

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Chemie

Studijní obor: Chemie se zaměřením na vzdělávání – Biologie se zaměřením na vzdělávání



Kateřina Kovářiková

**Zabijácké rostliny v Praze a jejím okolí: Průvodce jejich
diverzitou a skrytým nebezpečím**

Killer plants in Prague and its surroundings: A guide to their diversity and hidden dangers

Bakalářská práce

Školitel: Mgr. Marek Slovák, Ph.D.

Praha, 2021

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala pod vedením vedoucího bakalářské práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů, informačních zdrojů a literatury. Dále prohlašuji, že tato bakalářská práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne

.....

Jméno a příjmení

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala svému školiteli Mgr. Marku Slovákovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, trpělivost a cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

Abstrakt

Nepohyblivost rostlin a jejich neschopnost úniku před nebezpečím, je kompenzována tvorbou různých obranných strategií, které využívají zejména toxické rostliny. Hlavním cílem bakalářské práce je literární rešerše na téma jedovaté (toxické) rostliny, a to jak v kontextu obranných mechanismů, tak i jejich významu pro lidskou společnost. Práce se zabývá popisem hlavních skupin toxických obsahových látek, shrnuje jejich chemické složení, vlastnosti, rozšíření a účinky na lidský organismus. Druhá polovina práce se věnuje diverzitě planě rostoucích, ale i výběrem kultivovaných rostlin naší krajiny se specifickým zaměřením na květenu Prahy a jejího blízkého okolí. Podrobněji rozebírá rostlinné zástupce ze dvou čeledí, významné z hlediska produkce toxických sekundárních metabolitů. Konkrétně se jedná o čeledi lilkovité (*Solanaceae*) a pryskyřníkovité (*Ranunculaceae*). Společně s popisem dílčích zástupců, jejich rozšířením, ekologií, jsou v mé práci popsány i zdokumentované otravy a využití jedovatých rostlin v lidovém léčitelství a moderní medicíně. Podnětem pro vytvoření této práce je nízké povědomí nejen dětské populace, ale i dospělých, o nebezpečnosti, rizicích a dopadu těchto toxických rostlin na lidský organismus, které je mohou ohrozit dokonce i na životě.

Klíčová slova

biodiverzita, jedovaté rostliny, toxiny, otravy, rostlinné obranné mechanismy, *Solanaceae*, *Ranunculaceae*, Praha

Abstract

The immobility of plants and their inability to escape from danger is compensated by the creation of various defence strategies, which are used mainly by toxic plants. The main goal of the bachelor's thesis is a literature review on the topic of poisonous (toxic) plants, both in the context of defence mechanisms and their importance for human society. The thesis deals with the description of the main groups of toxic plant compounds, summarizes their chemical composition, properties, distribution, and effects on the human body. The second half of the work is focused on the diversity of wild-growing but also of some cultivated toxic plants of our landscape with a specific focus on the flora of Prague and its immediate surroundings. It analyzes plant representatives from two families, important for the production of toxic secondary metabolites, in more detail. Specifically, they are the aubergine (*Solanaceae*) and buttercup (*Ranunculaceae*) families. Along with the description of partial representatives, their distribution, ecology, my work also describes the documented poisonings and use of poisonous plants in folk and modern medicine. The impetus for the creation of this work is the low awareness not only of the child population but also of adults, about the dangers, risks, and impact of these toxic plants on the human body, which can endanger them even in life.

Key words

biodiversity, toxic plants, toxins, poisonings, plant defence mechanisms, *Solanaceae*, *Ranunculaceae*, Prague

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Obranné mechanismy rostlin.....	9
2.1	Tolerance.....	9
2.2	Avoidance.....	10
2.2.1	Mechanická obrana.....	10
2.2.2	Chemická obrana.....	12
3	Chemická stavba rostlinného těla.....	13
3.1	Primární a sekundární metabolity.....	14
4	Rostlinné toxiny a toxické sloučeniny.....	15
4.1	Definice toxicity a toxinů.....	15
4.2	Toxiny.....	16
4.2.1	Alkaloidy.....	16
4.2.2	Terpeny.....	18
4.2.3	Saponiny.....	19
4.2.4	Glykosidy.....	19
4.2.5	Silice.....	20
4.2.6	Toxické aminokyseliny.....	21
4.2.7	Rostlinné kyseliny.....	21
4.2.8	Proteiny.....	21
4.2.9	Sloučeniny se sírou.....	22
4.3	Proč jsou rostliny vůči toxinům imunní.....	22
5	Jedovaté rostliny v naší květeně.....	23
5.1	Květena a vegetace České republiky.....	23
5.1.1	Květena Prahy a jejího okolí.....	24
6	Vybrané čeledi jedovatých rostlin.....	25
6.1	<i>Solanaceae</i> (lilkovité).....	25
6.1.1	Vybraní zástupci.....	26
6.2	<i>Ranunculaceae</i> (pryskyřníkovité).....	30
6.2.1	Vybraní zástupci.....	31
7	Otravy jedovatých rostlin u dětí a dospělých.....	36
7.1	Příčiny a účinky otrav.....	36
7.2	Statistiky otrav.....	36
7.3	Význam jedovatých rostlin.....	38
8	Závěr.....	38

8.1	Navazující diplomová práce	40
9	Použitá literatura.....	41
10	Přílohy	1
	Tabulka 1 – Obrázky rostlin čeledi <i>Solanaceae</i>	2
	Tabulka 2 – Obrázky rostlin čeledi <i>Ranunculaceae</i>	4
	Tabulka 3 – Přehled a rozdělení rostlinných sekundárních metabolitů	6
	Tabulka 4 – Původ, ohrožení a otravy vybraných rostlin ze <i>Solanaceae</i>	6
	Tabulka 5 – Původ, ohrožení a otravy vybraných rostlin z <i>Ranunculaceae</i>	7
	Tabulka 6 – Vakuolové obranné mechanismy	8

1 Úvod

Už od svého vzniku před stovkami milionů let se rostliny musely umět bránit. Na rozdíl od zvířat nemohly utéct před nebezpečím, a proto si vyvinuly vlastní zbraně a mechanismy. Boj svádějí nejen s mikroorganismy, houbami, zvířaty ale i s parazitickými nebo konkurenčními rostlinami, které jim mohou přerušit přívod životodárného světla a vody. Kromě toho musí být rostliny schopny přežít na různých stanovištích, ve vysokohorských oblastech, v pouštích nebo v prostředích s kolísajícími teplotami a srážkami. Díky trvalému ohrožení, nekončícím adaptacím na prostředí a nutné obrany proti predátorům se rostliny vyvinuly do obrovské rozmanitosti a ovládly všechny biomy na planetě.

Rostliny mají obranu nejen mechanickou, ale významnou roli hraje také obrana chemická, která je typická pro jedovaté rostliny produkující toxické látky. Za jedovaté (toxické) rostliny označujeme ty, které při konzumaci nebo doteku mohou potenciálně způsobit nežádoucí, ba dokonce smrtelnou reakci organismu. Jedovaté rostliny mohou být však také léčivé, jejich účinek závisí na dávce, vlastnostech, průniku do organismu a rezistenci organismu. Toxické rostliny nejsou jenom nebezpečné, mohou se využívat také ve farmacii nebo v potravinářství. Kromě toho, některé rostliny, které jsou škodlivé pro člověka, mohou být potřebné pro jiné živočichy. Některým těmto živočichům zajišťují jejich vlastní ekosystém.

Toxické rostliny jsem si pro svou bakalářskou práci vybrala proto, že právě ony jsou v České republice podle TIS (toxikologického informačního střediska) třetí nejčastější příčinou otrav. K těmto otravám dochází zejména u dětí (Pelclová, 2020). Četnost otrav mě dovedla k přesvědčení, že znalosti o jedovatých rostlinách patří k základním vědomostem užitečných pro život.

Cílem této bakalářské práce je literární rešerše na téma vybraných zástupců jedovatých rostlin a jejich toxinů, vsazená do kontextu obranných mechanismů rostlin. Práce shrnuje informace o základních skupinách toxických látek, především se věnuje toxinům z čeledi lilkovitých (*Solanaceae*) a pryskyřníkovitých (*Ranunculaceae*). Tyto čeledi jsem si vybrala z důvodu širokého areálu rozšíření i výrazné jedovatosti většiny jejich druhů. Důležitou součástí práce je charakteristika čeledí a přehled jejich nejběžnějších zástupců rostoucích v Praze a jejím okolí. Zkoumané čeledi jsou charakteristické spíše pro nížinaté oblasti termofytika a mezofytika. V práci je zahrnut popis zmíněných zástupců, jejich ekologický význam, toxicita a známé případy otrav.

2 Obranné mechanismy rostlin

Rostlinná rezistence je schopnost rostliny minimalizovat dopad nepříznivých podmínek (např. herbivorie nebo faktory vnějšího prostředí) na život rostliny (Pujalon et al., 2011). Zpravidla se dělí do dvou hlavních kategorií, na avoidanci a toleranci. Strategie **avoidance** zahrnující určitý druh obrany mechanické (např. trnité struktury, trichomy či tuhé rostlinné orgány) nebo obrany chemické (např. toxiny, látky snižující stravitelnost, případně těkavé látky) umožňuje rostlinám odolávat stresorům prostředí tím, že se jim vyhýbá. Strategie **tolerance** spočívá ve vlastnostech (např. růstová rychlost, příjem a hospodaření s živinami, architektura rostlin a rychlost fotosyntézy), které umožňují rostlinám snášet nepříznivé podmínky a minimalizovat tak dopad poškození na kondici rostlin (Hanley et al., 2007; Pujalon et al., 2011; Strauss & Agrawal, 1999).

