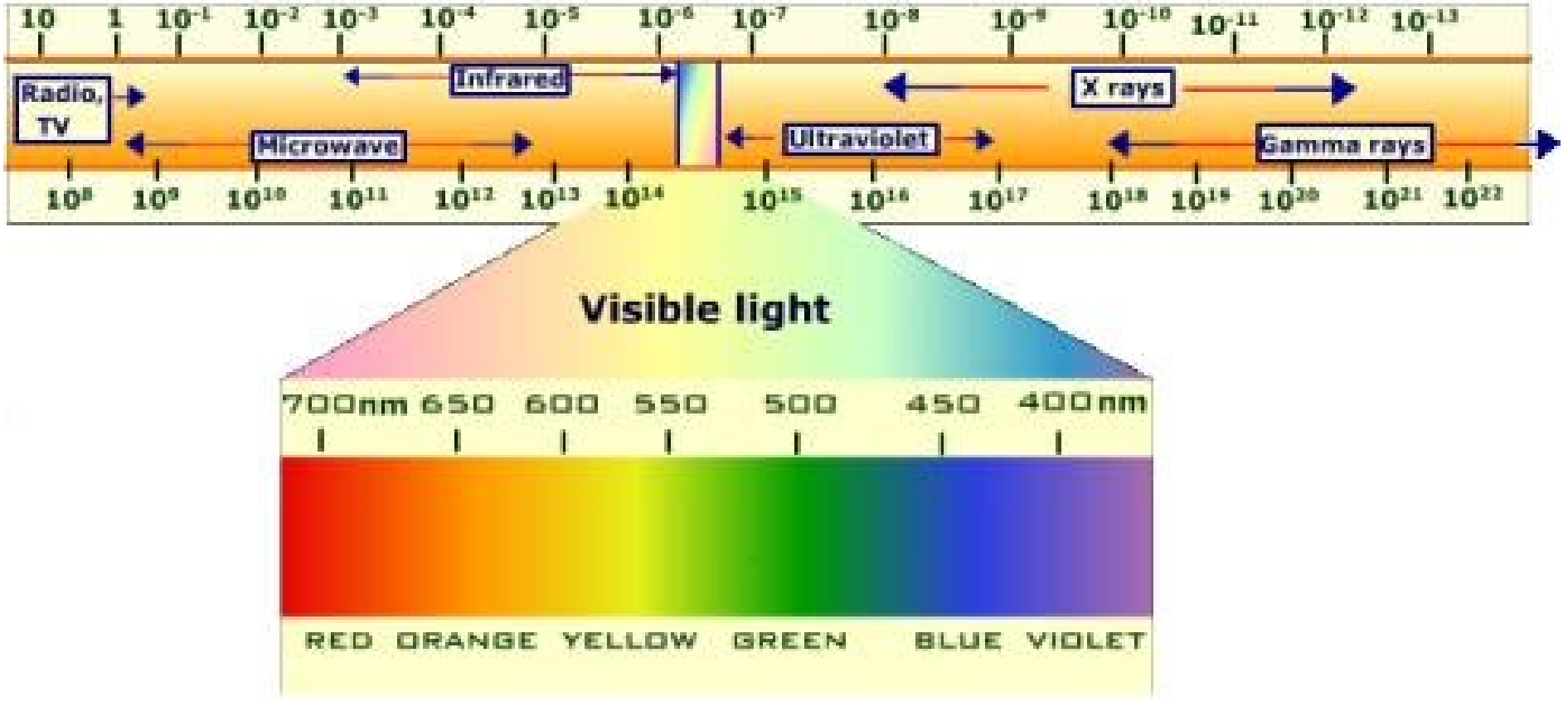
Co rostlina vidí?

Co rostliny vidí?

- neustále monitorují okolí
- vidí, zda někdo stojí u nich nebo nad nimi
- vnímají, když přeneseme květináč k oknu
- vnímají barvu našeho oblečení
- vnímají, když natřeme fasádu domu
- nevidí ostré obrazy jako my
- vidí barvy
  - a vidí jich více než my
  - vidí UV světlo i infračervené světlo



Viditelné světlo



Co rostliny vidí?

- vidí, zda světlo přichází zleva nebo zprava nebo shora
- rozlišují mezi světlem svíčky, světla za poledního žáru a světla při západu slunce
- https://www.youtube.com/watch?v=tLYOBi5gaVs

umí rozlišit mezi modrým světlem a červeným světlem

Co stromy vidí?

- Stromy detekují světlo, které má jak kratší vlnové délky, tak i delší vlnové délky, než jsme schopni vidět my.
- Ačkoli mají mnohem širší spektrum než my, nerozeznávají obrazy ani osoby.
- Světelné signály překládají do fyziologických povelů týkajících se růstu.
- Na světlo potřebují odpovědět.

Co stromy vidí?

- Pokud pokusně změníme cyklus dne a noci, rostliny mají jet-lag stejně jako my a trvá jim několik dní, než přizpůsobí otevírání a zavírání listů přivyknou novému rytmu.

- Opadání listí stromů na podzim je jev do značné míry analogický tomu, když živočich zavře oči a uloží se k odpočinku.
- Vegetační klid přes zimu je analogický hibernaci resp. estivaci živočichů
- (Mancuso a Viola 2018, str. 46).



Tropismy

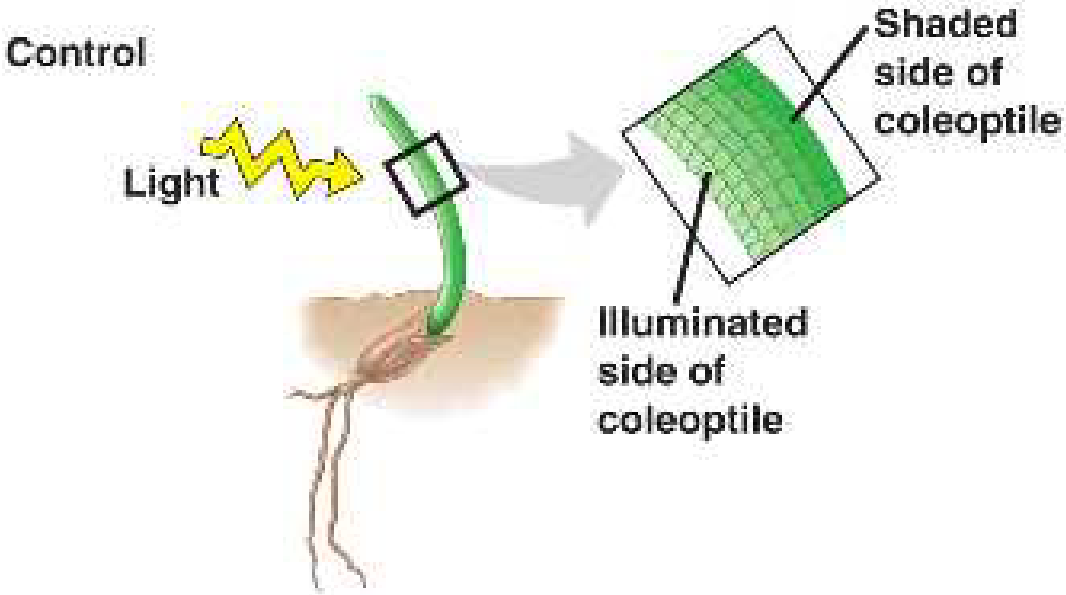
- pohyb k něčemu
  - = pozitivní tropismus
- pohyb od něčeho
  - = negativní tropismus

- např. pozitivní fototropismus = růst směrem ke světlu

Fototropismus

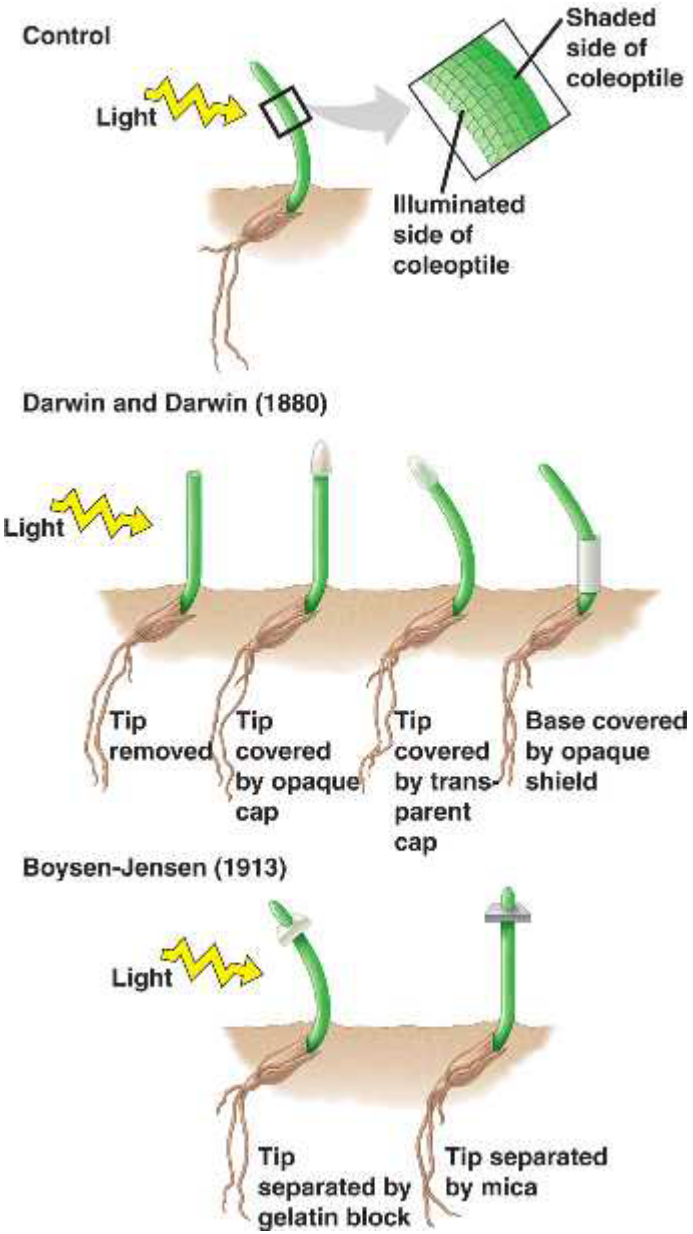
- Růst rostliny směrem ke světlu je nazýván fototropismus. (z řečtiny fotos = světlo, tropos = otáčet) Fototropismus je adaptace, která řídí směr růstu semenáčku nebo prýtu dospělé rostliny směrem ke světlu, které rostlina potřebuje pro fotosyntézu.

