

ZÁZRAČNÉ
STROMY



Olavi Huikari



Olavi Huikari
Zázračné stromy

Copyright © by Olavi Huikari

© Wooden Books Limited 2012

Published by Arrangement with Alexian Limited

Translation © Jiří Pilucha, 2019

Design and typeset by Wooden Books Ltd., Glastonbury, UK

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této publikace nesmí být rozmnožována a rozšiřována jakýmkoli způsobem bez předchozího písemného svolení nakladatele.

Druhé vydání v českém jazyce (první elektronické).

Z anglického překladu *The Miracle of Trees* přeložil Jiří Pilucha.

Odpovědná redaktorka Tereza Kodlová.

Sazba a konverze do elektronické verze Michal Puhač.

V roce 2020 vydalo nakladatelství Dokořán, s. r. o.,

Holečkova 9, 150 00 Praha 5,

dokoran@dokoran.cz, www.dokoran.cz,

jako svou 1043. publikaci (322. elektronická).

ISBN 978-80-7363-983-9

ZÁZRAČNÉ STROMY



Olavi Huikari

Z finštiny do angličtiny přeložil Matti Pohjonen za podpory finského programu literární výměny FILLI. Velké poděkování patří knihovníkům Univerzitní knihovny v Helsinkách a Finského přírodovědného muzea. Rytiny otištěné v této knížce pocházejí z publikací: E. A. Rokmakler: *Der Wöld*, Leipzig & Heidelberg, 1863; W. Hofmeister: *Morpologie der Gewächse*, Leipzig, 1868; A. de Bary: *Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne*, Leipzig, 1877; A. K. von Marilaun: *Pflanzenleben*, Leipzig & Wien, 1900. Autorkou dřevorytů na stranách 19, 30 a 43 je Gwen Raveratová. Autorkou kreseb na stranách 3–4, 9, 11, 15, 18, 20, 21, 22, 24, 26–29, 36–37 a 57 je Vivien Martineauová; autorem kreseb na stranách 6–7, 12, 16–17, 25, 43 a 52 je Matt Tived. Další doporučené publikace a poděkování jejich autorům: Peter Thomas: *Trees, Their Natural History*, 2000; Colin Tudge: *The Secret Life of Trees*, 2006.



OBSAH

Úvod	1
Co je strom?	2
Světlo je palivo pro život	4
Bez rostlin není života	6
Kolik stromů existuje?	8
Části stromu	10
Strom divotvůrce	12
Vnitřek listu	14
Neopadavé či opadavé	16
Barvy stromu	18
Kambium	20
Borka	22
Kmen	24
Kořeny	26
Co stromy jedí?	28
Newtonovo jablko	30
Cítí strom bolest?	32
Je strom hamižný?	34
Cykly stromu	36
Reprodukce stromu	38
Má strom zrak?	40
Zdalipak stromy spí?	42
Mikroklimata	44
Stromy a půda	46
Stromy muzikální	48
Stromy, lidé, energie	50
Změna klimatu	52
Vybrané řády rostlin obsahující stromy	54
Slovníček	56



ÚVOD

Knížka, kterou držíte v ruce, je výsledkem mnohaletého vědeckého bádání o životě stromů. Dává nahlédnout do jejich tajuplného světa – světa, s nímž jsme my, lidé, odjakživa propojeni coby bytostná součást přírody, ale o němž toho víme jen málo.

Seskupení stromů tvoří les a ten produkuje potravu a poskytuje ochranu nutnou k uchování ohromující rozmanitosti života. Leckterý strom žije i stovky let. Při tom úzce spolupracuje s mnoha jinými druhy stromů, rostlin, mikroorganismů a živočichů, a právě to mu dává divotvornou sílu prosperovat i v nejextrémnějších podmínkách. Stromy jsou živitelé, ale také houževnatí bojovníci, kteří tvrdě brání svůj životní prostor.

O důležitosti stromů vypráví finský epos *Kalevala*. Do pustého světa připlave hrdina Väinämöinen, požádá o pomoc Velkou medvědicí a ta mu sešle chlapce jménem Sampsu Pellervoinen, jenž počne vysazovat stromy.

Dnešní vědci dokáží simulovat prostředí a podmínky, v nichž stromy žijí, a stromy v těchto pokusech dostávají možnost promlouvat samy za sebe. Studujeme-li rozličné zákonitosti jejich růstu, nabýváme schopnosti naslouchat důležitým věcem v jejich životě, poznávat je a dozvídat se více, například co strom má a nemá rád, co mu pomáhá růst a co jej nakonec zahubí. Nemůžeme ochraňovat něco, čemu nerozumíme.

