

SMRTÍCÍ
ROSTLINY

Přírodní historie
jedovatých rostlin světa

Elizabeth A. Daunceyová
a Sonny Larsson

SMRTÍCÍ
ROSTLINY







SMRTÍCÍ ROSTLINY

Přírodní historie jedovatých
rostlin světa



Elizabeth A. Daunceyová a Sonny Larsson

VOLVOX GLOBATOR

SMRTÍČÍ ROSTLINY

Přírodní historie nejedovatějších rostlin světa

Dodatečné texty: Sarah E. Edwardsová a Kathryn Harkupová
Design Lindsey Johnsová

copyright © Quarto Publishing plc
translation © Tomáš Braun, 2019
copyright českého vydání © Volvox Globator, 2019

Z anglického originálu *Plants That Kill: A Natural History of the World's Most Poisonous Plants*
vydaného nakladatelstvím Quarto v roce 2018

přeložil Tomáš Braun

Odborná redakce Michal Walter

Jazyková redakce Eliška Ryšavá

Odpovědný redaktor Michal Hrubý

Sazba Veronika Hlavatá

Vydalo nakladatelství Volvox Globator jako svou 1145. publikaci

VOLVOX GLOBATOR

Bořivojova 99, 130 00 Praha 3

www.volvox.cz

Adresa knihkupectví Volvox Globator

Štítiného 16, Praha 3 – Žižkov, 130 00

Veškerá práva vyhrazena. Žádná část této knihy nesmí být reprodukována v jakékoli podobě bez písemného souhlasu majitele práv.

Vytištěno v Číně

Vydání první

ISBN 978-80-7511-464-8 (pdf)

Fotografie vpravo: brugmansie krvavá (*Brugmansia sanguinea*)

Prohlášení

Informace obsažené v této publikaci slouží k účelu vzdělání, k potěše a lepšímu porozumění rozličnosti života rostlin, látek jimi produkovanych a účinků, které tyto látky mají na živočichy a především na člověka. Důvodem k napsání této knihy bylo seznámit čtenáře právě s tímto druhem informací. Autoři a vydavatel nedoporučují ani nenabádají k jakémukoli užívání rostlin a jejich specifických látek zde popsaných. Zároveň nenesou jakoukoli odpovědnost za případné zneužití uváděných informací k aplikaci těchto látek, ani za případné následky plynoucí ze zvědavosti čtenářů, nebo dokonce záměrů nezákonně uskodit. Pokud některá z jedovatých rostlin není v publikaci uvedena, neznamená to, že není toxická. Zároveň kniha neslouží pro diagnostikování intoxikace. V případě podezření na otravu jedovatou látkou z určité rostliny je nutné okamžitě vyhledat lékařskou nebo veterinární pomoc a přinést s sebou část rostliny, která potíže způsobila.



Obsah

ÚVOD 8



KAPITOLA 1
PROČ JSOU NĚKTERÉ ROSTLINY TOXICKÉ? 10



KAPITOLA 2
CÍLE V NAŠEM TĚLE 28



KAPITOLA 3
SRDEČNÍ ZÁLEŽITOST 44



KAPITOLA 4
ŠTĚPENÍ MOZKU 62



KAPITOLA 5
VÍC NEŽ JEN SLABOST V KOLENOU 90



KAPITOLA 6

O PŘÍČINÁCH PODRÁŽDĚNÍ

106



KAPITOLA 7

VNITŘNOSTI NEPOŽEHNANÉ

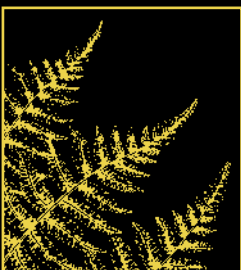
132



KAPITOLA 8

SELHÁNÍ ORGÁNŮ

154



KAPITOLA 9

BUNĚČNÉ JEDY

176



KAPITOLA 10

Z NEPŘÁTEL PŘÁTELÉ

194

REJSTŘÍK 218

GLOSÁŘ 222

DOPORUČENÁ LITERATURA 223

PODĚKOVÁNÍ A OBRÁZKY 224

Úvod

Jedovaté látky produkuje rostliny pro svou ochranu. Někdy je množství jedu tak velké, že dokáže zabít. Metodou pokus/omyl tak naši předkové postupně zjišťovali, které rostliny lze jíst a které jsou škodlivé. Těm druhým se potom vyhýbali, nebo je používali k usmrcení nepřátel, zločinců i zvířat, nebo také jako drogy, s jejichž pomocí vyvolávali sobě nebo svým protivníkům halucinace nebo mučivé stavy. Zatímco povědomí o prospěšnosti nebo škodlivosti rostlin je u široké veřejnosti čím dál nižší, neboť většina z nás nakupuje jídlo v supermarketech, vědecká komunita se v poznávání rostlinných toxinů a jejich účinků posunula hodně kupředu.

ROZSAH

Tato publikace doplňuje texty o fotografie, nákresy a chemické struktury a vzorce, díky čemuž vzniká fascinující přehled o tom, jak a proč (většinou kvetoucí) rostliny vyrábějí jedy (označované také jako toxiny). Z globálního hlediska se zaměřuje na historicky nejvýznamnější, nejzajímavější a nejdůležitější rostlinné druhy, jimi produkované látky a účinky, kterými působí na živočichy, zejména na člověka. Co možná nejsrozumitelnějším způsobem zohledňuje výsledky nejnovějších výzkumů. Daný stupeň toxicity se samozřejmě liší – některé rostliny mohou způsobit jen lehkou nevolnost. My se však zaměřujeme především na ty druhy, které dokáží přivodit smrt – jak také napovídá název knihy. Zahrnuli

jsme také rostliny, které způsobují vážné problémy už při pouhém dotyku. Zatímco velkým živočichům nemusí přímo způsobit smrt, spíše jen celkové oslabení organismu, pro malé živočichy či mikroorganismy je kontakt s nimi často fatální. Kniha nezahrnuje masožravé ani parazitující rostlinné druhy. Vyloučili jsme také většinu hub s výjimkou těch, které účinkují v kombinaci s rostlinami.

DOLE Oleandr obecný (*Nerium oleander*), který je hojně pěstovanou křovinou v oblasti Středozemního moře. Oleandr pravděpodobně způsobil otravu vojska Alexandra Velikého. Vojáci údajně používali větvičky k napichování masa při opékání.



Název

Druh sloučeniny nebo rostliny popsany na dané stránce, někdy také doplněný o indikace a účinky.

Chemické sloučeniny

Struktury hlavních toxických sloučenin obsažených v uvedené rostlině. Účelem těchto informací je osvětlit různorodost sloučenin a poskytnout čtenáři možnost je porovnat.

Obrázky

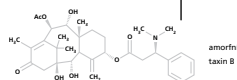
Jedná se obvykle o fotografie zobrazující rostlinu nebo její část. V případě informací o zařazení v rámci určité čeledi jsou použity kresby a barevné ilustrace, a to především v 10. kapitole, která se zabývá medicínským využitím jedovatých rostlin.

Tis červený a vaše srdce

Latinské označení *taxus* používali Římané jako název stromu tis, a tak volba stejného jména pro jedovatý rod, kterou učinil Carl Linné, se zdá být zcela zřejmá. Etymologie tohoto slova v jedné knize o jedovatých rostlinách je zvlášť zajímavá. Píše se zde, že Římané pravděpodobně převzali název od Řeků, kteří slovo *toxikon*, což znamená jed nebo drogu používanou na šípech, odvodili ze slova pro luk (*toxon*). Jelikož tis má skutečně reputaci nejlepšího dřeva pro výrobu luků, je jeho pojmenování jasné. Kruh je uzavřen.

SMRTONOSNÉ JEHLÍČKY

ROSTLINA: Tis červený (<i>Taxus baccata</i> L.)	SYMPTOMY OTRAVY U ČLOVĚKA: ORÉHOVÉ: abnormální srdeční tep
NÁZEV: Tis červený	NEUROLOGICKÉ: rozšíření zorniček, závrať, slabost, kóma
OBECNÝ NÁZEV: tis	ZAŽIVACI: bříní křeče, zvracení
ČELED: Isouvitě (Taxaceae)	
TPY TOXINE: Alkaloid taxin (amorfní taxin B)	



NAHORĚ Amorfni taxin B je diterpenový alkaloid, který vzniká přidáním atomu dusíku do postranního řetězce. Lze jej nalézt v mnoha druzích tisů (*Taxus*) a strukturně je podobný papaverinu užívanému k léčbě rakoviny.

Tis je jednou z mála rostlin popsaných v této knize, kterou lze řadit mezi jehlíčnany. Jak je pro většinu jehlíčnanů typické, i tisy jsou stromy nebo keře s modifikovanými listy, kterým říkáme jehlíčky. Jejich semeno, šiška, je však velmi odlišná od šišky borovice: je jednosemenná. Po dozrání je semeno obklopeno dužnatým obalem ve tvaru pohárku, bobulovitým mískem.

Tisy rostou velmi pomalu a dlouho. Pravděpodobně nejstarší živý tis v Evropě se nachází na hřbitově sv. Cynoga v Delynnogu ve Walesu a předpokládá se, že může být až 5 000 let starý. Existují důkazy, že celý rod tisů je z evolutivního hlediska velmi starý. Triasní fosilii *Paleotaxus rediviva* (asi 200 milionů let stará) lze zřetelně identifikovat jako tis, stejně jako *Taxus jurassica* z období jury před více než 140 miliony lety.

Dnes do rodu *Taxus* zahrnujeme celkem 12 druhů a najdeme je po celém světě, včetně velké části Evropy, severní Afriky, Číny, Filipín a Sumatry, Mexika, Spojených států a Kanady.

Všechny části tisů, s výjimkou dužniny jedlého mísku, obsahují taxinové alkaloidy. Toxicita rostliny se sušením snižuje, takže odězky živých plátů jsou stejně jedovaté jako rostlina samotná. Někteří zástupci vysoké zvěře,

NAHORĚ Vzhledem k odhadovanému stáří 5 000 let je tis červený (*Taxus baccata*) na hřbitově sv. Cynoga v Deathnnogu ve Walesu považován za nejstarší živý strom ve Velké Británii a za nejstarší tis v Evropě.

jako jsou jeleni a daňci, však zelené části tisů bez úhony požírají a totéž je známo také o ovcích. Avšak pokud listy nebo větve požírají ostatní živočichové – včetně koní, skotu, psů a lidí –, otráví se. Hospodářským zvířatům je proto třeba k těmto stromům zamezit přístup.

POTRAVA PRO JEZEVCE

Zralé plody tisů mají želatinovou konzistenci a jsou sladké. Jejich jasné červenou nebo šarlatově oranžovou barvu snadno zpozorují ptáci, kteří je požírají celé včetně semen. Tak se rostlina šíří ptáčím trusem. Také pro děti jsou červené plody tisů lákavé, ale k otrávení dochází zřídka, protože semena jsou poměrně velká (větší než jádřerka hrozňavého vína), a tak je zpravidla vyplivnou.

Vědci Královských botanických zahrad v Kew ve Velké Británii pozorovali jezevce lesní (*Meles meles*), kteří požírali míšky tisů ze země, a dokonce se stavěli na zadní nohy, aby je mohli okusovat ze stromů. Zajímalo je, proč se zvířata neotrávila. Nalezené jamky s jezevčím trusem, které byly plné částečně strávených míšků a očividně neporušených semen, poskytlý možnou odpověď. Aby zjistili, zda se semena v zažvacím traktu jezevce opravu nepoškodí, použili vědci k analýze hmotnostní spektrometrii (LC-MS) v kapalinové chromatografii (která odděluje a měří objem nebo hmotnost sloučenin), a tak mohli určit přítomnost a koncentraci alkaloidů v semenech získaných ze stromů a také v těch, která už prošla zažvacím traktem zvířete. Došli k závěru, že

míra toxicity strávených a nestrávených semen se neliší. Tímto testem také potvrdili, že míšky jedovaté alkaloidy neobsahují. Tvar míšky v trusu jezevce naznačuje, že (stejně jako semena) trávicím systémem jezevce projdou velmi rychle a bez jakéhokoli poškození.