- Mikroskopická pozorování rostliny rostoucí ke světlu odhalily buněčný mechanismus který způsobuje fototropismus. Obrázek ukazuje právě vyrostlou trávu otáčející se za světlem, které přichází ze strany. jak ukazuje zvětšený obrázek, buňky na neosvětlené straně jsou větší - prodlužují se rychleji - než buňky na osvětlené straně. Tato rozdílná rychlost růstu na neosvětlené a osvětlené straně rostliny způsobuje, že se stonek otáčí za světlem. Pokud roste rostlina ve tmě nebo pokud je osvětlována stejnoměrně ze všech stran, roste přímo vzhůru.

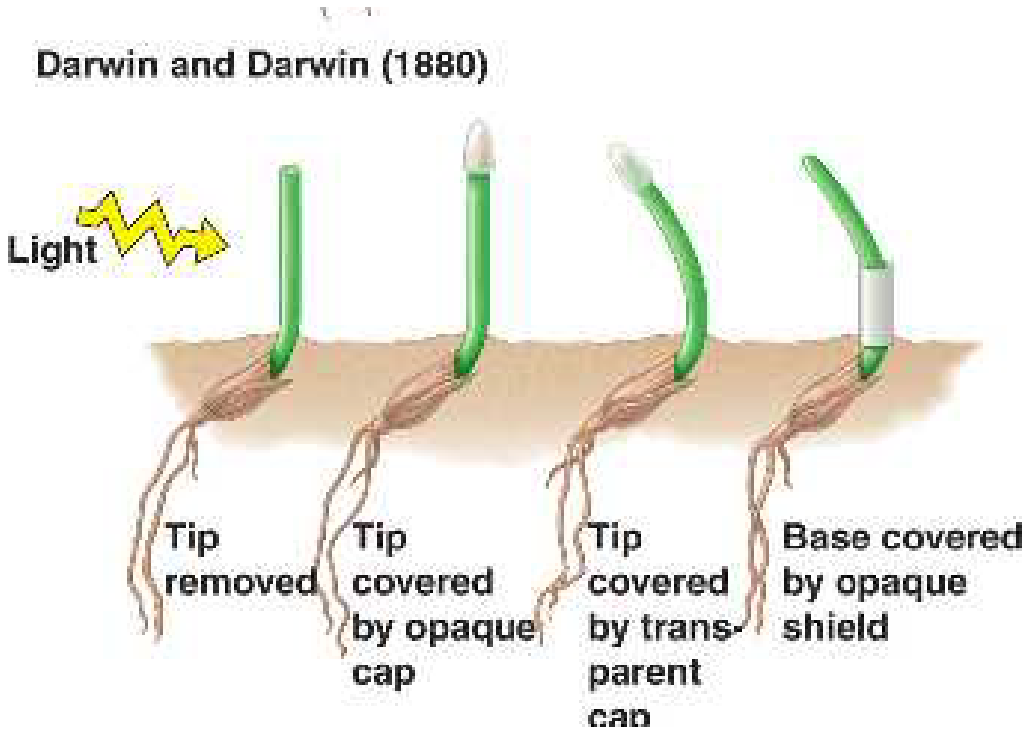


Co stromy vidí?

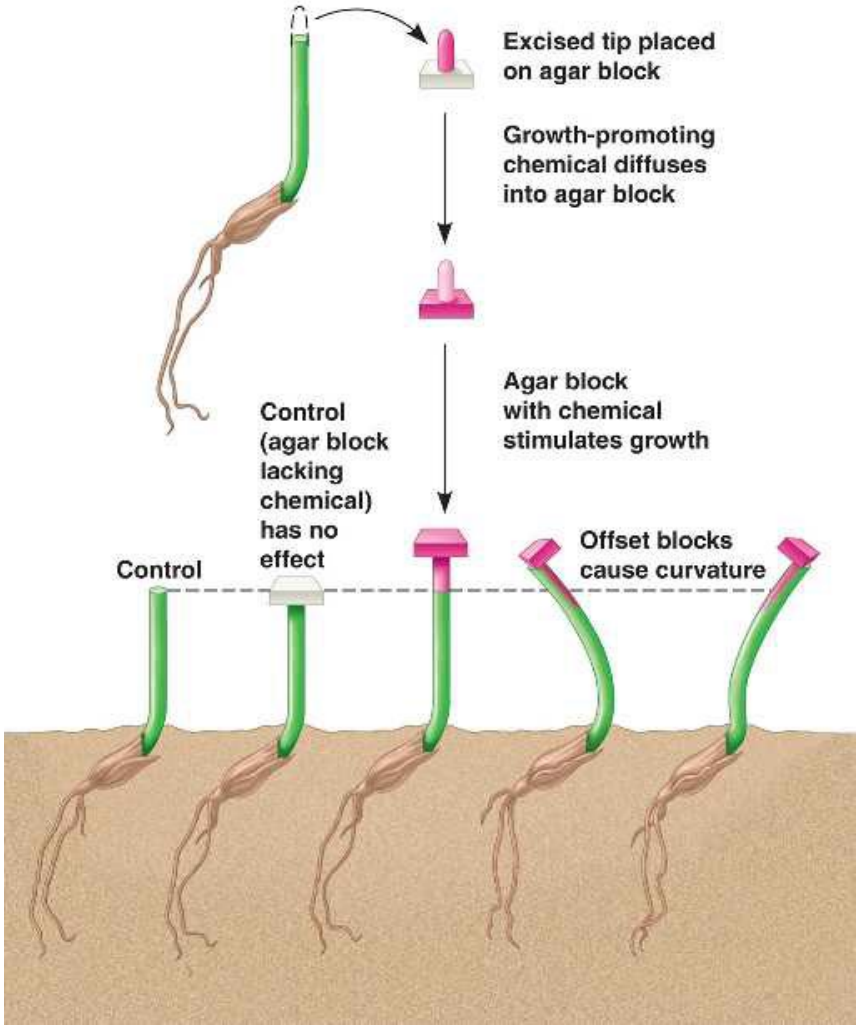
- V roce 1880 Charles Darwin a jeho syn Francis provedli první experimenty týkající se fototropismu.
- rostlina se otáčí za světlem, pouze když je přítomen vrchol stonku.
- Obrázek sumarizuje tyto experimenty



- Rostlina rovněž rostla přímo vzhůru, byl-li stonkový vrchol přikryt neprůhlednou čepičkou. Rostlina se však otáčela za světlem, byl-li stonkový vrchol přikryt průhlednou čepičkou, nebo byla-li stonková báze obalena neprůhledným krytem.



- Went potom testoval účinky těchto agarových bloků na rostlinách s odstraněným stonkovým vrcholem. Tyto pokusy prováděl v naprosté tmě, aby vyloučil jakýkoliv efekt slunečního záření. Nejprve vložil na rostliny s uříznutým vrcholem upravené agarové bloky. Tyto rostliny vykazovaly silný růst přímo vzhůru, na rozdíl od kontrolních rostlin s uříznutými vrcholky a bez agaru.





Xanthium strumarium L.
- rough cocklebur
XAST

Tato rostlina vykvete na severu v Kanadě, kde jsou dlouhé dny a krátké noci. Je-li přesazena na Floridu, nikdy nekvete.

Důležitým faktorem zde ovšem není délka dne, nýbrž délka noci!

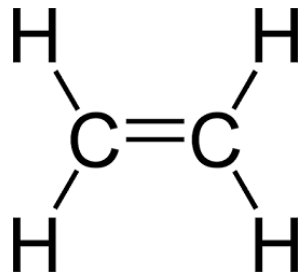
Co stromy cítí?

- Čich rostlin je možno si představit jako množství malých zámků po celém těle rostliny, do kterých zapadají molekuly BVOC (Biogenic Volatile Organic Compounds), organické těkavé sloučeniny biogenního původu, aby získaly z okolního prostředí informace a předaly si je vzájemně i s hmyzem
- všechny vůně vydávané rostlinami jsou „slova“
- v jejich luštění ještě nejsme příliš daleko
  - vydávat vůni stojí energii, musí to tedy k něčemu být
  - problém je podobný luštění egyptských hieroglyfů

Co stromy cítí?