Roky vytrvalého výzkumu fyziologie rostlin a lesní ekologie částečně poodhalily tajemství stromů. Tato knížka vám chce pomoci lépe porozumět fenoménu strom – jeho částem, účelu, dynamickým změnám – a pochopit, jak je jeho život provázán se samotnou definicí toho, co znamená být člověkem.

CO JE STROM?

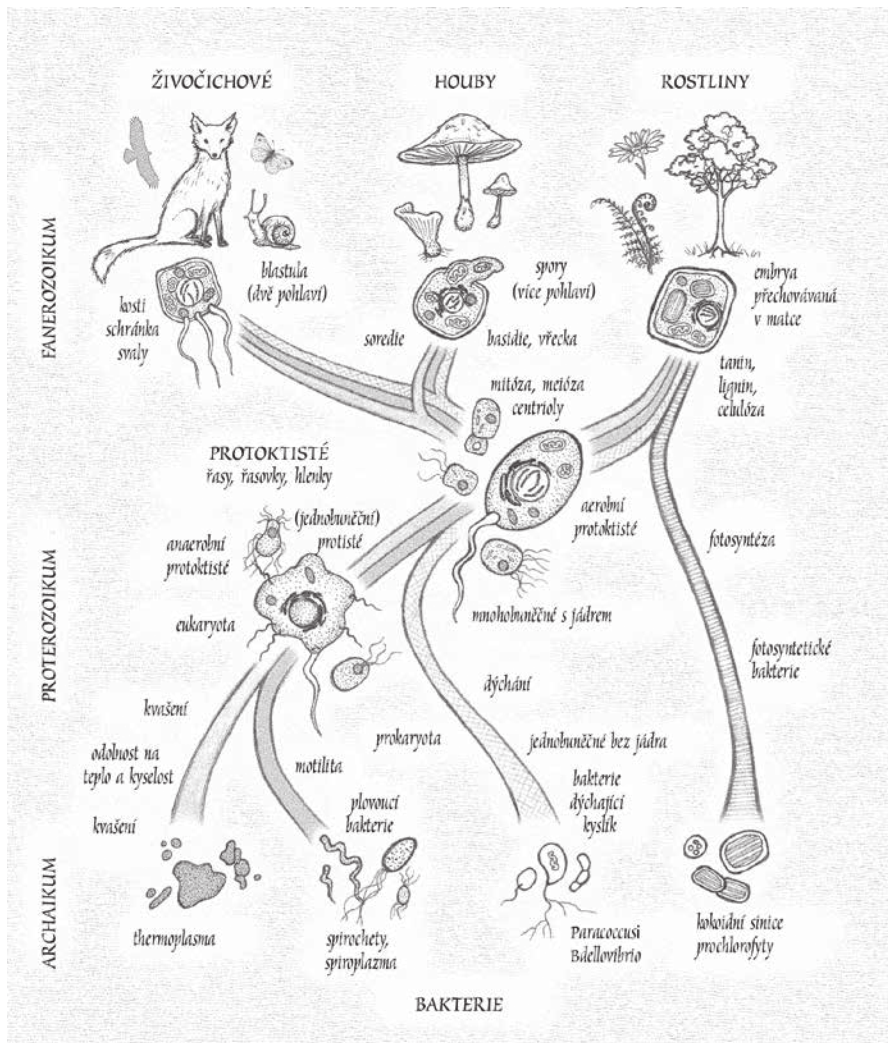
poznej své bratrance

Stromy jsou rostliny, které se naučily dosahovat vysokého vzrůstu. Slouží jim k tomu samonosný, dřevěný kmen, rok za rokem sílí. Stejně jako vše živé na Zemi pocházejí z archeí, zejména fototrofních a metanogenních, jež před dávnou dobou začala utvářet prostředí naší planety. Diferenciací původních jednobuněčných forem života zhruba před 3 miliardami let vznikaly nové druhy pohyblivých *konzumentů*, z nichž někteří do sebe včlenili jiné jednobuněčné organismy ku vzájemnému prospěchu. Následný vývoj takovýchto endosymbiotických vztahů postupně vytvořil rozmanité protisty, kteří se na základě odlišných charakteristických schopností rozčlenili do tří skupin, z nichž se zrodily tři říše vícebuněčných organismů: houby, živočichové a rostliny (*viz diagram podle Lynn Margulisové na protější straně*).