Kapsa plná žita

Anglická spisovatelka detektivek Agatha Christie (1890–1976) byla od roku 1917 kvalifikovanou asistentkou v lékárně a během obou světových válek pracovala ve výdělečném léčném. Měla tak možnost léky a jely používané na počátku dvacátého století poznat a použít je v některém z více než sedesáti detektivních románů, které za svůj život napsala. *Kapsa plná žita* (1953) vypráví o událostech ve Vile u tisů, kde jsou zavražděni bahary Rex Fortescue, jeho manželka i služebná (kteřou vysloužilá americká šlechtka detnov Marpleová). Šlo o první skutečnou vraždu – otravu taxinem. V tomto zamořeném příběhu skrytých identit a generační pomsty musel vrah vyřešit problém hořké chuti tisových toxinů. K zamaskování takto výstražného znamení byl jed smíchán s anglickou marmeládou vyrobenou ze sevillských pomerančů. Její nezbytnou součástí je i jejich nabořilá slupka.

DOLE Spodní část větve tisů (*Taxus baccata*) zobrazující bílé povrch spodní části jehlíček. „Bobule“ zvané arily nebo míšky jsou pozůstatkem zelené, po dozrání mají červenou barvu a obsahují jediné semeno.

AMORFNI TAXIN B

Fakta

Zde naleznete podrobné informace včetně vědeckého názvu rostliny; běžně užívané názvy, které v současnosti neplatí, jsou uváděny v závorce s označením „syn.“ pro označení synonyma. Následují nejpoužívanější názvy, názvy toxinů, které obsahují. V závorkách uvádíme sloučeninu, která má v rostlině největší podíl nebo je nejdůležitější. Dále uvádíme části těla, na něž působí, a symptomy, které způsobuje, a to od nejmírnějších až po ty nejzávažnější. Tyto průvodní jevy se většinou objevují po jediné dávce, vyskytují-li se určité průvodní jevy za jiných okolností nebo mají-li kromě na člověka vliv i na zvířata, je tato informace v popisu uvedena.

Rámečky

Zde jsou zpravidla uvedeny konkrétní případy otravy či naopak informace obecnější povahy.

USPOŘADÁNÍ

Přestože konečný důsledek požití těchto zabijáckých rostlin je vždy stejný, způsob usmrcení se liší podle toho, který orgán či systém v lidském těle je jimi napaden. Tyto rostliny tedy dělíme v závislosti na popisu mechanismu, kdy jedovatá chemická sloučenina napadá ten který orgán, a to hned v úvodu každé kapitoly. Na následujících stránkách zkoumáme konkrétní jedovatou sloučeninu a rostlinné druhy či jejich části, z nichž tato sloučenina pochází. Desátá kapitola se v tomto ohledu poněkud liší, neboť se zabývá sloučeninami, jejichž toxické

účinky lidé využívají v medicíně či jako insekticidy. Některé čeledi jsou zastoupeny neobyčejně jedovatými druhy, ale i rostlinami, které běžně konzumujeme. Tyto informace jsou prezentovány na zvláštních kolorovaných stránkách. Ty poskytují přehledný nástin čeledí, jejich názvy podle aktuální mezinárodní klasifikace (viz str. 219), a propojují tak informace o příbuzných rostlinách, které jsme již zmínili v jiné části této publikace.





KAPITOLA 1

PROČ JSOU NĚKTERÉ ROSTLINY TOXICKÉ?

Býložravcům, pro něž jsou potravou, nebo houbám, bakteriím a dalším mikroorganismům, které je napadají, rostliny nemohou uniknout, a tak potřebují jiný způsob, jak se chránit a bojovat. Jednou z takových strategií je boj chemickými prostředky, při němž rostliny produkují jedovaté a škodlivé sloučeniny, kterými odrazují od spásání a napadení. Tato kapitola se věnuje tomu, co je to vlastně rostlina, a také vysvětluje, jakým způsobem používáme pro popis jejich rozmanitosti klasifikaci a nomenklaturu, proč a jak rostliny produkují toxiny a proč jsou samy vůči těmto jedům imunní.

Diverzita rostlin

Než se podíváme na nejrozšířenější jedovaté rostliny na světě a toxiny, které produkují, musíme se zamyslet nad tím, co vlastně považujeme za „rostlinu“. Tradiční rozdělení živé přírody na pohybující se živočichy a nepohyblivé rostliny v moderním pojetí neobstojí. S vynálezem mikroskopu jsme přišli na to, že jednobuněčné organismy, ač lidskému oku neviditelné, jsou velmi rozmanité. A použitím chemických a také nověji genetických analýz zjišťujeme, že některé přisedlé organismy se více podobají živočichům než rostlinám. Co tedy vlastně definuje rostliny a čím se odlišují od živočichů?

CO JE ROSTLINA?

Mnoho z nás se domnívá, že nejnápadnějším rysem rostlin je zelená barva. Jak bude dále v této kapitole probráno, je to důsledek toho, že mají schopnost fotosyntézy, což je proces, díky kterému rostliny využívají energii slunečního záření k přeměně oxidu uhličitého a vody na cukry. Avšak tento proces, při němž jako vedlejší produkt vzniká kyslík – který je nesmírně

důležitý pro živočichy, jako jsme my –, není výlučně záležitostí rostlin. Existuje celá řada bakterií, nazývaných sinice, které tento úkol také plní. Chloroplasty, rostlinné organely zodpovědné za fotosyntézu, jsou ve skutečnosti prastaré β -cyanobacteria rodu *Pseudanabaena* zachycené uvnitř rostlinných buněk.

Existují také rostliny, které žijí bez fotosyntézy, přičemž parazitují na jiných rostlinách nebo houbách, a ty jim poskytují

Parazitické a poloparazitické rostliny

Tato kniha se zabývá rostlinami, které zabíjejí, konkrétně rostlinami obsahujícími sloučeniny, jež ovlivňují jiné organismy, jako jsou houby, pasoucí se zvířata a samozřejmě lidi. Existují však také rostliny poškozující jiné rostliny, a to buď prostřednictvím sloučenin, jež do okolního prostředí uvolňují (viz příklad na straně 143), nebo tím, že na jiných parazitují nebo částečně parazitují.

Takové rostliny se vyskytují v mnoha různých formách, od největšího jediného květu na světě, raflézie



Arnoldovy na obrázku níže, který má průměr asi 1 m, přes cizopasně a polocizopasně rostliny, jako jsou obyčejně vypadající strigy (z čeledi zárazovitých), jež mohou především na kukuřici a prosu způsobit naprostou spoušť, až po jmelí (*Viscum spp.*) a *Phoradendron spp.*, které žije pouze na větvích jiných dřevin. Z uvedených příkladů je plně parazitní raflézie, protože veškeré živiny odebírá z hostitelské rostliny, zatímco strigy a drtivá většina jmelí provádějí fotosyntézu, a mohou tak některé z potřebných živin získávat samy.

Tyto parazitické a poloparazitické rostliny jsou na svých hostitelích zcela závislé. Získávají z nich hlavně vodu a živiny a mohou také přijímat další sloučeniny. Tímto způsobem se parazitní rostlina, která roste na jedovatém hostiteli, sama často stává toxickou. Tento jev známe například u jmelí, které parazituje na oleandru obecném (*Nerium oleander*), jenž je vzhledem k obsahu srdečních glykosidů prudce jedovatou rostlinou. Je-li například hostitelem rostlina duboisie (*Duboisia spp.*), jmelí vstřebává nikotin. Absorpce hostitelských toxinů vysvětluje, proč američtí indiáni žvýkají bobule jmelí pouze v případě, že rostlo na známém, nejedovatém hostiteli.



NAHOŘE Deštné pralesy, jako je tento v Queenslandu v Austrálii, jsou oblasti vysoké biodiverzity s vysokým počtem druhů rostlin a jiných organismů, které v nich žijí.

živiny. Ačkoli jsou parazitické rostliny jen zřídka zabijáky, mohou svým hostitelům, a to i jejich plodům, způsobit vážnou škodu (viz rámeček).

Rostlinné buňky se od živočišných liší zejména tím, že mají buněčnou stěnu, nikoli pouze plasmatickou membránu (srovnání viz str. 30). Avšak přítomnost buněčné stěny se netýká výlučně rostlin; mají ji také některé bakterie a houby. Co je však pro buněčné stěny rostlin ve srovnání se všemi ostatními živými organismy jedinečné a co je ve skutečnosti jediným společným znakem všech „rostlin“, je to, že jsou složeny ze sacharidů, z nichž nejběžnější je celulóza. Naopak buněčné stěny bakterií obsahují bílkoviny. V případě hub, které byly dříve považovány za rostliny, se jedná o chitin, což je stejná sloučenina, jaká tvoří vnější kostru hmyzu a koryšů, čímž by byla potvrzena domněnka, že houby jsou více příbuzné živočichům. Některé rostliny dále posilují buněčné stěny pomocí ligninu, stavební složky zabezpečující její dřevnatění, nebo suberinu, který napomáhá vytváření korku.

ROSTLINNÁ DIVERZITA

Když se procházíte přírodou, rozhlédnete se po zahradě nebo po parku, oceníte velkou rozmanitost, která v rostlinné říši, *Plantae*, panuje. Tuto rozmanitost řadíme do mnoha velkých skupin, z nichž některé jsou známé. Nejhojnější a nejvíce různorodou skupinu tvoří kvetoucí krytosemenné rostliny. Většina rostlin uvedených v této knize patří právě do této skupiny. Pro svou ochranu vyvinuly nejkompaktnější řadu chemikálií. Ostatní skupiny, například cykasy, kapradiny a jehličnany, mají mnohem méně významných jedovatých zástupců a zbývající skupiny včetně mechů, hlevíků a plavuní, nejsou v našem holdu světovým zabijákům z rostlinné říše zmíněny.

Rostliny se vyskytují ve všech velikostech, od jednobuněčných řas až po stromy vysoké více než 100 metrů. Ale i mnohobuněčné rostliny jsou při přepravě vody a živin zcela odkázány na pasivní fyzikální procesy, zatímco živočichové k tomu samému použijí svaly a oběhový systém. V rostlinách fungují koncentrační gradienty, aby vznikl osmotický tlak, díky němuž čerpají kořeny vodu až do listů, odkud se odpařuje. Tomuto procesu, který umožňuje přepravu vody do nejvzdálenějších oblastí organismů, říkáme transpirační proud (viz také kapitola „Od kořene k listu“, strany 18–19).

Klasifikace a nomenklatura

Jako příslušníkům lidského rodu je nám od přírody dáno instinktivně pojmenovávat a klasifikovat věci a pojmy, které jsou pro nás důležité. Zároveň tím vnášíme do věcí pořádek a jsme tak schopni komunikovat o jinak chaotickém světě, jenž nás obklopuje. Rostliny byly pro přežití našich předků důležité – některé byly zdrojem potravy, zatímco jiným bylo radno se vyhýbat, protože byly škodlivé. Představme si různé skupiny lidí, z nichž každá měla svůj vlastní systém pojmenování a klasifikace, zpočátku poměrně jednoduchý, který se ale spolu s vývojem jazyka stával čím dál tím sofistikovanější. Koncepte, jež se vyvinuly a na nichž jsou klasifikace založeny, lze vysledovat v obecných názvech, které pro rostliny používáme dodnes.

Mnoho názvů rostlin je popisných, určují je, zahrnují vlastnosti, jako jsou barva, velikost nebo struktura, kdy daná rostlina kvete nebo zda plodí ovoce. Použitím konkrétních výrazů lze poukázat na to, že rostlina je jedovatá, například ruřík zlomocný, nebo je daným výrazem možné indikovat zvíře, o kterém se předpokládá, že by mu daná rostlina mohla uškodit či ho dokonce zabít, viz například oměj vlčí mor a bažanka vytrvalá.

OTEC TAXONOMIE

S příchodem renesance se jazykem učenců stala latina. A tak když švédský botanik Carl Linné (1707–1778) publikoval v roce 1735 svou *Systema Naturae* (Soustava přírody), ve které stanovil klasifikační vzorce pro rostliny, živočichy a minerály, byla

přirozeně sepsána v latině. Dokonce až do roku 2012 musely být veškeré popisy nových druhů rostlin zapsány v latině, aby bylo jejich další zveřejnění platné; v současné době je povolena jak latina, tak angličtina.

V rostlinné říši Linné navrhl systém 24 tříd podle pohlaví, založený na počtu a typických znacích tyčinek neboli „manželů“, přičemž každá třída byla dále rozdělena na řády dané počtem a postavením pestíků neboli „manželek“. Linné dále rozdělil každou skupinu na rody a tyto pak na druhy, jež byly založeny na morfologické podobnosti. Tak vznikla jeho hierarchické klasifikace.