- Rostliny cítí svou vlastní vůni i vůni okolních rostlin.
- Rostliny ví, že jejich ovoce je již zralé, ví, že jejich sousedy ustřihl zahradník, a ví, že soused je konzumován nepřátelským hmyzem; cítí to.

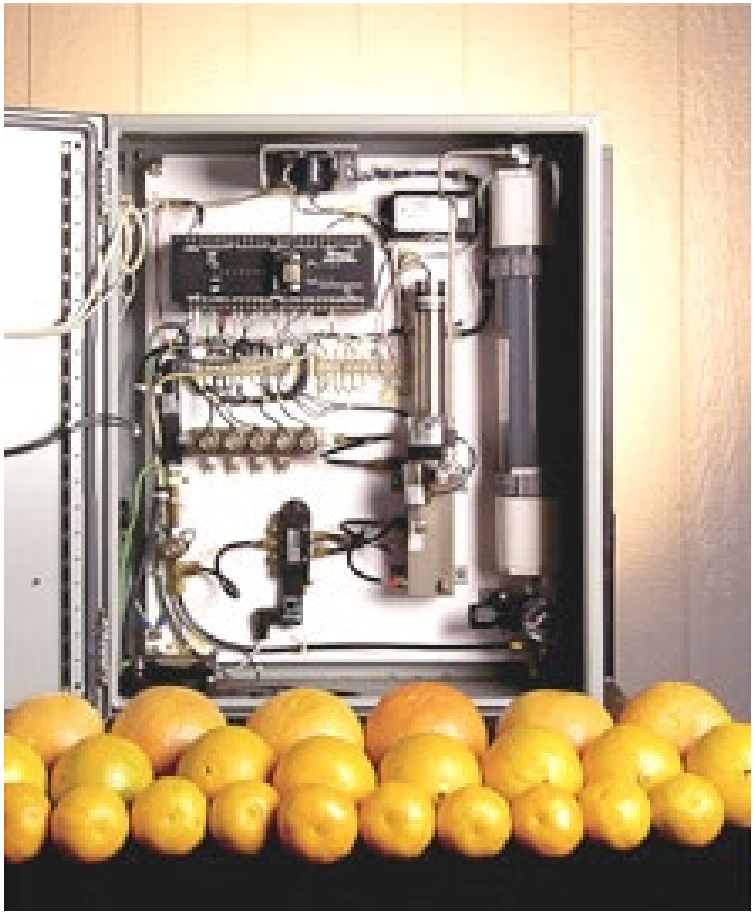
Ethen



- je universální rostlinný hormon odpovědný za dozrávání plodů.
- Etylén (=ethen) produkovaný dozrávajícím jablkem zajistí, aby celé jablko dozrálo rovnoměrně; zajistí ovšem i to, aby začala dozrávat i ostatní jablka.

Etylen

- experimentální výzkum dozrávání citrusů v etylénové atmosféře



Etylen

- rovněž napomáhá při apoptóze – programované buněčné smrti
- má rovněž funkci při opadu listů
- na podzim listy produkují stále méně auxinů a změna poměru etylén/auxin způsobí opad
- ještě před opadem se ale veškeré využitelné látky z listu stáhnou do kmene aby byly použitelné pro tvorbu nového listu příští jaro

Etylen

- kolem roku 1800 začalo veřejné osvětlení používat svítiplyn
- únik tohoto plynu z městských luceren způsobilo, že okolní stromy shodily listí předčasně
- rostliny samy vylučují tento plyn jako odpověď na stres
  - sucho
  - záplavy
  - mechanický tlak
  - zranění a infekce

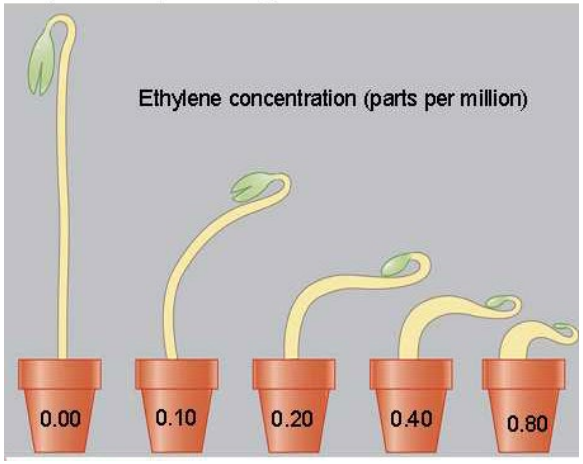
Etylen – odpověď na mechanický tlak

- může se stát, že klíčící rostlinka hrachu narazí zespodu na kámen, takže nemůže růst vzhůru
- v odpověď na dotek je vylučován etylen, který zpomalí elongaci, způsobí ztloustnutí stonku a jeho horizontální růst
- pokud tlak shora pokračuje, pokračuje i produkce etylenu
- pokud tlak přestane a rostlina obroste kámen, koncentrace etylenu poklesne…
- …a rostlinka roste přímo vzhůru

Etylen – odpověď na mechanický tlak

- je třeba si uvědomit, že zpomalení etiolizace, ztluštění stonku a horizontální růst nevyvolá ani tak mechanický tlak sám, jako spíš vylučovaný etylén
- etylén pokusně aplikovaný bez překážky způsobí tutéž reakci!



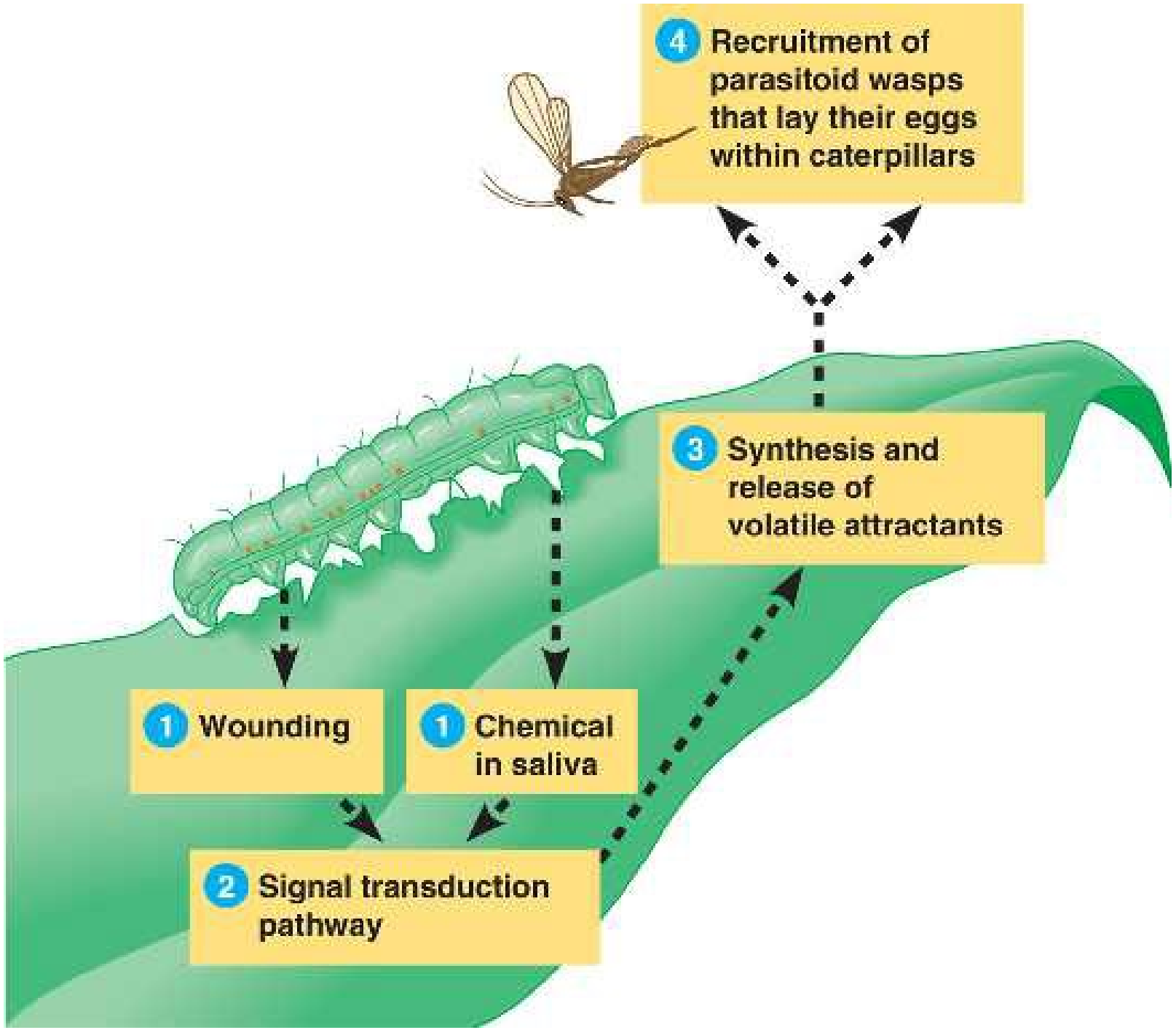


Cuscuta pentagona



Cuscuta pentagona

- Cuscuta nikdy neroste směrem k prázdnému květináči nebo ke květináči s umělou rostlinou.
- Cuscuta naopak roste směrem k chomáči gázy napuštěném extraktem z rajčete.
- Pokud si Cuscuta může vybrat mezi rajčetem a pšenicí, Cuscuta volí rajče.


