

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI**

**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**

Katedra botaniky



**Krytosemenné rostliny ve výuce biologie na středních školách**

Diplomová práce

**Kristýna ŠEBKOVÁ**

Učitelství biologie a geografie pro střední školy

Prezenční studium

Vedoucí práce: PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Ph.D.

Olomouc 2016

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou práci vypracovala samostatně podle metodických pokynů vedoucího práce a za použití uvedené literatury.

V Olomouci,

.....

Kristýna Šebková

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala mému vedoucímu práce PaedDr. Ing. Vladimíru Vinterovi, Ph.D. za jeho vstřícnost a ochotu mi vždy pomoci. Také za cenný čas věnovaný odborným radám a mým dotazům.

## **BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE**

**Jméno a příjmení:** Kristýna Šebková

**Název práce:** Krytosemenné rostliny ve výuce biologie na středních školách

**Typ práce:** diplomová

**Pracoviště:** Katedra botaniky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci

**Vedoucí práce:** PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Ph.D.

**Rok obhajoby práce:** 2016

**Abstrakt:** Od konce 20. století začala v botanice převažovat molekulární systematika a začal se postupně měnit pohled na systém krytosemenných rostlin. Předložená diplomová práce přináší ucelený pohled na nový systém krytosemenných rostlin s přihlédnutím k nejnovějším poznatkům. Zahrnuje fotografie vybraných zástupců, jejich charakteristiky, pracovní sešit a didaktické testy.

**Klíčová slova:** systematika, kladistika, fylogeneze, evoluce, krytosemenné, angiospermní rostliny, květ

**Počet stran:** 90

**Počet příloh:** 3

**Jazyk:** Český

## **BIBLIOGRAPHICAL IDENTIFICATION**

**Author's name and surname:** Kristýna Šebková

**Title:** Angiosperms in teaching biology in secondary schools

**Type of thesis:** master

**Department:** Department of Botany, Faculty of Science, Palacky University, Olomouc

**Supervisor:** PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Ph.D.

**The year of presentation:** 2016

**Abstract:** Since the end of the 20th century in botany has been preponderated molecular systematics and began to change the view of the system of angiosperms successively. This master's thesis brings a comprehensive view of the new system angiosperms taking into account the latest findings. Includes photographs selected representatives, their characteristics, workbook and didactic tests.

**Key words:** systematics, cladistics, phylogeny, evolution, angiosperms plants, flower

**Number of pages:** 90

**Number of appendices:** 3

**Language:** Czech

## Obsah

Úvod .....	7
Cíle diplomové práce.....	8
Teoretická část.....	8
1. Systematická klasifikace krytosemenných rostlin.....	8
1.1. Přístupy k systematické klasifikaci.....	9
1.1.1. Názvosloví rostlin neboli nomenklatura.....	11
1.1.2. Binomická nomenklatura.....	12
1.2. Vývoj názorů na systematiku rostlin v historii až po současnost.....	12
1.3. Nové pojetí klasifikace Angiospermae.....	17
1.3.1. Bazální větve .....	21
1.3.2. Magnoliid Complex .....	22
1.3.3. Klady s nejistým umístěním .....	23
1.3.4. Jednoděložné rostliny (Monocots).....	25
1.3.5. Dvouděložné rostliny (Tricolpates, eudicots).....	26
2. Postavení krytosemenných rostlin ve fylogenezi organismů .....	34
2.1. Taxonomické jednotky .....	34
2.2. Fylogenetické zařazení krytosemenných rostlin.....	34
3. Evoluce krytosemenných rostlin .....	38
3.1. Život na Zemi .....	38
3.2. Předpoklady evoluce krytosemenných rostlin.....	39
3.3. Původ krytosemenných rostlin .....	41
3.4. První kvetoucí rostlina.....	43
3.5. Původ květu .....	46
4. Charakteristika krytosemenných rostlin .....	47
4.1. Základní charakteristika .....	47

4.2. Květ .....	50
4.3. Opylení a oplození.....	52
4.4. Semeno a plod .....	54
5. Hospodářský význam krytosemenných rostlin.....	55
5.1. Výtažky z rostlin.....	55
5.2. Textilní plodiny .....	57
5.3. Rostliny jako potravina.....	58
5.4. Rostliny jako drogy .....	60
5.5. Rostliny pro náš transport.....	62
5.6. Rostliny nás baví .....	63
Praktická část.....	65
1. Materiál a metodika .....	65
2. Systém pro střední školy .....	65
3. Vybraní zástupci se zařazením do nového systému .....	67
6. Diskuse .....	80
7. Závěr.....	83
8. Použitá literatura.....	84
Internetové zdroje .....	87

Přílohy

## Úvod

Fotosyntéza – jeden z největších zázraků evoluce. Proces, bez kterého by na naší planetě neexistoval kyslík. Pouze několik typů organismů obsahuje chlorofyl, který je základním pigmentem pro život buněk vykonávajících fotosyntézu. Jednou skupinou těchto organismů jsou právě rostliny (dále řasy a některé bakterie včetně sinic), které jsem si pro svou práci vybrala. S rostlinami se všichni setkáváme v každodenním životě. Poskytují vlákna pro oblečení, dřevo pro výrobu nábytku nebo obydlí, nebo mohou být využívány pro výrobu papíru, bez kterého si život nedokážeme představit. Další využití nalézají rostliny v gastronomii jako koření nebo jako drogy a jiné látky využívané v medicíně. Z některých se vyrábí palivo, ale všechny společně vyrábí to nejdůležitější „palivo“ na Zemi a to kyslík, který dýcháme.

Kvetoucí rostliny se projevují obrovskou variabilitou, jak v tvarech, tak i barvách a velikostech. Tuto variabilitu jsem se snažila zachytit na fotografiích. Pro studenty by mohly být velkým přínosem při studiu o krytosemenných rostlinách. Nejlepší je rostliny vidět na vlastní oči, ale pokud to není možné, je potřeba přinést jiný zdroj informací. Někdo by mohl namítnout, že lepší než fotografie je herbář. Herbář má samozřejmě své přednosti, ale rostliny v něm ztrácejí barvy, tvary a nemusí existovat věčně. Fotografie, jak v tištěné, tak digitální podobě, jsou snadněji uchovatelné, a mohou vytrvat po celý náš život.

Má práce by mohla pomoci učitelům na středních školách, při výuce botaniky. Jen málo škol vlastní kvalitní herbáře, které by žákům ukazovaly skutečnou podobu rostlin a ještě méně škol, respektive učitelů, organizuje vycházky do přírody za účelem poznávání rostlin.



## Cíle diplomové práce

Hlavní cíle diplomové práce lze shrnout v několika bodech:

- vypracování literární rešerše k zadanému tématu (současné názory na systematické členění a evoluci angiospermních rostlin, botanická charakteristika, hospodářský význam)
- výběr didakticky významných zástupců
- vytvoření fotodokumentace jednotlivých rostlin
- didaktické zpracování tématu do podoby prezentačního CD pro potřeby výuky na SŠ s přihlédnutím ke změnám v systematice krytosemenných
- vytvoření pracovního sešitu do biologického praktika pro studenty středních škol
- konstrukce didaktického testu k problematice krytosemenných rostlin

## Teoretická část

### 1. Systematická klasifikace krytosemenných rostlin

Krytosemenné rostliny (*Angiospermae*) jsou fylogeneticky nejodvozenější a druhově nejbohatší příbuzenská skupina vyšších rostlin. I přes svou variabilitu je tato skupina považována za monofyletickou (Rosypal, 1992).

Ve středoškolských učebnicích je uváděno systematické členění krytosemenných rostlin založené na tradičních znacích – morfologických, anatomických, karyologických, palynologických a fytochemických (zejména obsah sekundárních metabolitů). Koncem osmdesátých let 20. století se v systematické botanice začala prosazovat **kladistika**, jejímž základním principem je požadavek striktní fylogenetické monofylie – monofyletický taxon v sobě zahrnuje všechny potomky společného (hypotetického) předka. O něco později se začíná rozvíjet **molekulární systematika** využívající molekulární data ze sekvencí nukleových kyselin (především RNA jaderného a DNA mitochondriálního i chloroplastového genomu) k odhalování vzájemných fylogenetických vztahů mezi rostlinnými taxony. Využití molekulárně-kladistických metod přineslo zásadní změny v názorech na fylogenezi a systematickou klasifikaci cévnatých rostlin, především rostlin krytosemenných – podrobnější shrnující informace přináší článek L. Hroudy (Hrouda 2008). Blíže budou změny popsány v části Nové pojetí klasifikace *Angiospermae*.

Podle mého názoru je systematika velmi důležitou disciplínou, přestože se jedná

o výčet názvů rostlin zařazených do určitých skupin, které nemusí mít pro obyčejného člověka žádný význam. Její důležitost spočívá v tom, že bez určitého řádu nebo systému by lidé nemohli existovat a vládl by nad vším zmatek. Ale jak řekl Gilbert White: „systém by měl našemu zkoumání sloužit a nikoli vládnout.“

### 1.1. Přístupy k systematické klasifikaci

Systematika neboli taxonomie může být definována jako věda, která se zabývá studiem klasifikace organismů, jejích základů, principů, pravidel a postupů. Simpson (1961) definuje systematiku jako vědu, zabývající se studiem druhů a diverzity organismů a studiem vztahů mezi nimi. Širší definici vytvořil Stace (1980), která představuje systematiku jako vědu, která se zabývá studiem a popisem změn organismů, zkoumáním příčin a důsledků těchto změn, a manipulací s daty získanými pro tvorbu systému klasifikace (Gurcharan, 2010).

Systematika (taxonomie) zařazuje a třídí druhy podle určitých znaků do velkých skupin a těmto skupinám dává názvy a vytváří tak určitou klasifikaci (Judd, et al., 2002). Klasifikace zahrnuje seřazování a třídění taxonů, podle určitých pravidel. Rozděluje taxony do menších jednotek, které mohou sdružovat dva a více taxonů. Zahrnuje také přemísťování různých taxonů z jedné skupiny do jiné a umožňuje měnit jejich pozici v systému (Gurcharan, 2010).

Existuje mnoho způsobů a znaků, na základě kterých mohou být rostliny klasifikovány.

**Umělá klasifikace** je založena na libovolných, snadno pozorovatelných znacích jako je habitus, barva, počet, forma, tvar, velikost apod. Umělé systémy jsou tedy založeny na znacích morfologických, přičemž je vždy sledován konkrétní jeden znak (popřípadě několik znaků). Nejznámější umělý systém rostlin byl vytvořen švédským systematikem a přírodovědcem Carlem von Linné. Vytvořil pohlavní (sexuální) systém, který je založený na počtu a vlastnostech tyčinek a počtu pestíků v květech rostlin (Gurcharan, 2010, Černoorský, 1967, Kubát, 2003). Celý systém je postaven na zdůrazňování jednoho nebo více znaků na rostlinách, přičemž jsou znaky vybírány bez ohledu na jejich systematickou hodnotu (Mártonfi, 2006). Stále více jsou prosazovány systémy přirozené.

**Přirozená klasifikace** je založena na celkové podobnosti seskupených taxonů. Klasifikace je tedy založena na fyzických anatomických znacích a velmi se odlišuje od

klasifikace vytvořené Carlem Linné. Tento koncept navrhl francouzský botanik Michel Adanson, který také prosazoval využívání statistických metod v botanice (britannica.com). První přirozené systémy pocházejí z 18. a 19. století, a využívají k vymezení celkové podobnosti morfologii. Dříve se autoři snažili vybírat více znaků v různých skupinách rostlin, ale znaky vybírali dodatečně na základě jejich hodnoty. Dnes je celková podobnost posuzována na základě vlastností odvozených od všech dostupných oblastí taxonomických informací. Rozdíl mezi přirozeným a umělým systémem je v tom, že v případě přirozené klasifikace jsou vztahy mezi klasifikovanými organismy určovány souhrnem všech jejich znaků. V případě umělé klasifikace jsou vztahy určovány na základě jednoho nebo kombinací několika znaků (Gurcharan, 2010, Mártonfi, 2006, Briggs, Walters, 2001).

**Fenetická klasifikace** využívá data ze všech dostupných zdrojů, jako například z morfologie, anatomie, embryologie, fytochemie. Využívá také pozorování ultrastruktur, tedy struktur na úrovni elektronového mikroskopu (Vokurka, 2006). Tento přístup silně podporovali Sneath a Sokal (1973) a nazvali jej jako „numerická taxonomie“. Jedná se o matematickou metodu, která pomocí mnohorozměrné analýzy určí skupinu podobných objektů a jejím výsledkem je dendrogram, tedy strom podobnosti studovaných objektů. Tato metoda nenašla uplatnění při vytváření systému vyšších rostlin, protože nedokáže interpretovat vztahy mezi vyššími taxony, jako jsou například čeledi nebo řády (Gurcharan, 2010, Mártonfi, 2006).

**Fylogenetická klasifikace** je založena na evolučním původu skupin organismů (taxonů) a jejich příbuznosti (Gurcharan, 2010). Tato klasifikace je založena na datech získaných různými vědeckými metodami. Nejčastěji jsou využívány metody fyziognomické (morfologie, anatomie), molekulární, fytochemické (př. chemické látky v rostlinách, produkty sekundárního metabolismu), paleobotanické (fosilizované zbytky rostlin), palynologické (tvar, struktura a vývoj pylových zrn) nebo metody cytotaxonomické (počet, typ a struktura chromozomů) a další (Novák, Skalický, 2012). Jednou z nejdůležitějších pomocných věd při budování systému je paleobotanika, tedy věda o vymřelých rostlinách. Kdyby se zachovaly v zemské kůře rostliny ve vrstvách nad sebou, byla by paleobotanika obrazem vývojového systému (Novák, 1972). Vztahy mezi organismy jsou znázorňovány fylogramy, fylogenetickými stromy nebo také kladogramy. Tato klasifikace pracuje na principu monofylie, což znamená, že všichni jedinci v určité skupině musí mít společného předka. Pokud by byli někteří potomci vynecháni (tzn. skupina nezahrnuje všechny potomky jednoho společného předka), jednalo by se o skupinu parafyletickou. V tomto případě jsou skupiny včleňovány do jiných skupin, aby opět vytvořily monofylii. Příkladem je například sloučení

*Asclepiadaceae* (subčeleď) s čeledí *Apocynaceae* (tolejšovitě) nebo sloučení *Capparaceae* (kapparovitě) s *Brassicaceae* (brukvovitě). Stejný případ nastává, jestliže jsou vytvářeny polyfyletické taxony (organismy / skupiny organismů z různých vývojových linií zahrnuté v jedné skupině). Tyto skupiny jsou proto opět rozdělovány tak, aby vytvořily monofyletický taxon. Jedná se například o rod *Arenaria*, který byl rozdělen na *Arenaria* (písečnice) a *Minuartia* (kuřička) (Gurcharan, 2010). Fylogenetickou klasifikaci, která zohledňuje molekulární data, využívá také skupina vědců s názvem „Angiosperm Phylogeny Group“. Jedná se o nejdůležitější internetový zdroj zabývající se klasifikací krytosemenných rostlin, který je průběžně doplňován, aktualizován a upravován (Stevens, et al., 2001).

**Vývojová (evoluční) taxonomická klasifikace** se odlišuje od fylogenetické klasifikace tím, že připouští parafyletické taxony a klade důraz na sympleziomorfní znaky, tzn. původní primitivní znaky, které jsou společné pro různé taxony, jsou zděděné od vzdáleného společného předka a po dlouhou dobu se nezměnily. Klasifikace je založena na výběru znaků, které danému systematikovi vyhovují a následně jsou organismy s vybranými znaky seskupovány do určitých skupin. Výběr znaků je založen především na odbornosti, kompetencích a intuici systematiků. Tento přístup se nazývá také elektricismus (Gurcharan, 2010).

### **1.1.1. Názvosloví rostlin neboli nomenklatura**

Aby mohly být rostliny klasifikovány a zařazovány do určitých taxonomických skupin, musí být rostliny i skupiny pojmenovány. Proto byla vytvořena nomenklatura neboli názvosloví. Nomenklatura se zabývá přiřazováním správného vědeckého jména rostlině nebo taxonomické skupině. Vědecká jména pro každou taxonomickou skupinu jsou tvořena na základě norem pro nomenklaturu rostlin, kterými jsou Mezinárodní pravidla botanické nomenklatury (International Code of Botanical Nomenclature, ICBN). Tato pravidla by měla poskytnout stabilní systém pojmenovávání taxonomických skupin, aby se předešlo používání chybných názvů, které by způsobily nejednoznačnosti a zmatek ve vědě. Předcházet by se mělo také vytváření zbytečných názvů spojených například s osobami, zvyky, libozvukem apod. Cílem pravidel je opravit nomenklaturu z minulosti a zajistit názvy pro budoucnost, jelikož jména, která nejsou v souladu s pravidly, nemohou být zachována. Pravidla tedy určují, která jména jsou pro rostliny platná. Všechna pravidla pro pojmenovávání rostlin byla vytvořena Mezinárodní asociací pro rostlinnou taxonomii (International Association for Plant Taxonomy, IAPT), která byla založena v roce 1950. Každý kód (pravidlo) je aktualizován

a upravován na Mezinárodním Botanickém Kongresu (International Botanical Congress). Výsledky jsou zveřejněny na jejich webových stránkách. Poslední kongres proběhl v roce 2011 v Melbourne v Austrálii, a následující se bude konat v roce 2017 v Shenzhen v Číně a je pravděpodobné, že bude přijato nové upravené znění pravidel (Gurcharan, 2010, Novák, Skalický, 2012, [www.iapt-taxon.org](http://www.iapt-taxon.org)). Česká národní jména rostlin žádným pravidlům nepodléhají, ale řídí se zásadami a do určité míry i zvyklostmi podobnými mezinárodní vědecké nomenklatuře (Hendrych, 1977).

### **1.1.2. Binomická nomenklatura**

Původní názvy rostlin byly víceslovná pojmenování nebo dlouhé popisné a těžko zapamatovatelné fráze. Koncept binomické nomenklatury, tedy že jméno každého druhu se skládá ze dvou částí, kdy první je jméno rodu, a druhé je specifický přívlastek (epiteton), zavedl jako první Casper Bauhin (1623). Nepoužil však binomickou nomenklaturu pro všechny druhy a proto je za autora považován Carl Linné, který tento systém pojmenování pevně zavedl ve svém díle *Species plantarum* (1753). Následně Steudel ve svém díle *Nomenclator botanicus* (1821) seskupil všechny latinské názvy, do té doby známých kvetoucích rostlin, s jejich synonymy od různých autorů (Gurcharan, 2010).

Od 1. ledna 1953 je povinné přiřazovat novým taxonům názvy v latinském jazyce. Latina byla vybrána z několika důvodů. Jedná se o mrtvý jazyk, tudíž nedochází ke změnám významů či interpretace slov jako v jiných jazycích. Smysl, význam slov a gramatika jsou přesné (bílá je přeložena jako alba, albus, album) a využívá latinku, stejně jako mnoho jiných jazyků, a je tak dobře použitelná v každém textu (Gurcharan, 2010). Vědecké názvy druhu se píší zpravidla kurzivou a rodové jméno začíná velkým písmenem. Česká jména se jiným typem písma nepíší a název rodu začíná písmenem malým. Za vědecká jména jsou připojována jména autorů (autora), kteří jméno vytvořili, použili a platně publikovali. Jméno autora se většinou zkracuje na několik písmen (Hendrych, 1977).

## **1.2. Vývoj názorů na systematiku rostlin v historii až po současnost**

Lidé využívali od nepaměti některé části rostlin a přitom o nich získávali různé poznatky. Autoři se ve svých spisech snažili uspořádat všechny známé rostlinné druhy do přehledných soustav, tedy systémů. První pokusy o třídění rostlin vycházely například

z jejich léčivých vlastností nebo preferovaného prostředí. Judd, et al. (2002) říká, že pokud chceme porozumět klasifikaci, musíme porozumět její historii.

Pravděpodobně prvním, kdo se pokusil vytvořit klasifikaci rostlin, byl řecký filozof a Aristotelův žák, Theophrastos Eressios (371 – 286 př. n. l.). Ve svých pracích popisuje rostliny domácí i z cizích zemí. Jsou v nich také údaje o zeměpisném rozšíření rostlin, jejich rozmnožování, pěstování a údaje o různých lékařských vlastnostech. Theophrastos rozdělil rostliny na stromy, keře, polokeře a byliny a tyto skupiny dále dělil na další podskupiny. Například byliny rozděloval na jednoleté, dvouleté a vytrvalé. Třídil rostliny podle jejich habitu, a všímal si i různých znaků, jako například svrchního nebo spodního semeníku nebo počtu korunních lístků. Toto třídění nevyjadřovalo hlubší vztahy mezi zástupci jedné skupiny ani vzájemné vztahy skupin, protože vycházelo z náhodně vybraných znaků. Byla ta založena tradice umělých systémů (Černohorský, 1967, Hendrych, 1977).

V 16. století dosáhl počet známých rostlin šesti tisíc, což si vynutilo nové zpracování systému. Jeden z prvních botaniků, který se tohoto úkolu ujal, byl Ital Andreas Caesalpinus (Hendrych, 1977). Ve svém díle *De plantis libri* řadil rostliny podle jednotných a logických principů, nikoli podle abecedy nebo léčivých vlastností (britannica.com), a změnil tak způsob klasifikace rostlin. Jeho systém nebyl přirozený (i když si myslel, že ano), ale poskytl běžným uživatelům, kteří se o systematiku nezajímali, určitý pohled na přírodu (Judd, et al., 2002).

V 17. století bylo známo již osmnáct tisíc rostlin a docházelo k dalšímu prohlubování poznatků o nich. John Ray vytvořil dílo *Historia plantarum*, kde rozdělil rostliny na skupinu Imperfectae (řasy, houby, mechorosty a cévnaté rostliny) a Perfectae (semenné rostliny). Rostliny semenné pak dále rozdělil na Dicotyledones (dvouděložné) a Monocotyledones (jednoděložné) (Hendrych, 1977).

Všechny systémy, které byly vytvořeny do 18. století spočívaly v nahodilosti ve výběru a kombinaci znaků. Tyto umělé systémy sloužily zejména pro přehled ve velkém počtu rostlin a pro jejich vzájemné rozlišení. Od 21. století začaly být postupně přijímány systémy přirozené. Posledním botanikem, který vytvořil zcela umělý systém, byl Carl Linné. Linné zdůrazňoval to, že by měly být využívány pro určování rodů znaky na květech a plodech. Vytvořil pohlavní (sexuální) systém, kde byly rostliny rozdělovány do skupin na základě počtu tyčinek a semeníků (přesněji počtu blizen nebo čnělek). Stanovil základní terminologii pro rozmnožovací orgány rostlin (kalich, koruna, tyčinka, pestík, perikarp, semeno). Rozdělil rostliny do 24 tříd podle počtu a rozmístění tyčinek. Zastával názor, že rody existují v přírodě nezávisle na znacích, které je charakterizují a jsou neměnné a stálé. Jeho soustava umožňovala zařadit do skupin existující i nově objevené rody a druhy. Přestože

byl přesvědčen, že se jednalo o přirozený systém, jeho soustava nezobrazovala vývojový nebo přirozený vztah mezi jednotlivými rody ani vyššími taxony. Na rozdíl od svých předchůdců rozlišoval pět taxonů: třídu, řád, rod, druh a varietu. Linné si byl vědom toho, že je jeho „přirozený“ systém nekompletní, protože rostliny vykazovaly různé vztahy v několika směrech, některé nebyly ještě objeveny a habitus rostlin (vnější i vnitřní stavba těla) byl velmi málo prozkoumán (Hendrych, 1977, Judd, et al., 2002).

První přirozené soustavy se začaly objevovat ve druhé polovině 18. století. Avšak jejich pojetí přirozeného systému se velmi liší od pojetí dnešního. Botanikové přirovnávali vztahy mezi rostlinami ke vztahům mezi městy na mapách nebo mezi hvězdami při různých konstelacích. Přesto analogie, které využívali k určování vzorů vztahů, pro ně byly přirozené a jimi vytvářené diagramy, ukazující tyto vzory, byly dobrým zdrojem informací.

V tomto období navrhli takovýto systém tři autoři, Michel Adanson, Jean-Baptiste-Pierre-Antoine de Monet de Lamarck a Antoine-Laurent de Jussieu (Judd, et al., 2002).

Michel Adanson přišel s názorem, že všechny znaky rostlin se v přirozených skupinách mění. Usoudil, že jeden znak není zásadní pro určení skupiny, ale že by měly být skupiny definovány kombinací znaků. Klasifikace by měla vytvářet úplné srovnání všech částí a vlastností rostlin. Ostatní přírodovědci nechtěli hledat všechny znaky u všech rostlin, ale potřebovali jasná pravidla pro rozhodování, zda jsou některé znaky důležitější než jiné. Zřejmě jako první po Linném zavedl taxon čeled' a vymezil a popsal jich 58 (Judd, et al., 2002, Hendrych, 1977).

Jean-Baptiste Lamarck přišel, zřejmě jako první v oboru botaniky, s numerickým váhovým systémem. Přiřazování podobné hodnoty znakům záviselo na tom, jak dobře byly rozšířeny mezi rostlinami (např. jak běžný byl kalich květu). Nebral v úvahu pouze přítomnost nebo absenci těchto znaků, ale také jejich přirozenost. Soustavy obou botaniků v jejich době příliš velké odezvy neměly (Judd, et al., 2002).

S větším ohlasem se setkal až v roce 1789 Antoine de Jussieu. Rostliny rozdělil do tří skupin: Acotyledones (bezděložné), Monocotyledones (jednoděložné) a Dicotyledones (dvouděložné). Rozeznával přibližně 100 čeledí a některé z nich platí dodnes (např. *Ranunculaceae*, *Tiliaceae*, *Campanulaceae*, a další) (Hendrych, 1977).

Na A. L. Jussieua navázal se svou soustavou Augustin-Pyramus de Candolle, jehož systém klasifikace se používal téměř polovinu století. Rostliny rozdělil podle cévních svazků na dvě velké skupiny: Vasculares/Cotyledoneae (cévnaté/děložné) a Cellulares/Acotyledoneae (buněčné/bezděložné). Vasculares dále dělil na třídu *Dicotyledoneae*, ve které byly rostliny s cévními svazky uspořádanými v kruhu a třídu *Monocotyledoneae*, s rostlinami

s nepravidelně rozmístěnými cévními svazky. Třídy dále rozdělil do podtříd a čeledí. Některé čeledě, které vymezil, jsou platné i dnes (např. *Fumariaceae*). Candolle se domníval, že čím jsou rostliny dokonalejší, tím mají větší počet květních částí (Hendrych, 1977). Zabýval se také studiem fyto geografie a biogeografie (britannica.com).