Linné považoval svou klasifikaci za umělou a věřil, že pomocí dalšího studia by mohla být vylepšena nebo nahrazena. Jeho botaničtí následovníci se pustili do práce, jmenovitě

francouzský botanik Antoine Laurent de Jussieu (1748–1836), který v roce 1789 v publikaci *Genera Plantarum* zavedl čeledi jako úroveň mezi rodem a řádem. Dodnes se běžně setkáváme s několika z jeho více než sta čeledí.



VLEVO Nenápadný zimozel severní (*Linnaea borealis*) ze severní polokoule byl Linného oblíbenou rostlinou. Linné ho určil v roce 1753 (viz rámeček) a jeho následovník ho pojmenoval po svém učiteli.

ZCELA VLEVO Carl Linnaeus (Carl von Linné) se zimozelem severním (*Linnaea borealis*) v klopě.



Dvouslovné názvy organismů

Vědecké názvy jsou dvouslovné (binomická nomenklatura), skládají se z rodového a druhového názvu, aby bylo možné jednotlivé druhy organismů navzájem odlišit. Ačkoli dvouslovné názvy se již používaly, Linné byl první, kdo je důsledně přijal. Jeho 1200stránková kniha *Species Plantarum* (Rostlinné druhy), publikovaná v roce 1753, se dodnes používá jako výchozí bod pro vědecké označení druhů a jejich popisů.

Botanici binomické názvy (z latin. binomen = dvě jména) k označení rostlinných druhů používají dodnes, protože se osvědčily. Na rozdíl od obecných názvů jsou binomické zapsány v jediném jazyce – latině, i když původ daného jména může pocházet z kteréhokoli jazyka. Od roku 1753 bylo zveřejněno více než 900 tisíc druhových jmen pro zhruba 370 tisíc druhů rostlin. Na světě dnes existuje více názvů než rostlin, a to z několika důvodů. Jednak se mohlo stát,

že botanik publikující název rostliny nevěděl, že rostlina již byla pojmenována, anebo kvůli odlišným názorům na to, co vlastně daný druh určuje. Současní taxonomičtí botanici musejí vymezit a popsat rostliny pomocí exemplářů a technik, které jsou jim dostupné, a každé rostlině přidělit dvouslovný název. Obvykle se upřednostňuje název, který byl zveřejněn poprvé (specifický přívlastek, ne-li celé dvojsloví), a názvy publikované později jsou považovány za synonyma.

Jméno badatele, který rostlinu popsal, je uvedeno nejčastěji zkratkou, například L. jako Linné. Tato kniha uvádí autory vědeckých názvů rostlin pouze v přehledech o konkrétním druhu. Pojmenovávání se řídí mezinárodní konvencí, binominální část je kurzívou, ale jméno autora nikoli, např. *Aconitum ferox* Wall. ex Ser.

Příklad klasifikace druhu
(úrovně nad čeledí se mohou lišit v závislosti na dalších vlastnostech):

Říše: rostliny (*Plantae*)

Oddělení: krytosemenné (*Magnoliophyta*)

Třída: vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)

Řád: lilkotvaré (*Solanales*)

Čeleď: lilkovité (*Solanaceae*)

Rod: rulík (*Atropa*)

Binomický název: rulík zlomocný
(*Atropa bella-donna* L.)



ČÍM DÁL PŘIROZENĚJŠÍ

Umělé klasifikace jsou obvykle založeny na několika typických znacích, takže druhy, které jsou na základě těchto klasifikací sdruženy, mohou mít také několik dalších společných rysů. Taxonomové postupně směřovali k přirozenější klasifikaci založené na vyšším počtu znaků, které dané druhy tvoří, včetně fytochemických, mikroanatomických a chromozomálních informací. Taková klasifikace se nazývá „fenetická“, protože se zakládá na podobnostech a rozdílech mezi druhy tak, jak je známe dnes. Současná klasifikace

obvykle odráží evoluční vývoj a vztahy mezi rostlinami a označujeme ji jako „kladistickou“. Mezinárodní iniciativy, například Angiosperm Phylogeny Group (viz strana 219), využívají pro klasifikaci všech čeledí a rodů krytosemenných rostlin (angiospermae), jehličnanů a jejich příbuzných (nahosemenné) srovnávání genových DNA.

Evoluce

Většina z nás má jakousi představu o tom, co je evoluce, ale spousta z nás se neposune dál než jen k beztak falešnému dojmu, že lidé pocházejí z lidoopů, nebo ke sloganům „přežijí nejschopnější“ a „přirozený výběr“. Cílem evoluce je však vysvětlit, jak vůbec k rozmanitosti života se všemi jeho druhy došlo.



VLEVO V pelorické formě květu Inice obecné je nefunkční gen zajišťující oboustrannou symetrii květu, což způsobuje jeho paprskovitou souměrnost.

VLEVO Běžný typ žluté Inice obecné (*Linaria vulgaris*) má bilaterálně symetrické květy s jednou rovinou souměrnosti. Tato vzpřímená vytrvalá bylina je rozšířená v Evropě a v částech mírného podnebného pásu Asie.

PROVOKATIVNÍ MYŠLENKA

Principy, které během osmnáctého století Linné zavedl, aby rozmanitosti života mohly být popsány a měly určitý řád – což jsou principy používané dodnes –, měly teistický aspekt. Panovala představa, že organismy byly stvořeny k tomu, aby plnily určitou roli a naplnily svůj konkrétní účel. Když Linnému ukázali exemplář Inice obecné (*Linaria vulgaris*) se zakřivenými květy, Linné nemohl přijít na to, jakou má v rostlinné říši roli. Pojmenoval ji *Peloria*, což je řecké slovo, které znamená nestvůra. Linné považoval druhy za neměnné a stabilní, avšak tato forma žluté Inice byla znamením, že se druhy mohou měnit. Botanikové se shodli na tom, že tato podivná květina byla zřejmě výsledkem hybridizace mezi žlutou Inicí a dalším, dosud neobjeveným druhem.

O PŮVODU DRUHŮ

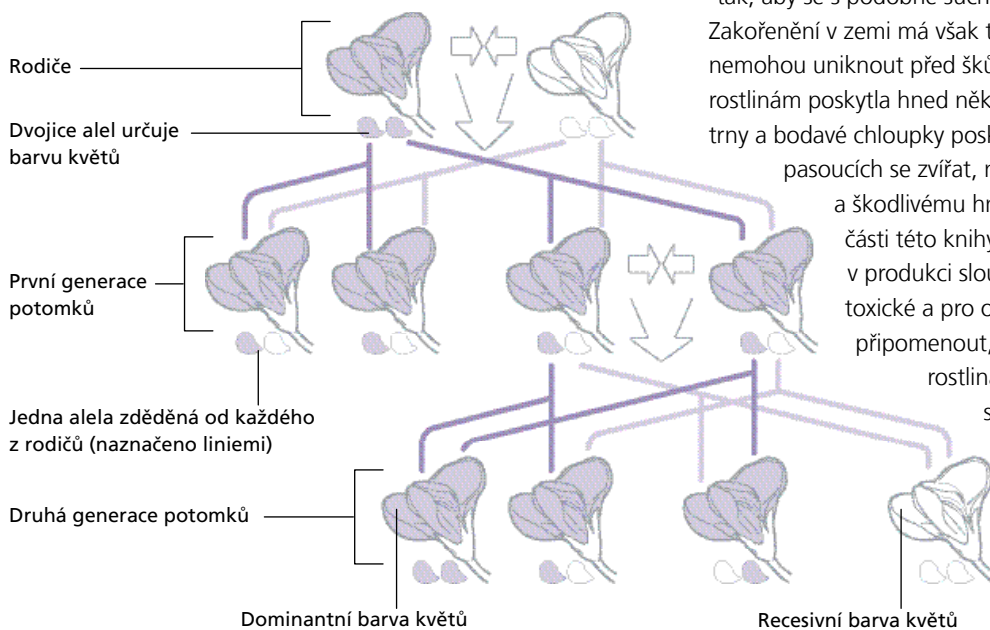
Přírodovědec Charles Darwin (1809–1882) najisto zahájil vědeckou teorii evoluce až po vydání knihy *O původu druhů* v listopadu roku 1859, i když on sám toto slovo nepoužil až do jejího šestého vydání. Byla zde předložena domněnka, že organismy se snaží přežít a každá individuální změna vlastností, která zvyšuje pravděpodobnou šanci k přežití a reprodukci, bude budoucími generacemi upřednostněna a zafixována. Znamená to také, že blízkce příbuzné druhy mají společné předky, jak je tomu také v případě lidské rasy, lidoopů a dalších primátů. Ačkoli skutečné mechanismy, které tvoří základ dědičných vlastností, tehdy nebyly známy, poskytla tato teorie elegantní vysvětlení přírodovědných pozorování od embryologie, chovu zvířat až po biogeografii. Pojem přirozeného výběru byl ve skutečnosti vysvětlen již v předchozím roce při přednášce na zasedání Linnéovské společnosti v Londýně, kde byla prezentována práce Charlese Darwina a Alfreda Russela Wallaceho (1823–1913), který je považován za otce biogeografie a často i za spoluobjevitele evoluční teorie.

DĚDIČNOST

Ve stejné době, ale nezávisle na teorii evoluce, studoval jeden augustiniánský mnich v Rakousku-Uhersku hrášek. Jmenoval se Gregor Mendel (1822–1884). Byly to právě jeho experimenty, co nakonec vedlo k hlubšímu porozumění tomu, jakým způsobem se vlastnosti dědí. Mendel se ve své práci soustředil na křížení různobarevných květů a semen hrachu. Po několika generacích sledoval počet potomků sdílejících stejné vlohly rodičů a dospěl k závěru, že existuje jistý neviditelný faktor, který dané vlohly v potomstvu určuje. Mendel také přišel na to, že tyto zděděné faktory se objevují ve dvojicích, jeden z mateřského rodiče a jeden z otcovského. Tyto dědičné faktory se dále dělí na dva druhy. Jednak ten, který by vlastnost určil, kdyby byl předán pouze z jednoho rodiče, a druhý, který by ovlivnil vlastnosti pouze tehdy, kdyby pocházel z obou rodičů. Vlohly, které je třeba zdědit od obou rodičů, nazval „recesivní“ a ty, které pocházejí pouze z jednoho rodiče, označil jako „dominantní“. Mendelovy objevy byly bohužel doceněny až po jeho smrti. Jeho neviditelné faktory dnes nazýváme geny a od objevení struktury deoxyribonukleové kyseliny (DNA) v roce 1953 ovlivnilo studium genů téměř každou oblast biologického výzkumu.

VPRAVO **Gregor Mendel objevil základní principy dědičnosti ve své klášterní zahradě.**

DOLE **Diagram znázorňující dědičnost barvy květu u hrachu. Mendel používal hrách k pokusům proto, že má mnoho různých forem a nová generace se dá vypěstovat již za krátkou dobu.**



NAHOŘE **Kaktusy a sukulenty vyvinuly množství mechanismů, které jim umožňují přežít ve vyprahlých podmínkách. Jsou jimi například ztloustlý a dužnatý stonok zadržující vodu a hrubá kutikula ke snížení ztráty vody odpařováním.**

EVOLUČNÍ ÚSPĚCH

Selekce genetických vloh, které budoucí generace zdědí a které mohou v dlouhodobé perspektivě vyústit ve vývoj nového druhu, je ovlivněna spoustou faktorů. Rostliny jakožto přisedlé organismy jsou závislé na daném prostředí. Prostředí může samozřejmě ovlivňovat selekci konkrétních znaků. Tak například vodu zadržující stonky kaktusů a sukulentů (viz strany 116–117) se vyvinuly tak, aby se s podobně suchým klimatem dokázaly vyrovnat. Zakořenění v zemi má však také negativní důsledek – rostliny nemohou uniknout před škůdci a hladovými zvířaty. Evoluce však rostlinám poskytla hned několik způsobů, jak se bránit. Dřevitost, trny a bodavé chloupky poskytují ochranu před většinou pasoucích se zvířat, neochrání je to však proti houbám a škodlivému hmyzu. Ústředním motivem zbývající části této knihy bude účinná strategie rostlin v produkci sloučenin, které jsou pro býložravce toxické a pro organismy infekční. Avšak je třeba připomenout, že evoluce nefunguje pouze na rostlinách, ale ve všech organismech současně, takže i živočichové si mohou vyvinout mechanismy, které jim umožní spásat jedovaté rostliny (viz strany 23 a 35), nebo dokonce rostlinné jedy využívat k vlastní ochraně před dravci (viz strana 43).

Od kořene k listu

Prvními orgány, které ze semena vyrostou, jsou kořen, stonk a listy. Zde se zaměříme na funkce a popis těchto životně důležitých částí, a také prozkoumáme to, co potenciální toxicitu rostlin způsobuje.