V následujících kapitolách jsou detailněji popsány konkrétní mechanismy, jež mají herbivory odradit nebo alespoň minimalizovat jejich účinky. Důraz je kladen zejména na chemickou obranu, konkrétně na toxické sloučeniny obsažené v zástupcích čeledí *Solanaceae* a *Ranunculaceae*.

2.1 Tolerance

Tolerance rostlin vůči poškození býložravci odráží míru, do jaké se může rostlina po poškození znovu rozrůst, množit a obnovit svoji celkovou kondici. Svoji fitness obnovují různými mechanismy, mezi které patří zvýšená fotosyntetická aktivita, kompenzační růst, fenologické změny, využití zásob živin, přerozdělení zdrojů a architektura rostlin (Rosenthal & Kotanen, 1994; Strauss & Agrawal, 1999). Na toleranci mají také vliv vnější faktory, jako je hladina oxidu uhličitého, úroveň světla, (ne)dostupnost vody a živin, konkurence, mutualismus a mykorhiza (Hanley et al., 2007).

Jedním z nejdůležitějších a nejnámějších mechanismů tolerance je zvýšená **fotosyntetická aktivita** na úrovni listů, která je zapříčiněna částečnou defoliací listů herbivory a je ovlivňována nárůstem enzymu RuBisCO nebo ekologickými podmínkami (např. zpoždění stárnutí listů) (Tiffin, 2000; Trumble et al., 2003). Zvýšená fotosyntetická aktivita se využívá ke zmírnění dopadů vzniklých po poškození, čehož si můžeme povšimnout u listů zlatobýlů (*Solidago* L.). Z důvodu vysoké specifické plochy listů a opožděného stárnutí, vykazovaly listy *Solidago*, produkované po poškození, vyšší rychlost fotosyntézy než listy na nepoškozených kontrolních rostlinách (Stowe et al., 2000).

Kompenzační růst je mechanismus tolerance uplatňující se po poškození apikálního meristému. Ten má za následek změnu místa dělení buněk z apikálního meristému na meristém axiální, což vede ke zvýšení větvení rostlin. Rozdíly v růstu po herbivorii mohou tedy záviset na počtu a distribuci meristémů a jejich aktivaci (Stowe et al., 2000; Tiffin, 2000).

Mezi další mechanismy tolerance můžeme zařadit **hospodaření s uloženými zásobami** živin potřebných pro růst rostlin. Semena s většími látkovými rezervami mohou být tolerantnější k částečnému odstranění děložních listů než menší semena. Herbivorie může rostliny poškozovat nebo může způsobovat i zpoždění jejich růstu, kvetení a produkce ovoce (Tiffin, 2000).

To, jak rostliny reagují na tyto **fenologické změny**, závisí nejen na životě rostlin, ale také na dalších ekologických faktorech. Způsobí-li herbivorie zpoždění ve zrání semen, tak genotypy, u kterých dojde k nejmenšímu zpoždění reprodukce po poškození, budou nejvíce tolerantní a zvýhodněné. V delších časových obdobích toto platí pouze omezeně, protože většina rostlin má dostatek času na produkci semen před koncem sezóny, bez ohledu na poškození (Tiffin, 2000).

2.2 Avoidance

2.2.1 Mechanická obrana

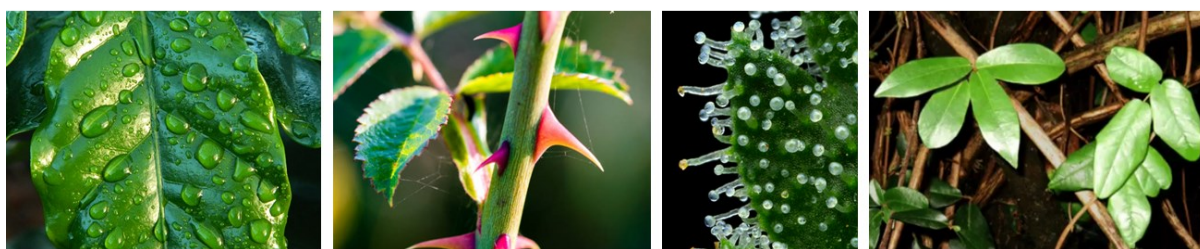
Zjednodušeně můžeme říci, že mechanická obrana zahrnuje různé možnosti fyzických překážek, které brání tomu, aby byly rostliny nejen mechanicky poškozené či dokonce zkonsumované.

První obrannou linií rostliny před napadením je její **povrch**. Ten je vybaven některými obrannými mechanismy, které rostlinu aktivně chrání ještě dříve, než se patogen dostane do kontaktu s rostlinou (předpřipravená obrana). Mezi takové struktury patří především kutikula a vosky pokrývající epidermální buňky, ale také struktura buněčných stěn nebo velikost a umístění průduchů (Trigiano et al., 2004). Silná **kutikula** (Obrázek 1) a vosky zvyšují odolnost proti infekci, neboť vosky vytváří vodoodpudivý povrch, na němž se patogeny nemohou uchytit a způsobit tak infekci. Kromě tlusté kutikuly a buněčné stěny, mají rostliny také silné a houževnaté **vnější stěny epidermálních buněk**, zpevněné polymery celulózy, hemicelulózy, minerálních látek a také ligninu a suberinu. Tyto silné a tvrdé stěny ztěžují nebo znemožňují přímý průnik mikroskopických hub, bakterií nebo rostlinných virů. Co se týče průduchů, většina patogenů může přes ně proniknout do rostliny i když jsou uzavřené. Přesto však existují některé odrůdy pšenice, u nichž může dojít k infekci pouze přes otevřené průduchy. Mechanismus rezistence spočívá ve faktu, že v noci v důsledku odpařování rosy spory vyschnou, průduchy se neotevřou, a tudíž nemůže dojít k infekci (Agrios, 2005).

Některé ochranné struktury rostlin zahrnují morfologické modifikace různých orgánů a zabraňují poškození snížením atraktivity rostlinných povrchů nebo činí rostlinný povrch nebezpečným. Obvyklou adaptací jsou **trny, ostny a kolce** (Obrázek 1), tzv. trnovité struktury, které chrání rostlinu před býložravci (Cooper & Owen-Smith, 1986), ale také před ztrátami vody. Jedná se o tvrdé, pevné, různě velké struktury s ostrými konci, které jsou odvozeny z různých tkání. Trny jsou přeměněné listy (*Cactaceae*, *Berberidaceae*), ostny pocházejí z epidermální tkáně (*Rosaceae*), kolce vznikají modifikací postranních větvíček (*Rosaceae*) (Lev-Yadun & Halpern, 2008). Trnovité struktury se proto nejčastěji vyskytují u rostlin rostoucích v suchých oblastech, kde je to také jedna ze záruk přežití. Kromě ochrany před teplem a před herbivory mohou trnovité struktury sloužit také jako

úkryt pro mravence, kteří rostlinu chrání před predátory (v případě *Acacia hindsii* Bentham) (Heil et al., 2010). Další známou mechanickou obrannou adaptací jsou **trichomy** neboli chlupy (Obrázek 1), které vznikají z pokožkových buněk. Tyhle struktury mohou mechanicky odrazovat býložravce a také mohou interferovat s pohybem hmyzu na povrchu rostlin, čímž omezují jejich přístup k pokožce. Na první pohled se může zdát, že takový typ mechanické obrany je zcela nezávislý na obraně chemické, jež je popsána v další kapitole, ale není to vždycky pravda. Některé rostliny disponují strukturami jako například žláznaté trichomy a sekreční kanály, které jsou kombinací mechanického a chemického zastrašování, a které mohou zachycovat hmyz pomocí lepkavých toxických sekretů (Farrell et al., 1991). Mnohé dokáží vylučovat sekundární metabolity (např. alkaloidy, flavonoidy, terpenoidy), které jsou toxické nebo odpuzují či zachycují hmyz, čímž vytváří kombinaci mechanické a chemické obrany (Chaudhary et al., 2018). Některé rostliny (*Apocynaceae*, *Euphorbiaceae* a některé *Asteraceae*) mají v nadzemních částech i kořenech žlázky, jimiž vylučují **lepivé látky** (latex), na které chytají hmyz.

Zajímavou a významnou adaptací související s obranou rostlin před herbivory jsou takzvané **tigmonastie**, přesněji tigmonastické pohyby neboli pohyby v reakci na dotek, teplo a elektrické impulzy (Chaudhary et al., 2018). Na jedné straně mohou sloužit k vyděšení potenciálních predátorů, ale také k určitému typu maskování. Listy rostliny *Mimosa pudica* L., známé také jako citlivka stydlivá, se rychle uzavírají v reakci na vnější podněty. Tato reakce je způsobena turgorovými pohyby způsobenými osmotickým tlakem (Braam, 2005; Chaudhary et al., 2018). K ochraně před predátory mohou sloužit i **mimikry** (Obrázek 1), což je termín označující podobnost mezi dvěma nepříbuznými druhy. Tato kamufláž je používána k maskování vzhledu, polohy a pohybu rostlin. Kupříkladu dřevitá liána *Boquila trifoliolata* (DC.) Decne. se vyhýbá herbivorům nejen lezením na stromy, ale převážně nápodobou listů s listy podpůrných stromů, kdy napodobuje jejich velikost, tvar, barvu a orientaci (Gianoli & Carrasco-Urra, 2014).