Velký pokrok přinesl, na začátku 19. století, Jean Baptiste Antoine Monnet Chevalier de La Marck. Přišel s teorií, že se organismy přizpůsobují podmínkám prostředí, ve kterém žijí. Také předpokládal dědičnost získaných vlastností, a že se každý orgán během života vyvíjí, mění a zdokonaluje se (Novák, 1972).

V první polovině 19. století byly odděleny gymnospermní rostliny od angiospermních Robertem Brownem. Gymnospermní charakterizoval neukrytými vajíčky a jako první u nich objevil a popsal archegonia (zárodečníky) (Hendrych, 1977).

Až do druhé poloviny 19. století vytvářeli botanici nové klasifikace, které se stále zdokonalovaly. Zásadní změnu v pojetí systému rostlin přinesl roku 1859 Charles Darwin, který definoval svou evoluční teorii, a to v díle *The Origin of Species*.

Darwin uvažuje o rodech, čeledích a jiných taxonomických jednotkách jako o reálných entitách. Popisuje, že organismy jsou klasifikovány na základě znaků, které nejsou pro život příslušných organismů důležité, ale danou skupinu dobře charakterizují. Většinou se jedná o adaptivní znaky, které podléhají přirozenému výběru a mohou se v rámci taxonu rozrůžňovat. Tyto znaky pocházejí od společného předka a vypovídají o genealogii (vztahy mezi jedinci, vyplývající z jejich společného rodového původu (genealogie.cz)), nikoli o přizpůsobení, které je dáno vnějším prostředím (Storch, 2009). To znamená, že pokud mají rozdílné druhy, žijící v odlišných podmínkách, společný určitý znak, musí tento znak vzniknout díky dědičnosti po společném předkovi. Darwin také ve svém díle uvádí, že všechny klasifikace, které byly založeny na jednom nebo více důležitých znacích, neměly úspěch, protože žádná část organismu není stálá (Darwin, 1859).

Po Darwinovi se botanikové snažili vytvářet přirozené soustavy rostlin, které by odrážely jejich příbuzenské vývojové vztahy. Začaly tak vznikat soustavy fylogenetické, vývojové.

Britský botanik George Bentham (1800-1884) studoval semenné rostliny a vytvořil jejich klasifikaci, která se stala základem pro moderní taxonomické systémy cévnatých rostlin. V 19. století získali systematikové nové poznatky, díky rozvoji základů morfologie nebo anatomie rostlin. Podobnost obecné morfologie a anatomie rostlin ukázala blízkost v evolučních a fylogenetických vztazích, ale nebyly určeny žádné konkrétní znaky, které by takové vztahy označovaly (Judd, et al., 2002).



Další soustavu vytvořil v roce 1883 německý botanik August Wilhelm Eichler. Zabýval se zejména morfologií listů a květů, na které založil systém klasifikace rostlin. Jeho systém byl přijat většinou evropských botaniků a stal se základem pro systém Heinricha Gustava Adolfa Englera. A. W. Eichler rozdělil rostliny na Cryptogamae (nekvetoucí) a Phanerogamae (kvetoucí), které dále dělil na Angiospermae (krytosemenné) s třídami *Monocotyleae* (jednoděložné) a *Dicotyleae* (dvouděložné), a Gymnospermae (nahosemenné) (Hendrych, 1977, Möllerová, 2013).

Na Eichlerův systém navázal již zmiňovaný G. A. Engler, který svou soustavu publikoval v roce 1887. Engler rozeznával 13 oddělení. Do posledního oddělení zařadil gymnospermní a angiospermní rostliny, které dále dělil na třídu *Monocotyledoneae* a *Dicotyledoneae*. U dvouděložných (*Dicotyledoneae*) rozlišoval podtřídu *Archichlamydeae* (apetální a choripetální typy) a podtřídu *Metachlamydeae* (sympetální typy). Pozn. petala jsou korunní lístky, které mohou být volné (choripetální) nebo srostlé (sympetální) (Vinter, 2013). Ve skupině krytosemenných rostlin považoval Engler za původnější jednoděložné. U dvouděložných rostlin považoval za nejpůvodnější dřeviny, tzv. *Amentiferae*, které měly jednopohlavné, jednoobalné nebo bezobalné květy (Hendrych, 1977).

Během několika let vzniklo několik dalších podobných soustav. Se zcela novým pojetím systému vystoupil v letech 1893 a 1897 Charles Edwin Bessey. Domníval se, že ve skupině krytosemenných rostlin jsou nejprimitivnější apokarpické dvouděložné, tzv. *Ranales*. Z této skupiny se dále vyvinuly synkarpické *Caryophyllales* (hvozdíkotvaré) a *Malvales* (slézotvaré), ze kterých následně vznikaly různými modifikacemi nebo redukcí mikrosporofyly další skupiny. Dvouděložné rostliny považoval za strukturálně vyšší než jednoděložné. Jednoděložné rostliny považoval také za odvozené od dvouděložných a bazální skupinou pro něj byly *Alismataceae* (žábníkovité) (Bessey, 1897).

Během několika následujících desetiletí se autoři snažili přijít na původ krytosemenných rostlin a v jakých skupinách mají své předky. Stejně tak se snažili zjistit původ květu. Vznikla tak euanthiová a pseudanthiová teorie, o které se zmíním v kapitole o evoluci krytosemenných rostlin. Při studiu krytosemenných rostlin se využívala zejména anatomie, morfologie, ale i paleobotanika a embryologie. Díky euanthiově teorii vymizely ze systému krytosemenných rostlin umělé, mylně vytvořené skupiny/taxony, jako například *Apetalae* (bezobalné), *Sympetalae* (srostlokorunné) a *Choripetalae* (vlnokorunné).

Od poloviny 20. století začal být uplatňován systém Armena Leonoviče Tachtadžjana a Arthura Cronquista. Tachtadžjan vypracoval systém v několika úpravách v letech 1954 a 1970. Cronquist uveřejnil svůj systém v roce 1968. Tachtadžjan považoval menší čeledě za

přirozenější než ty větší, a proto byl jeho systém, více komplexnější. Tachtadžjan i Cronquist rozdělují Magnoliophyta na dvě třídy a to dvouděložné (*Dicots*) a jednoděložné (*Monocots*), a tyto třídy jsou členěny dále na podtřídy, řády a čeledě. Tachtadžjan rozlišuje 11 podtříd dvouděložných rostlin a 6 podtříd jednoděložných. Cronquist pouze 6 podtříd dvouděložných a 5 jednoděložných. Tachtadžjanův systém obsahuje více řádů i čeledí, než Cronquistův, a postavení některých čeledí se v rámci těchto systémů liší. Za nejprimitivnější a tedy bazální skupinu krytosemenných rostlin byla považována podčeď *Magnoliidae* a v ní řád *Magnoliales* (šácholanotvaré) (Cronquist, 1988, Wilson, 2009).

### 1.3. Nové pojetí klasifikace Angiospermae

Ve většině evropských učebnic a publikací stále převládá tradiční Tachtadžjanův nebo Cronquistův systém krytosemenných rostlin. Na konci 20. století se začala v kladistice velmi rozvíjet molekulární systematika. Nové systémy a klasifikace jsou zakládány zejména na molekulárních datech z genových sekvencí DNA (například mitochondriální, chloroplastová) nebo RNA (nukleární ribosomální). Interpretace molekulárních dat je jednodušší, než je tomu u dat morfologických. V mnoha případech potvrdily molekulární data monofylii skupin, které byly vytvořené na základě dat morfologických (například *Poaceae*, *Fabaceae*). Dále umožňují potvrzování nebo vyvrácení sporných hypotéz o vztazích mezi skupinami (například rozhodují, které skupiny jsou sesterské a které nikoli). Díky molekulárním datům je možné měnit pozice taxonů, které mají problematické vztahy. Například čeď *Hydrangeaceae* (hortenziovitě) byla tradičně umístována blízko *Saxifragaceae* (lomikamenovitě). Umístění nebylo správné a pouze díky molekulárním datům byla tato čeď umístěna do řádu *Cornales* (dřínovité) (Judd, et al., 2002).

Rozmach získávání molekulárních dat způsobil na konci 20. století vznik skupiny vědců s názvem Angiosperm Phylogeny Group. Skupina vytvořila objektivní výčet řádů a čeledí krytosemenných rostlin a vytvořila tak nový systém jejich klasifikace. APG působí na webových stránkách Missouri Botanical Garden, kde je klasifikace aktualizována a přizpůsobována novým vědeckým poznatkům. Přestože je dnes molekulární systematika na vysoké úrovni, není stále dostatek informací o některých skupinách a existují tak taxony, které nemají své zařazení v systému. Tyto taxony se označují jako „a clade of uncertain position“ (klad s nejistou pozicí/umístěním) nebo také „unplaced“ nezařazeny. Jedná se například o *Ceratophyllales* (růžkatcotvaré) (Judd, et al., 2002, Stevens, et al., 2001). V novém systému krytosemenných rostlin došlo k několika změnám. Nejdůležitější změnou je to, že byl nalezen

nový předek krytosemenných rostlin, a že bylo zrušeno klasické členění na jednoděložné a dvouděložné rostliny.

Základní nové členění krytosemenných rostlin vypadá takto:

### **BAZÁLNÍ VĚTVE**

Amborellales

Nymphaeales (leknínovité)

Austrobaileyales

### **MESANGIOSPERMS**

#### **MAGNOLIIDS**

Chloranthales (žlutokvětovité)

Magnoliales (šácholanovité)

Laurales (vavříkovité)

Canellales (kanelovité)

Piperiales (pepřovité)

#### **MONOCOTS (jednoděložné)**

Acorales (puškvorcovité)

Alismatales (žabníkovité)

Asparagales (chřestovité)

Dioscoreales (smladnicovité)

Liliales (liliovité)

Pandanales (pandánovité)

Petrosaviales

#### **COMMELINIDS**

Dasypogonaceae (unplaced)

Arecales (arekovité)

Commelinales (křížatkovité)

Poales (lipnicovité)

Zingiberales (zázvořníkovité)

Ceratophyllales (růžkatcovité)\*

## **EUDICOTS (Tricolpates, dvouděložné)**

### **BASAL EUDICOTS**

Ranunculales (pryskyřníkotvaré)

Sabiaceae (sabiovité), (nezařazeno do řádu, možná Proteales)

Proteales (proteotvaré)

Trochodendrales

Buxales (zimostrázotvaré)

### **CORE EUDICOTS (jádrové dvouděložné)**

Gunnerales (barototvaré)

### **PENTAPETALAE**

Dilleniaceae (dileniovité), (nezařazeno do řádu)

### **SUPERROSIDS**

Saxifragales (lomikamenotvaré)

### **ROSIDS**

Vitales (révotvaré)

EUROSIDS (pravé rosidy)

#### **ROSID I (FABID)**

Zygophyllales (kacibotvaré)

#### **COM CLADE**

Celastrales (jesencotvaré)

Oxalidales (šťavelotvaré)

Malpighiales (malpígiotvaré)

#### **N-FIXING CLADE**

Fabales (bobotvaré)

Rosales (růžotvaré)

Cucurbitales (tykvotvaré)

Fagales (bukotvaré)

#### **ROSID II (MALVID)**

Geraniales (kakostotvaré)

Crossosomatales

Picramniales (hořkuchotvaré)

Malvid sensu stricto:

Sapindales (mýdelníkotvaré)

Huerteales

Malvales (slézotvaré)

Brassicales (brukvotvaré)

\*Myrtales (myrtotvaré)

#### SUPERASTERIDS

Santanales (santálotvaré)

Berberidopsidales

Caryophyllales (hvozdíkotvaré)

#### ASTERIDS

Cornales (dřínovotvaré)

Ericales (vřesovcotvaré)

#### ASTERID I (LAMIID)

Garryales (garyotvaré)

Gentianales (hořcotvaré)

Solanales (lilkotvaré)

Boraginales (brutnákotvaré)

Lamiales (hluchavkotvaré)

#### ASTERID II (CAMPANULID)

Aquifoliales (cesmínovotvaré)

Asterales (hvězdnicotvaré)

Escalloniales (zábludotvaré)

Bruniales (bruniotvaré)

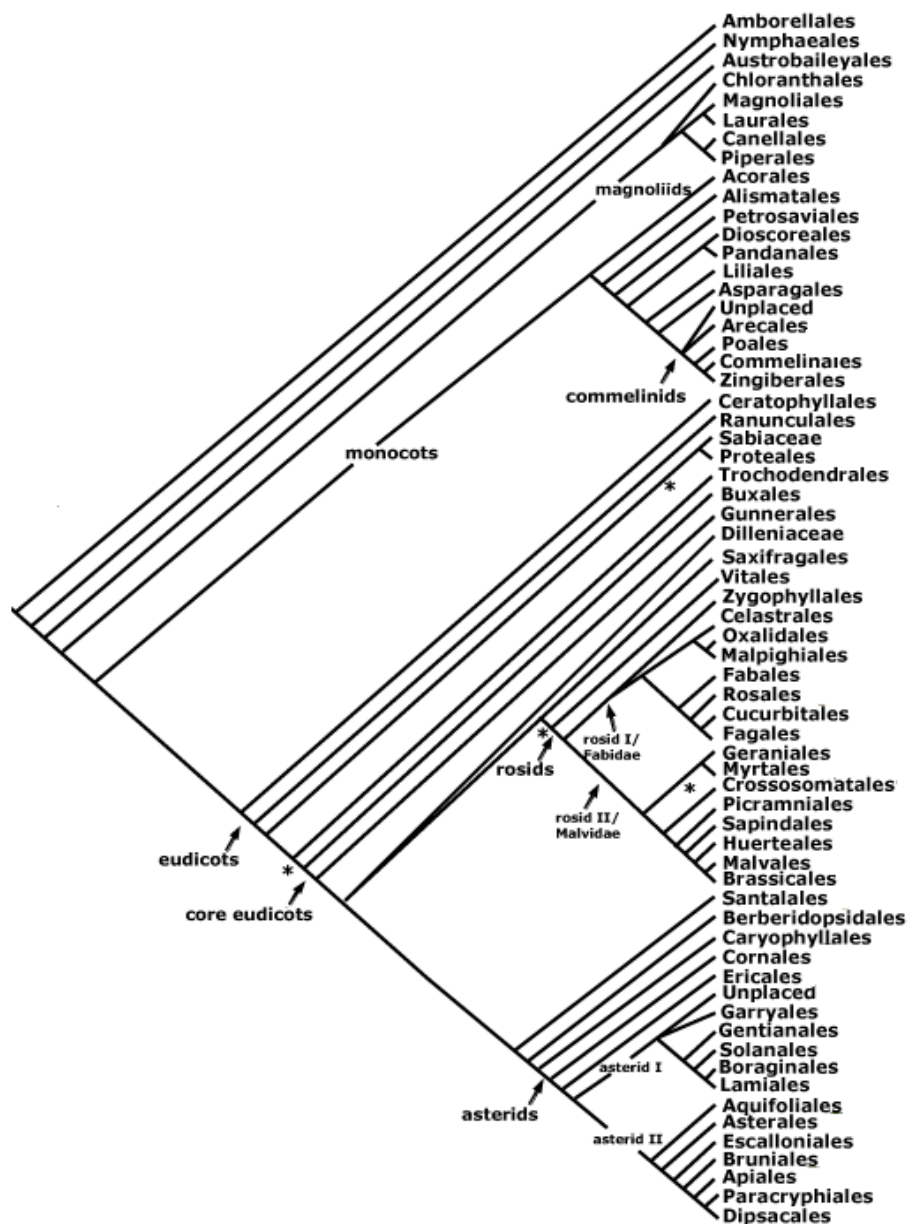
Apiales (miříkotvaré)

Paracryphiales

Dipsacales (štětkotvaré)

Obr.1. Nový kladogram krytosemenných rostlin (Stevens, et al., 2001, vlastní úprava)

\* větve s poměrně slabou podporou umístění



### 1.3.1. Bazální větve

Na místě bazální skupiny se za období systematiky vystřídal více skupin. Za původní byla považována skupina *Ceratophyllales* (růžkatcotvaré). Tato skupina má dostatek znaků pro to, aby byla samostatnou čeledí *Ceratophyllaceae* (růžkatcovité). V Cronquistově systému byla původně tato čeleď považována jako příbuzná čeledi *Nymphaeaceae* (leknínovitě) a spolu byly řazeny v řádu *Nymphaeales* (leknínotvaré). U Tachtadžjana byla již vyčleněna do

samostatného řádu *Ceratophyllales*, ale stále příbuzná řádu *Nymphaeales*. Dnes má tato skupina stále nejasné postavení (Stevens, et al., 2001, Cronquist, 1988, Wilson, 2009).

Další původně bazální skupinou byla čeleď *Chloranthaceae* (žlutokvětovité). Nalezené fosilie těchto krytosemenných rostlin patří k nejstarším na světě. Díky molekulární systematice bylo zjištěno, že tato čeleď není příbuzná s žádnou další skupinou rostlin, není jednoděložná ani dvouděložná, a patří mezi velmi brzo vyvinuté angiospermní rostliny. Cronquist tuto čeleď řadil do podtřídy *Magnoliidae* a řádu *Piperales* (pepřotvaré) a Tachtadžjan již rozeznával, také v podtřídě *Magnoliidae*, samostatný řád *Chloranthales* (žlutokvětovité). Dle nového systému tvoří tato skupina samostatný řád ve skupině Magnoliids, který se vyčleňuje dříve než ostatní skupiny.

A. Cronquist považoval za nejprimitivnější podtřídu *Magnoliidae* a v ní řád *Magnoliales*, *Laurales*, *Piperales*, *Aristolochiales*, *Illiciales*, *Nymphaeales*, *Ranunculales* a *Papaverales*. Tachtadžjan umisťoval primitivní skupiny velmi podobně. Také vyčleňoval podtřídu *Magnoliidae*, ale v ní navíc nadřády jako *Magnolianaes*, *Lactoridanaes*, *Piperanaes*, *Lauranaes*, *Rafflesianaes* a *Balanophoranaes* a v nich větší množství řádů než Cronquist (Cronquist, 1988, Wilson, 2009).

Ve 21. století byla vytvořena bazální skupina angiospermních rostlin, které jsou považovány za nejprimitivnější. Náleží do ní řády *Amborellales*, *Nymphaeales* a *Austrobaileyales*. Tato skupina je v některých zdrojích označována jako ANITA group. *Amborella trichopoda* je jediným rodem i druhem v řádu *Amborellales*. Její vývoj bude zmíněn v části evoluce krytosemenných rostlin. Původně byla řazena do skupiny Magnoliids, řádu *Laurales*, díky několika anatomickým a morfologickým znakům. Nedávná (okolo roku 2000) analýza DNA však dokázala, že se pravděpodobně jedná o jedinou žijící sesterskou skupinu všech ostatních angiospermních rostlin. Tento fakt byl potvrzen v Amborella Genome Project v roce 2013 (Judd, et al., 2002, science.sciencemag.org).

### 1.3.2. Magnoliid Complex

Skupina řádů, které nepatří mezi bazální skupiny ani jednoděložné a dvouděložné rostliny, vytváří v novém systému skupinu nazvanou Magnoliid Complex (magnoliidová/magnoliová větev). Magnoliids obsahuje pět řádů: *Chloranthales*, *Magnoliales*, *Laurales*, *Canellales* a *Piperales* (Stevens, et al., 2001).

Tyto řády patřily ve starších systémech mezi dvouděložné rostliny. Tachtadžjan je všechny řadil do podtřídy *Magnoliidae*. Cronquist, na rozdíl o něj, vyčlenil v této podtřídě

pouze tři řády: *Piperales*, *Laurales* a *Magnoliales*. Nerozlišoval řád *Canellales* ani *Chloranthales* a čeleď *Canellaceae* zařadil do řádu *Magnoliales* a čeleď *Chloranthaceae* do řádu *Piperales* (Cronquist, 1988, Wilson, 2009). Skupina Magnoliids je sesterskou skupině jednoděložných. Původně nebylo pro skupinu Magnoliids příliš morfologických znaků, které by jednotlivé řády spojovaly. Molekulární studie však klad velmi podporují a stále je podrobován analýzám. Skupina ještě není zcela prostudována. Například mezi *Canellales* a *Magnoliales* je jen velmi málo znaků a dat pro jejich seskupení (Stevens, et al., 2001).

### 1.3.3. Klady s nejistým umístěním

V novém systému existuje stále několik taxonů, které nemají své zařazení, nebo je jejich zařazení velmi nejisté. Důvodem je, že tyto taxony mají společné znaky s větším množstvím odlišných skupin. V některých případech byly zařazeny díky molekulární analýze, ale některé oblasti nejsou stále dostatečně probádány.

Jedná se například o řád *Ceratophyllales* (růžkatcotvaré), *Proteales* (proteotvaré), čeleď *Sabiaceae* (sabiovitě), řád *Trochodendrales*, *Buxales* (zimostrázotvaré), *Geraniales* (kakostotvaré) nebo *Myrtales* (myrtotvaré), a čeleď *Dasyogonaceae* (Stevens, et al., 2001).

*Ceratophyllales* je řád, který byl původně jako čeleď řazen do řádu *Nymphaeales*. Nové studie ukazují, že čeleď *Ceratophyllaceae* nemá takový úzký vztah ani s čeledí *Nymphaeaceae* ani s žádnou jinou existující čeledí rostlin. Dříve byla díky molekulární fylogenezi považována jako sesterská skupina všech ostatních angiospermních rostlin, ale dnešní molekulární fylogeneze zařazuje tento řád jako sesterský jednoděložným (Monocots) nebo dvouděložným (Eudicots) rostlinám (Stevens, et al., 2001).

Řád *Proteales* zahrnoval, Thorne, spolu s řádem *Buxales* (zimostrázotvaré), do podtřídy *Ranunculidae*. Cronquist řadil tento řád do podtřídy *Rosidae*. Molekulární studie vyvrátily jejich umístění tohoto řádu. V novém systému je tento řád považován za jednu z bazálních větví pravých dvouděložných rostlin (Eudicots). Jedná se o klad, který tvoří čeledi *Proteaceae*, *Nelumbonaceae* (lotosovitě), *Platanaceae* (platanovitě) a podle nejnovějších studií i *Sabiaceae* (sabiovitě). Zařazení čeledi *Sabiaceae* do řádu *Proteales* je zatím podloženo podobností v počtu vajíček a embrya (Stevens, et al., 2001, Judd, et al., 2002).

Řád *Trochodendrales* s jedinou čeledí *Trochodendraceae* a pouze dvěma rody, se vyznačuje sekundárním dřevem bez pravých cév, což je u dvouděložných rostlin vzácné. Cronquist ve svém systému rozlišoval v rámci tohoto řádu dvě čeledi, a řadil je do podtřídy *Hamamelididae* (vilínovitě) a třídy *Magnoliopsida* (Stevens, et al., 2001, Cronquist, 1988).



Na základě morfologických a molekulárních dat tvoří tato skupina, v novém systému, samostatný řád, který je zahrnut také ve skupině bazálních dvouděložných rostlin (Basal eudicots) (Stevens, et al., 2001).

Řád *Buxales* (zimostrázotvaré) je podle nejnovějších studií také zařazován do skupiny bazálních dvouděložných rostlin (Stevens, et al., 2001). Cronquist neuvažoval samostatný řád, ale pouze čeleď *Buxaceae* (zimostrázovitě), kterou řadil do řádu *Euphorbiales* (prýšcotvaré). Tachtadžjan na rozdíl od něj již řád *Buxales* vyčleňoval, ale řadil jej do podtřídy *Hamamelididae* (Cronquist, 1988, Wilson, 2009).

Dalším řádem s nejistým postavením v systému je řád *Geraniales* (kakostotvaré). Na začátku 20. století byla provedena sekvence DNA z chloroplastu rostlin z čeledi *Geraniaceae*. Pouze čeleď *Geraniaceae* (kakostovitě) byla s jistotou zařazena do řádu, a ostatní čeledě se rozpadly na čtyři linie a žádné z nich s čeledí *Geraniaceae* úzce nesouvisí (Price, Palmer, 1993). Cronquist vyčleňoval v podtřídě *Rosidae* samostatný řád *Geraniales* a v něm pět čeledí (*Oxalidaceae* (šřavelovitě), *Geraniaceae* (kakostovitě), *Limnanthaceae* (mokřadkovitě), *Tropaeolaceae* (lichověřišnicovitě), *Balsaminaceae* (netýkavkovitě)) (Cronquist, 1988). Tachtadžjan jej zařadil v tomto případě stejně, avšak pouze s jinými čeleděmi (*Hypseocharitaceae*, *Vivianiaceae*, *Geraniaceae*, *Ledocarpaceae*, *Rhynchothecaceae*) (Wilson, 2009). V dnešním systému zahrnuje tento řád pouze tři čeledě, které během vývoje systému zahrnuly jiné tři čeledě. V rámci čeledi *Geraniaceae* je zahrnuta čeleď *Hypseocharitaceae*, v rámci *Melianthaceae* (medokvětovitě) jsou zahrnuty čeledě *Francoaceae* a *Greyiaceae* a v rámci *Vivianiaceae* je zahrnuta čeleď *Ledocarpaceae* (Stevens, et al., 2001).

Další skupinou s nejasným umístěním je řád *Myrtales* (myrtotvaré). Postavení skupiny bylo vždy nestabilní díky analýze chloroplastové DNA. Původně byla skupina označena jako sesterská řádu *Geraniales*, ale následně všech ostatních Rosids II, tedy Malvid. Cronquist již vyčlenil v podtřídě *Rosidae* samostatný řád *Myrtales* a v něm čtrnáct čeledí. Tachtadžjan postupoval stejně, a pouze vyčlenil čeledí sedmnáct. V novém systému řád *Myrtales* zahrnuje devět čeledí, a je umístěn ve skupině Rosids respektive Rosids II, jako sesterská skupina řádu *Geraniales* (Cronquist, 1988, Stevens, et al., 2001, Wilson, 2009).

Jedno z nejméně jasných zařazení má čeleď *Dasypogonaceae*, která byla vždy spojována s podobnými australskými čeleděmi, jako například *Asphodelaceae* (asfodelovitě) nebo *Asparagaceae* (chřestovitě). Dosud není dostatek informací a dat pro její zařazení (Stevens, et al., 2001).

### 1.3.4. Jednoděložné rostliny (Monocots)

Od osmdesátých let probíhají změny v systému jednoděložných rostlin, zejména na úrovni čeledí. Skupiny zůstávají vesměs rozčleněny stejně, ale díky molekulárním analýzám se mění jejich postavení v systému a dochází k seskupování některých čeledí do jiných řádů (Hrouda, 2008). Monocots jsou monofyletická skupina, což podkládají molekulární i morfologická data (Stevens, et al., 2001).