POD ZEMÍ

Kořeny ukotví rostlinu v zemi, nebo jak je tomu v případě epifytů, ve vhodných štěrbinách ve větvích stromů, čímž rostlině zabezpečí příjem vody a minerálů, například dusičnanů. Kořeny se vyskytují v několika formách. Zatímco některé rostliny tvoří kořenovou síť na povrchu půdy a vodu a minerály absorbují, než se vsáknou do dalších vrstev půdy, jiné rostliny si vyvinou jen jeden kořen s dominantní osou, který roste hluboko do půdy a může tak čerpat z hlubších zásob. Hluboké kořeny, které má například mrkev, slouží rostlině také jako úložiště. Rostliny si tím zabezpečí rezervy sacharidů, například škrobů a dalších živin, které jsou uloženy pro pasivní období zimy v mírných oblastech světa. Během aktivního vegetačního období jsou uložené živiny přerozděleny a transportovány do zbytku rostliny. Vyvinou se nové úložné orgány, jež rostou v závislosti na nahromaděném škrobu, aby se tak přichystaly k dalšímu období spánku. Existuje

však několik dalších forem podzemních úložných orgánů, které by botanikové jako „kořeny“ neoznačili. Například hlízy sladkých brambor (batáty) jsou považovány za modifikované kořeny; cibulky, například cibule, jsou tvořeny šupinatými listy; a stonkové hlízy, oddenky a stolony včetně tara (kolokázie jedlá), zázvoru a brambor jsou podzemními stonky.

Absorpce vody a skladování živin jsou pro přežití rostliny nezbytné, a proto se u podzemních orgánů často vyskytuje fyzická bariéra, například krystaly štavelanu vápenatého, a další syntetizované nebo nahromaděné sloučeniny, které rostlině slouží především jako ochrana před býložravci a před napadením patogeny včetně bakterií a hub nebo většími organismy, například hlídicemi.

STONKY

Rostliny obvykle mívají stonk, jenž může být víceméně štíhlý a pružný, jako je tomu například u bylin či mladých větviček stromů a keřů, nebo může být ve zdřevnatělých stoncích, větvích a u kmene stromů pevný. Funkcí mnoha stonků je udržet listy nad zemí a umožnit jim přijímání slunečního světla. Jejich další hlavní funkcí je rozvod vody a živin. To je možné díky vaskulárnímu systému specializovaných buněk tvořících kontinuální trubice: xylém přenáší vodu a rozpuštěné minerály z kořenů do exponovaných částí rostlin, zatímco floém přenáší cukry v rostlinách do všech jejich zbylých částí.

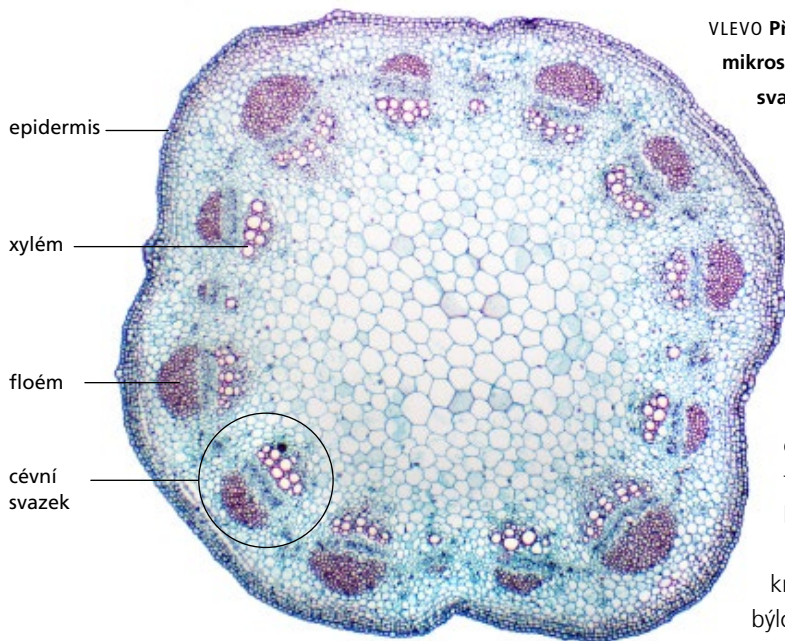
Když tkáň floému transportuje velké množství cukrů, podléhá častým útokům hmyzu, hub a bakterií, které se obsahem této nutriční šťávy přizívají. Aby rostliny dokázaly svůj cévní systém chránit, jsou vybaveny dřevnatými vlákny, některé také kanálky, které vedou po celé délce stonků. Když dojde k jejich poškození, tyto kanálky vypouštějí lepkavou pryskyřici nebo dráždivý latex, který obsahuje sloučeniny, jež snižují infekci a odradí býložravce a hmyz. Jako příklady velmi silných škodlivých exudátů mohou sloužit ty, které se vyskytují v rostlinách rodu pryšec (*Euphorbia* spp.) (viz strany 114–119) a opiového máku setého (*Papaver somniferum*, viz strany 200–201).

LISTY

Během vegetačního období představují listy nejvýraznější znak každé rostliny, což platí především pro druhy rostoucí

VLEVO Kořeny pastináku setého (*Pastinaca sativa*, viz strana 129) zadržují uhlohydráty a umožňují rostlině přežít v zimě. Kultivované formy byly vyšlechtěny pro větší kořen a jemnější chuť.

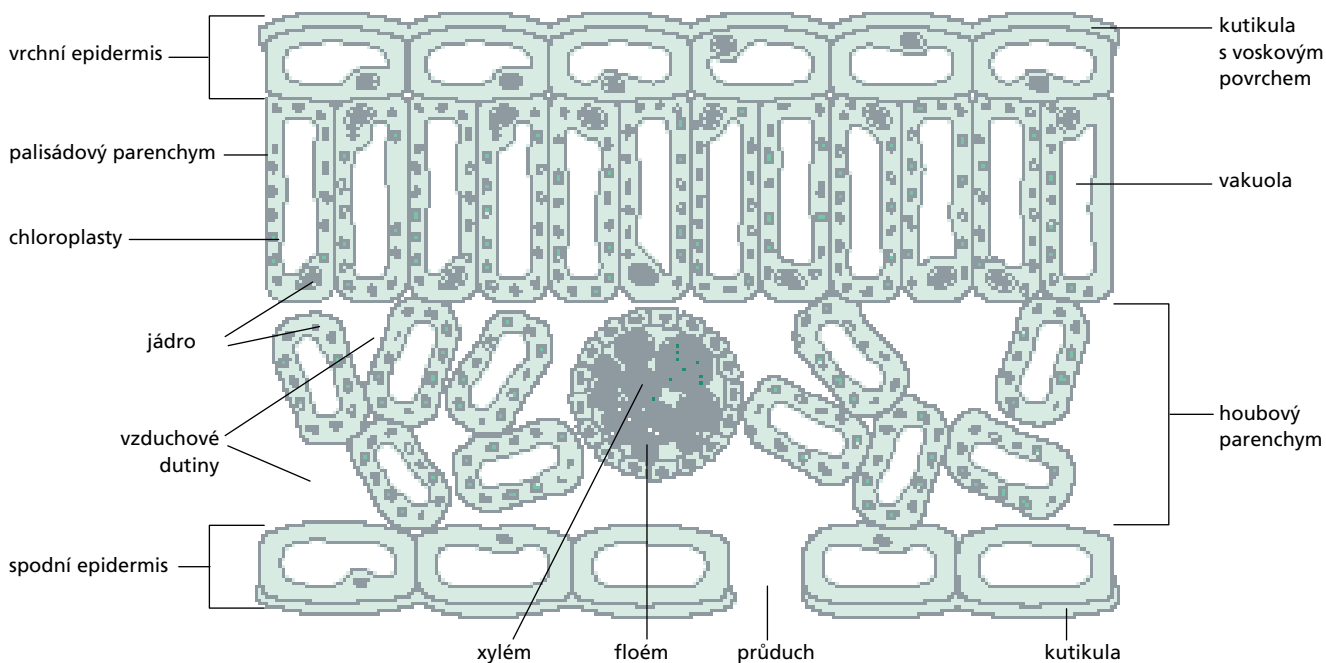




VLEVO Příčný řez stonkem slunečnice roční (*Helianthus annuus*) pod mikroskopem. Centrální dutina je obklopena prstencem cévních svazků, tvořených buňkami xylému a floému.

v oblastech mírného klimatického pásma. List je vlastně orgán, v němž dochází k životně důležitému procesu zvanému fotosyntéza (viz strany 24–25). Kromě funkce zadržovacích nádob a transportu živin listy též obsahují houbový parenchym, v níž může docházet k výměně oxidu uhličitého a kyslíku, a to otvory nazvanými průduchy (stomata), které se vyskytují na povrchu listu. Listy jsou právem považovány za nejdůležitější orgány rostlin, a tak je evoluce obdařila hned několika ochrannými strategiemi, které je brání před býložravci,

DOLE Grafické znázornění řezu listem, demonstrující specializaci a uspořádání buněk pro maximální zachycení slunečního světla a omezení ztráty vody při výměně plynů.



infekcemi způsobenými mikroorganismy a hrozbami abiotickými, například suc hem.

V horkém suchém klimatu mohou být listy chráněny tlustými voskovými vrstvami nebo trichomy, které zabrání odpařování vody či jejich úplné likvidaci, jako je tomu například u většiny kaktusů, kde fotosyntézu převzal stonek. A některé rostliny si k odrazení býložravců vyvinuly chloupky obsahující silně dráždivé sloučeniny, nebo dokonce fungují jako malé injekční stříkačky se škodlivými látkami (viz kapitola 6).

V některých listech jsou nahromaděny nerozpustné krystalky, vláknina a sloučeniny typu tříslovin, které býložravcům a škůdcům ve strávení listů brání. A navíc jsou některé listy vzhledem k přítomnosti konkrétních sloučenin jedovaté samy o sobě (viz strany 26–27).

Stupeň toxicity listů se mění v závislosti na podmínkách. Jak bylo u některých rostlin vypořazováno, mladé listy bývají často toxickejší než ty starší, které býložravci spásají až na podzim, když už splnily svou funkci a byly připraveny opadnout. Míra toxinů se může v rostlině zvyšovat také v reakci na specifické spouštěče. Útok patogenů nebo býložravců může vyvolat produkci sloučenin, které jsou pro daný organismus toxické. K takovým sloučeninám, které se nazývají „fytoalexiny“, patří furanokumariny (viz strana 128) a nalezneme je například v miříku celeru (*Apium graveolens*), je-li je napaden houbami. Produkci jedů mohou vyvolat také ekologické faktory, například již zmíněné sucho, jak můžeme vidět na příkladu hořké okurky (viz strany 150–151).

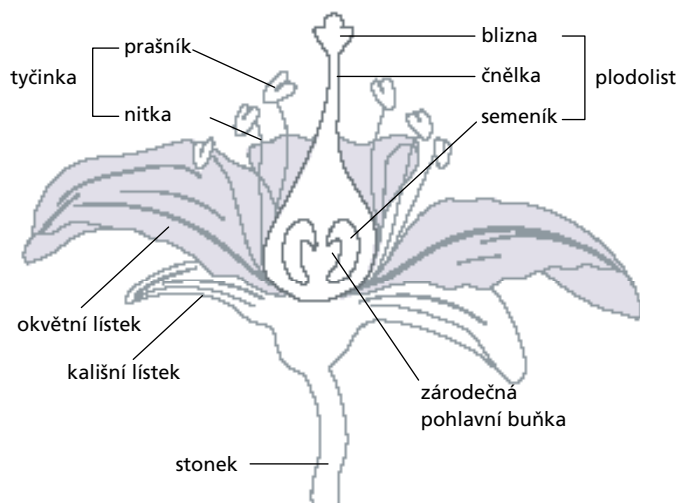
Květy

K těm, které zabíjejí nejvíce, patří kvetoucí rostliny (viz strany 12–13). I když zejména kapradiny se v reprodukční funkci spoléhají na odlišnou strukturu a jiné mechanismy rozmnožování, jsou to právě květy, co nás v tomto životně důležitém procesu zajímá nejvíce.

REPRODUKCE

Samčí části květu se nazývají tyčinky. Květy mají obvykle více než jednu tyčinku, z nichž každá na špičce sestává z nitky a prašníku. Prašník produkuje pyl, mužské gamety. Samičí části květu se nazývají plodolisty, jeden nebo několik plodolistů tvoří soubory, které srůstají v pestík. Každý květ má obvykle jen jeden pestík. Pestík je tvořen hrotem blizny, ke kterému se přilepí pyl, dále semeníkem ve spodní části a dutou částí nazývanou čnělka, která bliznu a semeník spojuje. Semeník obsahuje vajíčka, ženské gamety.