První cévnaté rostliny se objevily před 400 miliony lety v siluru. Začaly pumpovat do atmosféry kyslík. V období karbonu před 330 miliony lety se začalo nedostávat oxidu uhličitého a vyvinuly se kapradorosty s listy, které dýchaly. Růst do výšky přišel s nahosemennými rostlinami (jinany a vysokými jehličnany) v období pozdního permu (před 250 miliony lety) a jury (před 150 miliony lety). Nakonec přibližně před 75 miliony lety převládly nad nahosemennými rostlinami krytosemenné. Příkladem krytosemenných dřevin jsou magnolie.

Významnou vlastností stromů je, že produkují *lignin* v sekundární buněčné stěně (obsah ligninu tvoří přibližně 30 % hmotnosti dřeva v suchém stavu) a stejně jako ostatní rostliny také obrovské množství *celulózy* (nejrozšířenější organické sloučeniny na Zemi) a *taninů*.

Lidská DNA se shoduje z 50 % s DNA stromů. Zamysleme se nad tím, až příště usedneme pod starým dubiskem!



SVĚTLO JE PALIVO PRO ŽIVOT

sladká symfonie cukrů

Světlo je palivo pro život. Pohání biochemické procesy potřebné k fotosyntéze, při níž stromy a ostatní rostliny vytvářejí z vody (H_2O) a oxidu uhličitého (CO_2) sacharidy a kyslík.

Chloroplasty v listech zachycují energii fotonů z červené a modré části spektra a využívají ji k oddělení protonů a elektronů přes thylakoidní membránu v molekulách vody. Světelná energie se přeměňuje na chemickou energii *adenosintrifosfátu* (ATP) a *nikotinamidadenin dinukleotidfosfátu* (NADPH) a při tom se uvolňuje kyslík. Uhlík z CO_2 se následně buď fixuje ve skeletech jednoduchých cukrů (monosacharidů), jako je glukóza a fruktóza, a ty se pak mohou spojovat a vytvářet řetězovité struktury polysacharidů, jako je celulóza a lignin, anebo se ukládá jako zásobní energie ve formě škrobu v kořenech, oddenkových hlízách a semenech.

V noci stromy zužitkovávají energii nahromaděnou během dne k produkci organických látek. S využitím rozpustného dusíku obsaženého v kořenech monosacharidy transformují na aminokyseliny a následně na léčivé i jedovaté alkaloidy, na fenolové sloučeniny, jako jsou salicyláty, vanilin, balzámy, a na polymery, jako jsou třísloviny a lignin. Umějí též redukovat sacharidy na lipidy, díky čemuž vznikají požitelné oleje. Strom kromě toho dokáže produkovat hydratované sodné a draselné soli vyšších karboxylových kyselin, jež tvoří základní složku mýdel, dále pak aromatické oleje, jako jsou mentol, limonen či kafein, anebo pryskyřice a latexy, jako jsou myrha a kaučuk.





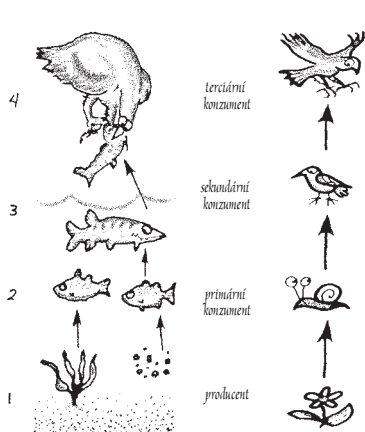
BEZ ROSTLIN NENÍ ŽIVOTA

porozumění potravním řetězcům

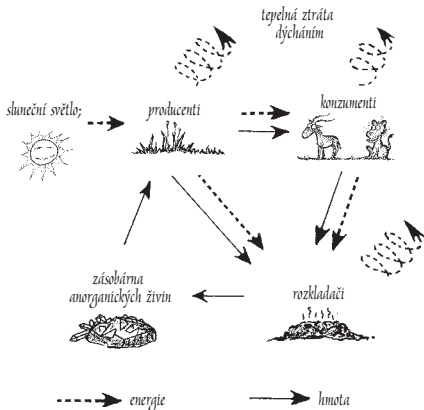
Kromě nemnoha organismů, které čerpají energii z oceánských hydrotermálních prúdů, závisí veškerý pozemský život přímo nebo nepřímo na energii ze Slunce. Ve spodní části potravního řetězce se nacházejí rostliny – *autotrofní organismy* neboli *producenti* – jež přeměňují oxid uhličitý a vodu na chemické sloučeniny, jako je glukóza, v nichž se sluneční energie ukládá. Největšími rostlinami jsou stromy. Nad *autotrofními organismy* se nalézají *organismy heterotrofní* neboli *konzumenti*, kteří získávají energii tím, že se živí organismy autotrofními nebo jinými heterotrofními. Vědci proto často seskupují organismy do trofických úrovní (*níže a na protější straně vlevo nahore*). Někteří konzumenti, např. bakterie a houby, jsou *rozkladači* a získávají energii tak, že chemicky reagují s mršinami, které byly předem rozžvýkány *detritovory*, např. šneky či supy.