4 Recruitment of parasitoid wasps that lay their eggs within caterpillars
3 Synthesis and release of volatile attractants
1 Wounding
1 Chemical in saliva
2 Signal transduction pathway

Co stromy cítí?

- Listy, které jsou právě konzumovány hmyzem uvolňují do vzduchu prchavé chemikálie, a květy (které nejsou přímo atakovány hmyzem) produkují nektar, který láká členovce konzumující tento hmyz.
- Spásané a zdravé listy stejné rostliny obsahují zhruba stejné množství těchto prchavých chemikálií, ovšem vzduch kolem zdravých listů tyto chemikálie neobsahuje.
- Ovšem vzduch kolem zdravých listů fazole obsahuje tyto prchavé chemikálie ve chvíli, kdy je sousední rostlina napadena a spásána hmyzem.

Co stromy cítí?

- Sousední rostlina naslouchá olfaktorické konverzaci okolní rostliny, což jí poskytuje důležité informace o tom, jak se sama chránit.
- Rostlina je schopna zachytit chemikálie z okolního vzduchu a přeměnit tento signál (i když nemá nervy) do fyziologické odpovědi organismu.

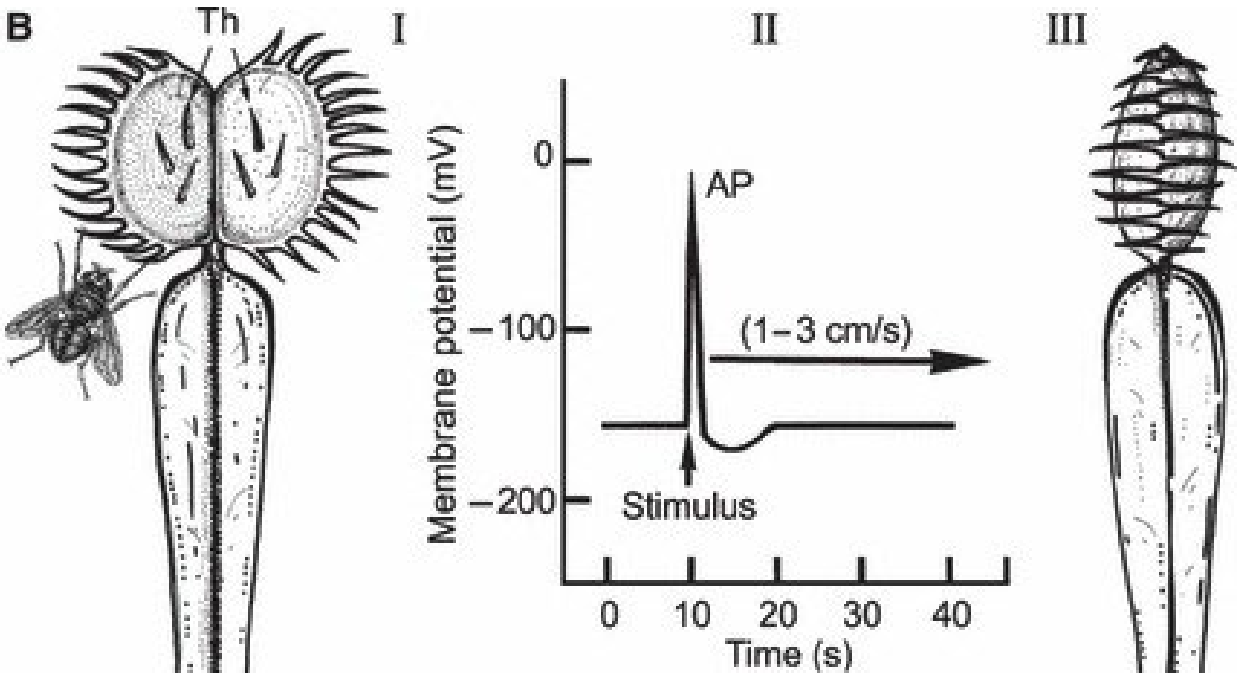
Vnímají stromy dotek?

- rostliny cítí přímý kontakt: některé rostliny, jako je vinná réva, okamžitě začnou růst směrem k objektu jako je drát plotu a vinou se kolem něj.

Dionaea muscipula



Dionaea muscipula





Dionaea muscipula



Dionaea muscipula

- Ovšem dotek jen jednoho vlásku je málo pro sklapnutí pasti; studie ukázaly, že musí být dotčeny dva vlásky a doba mezi jedním a druhým impulsem nesmí být větší než 20 sekund.
- tento signál zaručuje, že kořist je správné velikosti a neuteče, až past sklapne.



Mimosa pudica







Xanthium strumarium L.
Řepeň durkoman
XAST

Frank Salisbury se rozhodl změřit, o kolik list naroste za den; měřil tedy denně pravítkem délku listu.

K jeho překvapení měřený list nikdy nedosáhl obvyklé délky.

Nejenom to, měřené listy začaly žloutnout a zemřely.

Okolní neměřené listy rostly normálně.

Vnímají stromy dotek?

- V jednom experimentu, mající za cíl ozřejmit vliv rostlinného hormonu gibberelinu, Janet Braam polila listy Arabidopsis tímto hormonem a zkoumala, které geny se zapnou.
- Některé geny se skutečně zapnuly a počaly se přepisovat, badatelka logicky předpokládala, že se jedná o vliv gibberelinu.

Vnímají stromy dotek?

- Ukázalo se ovšem, že se geny zapnou i v situaci, kdy je list polit jakýmkoli roztokem, dokonce i vodou.
- Rozhodující vliv na zapnutí genů má fyzický dotek listů, nikoli gibberelin.
- V pokračování experimentu již listy nebyly ničím polévány, badatelka se jich jen jednoduše dotkla.
- Geny se skutečně začaly přepisovat.
- Geny byly pojmenovány *TCH* geny.

Vnímají stromy dotek?

- Některé geny se začnou přepisovat, pouze, když list vidí modré světlo.
- některé geny se začnou přepisovat uprostřed noci, některé za největšího horka, některé po bakteriálním útoku, a jiné jako odpověď na dotek.

- Pokud kořen narazí na překážku, např. kámen, nereaguje nikdy stereotypně. „Osahá“ si překážku a „zvolí“ optimální řešení
- proto jsou mnohé rostliny a stromy schopné žít na skalách

Jak rostlina ví, kde je?

- kořeny rostou dolů a stonek nahoru.
- naše proprioreceptory nám řeknou, kde se nachází jednotlivé části těla, aniž bychom se na ně museli dívat.



Rabbit Key, Florida, únor 2015

Co si strom pamatuje?

Co si strom pamatuje?

- I když je délka dne přesně stejná v dubnu a v září, stromy mezi nimi umí rozlišit. Ví, že je duben, protože si pamatují minulou zimu.
- Studené počasí v zimě spustí procesy vedoucí ke změně struktury histonů, konkrétně dojde k jejich metylaci poblíž genu *FLC* (Flowering Locus C), což způsobí, že chromatin je zkondenzován. Jev vypne přepisování genu *FLC* a strom je schopen kvést.

Co si strom pamatuje?

- tato epigenetická změna je předávána z rodičovských na dceřiné buňky v následných generacích, a FLC gen zůstává inaktivní dokonce i když studené počasí odezní a přijde jaro.
- Jakmile je gen FLC vypnut, rostlina začíná čekat, až se okolní podmínku stanou příhodné pro vykvetení.

Co si strom pamatuje?

- U stromů, které kvetou jen jednou za rok (např. duby), FLC gen musí být reaktivován, jakmile dub vykvetl, aby se zabránilo promiskuitnímu kvetení mimo sezónu; až do chvíle, kdy skončí příští zima.

Inteligence

Inteligentní chování

- = schopnost uskladnit v sobě minulé zkušenosti a takto získanou znalost použít k řešení budoucích problémů.
- zpracování informací, volba, vedoucí k zhodnocení informací a k adaptivním odpovědím.
- adaptivně proměnné chování v průběhu života jedince k rozlišení vrozených od naučených odpovědí. (Stenhouse 1974) (loc. 1556/5069)

Inteligence

- Obvyklý pasivní pohled je, že rostliny rostou podle predeterminovaného genetického programu, jehož tempo může být ovlivněno pouze dostupnými zdroji, potravou.
- Příležitostný environmentální stres rychlost růstu zpomaluje.
- tento omezený pohled je přinejlepším aplikovatelný pouze na rostliny žijí v extrémních podmínkách jako jsou pouště nebo polární oblasti, kde je kompetice mezi sousedními rostlinami minimální nebo žádná a prostředí se nemění nebo se stále mění ale je po většinu času silně stresující. (loc.1578/5069)

Inteligence

- Pokud ale rostliny čelí kompetici od svých sousedů a od jiných organismů v proměnném abiotickém prostředí, inteligentní chování je nezbytností, a nikoli luxusem.
- Rostliny se aktivně snaží získat ve svém bezprostředním okolí zdroje, jako jsou minerály, světlo a voda.
- Změny v zásobách zdrojů slouží jako signály, aby rostlina přebudovala svůj fenotyp a maximalizovala vytěžování zdrojů.
- současně je rozrůstání fenotypu používáno k tomu, aby rostlina aktivně odebírala zdroje kompetitorům z bezprostředního okolí.