Obrázek 1 – Typy mechanické obrany rostlin (zleva kutikula, ostny, trichomy, a mimikry) simplygreenlawncare.com; cheatsheet.com; philosopherseeds.com; nationalgeographic.com (Gianoli E.)

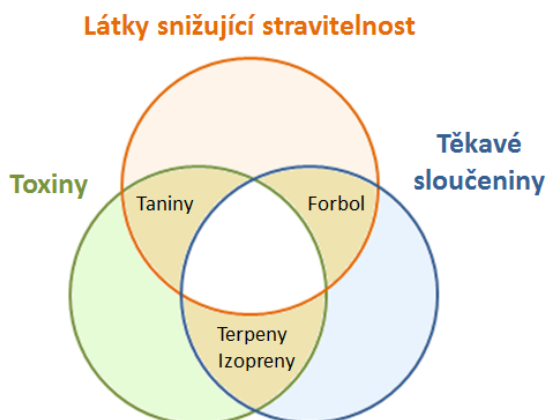
Ve výše uvedených odstavcích byla charakterizována obrana přímá, která zahrnovala především obranu založenou na specializovaných morfologických strukturách. Existují i obrany nepřímé, které dle (Chen, 2008) zahrnují vlastnosti rostlin, jež samy o sobě neovlivňují zranitelnost hostitelských rostlin, ale mohou sloužit jako lákadla pro přirozené nepřátele útočícího hmyzu. Rostliny přitahují, vyživují nebo ochraňují organismy, aby tak snížily tlak nepřátel, což je zajištěno produkcí těkavých látek, nepříjemných pachů a nektaru. Nejvýznamnějším příkladem jsou **těkavé chemikálie**,

kteří jsou současně mechanickou i chemickou obranou a přitahují parazitický i dravý hmyz. Jsou produkovány různými plodinami (např. kukuřicí a tabákem) v reakci na poškození herbivory (Paré & Tumlinson, 1999). Ochrana rostlin je zde podmíněna tvorbou látek, vytvářených při poškození rostliny přitahující parazitoidy, např. parazitické vosy (*Cotesia marginiventris* Cresson.), jež rostlinu brání a hubí její predátory (Chaudhary et al., 2018). Další nepřímou obranou je tvorba **hnízdnicích prostor** pro mravence, které na oplátku rostliny chrání. Myrmekofytní rostliny nabízejí mravencům předem vytvořená hnízdiště v dutých stoncích (*Cecropia* Loefl., *Leonardoxa* Aubrév.), trnech (*Acacia* Miller), řapících (*Piper* L.) nebo v listových váčcích (*Hirtella* L., *Tococa* Aubl.) (Chaudhary et al., 2018).

Navzdory předem připraveným obranným strukturám se však často patogenům podaří proniknout do jejich hostitelů a způsobit infekce. Kromě již zmíněných primárních obran existují obrany sekundární. Poté, co dojde k průniku patogenů nebo predátora do pletiv, rostliny zareagují vytvořením struktur, sloužících k ochraně před další invazí. Některé z těchto obranných struktur zahrnují cytoplazmu napadených buněk, jiné využívají jejich buněčné stěny (Agrios, 2005).

2.2.2 Chemická obrana

Vzhledem k tomu, že jsem se zaměřila na toxické rostliny, stala se jádrem mé práce chemická obrana. Chemické obranné látky patří mezi nejzajímavější obranné mechanismy rostlin, které jsou lidskému oku neviditelné. Část těchto látek je produktem primárního metabolismu, většina je však produktem sekundárního metabolismu. Některé z látek sekundárního metabolismu vznikly z metabolismu primárního nebo byly vytvořeny jinými specifickými cestami. Chemické obranné sloučeniny slouží k různým fyziologickým a také alelopatickým účelům. Alelopatie vyjadřuje schopnost jednoho druhu inhibovat nebo zabránit růstu jiného druhu produkcí toxické látky (Whittaker & Feeny, 1971). Podle způsobu chemické obrany proti herbivorům, můžeme rostlinné obranné látky rozdělit do třech skupin: na toxiny, těkavé sloučeniny a látky snižující stravitelnost (Obrázek 2), které se vzájemně prolínají (Cates & Rhoades, 1977).



Přestože jsou **toxiny** definovány jako jakékoliv látky produkované organismem snižující kondici jiného organismu, může jít o látky ovlivňující fungování určitých metabolických cest. Rovněž tvoří minoritní složku (< 2 % sušiny) rostlinné tkáně, přičemž jsou aktivní v malých koncentracích a více přítomné v květních orgánech a mladých listech. Tato třída sloučenin je tvořena extrémně různorodými látkami (Glander, 1982), které jsou popsány v kapitole Rostlinné toxiny a toxické sloučeniny.

Ačkoli se **těkavé látky**, podle své chemické struktury, řadí do toxinů, tak se mohou i oddělovat a tvořit samostatnou skupinu. Jsou to látky tvořené různými chemickými sloučeninami a vlastnostmi, pro které je typický charakteristický zápach. Kromě toho, že zajišťují chemickou obranu rostlin, slouží i jako atraktanty pro opylovače či látky ke komunikaci.

Třetí skupinou obranných látek jsou **látky snižující stravitelnost**, které mají velmi odlišné vlastnosti od toxinů. Tyto nestravitelné sloučeniny tvoří až 60 % suché hmotnosti rostlinné tkáně a nacházejí se převážně v dospělých dřevinách. Můžeme je rozdělit do dvou skupin, a to na hydrolyzovatelné a na kondenzované taniny. Hydrolyzovatelné taniny, jež se skládají ze sacharidů, se mohou snadno rozkládat, zatímco kondenzované taniny, tvořené z flavonoidových prekurzorů, jsou extrémně odolné vůči degradaci (Glander, 1982). Zvláštní skupinu představují inhibitory trávicích enzymů, což jsou sloučeniny, které sdílejí vlastnosti jak toxinů, tak látek snižujících stravitelnost. Jedná se o chemikálie zabraňující hmyzu konzumaci rostlin tím, že v reakci na poškození indukují expresi inhibitorů proteáz a amyláz, a proto nedochází k samotnému procesu trávení (Chen, 2008). Nejčastěji se vyskytují v reprodukčních orgánech, zejména v semenech u čeledí lilkovitých (*Solanaceae*) a bobovitých (*Fabaceae*).

Rozpoznání potenciálních patogenů je důležité pro schopnost rostlin bránit se před škodlivými mikroby a patogeny. To je u rostlin zajištěno **elicitory**, které spouštějí v rostlinách řadu indukovaných obran prostřednictvím různých signálních kaskád. Existují dva typy elicitorů, a to elicitory odvozené od patogenu a elicitory odvozené od vlastní rostliny. Mezi nespecifické elicitory patří glykoproteiny, sacharidy, mastné kyseliny a extracelulární mikrobiální enzymy, jako jsou proteázy (Agrios, 2005).

3 Chemická stavba rostlinného těla

Abychom se mohli zabývat rostlinnými toxiny, tak si nejprve musíme představit chemickou stavbu rostlin, která je prekurzorem jejich jedovatosti.

Zkoumáme-li rostlinné tělo z hlediska chemické skladby, lze pozorovat, že se skládá zejména ze značného množství vody, která se vyskytuje v dužnatých částech, jako jsou listy, květní části a plody. Zásadní podíl sušiny, což je bezvodý zbytek, tvoří vysokomolekulární látky, jež v rostlině zastávají zpevňovací (např. lignin, kutin, suberin, celulóza) nebo zásobní (např. bílkoviny, cukry - škrob, inulin) funkci. Zbytek sušiny je tvořen minerálními látkami. Z rostlinné živé hmoty lze vydělit ještě nízkomolekulární látky tvořící proměnlivý podíl v rostlinných druzích (Kresánek, 1988).

Kromě látek potřebných k životu, obsahují jedovaté rostliny také metabolity zodpovědné za jejich toxický účinek. Metabolity jsou produkty látkové přeměny, tedy metabolismu rostlin a zvířat. Obvykle se dělí na primární metabolity, zodpovědné za nezbytné funkce k životu a sekundární metabolity, které mohou nositele zvýhodnit, ale na druhou stranu nejsou k přežití nutné (Hussein & El-Anssary, 2018). Zatímco primární metabolity se vyskytují ve všech rostlinách a jsou nezbytné pro přežití, sekundární metabolity mají omezenější distribuci. Některé rostliny mohou žít bez sekundárních metabolitů, jak je patrné u některých pěstovaných plodin, ze kterých byly šlechtěním odstraněny. Sekundární metabolity se nicméně počítají mezi typické znaky rostlin (Wink, 2016).