Živočichové i rostliny mají v buňkách *mitochondrie* – jakési miniaturní baterie – které *respirují* neboli vydechují CO_2 a vodu při provádění klíčových procesů, jako je tvorba ATP. ATP představuje chemickou energii využívanou různými procesy uvnitř buněk, přičemž jiné procesy ji opět regenerují; lidské tělo tímto způsobem za den recykluje ATP o stejné hmotnosti, jakou má celý člověk. Čistou produktivitou libovolného systému rozumíme hrubou produktivitu zmenšenou o respirační ztráty (*viz příklad listu na protější straně vlevo dole, podle Rutherforda*). Tak jako fotosyntéza a respirace zajišťují koloběh uhlíku, další podstatné biogeochemické cykly zajišťují koloběh vody, dusíku, síry (v proteinech a enzymech), fosforu (v DNA) i dalších stopových minerálů.

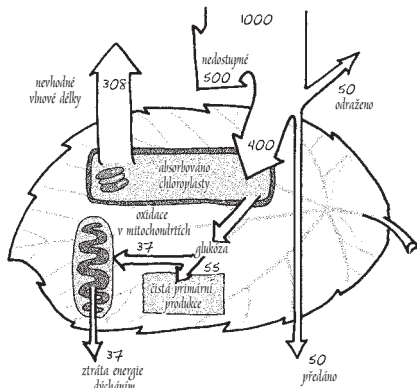




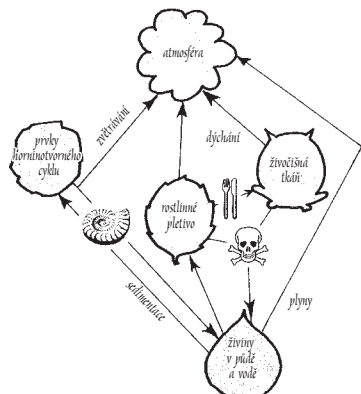
Čtyři trofické úrovně. Producenti získávají energii ze Slunce. Primární konzumenti jsou vegetariáni požívající sekundárními konzumenty. Na každou vyšší úroveň se přenáší jen 10 % získávané energie, takže masožravci terciární konzumenti jsou relativně vzácní.



Energie a hmota procházejí ekosystémem. Povšimněme si, jak důležití jsou rozkladači, kteří pomáhají recyklovat živiny zpět pro primární producenty. Půdní dýchání (zprostředkované půdními bakteriemi) je důležitou součástí celkového koloběhu uhlíku.



Produktivita rostliny. Chloroplasty vyrábějí z červeného a modrého světla (obrážejících zelenou barvu) glukózu, zatímco mitochondrie spalují glukózu, a dodávají tím energii buňkám, což vyvolává dýchání. Hrubá primární produktivita ze vstupů 1 000 jednotek energie činí 92 (37 + 55).



Biogeochemické cykly v globálním ekosystému. Ekosystémy obilná kolem 400 elementů, které jsou nezbytné pro podporu životních pochodů. Hlavní rezervár těchto prvků se přesouvají anorganických surovin se obvykle nachází mimo potravní řetězec, v horninách a půdě.

KOLIK STROMŮ EXISTUJE?