Inteligence

- Aktivní pohled vnímá geny tak, že geny pouze dávají mantinely možným fenotypickým změnám, a nejsou rigidními determinanty vývoje (Sultan 2000)
- O zdroje je v divočině souboj a zdrojů je málo, rostliny tak mají mnoho strategií, jak o ně účinně bojovat.

Inteligence

- Kořeny rostou podél gradientů výskytu minerálů a vlhkosti, rostou rychle do kapes obsahujících zdroje a regulují zisk iontů a vody v optimální rychlosti. (loc.1600/5069)

Inteligence

- Rostliny jsou spásány živočichy. Decentralizovaná morfologie tak umožňuje přežití, zatímco komplexní diferenciace funkcí by byla zranitelná i při malém poškození

Inteligence

- Rostliny jsou komplexní, sensitivní organismy, které umí zpracovávat informace.
  - Takovýto obraz vyvstal během posledních několika desítek let.
- Ovšem toto chování je pro nás neviditelné, neboť probíhá na odlišné časové škále než je ta naše a bez detailní, trpělivé a pečlivé práce jej nelze zachytit.

Inteligence

- Naším dalším omezením je představa, že pouze organismy mající mozek mohou být inteligentní.
- Tato velmi surová forma radikálního šovinismu je jak antropocentrická a také přiřazuje nervovým buňkám jakýsi zvláštní typ vitalistické kvality.

Inteligence

- Pokud ale rostliny čelí kompetici od svých sousedů a od jiných organismů v proměnném abiotickém prostředí, inteligentní chování je nezbytností, a nikoli luxusem.
- Rostliny se aktivně snaží získat ve svém bezprostředním okolí zdroje, jako jsou minerály, světlo a voda.
- Změny v zásobách zdrojů slouží jako signály, aby rostlina přebudovala svůj fenotyp a maximalizovala vytěžování zdrojů.
- současně je rozrůstání fenotypu používáno k tomu, aby rostlina aktivně odebírala zdroje kompetitorům z bezprostředního okolí.

Inteligence

- Stenhouse (1974) v jedné diskusi popsal evoluční inteligenci jako „adaptivně variabilní chování v průběhu života jedince“ s učinil tak v pokusu popsat rozdíl mezi vrozeným chováním a inteligencí.
- …je pravděpodobnější, že vrozené chování vzniklo z inteligentního chování, tedy že původní je inteligentní chování, ze kterého vzniklo vrozené genetickou asimilací. (loc. 1429/5069)

Inteligence

- V půdě, kde žije několik jedinců je rovněž silná prostorová segregace mezi kořenovými systémy různých jedinců. Kompetitivní kořeny různých jedinců, rostoucích v blízkosti, se snaží vyhnout vzájemnému kontaktu a pokud je kontakt vynucený, přestávají růst.
- Za tuto prostorovou segregaci jsou jistě odpovědné architektonická omezení kořenového růstu, alelopatické chemikálie a pružné odpovědi na kompetici.
- Jsou ovšem silné důkazy, podle kterých jsou rostliny silně teritoriální, energicky okupují svůj prostor a zabraňují do jeho vstupu jiným rostlinám.
- kořenový systém jedné rostliny minimalizuje kompetici mezi vlastními kořeny, stejně jako minimalizuje kompetici zastínění svých vlastních listů. (loc1686/5069)

- Pokud badatelé (Gruntman and Novoplansky 2004) rozdělili jednu rostlinu do odlišných klonů, aby zjistili, zda nebo kdy jsou jednotlivé klony schopny rozeznat self od nonself a začít kompetitivní růst kořenů.
- Každý odlišný klon rostliny se naučil rozpoznávat kořeny svých klonů jako cizí v průběhu několika týdnů po oddělení. (loc. 1698/5069)

Spolupráce s mravenci

Serengeti, Tanzánie, únor 2016





Chování

- = smysluplný pohyb, který můžeme pozorovat a u kterého chápeme jeho důvod.
- Když se živočichové pohybují se smysluplným účelem, například když lev pronásleduje zebru, jedná se o chování.

Trewavas, A., (2015) *Plant Behaviour and Intelligence.* 1st ed. Oxford University Press. Oxford, UK. p. 14

- Rostliny jsou komplexní, sensitivní organismy, které umí zpracovávat informace. Takovýto obraz vyvstal během posledních několika desítek let.
- Ovšem toto chování je pro nás neviditelné, neboť probíhá na odlišné časové škále než je ta naše a bez detailní, trpělivé a pečlivé práce jej nelze zachytit. (loc1385/5069)

Rhizosféra

- Mikrobiální diverzita asociovaná s rostlinnými kořeny je nesmírná, v řádu desítek tisíc druhů. Tato komplexní mikrobiální komunita asociovaná s rostlinnými kořeny je klíčovým faktorem pro zdraví rostliny a tato komunita je nazývána druhým genomem rostliny. Poslední studie prokázaly, že rostlina je schopna ovlivnit složení svého mikrobiomu rostoucího v rhizosféře, což je doloženo faktem, že různé druhy rostlin rostoucí v téže půdě mají odlišnou mikrobiální komunitu.

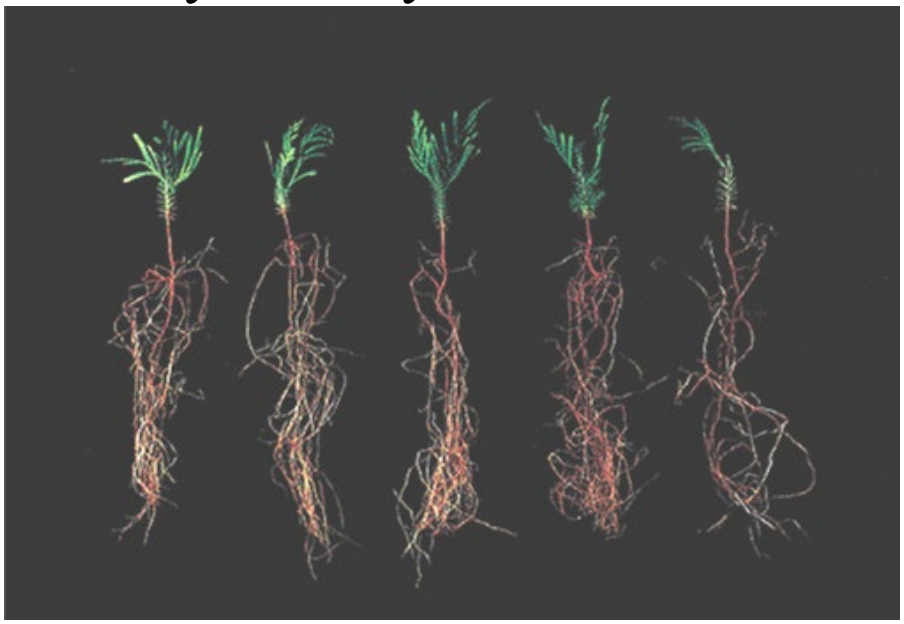
- Berendsen, R.L., Pieterse, C.M.J., Bakker, P.A.H.M., (2012) The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends in Plant Science*. Volume 17, Issue 8, August 2012, Pages 478–486

Rhizosféra

- Rhizosféra, což je úzká zóna půdy ovlivněná sekrety kořene, může obsahovat až 10^{11} mikrobiálních buněk v gramu země a víc než 30 000 druhů prokaryot. Kolektivní genom této mikrobiální komunity je mnohem větší než genom rostliny samotné a mluví se o něm jako o druhém rostlinném genomu.