Na rozdíl od živočichů se rostliny nemohou při hledání vhodného partnera pohybovat. Některé rostliny včetně trav a mnoha stromů se při procesu rozmnožování spoléhají na vítr, jenž jejich pyl odnese na blizny jiných květů, které mohou být hodně vzdálené. K takovému přenosu je potřeba velkého množství lehkých pylových zrn z květenství, jakými jsou třeba jehnědy, s lehoučkými bliznami vlajícími a zmlátajícími se ve větru. Tyto typy květů bývají obvykle malé bez dalších nápadných částí, které by bránily volnému pohybu pylu.



NAHOŘE Schéma květů se samčí (tyčinky) a samičí (plodolisty) částí uzavřeno v okruhu okvětních lístků. Rozdíly v množství a uspořádání květů pomáhají při určování rostlin.

PŘITAŽLIVOST PRO OPYLOVAČE

U rostlin, které jsou při přenosu pylu z květu na květ závislé na hmyzu nebo jiných živočišných druzích, jsou variace květů mnohem nápadnější. Stavba a vlastnosti květů se vyvinuly tak, aby jim dal přednost určitý typ opylovačů, a stejně tak se opylovači uzpůsobili k opylování omezeného počtu a typu květů. Někteří se dokonce specializují pouze na jeden určitý druh. Květy opylovače přitahují kombinací vůně, barvy a potravy, jež jsou konkrétnímu opylovači zcela přizpůsobené.

VPRAVO Květy přitahují opylovače, jakým je tento motýl perleťovec (*Argynnis* spp.), který nasává nektar a přitom květy rozpuku jízlivého (*Cicuta virosa*) opyluje.





Hlavní roli v atraktivitě a výběru efektivních opylovačů hraje vůně. Ovocné a květinové vůně obvykle vábí motýly, můry a včely, zatímco plesnivé a hnilobné zápachy přitahují mouchy a brouky.

Barvu obvykle udávají okvětní lístky, ale u některých květů jsou to i jiné části: kališní lístky, které chrání nerozvívené pupeny, jsou většinou zelené, ale u plaménku (*Clematis* spp.) a oměje (*Aconitum* spp.) jsou barevné; některé okvětní lístky jsou nerozlišené, jsou to takzvané okvěti a setkáme se s nimi například u tulipánů (*Tulipa* spp.); dále také listeny, metamorfované listy, které mohou být barevně nejzřetelnější a které nalezneme například u pryšce nádherného „vánoční hvězdy“ (*Euphorbia pulcherrima*). Vzhledem k rozdílům ve vizuální percepci opylovačů jsou jisté druhy přitahovány ke konkrétním barvám. Například ptáci si obvykle vybírají červené nebo oranžové květy, zatímco včely se orientují lépe od modrého až po konec ultrafialového spektra barev. Velké množství květů opylovávaných můrami a netopýry bývá bílé, protože bílá je při nízkém světle lépe viditelná.

ODMĚNA PRO OPYLOVAČE

Opylovači jsou obvykle za návštěvu květů odměněni nektarem, sladkou tekutinou bohatou na cukry. Nektar některých květů je snadno dostupný hmyzu s krátkým ústním ústrojím, například mravencům a mouchám, zatímco u jiných může být nasátí nektaru obtížnější a vyžaduje delší jazyk či přímý kontakt. Ať je tomu jakkoliv, části květu jsou utvářeny a uspořádány tak, aby

NAHOŘE Květy oměje šalamounku (*Aconitum napellus*) mají jedovaté kališní lístky, které mají zabránit loupežím nektaru, ale umožnit opylování čmelákovi zahradnímu (*Bombus hortorum*), který má dlouhý jazyk.

při přístupu k nektaru došlo zároveň k opylování. Hmyz tento pyl přeneše na bliznu dalšího květu stejného druhu, který navštíví. Takovýmto omezením svého opylovače si rostlina zvyšuje šanci na úspěšné opylení a opylovač nemarní čas a energii návštěvou květu, který ho neodmění.

ODRADIT LUPICE NEKTARU

Květy, semena a plody vyžadují obrovský příděl zdrojů, které rostlina svými listy vyprodukuje, tento proces je však pro reprodukci nezbytný. Kromě zvýšení šance na úspěšné opylení, které jsme popsali výše, si rostliny také chrání květy různými chemickými metodami.

Někteří vynalézaví zástupci hmyzu a ostatních živočichů se stavbu květů, která umožňuje přístup k nektaru pouze opylovačům, snaží obejít. Obvykle to dělají tím, že okvětní lístky a další vnější ochranné části květu sní. Aby takové chování odradily, vyvinuly si některé rostliny toxické plátky, například brugmansie (*Brugmansia* spp.) (viz strana 83) a oměj (*Aconitum* spp.) (viz strany 48–49), zatímco jiné dokonce toxický nektar samy produkují, jako pěnišníky (*Rhododendron* spp.) (k zodpovězení otázky, proč jsou přesto úspěšně opylovány, viz strany 78–79).

Plody a semena

Úspěšné opylení vede k oplodnění zárodečných pohlavních buněk pylem z rostliny stejného druhu. Z těchto buněk se vyvinou semena, která zůstávají chráněna uvnitř plodolistu, z něhož se potom vyvíjí v plod. Není zcela v silách rostlin zajistit si úspěšné opylení, v tom jsou přece jen závislé na vnějších podmínkách, a také není v jejich silách zajistit svému potomstvu úspěšný start do života. Některé plody a semena bývají pasivně rozptýleny větrem nebo vodou, jiné uvíznou v srsti zvířat, a některé dokonce musejí být nejprve stráveny a nevyklíčí, dokud neprojdou zažívacím traktem zvířete. Existují dokonce rostliny s výbušnými plody nebo využívající stavby těla jako „na pérkách“ a vystřelením semene doufají ve slibně úrodnou půdu. S tak odlišnými rozptylovacími mechanismy pochopitelně také vzrůstá velká rozmanitost samotných plodů.

STOJÍ ZA TO CHRÁNIT

V plodech a semenech se toxiny vyskytují proto, aby ochránily „další generaci“. Množství a typ toxinu se v různých fázích dozrávání velmi liší. Samotná semena jsou atraktivním zdrojem potravy živočichů, a to díky výživnému rostlinnému embryu, ale i endospermu, který zásobuje nové semenáče. Oba typy semen, zralá i ta, jež se teprve vyvíjejí, mohou obsahovat sloučeniny, které odradí dravce (viz například hořčičná bomba, stránky 120–121) nebo jsou ochranou před houbovými infekcemi a jinými škůdci. Kromě toho bývají zralá semena obvykle také chráněna tvrdým pláštěm, jež brání vysušení embrya, dokud nenastanou vhodné podmínky pro klíčení.



NAHOŘE Suché tobolky opiového máku setého (*Papaver somniferum*), z nichž se uvolní velké množství malých semínek kruhovými otvory, které se otevřou, když jsou semena zralá. Semínka neobsahují dostatek alkaloidů, aby byla jakkoliv nebezpečná.

VLEVO Durman obecný (*Datura stramonium*) – tobolky jsou chráněny špičatými trny. Když jsou zralé, roztrhnou se od vrcholu do čtyř částí, čímž odhalí uvnitř ukrytá semena.



DUŽNATÉ A SUCHÉ PLODY

V plodech, které zvířata pozřou a následně rozptýlí po okolí, se toxicita během vývojových fází mění. Mezi tím, jak moc by plody měly zůstat jedovaté, aby se ochránily před houbovými infekcemi a napadením škůdci, a tím, aby ještě chutnaly zvířatům, je jen nepatrný rozdíl. Je nesporné, že jak dozrávají semena, prochází nutně změnami i samotný plod.

Plody mohou být dužnaté, nebo suché, ačkoli lidé často považují za plody pouze ty první. Plodolist dužnatých plodů během dozrávání ztvrdne a alespoň jedna vnější vrstva změní barvu ze zelené na více nápadnou: žlutou, oranžovou, červenou, nebo dokonce modrou. Dojde ke snížení koncentrace těžko stravitelných sloučenin, například adstringentního taninu, který dravci jen obtížně tráví a který znemožní absorpci živin, a dále hořkých součástí, jež činí plody nepoživatelnými. Buněčné stěny se postupně změkčují, mění se obsah kyselin a přibývá množství cukru, aby bylo ovoce chutnější. Často se stává, že i když je už ovoce méně jedovaté, je stále riskantní pozřít semena. Tak je tomu například u broskví a jader v jejich peckách (viz strany 182–183). V některých případech rostliny vytvářejí dužnaté části, které nejsou formálně plody, nicméně napomáhají rozptylu toxických semen (viz strany 50–51 a 72).

Také suché plody se během vývoje semene mění. Typy suchého ovoce jsou velmi rozmanité a zahrnují ořechy, dvounažky (okřídlené dvounažky), lusky a tobošky. Namísto toho, aby se plodolist stal chutnějším jako v dužnatých plodech, stává se vláknitější, usychá a vytváří tvrdé ochranné pouzdro semena. Některé suché plody rozptýlí po okolí živočichové – obyvatelům severní polokoule bude znám příklad veverek, které roznášejí ořechy –, avšak častěji jsou rostliny odkázány na pasivní rozptýlení. Suché plody si vytvářejí křídla nebo struktury podobné peří, jež jim usnadní roznášení

větrou, tobošky a lusky se otevřou nebo si vyvinou otvor, kterým semena vysypou, když jimi zvířata chrastí, anebo se po okolí rozptýlí samotnými pohyby ve větru. Takové plody jsou zřídka jedovaté, avšak vlastní semena mohou potenciálně obsahovat silné toxiny, které je chrání až do vyklíčení.

JEDOVATÉ PLODY A SEMENA – OTRAVY LIDÍ

Přestože jsou rostliny při rozptýlení semen závislé na zvířecích přenašečích, existuje několik druhů jedovatých plodů. Jak je to možné? Bobule rulíku zlomocného (*Atropa bella-donna*) (viz strany 80–81) jsou i po uvaření pro člověka velmi jedovaté. Tyto toxiny však již méně účinkují na ptáky, kteří semena rulíku úspěšně roznášejí. Zajímavým příkladem býložravce, u něhož se jako u jednoho z mála vyvinul obranný mechanismus proti otravě rulíkem (navzdory evolučnímu vývoji savců), je králik. Krev králíků obsahuje L-hyoscyamin esterázu, která atropin z rulíku dokáže rozložit dřív, než tento smrtelně jedovatý toxin začne působit. I když se králíci celkem bezpečně na rulíku pasou, nemusí to být stejně bezpečné pro predátory, kteří králíky v krátké době po pastvě sami pozřou. Vyskytují se i zprávy o otravě lidí, kteří ulovili a pozřeli králíky, již se bezprostředně před tím připásali na rostlinách obsahujících atropin (viz také strana 101, otravy bohlelavem plamatým).



NAHOŘE Zralý plod rulíku zlomocného (*Atropa bella-donna*). Podélný řez ukazuje fialovou šťávu a množství semen uvnitř. Ve spodní části plodu je vidět hvězdicovitý prstenec tvořený pěti velkými kališními lístky.

VLEVO Dužina uzrálého plodu broskvoně obecné (*Prunus persica*) je šťavnatá a jedlá. Sladká dužina láká živočichy, kteří rozšíří semeno. Tím je jedovaté jádro ukryté v tvrdé pecce.



Fotosyntéza a metabolické dráhy

Jak jsme uvedli na začátku kapitoly, rostliny jsou obvykle zelené kvůli přítomnosti chloroplastů, buněčných organel, které zajišťují fotosyntézu. V tomto procesu rostliny zachytí sluneční světlo a přemění ho na chemickou energii tím, že z vody a oxidu uhličitého produkuje cukr a kyslík. Cukry jsou jedním z primárních zdrojů energie většiny organismů, u nichž fotosyntéza neprobíhá. Schopnost zvířete využívat cukry k výrobě vlastní energie je podmíněna přísunem kyslíku, ovšem zvíře zároveň produkuje oxid uhličitý.