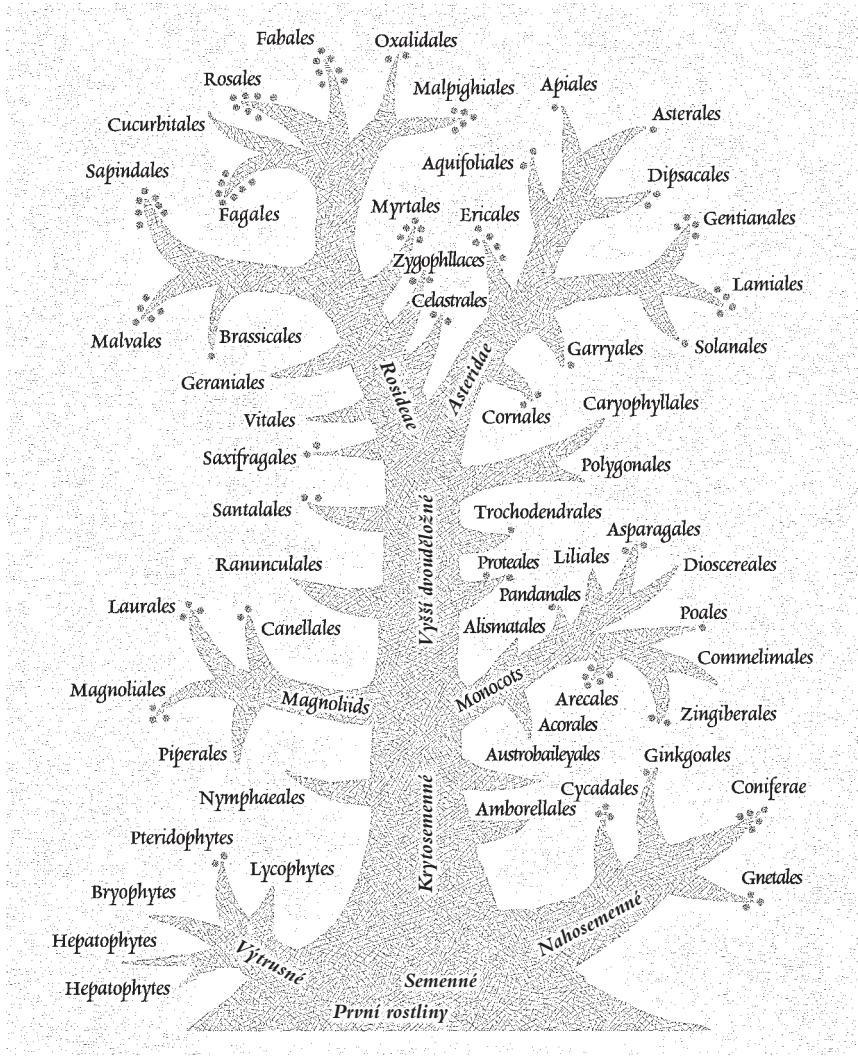
jejich sláva hvězd se dotýká

Leckdo by se mohl domnívat, že stromy jsou zastoupeny jen v několika málo čeledích „stromovitých rostlin“, ale není tomu tak. Na schématu na protější straně je tečkami vyznačeno zastoupení stromů v jednotlivých rostlinných řádech. Je vidět, že stromovou „formu“ jich objevila většina – osvědčila se jim, což slouží jako doklad konvergentní evoluce.

Dnes vědci odhadují, že existuje asi 60 000 druhů krytosemenných stromů – plná pětina všech druhů krytosemenných rostlin (300 000). Z pradávných vývojových linií rostlin, které vládly Zemi před krytosemennými i nahosemennými, se zachovalo asi 800 druhů stromovitých kapradňorostů, mezi nimiž bohužel není obří, 30 metrů vysoká, přeslička paleozoika, a z nahosemenných pouhých 130 druhů palmám podobných cykasů, jediný osamocený druh ginkgo a 630 druhů jehličnanů (*viz též strany 54–55*).

Mezi jehličnany patří nejvyšší rostliny na Zemi: sekvoje vždyzelené, schopné dosáhnout vzrůstu až 115 metrů. Jsou jedním ze dvou posledních zbylých druhů, jež kdysi na Zemi převládaly, nyní však jsou prakticky vymizelé. Borovice, bříza a další opadavé stromy se rozšířily do severních zeměpisných šířek až po poslední době ledové, tj. zhruba před 10 000 roky.