Cronquist vyčlenil pět podtříd. Jako nejprimitivnější staví *Alismatidae*, a dále *Arecidae*, *Commelinidae*, *Zingiberidae* a *Liliidae* (Cronquist, 1988). Tachtadžjan pojal tento systém jinak. Vyčlenil podtříd šest a za nejprimitivnější považuje *Liliidae*. Dále *Commelinidae*, *Arecidae*, *Alismatidae*, *Triurididae* a *Aridae* (Wilson, 2009).

V nejnovějším systému jsou zahrnuty pouze samostatné řády a v nich čeledě. Za nejprimitivnější je dnes považován řád *Acorales* (puškvorcotvaré), který Cronquist nevyčleňoval a pouze v řádu *Arales* (áronotvaré) zahrnul čeleď *Acoraceae* (puškvorcovité). Tachtadžjan již tento řád používal, ale zahrnoval jej v podtřídě *Aridae* (Cronquist, 1988, Wilson, 2009). V novém systému jsou vyčleněny řády *Acorales* (puškvorcotvaré), *Alismatales* (žabníkotvaré), *Petrosaviales*, *Dioscoreales* (smladnicotvaré), *Pandanales* (pandánotvaré), *Liliales* (liliovité), *Asparagales* (chřestotvaré) a skupina Commelinids s čeledí s nejasným postavením *Dasypogonaceae* a řády *Arecales* (arekotvaré), *Poales* (lipnicotvaré), *Commelinales* (křížatkovité) a *Zingiberales* (zázvořníkovité). V novém systému také došlo ke slučování některých čeledí do stávajících řádů a vytváření podčeledí z bývalých čeledí (Stevens, et al., 2001).

Řád *Acorales* (puškvorcotvaré) zahrnuje pouze jedinou čeleď a to *Acoraceae* (puškvorcovité).

Řád *Alismatales* (žabníkotvaré) zahrnuje čtrnáct čeledí, z nichž nejznámější je například *Alismataceae* (žabníkovitě), do které je nově řazena čeleď *Limnocharitaceae* nebo také *Araceae* (áronovitě) a *Potamogetonaceae* (rdesnovité), do které je přiřazena čeleď *Zannichelliaceae* (šejdračkovité).

Řád s nejasným a dočasným postavením je *Petrosaviales*, ve kterém je jediná čeleď *Petrosaviaceae*.

Velmi známý a významný je řád *Liliales* (liliovité), který zahrnuje deset čeledí. Nejznámější je například *Liliaceae* (liliovité), které bylo v novém systému odebráno mnoho čeledí a přiřazeno zejména k řádu *Asparagales* (chřestotvaré), dále například *Colchicaceae* (ocúnovitě) nebo *Melanthiaceae* (kýchavicovitě).

Řád *Asparagales* (chřestotvaré) je na čeledě velmi objemný. Podle APG a dle

molekulárních analýz mezi léty 2000 až 2013, zahrnuje čtrnáct čeledí, z nichž je nejznámější čeleď *Amaryllidaceae* (amarylkovité), *Asparagaceae* (chřestovité), *Boryaceae* (boriovité), což je čeleď, která je v systému nová, dále *Iridaceae* (kosatcovité), nebo *Orchidaceae* (vstavačovité), *Tecophilaeaceae* (šafránovité) a *Xeronemataceae* (žlutokapovité). Do čeledi *Amaryllidaceae* (amarylkovité) byly přiřazeny jako podčeledě a dříve samostatné čeledě *Agapanthaceae* (kalokvětovité) a *Alliaceae* (česnekovité). Do čeledi *Asparagaceae* (chřestovité) byly nově přiřazeny jako podčeledě například *Agavaceae* (agávovité), *Hyacinthaceae* (hyacintovité) nebo *Ruscaceae* (listnatcovité).

Ve skupině označované jako Commelinids jsou zařazeny čtyři řády. Tato skupina sdružuje rostliny, jejichž lignifikované (zdrěvnatělé) buněčné stěny fluoreskují pod UV zářením.

Náleží zde řád *Arecales* (arekotvaré), který zahrnuje jednu respektive dvě čeledě, *Arecaceae* (arekovité) a *Dasyopogonaceae*, která zde bývá řazena, ale její postavení není stále vyřešeno a většinou stojí, jako čeleď, samostatně (Stevens, et al., 2001).

Své silně molekulárně podložené umístění zde má i řád *Poales* (lipnicotvaré), který zahrnuje čtrnáct čeledí. Na začátku kladogramu se zde nachází i velmi vzhledově odlišná čeleď *Bromeliaceae* (broméliovité) (Hrouda, 2010). Mezi nejznámější patří například čeleď *Typhaceae* (orobincovité), která spojuje dříve dva samostatné rody *Typha* (orobinec) a *Sparganium* (zevar). Dále je známá čeleď *Juncaceae* (sítinovité), a jí velmi příbuzná a velmi druhově početná čeleď *Cyperaceae* (šáchorovité). Obě tyto čeledě dříve tvořily samostatný řád. Druhově nejpočetnější a nejznámější je čeleď *Poaceae* (lipnicovité), která má zastoupení na celém světě (Stevens, et al., 2001).

### 1.3.5. Dvouděložné rostliny (*Tricolpates*, *eudicots*)

Velká a velmi početná skupina rostlin, kterou molekulární systematika člení do několika skupin. Monofyletičnost této skupiny je dána trikolpátním pylem, proto také název „tricolpates“, a sekvencí nukleotidů (Judd, et al, 2002).

Na počátku kladogramu je umístěna skupina Basal eudicots, tedy bazálních dvouděložných, která je tvořena čtyřmi řády a jednou čeledí. Řády jsou *Ranunculales* (pryskyřníkotvaré), *Proteales* (proteotvaré), *Trochodendrales* a *Buxales* (zimostrázotvaré) a čeleď *Sabiaceae* (sabiovité) (Stevens, et al., 2001). Cronquist vyčlenil pouze řád *Ranunculales* v podtřídě *Magnoliidae*, *Proteales* v podtřídě *Rosidae* a *Trochodendrales* v podtřídě *Hamamelidae*. Řád *Buxales* tvořil v jeho systému pouze čeleď *Buxaceae*,

zařazenou v řádu *Euphorbiales* a podtřídě *Rosidae* (Cronquist, 1988). Tachtadžjan vyčlenil všechny zmíněné řády, a řadil je také do různých podtříd (Wilson, 2009).

V dnešním pojetí zahrnuje řád *Ranunculales* sedm čeledí. Mezi nejznámější patří například *Berberidaceae* (dřišťálovité), *Ranunculaceae* (pryskyřníkovité) nebo *Papaveraceae* (makovité), která je tvořena dvěma podčeleděmi, a to *Fumarioideae* (zemědýmové) *Papaveroideae* (makové) a slučuje dříve samostatné čeledi *Fumariaceae* (dymnivkovité), *Hypecoaceae* a *Pteridophyllaceae*.

Řád *Proteales* (proteotvaré) zahrnuje čtyři čeledě. Vodní, převážně tropická čeleď *Nelumbonaceae* (lotosovité) byla do tohoto řádu zařazena na základě molekulární analýzy, přestože má s touto skupinou velmi málo společných morfologických znaků (Judd, et al., 2001). Dále reliktní čeleď *Platanaceae* (platanovité), *Proteaceae* (proteovité) a čeleď s nejasným postavením *Sabiaceae* (sabiovité). Čeleď *Sabiaceae* bývá přiřazována k řádu *Proteales* díky podobné mikrosporogenezi s *Nelumbonaceae* (lotosovité) a *Platanaceae* (platanovité). V systému však stojí samostatně (Stevens, et al., 2001).

Řád *Trochodendrales* zahrnuje pouze jednu čeleď, *Trochodendraceae*, a dva rody, které byly dříve řazeny do samostatných čeledí.

Posledním řádem ve skupině Basal eudicots je řád *Buxales* (zimostrázotvaré). Tento řád zahrnuje pouze jednu čeleď, a to *Buxaceae* (zimostrázovité), do které byla nově vřazena čeleď *Haptanthaceae*, která měla dříve samostatné postavení (Stevens, et al., 2001). O třech posledních řádech je zmínka již v části Klady s nejistým umístěním.

Za skupinou Basal eudicots, tedy bazálních dvouděložných, je v kladogramu umístěna skupina Core eudicots, tedy jádrových dvouděložných. Je to seskupení velkého množství morfologicky různých kvetoucích rostlin s různými nároky na životní prostředí apod. Ve starších systémech nebyla tato skupina vůbec vyčleňována. Vznikla na základě molekulárních analýz DNA a v novém systému se postupně dále dělí na několik menších skupin (Soltis, Doug, Soltis P., Edwards, 2005).

Na počátku skupiny je řád *Gunnerales* (barototvaré), který je sesterskou skupinou všech ostatních Core eudicots (jádrových dvouděložných). Tento řád zahrnuje pouze dvě čeledě, které byly dříve sloučeny v jednu (Stevens, et al., 2001).

Další částí kladu je označována jako Pentapetalae, která zahrnuje čeleď *Dilleniaceae* (dileniovité) a dvě velké skupiny, a to Superrosid a Superasterid. Čeleď *Dilleniaceae* není zařazena do žádného řádu a její poloha je stále nejasná. Na základě analýz je považována za sesterskou skupinu řádu *Caryophyllales* (hvozdíkotvaré), ale některé evoluční stromy ukazují vztah *Caryophyllales* se skupinou Asterids (Stevens, et al., 2001, Soltis, Doug, Soltis P.,

Edwards, 2005).

První z velkých skupin v Core eudicots a Pentapetalae je skupina Superrosid. Zahrnuje řád *Saxifragales* (lomikamenotvaré), dále skupinu nazývanou Rosids, s řádem *Vitales* (révotvaré) a pravými rosidy, tzv. Eurosids, která se dále dělí na Rosid I (Fabid) a Rosid II (Malvid) a kromě bazálních větví obsahují tyto dvě skupiny většinu zástupců. Řád *Saxifragales* (lomikamenotvaré) byl dříve spojován s řádem *Rosales* (růžotvaré), v dnešním systému je sesterskou větví skupiny Rosids a zahrnuje patnáct čeledí, z nichž některé mají stále nejasné a neurčité postavení (Stevens, et al., 2001, Mártonfi, 2006 ).

Monofyletická skupina Rosids je definována díky molekulárním datům mnohem širě než ji, jako podtřídu *Rosidae* vyčleňuje Cronquist a Tachtadžjan. Cronquist zde vyčleňuje osmnáct řádů a Tachtadžjan čtyřicet pět a v nich velké množství čeledí, které jsou v novém systému sloučené nebo přesunuté jinam (Cronquist, 1988, Wilson, 2009). Skupina Rosids nemá jasně identifikované synapomorfní znaky, ale sdílejí několik morfologických a anatomických znaků, jako například rozvoj jaderného endospermu, exinu pylového zrna se síťovanou strukturou, jednoduché perforace cév nebo dva a více přeslenů tyčinek. Skupina zahrnuje asi 140 čeledí a náleží sem více než čtvrtina krytosemenných rostlin (Stevens, et al., 2001, Soltis, Doug, Soltis P., Edwards, 2005). Ze skupiny Eurosids (pravé rosidy) je zde vyčleněn řád *Vitales* (révotvaré), která zahrnuje pouze jednu čeleď *Vitaceae* (révovité). Tato čeleď neměla dlouhou dobu žádné zařazení a jedná se o sesterskou větev skupiny Rosids. Tachtadžjan ji řadil do podtřídy *Rosidae*, také řádu *Vitales*, ale blízko čeledě *Proteaceae* respektive řádu *Proteales* (Stevens, et al., 2001). Cronquist řád *Vitales* (révotvaré) nevyčleňoval, čeleď *Vitaceae* (révovité) řadil do řádu *Rhamnales* (řešetlákotvaré) (Cronquist, 1988).

Skupina Eurosids neboli pravých rosid zahrnuje monofyletickou skupinu označovanou jako Rosid I (Fabid) a Rosid II (Malvid), které byly vytyčeny na základě molekulárních analýz, a řád *Myrtales* (myrtotvaré). Rosid I zahrnuje řád *Zygophyllales* (kacibotvaré), skupinu označovanou jako COM clade a N-Fixing clade. Řád *Zygophyllales* (kacibotvaré) je izolovanou bazální větví Rosid I (Fabid). COM clade, který sdružuje tři řády, a to *Celastrales* (jesencotvaré), do kterého patří dvě čeledě a čeleď *Parnassiaceae* (tolijovité) byla podle nových molekulárních analýz vřazena do *Celastraceae* (jesencovité), řád *Oxalidales* (šťavelotvaré) se sedmi čeleděmi a velmi na čeledě bohatý řád *Malpighiales* (malpígiotvaré). Řád *Malpighiales* zahrnuje z nejznámějších například čeleď *Violaceae* (violkovité), která byla ve starších systémech vyčleňována jako samostatný řád nebo čeleď *Salicaceae* (vrbovité), která byla také považována ve starších systémech za samostatný řád (Stevens, et al., 2001).

N-Fixing clade je skupina, která zahrnuje čtyři řády, které spojuje symbióza s dusíkem (nitrogen) fixujícími bakteriemi. Patří zde řád *Fabales* (bobotvaré), *Rosales* (růžotvaré), *Cucurbitales* (tykvotvaré) a *Fagales* (bukotvaré) (Stevens, et al., 2001, Soltis, Doug, Soltis P., Edwards, 2005). Monofyletický řád *Fabales* (bobotvaré) byl vyčleňován v podtřídě *Rosidae* i v systému Cronquista, kde zahrnoval tři čeledě a systému Tachtadžjana čeleď pouze jednu (Cronquist, 1988, Wilson, 2009). V novém systému zahrnuje čtyři čeledě, z nichž je nejznámější například třetí nejpočetnější čeleď *Fabaceae* (bobovitě). Je rozdělena na dvě monofyletické podčeledě *Mimosoideae* a *Papilionoideae*, které jsou vnořeny do třetí, ale parafyletické podčeledě *Caesalpinioideae*. Jejich postavení je podloženo morfologickými znaky, DNA analýzami a kladistickými analýzami.

Dalším řádem N-Fixing skupiny je monofyletický řád *Rosales* (růžotvaré) s velkou morfologickou heterogenitou. Bazální větev řádu tvoří čeleď *Rosaceae* (růžovitě) a dále se rozděluje na dvě monofyletické větve. První z nich tvoří například čeleď *Rhamnaceae* (řešetlkákovité) nebo *Elaeagnaceae* (hlošínovitě) a druhou známější čeledě jako *Ulmaceae* (jilmovitě), *Urticaceae* (kopřivovitě) nebo *Cannabaceae* (konopovitě). Čeleď *Rosaceae* (růžovitě) byla původně rozdělována na čtyři podčeledě, což nebylo přesné a v novém systému jsou podčeledě pouze tři. Mezirodové vztahy v podčeledích nejsou stále přesné (Judd, et al., 2002, Stevens, et al., 2001).

Velmi složité postavení měl vždy řád *Cucurbitales* (tykvotvaré), u kterého s nástupem molekulárních analýz došlo k velkým změnám. Důvodem je to, že zástupci tohoto řádu jsou velikostně, morfologicky a ekologicky odlišní. Analýzy potvrdily to, že je řád *Cucurbitales* sesterskou skupinou řádu *Fagales* (bukotvaré). Zahrnuje osm čeledí, z nichž nejznámější je například *Cucurbitaceae* (tykvovitě). U holoparasitické čeledi *Apodanthaceae* nebyl dříve jasné, zda patří k *Cucurbitales* (tykvotvaré) nebo *Malvales* (slézotvaré) a také byla ve starších systémech řazena do čeledi *Rafflesiaceae* (rafléziovitě) (Schaefer, Renner, 2011, Stevens, et al., 2001). Poslední ze skupiny fixující dusík je řád *Fagales* (bukotvaré), ve kterém jsou dobře podložené a vysvětlené vztahy. Zahrnuje také osm čeledí, z nichž je *Nothofagaceae* (pabukovitě) je bazální skupinou a zároveň sesterskou všech ostatních čeledí v řádu. Problém s umístěním je pouze s čeledí *Myricaceae* (voskovníkovité/vřesnovité), která byla dříve samostatným řádem. Tato čeleď je sesterskou větví *Betulaceae* (břízovitě) a všech *Fagales*, zejména *Juglandaceae* (ořešákovité) kromě *Nothofagaceae* (pabukovitě). Čeleď *Juglandaceae* byla ve starších systémech také samostatným řádem (Stevens, et al., 2001).

Skupina Rosid II (Malvid) zahrnuje tři řády, *Geraniales* (kakostotvaré), *Crossosomatales* a *Picramniales* (hořkuchotvaré) a skupinu Malvid sensu stricto, kde jsou

zahrnuty další čtyři řády, a to *Sapindales* (mýdelníkotvaré), *Huerteales*, *Malvales* (slézotvaré) a *Brassicales* (brukvotvaré).

Velmi známý řád *Geraniales* (kakostotvaré) byl až do molekulárních analýz sdružením nesourodých čeledí. Patřila do něj například čeleď *Oxalidaceae* (šřavelovité), *Malpighiaceae* (malpígiovitě), *Tropaeolaceae* (lichorejšnicovité) nebo *Euphorbiaceae* (prýšcovité). Řád byl postupně omezen vytvořením nových řádů. V dnešním systému zahrnuje pět čeledí. Nejznámější je například *Geraniaceae* (kakostovité), do které byl zahrnut rod *Hypseocharis* a *Geranium*, které jsou bazálními větvemi této čeledi (Kubitzki, 2007, Stevens, et al., 2001) a čeleď *Vivianiaceae*, do které byla přiřazena jihoamerická čeleď *Ledocarpaceae* (Watson, Dallwitz, 1992). Pozoruhodně heterogenní skupinou je řád *Crossomatales*, který bude zjevně skupinou monofyletickou. Zahrnuje osm čeledí, s jediným evropským zástupcem, jejichž umístění není zcela potvrzeno. Postavení této skupiny bylo již v minulosti velmi složité, střídavě tvořila samostatný řád, nebo pouze čeleď, která byla řazena k různým řádům. Řád tropické Ameriky *Picramniales* (hořkuchotvaré) zahrnuje v novém systému pouze jednu čeleď *Picramniaceae* (hořkuchovité). Dříve byli zástupci řazeni do jiných čeledí či řádů a obsahovaly pouze dva rody. V roce 2011 byl objeven a popsán rod třetí (Thomas, 2011, Stevens, et al., 2001).

V rámci skupiny Rosid II (Malvid) bývá vyčleňována skupina Malvid sensu stricto (v užším slova smyslu), kde jsou zahrnovány čtyři řády. Bazálním je monofyletický řád *Sapindales* (mýdelníkotvaré) doložený jasnými synapomorfiemi i molekulárními analýzami. Zahrnuje devět čeledí, z nichž byly některé nově vytvořené (Judd, et al., 2002). Například čeleď *Biebersteiniaceae* byla jako rod zařazena v čeledi *Geraniaceae* (kakostovité), ale její éterické oleje a jediné vajíčko/plodolist ji zařazují do řádu *Sapindales* jako sesterskou skupinu všech ostatních čeledí v řádu (Muellner, Vassiliades Renner, 2007). Nám nejznámější je čeleď *Sapindaceae* (mýdelníkovité), který zahrnuje čtyři podčeledě, z nichž například *Hippocastanoideae* byla vytvořena z dříve samostatné čeledě. K řádu byla přiřazena i známá čeleď *Aceraceae* (javorovité) (Stevens, et al., 2001). Dalším řádem skupiny Malvid sensu stricto je nový řád *Huerteales*, který ustanovil, teprve v roce 2001, Alexander Doweld. Jedná se o sesterskou skupinu řádu *Brassicales* (brukvotvaré) a *Malvales* (slézotvaré). Zahrnuje čtyři čeledě, které byly také nově vytvořeny. Rody v jednotlivých čeledích původně náležely do čeledí jiných (Worberg, et al., 2008). Velmi známý je další řád skupiny, a to *Malvales* (slézotvaré), který zahrnuje deset čeledí. Umístění některých čeledí v rámci řádu je velmi dobře podloženo molekulárními analýzami, ale přesto zůstává poloha jedné nebo dvou skupin nejasná. Některé čeledě, které byly dříve v řádu nebo jeho blízkosti jsou dnes převážně řazeny

do řádu *Oxalidales* (šřavelotvaré). Z dnešních čeledí je nejznámější například čeleď *Malvaceae* (slézovité), která v sobě zahrnuje devět podčeledí, z nichž je, naším národním stromem, známá například podčeleď *Tilioideae*. Řád dále zahrnuje čeledě jako *Cistaceae* (cistovité), *Bixaceae* (oreláníkovité) nebo *Dipterocarpaceae* (dvojkřídlačovité). Posledním řádem této skupiny je na čeledě velmi početný řád *Brassicales* (brukvotvaré), jelikož jich zahrnuje sedmnáct. Některé čeledě měnily v minulosti různá postavení v systému a byly zahrnuty v jiných čeledích a řádech. Z řádu *Geraniales* (kakostotvaré) zde byla přiřazena čeleď *Tropaeolaceae* (lichověřišnicovité) nebo *Limnanthaceae* (mokřadkovité) a z bývalého řádu *Violales* (violkotvaré) *Caricaceae* (papájovité), (Stevens, et al., 2001).

Sesterskou skupinou celé skupiny Rosid II (Malvid) je řád *Myrtales* (myrtotvaré), jehož monofyletičnost je založena na anatomických, morfologických, embryologických znacích a molekulární analýze (Judd, et al., 2002). Příbuznost s touto skupinou potvrdila analýza genomu blahovičnicku (*Eucalyptus grandis*). Pravděpodobně se jedná o sesterskou skupinu řádu *Geraniales* (kakostotvaré) (Myburg, et al., 2014). Řád zahrnuje devět čeledí a jejich poloha se v minulosti příliš neměnila (Stevens, et al., 2001).

Další velkou skupinou v Core eudicots a Pentapetalae je skupina Superasterid. Zahrnuje řády *Santanales* (santálotvaré), *Berberidopsidales* a *Caryophyllales* (hvozdíkotvaré), které jsou sesterskými skupinami všech ostatních Asterids. Monofyletická skupina Asterids, neboli Sympetalae byla určena na základě molekulárně fylogenetických analýz a zahrnuje bazální řády *Cornales* (dřínovité), *Ericales* (vřesovcovité) a skupinu Core Asterids (jádrové asteridy). Tu následně tvoří dva hlavní klady, s názvem Asterid I (Lamiid) a Asterid II (Campanulid) (Stevens, et al., 2001, Judd, et al., 2002). Skupina Asterids zahrnuje téměř třetinu všech druhů krytosemenných rostlin zahrnutých ve sto čtrnácti čeledích. Na rozdíl od Rosids je tato skupina, již 200 let, podložena na základě morfologických a chemických znaků. Skupina je určena mnohem širě než je tomu v původních systémech Cronquista a Tachtadžjana (Soltis, Doug, Soltis P., Edwards, 2005).

Řády *Cornales* (dřínovité) a *Ericales* (vřesovcovité) nebyly ve starších systémech dávány do souvislosti s podtřídou *Asteridae*, ale náležely do podtřídy *Rosidae* a *Dilleniidae* (Cronquist, 1988) a v Tachtadžjanově systému do *Dilleniidae* a řád *Cornales* měl samostatnou podtřídou *Cornidae* (Wilson, 2009). Monofyletičnost řádu *Cornales* (dřínovité) je dána sekvencí DNA, obvykle spodním semeníkem a redukovaným kalichem. Zahrnuje sedm čeledí, jejichž umístění a vztahy jsou stále nejasné. Vztahy v rámci řádu *Ericales* (vřesovcovité) nebyly vždy jasné, ale molekulární a morfologická data napomohla k jejich vyřešení. Ve starších systémech byly čeledě roztroušeny v několika jiných řádech. V dnešním



systemu je řád velmi početný na čeledě, jelikož jich zahrnuje dvacet dva. Mezi nejznámější patří například *Balsaminaceae* (netýkavkovité), které spolu s *Marcgraviaceae* (markgraviovitě) a *Tetrameristaceae* tvoří monofyletickou a bazální skupinu řádu. Čeď *Primulaceae* (prvosenkovitě), do které byly sloučeny čtyři původně samostatné čeledi nebo *Ericaceae* (vřesovcovité), do které byly vřazeny dříve samostatné čeledi jako *Monotropaceae* (hnilákovité) nebo *Pyrolaceae* (hruštičkovité) (Stevens, et al., 2001, Judd, et al, 2002).

V rámci monofyletického kladu Asterids, tedy jádrových Asterid jsou vyčleněny dvě velké sesterské skupiny. Asterid I (Lamiid) a Asterid II (Campanulid). Skupina Asterid I (Lamiid) zahrnuje pět velmi známých řádů, *Garryales* (garyotvaré), *Gentianales* (hořcotvaré) *Solanales* (lilkotvaré), řád se stále nejasnou pozicí *Boraginales* (brutnákotvaré) a *Lamiales* (hluchavkotvaré). Bazální větví všech Asterid I (Lamiid) je řád *Garryales* (garyotvaré), který je zároveň sesterskou skupinou všech ostatních Lamiid a zahrnuje pouze dvě čeledě. Velmi početný řád, zahrnující 15 500 druhů v pěti čeledích, je *Gentianales* (hořcotvaré). Pozice této monofyletické skupiny byla již v minulosti silně podložena a analýza DNA ji pouze potvrdila. Bazální čeledí je *Rubiaceae* (mořenovitě), která je zároveň sesterskou skupinou všech ostatních čeledí v rámci řádu. Známé a farmakologicky důležité jsou také čeledě jako *Gentianaceae* (hořcovité) nebo *Apocynaceae* (tolejšovitě), do které byla vřazena čeď *Asclepiadaceae* (klejichovitě) (Stevens, et al., 2001, Judd, et al., 2002).

Dalším řádem Asterid I, je *Solanales* (lilkotvaré), který zahrnuje pět čeledí. Ve starších systémech může být označován jako *Polemoniales*. Dvě největší a zároveň sesterské čeledě *Solanaceae* (lilkovitě) a *Convolvulaceae* (svlačcovité) jsou rozšířeny po celém světě. V čeledi *Solanaceae* došlo během změny systému pouze k přesunutí některých rodů (Eich, 2008). Nestálou polohu má řád *Boraginales* (brutnákotvaré), který by mohl být řazen jako čeď do řádů *Gentianales* (hořcotvaré), *Lamiales* (hluchavkotvaré) nebo *Solanales* (lilkotvaré), kterému se nejvíce morfologicky podobá. V roce 2014 byl řád na základě morfologických znaků navržen jako sesterská skupina řádu *Lamiales*. Zahrnuje sedm čeledí a větší změnou, která zde proběhla je, že rod *Hydrolea* byl zařazen do samostatné čeledi *Hydroleaceae* a následně přeřazen do řádu *Solanales* (lilkotvaré) (Stevens, et al., 2001). Posledním řádem ze skupiny Asterid I (Lamiid) je monofyletický řád *Lamiales* (hluchavkotvaré), který zahrnuje dvacet čtyři čeledí, které mají dostatečně podloženou polohu v systému. Zahrnuje čeledě, které byly ve starších systémech samostatnými řády, jako například *Scrophulariaceae* (krtičníkovitě), *Oleaceae* (olivovníkovité) nebo *Plantaginaceae* (jitrocelovitě), do které bylo převedeno velké množství rodů ze *Scrophulariaceae* (krtičníkovitě). V rámci řádu byla vytvořena i zcela nová čeď *Linderniaceae*, do které byly zařazeny znovuobjevené rody

a zcela nový rod (Fischer, Schäferhoff, Müller, 2013, Stevens, et al., 2001).