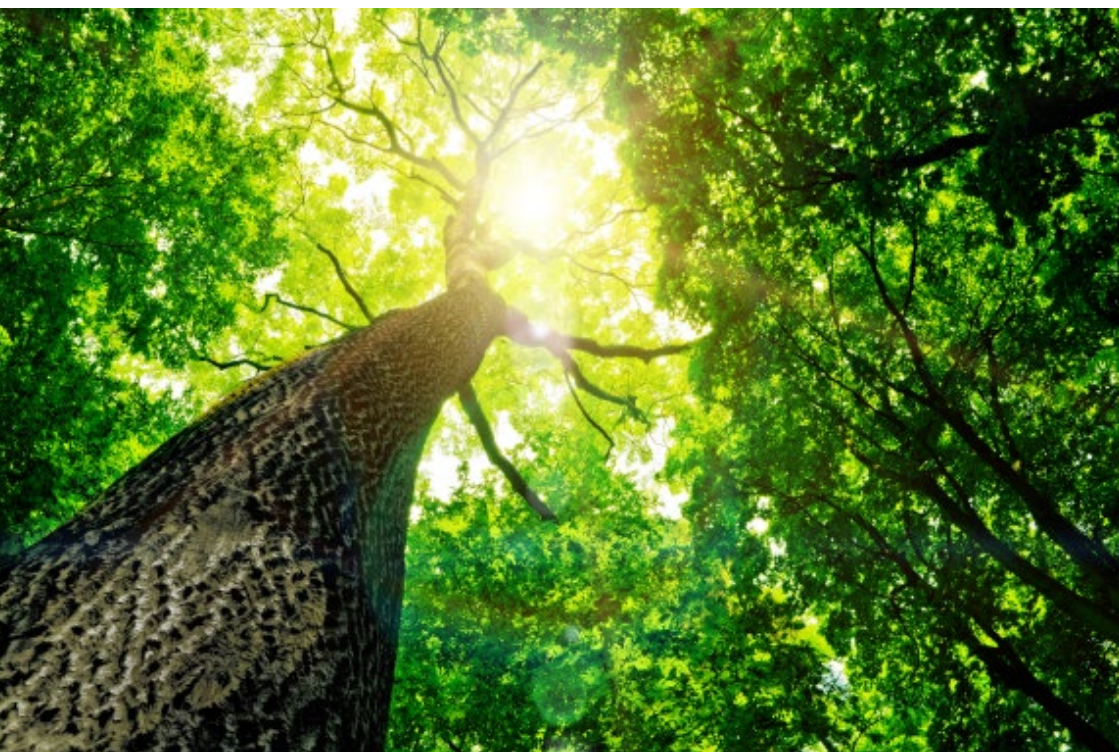
FOTOSYNTÉZA

Fotosyntéza je dvoufázový proces. V první fázi je světlo absorbováno chlorofylem, pigmentem, který dává chloroplastům jejich zelenou barvu. Tato reakce uvolní elektron, který je recyklován rozdělením dvou molekul vody na kyslík a proton. Protony jsou využity k syntéze adenosintrifosfátu (ATP). To je zcela zásadní látka ve všech energeticky závislých buňkách včetně druhé části fotosyntézy. Té se říká „temnostní fáze“, neboť není závislá na světle. Při ní dochází k zabudování oxidu uhličitého do molekul cukru. První z těchto dvou reakcí probíhá za pomoci pravděpodobně nejhojnějšího enzymu na světě: ribulóza-1,5-bisfosfát-karboxyláza/oxygenázy, ve zkratce RuBisCO. Tento enzym je

katalyzátorem pro oxid uhličitý, přijatý listovými průduchy, ribulózu a cukerné sloučeniny a vzniknou dvě molekuly fosfoglycerátu. Ty jsou dále využity buď k znovusestavení ribulózy, což umožňuje novou reakci ve formě fixace oxidu uhličitého, nebo k produkci glukózy, která je využita k syntéze celulózy a škrobu, a tím může být dalšími organismy znovu využita jako energetický zdroj. K výrobě jedné molekuly glukózy musí RuBisCO katalyzovat šest reakcí mezi oxidem uhličitým a ribulózou. RuBisCO je enzym, který není příliš efektivní při nedostatku kyslíku nebo při vysokých teplotách. Některé rostliny se anatomicky a biochemicky vyvinuly tak, aby tento proces několikanásobně zefektivnily. Například rostliny žijící ve velmi suchých a teplých podmínkách musejí své

průduchy během dne udržet uzavřené, aby neztratily příliš mnoho vody. Bohužel jim však tato funkce také zabrání ve využití oxidu uhličitého z atmosféry. Mnoho takových rostlin, například všechny kaktusy, včetně ježunky Williamsovy nebo kaktusu peyotlu (viz strany 86–87), si proto vyvinuly systém, díky němuž otevírají průduchy za chladnějších nocí, aby umožnily průnik oxidu uhličitého dovnitř a zároveň

VLEVO Stromy v lese vyrůstají ke slunci, aby chlorofyl v listech zachytil světlo a využil ho k fotosyntéze. Pouze malý zlomek světla dopadne v lese na zem.



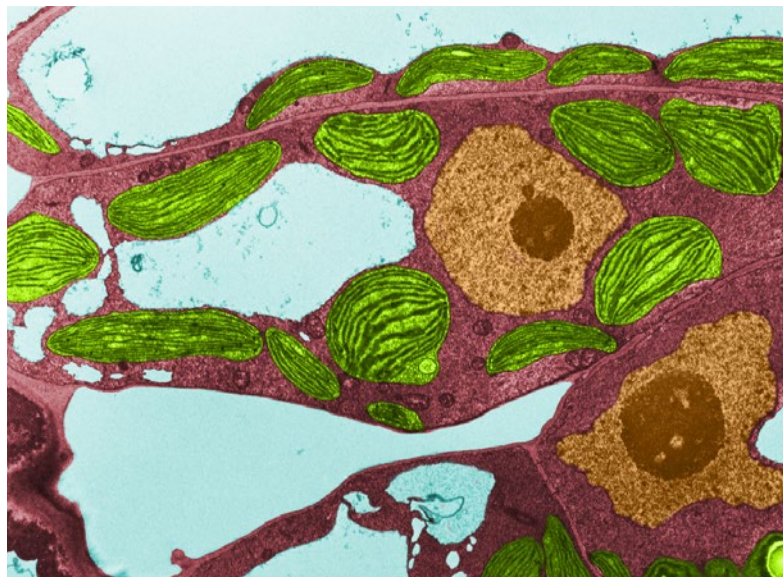
ztratily co nejméně vody. Oxid uhličitý potom navážou ve formě kyseliny, která je využita jako zdroj téhož oxidu pro RuBisCO během dne.

METABOLICKÉ DRÁHY

Kromě toho, že chloroplasty produkují kyslík a cukry, dokážou také syntetizovat většinu potřebných aminokyselin, které jsou v rostlině nezbytné pro tvorbu bílkovin. Protože tyto aminokyseliny potřebují také živočichové, kteří si je nedokáží sami vyprodukovat, mohou je býložravci v rostlině přímo, nebo jejich predátoři nepřímě pozřít. Z těchto sloučenin jsou obzvláště důležité tři aromatické aminokyseliny – fenylalanin, tyrosin a tryptofan. Například lidé je nutně potřebují k signalizaci sloučenin regulujících srdeční frekvenci a krevní tlak, ale také mozkové funkce zabezpečující pohyb, náladu a spánek. Rostliny je často používají k produkci toxinů, kterým je například známý strychnin (viz strany 66–67), některé typy kurare (viz strany 94–97) a morfin (viz strany 200–201). Kromě produkce cukrů a všech aminokyselin přítomných v bílkovinách živočichů však existuje ještě několik dalších rozdílů mezi metabolickými drahami živočichů a rostlin. Jedna z nich, která je pro toxicitu rostlin významná, je izoprenoidní dráha, jejímž produktem jsou izoprenoidní látky. Ačkoli tyto sloučeniny obsahují steroidy, které produkují i živočišné druhy, u rostlin se vyvinula bohatá škála těchto látek, nazývaných terpeny. Rostliny dále produkují řadu sloučenin, jako jsou acetogeniny a polyketidy, které jsou odvozené od prekurzorů kyseliny octové. U živočichů tato metabolická dráha slouží primárně k produkci mastných kyselin, ale v rostlinách mohou být tyto sloučeniny přeměněny na dlouhou řadu dalších substancí s různými funkcemi. Hlubší pojednání o těchto substancích plus další jedovaté rostlinné sloučeniny pokračují na následující stránce.

KOMPARTMENTALIZACE

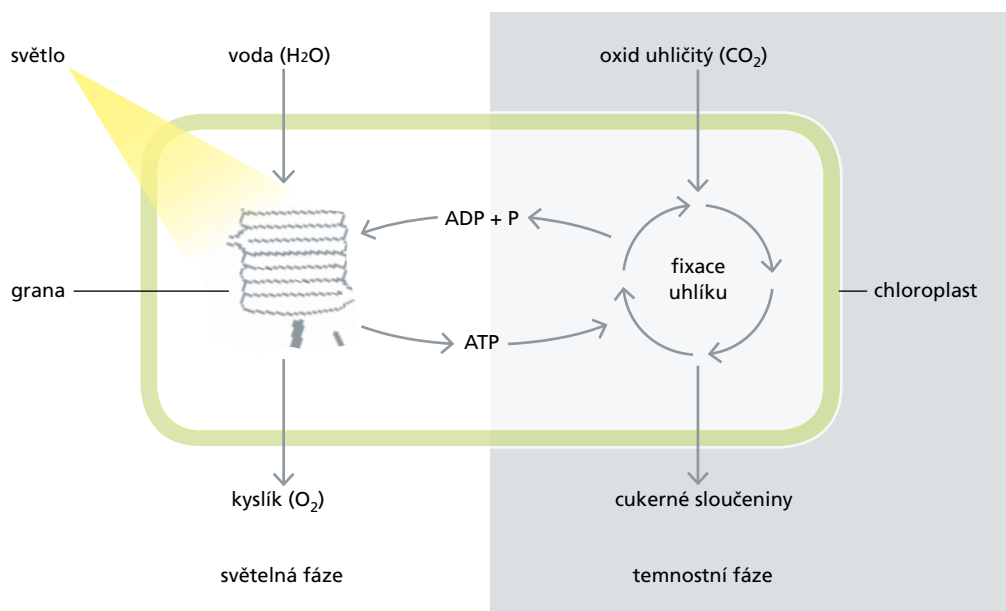
Rostliny produkují sloučeniny, které mají antimikrobiální vlastnosti, dokážou odradit, nebo dokonce poškodit býložravce,



NAHOŘE Uměle dobarvená transmisní elektronová mikrofotografie (TEM) listových buněk, na níž je vidět v každé buňce jedno jádro (hnědé) a několik chloroplastů (zelených) potřebných pro fotosyntézu.

mohou však být stejně škodlivé pro danou rostlinu. Někdy mohou výrazně narušit celý buněčný proces. Takovému poškození lze předejít kompartmentalizací těchto toxinů, například jejich uložením do buněčné vakuoly. Vakuola je největší organela v rostlinné buňce, může zaujímat 30 až 90 procent jejího objemu. Když jsou vakuoly plné vody, přispívají k tuhosti rostliny. Kromě toxinů se do vakuoly ukládají také živiny a další sloučeniny, například pigmenty. Dojde-li k poškození rostlinné buňky býložravcem, z vakuoly se uvolní toxiny, což má zhoubné následky.

VPRAVO Schéma fotosyntézy v chloroplastu. Během první fáze se světelná energie využije k výrobě adenosintrifosfátu (ATP) a kyslíku. V druhé fázi, která nepotřebuje světlo, ATP uvolňuje energii umožňující fixaci a redukci oxidu uhličitého za vzniku cukerných sloučenin v procesu známém jako Calvinův cyklus. Tento proces je nezbytný téměř pro veškerý život na Zemi.



Nízkomolekulární sloučeniny

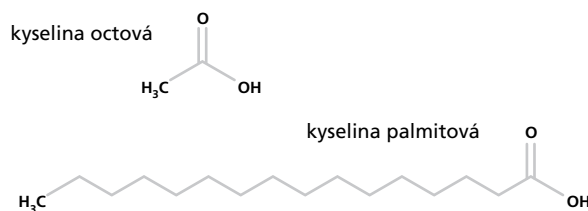
Stejně jako dělíme rostliny na taxonomické skupiny a druhy, také chemické sloučeniny řadíme do různých skupin. Na rozdíl od klasifikace a evoluce rostlin (viz strany 14–17) neexistují žádné doklady, že by chemické skupiny byly hierarchické nebo evoluční v tom smyslu, že by bylo možné vysledovat všechny sloučeniny zpět na jednu společnou prapůvodní substanci.