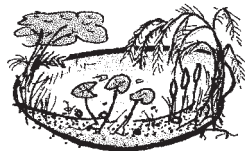


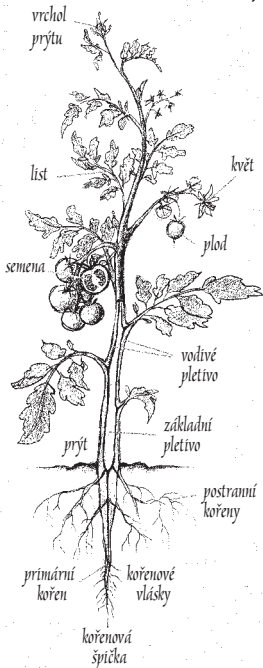
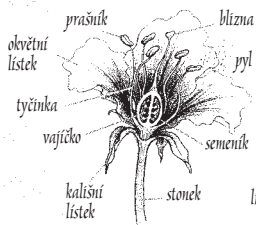
ČÁSTI STROMU

a jak se k sobě mají

Bičkatí protisté, z nichž se vyvinuly rostliny, se proháněli mezi vodním sedimentem, z něž získávali minerály, a hladinou, kde vstřebávali sluneční světlo. Hlavní starostí velkých suchozemských rostlin, jako jsou stromy, je zajistit si přístup k oběma zdrojům z jediného místa. Když začnou z primordiálního dělivého pletiva (*meristému*) vyrůstat rostlinky, některé buňky se snaží dostat vzhůru ke světlu a jiné, poslušny gravitace, putují pod zem. Buňky mezi nimi, tzv. *kambium*, se diferencují na cévnatý *xylém* (dřevo) a *floém* (lýko) a propojují strom s větvemi a listy, přičemž zásobní buňky se nacházejí v jádru kmene. „Moduly“ kořenů, kmenu a listů se rozvětvují s charakteristickými rozestupy; totéž platí o útvarech, jako jsou úpony, trny či pupeny.

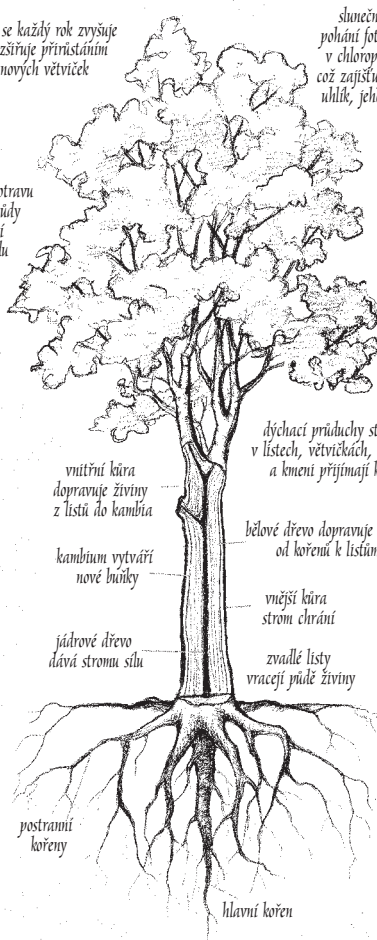
Moudrost stromu spočívá v tom, že jeho klíčové produkční procesy jsou decentralizovány do mnoha nezávisle fungujících jednotek na molekulární úrovni. Jsou tak malé, že produkce může pokračovat, i když například část listu je zničena nebo zbavena přísunu vody a výživných látek. Na rozdíl od většiny živočichů není přežití celku svěřeno jednomu určitému modulu, což mimo jiné umožňuje štedře obdarovávat tkáněmi parazity nebo kolemjdoucí býložravce, aniž by strom zahynul. Díky své holistické molekulární jednotě stromy vždycky „vědí“, kde zvýšit či snížit produkci a jak distribuovat nezbytné ingredience. Pokud zbyl nějaký meristéma, může se celý strom regenerovat i z pařezu.





listy připravují potravu ze vzduchu a půdy a transpirací vydávají vodu

strom se každý rok zvyšuje a rozšiřuje přivíštěním nových větvíček



sluneční světlo
podání fotosyntézu v chloroplastech, což zajišťuje stromu uhlík, jeho potravu