Skupina Asterid II (Campanulid) se skládá ze sedmi řádů, z nichž je bazálním *Aquifoliales* (cesmínovité), který je zároveň sesterskou skupinou všech ostatních řádů, jako *Asterales* (hvězdnicovité), *Escalloniales* (zábludovité), *Bruniales* (bruniovité), *Apiales* (miříkovité), *Paracryphiales* a *Dipsacales* (štětkovité) (Stevens, et al., 2001).

Řád *Aquifoliales* (cesmínovité) nebyl ve starších systémech vyčleňován. Zahrnuje pět čeledí, z nichž do dvou byla zahrnuta velká část rodů z čeledi *Icacinaceae*, například *Citronella*, *Codiocarpus* nebo *Stemonurus*. Monofyletický řád *Asterales* (hvězdnicovité) byl vyčleněn i ve starších systémech v podtřídě *Asteridae*, ve které bylo zahrnuto mnoho dnešních čeledí. Cronquist umisťoval některé čeledě také do podtřídy *Rosidae*, řádu *Cornales* (dřínovité) (Cronquist, 1988, Wilson, 2009). V novém systému zahrnuje jedenáct čeledí, které spojuje oligosacharid inulin. Vztahy ve skupině jsou dostatečně podpořeny, ale stále se řeší vztahy mezi *Asterales* a ostatními řády. Sesterskou skupinou je pravděpodobně řád *Cornales* (dřínovité). Největší z čeledí jsou *Asteraceae* (hvězdnicovité) neboli *Compositae* a *Campanulaceae* (zvonkovité), která je zároveň sesterskou skupinou všech ostatních z řádu (Judd, et al., 2002, Stevens, et al., 2001). Velmi zajímavý řád zahrnující pouze jedinou čeleď, je *Escalloniales* (zábludovité), který tvoří převážně dřeviny. Čeleď je *Escalloniaceae* (zábludovité). Cronquist tuto čeleď vůbec nevyčleňoval a zástupci ze současné čeledě byli zahrnuti v čeledi *Saxifragaceae* (lomikamenovité) a *Grossulariaceae* (rybízovité). Původně se jednalo o více čeledí, které byly sloučeny v jednu (Cronquist, 1988, Stevens, et al., 2001). Dalším řádem skupiny je *Bruniales* (bruniovité), který zahrnuje dvě sesterské čeledě. Z morfologického hlediska byl řád dříve umisťován před *Dipsacales* (štětkovité). Monofyletický řád *Apiales* (miříkovité) zahrnuje v novém systému sedm čeledí. Čeleď *Pittosporaceae* je sesterskou skupinou celého kladu a původně byla umístěna v rámci řádu *Rosales* (růžovité). Čeleď *Apiaceae* (miříkovité) byla spolu s čeledí *Araliaceae* (aralkovité) řazena do řádu *Araliales* (aralkovité). Díky molekulární analýze byly z čeledě vyjmuty dva rody *Hydrocotyle* (pupečník) a *Trachymene* a byly následně vřazeny do čeledě *Araliaceae* (aralkovité). Velmi malým řádem je *Paracryphiales*, který zahrnuje pouze jednu čeleď s třemi rody, které jsou však velmi odlišné. Jedná se o sesterskou skupinu řádu *Dipsacales* (štětkovité). Tento řád má velmi silně podpořeno své postavení v systému a zahrnuje pouze dvě čeledě *Adoxaceae* (pižmovkovité), která je bazální větví řádu a *Caprifoliaceae* (zimolezovité). Dostatečně prostudováno není členění řádu. Dříve byl členěn na více čeledí, ale díky morfologickým a molekulárním datům byly rody sloučeny pouze do čeledí dvou (Stevens, et al., 2001, Mártonfi, 2006).

## 2. Postavení krytosemenných rostlin ve fylogenezi organismů

### 2.1. Taxonomické jednotky

Systematické jednotky neboli taxony, byly vytvořeny jako pomůcky při studiu rostlin. Skupiny jedinců, kteří sdílejí podobné nebo stejné znaky tvoří přehled všech různých forem rostlinné říše. Čím více shodných znaků skupina má, tím nižší taxon reprezentuje. Také platí pravidlo, že taxony vyšší kategorie v sobě zahrnují taxony nižší, a každá rostlina patří k určitému počtu kategorií (Novák, 1972).

Dle International Code of Botanical Nomenclature (ICBN) existuje sedm hlavních taxonomických jednotek. Nejvyšší je Kingdom, tedy říše, kterou jsou rostliny (Plantae), do které spadají všechny známé rostliny. Následuje Phylum neboli kmen, kterým jsou Magnoliophyta. Class, neboli třída, kterou mohou být například Eudicots, Order, tedy řád s příponou –ales, čeleď (family) s příponou –aceae a dvě nejmenší jednotky genus, kterým je rod a species, neboli druh. Mezi těmito hlavními taxonomickými jednotkami mohou být menší mezi jednotky, ale trendem v systematické biologii je snižování počtu taxonomických jednotek v klasifikaci rostlin, nebo jejich úplné vynechávání (Simpson, 2010).

### 2.2. Fylogenetické zařazení krytosemenných rostlin

Všechny živé organismy na Zemi jsou řazeny do tří hlavních skupin. Jedná se o nejvyšší taxonomickou jednotku, která v klasifikaci organismů existuje, a nazývá se doména. Na základě ribosomální analýzy byly vytvořeny tři hlavní větve života (domény): Archaea nebo také Archaeobacteria, dále Bacteria neboli Eubacteria a poslední jsou Eukarya neboli eukaryotes (Simpson, 2010).

Z tohoto klasifikačního systému jsou vyloučeny viry, protože nemají ribosomy a není dostatek důkazů o přítomnosti jaderných genů. Podle nových výzkumů nejsou fylogenetické stromy, které jsou založeny na analýze ribosomálních proteinů dostatečné, protože nemohou zahrnovat všechny formy života.

Po objevu velkých nukleocytoplasmických DNA virů (NCLDV), jako je například mimivirus, které mají větší genom než některé bakterie, se začalo spekulovat o čtvrté doméně. Předpokládá se, že genom těchto virů je stejně starý jako u ostatních tří domén a jejich původ je zakořeněn mezi Archaea a Eukarya. Bylo také zjištěno, že velké DNA viry mají s Eukarya společných pět proteinů, což může znamenat jejich vznik současně se vznikem života. Velké

viry (NCLDV) tvoří na základě proteinů přítomných při biosyntéze RNA, s Archaea a Eukarya monofyletickou skupinu (Boyer, et al., 2010).

Eukarya jsou jednobuněčné nebo mnohobuněčné organismy, které mají lineární DNA, replikaci pomocí meiotického nebo mitotického dělení a membránové organely jako jsou jádra, cytoskelet a mitochondrie (Simpson, 2010). Eukarya byla dříve podle anglického biologa Cavalier-Smitha rozdělena do pěti říší: Protozoa, Plantae, Animalia, Fungi a Chromista. Jeho práce se díky srozumitelnosti a přehlednosti stala jednou z nejcitovanějších studií ve středoškolských učebnicích. Systém, který vytvořil, však nepracuje s monofyletickými taxony, které jsou jediným objektivním kritériem při vytváření přirozených systémů.

Vzhledem k rostoucímu počtu genových sekvencí různých organismů a nových metod pro jejich analýzu vedlo k vytvoření systému, klasifikujícího Eukarya do několika monofyletických superskupin. Klasifikace se současně vyhýbá používání tradičních systematických kategorií. V roce 2005 byla vydána koncepce šesti superskupin, ale v roce 2012 byla zveřejněna aktualizovaná, a na genových a proteinových sekvencích založená klasifikace. Monofyletickými superskupinami jsou sesterské Opisthokonta a Amoebozoa a velké množství důkazů podporuje i monofylii superskupiny Archaeplastida. Původní skupina Chromalveolata se rozpadla a taxony Stramenopila a Alveolata vytvořily spolu s bývalou superskupinou Rhizaria novou superskupinu, pojmenovanou SAR. Monofylie poslední superskupiny nazývané Excavata, byla v roce 2015 zpochybněna. Nejeví se totiž jako přirozená skupina, ale jako základní evoluční stupeň, ze kterého vyšly všechny eukaryotické organismy. V superskupině Excavata pravděpodobně leží počátek evoluce Eukaryot a jejich napojení na prokaryotické domény, kterými jsou Bacteria a Archaea (Macháček a kol., 2016). Jednou z hlavních skupin fotosyntetických eukaryotických organismů jsou rostliny (Plantae), v níž je zahrnuta monofyletická skupina zelené rostliny, formálně označované jako Viridiplantae/Chlorobionta. Skupina zelených rostlin je složená ze dvou velkých skupin: Chlorophytes a Streptophytes. Chlorophytes zahrnuje skupinu organismů nazývaných zelené řasy (green algae), a Streptophytes zahrnuje podmnožinu sladkovodních zelených řas, jako je například *Charales*, *Coleochaete* nebo *Zygnematales* a suchozemské rostliny (land plant), nazývané embryophytes, nebo také vyšší rostliny, které kolonizovaly souš během siluru asi před 400 miliony lety. Embryophytes je skupina rostlin, kterou charakterizuje embryo a sporofyt, který tvoří samostatnou diploidní fázi v jejich životním cyklu. Životní cyklus suchozemských rostlin, během kterého dochází ke střídání haploidní, gamety produkující fáze (gametofyt) s diploidní, spory produkující fázi (sporofyt)

se nazývá rodozměna (Simpson, 2010, Stevens, et al., 2001).

Embryophytes zahrnují bezcévné rostliny (nonvascular land plants) neboli Bryophytes a Tracheophyta neboli rostliny cévnaté. Během evoluce suchozemských rostlin se tři monofyletické linie (játrovky, mechy a růžkatci) oddělily ještě před cévnatými rostlinami a vytvořily parafyletickou skupinu. Od cévnatých rostlin se liší tím, že postrádají pravé cévní svazky, a tím, že gametofyt je dominantní, fotosyntetickou, vytrvalou a samostatně žijící fází životního cyklu, která převažuje nad sporofytem (Simpson, 2010).

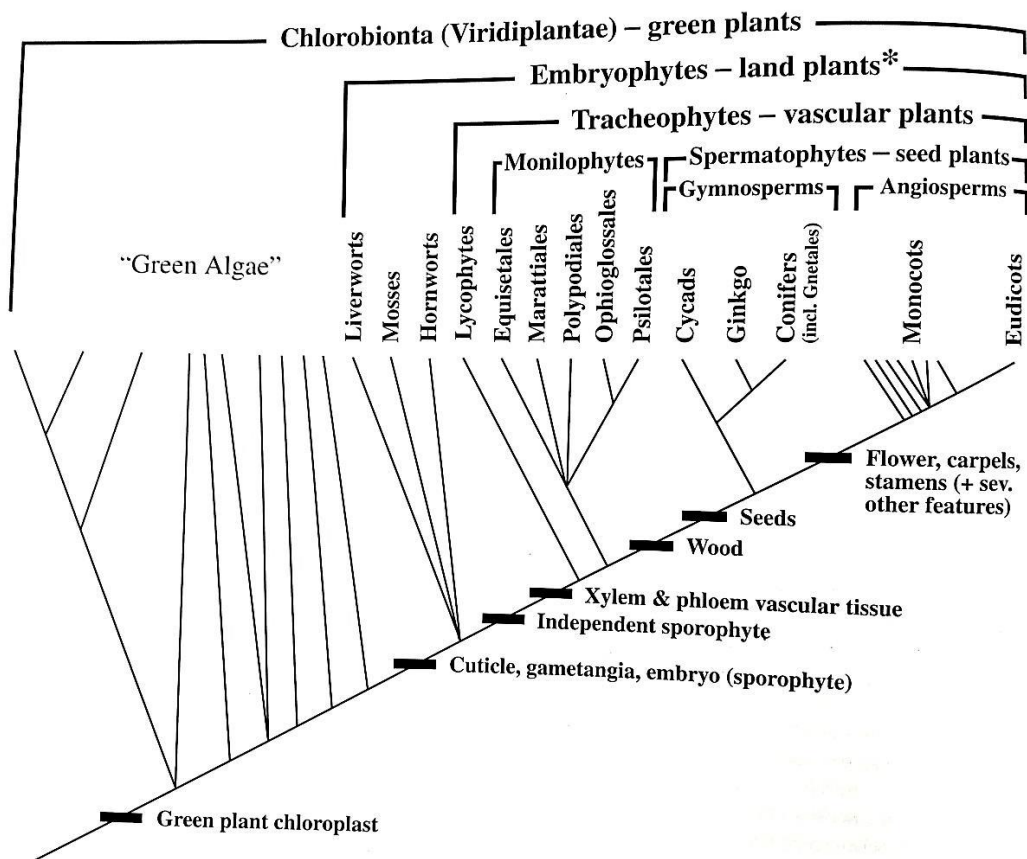
Tracheophyta neboli cévnaté rostliny jsou monofyletickou skupinou suchozemských rostlin. Zahrnují tzv. Rhyniophytes, které jsou známy pouze z fosilií, a sesterské klady s dnes žijícími potomky: Lycopodiophyta (plavuně) a Euphyllophyta.

Euphyllophyta tvoří dvě hlavní vzájemně sesterské skupiny: Monilophytes, tedy kapradiny v širším slova smyslu a Lignophyta (woody plants), zahrnující vyhynulé rostliny a Spermatophytes/Spermatophyta, tedy rostliny semenné.

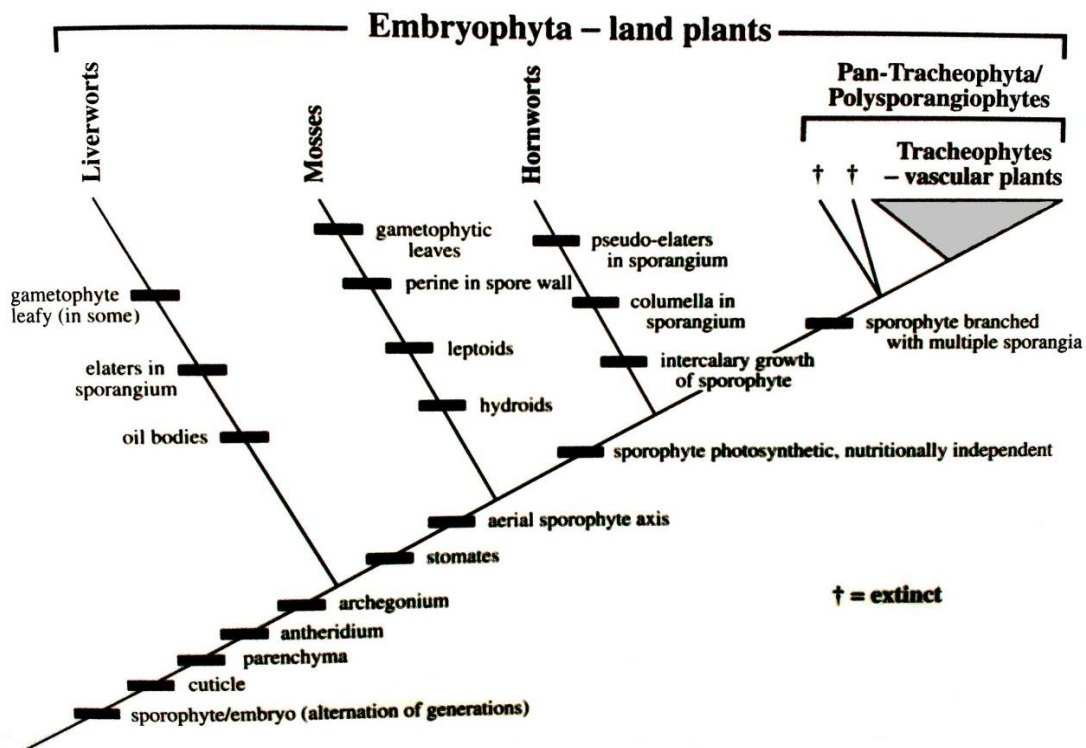
Spermatophyta jsou monofyletickou skupinou jejichž evoluční novinkou je semeno. Semeno je definováno jako embryo, které představuje nezralý diploidní sporofyt vyvíjející se ze zygoty, obklopené vyživovacím pletivem a osemením. Semenné rostliny zahrnují dvě velké sesterské skupiny: Gymnospermae a Angiospermae neboli kvetoucí rostliny, také nazývány jako Magnoliophyta nebo krytosemenné rostliny. Je to zdaleka nejpočetnější, rozmanitá a úspěšná žijící skupina rostlin, obsahující více než 95 % všech druhů dnes žijících suchozemských rostlin (Simpson, 2010).

Angiospermní rostliny jsou podle hierarchie taxonomických jednotek oddělením. Hlavní taxonomické skupiny angiospermních rostlin jsou bazální větve (*Amborellales*, *Nymphaeales* (leknínovité), *Austrobaileyales*), Magnoliids s řádem *Chloranthales*, který je někdy vyčleňován jako samostatná čeleď, Monocots / Monocotyledons a skupina Eudicots (Simpson, 2010, Stevens, et al., 2001). Všechny tyto skupiny jsou již blíže popsány v části pojednávající o systému krytosemenných rostlin.

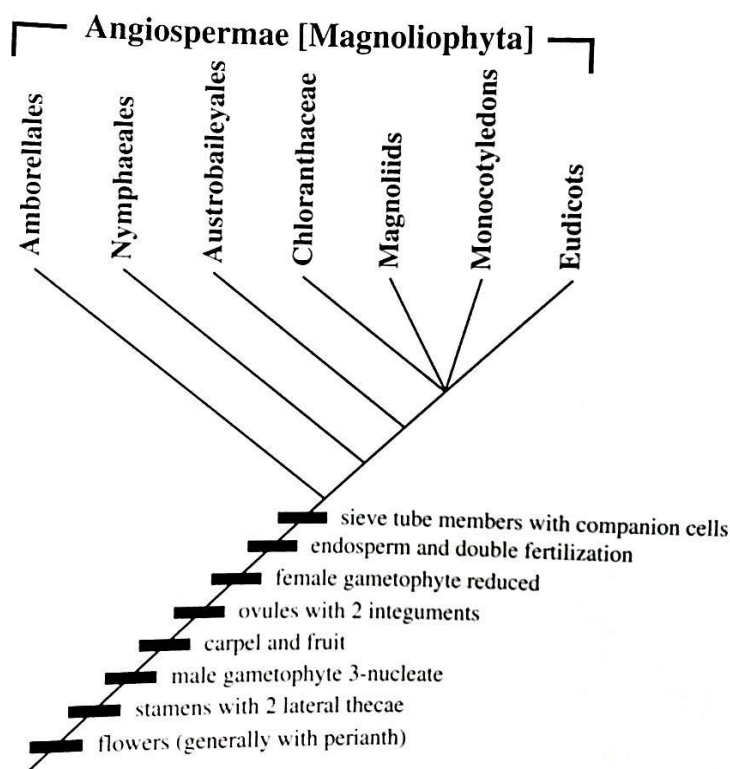
Obr. 2. Kladogram zelených rostlin (Simpson, 2010)



Obr. 3. Kladogram suchozemských rostlin (hypotéza vztahů s hlavními apomorfními znaky) (Simpson, 2010)



Obr. 4. Kladogram hlavních taxonomických skupin angiospermních rostlin (Simpson, 2010)



### 3. Evoluce krytosemenných rostlin

Stejně jako všechny živé organismy na Zemi, mají rostliny dlouhou historii, během které se vyvinuly a měnily v čase až do současnosti. Naše Země vznikla přibližně před 4,6 miliardami let. Paleoenvironmentální rekonstrukce ukázala, že tehdejší extrémní podmínky, jako teplota a složení atmosféry, oceánu a země, byly podnětem pro nástup biologické evoluce. Pro pochopení evoluce rostlin je důležitá znalost jejich fosilních pozůstatků (Briggs, Walters, 1984, Willis, McElwain, 2014).

#### 3.1. Život na Zemi

Jelikož patří rostliny (Plantae) mezi živé organismy tvořené eukaryotickými buňkami, muselo na naší planetě dojít ke vzniku, nejprve primitivního, života.

Původní globální teplota na Zemi byla natolik nízká, aby se zde vyskytovala zmrzlá voda a na planetě převládl ledoec. V původní atmosféře bylo velké množství oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ) a metanu ( $\text{CH}_4$ ) z vulkanických plynů. Množství oxidu uhličitého bylo

odhadem třicet až sto krát vyšší než je tomu dnes. Aby se na planetě Zemi mohl zformovat život, byly nutné příhodné životní podmínky.

Díky skleníkovému efektu a vysoké koncentraci plynů v atmosféře, která bránila unikání dlouhovlnného záření (tepla) zpět do prostoru, došlo k postupnému oteplování Země až na teplotu mezi 30 a 50°C, která zde panovala přibližně mezi 3,5 a 3,2 miliardami let. Tato teplota byla dostatečná pro existenci vody v kapalném stavu na naší planetě, která je jedním z limitujících faktorů pro vznik života. Dalším limitujícím faktorem byl kyslík (O<sub>2</sub>). V původní atmosféře přibližně před 2,5 miliardami lety tvořil z celkového množství plynů méně než 0,01 %. S velmi nízkou hladinou kyslíku souvisí také nedostatečná ozónová vrstva, která by chránila terestrické organismy před slunečním zářením a jeho složkou UV zářením. V sedimentech a pískovcích červené barvy (oxidy železa) se ukládal volný kyslík a mezi 2,45 a 2,22 miliardami lety vzrostlo jeho množství na 2,1 %, což bylo stále málo ve srovnání s dnešními 21 % (Willis, McElwain, 2014).

V 19. století Charles Darwin spekoval o tom, že život vznikl v teplém malém rybníčku. Jeho teorie byla jako první zpracována ruským vědcem A. I. Oparinem, který předpokládal, že obrovské množství uhlíku a sloučenin obsahující vodík se do původní atmosféry dostaly z vulkanických plynů obsahujících metan, amoniak, vodu, páru a vodík. Tyto látky se vymýváním atmosféry silnými dešti dostaly do oceánu, kde díky slunečnímu záření, jako hnací síly, začaly vznikat první formy života (Raven, Evert, Eichhorn, 1999). V laboratorních podmínkách tuto teorii jako první zpracoval S. L. Miller. Po 24 hodinách se v jeho uměle vytvořené atmosféře přibližně polovina uhlíku obsažená v metanu přeměnila v aminokyseliny, cukry a další organické molekuly, včetně purinů a pyrimidinů. Aminokyseliny a nukleotidy mohou asociovat a vytvářet polymery, včetně polypeptidů (proteinů) a polynukleotidů (RNA a DNA), které jsou součástí prvních stavebních bloků buněk. Tato teorie je však jen jednou z mnoha teorií vzniku života, ze kterých nebyla ještě žádná potvrzena. Fossilní důkazy prokaryotických organismů pocházejí z doby před 3,5 miliardami let (Willis, McElwain, 2014).

### **3.2. Předpoklady evoluce krytosemenných rostlin**

První organismy, které se vyskytovaly na naší planetě, byly heterotrofní, což znamená, že energii získávaly z jiných organických látek, které si ale nedokázaly samy syntetizovat a byly tak závislé na vnějších zdrojích. Volných organických molekul však začalo ubývat, což



způsobovalo stále větší kompetici o zdroje potravy. Buňky, které byly schopné účinně využívat dostupné limitované zdroje energie, měly větší pravděpodobnost přežití než ty, které toho schopny nebyly. V průběhu času se buňky (organismy) přizpůsobily, a naučily se vyrábět si své vlastní energeticky bohaté molekuly z anorganických látek. Vytvořily se tak organismy autotrofní. Nejúspěšnější byly ty, které využívaly jako zdroj energie sluneční záření (Raven, Evert, Eichhorn, 1999).

Fotosyntéza je jedna z nejdůležitějších inovací v evoluci na planetě Zemi a nejdůležitější prekursorem pro evoluci zelených rostlin a nejdůležitější bioenergetický proces, který změnil životní prostředí na Zemi. První fotosyntetizující organismy byly pravděpodobně anoxygenní a využívaly jako donor elektronů vodík, síru nebo sirovodík. Nejstarší nepřímé záznamy o fotosyntéze pocházejí ze stabilního izotopu uhlíku zabudovaného ve stromatolitech a dalších sedimentech, starých přibližně 3,46 miliard let. Tři známé domény organismů mají membrány tvořeny lipidy propojené uhlíkovými kostrami a tyto lipidy se přeměňují v sedimentech na uhlovodíky, které se zachovávají po dlouhou dobu a je možné je dnes analyzovat (Summons, et al., 1999, Willis, McElwain, 2014). Pro prostředí na naší planetě byla důležitá zejména oxygenní fotosyntéza. Zjednodušeně řečeno, při oxygenní fotosyntéze dochází k syntéze sacharidů za využití energie slunečního záření, vody a oxidu uhličitého. Štěpením molekul vody dochází k uvolňování kyslíku, jako vedlejšího produktu. Tento proces byl velmi podobný jako u dnešních zelených řas a suchozemských rostlin (Willis, McElwain, 2014). První záznamy o využití vody, jako zdroje elektronů, jsou spojeny se vznikem cyanobakterií (sinice). Jejich původ je velmi těžké určit, ale je datován do období před 2,7 miliardami let (Summons, et al., 1999).

Krytosemenné rostliny jsou tvořené eukaryotickými buňkami, které se na naší planetě mohly vyskytovat už před 2,7 miliardami let, ale fosilní důkazy pocházejí až z doby před 1,8 miliardami let. Hlavním rozdílem prokaryotické a eukaryotické buňky je ten, že eukaryota mají jádro (nucleus), mitochondrie a plastidy. Vznik mitochondrií a chloroplastů je již objasněn. Určité druhy dnešních fotosyntetických cyanobakterií (sinic) mají intercelulární struktury, které se podobají strukturám chloroplastů, a DNA mitochondrií vykazují příbuznost s DNA bakteriální. Vznik samotných eukaryotických buněk není přesně vyjasněn. Jedna z více teorií je, že byly vytvořeny endosymbiózou určitých prokaryotických organismů, fotosyntetických sinic nebo purpurových bakterií, jelikož mají strukturální a molekulární podobnosti s chloroplasty a mitochondriemi. V důsledku pohlcení např. sinice došlo k přenosu genetického materiálu do jádra eukaryotické buňky (Tekle, et al, 2010, Willis, McElwain, 2014).