Často se rozlišuje mezi „primárními“ sloučeninami, které zodpovídají za základní funkce nezbytné pro život buněk a organismů (například cukrů, bílkovin a tuků), a „sekundárními“ sloučeninami, které mohou evolučně určité druhy zvýhodnit, ale zároveň nejsou k přežití nutné. Spíše než abychom se drželi tohoto funkčního dělení, můžeme substance seskupovat na základě jejich chemických vlastností nebo podle toho, jakým způsobem je organismy syntetizují.

Jak již bylo uvedeno, probíhá produkce chemických sloučenin u živočichů a rostlin odlišně. Zaměříme-li se výhradně na obranné sloučeniny, jsou zvířecí jedy často složené z bílkovin, polypeptidů, tedy velkých sloučenin tvořených aminokyselinami. Naproti tomu rostliny používají aminokyseliny jako prekurzory nebo jako výchozí stavební materiál k syntéze menších jedovatých látek. Proto můžeme téměř všechny příklady rostlinných toxických sloučenin kategorizovat jako nízkomolekulární sloučeniny (ačkoliv porovnejte toxické rostlinné bílkoviny na stránkách 146–149). Zde uvádíme jen stručný úvod do různých skupin nízkomolekulárních sloučenin, které jsou pro toxické rostliny zařazené do této knihy nejběžnější.

POLYKETIDY A ACETOGENINY

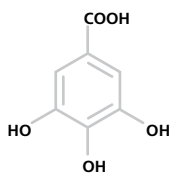
Prekurzory odvozené od kyseliny octové využívají živočichové k produkci tuků, ale rostliny mohou tytéž prekurzory využívat k tvorbě celé škály dalších sloučenin. V závislosti na tom, kolik původních molekul kyseliny octové zůstane zachováno, se sloučeniny nazývají polyketidy nebo acetogeniny. K těmto sloučeninám se řadí netoxické flavonoidy v pigmentu květů a trpké třísloviny, které mohou způsobit žaludeční potíže. Některé rostliny produkují ještě silnější acetogeniny, které mají silné laxativní účinky (viz strany 144–145). Dalším příkladem toxických acetogeninů jsou pro-alergenní sloučeniny v ledvinovníkovitých (*Anacardiaceae* viz strany 130–131).



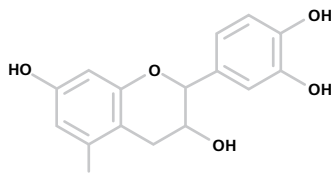
NAHOŘE Kyselina octová je důležitá v mnoha buněčných procesech a bývá počátečním bodem produkce rostlinných sloučenin nazvaných acetogeniny nebo polyketidy. Jedním z příkladů acetogeninu je kyselina palmitová, hlavní mastná kyselina palmového oleje, odkud byla poprvé izolována.

VLEVO Láhve jedlého palmového oleje a oplodí palmy olejné (*Elaeis guineensis*), z něhož se získává.





kyselina gallová

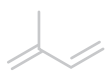


katechin

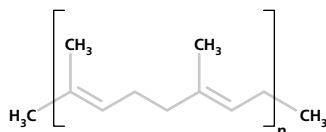
NAHOŘE **Třísloviny (taniny)** se skládají ze sacharidu, na který je navázáno několik monomerních skupin kyseliny gallové.

DOLE **Izopren** je obecná jednotka terpenových sloučenin, například kaučuk sestává z několika set izoprenových jednotek.

izopren



kaučuk



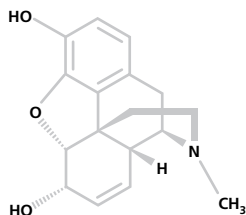
TERPENY

Terpeny, pojmenované podle terpentýnu, jsou tvořeny izoprenovými jednotkami, z nichž každá má pět atomů uhlíku. Mohou být rozděleny do různých typů na základě počtu jednotek, které je tvoří. Bývá matoucí, že jsou pojmenovány podle počtu párů izoprenových jednotek, které obsahují: monoterpeny obsahují dvě jednotky, diterpeny čtyři jednotky a tak dále, dokud nedojdeme k polyterpenům, které obsahují „hodně“ jednotek. Tyto polyterpenové sloučeniny jsou ve vodě obvykle špatně rozpustné, nebo dokonce nerozpustné, jak je nejpatrnější u přírodního kaučuku, který se skládá z obrovských molekul tvořených několika sty izoprenových jednotek. Menší terpeny bývají proměnlivé a vytvářejí několik květinových vůní, a přestože jsou silně antibakteriální, jejich koncentrace v rostlinách je obvykle tak nízká, že pro člověka nejsou nijak nebezpečné. Jen o trochu větší terpeny však zahrnují sloučeniny, které mohou vážně poškodit nebo dokonce zabít tím, že vyvolají epileptický záchvat (viz strany 70–73), stejně jako rostlinné steroidy, z nichž jistá podskupina může způsobit smrtelné srdeční arytmie (viz strany 54–61).

ALKALOIDY

Pro všechny, kdo se zabývají toxikologií rostlin, je tato skupina nejdůležitější. Sloučeniny z této skupiny nemusejí nutně pocházet ze stejného typu prekurzorů, ale všechny obsahují jeden nebo více atomů dusíku a v organismech se jen omezeně transportují. Typické alkaloidy jsou ty, které jsou odvozeny z aminokyselin a které mimo jiné zahrnují sloučeniny, jež mohou způsobit záchvaty nebo ochrnutí (viz strany 66–69 a 94–97), vyvolat

VPRAVO Droga *Radix polygalae tenuifolia*, vyrobená ze sušených kořenů vítodu tenkolistého (*Polygala tenuifolia*) obsahuje saponin senegin III.



morfin

VLEVO **Morfin z máku setého (*Papaver somniferum*)** byl jedním z prvních alkaloidů izolovaných v čisté formě.

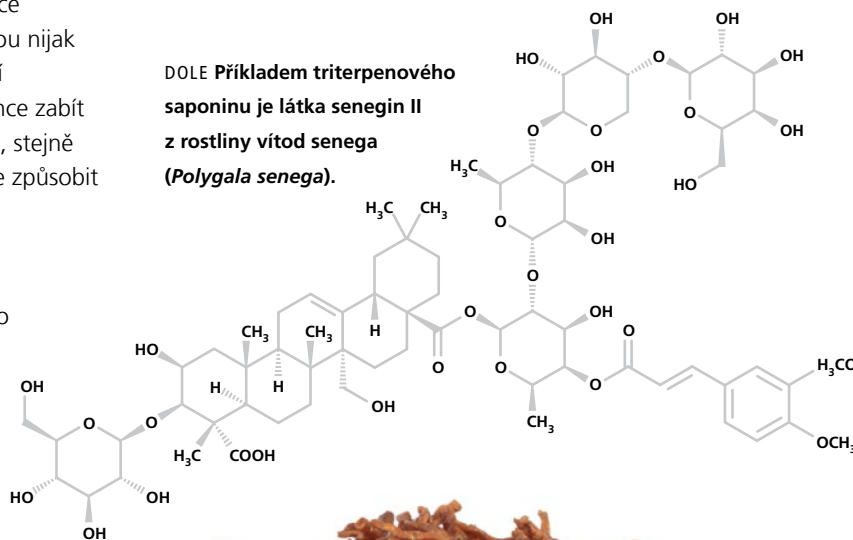
halucinace (viz str. 80–83 a 86–87), zvracení (viz strany 136–137) nebo přeruší množení buněk (viz strany 152–153). Rostliny však také mohou vytvářet alkaloidy zabudováním dusíku do jiných sloučenin, jakými jsou terpeny. Kombinace těchto alkaloidů se skupinou takzvaných rostlinných hormonů má za následek produkci toxinů, které působí srdeční arytmie (viz strany 48–49). U lilkovitých (*Solanaceae*) takové zabudování dusíků do steroidů dává vzniknout alkaloidům, které působí vážné gastrointestinální problémy (viz strany 140–141).

SAPONINY

Když se tyto sloučeniny dostanou do kontaktu s vodou, mohou stejně jako mýdlo pěnit. S mýdlem mají tyto sloučeniny společné i to, že mají hydrofilní část, která je snadno rozpustná ve vodě, a druhou hydrofobní, která se lépe rozpouští v tuku. Vznikají spojením cukrů se substrátem, který je ve vodě špatně rozpustný. U rostlin se jedná o běžný způsob přenosu sloučenin ve vlastním organismu. Ty sloučeniny, které jsou obecně považovány za saponiny, derivují z terpenitních sloučenin, ale jejich role v rostlinách je dodnes poněkud nejasná. Vzhledem k jejich hořkosti by se mohlo jednat o obranný mechanismus proti býložravcům, avšak některé saponiny naopak napomáhají trávení. Kromě toho, že způsobují žaludeční problémy, byly některé z těchto sloučenin využity při rybolovu, neboť dokáží usmrtit ryby tím, že naruší funkci žaber.

senegin II

DOLE Příkladem triterpenového saponinu je látka **senegin II z rostliny vítodu senega (*Polygala senega*)**.





KAPITOLA 2

CÍLE V NAŠEM TĚLE

Existuje mnoho způsobů, jakými rostlinná chemická látka účinkuje v součinnosti s ostatními organismy. V této kapitole se seznámíme s funkcemi lidského organismu a přehledem možných cílů uvnitř našeho těla, které mohou být těmito látkami zasaženy. Funkce různých orgánů, fyziologických systémů, ale také jejich slabiny mohou být vysvětlením mechanismů, kterými tyto látky působí na různé živočišné druhy. Zároveň uvedeme příklady, kdy například někteří zástupci hmyzí říše využívají jedovaté rostliny a jejich toxiny k vlastní ochraně a odrazování případných predátorů.

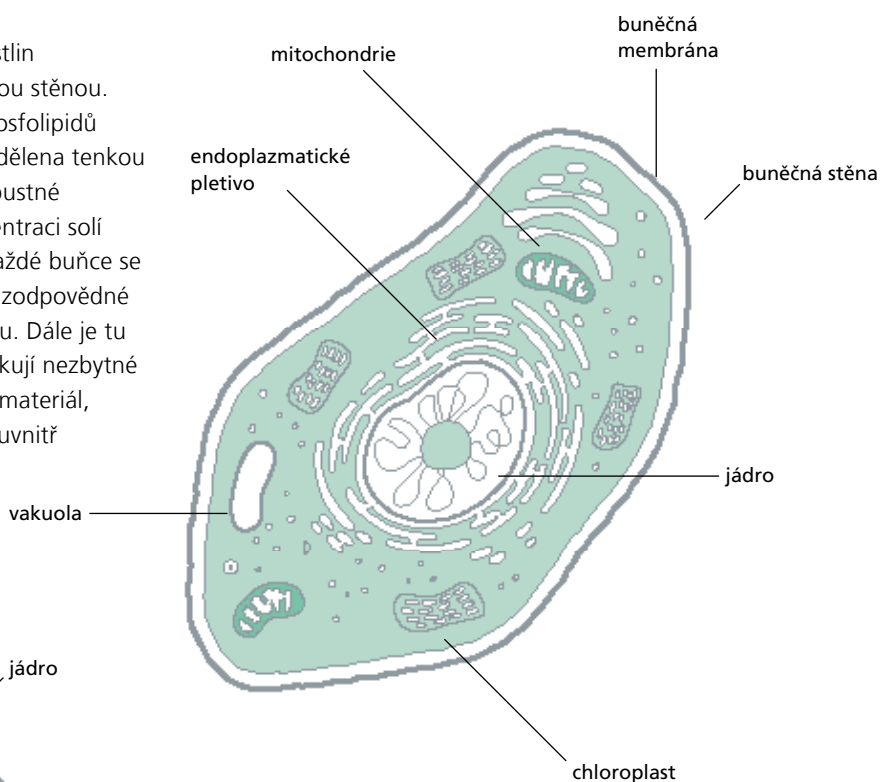


Buňky a organismy

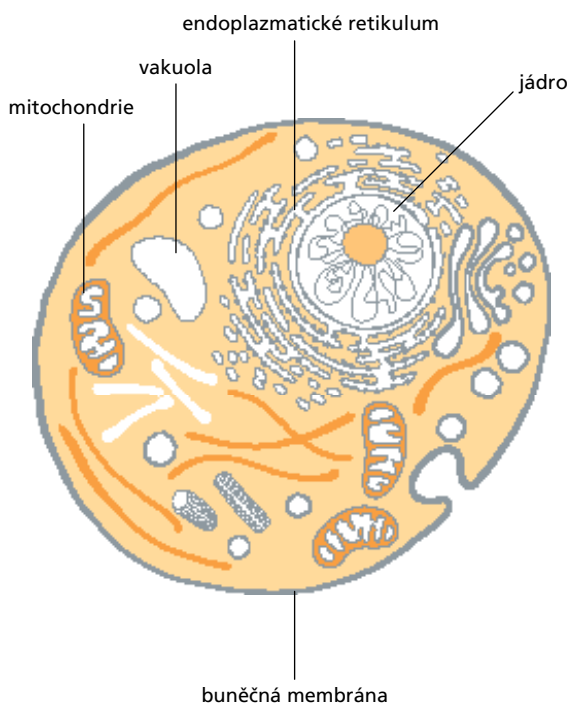
Ve všech živých organismech, ať už jednobuněčných nebo mnohobuněčných, probíhá bezustání základní škála biochemických procesů. Mnohobuněčné organismy jsou v tomto ohledu samozřejmě pokročilejší, což mimo jiné znamená, že se jejich buňky dokáží specializovat na tvorbu určité tkáně, a tak nakonec vyrobit celý orgán.