Mykorrhiza

Bez mykorrhizy



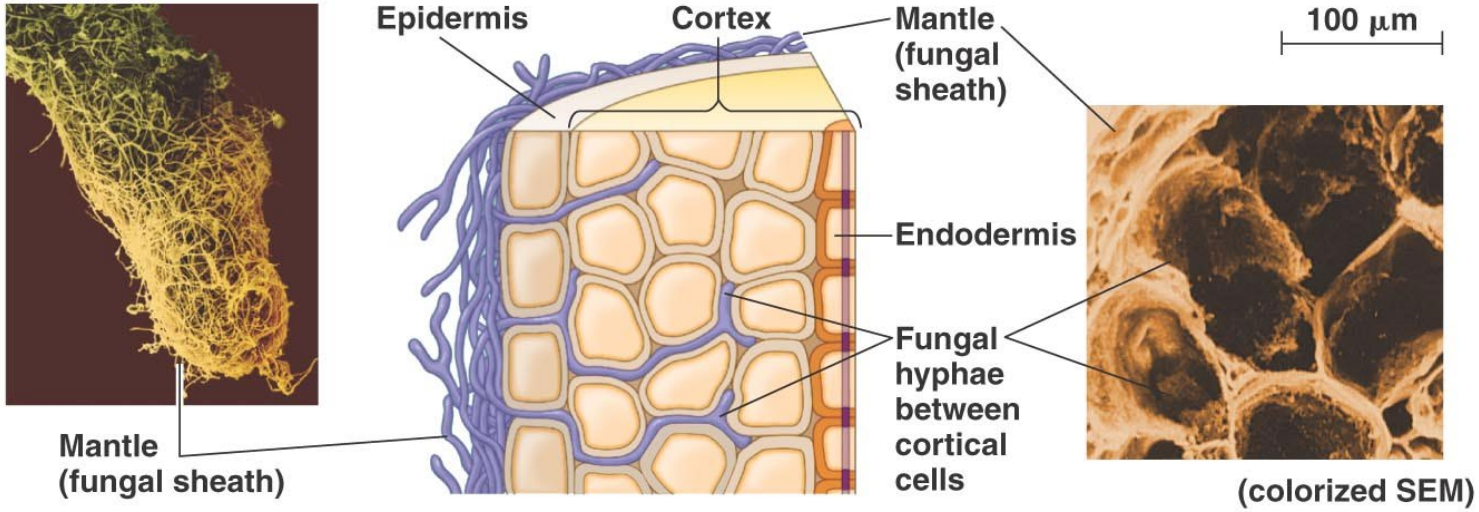
S mykorrhizou



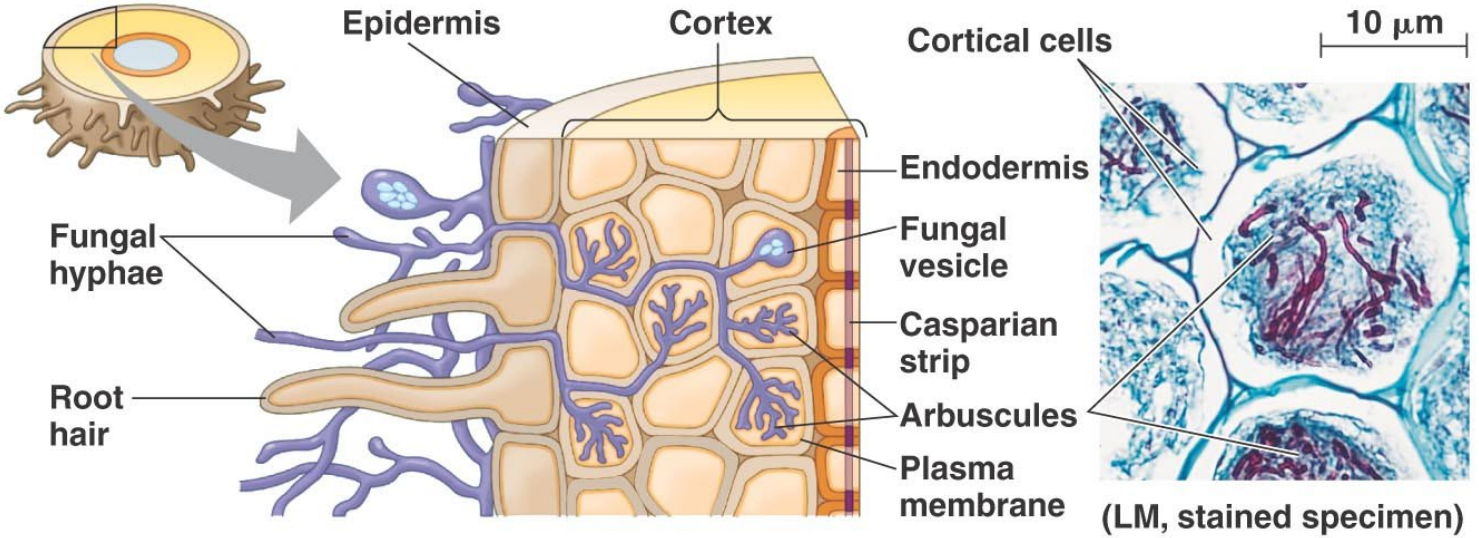
Endomykorrhiza = hyfy pronikají do buněk rostliny. Známá u 80% cévnatých rostlin; především Zygomycota

Ektomycorrhiza = hyfy pouze obalují kořínky, ale nepronikají dovnitř buněk. Především basidiomycota, někdy i Ascomycota (lanýž)

Ektomykorrhiza a Arbuskulární mykorrhiza



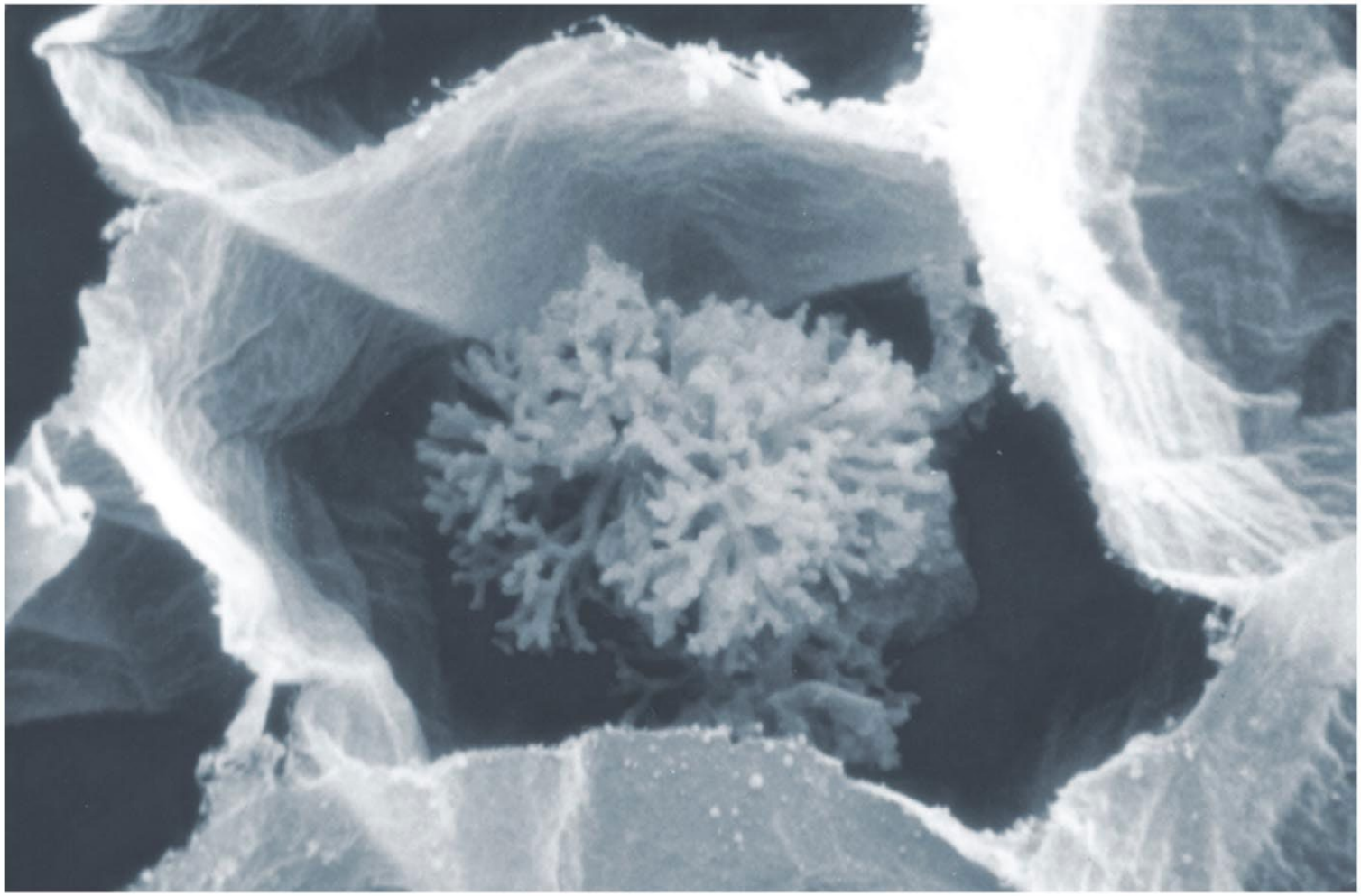
(a) Ectomycorrhizae



(b) Arbuscular mycorrhizae (endomycorrhizae)

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Arbuskulární mykorrhiza



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

- v listech a stonku jedné rostliny jsou desítky až stovky druhů hub.
- hyfy jsou mezi buňkami a pomáhají rostlině bojovat s infekcemi.
- houby dokáží rozložit lignin, skálu, surovou ropu, umělou hmotu polyuretan, výbušninu TNT 5
- mnoho druhů žije nyní v reaktoru v Černobylu. Několik druhů tolerantních k radioaktivitě dokonce roste k „horkým“ částicích a zřejmě využívají radioaktivitu jako zdroj energie, tak, jako rostliny využívají slunce. 5
- Fungi vytvářejí 50 megatun spor každý rok, což je asi 500 000 plejtváků, spory i ovlivňují počasí tvořením základů dešťových kapek 6

Mycelium

- není věc, spíše proces
- tělo bez tělního plánu
- u některých druhů je elektricky excitovatelné a produkuje ve vláknech vlny elektrické aktivity podobné akčním potenciálům v nervových buňkách savců.
- *Coprinus comatus*, hnojník obecný, je schopen prorazit asfalt a zvednout dlažební kostky, ačkoli není utvořen z pevného materiálu 7

- Sheldrake, M., (2020) *Entangled Life. How Fungi Make Our Worlds, Change Our Minds, and Shape Our Futures.* Vintage. Penguin Random House UK. London. str. 7



Coprinus comatus

Schizophyllum commune

- Některé houby mají desítky tisíc typů párovacích typů, což přibližně odpovídá našim pohlavím (rekordmanem je Klanolístka obecná, *Schizophyllum commune*, která má více než 23 000 párovacích typů, z nichž každý je sexuálně kompatibilní s téměř všemi ostatními).