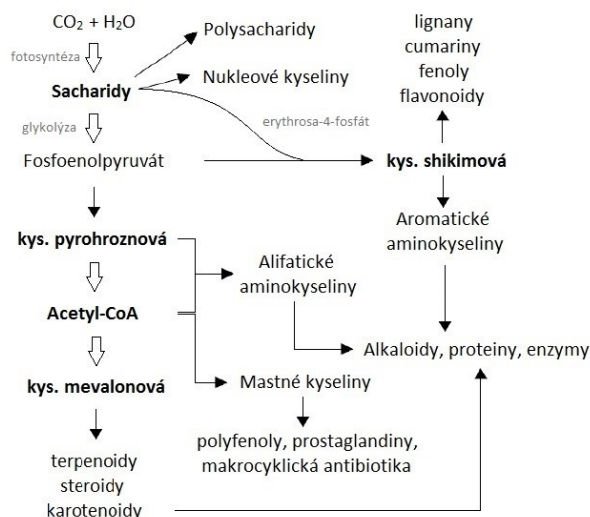
3.1 Primární a sekundární metabolity

Tato bakalářská práce je zaměřena na jedovaté rostliny, zejména na toxiny, které produkují. Většina z nich patří mezi sekundární metabolity, a proto se primárními metabolity budeme věnovat jen okrajově.

Primární metabolity se nacházejí ve všech rostlinách a vykonávají životně důležité metabolické funkce (jako je dělení a růst buněk, dýchání, skladování, výživa a reprodukce), a proto si jsou víceméně podobné ve všech živých buňkách. Mezi rostlinné primární metabolity patří sacharidy, lipidy, proteiny, enzymy, aminokyseliny a organické kyseliny. Tyto sloučeniny souvisejí se strukturou, fyziologií a genetikou, z čehož vyplývají jejich zásadní role ve vývoji rostlin (Ahmad et al., 2017).

Kromě primárních metabolitů, rostliny také syntetizují širokou škálu sekundárních metabolitů, které mohou působit jako obranné sloučeniny. Mohou být toxické pro predátory a škůdce nebo mají další fyziologické funkce sloužící k ochraně před UV zářením, ke skladování různých sloučenin (např. k ukládání dusíku) nebo ke zprostředkování interakcí mezi symbiotickými bakteriemi a jejich hostiteli (např. u *Rhizobium* Frank). Mimo jiné se také podílejí na buněčné pigmentaci květin a semen (např. karotenoidy, flavonoidy či antokyany) přitahující opylovače a roznašeče semen (Wink, 2008). Sekundární metabolity jsou produkovány nejen při setkání s predátory a při útocích patogenů, ale také v případě, že rostliny čelí abiotickým stresům (Ahmad et al., 2017). Sekundární metabolity jsou produkovány zejména z primárních metabolitů různými cestami a za specifických podmínek. Souhrnný náčrt (Obrázek 3) ukazuje, že většina sekundárních metabolitů je odvozena buď z aminokyselin, nebo z acetyl-CoA. Izolace bioaktivních sloučenin biosyntézou a syntéza jejich analogů, je v současné době účinnou cestou k vývoji produktů pocházejících z rostlin (Parsaeimehr et al., 2011).

Na základě svého biosyntetického původu lze rostlinné sekundární metabolity rozdělit do tří hlavních skupin (Tabulka 3): **1**) terpeny **2**) fenolické sloučeniny **3**) sloučeniny obsahující atomy dusíku a síry.



Obrázek 3 – Dráha vzniku sekundárních metabolitů (Parsaeimehr et al., 2011)

4 Rostlinné toxiny a toxické sloučeniny

Toxické látky, jež se nacházejí v rostlinách, jsou většinou produktem sekundárního metabolismu a jsou obvykle druhově specifické. Mohou být soustředěny na úrovni druhu, rodu, či čeledi. Toho se využívá pro vymezení těchto látek v biologickém systému, což slouží k jednodušší orientaci při hledání příčiny nežádoucího účinku toxinů. Jedovaté látky se mohou nacházet v celé rostlině nebo mohou někde převažovat a vyskytovat se jen v některých jejích orgánech. Nejvíce bývají obsaženy v kořenech, hlízách, cibulích, plodech ale jen zřídka v květech (Patel et al., 2013). Koncentrace toxické látky ve vybrané části rostliny tedy závisí na vnitřních a vnějších podmínkách. Jed může být v rostlině zastoupen buď jednou, nebo několika jedovatými látkami, a proto je můžeme zařadit a poté i nalézt ve více skupinách (Hrdina et al., 2004).

Počet obranných sloučenin vyskytujících se v rostlinách je obrovský a stále se objevují nové. Jejich chemické struktury jsou velmi různorodé a zahrnují nesouvisející třídy sloučenin. Nejvýznamnější rostlinné jedy můžeme nalézt mezi alkaloidy, glykosidy, saponiny, terpeny, silicemi, toxickými aminokyselinami, rostlinnými kyselinami, proteiny a sloučeninami obsahující atomy síry.

4.1 Definice toxicity a toxinů

Přesnou definici „toxinu“ neboli „jedu“ je těžké interpretovat, není totiž jednoznačná. Sám Paracelsus (1493-1541) konstatoval že: „*Všechny látky jsou jedy, není, žádná, která by nebyla. Pouze na dávce závisí, že věc se stane jedem*“ (Hrdina et al., 2004). Jako jed můžeme označit každou látku, která je schopna po vniknutí do těla způsobit vážné poškození až smrt. Zda je látka jedem a škodí organismu, závisí podle Vondráčka na „*chemických vlastnostech jedu, jeho koncentraci, cestě, kterou jed do organismu vniká, na rezistenci a na lokálních poměrech organismu*“ (Riedl & Vondráček, 1980).

Podle toho, po jak dlouhé době působení toxického činidla se projeví škodlivý účinek, se toxicita dělí na akutní a chronickou. Při akutní toxicitě se její účinek projevuje (na zasaženém organismu) velmi rychle, řádově po několika minutách až hodinách. Oproti tomu, při toxicitě chronické, se účinek objevuje se zpožděním, řádově v měsících či rocích. Charakteristikou akutní toxicity je hodnota LD₅₀. Ta označuje letální dávku (tj. smrtelné množství) použité toxické látky, v jejímž důsledku 50 % pokusných zvířat uhyne a 50 % přežije. Hodnota LD₅₀ se vyjadřuje v gramech nebo miligramech na 1 kg živé hmotnosti pokusného zvířete (Hrdina et al., 2004).

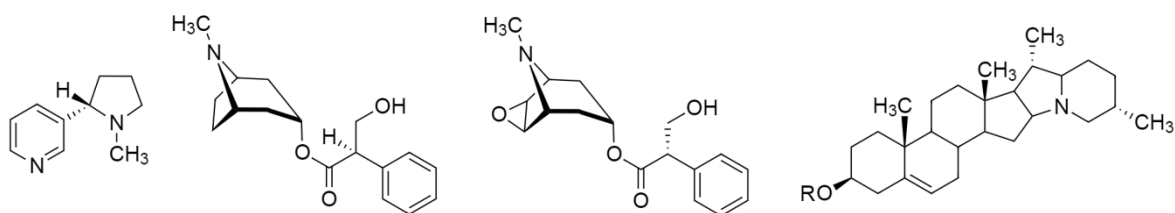
4.2 Toxiny

4.2.1 Alkaloidy

Alkaloidy jsou zásadité organické sloučeniny obsahující alespoň jeden atom dusíku v heterocyklickém kruhu. Jejich definice je problematická, protože kromě toho, že obsahují dusík, nepředstavují homogenní skupinu. Jsou odvozeny od aminokyselin, jako je tyrosin, lysin, tryptofan a kyselina asparagová (Ahmad et al., 2017). Abychom si alkaloidy mohli lépe představit, podíváme se na relativně jednoduchou strukturu **nikotinu** (Obrázek 4), který obsahuje dva kruhy se zabudovanými atomy dusíku. Podobně jsou na tom i alkaloidy **atropin**, **skopolamin** a **solanin** (Obrázek 4), které mají na rozdíl od nikotinu kruhů více (Bribi, 2018).

Názvy alkaloidů obvykle končí na „-in“ a jejich rostlinný původ se často odráží v názvu sloučeniny, jako je solanin z lilku bramborového (*Solanum tuberosum* L.) nebo třeba atropin z rulíku zlomocného (*Atropa bella-donna* L.) (Ahmad et al., 2017).

Alkaloidy jsou velmi bohatou skupinou organických sloučenin (bylo identifikováno více než 21 000 alkaloidů), které se řadí mezi sekundární metabolity (Wink, 2000). Ve své čisté formě jsou alkaloidy většinou bezbarvé, netěkavé, krystalické pevné látky (s výjimkou nikotinu, což je kapalina), které obvykle mají hořkou chuť. V rostlinách jsou obvykle vázány jako soli organických kyselin (např. kyseliny šťavelové, octové, citrónové apod.), díky nimž jsou rozpustné a přenosné v rostlinných šťávách (Jirásek et al., 1957). Většinou se vyskytují v cévnatých rostlinách, i když je známo, že je možný jejich výskyt u zvířat (např. mloci a jedovaté žáby) a i některých hub (např. námel, *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.). Je zajímavé si povšimnout, že některé rostlinné rodiny jsou obzvláště bohaté na alkaloidy, například čeledi *Solanaceae* nebo *Fabaceae* (Fattorusso & Tagliatalata-Scafati, 2007).