STAVBA BUŇKY

Každá buňka má vnější membránu, která je u rostlin a některých dalších organismů doplněna buněčnou stěnou. Buněčná membrána je tvořena dvěma vrstvami fosfolipidů uspořádaných tak, že vnější a vnitřní vrstva je oddělena tenkou vrstvou tuku. Díky tomu má membrána polopropustné vlastnosti a umožňuje tak buňce regulovat koncentraci solí a dalších látek, což zabrání vysychání buňky. V každé buňce se nachází několik organel, například mitochondrie zodpovědné za tvorbu energie potřebné pro buněčnou aktivitu. Dále je tu endoplazmatické retikulum, kde ribozomy produkují nezbytné proteiny. Každá buňka navíc obsahuje genetický materiál, který v případě rostlin, živočichů a hub najdeme uvnitř buněčného jádra.



NAHOŘE Anatomie typické rostlinné buňky. Pevná buněčná stěna (zodpovědná za stálost tvaru buňky) a chloroplasty (v nichž probíhá fotosyntéza) jsou znakem rostlinných, nikoli živočišných buněk.



NAHOŘE Anatomie typické živočišné buňky. Tento typ buňky postrádá buněčnou stěnu, přesto má s rostlinnou buňkou mnoho společných prvků – obsahuje buněčné jádro, mitochondrie a endoplazmatické retikulum. K buněčnému transportu slouží vezikuly.

BUNĚČNÁ MECHANIKA

V základním smyslu je informace definující každý organismus zakódována do DNA (deoxyribonukleová kyselina), která se má čtyři nukleové báze – adenin, thymin, cytosin a guanin. Řetězce těchto nukleotidů se určitým způsobem transkribují a translátují do podoby proteinů, které dále vytvářejí buňky a organismy a jsou zodpovědné za jejich fyziologické procesy. Jakákoli změna v DNA může zapříčinit změnu složení i místo vzniku konkrétního proteinu. Pokud taková změna postihne gamety (pohlavní buňky), může dojít k jejímu přenosu na nové potomstvo. Časem takto může dojít ke změnám v evoluci celého druhu.

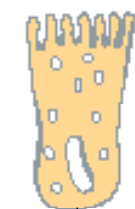
Proteiny je možné dělit do skupin podle funkce. Rozeznáváme tak enzymy zodpovědné za tvorbu nebo rozkládání složitějších sloučenin a receptory, které rozpoznávají a přenášejí signály mezi buňkami. Jiné proteiny zodpovídají za přenos iontů a dalších sloučenin mezi buněčnými membránami, nebo dokonce mezi celými tkáněmi a orgány. Ostatní proteiny jsou zodpovědné za vznik strukturálních celků, například svaloviny nebo keratinu ve vnějších vrstvách kůže, nehtů a vlasů.

OD BUNĚK K ORGÁNŮM

Oplodněním jednobuněčného vajíčka začíná vývoj lidského těla, během něhož vznikne okolo třiceti trilionů buněk (nemluvě o téměř dalších čtyřiceti trilionech pro náš život nezbytných buněk ve formě bakterií, které hostíme na pokožce a v zažívacím ústrojí). V tak velkém organismu buňky nemohou spoléhat na absorpci živin z bezprostředního okolí, ani na pouhou komunikaci se sousedními buňkami. Pro splnění těchto složitých funkcí je nutná buněčná specializace v podobě tkání a následně orgánů. Z funkčního hlediska je primárním systémem pro udržení života organismu proces přijímání živin z potravy.

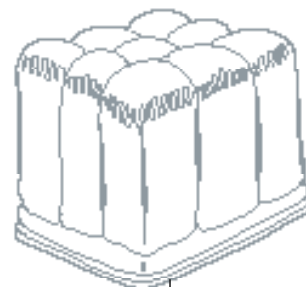
V nejjednodušší formě se jedná o trubici vedoucí tělem z jednoho konce na druhý. V ní se absorbují veškerá potrava. Člověk ale může konzumovat neuvěřitelně pestrou stravu, z níž některé druhy živin jsou pro tělo nevstřebatelné. Trávicí soustava je proto vybavena mechanickými prostředky a enzymy, které potravu rozloží. U živočichů se během evoluce vyvinuly různé druhy úst, jeden nebo více žaludků a došlo také k oddělení jater a střev (viz str. 32–35). Pokud stavba těla daného živočicha obsahuje končetiny či jiné struktury, které nejsou přímo propojeny se zažívacím traktem, je nutné uplatnit v systému určitý druh tekutiny, která živiny rozvede do všech jeho částí. V případě lidského těla tuto funkci plní krev, srdce, cévy a ledviny (viz str. 35–37). Oběhový systém obratlovců rozvádí také kyslík absorbovaný v plicích či žábách do buněk, kde se vytváří energie. Takováto soustava orgánů a tkání, v níž všechny součásti spolu musejí komunikovat, potřebuje řídicí centrum pro třídění, vyhodnocování a vysílání signálů, kdykoli je to zapotřebí. Takové centrum rovněž poskytuje signály pro řízení pohybu, protože tyto živočichové často aktivně hledají potravní zdroje. Přehled mozku, nervového systému a svalů naleznete v této kapitole na stranách 38–41.

VPRAVO Toxiny z jedovatých rostlin působí v těle na různých úrovních. Drastický efekt mají v případech, kdy zasáhnou životně důležité orgány, celé tkáně, nebo když plošně ničí buněčné struktury.



buňka (vnitřní stěna žaludku)

Základní stavební jednotka organismů je buňka.



tkáň (vnitřní stěna žaludku)

Podobné buňky tvoří tkáně, z nich následně vznikají orgány.

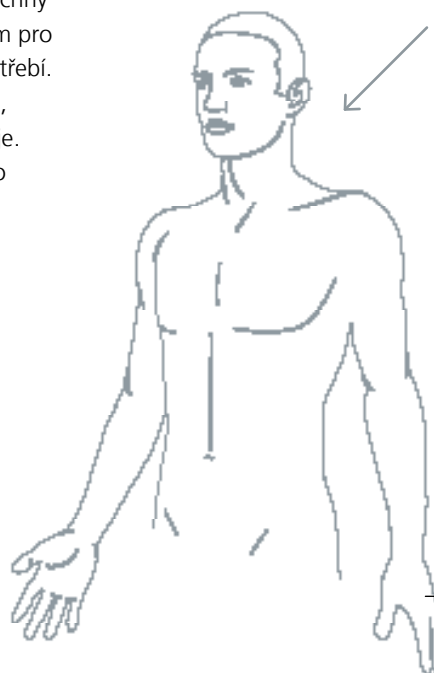


orgán (žaludek)



systém orgánů (trávicí soustava)

Orgány jsou mezi sebou propojeny uvnitř soustavy a dohromady tvoří celistvý organismus.



organismus (člověk)

Chuť a vnitřnosti

Lidé, stejně jako ostatní živočichové, potřebují k přežití potravu. Avšak ne všechno, s čím se setkáme, je bezpečné jíst. Proto jsme si vyvinuli mechanismy, které nám brání v konzumaci potravy obsahující vysoké hodnoty toxinů, ovšem množství případů náhodné otravy naznačuje, že tyto mechanismy nejsou neomylné.

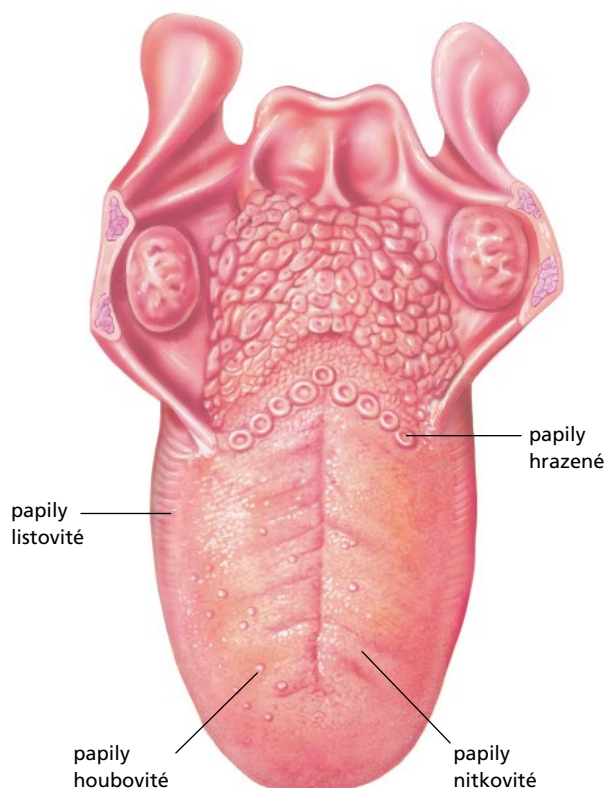
PRVNÍ SETKÁNÍ

Prvotním testem, zda je určitá potrava k jídlu, nebo ne, je pro člověka čich. Například odér zkaženého mléka působí odpudivě stejně jako pach hniјícího masa či zeleniny, nemluvě o zápachu exkrementů. Nepříjemný zápach v nás vyvolá tak silný odpor, že dokáže aktivovat dávkový reflex. To slouží jako jasný signál, abychom danou věc nebrali do úst. Některé druhy zápachu však mohou určité živočichy přivábit; například mouchy a brouky, kteří hodují na zdechlinách, přitahují květy s podobným zápachem, který některé rostliny záměrně vydávají. Jsou totiž na hmyzu závislé, neboť jim pomáhá s opylením. Když rostlina neodradí býložravce zápachem, dalším odrazovacím atributem může být její fyzická podoba nebo chemické sloučeniny způsobující určitou odpuzující příchuť, například hořkost, trpkost či astringentní pach. Některé rostliny dráždí vnitřní tkáň tlamy. Toto všechno lze považovat za jasný signál, že daná rostlina je nepoživatelná a je nutné se jí vyhýbat. Jestliže i tyto atributy selžou, některé rostliny dokonce produkují druh pryskyřice či mízy, který doslova ucpe ústní ústrojí

malých živočichů, jako jsou například housenky, a tím fyzicky zabráni zničení celé rostliny.

ROZDRTIT A ROZMĚLNIT

Co se děje s materiálem bezprostředně po požití? Základní funkcí zažívacího systému je rozložit potravu tak, aby z ní bylo možné získat energii pro činnost organismu. Tento proces začíná v ústech, kde dochází k mechanickému rozmělnění za pomoci zubů a slin. Sliny působí jako lubrikant, který umožní hladký průchod potravy jícnem až do žaludku. U některých živočichů (včetně člověka) sliny obsahují také enzym amylázu, která rozloží škrob na jednodušší cukry. Ty jsou detekovány chuťovými pohárky a indikují, že daný druh potravy je vhodným zdrojem výživy. V žaludku následně dochází k rozkladu proteinů a tuků za pomoci kyselých žaludečních šťáv. Případnému poškození žaludeční stěny brání sliz vylučovaná žlázami. Většina energie v rostlinách se ukrývá v celulóze nebo příbuzných karbohydrátech, s kterými si zažívací ústrojí mnoha živočichů neporadí. Zatímco lidé a většina živočichů mají trávicí soustavu



VLEVO A DOLE Anatomie jazyka (vlevo) a chuťový pohárek (dole). Povrch jazyka je pokryt papilami, na jejichž povrchu se nacházejí chuťové pohárky. Jsou to shluky nervových buněk přenášejících impulzy do mozku.