Pro evoluci rostlin je významný fosilní důkaz tří pravděpodobně nejstarších eukaryotických organismů, kterými jsou řasa *Grypania*, pocházející z doby asi před 1,87 miliardami let, dále ruducha *Bangia* z doby asi 1,2 miliardy let a zelené řasy, jejichž stáří je datováno mezi 800 a 700 miliardami let (Willis, McElwain, 2014).

### 3.3. Původ krytosemenných rostlin

Už od dob Darwina se vědci snaží nalézt a objasnit původ krytosemenných rostlin. Jak se krytosemenné rostliny diverzifikovaly a rozšířily, nazval Darwin „odpornou záhadou/tajemstvím“ (abominable mystery). Nedokázal si představit, že by mohla být evoluce tak rychlá a potenciálně i skoková, jak tomu u angiosperm zřejmě bylo (Friedman, 2009). Existuje jen velmi málo fosilních důkazů, protože suché podnebí fosilie nezanechalo a uloženiiny pocházejí zejména z oblastí pobřeží moří nebo ústí velkých řek.

Původní představa o vzhledu krytosemenných rostlin byla zcela jiná než dnes. Předpokládalo se, že se jednalo o dřevinu s velkými oboupohlavnými květy tvořenými bohatým okvětím, plochými tyčinkami a centrálním pestíkem tvořeným z více měchýřků. Jako archaická rostlina byla proto uváděna *Magnolia* (šácholan) (Kvaček Z., Kvaček J., 2009). Na základě analýzy kvetoucích rostlin a jejich sesterských skupin, vznikla „herbaceous origin hypothesis“. Tato hypotéza říká, že původní krytosemenné rostliny byly vytrvalé byliny malého vzrůstu. Měly jednoduché listy se síťovanou žilnatinou, ve vegetativních orgánech sítkovice, tracheidy kruhovitého průřezu se skalariformním tečkováním. Sekundární růst byl velmi limitovaný. U květů došlo k přechodu od vrcholičnatého k hroznovitému květenství. Tyčinky byly připojeny základnou k apikálně prodloužené nitce, byly tvořeny dvěma prašnými vácíky se čtyřmi prašnými pouzdry. Pylová zrna byla monosulkátní, s retikulární strukturou na povrchu, a s tektální exinou (otvory oddělené sloupky - columelou). Volné plodolisty měly jeden nebo dva proximálně připojená bitegmická, crassinucelátní vajíčka a dvouděložná embrya (Taylor, Hickey, 1996).

Angiospermní rostliny tvoří samostatnou skupinu semenných rostlin, které sdílejí jedinečné znaky. Hlavním znakem je uzavírání vajíček v semeníku, pylová zrna klíčící na blizně, sítkovice s průvodními buňkami, dvojí oplození, vedoucí ke vzniku triploidního endospermu a vysoce redukovaný samčí i samičí gametofyt (Gurcharan, 2010).

První důkazy o přítomnosti krytosemenných rostlin, pocházejí z období raného triasu (252 -247 miliónů let). V oblasti Švýcarska byla objevena zachovalá pylová zrna, která se

stala předmětem zkoumání a analýz (Hochuli, Feist-Burkhardt, 2013). Období triasu a jury je charakteristické zejména přítomností kapradosemenných rostlin (*Pteridospermopsida*) a kordaitů, které byly předchůdci ginkovitých rostlin a koniferů. Některé kapradosemenné rostliny jsou také považovány za předky rostlin krytosemenných, protože je suchá období druhohor donutila uzavírat svá semena do češulí připomínajících semeník. Mezi další možné předky patří druhohorní nahosemenné rostliny bennettity (*Bennettitales*), které se podobaly cykasům. Měly zkrácené šišťice se souborem listenů ve spodní části, který připomínal okvětí. Některé šišťice byly oboupohlavné a uprostřed těchto útvarů byla na krátkém lůžku stopkatá vajíčka v podobě hustě natěsnaných štítků. Vajíčka však byla volně přístupná, větrem nebo hmyzem, přenášenému pylu (Kvaček Z., Kvaček J., 2009). Nedávné fylogenetické analýzy dochovaných semen rostlin ukázaly, že řád *Caytoniales* zřejmě tvoří pojitko mezi nahosemennými a krytosemennými rostlinami. Tato teorie je však stále zkoumána (Willis, McElwain, 2014). Rostliny tohoto řádu měly vajíčka chráněna v pouzdrech, které se podobaly semeníku krytosemenných rostlin (Hendrych, 1977).

Na evoluci krytosemenných rostlin měla pravděpodobně vliv koevoluce s blanokřídlym hmyzem a býložravými dinosaury. V období triasu a jury bylo velmi málo hmyzu, který by rostliny opyloval, proto jich existovalo jen velmi málo a z tohoto období tudíž nepochází téměř žádné fosilní důkazy. V období křídly začala probíhat velmi silná selekce v oblasti barvy a vůně květů, které lákaly opylovače a započal tak rychlejší vývoj krytosemenných rostlin (Briggs, Walters, 2001). Důkazem koevoluce rostlin a opylovačů jsou fosilní nálezy listů či jejich otisků s různými typy okusů, nebo stop po hálkách apod. Na konci křídly došlo k velkému vymírání živočichů, ale i rostlin. Krytosemenné rostliny začaly postupně vytlačovat rostliny nahosemenné a mnohé z nich postupně vymřely, nebo se razantně snížila jejich početnost. Zřejmé je, že přechod mezi nahosemennými a krytosemennými rostlinami, byl náhlý (Němejc, 1959).

Největší rozvoj a diverzifikace nastala v období po velkém vymírání, na počátku kenozoika (100 milionů let) a staly se tak, do současnosti, dominantními rostlinami světa. Co se týká geografie vzniku krytosemenné rostliny, existuje několik teorií. Teorie založená na fosilních pozůstatcích pylu říká, že se rozšířily z paleotropické oblasti mezi 0° a 30°. Nejstarší nálezy pochází z oblasti Izraele, jižní Anglie a Maroka. V období křídly ležely tato území mezi rovníkem (0°) a 25°s.š., a postupně se rozšířily do Evropy, Afriky, Asie i Austrálie (Willis, McElwain, 2014).

### 3.4. První kvetoucí rostlina

První záznamy cévnatých rostlin pochází z období přelomu siluru a devonu (430 až 420 miliard let). Pravděpodobně nejstarší krytosemenné rostliny pocházejí, jak už bylo napsáno výše, z období raného triasu (252 až 247 miliónů let). Jedná se však pouze o zachovalou fosilii pylových zrn (Friedman, 2009).

Fosilní důkazy rostlinných těl pocházejí teprve až z doby před 100 až 130 milióny let. Mezi nejstarší rostliny patří *Amborella trichopoda*, *Montsechia vidalii*, *Archaeofructus* nebo *Ceratophyllum*.

V roce 2002 byla v Číně objevena, americkým paleobotanikem Dr. Davidem Dilcherem, nejkompletnější fosilie rostliny, známé jako *Archaeofructus*. V době květu tvořil prýt, na kterém vyrůstaly měchýřkovité semeníky a pod nimi několik párů válcovitých tyčinek, které pravděpodobně dozrávaly dříve a rostlina se tak mohla vyhnout samoopýlení (Kvaček Z., Kvaček J., 2009, Gurcharan, 2004). *Archaeofructus* byl původně označován jako nejstarší známá vodní krytosemenná rostlina bylinného vzrůstu, a potvrzovala tak hypotézu, že původní krytosemenné rostliny byly byliny. Jeho stáří bylo určeno přibližně 124 miliónů let. Byl začleněn do čeledi *Archaeofructaceae*, která zahrnuje dva druhy (Gurcharan, 2004). Podle dnešních morfologických analýz by mohl patřit do řádu *Nymphaeales* (leknínovité) (Stevens, et al., 2001). Současníkem rostliny *Archaeofructus*, a možná i starší, je *Montsechia vidalii*. *Montsechia vidalii* je sesterskou rostlinou rodu *Ceratophyllum*. Již před více než sto lety byla nalezena v litografických vápencích v Pyrenejích první fosilie, o které se vědci domnívali, že se jedná o mech nebo jehličnan, a jen málokdo předpokládal, že se jedná o kvetoucí rostlinu. Během posledních let byly ve Španělsku objeveny nové pozůstatky této rostliny a v roce 2015 byly předloženy důkazy, že se jedná o 130 miliónů let starou fosilii *Montsechia vidalii*. Jednalo se o vodní bylinu, která kvetla a byla opylována pod vodou, a nemusela se tak spoléhat na vítr nebo živočichy. Jako kvetoucí rostlina byla klasifikována díky semenům uzavřených v plodech, což je základní charakteristický znak krytosemenných rostlin. Žila pravděpodobně v podobných podmínkách jako, dodnes se vyskytující, *Ceratophyllum* (růžkatec), který také patří mezi nejstarší krytosemenné rostliny (Dilcher, 2015, Gomez, et al., 2015).

Jak už bylo zmíněno, dalším kandidátem na nejstarší krytosemennou rostlinu, je rod *Ceratophyllum* (růžkatec). V čeledi *Ceratophyllaceae* je zahrnuto šest druhů, které se vyskytují ve sladkovodních jezerech celého světa, kromě Antarktidy. *Ceratophyllum* je podle některých analýz považován za bazální rostlinu všech Eudicots, nebo sesterskou k Eudicots

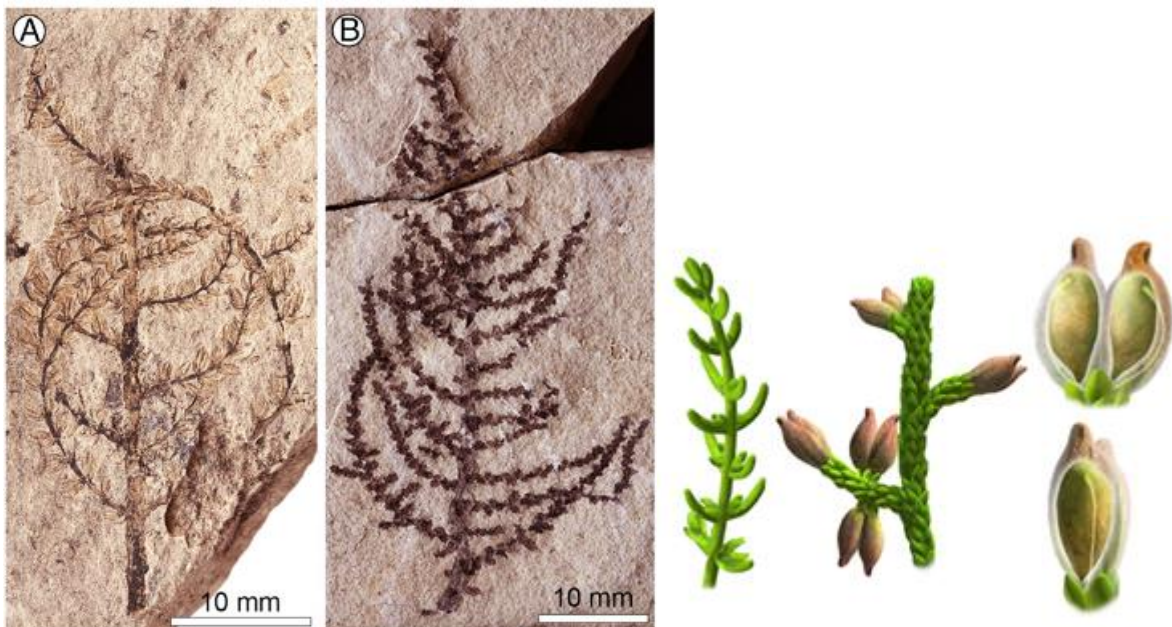
a podle jiných analýz, za bazální skupinu všech krytosemenných rostlin. Jisté však je, že spolu s *Montsechia* jsou sesterskou skupinou a sdílí spolu určité znaky. Jeho primitivní znaky jsou však pouze přizpůsobením životu ve vodě. *Ceratophyllum* nemá kořeny, pouze postranní výrůstky, kterými se ukotvuje v půdě. Stejně jako *Montsechia* roste a je opylován ve vodě. Na svém povrchu nemá průduchy ani kutikulu a jeho květy jsou jednopohlavné, nenápadné a vyrůstají v paždí listů (Gomez, et al., 2015). Podle APG je rod součástí řádu *Ceratophyllales* (růžkatcotvaré), který je považován za sesterskou větev Eudicots (Stevens, et al., 2001).

S nástupem molekulární biologie a analýz sekvencí DNA a RNA, byla vytvořena bazální skupina krytosemenných rostlin, do které patří řády *Amborellales*, *Nymphaeales* a *Austrobaileyales*. Podle analýzy plastidové DNA z 236 taxonů byla potvrzena *Amborella trichopoda* jako nejstarší žijící krytosemenná rostlina a je sesterskou ke všem ostatním krytosemenným rostlinám. Jelikož jsou všechny původní krytosemenné rostliny již zaniklé, je *Amborella* dobrým materiálem pro pochopení evoluce této skupiny. V této souvislosti vznikl *Amborella* Genome Project, který by měl pomoci k vyjasnění vztahů krytosemenných rostlin, a jejich evoluce, a měl by přinést nový pohled na tuto skupinu rostlin. Díky němu byl také v nedávné době sekvenován kompletně celý jaderný genom *Amborellae*, jehož výsledky jsou dostupné na [www.amborella.org](http://www.amborella.org) (Soltis, 2013). *Amborella trichopoda* je endemickou rostlinou Nové Kaledonie, z čeledi *Amborellaceae* a řádu *Amborellales*, která pochází z období přibližně před 130 milióny lety. Má jednopohlavné, drobné květy nahloučené v úžlabních květenstvích. Její pestík vznikl z plochého listu podobného útvaru s vajíčky na jeho okrajích, který se stočil dovnitř a vytvořil tak dutý semeník s jedním nebo více vajíčky ([newcaledoniaplants.com](http://newcaledoniaplants.com)).

Obr. 5. *Archaeofructus sinensis* a jeho rekonstrukce (www.mnh.si.edu)



Obr. 6. *Montsechia vidalii* a její rekonstrukce (Gomez, et al., 2015).



### 3.5. Původ květu

Jedna z nejtypičtějších charakteristik krytosemenných rostlin je květ. O jeho původu existuje několik teorií, například Gonophyll theory nebo Anthocorm theory, ale nejčastějšími a nejznámějšími jsou euanthiova a pseudanthiova teorie.

Euanthiova teorie také známá jako „Anthostrobilus theory“, byla poprvé navržena v roce 1907 botaniky Arberem a Parkinsnem. Podle této teorie jsou květy krytosemenných rostlin odvozeny z nerozvětveného, oboupohlavného strobilu se spirálovitě uloženými pohlavními orgány, které se podobají obojetným (hermafroditickým) reprodukčním strukturám některých *Bennettitales* a *Cycadeales*. Na bázi strobilů vyrůstaly asimilační listeny, nad nimi mikrosporofyly a na vrcholu megasporofyly. Oboupohlavné květy rostlin z řádu *Magnoliales* jsou těmto archetypům květů velmi podobné. Jednodušší květy mají dále například *Piperales* nebo větrem opylované stromy, jako například čeleď *Betulaceae* (břízovité) nebo *Juglandaceae* (ořešákovité), které jsou odvozeny od květu Magnolií zjednodušením, redukcí a splynutím některých částí. Během evoluce se z asimilačních listenů vyvinuly květní obaly, z mikrosporofylu tyčinky a z megasporofylů pestíky (Gurcharan, 2004, Friis, et al., 2011, Vinter, 2013).

Pseudanthiova teorie byla poprvé navržena rakouským botanikem R. Wettsteinem v roce 1907. Podle této teorie byly původní květy malé, jednoduché a jednopohlavné, které se vyvinuly redukcí květenství jednopohlavných strobilů. Ze samčích zůstaly pouze tyčinky, ze samičích pestíky a následně splynuly. Květy byly pravděpodobně odvozeny od skupiny Gnetopsida, reprezentované rodem *Ephedra*, *Gnetum* nebo *Welwitschia*. Tyto rostliny vykazují více znaků krytosemenných rostlin než jiné skupiny živých i fosilních nahosemenných (Gurcharan, 2004, Friis, et al., 2011, Vinter, 2013).

Ve vývoji květů došlo pravděpodobně ke čtyřem změnám nebo trendům. Prvním trendem je, že z květů složených z mnoha, co do počtu neurčitého množství částí, se vyvinuly květy s jejich přesným a určitým počtem. Druhý trend představuje redukcí počtu plodolistů, ze čtyř na tři, dvě nebo jeden složitější. Květní lůžko se zkracuje a původní spirálovité postavení plodolistů dnes není patrné u žádné rostliny a plodolisty srůstají v pestík. Semeník je častěji spodní než svrchní a periant se diferencuje v kalich a korunu. Poslední trend ve vývoji květů představují původní aktinomorfni květy, s více rovinami souměrnosti, které daly vzniknout květům zygomorfni, s jednou rovinou souměrnosti (Raven, et al., 1999).

## 4. Charakteristika krytosemenných rostlin

Krytosemenné, angiospermní nebo také kvetoucí rostliny jsou ty, které se bezprostředně týkají našich životů. Jsou to ty, které jako obilky, masité plody nebo zeleninu jíme, nebo se z nich vyrábí bavlněné či lněné prádlo, které běžně nosíme (Raven, et al., 1999). Na světě existuje podle vědeckých analýz Kew Gardens přibližně 352 000 druhů kvetoucích rostlin. Některé ještě nejsou prozkoumány a číslo vzroste pravděpodobně na 400 000 druhů, přičemž jsou stále objevovány druhy nové, ale jiné jsou na pokraji vyhynutí ([www.kew.org](http://www.kew.org)).

Angiospermní rostliny tvoří samostatnou skupinu semenných rostlin. Typickou charakteristikou kvetoucích rostlin je květ, který se skládá z pohlavních reprodukčních orgánů rostliny a slouží tak k jejich rozmnožování. Dalším hlavním znakem, kterým se odlišují od ostatních rostlin je uzavírání vajíček v semeníku, pylová zrna klíčí na blizně, sítkovice s průvodními buňkami, dvojitá oplození, vedoucí ke vzniku triploidního endospermu a vysoce redukovaný samčí i samičí gametofyt (Gurcharan, 2010).

Výběr literatury zpracovávající charakteristiku krytosemenných rostlin je velmi široký, proto je charakterizují stručně a zaměřím se pouze na jejich hlavní znaky, jimiž se odlišují od všech ostatních rostlin.

### 4.1. Základní charakteristika

Milióny let nazpět došlo v dřívějším oceánu k události, která způsobila vznik prvních chemických bloků života a následně malé jednotky života na Zemi, buňky.

Rostliny jsou tvořeny eukaryotickými, rostlinnými buňkami, které jsou ohraničeny buněčnou stěnou. Jejich nejdůležitější složkou je jádro (nucleus), které obsahuje genetickou informaci a je řídicím centrem buňky. Charakteristickou součástí rostlinné buňky je také vakuola a plastidy. Vakuola tvoří část buňky oddělenou membránou, která se nazývá tonoplast a obsahuje vodný roztok mnoha látek, tzv. buněčnou šťávu. Plastidy jsou semiautonomní orgány ohraničené dvojitou membránou, uvnitř tvořené systémem membrán nebo tylakoidů a homogenní matrix (stroma). Obsahují různé pigmenty či zásobní látky. Pokud obsahují pigmenty typu chlorofylů a karotenoidů, jedná se o chloroplasty, ve kterých probíhá fotosyntéza. Karotenoidy obsahují také plastidy, nacházející se zejména v květech, starých listech, některých zralých plodech, kořenech (mrkev) nebo nadzemních orgánech parazitů a nazývají se chromoplasty. Plastidy neobsahující pigmenty ani systém vnitřních membrán se nazývají leukoplasty a nacházejí se v nezelených pletivech rostlin. Další důležité



organely nacházející se v buňce jsou například stále se pohybující mitochondrie, které tvoří energetické centrum buňky a jsou místem buněčného dýchání neboli respirace. Eukaryotická rostlinná buňka obsahuje také endoplazmatické retikulum, Golgiho aparát, ribosomy, oleosómy, jadérka apod. (Novák, Skalický 2012).

Při přechodu na souš využily alternativní evoluční strategii a vytvořily si orgány k přežití. Všechny semenné rostliny mají stejný plán těla. Vegetativní část těla tvoří tři orgány s odlišnou polaritou růstu, kořen, stonk a list. Kořeny ukotvují rostliny v půdě, absorbují vodu a živiny a rostou pozitivně geotropicky. Stonk je nadzemní článkovaný orgán, který tvoří spolu s listy morfologickou jednotku, tzv. prýt a spolu s listy z něj vyrůstají i generativní (reprodukční) orgány. Článkování tvoří nodi (uzliny) a internodia (místo mezi dvěma nodi). Listy, jejichž primární funkcí je fotosyntéza, vyrůstají z nodů, laterálně vzhledem ke stonku, což jim umožňuje lépe absorbovat sluneční záření. Všechny vegetativní části rostliny mají svou charakteristickou stavbu (Taiz, et al., 2015).

Tělo krytosemenných rostlin je stejně jako u všech cévnatých budováno pravými pletivy. Evolučním zdokonalením spojeným s přechodem na souš jsou pletiva vodivá. Vytváří souvislý systém, který prostupuje celé tělo rostliny. Prochází jím voda a rozpuštěné látky a je tvořen dvěma částmi, xylémem (dřevo) a floémem (lýko), které se skládají z vodivých a parenchymatických buněk a silnostěnných vláken (Taiz, et al., 2015). U rostlin jsou rozlišována pletiva primární a sekundární. Primární pletiva (primární xylém, primární floém) jsou diferencována z prokambia, které je produkováno apikálními meristémy. Diferenciace prokambia na vodivá pletiva probíhá ve dvou fázích. Prvně se diferencuje pouze jeho část protoxylém a protofloém a teprve později dojde diferenciaci zbytku prokambia a vytvoří se metaxylém a metafloém. Sekundární vodivá pletiva (deuteroxylém, deuterofloém) vznikají při druhotném tloušťnutí a produkuje je laterální meristém kambium.

Xylém je dřevní část vodivých pletiv, která je specializovaná k rozvodu vody a minerálních látek, které rostlina přijímá z půdy svými kořeny. Umožňuje vzestupný proud, což znamená, že látky jsou transportovány vždy od kořene směrem k nadzemním orgánům. Xylém je tvořen vodivými buňkami (cévními elementy), které jsou dvojího typu. Fylogeneticky původnější tracheidy (cévice), a tracheální články, které se následně spojují ve sloupce, tzv. tracheje (cévy). Tyto cévní elementy jsou tvořeny mrtvými buňkami, z nichž zůstaly zachovány pouze buněčné stěny. Tyto buněčné stěny jsou nerovnoměrně sekundárně ztloustlé a lignifikované. Floém je lýková část vodivých pletiv, specializovaná hlavně pro vedení asimilátů, které jsou nezbytné pro zásobování nefotosyntetizujících částí rostliny a ukládání látek v zásobních pletivech. Asimiláty jsou transportovány z místa vzniku

(zejména z listů) do míst spotřeby. Transport může směřovat směrem dolů, do podzemních orgánů, ale i k apikálním meristémům prýtu či jiným nezeleným částem rostliny, jako jsou květy, plody nebo semena. Transportována je zejména sacharóza, a dále voda nebo organické látky. Buněčné stěny vodivých elementů floému jsou perforované, díky čemuž je možné propojení protoplastu sousedních elementů. Perforace se sdružují v políčka a připomínají sítko, a proto se vodivé elementy floému nazývají sítkové elementy. Sítkové elementy jsou také dvojího typu, tvoří je sítkové buňky a články sítkovic. Jsou tvořeny bezjadernými buňkami. Sítkové buňky i články sítkovic jsou u krytosemenných rostlin funkčně spojeny s buňkami průvodními, které zajišťují jejich zásobu různými metabolity a podílí se na transportu asimilátů z a do sítkovic.

Vodivá pletiva probíhající rostlinným tělem se nazývají cévní svazky, které jsou odděleny pletivy základními. Cévní svazky mohou být klasifikovány podle přítomnosti kambia, vzájemného uspořádání xylému a floému apod. Ve stonku a kořeni tvoří tzv. střední válec, tedy soubor cévních svazků se základním pletivem. U dvouděložných rostlin převládá eustélé, s kolaterálními a do kruhu uspořádanými cévními svazky a u jednoděložných ataktostélé, s volně roztroušenými cévními svazky (Novák, Skalický, 2012, Votrubová, 2010).

Povrch všech nadzemních orgánů je pokryt buňkami epidermis, která je primárním krycím pletivem. Buňky pokožky neobsahují chloroplasty, ale velké vakuoly s flavonoidy, které zachytávají UV záření a chrání tak před touto škodlivou složkou záření vnitřní struktury, zejména fotosyntetický aparát. Vnější buněčné stěny epidermálních buněk jsou pokryty voskovou vrstvou, tzv. kutikulou, která zabraňuje ztrátám vody. Podle toho, v jakém životním prostředí se rostlina nachází, je vosková vrstva různě silná. U rostlin vlhkých stanovišť nebo vodních rostlin je nepatrná nebo téměř chybí, naopak u rostlin přizpůsobených k suchým nebo teplým podmínkám bývá vrstva kutikuly velmi silná. Kutikula však zabraňuje také výměně plynů mezi rostlinou a okolím, což je nezbytné pro fotosyntézu i respiraci.

Tento problém rostliny vyřešily specializovanými epidermálními buňkami (svěracími buňkami), které svými pohyby regulují otvory mezi nimi, které se nazývají průduchy (stomata). Stomata se otevírají a zavírají v závislosti na prostředí a fyziologických signálech a pomáhají tak rostlině udržovat rovnováhu mezi ztrátou vody a požadavky na kyslík a oxid uhličitý. Každý průduch je tvořen dvěma svěracími buňkami, mezi nimiž je průduchová štěrbinu schizogenního původu. Svěrací buňky obsahují chloroplasty, a mohou tedy fotosyntetizovat. Nejvíce průduchů se nachází na listech a zcela chybí u většiny kořenů krytosemenných rostlin. Pokožka kořene, tzv. rhizodermis je obvykle tvořena jednou vrstvou

buněk. Nemá kutikulu a je tak propustná pro roztoky vody s anorganickými látkami (Raven, et al., 1999, Novák, Skalický, 2012).