- Sheldrake, M., (2020) *Entangled Life. How Fungi Make Our Worlds, Change Our Minds, and Shape Our Futures.* Vintage. Penguin Random House UK. London. str. 39





Schizophyllum commune, Klanolístka obecná

Latest Issues

SCIENTIFIC AMERICAN

Sign In

Why Nature Prefers Couples, Even for Yeast

Some species have the equivalent of many more than two sexes, but most do not. A new model suggests the reason depends on how often they mate

By Jordana Cepelewicz, Quanta Magazine on July 20, 2018



The fan-shape fungus *Schizophyllum commune* has more than 23,000 mating types, each one capable of finding partners among hundreds of other types. Credit: Sascha Vancauwemberg *Getty Images*

READ THIS NEXT

GEOLOGY
Egypt's Iconic Sphinx May Hav
Natural Carving by the Wind
Owen Jarus and LiveScience

GENETIC ENGINEERING
Why Does This Hybrid Monkey
Green?
Meghan Bartels

CLIMATE CHANGE
U.S. Hits Carbon Tech Milesto
First Direct-Air Capture Facilit
Corbin Hiar and E&E News

Hlenka *Dictyostelium discoideum* má tři párovací typy. Každý typ se může pářit s členy ostatních dvou.

Coprinellus disseminatus jich má 143, přičemž každý z nich si může najít partnera mezi 142 ostatními.

Schizophyllum commune jich má více než 23 000 (i když v její složitější reprodukční strategii se ne každý typ může pářit s jakýmkoli jiným).

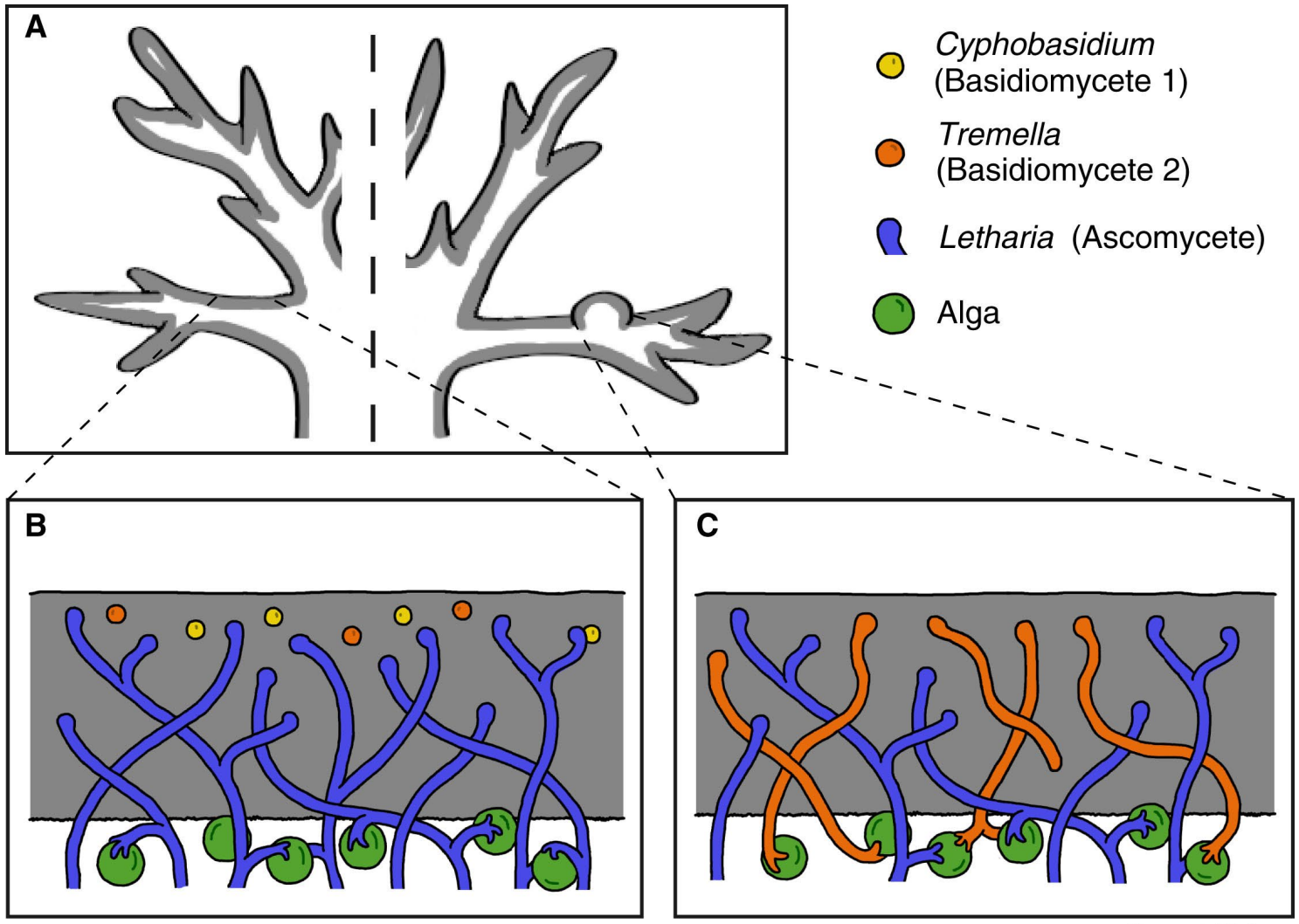
https://www.scientificamerican.com/article/why-nature-prefers-couples-even-for-yeast/

- Mycelium je tělo bez tělního plánu. 55
- Fragment mycelia může regenerovat celou síť, což znamená, že jediný jedinec mycelia - pokud máte dost odvahy použít toto slovo - je potenciálně nesmrtelný. 56
- Některé organismy, ke kterým patří většina živočichů, hledají potravu v okolním světě a vkládají ji dovnitř svého těla, kde ji tráví a vstřebávají. Houby mají jinou strategii. Tráví svět tam, kde je, a pak ho vstřebávají do svého těla. Jejich hyfy jsou dlouhé a rozvětvené a jsou tlusté pouze na jednu buňku. 56-57





Letharia vulpina, Větvičník žlutý


A
B
C
Cyphobasidium
(Basidiomycete 1)
Tremella
(Basidiomycete 2)
Letharia (Ascomycete)
Alga
Current Biology

- není možné poskytnout jedinou stabilní definici toho, co to vlastně lišejník je.
- Existuje tedy celá vědecká disciplína, která nedokáže definovat, co vlastně studuje. 101
- V rámci lišejníků některé bakterie zajišťují obranu, jiné vytvářejí vitamíny a hormony. 101
- Nejméně 8 procent lidského genomu má původ ve virech.

- Houby jsou zkušení strážci této divočiny a mohou se živit způsobem, jakým rostliny nedokážou. Díky tomu, že rostliny hostí houby ve svých kořenech, získávají rostliny mnohem lepší přístup ke zdrojům živin. 139
- Nejkvalitnější exempláře pocházejí z doby před přibližně 400 miliony let a nesou v sobě nezaměnitelný otisk mykorhizních hub. 140
- Mykorrhizní hyfy jsou padesátkrát tenčí než nejtenčí kořeny a mohou až stokrát přesáhnout délku kořenů rostliny. 141
- Mykorrhizní houby pomáhají rostlinám zvládnout sucho, horko a mnohé další nepříznivé podmínky, které život na souši představuje od samého počátku, stejně jako symbiotické houby, které žijí v listech a stoncích rostlin. To, čemu říkáme "rostliny", jsou ve skutečnosti houby, které se vyvinuly k pěstování řas, a řasy, které se vyvinuly k pěstování hub. 142

- Mykorrhizální vztah: je to způsob života, který se vyvinul více než šedesátkrát nezávisle na sobě v různých houbových liniích od doby, kdy řasy poprvé migrovaly na souš. 147
- Pomocí informací z patnácti až dvaceti různých smyslů výhonky a listy rostliny prozkoumávají vzduch a upravují své chování na základě neustálých jemných změn v okolí. 150
- V jedné sadě pokusů byly kořeny rostlin schopny přednostně dodávat uhlík těm liniím hub, které jim poskytovaly více fosforu. Na oplátku houby, které dostaly od rostliny více uhlíku, jí poskytly ještě více fosforu.

Involution

- Involuce = propletený vztah organismů, které neustále vymýšlejí nové způsoby, jak žít spolu a vedle sebe". 158
- Mykorhizní houby nejsou zabudovány do semen rostlin. Rostliny a houby tak musí své vztahy neustále vytvářet a přetvářet. Involuce probíhá neustále a je extravagantní: vzájemným sdružováním všichni účastníci se dostávají za své předchozí hranice. 158
- Mykorhizní mycelium je lepkavý živý šev, který drží půdu pohromadě; odstraňte houby a půda se odplaví. 161
- hnojiva: skončili jsme s "rozmazlenými" rostlinami, které téměř ztratily schopnost spolupracovat s houbami.