dýchací průduchy stromu v listech, větvíčkách, větvích a kmeni přijímají kyslík

vnitřní kůra dopravuje živiny z listů do kambia

kambium vytváří nové buňky

jádrové dřevo dává stromu sílu

bělové dřevo dopravuje mízu od kořenů k listům

vnější kůra strom chrání

zvalle listy vrací živiny

povrchové kořeny

postranní kořeny

hlavní kořen

STROM DIVOTVŮRCE

a pár důležitých molekul

Ano, stromy jsou schopny konat – a konají – fantastický zázrak: mění světlo na chemickou energii. Aby mohl proces začít a spustila se fotosyntéza, musí nejprve slunce zahřát buňky. Pak se uskuteční klíčová reakce: sluneční energie + $6\text{H}_2\text{O}$ + 6CO_2 = $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ + 6O_2 (viz níže). Za slunečního dne nadýchá starý buk přibližně 35 000 litrů vzduchu, z něž extrahuje asi 10 000 litrů resp. 18 kg CO_2 a vyprodukuje 12 kg cukru a 13 kg kyslíku. Nebo si vezmeme dub. Ten může mít až čtvrt milionu listů, takže procházíte-li se za slunného odpoledne dubovým lesem, doslova cítíte kyslík ve vzduchu. Dlouhá životnost stromů je zárukou biodiverzity a bohatých obnovitelných zdrojů energie, jež slouží veškerému životu. Za to vše vděčíme světlu.

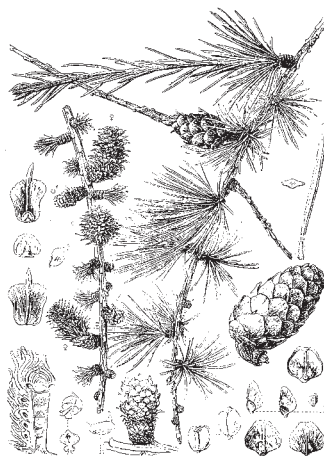
Uložené sacharidy mají zásadní význam pro opadavé stromy, ty totiž musejí přežít studenou zimu a pořád ještě mít dost energie k tomu, aby na jaře mohly rozkvést a olistit korunu, než nanovo započne fotosyntéza. Energie se skladuje také v semenech.

Boj o světlo je v přírodě nelítostný. Strom musí soutěžit o místo na slunci s jinými druhy rostlin. Vítěz prospívá, poražení chřádnou. Strom díky robustnímu kmenu klene své větvové výše než jiní konkurenti, ale i tak dokáže fotosyntetizovat pouhé 1 % přijímaného světla a z toho jen 10 % se přemění na dřevo. Strom tedy ukládá do zásoby asi jednu tisícinu energie světla, které na něj dopadá.

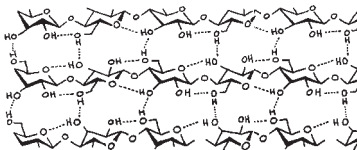




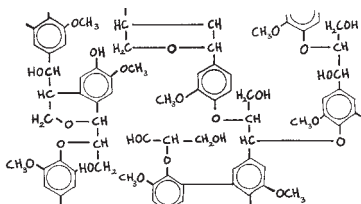
Nahoře: ořešáky kvetou v podobě samičích trsů (jež později uzrají v plod a ořech) a samičích jehleč.



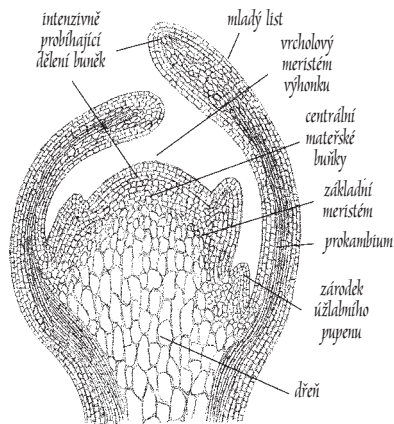
Nahoře: modřín, opadavý jehličnan, běžný v rozlehlých tajgách Ruska a Kanady.



Nahoře: celulóza tvoří třetinu veskeré hmoty rostliny a skládá se z tisíců propojených jednotek glukózy.



Nahoře: struktura dřevěného ligninu (detail), což je složitá sloučenina tvořící další třetinu hmoty rostliny.



Nahoře: rostoucí špička. Růst rostliny se odehrává v oblastech nediferencovaných „meristatických“ buněk.

VNITŘEK LISTU

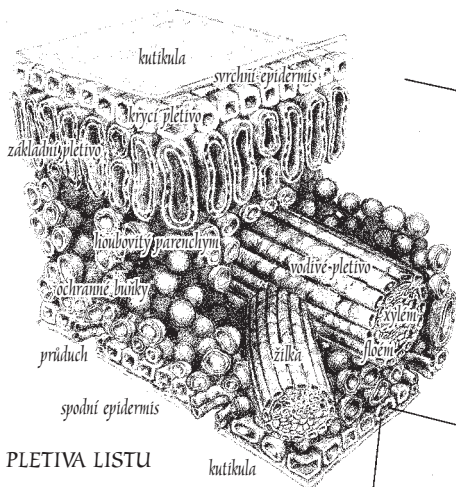
zelená revoluce

List stromu se skládá z vnější voskovité vrstvy obsahující buňky pokožky (*epidermis*), jež chrání vnitřní buňky listu, ve kterých probíhá fotosyntéza. Vnější buňky jsou chráněny různými pigmenty před nežádoucím ultrafialovým zářením. V zemích s horkým podnebím některé stromy sklápějí listy tak, aby zmírnily hrozbu spálení (například eukalyptus v paprscích poledního slunce svěsí listy kolmo dolů). V důsledku odlišných proporcí buněčných struktur se pak listy diferencují na „slunné“ a „stinné“.