Obrázek 4 – Struktury některých rostlinných alkaloidů (zleva nikotin, atropin, skopolamin a solanin)

Protože jsou alkaloidy navzájem chemicky velmi rozdílné, liší se také jejich toxický a farmakologický účinek (jsou to např. analgetika, antimalarika, stimulancia a insekticidy). Mezi toxikologicky nejvýznamnější skupiny alkaloidů patří: chinolizidinové (cytisin), piperidin-pyridinové (koniin, nikotin), tropanové (hyoscyamin, atropin, kokain), pyrolizidinové (senecionin), izochinolinové (morfin, kolchicin), indolové (ibogamin), steroidní (solanin), terpenické (akonitin) (Azzeme & Kamarul Zaman, 2019; Matsuura & Fett-Neto, 2015; O'Connor, 2010).

4.2.1.1 Pyridinové alkaloidy

Nikotin (Obrázek 4), jenž je hojně zastoupen v listech tabáku, je odvozen od heterocyklické sloučeniny pyridinu. Do lidského organismu se dostává při kouření cigaret, člověk si na něm vytváří závislost. Jeho zdrojem jsou rostliny čeledi *Solanaceae*, jako je tabák virginský (*Nicotiana tabacum* L.), ale i zástupci dalších čeledí (*Equisetaceae*, *Crassulaceae*). Intoxikace se projevuje záněty sliznic, nevolností, bolestí hlavy, při vyšších dávkách můžeme pozorovat nejasné vidění, bledost, nervozitu, svalový třes i namáhavý dech. Letální dávka způsobí vytvoření nahnědlé pěny v nose a ústech, poruchu vědomí a celkový cirkulační kolaps. Smrtelná dávka nikotinu činí 40-60 mg, pro děti to je pouhých 10 mg (někdy i méně).

4.2.1.2 Tropanové alkaloidy

Tropanové alkaloidy jsou nejčastěji deriváty tropinu a vyskytují se zejména v rostlinách z čeledi lilkovitých. Nejvýznamnějším z nich je **atropin**, **hyoscyamin** a **skopolamin**. Tropanové alkaloidy působí anticholinergicky (především antimuskarinicky), přičemž výčet jejich účinků je velmi široký.

Atropin (Obrázek 4) je racémát hyoscyaminu a nachází se v rostlinách čeledi *Solanaceae*, např. u rulíku zlomocného (*Atropa bella-donna*), durmanu obecného (*Datura stramonium* L.), blínu bílého (*Hyoscyamus albus* L.) a mandragory lékařské (*Mandragora officinarum* L.). Je antagonistou muskarinových acetylcholinových receptorů (inhibicí se znemožní vazba acetylcholinu na receptor), a proto vykazuje parasympatické vlastnosti. Intoxikace se projevuje zčervenáním tváří, suchými sliznicemi, žízní, tachykardií a mydriázou. Pro vysoké dávky jsou typické halucinace, hypertermie, popřípadě kóma, smrt nastává následkem respirační deprese. Smrtelná dávka atropinu v čisté podobě činí 50 mg, což představuje u dětí 3-4 bobule rulíku zlomocného a u dospělého 10-12 bobulí. Život ohrožující dávka u dospělého člověka může být i požití 30 mg listů této rostliny. Přestože je vysoce toxický, může být použit v malých dávkách k léčbě očních vad, bradykardie a Parkinsonovy choroby.

Skopolamin (Obrázek 4) je alkaloid, chemicky blízký atropinu, nacházející se převážně v zástupcích rodu *Datura* L. Oproti atropinu má silnější mydriatický a sekreci inhibující účinek, ale slabší účinek tachykardický. Intoxikace se projevuje suchými sliznicemi a dilatací zornic, přičemž smrt nastává respirační paralýzou stejně, jako v případě atropinu. Používá se k potlačení kinetózy.

4.2.1.3 Steroidní alkaloidy

Skupina alkaloidů, která obsahuje steranové jádro v kombinaci s heterocyklem, se vyskytuje zejména v podobě glykosidů nebo esterů. Jsou součástí rostlin především z čeledí *Apocynaceae*, *Liliaceae* a *Solanaceae*. Řadí se mezi ně látky jako **chakonin**, **tomatin** nebo **solanin** (Obrázek 4), obsažené v zelených částech zejména lilkovitých rostlin a v klíčících bramborách (*Solanum tuberosum*) (Séquin, 2012). Projevem zvýšeného obsahu těchto glykoalkaloidů v hlízách, je jejich hořká chuť. Při nadměrném požití těchto látek dochází k poškození žaludku a střev. Glykoalkaloidy působí jako neurotoxiny, kdy k jejich příznakům patří nauzea, diarea, bolesti břicha, halucinace, neurologické poruchy a kóma. Člověk je na solanin citlivý, a proto je pro něho smrtelná dávka asi 400-500 mg.

4.2.1.4 Diterpenové alkaloidy

Diterpenové alkaloidy (součást terpenických alkaloidů) jsou vysoce toxické látky vytvořené z geranyldifosfátu, který je podstatnou součástí chlorofylu potřebného pro fotosyntézu. Akonitinové alkaloidy, patřící do alkaloidů diterpenových, jsou rovněž extrémně toxické. Jsou schopné procházet tukovými bariérami, mezi něž patří buněčné membrány a kůže. To vysvětluje, proč zahradníci a květináři, kteří s holýma rukama pravidelně pracují s řezanými stonky nebo rozdrceným materiálem rostlin, jako jsou stračky (*Delphinium* L.) a oměje (*Aconitum* L.), mohou vykazovat mírné příznaky mravenčení nebo necitlivosti.

Akonitin je alkaloid vyskytující se u druhů z čeledi pryskyřníkovitých. Po požití dochází k mravenčení v ústní dutině, které se rozšiřuje do koncových částí těla a přechází až v úplné znecitlivění. Současně dochází ke zvracení, srdečním arytmiím, přičemž smrt nastává zástavou dechu a poškozením srdce. Smrtelná dávka pro člověka činí asi 3-6 mg.

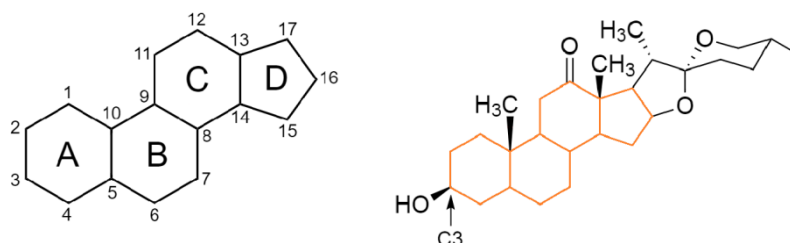
4.2.2 Terpeny

Terpeny jsou největší a nejrozmanitější skupinou rostlinných sekundárních sloučenin. Ty jsou odvozeny od pěti uhlíkových izoprenových jednotek. Na základě jednotek C můžeme terpenoidy klasifikovat jako C5 (hemiterpeny), C10 (monoterpeny), C15 (seskviterpeny), C20 (diterpeny), C30 (triterpeny), C40 (tetraterpeny), > C40 (polyterpeny) (Ahmad et al., 2017). Terpeny mají biosyntetický původ z acetyl-coA nebo glykolytických meziproductů. Menší terpeny vytvářejí několik květinových vůní, a přestože jsou silně antibakteriální, jejich koncentrace v rostlinách je obvykle tak nízká, že nejsou pro člověka nijak nebezpečné (oproti větším terpenům). Insekticidní aktivita terpenů je buď způsobena jejich působením jako toxiny nebo jako regulátory vývoje hmyzu (Daunceyová & Larsson, 2018). Mezi důležité terpenoidní odstrašující prostředky a toxiny patří borneol (*Callicarpa* L.), gossypol (*Gossypium* L.), grayanotoxin (*Rhododendron* L.), kukurbitaciny (*Cucurbitaceae*), pikrotoxin (*Anamirta* Colebr.) a pyrethroidy (*Chrysanthemum* L.).

4.2.3 Saponiny

Saponiny se vyskytují u mnoha rostlinných čeledí. Jejich chemické struktury jsou velmi rozmanité, ale mají i určité společné rysy. Chemicky jsou to glykosidy steroidů (nebo terpenů), které mají systém steroidních kruhů (Obrázek 5) a jsou tvořeny steranem, základem všech steroidních látek. Čtyři prstény jsou běžně označovány písmeny A-D a prstencové uhlíky jsou rovněž očíslovány. **Hekogenin** (Obrázek 5) je steroidní saponin nacházející se v agáve, v jehož struktuře je zvýrazněna jeho steroidní složka. Ke kruhu D je připojen další kruh (jehož součástí je kyslík), což je pro saponiny typické (Gurib-Fakim, 2006; Séquin, 2012).

Saponiny jsou rodinou povrchově aktivních rostlinných sloučenin, které ve svých molekulách obsahují jak polární (tvořena sacharidy), tak nepolární část (tvořená terpeny či steroidy). Díky tomu jsou rozpustné nejen ve vodě, ale i v tucích. Název saponiny je odvozen z latinského slova pro mýdlo (sapo), a to z toho důvodu, že mají pěnotvorné účinky (Jirásek et al., 1957). Mnoho saponinů má hemolytické vlastnosti a jsou toxické pro chladnokrevná zvířata. Mezi prudce jedovaté patří paridin, cyklamin, githagin, jež jsou přítomny v zástupcích čeledí *Araceae*, *Liliaceae*, *Rosaceae* a *Solanaceae*.