## 4.2. Květ

Květ je rozmnožovací orgán krytosemenných rostlin, který je odlišuje od všech ostatních rostlin na světě. Kvetení ve správný čas v roce je pro rostliny rozhodujícím okamžikem pro jejich reprodukční fitness. Proces, kterým se apikální meristém prýtu začíná formovat v květ, je označován jako evokace květu. Rostliny mají vyvinuty mimořádné reprodukční adaptace, jako jednoletý nebo vytrvalý životní cyklus (Taiz, et al., 2015).

Květ je zkrácený stonek omezeného růstu, na kterém vyrůstají sterilní květní obaly, nad nimi tyčinky a nejdříve pestík, který dokonale uzavírá a chrání vajíčka (megasporangia). Každý květ se skládá z několika částí, které jsou umístěny na květním lůžku (receptaculum). Základními orgány jsou již zmíněné květní obaly (kalich, koruna, okvěť), souhrnně označované jako periant, a reprodukční orgány (tyčinka, pestík). Původní krytosemenné rostliny neměly kališní a korunní lístky zřetelné (Raven, et al., 1999). Vnější část rozlišeného periantu, **kalich** (calyx), je tvořen kališními lístky (sepala), které se pravděpodobně v průběhu evoluce diferencovaly z listenů. Bývá kratší než koruna. Kališní lístky mohou být volné (chorisepální) nebo srostlé (synsepální). Vnitřní část rozlišeného periantu, **koruna** (corolla), je tvořena korunními lístky (petala) a pravděpodobně vznikla několikrát nezávisle. Korunní lístky mohou být také volné (choripetální) nebo srostlé (sympetální). U vývojově pokročilejších skupin se zygomorfními květy jsou korunní lístky různého tvaru (pavéza, člunek, křídla). Tzv. efigurací mohou z květního lůžka vyrůst chloučky, žláznaté nebo šupinovité výrůstky. U květů, které nejsou rozlišeny na kalich a korunu, je tzv. **okvěť** neboli perigon. Pokud mají okvětní lístky (tepala) stejnou barvu, jedná se o homotepální perigon, pokud se okvěť liší, jedná se o perigon heterotepální (Novák, Skalický, 2012).

Reprodukční orgány květu jsou tyčinky (stamen) a pestíky (pistillum). Samčí pohlavní orgán, tyčinka, se nevyskytuje v květech samostatně, ale v souborech, které se nazývají andreceum. Každá tyčinka se skládá z nitky (filamentum), která je připojena k prašníku (anthera). Prašníky jsou složeny ze dvou prašných váčků, rozdělených na čtyři mikrosporangia (prašná pouzdra). Prašné váčky jsou v centrální části oddělené sterilním pletivem, tzv. konektivem. Vývoj mikrosporangí se u rostlin může lišit druh od druhu. V prašných pouzdrech vznikají meiózou pylová zrna, jejichž obsah představuje samčí

gametofyt (Taiz, et al., 2015). Exina vzniká z tapeta prašného pouzdra a je tedy součástí sporofytu (Vinter, 2013). Tvar, velikost i povrchové vlastnosti pylových zrn se mohou lišit, podle způsobu opylení. Samičí pohlavní orgán, pestík, je tvořen plodolisty (carpellum/ karpel), které představují megasporofyty. Soubor všech plodolistů v květu se nazývá gyneceum. Jednotlivé plodolisty nesou vajíčka, která vznikají ze specializovaného pletiva označovaného jako placenta. Umístění pletiva se u různých skupin rostlin liší a rozlišuje se placentace laminální, marginální, nákoutní, nástěnná, centrální apod. To, jak a kde vznikají vajíčka, pak určuje umístění semen v plodu. Plodolisty nejsou volné, ale tvoří pestík, který vzniká srůstem několika nebo jednoho plodolistu. Pokud je gyneceum tvořeno větším počtem volných jednoplodolistových pestíků, jedná se o apokarpické gyneceum a pokud jedním pestíkem srostlým z více plodolistů, jedná se o gyneceum cenokarpické (Taiz, et al., 2015, Novák, Skalický, 2012). Pestík je tvořen třemi částmi: semeník, čnělka a blizna. Semeník (ovarium) je dolní dutá část pestíku, v níž vyrůstají vajíčka. Podle postavení vůči ostatním částem v květu se rozlišuje semeník spodní, polospodní nebo svrchní. Semeníkem a bliznu spojuje trubičkovitá část, čnělka (stylus). Může být různě dlouhá nebo nemusí být přítomná vůbec (bezčnělečné květy). Na nejhornější část čnělky nebo přímo na semeník přisedá blizna (stigma), která slouží k zachytávání pylu (Novák, Skalický, 2012).

U mnoha krytosemenných rostlin se vytváří květenství, které představuje soubor květů uspořádaných na jednom společném stonku (vřeteno květenství) podle určitých zákonitostí. Tradičně se květenství rozděluje na jednoduchá a složená, ale jedná se pouze o popisné dělení, bez vývojových souvislostí. Mezi jednoduchá květenství patří hroznovitá (recemózní), kam patří například lata, hrozen, klas, okolík, nebo jehněda a květenství vrcholičnatá (cymózní), kam patří vidlan, mnohoramenný vrcholík, vijan nebo srpek. Květenství složená tvoří různě spojená květenství jednoduchá.

Podle aktuálních morfologických studií je možné členění na dva základní typy květenství, a to uzavřená (monotelická), která mají hlavní stonek i boční větve zakončeny terminálním květem, a otevřená (polytelická), bez terminálního květu. Tyto základní typy se dělí také na květenství jednoduchá a složená. V členění se rozlišují nové pojmy jako botryoid, stachyoid nebo thyrusus a další (Novák, Skalický, 2012).

### 4.3. Opylení a oplození

Opylení je proces přenosu pylových zrn z prašníku tyčinky jednoho květu na bliznu pestíku květu jiného. Některé druhy využívají samosprašnost (autogamie), tedy opylování svým vlastním pylem. Druhy, které nejsou schopny samoopylení, využívají cizosprašnost (allogamie), tedy opylování pylem z květů jiného jedince. Tyto druhy si vytvářejí velké množství nepohyblivého pylu (mikrospor) a různé mechanismy pro jeho rozšiřování na velké vzdálenosti. K opylování může docházet živočichy (zoogamie), hmyzem (entomogamie), které jsou u krytosemenných rostlin nejběžnější, méně často větrem (anemogamie) anebo vodou (hydrogamie). Podle toho jaký způsob šíření pylu rostliny preferují, mají přizpůsobeny květy (Taiz, et al., 2015, Novák, Skalický, 2012, Votrubová, 2010).

Aby mohlo dojít k oplození, musí být vytvořen samčí a samičí gametofyt. Ve **vajíčku** dochází k megasporogenezi i megagametogenezi. Vnitřní část vajíčka tvoří diploidní pletivo nucellus, ve kterém je diploidní, podpokožková, tzv. archesporová buňka. Z této buňky se diferencuje diploidní mateřská buňka megasporocyty (megasporocyt). Redukčním dělením (meiózou, megasporogenezi) vznikají čtyři haploidní buňky (megasporocyty), z nichž je pouze jedna obvykle funkční a ostatní, ty nejbližší mikropyle, degenerují. Funkční megaspora představuje samičí výtrus. Jádro funkční megasporocyty projde nejčastěji třemi mitotickými děleními, jejichž výsledkem je osmijaderný nezralý zárodečný vak, jehož čtyři jádra migrují k chaláznímu pólu a čtyři k pólu mikropylárnímu a mezi nimi se nachází systém vakuol. Později se plazmatický obsah s jádry rozdělí na samostatné buňky. Jedno jádro z každého pólu, tzv. pólové jádro migrují do vakuoly v centrální části zárodečného vaku, kde splývají a tvoří centrální buňku, se sekundárním (centrálním) jádrem zárodečného vaku. Tři buňky u chalázního pólu jsou zformovány v antipody, které se pravděpodobně podílí na zprostředkování výživy a hormonální signalizaci. V mikropylární oblasti se z jedné buňky tvoří oosféra (buňka vaječná, samičí gameta) a ze zbylých dvou synergidy (buňky pomocné) a spolu tvoří vaječný aparát. Tímto je vytvořen zralý zárodečný vak, který představuje samičí gametofyt. Proces vzniku samičí gamety uvnitř zárodečného vaku se nazývá megagametogeneze (Taiz, et al., 2015, Novák, Skalický, 2012).

Samčí gametofyt je formován v tyčince (samčím pohlavním orgánu) ve dvou fázích, mikrosporogenezi a mikrogametogenezi. Čtyři zralá prašná pouzdra (loculi) představují mikrosporangia, která jsou tvořena archesporovými buňkami. Tyto buňky jsou obklopeny čtyřmi somatickými vrstvami (z vnějšku dovnitř): epidermis, endothecium, střední vrstva a výstelka tapetum. Během mikrosporogeneze se archesporové buňky, uvnitř prašných

pouzder, několikanásobným mitotickým dělením diferencují v diploidní mateřské buňky pylových zrn (mikrosporocyty). V mikrosporocytech dochází díky meióze ke vzniku haploidních mikrospor (pylových zrn), které jsou uspořádány v tetrádách. Ve většině případů se mikrospory (pylová zrna) z tetrad oddělí a nastává mikrogametogeneze. Ještě před opuštěním prašného pouzdra dojde v pylových zrnech (mikrosporách) k mitotickému dělení na buňku rozmnožovací (generativní) a láčkovou (vegetativní), čímž vznikne dvoubuněčné pylové zrno. Buňka generativní bývá bez mitochondrií a plastidů, což je základ pro maternální dědičnost znaků vázaných na organely. Buňka generativní se další mitózou rozdělí na dvě buňky spermatické, které představují samčí gamety a vzniká tak trojbuněčné pylové zrno. U dvoubuněčných zrn k tomuto dělení dochází až v pylové láčce (Taiz, et al., 2015, Votrubová, 2010).

Po opylení, tedy zachycení pylového zrna na blizně dochází k oplození, které může nastávat ihned nebo po několika hodinách či měsících. Blizny mají na povrchu viskózní směs proteinů, lipidů a polysacharidů a dehydratovaná pylová zrna se na nich lépe udrží a přijmou vlhkost. Otvorem (klíčným pórem) v exině začne růst pylová láčka, přibližně 10 až 20  $\mu\text{m}$  za hodinu, což je asi 100 krát rychleji než u nahosemenných rostlin. Pylová láčka se prodlužuje a proniká do čnělky. Její cytoplazma je tvořená velkými vakuolami a kalózními příčkami mezi kterými je běžný obsah buňky (mitochondrie, endoplazmatické retikulum, Golgiho aparát apod.) a dvěma spermatickými buňkami. Synergidy zárodečného vaku produkují chemické atraktanty a lákají pylovou láčku, která proroste až do semeníku, kde se většinou přes mikropyle dostane k vajíčku. Penetrací zárodečného vaku proroste až do jedné ze synergid, přestane růst, praskne a dojde k uvolnění spermatických buněk. Nastává oplození (Taiz, et al., 2015).

Krytosemenné rostliny charakterizuje dvojité oplození, které probíhá ve třech fázích. Synergida zaniká záhy po prasknutí pylové láčky a spermatické buňky se dostávají do prostoru mezi centrální buňkou a buňkou vaječnou, kde setrvávají několik minut. Jedna spermatická buňka splývá s vaječnou buňkou a druhá s jádrem centrální buňky (jádrum zárodečného vaku) a toto splynutí se označuje jako plazmogamie. Současně se uvolní jádra každé spermatické buňky, která putují k jádrům buněk, se kterými splývají. Splynutí jader se nazývá karyogamie. Celý proces splývání gamet, tedy plazmogamie a karyogamie se celkově označuje jako syngamie. Po oplození vaječné buňky vzniká diploidní zygota a z oplozené centrální buňky (jádra zárodečného vaku) vzniká triploidní primární endosperm (primární jádro) a dalším dělením se začíná vyvíjet endosperm (Taiz, et al., 2015, Votrubová, 2010).

#### 4.4. Semeno a plod

Životní cyklus krytosemenných rostlin začíná a končí semenem. Po oplození centrální buňky zárodečného vaku vznikl primární endosperm, ze kterého se mitotickým dělením vytvořil endosperm. U krytosemenných rostlin jsou tři typy endospermu, jaderný, buněčný a helobiální. Diploidní zygota vzniklá po oplození vaječné buňky nejprve dotvoří buněčnou stěnu a až poté se začíná dělit a dává vznik embryu. Embryogeneze je proces, kdy je jedna buňka transformována v mnohobuněčnou entitu a vede ke vzniku dospělého embrya. Během tohoto procesu dochází k ustanovení jeho polarity a diferenciaci a specializaci buněk. Vytváří se apikální meristém prýtu a apikální meristém kořene, díky nimž vznikají další pletiva a orgány během růstu rostliny. Ze středu k okraji se vytvářejí buňky pletiv krycích (epidermis), kortikálních a buňky pletiv vodivých. Na závěr embryogeneze dochází k fyziologickým změnám (například ztráta vody), díky kterým je schopno přetrvat dlouhé období dormance nebo nepříznivých životních podmínek. U různých skupin krytosemenných rostlin se vývoj embrya může lišit. Dospělé embryo bývá kryto protodermem. Embryo má vytvořený meristemický základ kořene (radikula), hypokotyl, který představuje nejspodnější článek stonku (první podděložní článek), dále dělohy (cotyledones), které se zakládají nad hypokotylem a plumulu, která představuje meristemický základ růstového vrcholu prýtu. Přes hypokotyl a dělohy prochází prokambium (Taiz, et al., 2015, Votrubová, 2010, Novák, Skalický, 2012).

V poslední fázi, kdy dozrává embryo, s ním současně dozrává i semeno, které je mnohobuněčným rozmnožovacím útvarem semenných rostlin a po oplození vzniká z vajíčka. Může mít různou velikost, tvar, barvu i strukturu povrchu. Semeno pokrývá osemení (testa), která se vytváří z integumentů (obalů) vajíčka nebo jen z jejich částí. Osemení může mít různý charakter, například blanitý, dužnatý, nebo kožovitý. Pod osemením se u některých rostlin nachází živné pletivo, tzv. perisperm, který vzniká přeměnou pletivného jádra vajíčka (nucellu). Pod perispermem je další vrstva živného pletiva, zvaná endosperm, který se vyvíjí z primárního jádra endospermu, vzniklého z centrálního jádra zárodečného vaku. Endosperm obsahuje zásobní látky (proteiny, polysacharidy, tuky), které jsou spotřebovávány během klíčení. Pokud semena živná pletiva nemají, přebírají jejich funkci dělohy. Nejdůležitější částí semene je centrálně nebo bočně umístěné embryo (zárodek), které vzniká z oplozené vaječné buňky (oosféry) (Novák, Skalický, 2012).

Semena jsou u krytosemenných rostlin ukryta v plodu. Jedná se o znak typický pouze pro krytosemenné rostliny. Jsou to semena roznášející jednotky, které spojují určité znaky.

Plod vzniká z celého pestíku, jen ze semeníku (plodolistu), nebo se na jeho vzniku podílí i jiná část rostliny, jako například květní lůžko nebo češule. Funkcí plodu je výživa semen až do jejich uzrání a usnadnění jejich rozšiřování. Plod kryje oplodí neboli perikarp, který vzniká přeměnou plodolistu po oplození vajíčka. Oplodí může být různé konzistence, suché (xerokarpní), šťavnaté (sarkokarpní) a kamenné (sklerokarpní). Bývá rozlišeno v několik vrstev, vnější blanitý exokarp, který tvoří na povrchu jako charakteristicky zbarvenou slupku, střední mezokarp, tvořený dužnatým parenchymem a vnitřní sklerenchymatický nebo parenchymatický endokarp. Existují různé klasifikace plodů, které sledují různé vlastnosti. Protože květy tvoří květenství, tvoří plody soubory volných nebo různě spojených či srostlých plodů, tzv. plodenství (Taiz, et al., 2015, Novák, Skalický, 2012).

## 5. Hospodářský význam krytosemenných rostlin

Rostliny představují nespočetné množství potravinových surovin, suroviny pro oblečení, medicínu, dopravní prostředky, kterými cestujeme nebo stavební materiál. Rostlinné produkty jsou stejně strategické jako například nafta. Člověk rostliny využíval už v pravěku v dobách lovců a sběračů, kdy sbíral plody a semena rostlin, či vykopával dužnaté kořeny nebo hlízy a cibulky. Dodnes žijí v některých částech světa lidé, kteří se takto živí. Jsou to například indiánské kmeny v pralesích Jižní Ameriky, nebo některé kmeny či domorodci v Austrálii, na Nové Guinei nebo Srí Lance (Michalec, 1977, Lewington, 2003).

Tradiční učebnicové rozdělení využití rostlin je na píce, pochutiny, olejiny, ovoce, zelenina, koření, textilní a technické plodiny, obiloviny, luskoviny a rostliny léčivé. Ve většině učebnic bývá využití uvedeno u jednotlivých rostlinných orgánů. Následující části jsou zejména z knihy *Plants for People* (Lewington, 2003), která vznikla na základě Eden Project Book a ukazuje využití rostlin jiným, netradičním způsobem, než je tomu v našich učebnicích.

### 5.1. Výtažky z rostlin

Lidé si to ani neuvědomují, ale látky obsažené v rostlinách denně používáme. Už staří Egypťané využívali oleje z rostlin, které přidávali do koupelí. Řekové i Římané mazali svá těla vonnými rostlinnými oleji a spolu s jemným pískem, který působil jako brusivo, čistili hlouběji svou pokožku. Často využívané rostliny jsou a byly tužebník, levandule, heřmánek,



tymián nebo šalvěj.

Látky z rostlin se využívají ve farmaceutickém i potravinářském průmyslu. První mýdlo, které bylo vyrobeno z tuku a olejů smíchaných se zásaditým roztokem získaným z máčení dřeva ve vodě, pochází z doby před 5000 lety, a využívalo se pro čištění vlny a prádla. Na výrobu mýdel se dříve využíval zvířecí tuk a stále je v mnoha případech jejich součástí. V posledních letech však začal vzrůstat význam rostlinných olejů. Získávají se zejména z africké palmy olejné (*Elaeis guineensis*) a palmy kokosové (*Cocos nucifera*). Mohou být také nahrazeny jinými, jako je sója luštinatá (*Glycine max*), semena bavlníku (*Gossypium*) nebo ořechy. Pro luxusnější mýdla se využívá olej z oliv, avokáda, mandlí nebo slunečnic. Dále se vonné oleje využívají také pro výrobu šampónů, kondicionérů, pleťových krémů nebo koupelí. Nejčastěji využívané látky jsou alfa-hydroxy kyseliny (AHA), které se přirozeně vyskytují v plodech rostlin. Častým přídavkem šampónů je celulóza nebo kokamid DEA, diethanolamid vyrobený ze směsi s mastnými kyselinami z kokosového oleje. Velké množství olejů se využívá pro koupele. Jednou z nejznámějších ingrediencí je ricinový olej, který nezanechává skvrny a udržuje hebkou a hydratovanou pokožku, nebo levandule (*Levandula*), která má antiseptické vlastnosti. Méně známou rostlinou je lufa (*Luffa*), z jejíž dozrálých plodů se vyrábějí mycí houby.

Směsi bylin můžeme najít i v zubních pastách. Nejběžnější látkou je sodná sůl karboxymetyl celulózy nebo celulózová guma získávané z dřevité buničiny. Dále xylitol, nebo dřevný či březový cukr, získávaný z mnoha druhů ovoce a zeleniny. Pro známou „mentolovou“ příchut' se používají aromatické esenciální oleje máty peprné (*Mentha x piperata*). Velmi netypickou rostlinou využívanou do zubních past je popínavá orchidej vanilka (*Vanilla planifolia*), která obsahuje ve svých plodech silici vanilin. Snižuje totiž chuť na čokoládu a sladká jídla a nápoje. V některých částech Indie a Středního Východu žvýkají lidé dřevnaté stonky rostliny jménem *Salvadora persica* (salvadora perská), která má antibakteriální účinky.

Společnosti v dnešním znečištěném a rušném světě soupeří o své zákazníky tím, že propagují zdravý životní styl, se kterým je spojena zdravá a krásná pokožka. Nejběžnějšími ingrediencemi pro kosmetické krémy a přípravky jsou oleje, gumy a vosky. Již ve 2. století vytvořil Galen první krém s přídavkem včelího vosku a oleje z růží. Jedním z nejdůležitějších olejů je olej z mandlí, avokáda, meruněk nebo broskví. Také se využívá měsíček lékařský (*Calendula officinalis*), šípky, rýžové otruby, oves nebo pšeničné klíčky. Velmi oblíbený je také arganový olej, který pochází ze semen stromu *Argania spinosa* rostoucím v Maroku. Je vyráběn ručně barberskými ženami, a díky růstu zahraniční poptávky zde vznikly

manufaktury, které odpovídají Fair Trade a zlepšily tak zdejší postavení žen (pravy-arganovyolej.cz). Velmi známou látkou je guma guar, v přípravcích označovaná jako E412. Pochází ze semen rostliny *Cyamopsis tetragonoloba* a využívá se pro zhušťování jak potravin, tak kosmetických přípravků. Některé rostliny mají proti stárnoucí a ochranné účinky. Patří mezi ně pryskyřice benzoin ze stromu sturač (Styrax) nebo extrakty ze stromu malpígie lysé (*Malpighia glabra*). Široké využití má i *Aloe vera*, využívaná v kosmetice i potravinářství.

Mezi látky získávané z rostlin patří také jejich barviva. Velmi zajímavá je jojoba (*Simmondsia chinensis*), jejíž semena obsahují žlutý kapalný vosk, který se využívá v kosmetice, a je výbornou náhražkou velrybího tuku používaného pro výrobu balistických střel. Z Amazonie pochází nejznámější červené potravinářské barvivo bixin (E160), který je získáván ze semen oreláníku barvířského (*Bixa orellana*). Mezi nejznámější barviva patří také henna, která se získává z rozdrcených a vysušených listů henovníku (*Lawsonia*). V historii barvení vlasů jsou známy také barviva z ořešáku černého (*Juglans nigra*), která se přidávají i dnes do barev na vlasy.

V neposlední řadě jsou rostlinné výtažky důležité pro výrobu parfémů. Jedna z nejstarších a nejznámějších ingrediencí je olej z růží a myrha. Myrha je pryskyřice stromu *Commiphora* a byla využívána starými Egypťany, Řeky a Římany. Klíčovou ingrediencí nejlepších parfémů je olej ylang-ylang, získávaný z květů rostliny kananga vonná (*Cananga odorata*). Z 9 kg květů je vyprodukováno pouze 30 ml oleje za rok. Známé je také santalové dřevo (*Santalum album*), které obsahuje velké množství vonných silic.

## 5.2. Textilní plodiny

Pokud bychom věřili v Bibli, byl prvním oblečením na světě fíkový list. Již od pradávna se lidé naučili vyrábět látky z rostlinných vláken pro své zahalování. Na Novém Zélandu existuje rostlina podobná našemu lnu, ze které vyrábějí Maorové své oděvy a sandály. Nazývá se *Phormium tenax* (lenovník novozélandský) nebo také harakeke. V subsaharské Africe roste palma *Raphia*, jejíž vlákna se už po staletí využívají pro výrobu místního tradičního oblečení. Tato palma má zároveň největší listy v celé rostlinné říši. Královnou rostlinných vláken je bavlna (*Gossypium*). Její semena mají jemná vlákna, která jim napomáhají v přenosu větrem. Již před 6000 lety byla bavlna pěstována v oblasti Ekvádoru a Chile, kde byly nalezeny pozůstatky semen. Štíhlá vysoká bylina s květy barvy

nebe, byla domestikována na Blízkém Východě již před 10 000 lety. Jedná se o len (*Linum*), jehož téměř nerozvětvené až 1 m vysoké stonky poskytují dlouhá vlákna, z nichž se vyrábí textilie. Když Levi Strauss vyrobil první jeansy, které byly určeny jako pracovní oděv, nebyly vyrobeny z bavlny, ale mnohem odolnější, lehké tkaniny z vláken *Cannabis sativa* (konopí seté). V obuvnictví má široké využití korek, který pochází z dubu korkového (*Quercus suber*). Mezi rostliny využívané pro výrobu textilií patří také například ramie sněhobílá (*Boehmeria nivea*), nebo kopřiva (*Urtica dioica*), ale protože bylo velmi těžké získávat vlákna z jejich stonků, vyrábělo se toto oblečení jen v malém množství a do počátku 19. století se ve Skotsku a skandinávských zemích její vlákna vetkávala do jiných látek. Velmi zajímavou rostlinou pro výrobu textilních vláken je ananas, ze kterého se vyrábí tradiční filipínské oděvy. Známý je také kapok, který pochází z rostliny *Ceiba pentandra* (vlnovec pětimužný), který patří mezi jedny z nejvyšších tropických stromů. V obuvnictví je rozšířena *Acacia mearnsii* (akácie Mearnsova), jejíž kůra se používá v kožedělném průmyslu a pro výrobu lepidel. V Latinské Americe je známá velmi tvrdá kůra stromů nazývána quebracho, která pochází ze stromu rodu *Schinopsis* (štítosemenka). Získávají se z ní taniny využívané pro výrobu podrážek bot. Samozřejmě by se neměly opomenout i klobouky, které v dávných dobách udržovaly určité postavení ve společnosti. Velmi známé a dodnes oblíbené jsou například „slamáky“, tedy klobouky vyrobené ze stonků obilnin. Klobouky se vyrábějí zejména ze dvou rostlin, v Indii původní *Aeschynomene aspera* a Srí Lanská *Carludovica palmata* (karludovika dlanitá).

### 5.3. Rostliny jako potravina

Ještě dříve než se lidé naučili pracovat jako lovci, pastýři a zemědělci, byly hlavním zdrojem obživy divoce rostoucí rostliny. Lidé po celém světě experimentovali a pojídali různé části rostlin, které se vyskytovaly na jejich území, a zjišťovali, jak užitečné pro ně jsou. Více než 80 % potravy na světě tvoří rostliny (Lewington, 2003). Nejdůležitějšími plodinami pro lidskou populaci jsou rostliny škrobodárné, cukrodárné, luštěniny, olejniny, ovoce a zelenina. Převažují rostliny z čeledí *Poaceae* (lipnicovité), *Fabaceae* (bobovité), *Brassicaceae* (brukvovité), *Solanaceae* (lilkovité) nebo *Musaceae* (banánovníkovité). Převážnou část potřeb lidí zajišťují zejména kulturní plodiny. Jedná se o cílevědomě pěstované rostliny v plánovitě zakládaných a systematicky obdělávaných kulturách na polích, plantážích nebo sadech a poskytují dostatek potravy v dobré kvalitě. Většina kulturních rostlin k nám byla přivezena

zejména z Jižní Ameriky, Francie, Asie nebo ze Středomoří (Michalec, 1977).