Pod *epidermis* se nachází *parenchymatické* pletivo, rozprostřené tak, aby zachytilo co nejvíce slunečního světla. V parenchymatických buňkách se nacházejí tovární haly zelených *chloroplastů* a v nich se odehrává většina fotosyntézy.

Chloroplasty, podobně jako mitochondrie, mají vlastní cirkulární DNA a jsou ohraničeny dvěma fosfolipidovými membránami. Výplňovou hmotou chloroplastu je roztok zvaný *stroma*. V něm jsou poskládány malé, zelené přihrádky thylakoidů provádějících fotosyntézu. Chloroplasty jsou pospojovány stromatickými kanálky a fungují na způsob sítě. Jejich celková plocha u velkého opadavého stromu činí ohromujících 350 kilometrů čtverečních a využívají zhruba 95 % červené a modré části světelného spektra. Ve spodní straně listu jsou mikroskopické průduchy, jež přivádějí k buňce vzduch a oxid uhličitý potřebný k fotosyntéze. Na každý čtvereční milimetr připadá 100 až 700 průduchů, které se otevírají či zavírají v závislosti na množství světla.

Svazky cév transportují vodu z kořenů k fotosyntetizujícím buňkám a odvádějí vzniklý cukr z listu zpět do rostliny. Vypařující se voda umožňuje, aby se proud nové vody a v ní obsažené výživné látky rozváděly rovnoměrně do celého stromu.

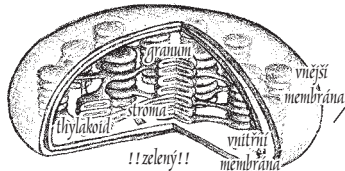


PLETIVA LISTU

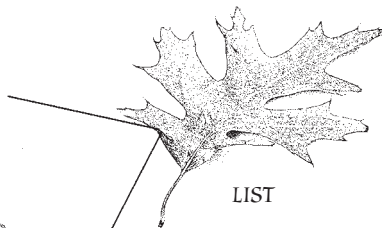
Vyravo: Tonoplast má nárazníkovou funkci a řídí přívod vody do fotosyntetizujících chloroplastů. Derivativní strukturální polysacharidy pomáhají vyvažovat osmotický tlak. Vlákenná celulóza posiluje buněčné stěny, zatímco gely, oborní pektiny a rostlinný sliz vodu váží a konzervují lůžně.

Níže: Elektrochemická energie – základ všech živých procesů – se generuje fotolýzou v thylakoidech chloroplastů.

Chloroplast

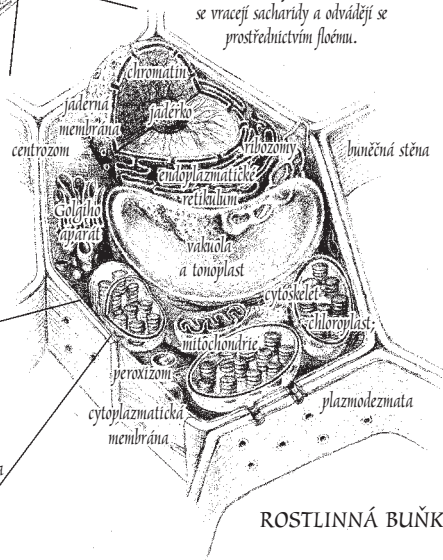


CHLOROPLAST



LIST

Vlevo: Listové buňky s pigmentem v prostoru pro výměnu látek v plynném stavu; uzavíratelné póry a izobující voskovitá vrstva zvaná kutikula omezují transpirační ztráty vody, již je zapotřebí pro fotolýzu. V kořenech se aktivně čerpají minerály a přivádějí se k listům cévním systémem; do rozloku se vracejí sacharidy a odvádějí se prostřednictvím floému.



ROSTLINNÁ BUŇKA