Obrázek 5 – Steroidní a saponinové struktury (zleva steran a hecogenin s vyznačeným steranem)

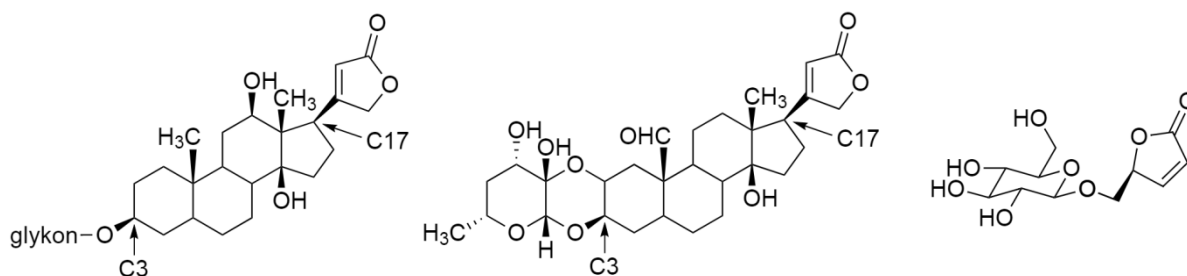
4.2.4 Glykosidy

Glykosidy jsou bezbarvé, netěkavé, opticky aktivní látky rozpustné ve vodě. Štěpí se nestejně - varem, nebo za přítomnosti zředěných kyselin či pomocí enzymů (Jirásek et al., 1957). Glykosidy lze definovat jako organické sloučeniny, zpravidla rostlinného původu, které se skládají z necukerné části, aglykonu, ke kterému je vázán (nejčastěji přes kyslík) jeden nebo více cukerných řetězců. Aglykon je reprezentován širokou škálou sloučenin, jako jsou: alkohol, fenol, aldehyd, ester apod. Cukernou složkou bývá zpravidla glukóza, ale mohou to být i jiné cukry.

Jednou z nejvýznamnějších skupin glykosidů jsou **srdeční glykosidy**, neboli **kardenolidy**. Jsou to toxické sloučeniny nacházející se v několika nepříbuzných rostlinách kromě rodu náprstníků (*Digitalis* L.), také u oleandru obecného (*Nerium oleander* L.) nebo u kleichy kurasavské (*Asclepias curassavica* L.). Navzdory své toxicitě mají některé kardenolidy terapeutické účinky a ve vhodných dávkách se používají při léčbě srdečního selhání. Srdeční glykosidy mají strukturální podobnost se saponiny, uvedenými výše. Kardenolidové struktury se vyznačují zajímavou, charakteristickou

strukturou kruhu, připojenou ke kruhu D v steroidním segmentu, na uhlíku s číslem 17. Polární skupiny jsou navázány na C3 v kruhu A. Společné strukturální rysy kardenolidů (Obrázek 6) jsou zobrazeny na příkladech digoxinu a kalotropinu (Gurib-Fakim, 2006; Séquin, 2012).

Kromě srdečních glykosidů rozeznáváme i kyanogenní glykosidy (amygdalin), antrachinonové glykosidy (hypericin), thioglykosidy (sinigrin), furanokumariny (xanthotoxin) a saponiny. Glykosidy obsahující glukosu jako sacharidovou složku se nazývají glukosidy a řadí se mezi ně např. **ranunkulin** (Obrázek 6). Ten se nachází v rostlinách čeledi pryskyřníkovitých, kde se štěpí na protoanemonin.



Obrázek 6 – Struktury glykosidů (zleva digoxin, kalotropin, ranunkulin)

4.2.5 Silice

Silice jsou těkavé olejové tekutiny (někdy označované za éterické oleje), charakteristicky vonící, patřící do rodiny terpenů. Silice jsou komplexní směsi složené z různých těkavých sloučenin, jako jsou alkoholy, ethery, aldehydy a především terpeny. Nachází se v různých orgánech rostlin, zejména v parenchymatických pletivech, ale můžeme je najít i ve speciálních buňkách - žlázách, trichomech, kanálcích. V rostlinách se vyskytují zcela volně (nejsou vázány glykosidickými vazbami). Silice jsou ve vodě většinou nerozpustné, snadno se však rozpouštějí v alkoholu, benzínu a chloroformu (Séquin, 2012). V éterických olejích bylo identifikováno mnoho sloučenin patřících k terpenům, jako jsou deriváty alkoholů (geraniol), aldehydy (citronellal), ketony (menthon) a fenoly (thymol). Éterické oleje mohou obsahovat i neterpenické sloučeniny - cinnamaldehyd, eugenol a safrol (Dhifí et al., 2016).

Silice mají rozmanité farmakologické vlastnosti, mezi které patří např. dezinfekční a protizánětlivý účinek (inhalují se při zánětech horních dýchacích cest). Jiné zase uvolňují křeče hladkého svalstva a slouží jako spazmolytika. Při kontaktu s pokožkou často dochází ke zčervenání a podráždění zasažené oblasti vedoucí ke vzniku puchýřů. Po požití zprvu dráždí, poté dochází k ochrnutí mozkových a míšních center, a obdobné působení mají i na činnost srdce. Přestože se nejvíce využívají jako antiseptika, jsou často zneužívány i jako abortiva.

4.2.6 Toxické aminokyseliny

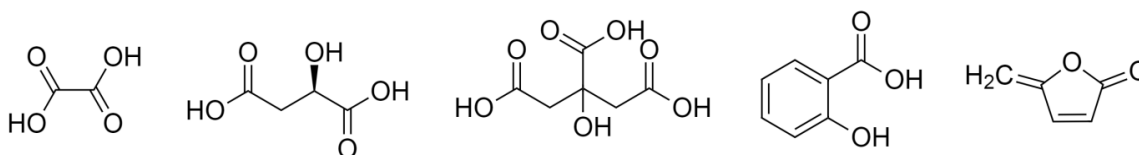
Neproteinové aminokyseliny jsou běžné v rostlinách a jsou přítomny v hojně konzumovaných potravinách pro člověka a krmivech pro zvířata. Zástupcem je čočka kuchyňská (*Lens culinaris* Medik.), která obsahuje homoarginin a tolíce vojtěška (*Medicago sativa* L.), která obsahuje kanavanin. Některé neproteinové aminokyseliny mohou být pro člověka toxické (rod *Lathyrus* L. obsahuje neurotoxickou L-a-amino-b-oxalylaminopropionovou kyselinu) (Jirásek et al., 1957).

4.2.7 Rostlinné kyseliny

Organické kyseliny zaujímají ústřední pozici v metabolismu rostlin. Jsou to rané produkty fotosyntézy sloužící jako prekurzory pro syntézu mnoha dalších sloučenin. Zodpovídají za kyselou chuť rostlin (dána karboxylovou skupinou -COOH), která chrání jejich nezralé plody před konzumací a umožňuje jim dosáhnout plné zralosti, aby mohlo docházet k šíření semen. Během procesu zrání se kyseliny přeměňují na těkavé estery, jež produkují intenzivní pachy nebo se odbourávají se zvyšujícím se obsahem cukru v plodech (vyjma citrusových plodů) (Séquin, 2012).

Organické kyseliny jsou široce distribuovány v rostlinách a jejich rostlinných částech. Mnoho jejich jmen připomíná rostliny, ve kterých se nacházejí (Obrázek 7). Příkladem je **kyselina šťavelová** (*Dieffenbachia* Schott, *Spinacia* L., *Oxalis* L.), **kyselina jablečná** (*Malus* Mill.), **kyselina citronová** (*Citrus* L.) nebo **kyselina salicylová** (*Salix* L.) (Kresánek, 1988). Kyselina šťavelová se v rostlinách vyskytuje ve dvou formách; v kombinaci s ionty draslíku a sodíku tvoří rozpustné soli, ale v kombinaci s ionty vápníku tvoří soli nerozpustné nazývané šťavelany. Ty mají jehlicovité krystaly způsobující zánětlivé otoky sliznic úst a trávicího traktu.

Toxický účinek mají i jejich cyklické estery, častěji nazývané jako laktony. Mezi laktony patří např. **protoanemonin** (Obrázek 7), toxin nacházející se ve všech rostlinách čeledi *Ranunculaceae*, vznikající rozkladem glykosidu ranunkulinu.



Obrázek 7 – Organické kyseliny a estery (zleva kys. šťavelová, jablečná, citronová, salicylová a protoanemonin)

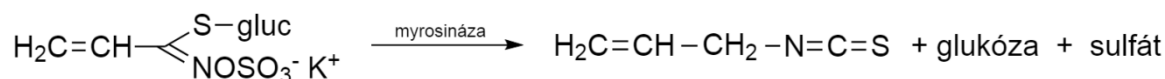
4.2.8 Proteiny

Proteiny jsou vysokomolekulární sloučeniny složené z aminokyselin, tvořící základní složku živé buněčné hmoty. Řada proteinových toxinů produkovaných rostlinami vstupuje do eukaryotických buněk a enzymaticky inhibuje syntézu proteinů (Patel et al., 2013). Mezi příklady jedovatých proteinů patří ricin (*Ricinus communis* L.) a abrin (*Abrus precatorius* L.) se schopností srážet erythrocyty.