Obilniny byly už od pradávna základní plodinou pro potravu člověka. Chleba je jednou z nejstarších potravin na světě. Jedli ho už staří Egypťané před 4000 lety a vyráběl se z dvouzrné pšenice *Triticum dicoccum*. Byla pěstována už asi před 10 000 lety, a proto patří pšenice mezi nejstarší známé obilniny. Dnes existuje velké množství kultivarů, které se pěstují v různých částech světa. Pro lidstvo má cenu zlata, protože bez ní by neexistovala většina dnes vyráběných potravin. K mouce se často přidává žito (*Secale cereale*), jehož největšími pěstiteli je Rusko, Německo a Polsko. Mele se na mouku, nebo se využívá pro výrobu vloček a je hlavní ingrediencí v mnoha tradičních receptech (Lewington, 2003, Michalec, 1977). Milovníci piva jistě dobře ví, že by se neobešlo bez ječmene (*Hordeum*). Používá se zejména pro výrobu kaší, placek nebo ječných krup. Ze všech čtyř neznámějších obilnin je nejmladší oves (*Avena sativa*), z něhož jsou tradiční ovesné vločky. Mezi méně známé obilniny patří jáhly, což jsou oloupané obilky prosa (*Panicum miliaceum*). Pohanští Turci přivezli do Evropy plodinu, která podle nich dostala název pohanka (*Fagopyrum tataricum*). V některých asijských zemích si musí ještě dnes vystačit pouze s jednou plodinou, a to s rýží (*Oryza sativa*). Pěstuje se zejména v Asii, na obrovských rýžových polích, drobnými farmáři. Další z nejdůležitějších obilovin je čirok (*Sorghum bicolor*), který je pěstován hlavně v Africe, jižní Asii a USA. Milióny Evropanů a Američanů začínají svůj den s kukuřičnými lupínky. Kukuřice (*Zea mays*) má široké využití. Připravuje se z ní mouka, některé druhy piva či alkoholu, využívá se jako krmivo pro dobytek nebo průmyslová plodina pro výrobu lihu, škrobu, škrobového cukru nebo dextrinu (Lewington, 2003, Michalec, 1977).

Nesmírně cennou plodinou, bez které by si kde kdo nedokázal představit svůj den, je káva (*Coffea*) nebo čaj (*Thea*). Káva pochází z Arabského poloostrova a dnes se pěstuje přibližně v osmdesáti zemích světa. Dva hlavní druhy (*Coffea arabica* a *Coffea canephora*) tvoří celkovou produkci kávy světa. Svou vůni získávají semena až pražením. Podzimní, ostrý, svěží nebo chabý, to jsou termíny, které používají profesionální ochutnávači čaje, pěstovaného na plantážích, po celém světě. Připravuje se z listů čajovníku (*Thea*), a podle způsobu jejich zpracování se rozděluje na čtyři základní skupiny (bílý, černý, zelený a polozelený). Dnes se vyrábí nepřeberné množství čajových směsí, do kterých se přidávají i jiné léčivé rostliny.

Z pralesů Jižní Ameriky k nám přišla *Theobroma cacao* (kakaovník pravý). V jeho plodech se nacházejí semena (kakaové boby), které se zpracovávají na kakaový tuk a hmotu (kakaový prášek), který je základní surovinou pro výrobu čokolády.

Málokdo ví, že první žvýkačky byly vyráběny z latexu středoamerického stromu *Manilkara zapota* (zapota obecná). Tento latex, neboli chicle, je získáván z kůry kmene tohoto stromu.

Mezi plodiny, se kterými se setkáváme téměř denně, patří například jedny z nejdůležitějších zemědělských plodin, brambory. Lilek brambor (*Solanum tuberosum*) je jedovatou rostlinou, z níž se konzumují jen oddenkové hlízy. Bramborám podobný je také maniok jedlý (*Manihot esculenta*) neboli cassava, nebo povijnice batátová (*Ipomoea batatas*) jejíž hlízy jsou známy jako batáty.

Zdrojem vitamínů, minerálních látek a vlákniny je pro lidský organismus ovoce a zelenina. Člověk se naučil využívat všechny jedlé části rostlin od kořene až po květy a plody. Jako zelenina se považují všechny rostliny, které se mohou konzumovat celé. Ovoce bývají pouze plody víceletých bylin, stromů, nebo keřů (Lewington, 2003, Michalec, 1977).

Jako potraviny slouží také oříšky (plody různých exotických stromů), olejnatá semena nebo míza stromů.

#### **5.4. Rostliny jako drogy**

Látky obsažené v rostlinách jsou důležité také pro medicínu. Rostliny jsou zdrojem přibližně 30 drog, které se používají pro výrobu léků. Přibližně 10 000 rostlinných druhů je využíváno v tradiční medicíně. Neustále probíhají různé výzkumy léčivých účinků některých rostlin. Přibližně 2000 léčivých a aromatických bylin je využíváno v Evropě pro komerční účely. Lidská kůže je první část těla, která může být narušena. Vilín virginský (*Hamamelis virginiana*) se využívá jako prevence proti zánětům a k zástavě krvácení. Známý je také T-tree olej, který pochází z rostliny kajeput střídavolistý (*Melaleuca alternifolia*) a má antibakteriální a fungicidní vlastnosti. Na nejrůznější exémy a jiné kožní choroby se využívá ptačinec prostřední (*Stellaria media*). Devětsil lékařský (*Petasites hybridus*) je rostlinou širokého využití, od dýchacích cest, přes žaludeční křeče až po odřeniny.

Rostliny obsahují látky, které dokáží tlumit bolest. Aspirin je jedna z nejkonzumovanějších drog. Dnes je získáván synteticky, ale původně se vyráběl z listů a kůry vrby bílé (*Salix alba*). Již v 17. století byla považována jako nejlepší lék na bolesti hlavy řimbaba obecná (*Pyrethrum parthenium*). Moderní výzkumy a klinické studie ukázaly, že je účinným lékem a prevencí proti migréně. Největší přírodní lék proti bolesti je opium z máku setého (*Papaver somniferum*). Morfin je jedno z 25 alkaloidů v opiu. Dostal název podle řeckého boha snů Morpheuse. Mezi další alkaloidy patří papaverin nebo kodein. Velmi

dlouhou historii má v lékařství konopí seté (*Cannabis sativa*). Obsahuje THC, které má analgetické účinky a ulevuje od bolesti lidem procházející chemoterapií nebo lidem s AIDS.

Rostliny obsahují také látky pomáhající proti kašli, zimnici nebo horečce. Patří zde citron (*Citrus limon*) se svými antiseptickými a antibakteriálními účinky, dále blahovičník (*Eucalyptus*), nebo lékořice (*Glycyrrhiza glabra*), která působí podobně jako kortikosteroidy. Z kůry stromu kastrovníku lékařského (*Cinnamomum camphora*) se získává skořice, zejména pro své antibiotické vlastnosti.

Nám blízkou léčivou rostlinou je česnek (*Allium sativum*), který je známý svou charakteristickou vůní a chutí. Má antimikrobiální, antitrombotické a antioxidační účinky, působí na snižování hladiny cholesterolu a prevence rakoviny.

Pro oblasti Subsaharské Afriky je důležitá *Cinchona* (chinovník). Každý den zemře 3000 až 4500 dětí na malárii. Borka tohoto stromu obsahuje chinin, využívaný jako účinné antimalarikum.

Mnoho bylin působí na srdce a krevní systém. Náprstník červený (*Digitalis purpurea*) obsahuje glykosidy ovlivňující srdeční činnost. Překvapivým pomocníkem je ananasovník chocholatý (*Ananas comosus*). Šťáva z jeho plodů (plodenství bobulí) obsahuje protizánětlivé enzymy a byla využívána pro hojení ran. Z jeho stonků se získávají enzymy rozpouštějící krevní sraženiny a mohou pomáhat lidem trpícím trombózou. Široce používaná antikoagulační látka warfarin, byla původně získána z rostliny jménem komonice lékařská (*Melilotus officinalis*). Lidem trpícím na studené nohy je dobře známá *Ginkgo biloba* (jinan dvoulaločnatý). Všeobecně se traduje, že látky z jeho listů rozšiřují cévy a má vliv na kvalitu paměti apod. Podle rozsáhlé studie National Center for Complementary and Alternative Medicine, nesnižuje vysoký krevní tlak, nemá žádný vliv na paměť ani demenci, ani nesnižuje riziko výskytu rakoviny a nedokáže zabránit výskytu infarktu myokardu (Foster, 2010, Lester, 2011).

Pojmenování Coqueros získali indiáni žvýkající koku. Listy rostliny rudodřev koka (*Erythroxylon coca*) obsahují kokainové alkaloidy, které z nich byly izolovány už v první polovině 19. století. Listy se žvýkají s malým množstvím vápna nebo rostlinného popela, přičemž dochází ke stimulaci nervového systému, přesněji ke zvýšení svalového napětí, snížení hladu, zvýšení vytrvalosti a zmírnění bolesti. Ve většině zemí světa, i dle nařízení vlády České republiky patří tato droga mezi ilegální a její přechovávání je ze zákona trestné ([www.mzv.cz](http://www.mzv.cz)).

Éterický olej valerian pochází z kozlíku lékařského (*Valeriana officinalis*). Pro své sedativní účinky se využívá k léčbě některých druhů epilepsie. V cibulích narcisů se

vyskytuje látka, ze které se vyrábí léky na lehkou a střední formu Alzheimerovy choroby a v roce 2001 byla právně stanovena za legální ve 22 zemích světa.

Mnoho rostlin také působí na různé formy rakoviny. Významný je například barvínkovec růžový (*Catharanthus roseus*), jehož alkaloidy mají protinádorový účinek a využívají se v chemoterapiích, zejména při léčbě leukémie, sarkomů nebo Hodgkinova lymfomu.

Existuje šest druhů *Guaiacum*, původních v tropických oblastech Jižní Ameriky. Těmto malým stromům se přezdívá „lignum vitae“ neboli stromy života. Jejich pryskyřice se využívá v lidovém léčitelství proti syfilidě, revmatismu a kožním chorobám.

Na světě existuje spousta dalších druhů rostlin, které obsahují látky prospěšné pro lidský organismus.

## 5.5. Rostliny pro náš transport

Ať už se přepravujeme kamkoli, napomáhají nám v tom rostliny. Korkové dlaždice vyráběné z kůry dubu korkového (*Quercus suber*) byly používány jako tepelné štíty kosmických lodí, a pomáhají jako izolace při návratu do zemské atmosféry. Přírodním materiálem, bez kterého by neexistovaly pneumatiky pro naše vozy, je kaučuk. Tento latex pochází z tropického stromu kaučukovníku brazilského (*Hevea brasiliensis*). První významný výrobek z kaučuku byla pláštěnka, se kterou přišel skotský vynálezce Charles Macintosh v roce 1823. Nejdůležitějším impulsem byl vynález pneumatiky, který si nechal patentovat skotský veterinář John Boyd Dunlop. Až do roku 1990 byla podlaha londýnského metra vyrobena ze dřeva javoru cukrového (*Acer saccharum*). Velmi tvrdé dřevo má jeden z největších afrických stromů *Lophira alata*, neboli ekki, z něhož se vyrábějí železniční pražce a desky mostů. Díky své tvrdosti je odolné vůči houbám a dřevokaznému hmyzu. Rostlinný materiál se nachází i v interiéru aut. Henry Ford využil pro karoserii jednoho vozu ztuhlou pryskyřici konopných a lněných vláken. Při dnešní výrobě se předpokládá, že každé nově vyrobené auto obsahuje asi 20 kg přírodních vláken, nacházející se například ve dveřních výplních, palubních deskách nebo obkladech kufrů.

Dopravní prostředek, bez kterého by si v některých částech světa, lidé nedokázali představit život, je loď. Velmi zajímavé je rákosí totora neboli *Schoenoplectus californicus*, ze kterého si lidé na jezeře Titicaca nebo na Velikonočním ostrově vyrábějí plovoucí ostrovy, na kterých žijí. Až do 19. století se lodě vyráběly výhradně ze dřeva. V některých částech

západní Afriky si místní lidé vydlabávají kánoe z kmene stromu *Milicia excelsa*, známého také jako iroko. V severní části Brazílie se využívá jangada, což je tradiční rybářský člun vyráběný z balsového dřeva, stromu *Ochroma pyramidale*, které patří mezi nejlehčí dřevo na světě. Velmi široké využití má také bambus. Jedná se o dřevnaté stonky trávy *Bambusa*, ze kterého se vyrábí rohože, paravany, nábytek, ale i mosty a vory. Velmi významná je rostlina agáve, ze které se vyrábí různé alkoholické nápoje, ale i sisal. Jedná se o textilní vlákno z jejich listů, zpracovávané například na lana, provazy, koberce nebo textilie. Zajímavou rostlinou pro výrobu lodí je strom *Chlorocardium rodiei*, jehož dřevo patří mezi nejtvrdší, nejpevnější na světě. Díky těmto vlastnostem se z něj vyráběly i lodní doky. Dvě nejsilnější lodě, které kdy byly postaveny, Fram a Endurance, byly tímto dřevem opevněny, a byly v té době považovány za nejpevnější lodě na světě. Díky tomu na nich uskutečnili své výpravy Roald Amundsen a Ernest Shackleton.

Biopaliva, rostlinné a živočišné produkty, které jsou využity pro výrobu energie a tepla. Při jejich spalování dochází k nižší produkci hlavního skleníkového plynu, oxidu uhličitého. Alkoholovým kvašením rostlinných sacharidů (kukuřice, brambory, cukrová třtina) je získáván etanol. Jako palivo byl použit v jednom z prvních automobilů Henryho Forda. Z rostlinného materiálu, zejména řepky olejné nebo sóji, se také vyrábí bionafta. Už v roce 1911 Rudolf Diesel řekl, že vznětový motor může být napájen rostlinným olejem a může to pomoci rozvoji zemědělství v oblasti, kde je používán. Velmi zajímavým biopalivem s vysokým výtěžkem je copaiba, která se získává z živých stromů kopaiva (*Copaifera*), rostoucích zejména v Brazílii.

## 5.6. Rostliny nás baví

Pokud luštíte křížovku, čtete knihu nebo noviny, hrajete kriket, na housle nebo kytaru, nebo malujete obraz, opět jsou k tomu potřeba rostliny.

Nejběžnější materiál je papír, který se vyrábí z rostlinné celulózy. V roce 2000 bylo celosvětově vyrobeno 323 milionů tun papíru a krabic z 187,5 milionů tun celulózy. Už před 5000 lety využívali staří Egypťané papyrus, vyráběný ze stébel šáchoru papírodárného (*Cyperus papyrus*).

Fotografování je jednou z nejpoblárnějších aktivit. Pro výrobu fotografického filmu je potřeba nitrocelulóza a acetát celulózy. Celý film je pokryt vrstvou želatinové emulze světločivných halogenidů stříbra. Saponiny extrahované z mydlokoru tupolistého



(*Quillaja saponaria*) pomáhají rozptýlit soli stříbra rovnoměrně.

S rozvojem moderních technologií je mnohé sportovní náčiní vyráběno z lepších a odolnějších materiálů, avšak některé dodnes využívají tradičně dřevo. Takovým příkladem jsou například kriketové pálky, které se vyrábí ze dřeva vrby bílé (*Salix alba* subsp. *caerulea*). Ze dřeva byly původně vyráběny i rakety na tenis, squash nebo polo. Nejběžnější bylo dřevo z ořešáku, svietenie mahagonové (*Swietenia mahagoni*), javoru, smokvoně nebo buku.

Poslechněte si hudbu, kterou hrají stromy. Rostliny jsou pro nás obrovským zdrojem materiálu pro tvorbu zvuku a hudby. Jednou z nejstarších rostlin, která souvisí s hudbou, je *Arundo donax* (trst' rákosovitá), která je důležitá zvláště pro západní hudbu. Vyrábějí se z ní rezonanční pláty pro dechové hudební nástroje. Z bambusu černého (*Phyllostachys nigra*) se vyrábí moderní příčné flétny. Velmi známé, tvrdé a tmavé dřevo, tzv. eben, pochází ze stromu jménem tomel (*Diospyros ebenum*). Vyrábí se z něj černé klávesy pián, armatura (výstuž) pro housle, kytary a dudy a také kulečnicková tága. Jen velmi málo lidí si alespoň jednou v životě nezkusilo hrát na kytaru. Mají několik částí a každá se vyrábí z různého dřeva. Na jedné kytarě najdeme smrk, cedr, palisandr, javor, také mahagon nebo ořešák. Podobně jsou na tom housle, k jejichž výrobě se nejčastěji používá smrk a javor a u některých částí eben.

Dále najdeme velké množství hudebních či sportovních nástrojů, které by bez rostlin neexistovaly. Rostliny nepřestávají lidstvo překvapovat a fascinovat a stále je v nich něco, co musíme objevovat.

## **Praktická část**

### **1. Materiál a metodika**

Součástí mé diplomové práce bylo zhotovit obrázkovou fotodokumentaci mnou vybraných rostlin. U vybraných zástupců jsem také vytvořila krátké charakteristiky se zajímavostmi, které jsou přiloženy v příloze. Pro tvorbu jednotlivých charakteristik jsem využívala literaturu, jako je *Květena České republiky 1-9* nebo *Botanika* (Novák, Skalický, 2012). Léčivé účinky a zajímavosti jsem nacházela například v publikacích *Léčivé rostliny v současné medicíně* (Jahodář, 2010), *Vybrané krytosemenné rostliny* (Tomčíková, 1999) nebo *Plants for people* (Lewington, 2003) a různé internetové zdroje. Pro zhotovení fotografií jsem používala vlastní fotoaparát zrcadlovku Nikon D3100. Fotografie jsem pořizovala výhradně na území České republiky, bez zaměření na určitou lokalitu. Největší množství fotografií pochází z okolí města Karviná v Moravskoslezském kraji a města Olomouc v kraji Olomouckém. Fotografie některých cizokrajných rostlin pochází z Botanické zahrady Univerzity Palackého v Olomouci a Sbírkových skleníků výstaviště Flóra Olomouc. Fotografie rostliny *Amborella trichopoda* a *Ceratophyllum* jsem použila z internetových stránek. Fotografický materiál byl také použit při tvorbě prezentací na výukovém CD. K tvorbě výukového materiálu jsem využila Microsoft Office PowerPoint 2010. V rozsáhlé prezentaci jsou vytvořeny i animace, jejichž tvorbu jsem si prostudovala v publikaci *PowerPoint v pohybu* (Fellnerová, Vinter, 2010). Na přiloženém výukovém CD je jedna prezentace s vybranými zástupci zařazenými dle nového systému a druhá s celkovou charakteristikou krytosemenných rostlin.

### **2. Systém pro střední školy**

#### **BAZÁLNÍ VĚTVE**

Amborellales

Nymphaeales (leknínotvaré)

Austrobaileyales

#### **MAGNOLIIDS**

Magnoliales (šácholanotvaré)

Laurales (vavřínotvaré)

Piperales (pepřotvaré)

## **MONOCOTS (jednoděložné)**

Asparagales (chřestotvaré)

Liliales (liliovité)

Arecales (arekovité)

Poales (lipnicotvaré)

## **EUDICOTS (dvouděložné)**

### **BASAL EUDICOTS**

Ranunculales (pryskyřníkovité)

Buxales (zimostrázotvaré)

### **CORE EUDICOTS (jádrové dvouděložné)**

EUROSIDS (pravé rosidy)

#### **ROSID I (FABID)**

##### **N-FIXING CLADE**

Fabales (bobotvaré)

Rosales (růžotvaré)

Cucurbitales (tykvotvaré)

Fagales (bukotvaré)

#### **ROSID II (MALVID)**

Geraniales (kakostotvaré)

Malvales (slézotvaré)

Brassicales (brukvotvaré)

### **ASTERIDS (asteridy)**

#### **ASTERID I (LAMIID)**

Gentianales (hořcotvaré)

Solanales (lilkotvaré)

Boraginales (brutnákovité)

Lamiales (hluchavkovité)

#### **ASTERID II (CAMPANULID)**

Asterales (hvězdnicotvaré)

Apiales (miříkovité)

### 3. Vybraní zástupci se zařazením do nového systému

Bazální větve (ANITA group):

*Amborellales: Amborella trichopoda*

Obr. 7. Samičí (vlevo) a samčí květ (Voss, Kennedy, 2013).



*Nymphaeales (leknínovité): Nymphaeaceae (leknínovité): Victoria cruziana*



Magnoliids:

*Magnoliales (šácholanotvaré): Magnoliaceae (šácholanovité): Magnolia (šácholán)*



*Piperales* (peřtotvaré): *Aristolochiaceae* (podražcovité): *Aristolochia elegans*



### Monocots

*Asparagales* (chřestotvaré): *Amaryllidaceae* (amarylkovité): *Leucojum vernum* (bledule jarní)



*Asparagales* (chřestotvaré): *Amaryllidaceae* (amarylkovité): *Galanthus nivalis* (sněžěnka podsněžník)



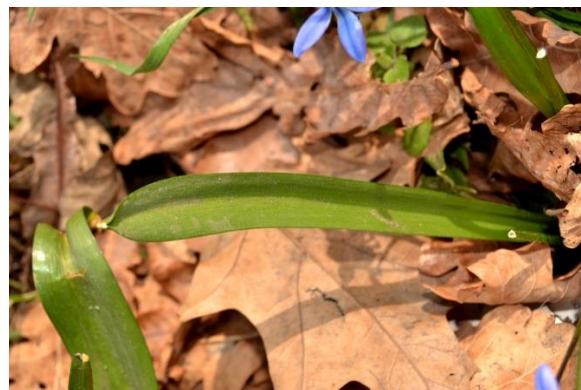
*Asparagales* (chřestotvaré): *Amaryllidaceae* (amarylkovité): *Narcissus* (narcis)



*Asparagales* (chřestotvaré): *Iridaceae* (kosatcovité): *Iris magnifica* (kosatec nádherný)



*Asparagales* (chřestotvaré): *Asparagaceae* (chřestovité): *Scilla/Othocallis siberica* (ladoňka sibiřská)



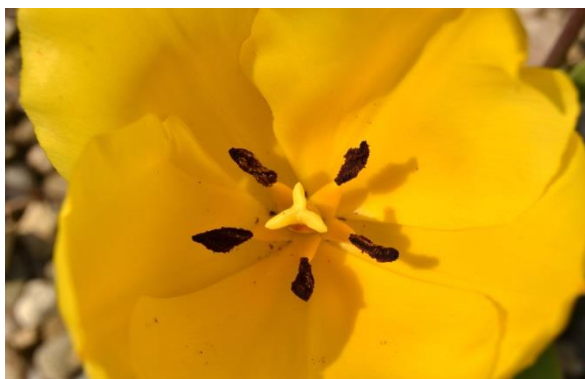
*Asparagales* (chřestotvaré): *Asparagaceae* (chřestovité): *Scilloideae* (hyacintovité):  
*Hyacinthus orientalis* (hyacint východní)



*Asparagales* (chřestotvaré): *Alliaceae* (česnekovité): *Allium ursinum* (česnek medvědí)



*Liliales* (liliovité): *Liliaceae* (liliovité): *Tulipa gesnerana* (tulipán zahradní)



Monocots: Commelinids

*Arecales* (arekotvaré): *Areaceae* (arekovité): *Chamaerops humilis* (žumara nízká)



*Poales* (lipnicotvaré): *Juncaceae* (sítinovitě): *Luzula campestris* (bika ladní)



*Poales* (lipnicotvaré): *Cyperaceae* (šáchorovitě): *Carex nigra* (ostřice obecná)

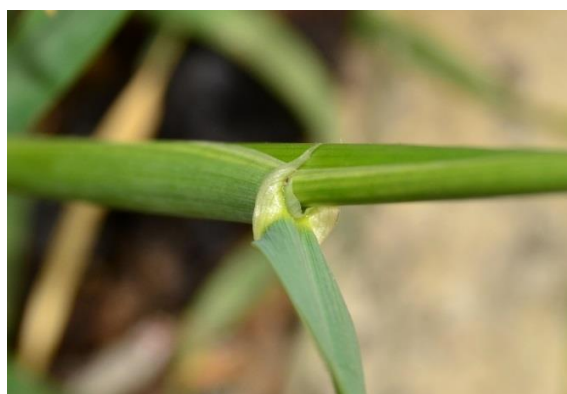




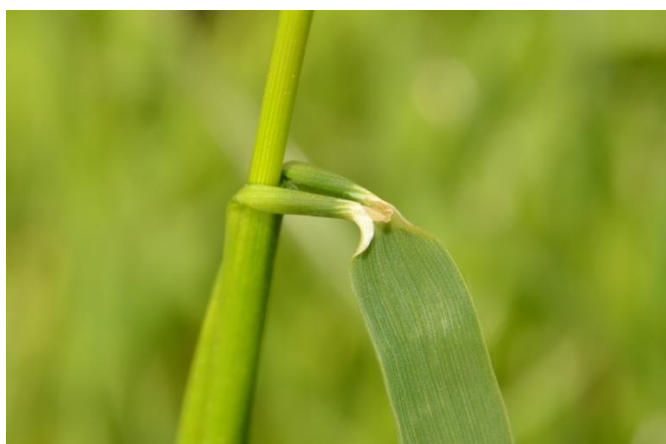
*Poales* (lipnicotvaré): *Poaceae* (lipnicovitě): *Dactylis glomerata* (srha laločnatá, říznačka)



*Poales* (lipnicotvaré): *Poaceae* (lipnicovitě): *Hordeum murinum* (ječmen myší)



*Poales* (lipnicotvaré): *Poaceae* (lipnicovitě): *Alopecurus pratensis* (psárka luční)



*Zingiberales* (zázvořníkotvaré): *Strelitziaceae* (strelícíovité): *Strelitzia reginae* (strelície královská)



*Ceratophyllales* (růžkatcotvaré) (<http://www.flowgrow.de>)



Eudicots: Basal eudicots

*Ranunculales* (pryskyřníkotvaré): *Papaveraceae* (mákovité): *Chelidonium majus* (vlaštovičník větší)



*Ranunculales* (pryskyřníkotvaré): *Ranunculaceae* (pryskyřníkovité): *Helleborus purpurascens* (čemeřice nachová)

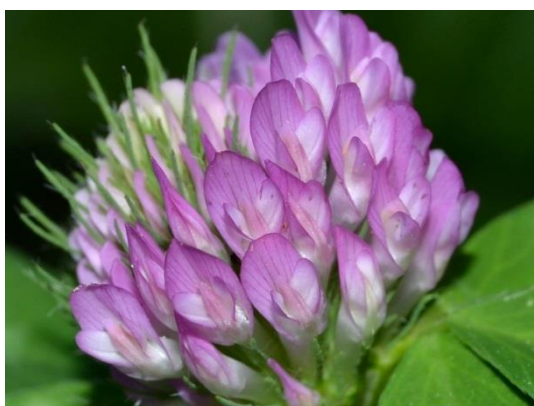


*Ranunculales* (pryskyřníkotvaré): *Ranunculaceae* (pryskyřníkovité): *Consolida regalis* (ostrožka stračka)