Wood Wide Web

problematická metafora

- Na jaře, když se doposud bezlisté bříze nalévaly pupeny, se bříza se chovala jako příjemce a z jedle do ní proudil uhlík.
- V létě, když byla bříza plně olistěná a jedle se ocitla v zastíněném podrostu, se směr toku uhlíku změnil a směřoval z břízy do jedle.
- Na podzim, když bříza začala shazovat listí, si stromy opět vyměnily role a uhlík proudil z jedle do břízy.
  - zdroje se přesunovaly z oblastí hojnosti do oblastí nedostatku. 175

Wood Wide Web

problematická metafora

- Věnování větší pozornosti zvířatům než rostlinám způsobuje, slepotu člověka k rostlinám. Věnování větší pozornosti rostlinám než houbám nás činí slepými k houbám. Houba je živý organismus se svými vlastními zájmy, je to aktivní hráč v systému.177
- Tyto názory se mi nelíbí, protože vykreslují houby jako potrubí. 177
- Wood Wide Web je problematická metafora i z jiných důvodů. Představa, že vůbec existuje jediný druh Wood Wide Webu, je zavádějící. 178
  - je to „rostlinocentrická“ metafora sugerující, že rostlina je webová stránka a houby jsou dráty propojující jednotlivé servery. Rostliny jsou routery a houby jsou kabely.
- Řada rostlinných druhů produkuje chemické látky, které zakrňují nebo zabíjejí rostliny rostoucí poblíž. 180
- Společná mykorhizální síť ovlivňuje nejen vztah mezi dvěma rostlinami, ale také vztah mezi dvěma rostlinami, mšicemi, které jim škodí a vosami, které jim prospívají protože hubí mšice. 182

- Někteří tyto systémy popisují jako formu „socialismu“, pomocí níž lze přerozdělovat bohatství lesa.
- Jiní se inspirují rodinnými strukturami savců a rodičovskou péčí, kdy mladé stromy jsou vyživovány houbovými propojeními staršími a většími "mateřskými stromy".
- Někteří popisují sítě v termínech „biologických trhů“, v nichž jsou rostliny a houby zobrazeny jako racionální ekonomičtí hráči obchodující na půdě ekologické burzy, kteří se zapojují do "sankcí", "strategických obchodních investic" a "tržních zisků". 235

Mutualismus +/+



Mutualismus mezi rostlinou (*Fabaceae*) a bakterií (*Rhizobium*) žijící v nodulech na kořenech

Rostliny

- mikrobiom endosphery
  - uvnitř těla rostliny
  - jen několik druhů
  - rhizobia žijící v nodulech vikvovitých
    - *Rhizobium leguminosarum 33*
    - funkční nodul vzniká asi 4 týdny
  - mykorrhizální fungi, arbuskulární mykorrhiza (AM-fungi)
    - získávají z půdy fosfor, dostávají cukry 31
- povrch prýtu
  - málo druhů
- povrch kořenů – rhizobiom (mikrobiom rhizosféry)
  - velký počet druhů 28

- gram půdy obsahuje 5 miliard bakterií, víc než 10 000 druhů

Rostliny

- rostlina využívá 20% nafotosyntetizovaného uhlíku k tomu, aby vyrobila cukry, které pak exuduje z kořenů.
  - z kořenů jsou uvolňovány cukry a aminokyseliny, což láká bakterie a hyfy hub
  - z kořenů jsou ovšem také uvolňovány antimikrobiální láty, které jiné druhy odpuzují 29
- kořeny A. thaliana vylučují na 50 různých látek, triterpenů, některé lákají bakterie, jiné odpuzují

Závěr I.

- Stromy si jsou velmi vědomy svého okolí; odlišují mezi červeným, modrým a tmavě červeným světlem, UV světlem a odpovídají podle toho, co vidí.
- Detekují vůně, kterými jsou obklopeny a jsou schopny odpovědět i na nepatrnou změnu koncentrace prchavých chemikálií v okolním vzduchu.
- Jsou vědomy doteku a umí rozlišit mezi různými typy doteků.
- Jsou si vědomy gravitace; umí změnit svůj tvar v závislosti na gravitaci, stonek roste vzhůru a kořeny dolů.
- Jsou vědomy své minulosti: pamatují si minulé infekce a počasí, které zakusily a na základě těchto poznatků mění svou fyziologii.

Závěr II.

- sdílíme svou biologii se šimpanzi a se psy, ale také s kaštanovníky a buky.
- Když s díváme na strom, díváme se na to, co za určitých stochastických událostí v minulosti, mohl být náš vlastní osud.
- Díváme se totiž na další možný výstup evoluce, na výsledek vývoje evoluční větve, která se oddělila před dvěma miliardami let.

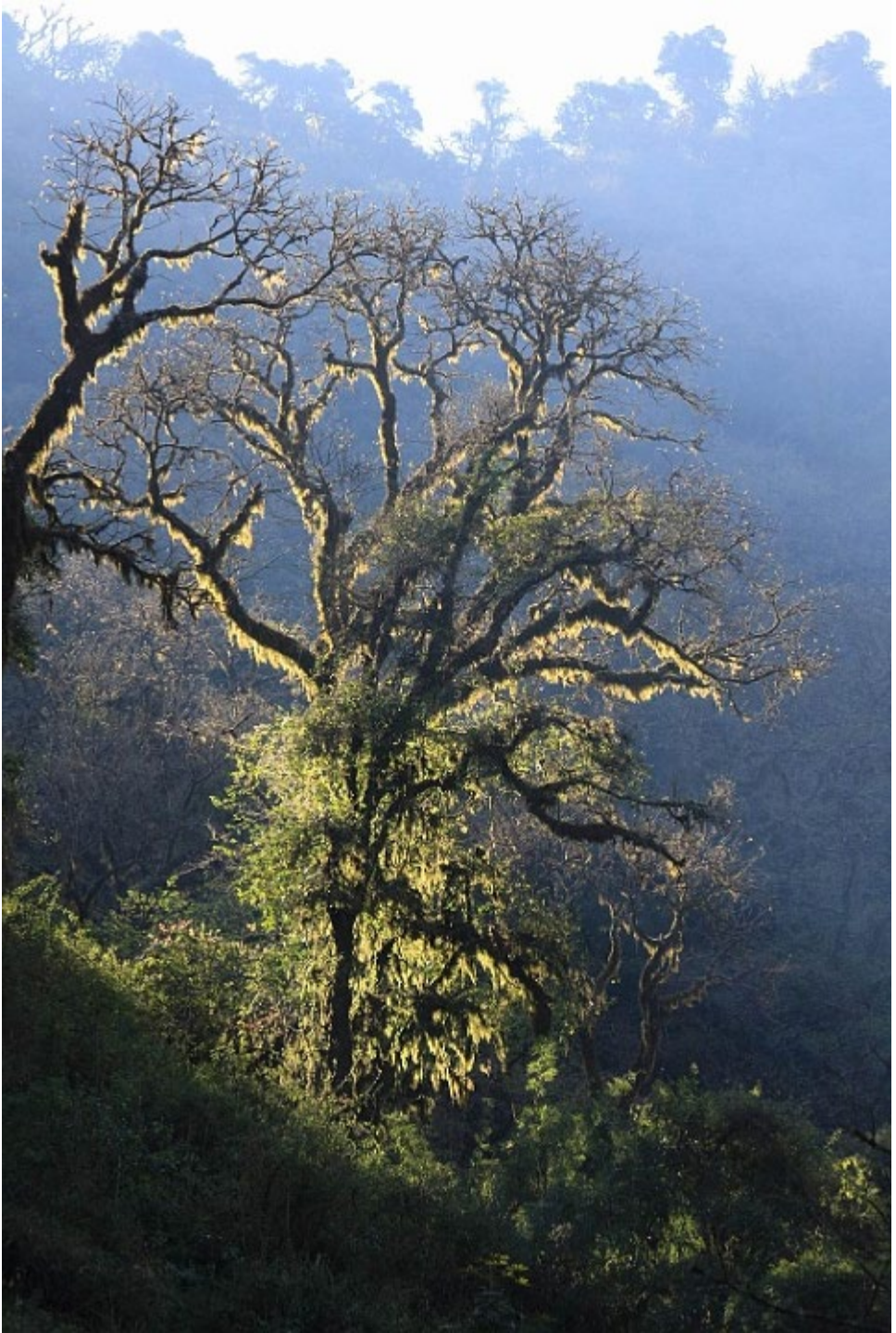
Fagaceae (Bukovité)

Castanea sativa



- Nicméně rád bych se dozvěděl, co je to si za pocit být zakořeněn na jednom místě, sát minerály skrze kořenová vlášení, jež se sama podle chuti rozprostírají temným hustým podzemím, a zároveň svým jehličím během dne pít sluneční světlo? Jakým pocitem je asi provázena přeměna slunečního světla ve hmotu? Přece nemůžeme opravdu věřit, že se takové proměny dějí bez jakýchkoliv průvodních vjemů – že neexistuje žádné prožívání, které by doprovázelo tuto transformaci!

- Abram, D., (2008) *Procitnutí do živé země.* přel. Jiří Zemánek a Michaela Melechovská. OPS. Nymburk. str. 89



S mnoha díky za pozornost
Marek Vácha

Argentina, 2011