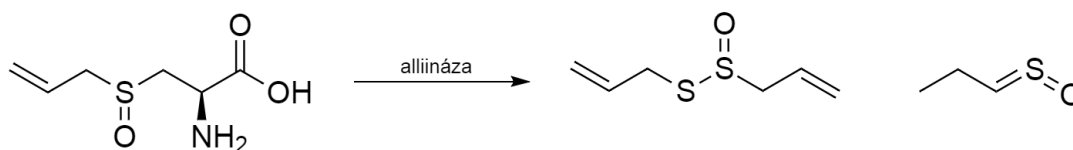
4.2.9 Sloučeniny se sírou

Vzhledem k rozmanitosti chemických struktur a různým způsobům působení, poskytují látky obsahující síru, rostlinám všestrannou chemickou obranu proti široké škále nepřátel. Jsou zodpovědné za typické aroma a chuť mnoha rostlin z rodu *Allium* L. a čeledi *Brassicaceae*.

Glukosinoláty jsou sekundární metabolity odvozené ze dvou důležitých cest jejich vzniku. Obě tyto dráhy glukosinolat-myrosináza (Obrázek 8) a alliin-alliináza (Obrázek 9) jsou pravděpodobně vyvinuty pro ochranu rostlin. Jedna z nich je vytvořena z glukosinolatového substrátu hydrolyzovaného myrosinázovým enzymem. Tato cesta je přítomna u členů čeledi *Brassicaceae*, např. u zelí, brokolice a hořčice. Druhá je vytvořena z alliinu hydrolyzovaného alliinázovým enzymem, nalezeným u členů rodu *Allium*, kam řadíme např. cibuli kuchyňskou (*Allium cepa* L.) a česnek kuchyňský (*Allium sativum* L.). Když se glukosinolat a alliin enzymaticky štěpí, tak vznikají ostře vonící těkavé sloučeniny odpuzující hmyz a slimáky (Ahmad et al., 2017; Séquin, 2012).



Obrázek 8 – Enzymová hydrolyza glukosinolatů katalyzovaná myrosinázou; zkratka gluc u glukosinolátu vyjadřuje glukózu (zleva sinigrin, allyl isothiokyanát, glukóza, sulfát), vytvořeno podle (Séquin, 2012)



Obrázek 9 – Enzymová hydrolyza glukosinolatů katalyzovaná alliinázou (zleva alliin, allicin, thiopropanal-S-oxid), vytvořeno podle (Séquin, 2012)

4.3 Proč jsou rostliny vůči toxinům imunní

„Nutnost je matkou vynalézavosti“, pravdivé přísloví, které se nevztahuje jenom na lidi a zvířata, ale týká se také rostlin. Pokud se podíváme na rostliny, které jsou nepohyblivé (sesilní) a postrádají adaptivní imunitní systém, zjistíme, že nejsou zcela bezmocné. Proti širokému spektru biotických a abiotických stresů používají především arzenál chemikálií k tomu, aby odradily nepřátele, odrazily patogeny a překonaly environmentální omezení. Tyto sloučeniny však mohou být pro rostlinu stejně škodlivé jako pro její predátory.

Imunita rostlin vůči toxinům je zajištěna absencí acetylcholinových nebo opioidních receptorů, a proto jsou alkaloidy (např. nikotin, kokain, kofein aj.), škodlivé jenom pro živočichy, kteří je konzumují. Podobně jim chybí i estrogenové receptory, díky čemuž mohou bezpečně vytvářet fytoestrogeny působící proti receptorům u zvířat (Hunter, 2018).

Většina živočichů vylučuje nepotřebné látky primárního metabolismu zejména pomocí ledvin, nevzniká u nich snaha o tvorbu sekundárních metabolitů, jako je tomu u rostlin. Mnoho sekundárních produktů může být toxických nejen pro patogeny, herbivory, ale i pro samotnou rostlinu. Z tohoto důvodu si rostliny proti autotoxikaci vyvinuly různé mechanismy. Jeden z nich zahrnuje akumulaci těchto látek ve vakuolách a buněčných stěnách, kdy je obsah vakuol separován od cytoplazmy semipermeabilní membránou a je tak pro buňku neškodný. Další zahrnuje dva typy aktivní obrany (Tabulka 6 – Vakuolové obranné mechanismy), které mohou vakuoly provádět. Buď může dojít ke zhroucení vakuolové membrány anebo k fúzi vakuolové membrány s membránou plazmatickou. Těmito způsoby dochází k uvolňování enzymů do cytosolu nebo do extracelulárního prostoru a následnému zničení patogenů (Wink, 1993).

5 Jedovaté rostliny v naší květeně

5.1 Květena a vegetace České republiky

Současná flóra České republiky (ČR) reflektuje geografickou polohu, podnebí, vegetaci, geologii, topografii a vliv lidské činnosti na krajinu. Geografická poloha uprostřed Evropy znamená, že její flóra patří do temperátního (mírného) pásma, ovlivněného jak oceánským, tak kontinentálním podnebí, které zahrnuje rostliny z teplého jihu a studeného severu (Kaplan, 2012). Krajinu tvoří nejen původní nížinné pláně, vysočiny a hory, tak i kulturní oblasti s ornou půdou, loukami a lesy.

Země se nachází na křižovatce migračních tras. V jejich důsledku se flóra skládá z téměř všech floristických prvků, vyskytujících se ve střední Evropě, z nichž převládá **středoevropský geoelement** - v našem pojetí mezofytikum. Středoevropský geoelement zahrnuje druhy rostlin střední Evropy, které se většinou nacházejí v pásmu listnatých nebo smíšených lesů s mírnými léty, poměrně vysokými srážkami a mírnou zimou s nízkými mrazy (Hejný & Slavík, 1997). Kromě středoevropského geoelementu se vyskytuje na území ČR také geoelement ponticko-panonský, jihosibiřský, arko-alpínský, mediteránní a subatlantský. Podle regionálně-fytogeografického členění rozdělujeme ČR do třech oblastí: na převažující **mezofytikum**, **termofytikum** (s teplomilnou flórou) a na **oreofytikum** (s chladnomilnou flórou).

Vegetace ČR se vyznačuje svojí pestrostí a druhovou rozmanitostí. Dle (Daníhelka, 2013), nejnovější statistiky o české flóře zahrnují 148 čeledí cévnatých rostlin, 925 rodů, **3754** druhů a poddruhů a 618 kříženců. Většina z těchto druhů je původních, ale přibližně 36,0 % je tvořeno druhy nepůvodními (antropofyty). Mezi nepůvodními, člověkem zavlečenými a následně zplacenými či zdomácnělými rostlinami, můžeme nalézt zejména druhy ze Severní a Jižní Ameriky (poměrně málo druhů má původ v Asii), jako např. durman obecný (*Datura stramonium*) nebo lilek hulevníkolistý (*Solanum sisymbriifolium* Lam.) (Slavík, 2000). Vzhledem k malé rozloze naší země a značným klimatickým a vegetačním změnám, způsobených zaledněním, je endemismus v České republice relativně nízký (tvoří 2% z cévnatých rostlin) (Chytrý et al., 2017).

Přestože se současná flóra zformovala za posledních patnáct až deset tisíc let, v období pozdního glaciálu, bylo původní druhové složení pozměněno, ale i tak se v české flóře dochovaly některé reliktní druhy patřící mezi arkticko-alpínské elementy. Mezi tyto relikty spadají *Andromeda polifolia* L., *Betula nana* L., *Carex Bigelowii* Schweinitz., *Carex capillaris* L., *Carex limosa* L., *Carex rupestris* All., *Carex vaginata* Tausch., *Eriophorum vaginatum* L., *Oreojuncus trifidus* L. a *Pedicularis sudetica* Willd. (Chytrý et al., 2017).

5.1.1 Květena Prahy a jejího okolí

Území, na které jsem se zaměřila ve své bakalářské práci je oblast Prahy a jejího přilehlého okolí. Praha, jakožto hlavní město České republiky, leží ve středu Čech na řece Vltavě, obklopená kopcovitým terénem. Její poloha měla a stále má velký význam pro šíření rostlin - v současné době pražská oblast hostí mnohé rostlinné druhy, které se zde dříve nevyskytovaly (Šprynař & Münzbergová, 1998). Z geologického hlediska se na území Prahy vyskytují vápence, břidlice, pískovce a křemence, které poskytují podloží vhodné pro rostliny s různými vegetačními požadavky. Převážná část Prahy leží v oblasti českého **termofytika** (Český kras, Bělohorská tabule, Dolní Povltaví, Jenštejnská tabule, Pražská kotlina), ale jihovýchodní část spadá již pod **mezofytikum** (Průhonická plošina a Střední Povltaví). Území Prahy a přilehlých oblastí lze charakterizovat jako krajinu otevřenou, zemědělsky využívanou, s poměrně malým podílem nepůvodních lesů. Jedním z hlavních důvodů, proč je pražská flóra a vegetace relativně bohatá, je tzv. říční fenomén (Boháč & Kučera, 2004; Kubíková et al., 2014).

V rámci celé plejády rostlinných druhů zde můžeme najít i rostliny jedovaté, které rostou nejen ve volné přírodě, ale i na zahradách nebo v parcích (i jako pokojové rostliny). Jedovaté rostliny rostou planě na různých stanovištích, obvykle v suchých oblastech (*Pulsatilla pratensis* subsp. *bohemica* Skalický, *Pulsatilla grandis* Wenderoth, *Ranunculus bulbosus* L.), vzácněji ve vodních biotopech (*Ranunculus scleratus* L., *R. aquatilis* L., *R. fluitans* Lam.). Nacházíme je také na loukách - pryskyřník prudký (*Ranunculus acris* L.), na polích - lilek černý (*Solanum nigrum* L.), v lesích - rulík zlomocný (*Atropa bella-donna*), na skládkách či v blízkosti lidských obydlí (*Datura* a *Lycium* L.).