Core eudicots: Pentapetalae: Rosids: Eurosids: Rosid I (Fabid): N-fixing clade

*Fabales* (bobotvaré): *Fabaceae* (bobotivé): *Trifolium pratense* (jetel luční)



*Fabales* (bobotvaré): *Fabaceae* (bobovité): *Vicia pannonica* (vikev panonská)



*Rosales* (růžotvaré): *Rosaceae* (růžovité): *Rosa canina* (růže šípková)



*Fagales* (bukotvaré): *Betulaceae* (břízovité): *Betula pendula* (bříza bělokorá)



Core eudicots: Pentapetalae: Rosids: Eurosids: Rosid II (Malvid):

*Sapindales* (mýdelníkotvaré): *Sapindaceae* (mýdelníkovité): *Aesculus hippocastanum* (jírovec maďal/kaštan koňský)



*Malvales* (slézotvaré): *Malvaceae* (slézovité): *Hibiscus rosa – sinensis* (ibišek čínský)



*Malvales* (slézotvaré): *Tiliaceae* (lípovité): *Tilia cordata* (lípa srdčitá)



Core eudicots: Pentapetalae: Rosids: Eurosids: Asterids:

*Ericales* (vřesovcotvaré): *Balsaminaceae* (netýkavkovité): *Impatiens parviflora* (netýkavka malokvětá)



Core eudicots: Pentapetalae: Rosids: Eurosids: Asterids: Asterid I (Lamiid):

*Gentianales* (hořcotvaré): *Apocynaceae* (tolejšovitě): *Allamanda neriifolia* (oboš' oleandrolistá)



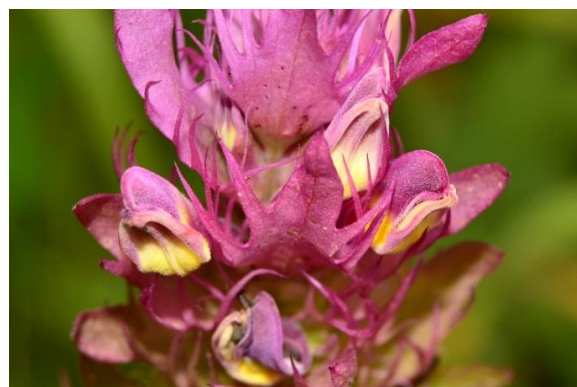
*Boraginales* (brutnákotvaré): *Boraginaceae* (brutnákovité): *Echium vulgare* (hadinec obecný)



*Boraginales* (brutnákotvaré): *Boraginaceae* (brutnákovité): *Symphytum officinale* (kostival lékařský)



*Lamiales* (hluchavkotvaré) – *Scrophulariaceae* (krtičníkovité) / *Orobanchaceae* (zárazovité):  
*Melampyrum arvense* (černýš rolní)



*Lamiales* (hluchavkotvaré): *Lamiaceae* (hluchavkovité): *Galeopsis speciosa* (konopice sličná / velkokvětá)



Core eudicots: Pentapetalae: Rosids: Eurosids: Asterids: Asterid II (Campanulid):

*Asterales* (hvězdnicotvaré): *Asteraceae* (hvězdnicovité): *Taraxacum officinale* (pampeliška lékařská)



*Asterales* (hvězdnicotvaré): *Asteraceae* (hvězdnicovité): *Solidago canadensis* (zlatobýl kanadský)





## 6. Diskuse

Fylogenetická klasifikace cévnatých, respektive krytosemenných rostlin vycházející z molekulární systematiky, se začíná postupně dostávat do středoškolských učebnic, příruček a určovacích klíčů, zatím ale pouze v zahraničních publikacích. Klasifikace rostlin, která využívá molekulární data, se poprvé objevila v publikacích *Plant Systematics – A Phylogenetic Approach* (Judd, et al. 1999 a 2002) a *Plants Systematics* (Simpson, 2006). Jediná, nám jazykově blízká literatura, pojednávající o novém systému, je slovenská vysokoškolská učebnice *Systematika ciévnatých rastlín* (Mártonfi, 2006). Nenašla jsem žádnou česky psanou literaturu, která by zobrazovala nový systém krytosemenných rostlin. V některých publikacích jsou o něm pouze zmínky. Blíže jsem nahlédla do tří nejvyužívanějších středoškolských učebnic, abych zhodnotila, jak je v nich systém krytosemenných rostlin charakterizován.

Nejběžnější učebnice využívané na středních školách, ačkoli nejsou zastaralé, neobsahují téměř nic o novém systému nebo jeho změnách.

V učebnici *Botanika* (Kubát, et al., 2003) jsou krytosemenné rostliny rozděleny na dvě třídy, dvouděložné a jednoděložné. Za nejstarší krytosemennou rostlinu je v učebnici chybně považována *Magnolia* (šácholán). Pouze malá zmínka je o rostlinách pocházejících z období křídý, s drobnými květy a malým počtem květních orgánů, které mohly patřit mezi nejstarší krytosemenné rostliny. Je zde však zmíněna vazba vývoje krytosemenných rostlin s různými živočichy a prostředím. Nový systém nepovažuji za nijak složitý, ale v poznámce, v této učebnici, je uvedeno, že systém používaný k třídění dvouděložných rostlin je ve vědeckých publikacích velmi složitý, a zařazení do řádů a jiných taxonomických jednotek je možné najít ve speciálních příručkách. V této učebnici jsou rostliny zařazovány pouze do čeledí a jsou vybrány jen ty nejdůležitější, které mají význam pro naši květenu. Jsou zde zdařilé černobílé kresby, a minimum ne příliš zdařilých fotografií v obrázkové příloze.

Velmi rozšířenou učebnici využívanou na gymnáziích je *Biologie pro gymnázia* (Jelínek, Zicháček, 2005). Přestože je učebnice o pár let novější, opět autoři používají rozdělení krytosemenných rostlin na dvě třídy, jednoděložné a dvouděložné. Je zde téměř totožná tabulka jako v učebnici *Botanika* (Kubát, et al., 2003) rozlišující znaky jednoděložných a dvouděložných rostlin. Jako nejpůvodnější je opět chybně považován řád *Magnoliales* (šácholanotvaré). Dále také řád *Nymphaeales* (leknínovité) a *Ranunculales* (pryskyřníkovité). V učebnici je vyjmenováno jen několik řádů, které autoři označují jako hospodářsky významné, a v každém z nich je uvedeno několik příkladů druhů. Oblast

krytosemenných rostlin je doplněna barevnými kresbami rostlin, které nejsou rozděleny do žádných taxonomických jednotek. Oblast učiva o angiospermních rostlinách je v učebnici velmi chudá a na dvou stranách je shrnuto vše o krytosemenných rostlinách. Důvodem je zřejmě snaha vměstnat veškeré učivo gymnázií do jedné učebnice.

Nejobsáhlejší a zároveň nejnovější z nejpoužívanějších středoškolských učebnic je *Biologie rostlin* (Kincl, et al., 2008). Je věnována pouze rostlinám, a proto by měla být nejobsáhlejší. V učebnici je zmíněno, že se krytosemenné rostliny rozdělují na tři třídy, *Magnoliopsida* (nižší dvouděložné rostliny), *Rosopsida* (pravé dvouděložné rostliny) a *Liliopsida* (jednoděložné rostliny). S tímto členěním však učebnice dále nepracuje, a vrací se zpět k původnímu členění na dvě třídy. O novém systému je pouze prohlášeno, že přesahuje rámec středoškolského učiva botaniky. Rostliny jsou zde opět řazeny pouze do čeledí a přehled zahrnuje jen nejdůležitější z nich, převážně stejné jako v předešlých učebnicích. Učebnice neobsahuje žádnou obrázkovou část a je zde pouze minimum černobílých kreseb, které by ukazovaly rozmanitost krytosemenných rostlin.

Mnou vytvořený systém krytosemenných rostlin je možné využít na různých středních školách, ať už zemědělských, zahradnických nebo na gymnáziích. Na gymnáziích by se o novém systému měli žáci dozvědět zejména v seminářích. Je vhodné, aby o něm měli povědomí studenti pokračující ve studiu botaniky na vysokých školách nebo také studenti se zvýšeným zájmem o tuto problematiku. V praktické části jsem vytvořila systém, který by mohli používat učitelé ve výuce na středních školách. Vypustila jsem skupiny, se kterými se žáci v běžném životě nesetkají a v jednotlivých skupinách jsem vybrala řády běžné pro naši zeměpisnou šířku nebo řády, které žáci mohou znát díky hospodářskému využití.

Je velmi pravděpodobné, že se systém krytosemenných rostlin, založený na molekulárních datech, bude v příštích několika letech postupně objevovat i v nových učebnicích pro střední školy. V běžné praxi však není potřeba, aby žáci používali vyšší taxonomické jednotky než řády nebo čeledě. Vyšší taxonomické jednotky se nepoužívají ani ve vědeckých pracích, nebo pouze minimálně. Ve výuce biologie je možné použít jednodušší dělení, ale s přihlédnutím k novým informacím. Důležité je, aby žáci měli povědomí o tom, že existuje skupina rostlin, které se řadí mezi nejpůvodnější (bazální větve) a věděli, jak tyto rostliny vypadají. Dále skupina Magnoliids s některými známými řády (*Magnoliales*, *Laurales*, *Piperiales*), skupina Monocots (jednoděložné) a Eudicots (dvouděložné). V rámci skupiny Eudicots by měli rozlišovat skupinu Basal eudicots, s některými významnými řády (*Ranunculales*, *Buxales*) a skupinu Core Eudicots (jádrové dvouděložné). Ve skupině Core Eudicots by měli rozlišovat alespoň skupinu Rosids s řády *Fabales* (bobotvaré), *Rosales*

(růžotvaré), *Fagales* (bukotvaré), *Geraniales* (kakostotvaré), *Malvales* (slézotvaré) a *Brassicales* (brukvotvaré) a skupinu Asterids s řády *Solanales* (lilkotvaré), *Boraginales* (brutnákotvaré), *Lamiales* (hluchavkotvaré), *Asterales* (hvězdicotvaré) a *Apiales* (miříkotvaré). Další dělení není na středních školách potřeba.

Do výuky bych také zahrnula kladogramy, protože jsou velmi názorné a podle mého názoru ukazují mnohem lépe příbuznost jednotlivých taxonů, a pro žáky mohou být mnohem názornější a srozumitelnější než pouhý výčet jednotlivých skupin. Zároveň se tak žáci seznámí s novými pojmy, jako je kladistika a systematika.

Jak už jsem výše zmínila, žáci by měli mít povědomí o tom, že tato nová klasifikace existuje. Není však potřeba v běžné výuce vyžadovat, aby ji uměli nazpaměť. Tento „telefonní seznam“ by pro žáky nebyl ani zajímavý, ani zábavný. Podstatné je, že se neustále objevují nová data a poznatky a systém tak není stále kompletní, a ještě dlouho nebude. Proto jej ani není možné předkládat žákům jako hotovou a jasně danou látku. Některé taxony nemají ještě své místo a nejsou zařazeny k žádné z uvedených skupin, nebo se jejich pozice různě mění. Pro potřeby žáků, kteří se s botanickou teorií již nikdy neseťkají, je to bezpředmětné.

Součástí mé diplomové práce jsou také výukové karty s vybranými druhy, na kterých jsou zobrazeny hlavní znaky a zajímavosti o rostlinách a prezentace s fotografiemi rostlin a jejich znaků, zařazených do nového systému. Učitelům na středních školách mohou pomoci při výuce a názorné ukázce rozmanitosti krytosemenných rostlin. Učivo probrané v hodinách mohou učitelé žákům upevnit laboratorním cvičením z mého pracovního sešitu a nově nabyté informace ověřit přiloženým testem. Některé úkoly jsou proveditelné i doma, kde si je mohou vyzkoušet žáci s vyšším zájmem o tuto problematiku.

## 7. Závěr

V diplomové práci jsem zpracovala nový systém krytosemenných rostlin, který nebyl v ucelené podobě v žádné česky psané literatuře. Objevují se pouze různé vědecké články na některá témata nebo pojednání o změnách v systému s příklady.

Prvním cílem mé diplomové práce bylo vytvořit literární rešerši k zadanému tématu. Zhodnotila jsem současné názory na systematické členění a evoluci angiospermních rostlin s přihlédnutím na co nejaktuálnější poznatky. Vytvořila jsem stručnou botanickou charakteristiku, kterou jsem zaměřila zejména na znaky typické pro krytosemenné rostliny, jelikož je mnoho publikací, které obšírně charakterizují veškeré rostliny. Netypicky jsem zpracovala hospodářský význam krytosemenných rostlin, protože nepovažuji za zajímavé, jak je přednášen na školách.

Vybrala jsem didakticky významné zástupce, které jsem uvedla v praktické části. Do přílohy jsem vytvořila listy s charakteristikou jednotlivých druhů a zajímavostmi o nich.

Na prezentačním CD je přiložena prezentace s veškerou charakteristikou krytosemenných rostlin s animacemi, a prezentace mnou vytvořených fotografií rostlin zařazených do systému podle nové klasifikace založené na molekulárních datech. Prezentace charakteristikou má spolu s úvodní stranou a literaturou 116 slidů. Na začátku je uveden současný systém používaný na středních školách a následně ukázán systém nový. V prezentaci je popsána anatomie a morfologie jednotlivých rostlinných orgánů i jejich hospodářský význam. Zahrnuta je také evoluce krytosemenných rostlin, jejich původ a otázka vzhledu předka těchto rostlin. Druhá prezentace se týká systému krytosemenných rostlin. Celkem zahrnuje 65 slidů, na kterých jsou podle systému zařazeny mnou fotografované rostliny. Při spuštění prezentace se na jednom slidu budou při klikání zobrazovat jednotlivé fotografie s charakteristickými znaky pro danou rostlinu / druh.

Vytvořila jsem také pracovní sešit, který zahrnuje různá témata krytosemenných rostlin a může pomoci učitelům při tvorbě laboratorních cvičení pro žáky středních škol, ale i rodičům, kteří by chtěli ukázat svým dětem zajímavosti ze světa rostlin, které se vyskytují všude kolem nás.

Na konci pracovního sešitu jsou vloženy tři didaktické testy, které obsahují různé typy otázek a zahrnují celé středoškolské učivo krytosemenných rostlin. Vytvořené testy nejsou běžnými typickými testy na školách, ale mohou být pro žáky zajímavějšími. I testy mohou být hravé a zároveň účelné.

## 8. Použitá literatura

CRONQUIST, A. (1988): *The Evolution and classification of flowering Plants* – New York Botanical Garden, Bronx, N. Y. ISBN 0893273325.

DARWIN, Ch. (1859): *The Origin of species* – John Murray, London, 502 s.

EICH, E. (2008): *Solanaceae and Convolvulaceae: Secondary Metabolites: Biosynthesis, Chemotaxonomy, Biological and Economic Significance* – Springer, London, 637 s. ISBN 978-3540745402.

FRIEDMAN, W. E. (2009): *The meaning of Darwin's 'abominable mystery.'* – American Journal of Botany 96(1): 5-21. 2009.

FRIIS, E. M., CRANE, P. R., PEDERSEN, K. R. (2011): *Early Flowers and Angiosperm Evolution* – Cambridge University Press, Cambridge, 596 s. ISBN 978-0-521-59283-3.

GURCHARAN, S. (2010): *Plant Systematics, Third Edition: An Intergrated Approach* – Science Publishers, India, 756 s. ISBN 97-815-7808-668-9.

GURCHARAN, S. (2004): *Plant Systematics, An Intergrated Approach* – Science Publishers, India, 561s. ISBN 15-780-835-16.

HENDRYCH, R. (1977): *Systém a evoluce vyšších rostlin* – Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 499 s.

JUDD, W. S., et al. (2002): *Plant Systematics. A Phylogenetic Approach* – Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts, 576 s. ISBN 0-87893-403-0.

KUBITZKI, K. (2007): *The Families and genera of vascular plants, Vol. IX. Flowering plants Eudicots* – Springer, Germany, 509 s.

KVAČEK, Z., KVAČEK, J. (2009): *Jak vznikly krytosemenné rostliny a jejich květy* – Živa 5, Academia, AV ČR.

- LEWINGTON, A. (2003): *Plants for people* – Transworld Publishers, London, 304 s. ISBN 1903919088.
- MÁRTONFI, P. (2006): *Systematika cievnatých rastlín* – Univerzita P. J. Šafárika, Košice, 220s. ISBN 978-80-7097-694-4.
- MICHALEC, Z. (1977): *Člověk a rostliny* – Práce, Praha, 269 s.
- MUELLNER, A. N., VASSILIADES, D. D., RENNER, S. S. (2007): *Placing Biebersteiniaceae, a herbaceous clade of Sapindales, in a temporal and geographic context.* Plant Systematics and Evolution 266: 233–252. doi:10.1007/s00606-007-0546-x.
- MYBURG, A. A., et al., (2014): *The genome of Eucalyptus grandis.* Nature 510, 356–362 (19 doi:10.1038/nature13308.
- NĚMEJC, F. (1959): *Paleobotanika I* – Nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- NOVÁK, F. A. (1972): *Vyšší rostliny: Tracheophyta I.* – Academia, Praha, 505 s.
- NOVÁK, J., SKALICKÝ, M. (2012): *Botanika: Cytologie, histologie, organologie a systematika* – Powerprint, 3. dopl. vydání, Praha, 336 s. ISBN 978-80-87415-53-5.
- PRICE, R. A., PALMER, J. D. (1993): *Phylogenetic Relationships of the Geraniaceae and Geraniales from rbcL Sequence Comparisons* – Annals of the Missouri Botanical Garden, Vol. 80, No. 3, pp. 661-671.
- RAVEN, P., EVERT, R., EICHHORN, S., (1999): *Biology of Plants* – W. H. Freeman and company Worth publishers, New York, 944 s. ISBN 1-57259-611-2.
- ROSYPAL, S., et al. (1992): *Fylogeneze, systém a biologie organizmů* – SPN, Praha, 744 s. ISBN 80-04-22815-1.
- SCHAEFER, H., RENNER, S. (2011): *Phylogenetic relationships in the order Cucurbitales and a new classification of the gourd family (Cucurbitaceae).* Taxon 60 (1) p. 122-138.

SEKERA, P. (2007): Botanický systém a evidence rostlin v botanických zahradách – Botanická zahrada hl. m. Prahy, Praha, 52 s. ISBN 978-80-903697-3-3.

SIMPSON, M. (2010): *Plant Systematics, second edition* – Academic Press, Elsevier, Burlington, Massachusetts, 752 s. ISBN 978-0-12-374380-0.

STORCH, D. (2009): *Čtení Darwina: Původ druhů po 150 letech* – Vesmír 88, 444.

SUMMONS, R. E., et al., (1999): *2-Methylhopanoids as biomarkers for cyanobacterial oxygenic photosynthesis* – Nature 49, 554-557.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MØLLER, I. M., MURPHY, A. (2015): *Plant Physiology and Development* – Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts, 761 s. ISBN 978-1-60535-255-8.

TAYLOR, D., HICKEY, L. (1996): *Flowering Plant Origin, Evolution & Phylogeny* – Chapman & Hall, New York. ISBN 978-0-412-05341-2.

TEKLE, Y., et al. (2009): *Molecular Data are Transforming Hypotheses on the Origin and Diversification of Eukaryotes* – Bioscience, 59(6): 471–481.

VINTER, V. (2013): *Přehled morfologie cévnatých rostlin* – Olomouc, UP, Olomouc, 198 s. ISBN 978-80-244-3322-6.

VOKURKA, M. (2006): Velký lékařský slovník – Maxdorf, Praha. ISBN 8073451050.

VOTRUBOVÁ, O. (2010): *Anatomie rostlin* – Karolinum, UK, Praha, 192 s. ISBN 978-80-246-1867-8.

WAYT, T. W. (2011): *Nothotalisia, a new genus of Picramniaceae from tropical America*. Brittonia 63:51–61.

WILLIS, J. K., MCELWAIN, C. J. (2014): *The Evolution of Plants*, Oxford University Press, New York, 392 s. ISBN 0198500653.

WOBERG, et al. (2008): Systematics, Programme and Abstracts: *The Huertales clade identified to contain Dipentodon, Perrottetia, Huertea, Tapiscia and Gerrardina, and to be sister to Brassicales plus Malvales*. – Universitätsverlag Göttingen.

### Internetové zdroje

*Andrea Cesalpino* – Encyclopædia Britannica, Inc. (2016) Dostupné z: <http://www.britannica.com/biography/Andrea-Cesalpino>.

Atlanta Botanical garden (2013): *Amborella and the “abominable mystery”*. Dostupné z: <http://newcaledoniaplants.com/amborella-genome-project/searching-for-clues-to-darwins-abominable-mystery-in-amborella-trichopoda/>.

*Arganový olej - ženská berberská kooperativa v Maroku* (2016). Dostupné z: <http://www.pravy-arganovyolej.cz/arganovy-olej/arganovy-olej-zenska-berberska-kooperativa>

BESSEY, Ch. (1897): *Phylogeny and taxonomy of the Angiosperm*, Systematics & Biological Diversity, Paper 9. Dostupné z: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1008&context=bioscisystematics>.

BOYER, et al. (2010): *Phylogenetic and Phyletic Studies of Informational Genes in Genomes Highlight Existence of a 4<sup>th</sup> Domain of Life Including Giant Viruses*. Dostupné z: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0015530>.

*Ceratophyllum submersum* (2013) – Flowgrow. Dostupné z: <http://www.flowgrow.de/db/aquaticplants/ceratophyllum-submersum>.

Česká genealogická a heraldická společnost (2015). Dostupné z: <http://www.genealogie.cz/>.



DILCHER, D. (2015): *Fossils suggest an aquatic plant that bloomed underwater was among first flowering plants*. Dostupné z: <http://scitechconnect.elsevier.com/fossils-aquatic-plant-flowering/>.

FISCHER, E., SCHÄFERHOFF, B., MÜLLER, K. (2013): *The phylogeny of Linderniaceae – The new genus Linderniella, and new combinations within Bonniaya, Craterostigma, Lindernia, Micranthemum, Torenia and Vandellia*. – Botanic Garden and Botanical Museum Berlin. Dostupné z: <http://www.bioone.org/doi/full/10.3372/wi.43.43201>.

FOSTER, S. (2010): *Study Indicates Ginkgo biloba Does Not Reduce the Risk of Cancer* – National Center for Complementary and Integrative Health. Dostupné z: <https://nccih.nih.gov/research/results/spotlight/072010.htm>.

GOMEZ, B., et al. (2015): *Montsechia, an ancient aquatic angiosperm* – PNAS. Dostupné z: <http://geology.indiana.edu/dilcher/PNAS.pdf>.

HOCHULI, P., FEIST-BURKHARDT, S. (2013): *New fossils push the origin of flowering plants back by 100 million years to the early Triassic* – Science Daily, University of Zurich. Dostupné z: <https://www.sciencedaily.com/releases/2013/10/131001191811.htm>.

*How many flowering plants are there in the world?* – KEW Royal Botanic Garden. Dostupné z: <http://www.kew.org/science-conservation/plants-fungi/environment/how-many-flowering-plants-are-there-world>.

HROUDA, L. (2010): *Trávy a jejich příbuzní napříč biotopy: I. Systematika, fylogeneze, morfologie (úvod)* – Živa 1, Academia, AV ČR, Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/travy-a-jejich-pribuzni-napric-biotopy-i-systemati.pdf>.

*International code of nomenclature for algae, fungi, and plants* (2012). International Association for Plant Taxonomy. Dostupné z: <http://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php?page=pre>.

LESTER, M. (2011): *Ginkgo Ineffective Against High Blood Pressure in Large Study of Older Adults* – National Center for Complementary and Integrative Health. Dostupné z: <https://nccih.nih.gov/research/results/spotlight/031810.htm>.

MACHÁČEK, a kol. (2016): *Proměny vyšší systematiky eukaryot a její odraz ve středoškolské biologii* – Živa 1, Academia, AV ČR. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/promeny-vyssi-systematiky-eukaryot-a-jeji-odraz-ve.pdf>.

*Michel Adanson* – Encyclopædia Britannica, Inc. (2016) Dostupné z: <http://www.britannica.com/biography/Michel-Adanson>.

MÖLLEROVÁ, J. (2013): *Homo botanicus: Eichler, August Wilhelm* – Wordpress. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/eichler/>.

SOLTIS, DOUG, SOLTIS, P., EDWARDS, CH. (2005): *Core Eudicots. Core Tricolpates* – The Tree of Life Web Project, Dostupné z: [http://tolweb.org/Core\\_Eudicots/20714/2005.01.01](http://tolweb.org/Core_Eudicots/20714/2005.01.01)

SOLTIS, D. (2013): *Which came first? A pivotal position in the plant tree of life* – The Open Tree of Life project, National Science Foundation. Dostupné na: <http://blog.opentreeoflife.org/2013/11/19/which-came-first-the-soltis-lab-probes-lineage-of-angiosperms/>.

VOSS, K., KENNEDY, B. (2013): *DNA of Storied Plant Provides Insight into the Evolution of Flowering Plants, Study Finds* – Penn State Science. Dostupné z: <http://science.psu.edu/news-and-events/2013-news/dePamphilis12-2013>.

*The Amborella Genome and the Evolution of Flowering Plants.* / Amborella Genome Project. Science, Vol. 342, No. 6165, 12.2013. Dostupné z: <http://science.sciencemag.org/content/342/6165/1241089>.

*Výňatek z nařízení vlády, kterým se pro účely trestního zákoníku stanoví, co se považuje za jedy a jaké je množství větší než malé u omamných látek, psychotropních látek, přípravků je obsahujících a jedů* (2009). Dostupné z:

[http://www.mzv.cz/public/5b/15/f5/517817\\_409167\\_Narizeni\\_vlady\\_MVM\\_2009\\_12\\_14\\_vybrane\\_OPL\\_1\\_.pdf](http://www.mzv.cz/public/5b/15/f5/517817_409167_Narizeni_vlady_MVM_2009_12_14_vybrane_OPL_1_.pdf).

WATSON, L., DALLWITZ, M. J. (2016): *The Families of Flowering Plants: Vivianiaceae* – Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences. Dostupné z: <http://delta-intkey.com/angio/>.

WILSON, H. (2009): Flowering Plant Gateway – Texas A&M Bioinformatics Working Group. Dostupné z: <http://botany.csdl.tamu.edu/FLORA/newgate/cronang.html>.