Jedovaté rostliny, na které jsem se ve své práci zaměřila, spadají do čeledí *Solanaceae* a *Ranunculaceae*. Obě tyto čeledi jsem si vybrala jako modelové hned z několika důvodů. Zaprvé, drtivá většina zástupců obou čeledí je alespoň do jisté míry jedovatá a patří sem několik z nejedovatějších rostlin Evropy. Zadruhé, mnoho druhů z obou čeledí se vyskytuje přímo v květeně Prahy. Zatřetí, většina jedovatých druhů má atraktivní květy (především *Ranunculaceae*) nebo nápadné a zajímavé plody (především *Solanaceae*), což zvyšuje riziko intoxikace zejména u dětí. Začtvrté, z fenologického hlediska tyto dvě čeledi pokrývají všechna roční období, kromě zimy (*Ranunculaceae* - jaro a léto, *Solanaceae* - léto a podzim). To bude mít význam především v navazující magisterské práci a přípravě učebních materiálů a jejich využití v praxi. Většina je vázána

na termofytikum, menšina přesahuje do mezofytika. Patří sem např. hlaváček jarní (*Adonis vernalis* L.), durman obecný (*Datura stramonium*), blín černý (*Hyoscyamus niger* L.), lilek potměchuť (*Solanum dulcamara* L.). Mezi druhy, rozšířené do oreofytika, které se nevyskytují na území Prahy, se řadí např. pryskyřník omějolistý (*Ranunculus aconitifolius* L.) a další alpské druhy.

6 Vybrané čeledi jedovatých rostlin

6.1 *Solanaceae* (lilkovitě)

Čeď *Solanaceae*, patří podle APG IV (The Angiosperm Phylogeny Group et al., 2016) do řádu *Solanales* Juss. ex Bercht. & J. Presl a velmi obsáhlé třídy cévnatých rostlin Rosopsida.

Čeď *Solanaceae*, je největší čeledí řádu *Solanales*, zahrnuje přibližně 100 rodů s více než 2600 druhy (Christenhusz & Byng, 2016). Rostliny této čeledi jsou široce rozšířené především v tropických i mírných oblastech Střední a Jižní Ameriky.

Rostliny z této čeledi jsou jednoleté, víceleté i vytrvalé byliny, dřeviny nebo i popínavé liány. Listy jsou zpravidla střídavé, jednoduché nebo složené a bez palistů. Květy jsou většinou oboupohlavné, aktinomorfní, mohou se vyskytovat jednotlivě, ale častěji jsou však složené do vrcholičnatých květenství (zejména vijanů). Květní obaly jsou rozlišené na kalich a korunu. Kališní lístky srůstají na bázi, kdežto koruna je zcela srostlá s různým tvarem - může být nálevkovitá, trubkovitá, zvonkovitá či kolovitá. V květu se nachází obvykle stejně dlouhé tyčinky. Pylová zrna jsou dvoujaderná, nejčastěji trikorpátní, méně často perikorpátní. Synkarpní gynecium je tvořeno z 2(-5) plodolistů, většinou s mnoha vajíčky. Plodem je bobule nebo tobolka. Semena jsou plochá s bohatým endospermem a svinutým či zakřiveným embryem (Hejný & Slavík, 1997; Judd et al., 2008; Stevens, 2001; Zhenghao & Meihua, 2017).

Druhy čeledi *Solanaceae* zabírají velké množství různých ekosystémů, od pouští, po deštné pralesy, přičemž se často vyskytují v sekundární vegetaci kolonizující narušované oblasti. Obecně platí, že rostliny této čeledi jsou rozšířené v tropickém, vzácněji mírném podnebném pásmu. Na našem území rostou zejména na mezofilních stanovištích, jako např. rulík zlomocný (*Atropa bella-donna*). Mezi xerofilní (suchomilné) druhy patří kustovnice cizí (*Lycium barbarum* L.) a zástupcem vlhkomilných druhů je např. lilek potměchuť (*Solanum dulcamara*). Na našem území se kromě původních druhů vyskytují i druhy nepůvodní neboli invazní, tzv. antropofyty. Jedná se o druhy zdomácnělé, které se objevují v blízkosti lidských obydlí - příkladem jsou durman obecný (*Datura stramonium*) a lilek černý (*Solanum nigrum*) (Chytrý, 2012; Slavík, 2000).

Mnohé, dobře známé druhy čeledi *Solanaceae* mají bohaté etnobotanické využití znamenající široké uplatnění lidmi. Jsou důležitým zdrojem potravy (*Solanum tuberosum*), koření (*Capsicum annuum* L.) a léků (*Atropa bella-donna*, *Adonis vernalis*). Mnoho druhů se používá jako okrasné rostliny, a to především z rodů petúnie (*Petunia*) a durman (*Datura*). Z ekonomického hlediska jsou

využívány jako ovoce a zelenina. Zástupci čeledi *Solanaceae* obsahují mnohé alkaloidy, saponiny, steroidy a další látky, které jsou základem jedů, narkotik, stimulantů či léků proti bolesti (Jirásek et al., 1957; Shah et al., 2013).

V příloze jsou uvedeny obrázky znázorňující habitus, květy a plody (Tabulka 1) vybraných rostlin čeledi *Solanaceae*, také je uvedeno jejich rozdělení, původ, ohrožení a otravy (Tabulka 4).

6.1.1 Vybraní zástupci

Atropa bella-donna L. (rulík zlomocný)

rod: *Atropa* (rulík)

Popis druhu: Rulík je vytrvalá bylina s tlustými, větvenými, tupě hranatými lodyhami, dosahující výšky 1,5 m. Listy jsou střídavé, vejčité s celokrajnou čepelí zúženou v krátký řapík. Jednotlivé květy tvoří pěticípý kalich, jenž kryje pěticípou, zvonkovitě trubkovitou korunu, zvnitřku nažloutlou s červeným žilkováním, zvnějšku hnědo nachovou. Kvete červen až srpen. Plodem je zpočátku zelená, v době zralosti černá bobule, umístěná uprostřed hvězdovitě rozloženého kalichu. Plody dozrávají od července do září (Jirásek et al., 1957; Slavík, 2000).

Rozšíření a ekologie: Druh původem z Evropy, severní Afriky a západní Asie, dnes rozšířený v oblasti od Velké Británie na západ po Ukrajinu na východě. Druhotně se také vyskytuje v Severní Americe, kam byl zavlčen člověkem. Roste na pasekách, v bukových či smíšených lesech, na okrajích lesních cest, a to zpravidla ve vyšších polohách (Slavík, 2000).

Obsahové látky: Z obsahových látek jsou nejvýznamnější tropanové alkaloidy, především hyoscyamin, následně atropin skopalamin, belladonin a jiné.

Toxicita, otravy a farmaceutické využití: Celá rostlina je prudce jedovatá, zejména její kořen, který obsahuje až 1,5 % ze všech alkaloidů rostliny. V nízkých dávkách má terapeutický účinek, ale při překročení 10 mg dochází k intoxikacím. Rostlina a její izolované alkaloidy se využívají jako analgetika, spasmolytika, antiastmatika, při léčení křečových stavů a v očním lékařství k rozšíření zornic.

Otravy jsou popisovány především v souvislosti s konzumací bobulí dětmi, kdy 3-4 bobule mohou být pro dítě smrtelnou dávkou (u dospělého 10-12). Typickými příznaky intoxikace jsou: suchost sliznic, překrvení obličej, zrychlení tepu a rozšíření zorniček (mydriáza). Otravy lze léčit výplachem žaludku, podáním aktivního uhlí či pomocí diazepam (Jahodář, 2018; Riedl & Vondráček, 1980).

Rulík je zodpovědný za vysoký počet případů otrav sahajících až do současnosti. V letech 1991 až 2014 bylo ze Španělska hlášeno 32 případů (Ramón et al., 2006) v letech 1993 až 2005 na Slovensku 46 případů (Plackova et al., 2006). V České republice v letech 1996 až 2001 byl rulík zodpovědný za 2,3 % všech dětských otrav (Vichova & Jahodář, 2003). V Miláně v letech 1995 až 2007 bylo zaznamenáno 116 případů (Colombo et al., 2010). Dle zpráv z různých zemí byl nejčastějším důvodem intoxikací omyl (Fatur & Kreft, 2020).

Zajímavosti: Název rostliny pochází z řeckého slova „Atropos“ a odkazuje na jeden ze tří osudů v řecké mytologii, který přetrhl nit života. „Bella-donna“ je italská fráze, která znamená „krásná dáma“. Tento název rostlina dostala proto, že bobule rostliny používaly renesanční ženy k tomu, aby se staly atraktivnějšími (rozšiřovali si zornice). Mimo jiné byla také mnohdy zneužívána k travičství. Rulík je dokonalým jedem, je v přírodě volně dostupný, jeho jedovaté látky (atropin) se rychle rozkládají a nezanechávají po smrti žádné stopy (Daunceyová & Larsson, 2018; Harkup, 2017).

***Datura stramonium* L.** (durman obecný)

rod: ***Datura*** (durman)

Popis druhu: Durman je jednoletá, statná bylina až 60 cm vysoká. Má velké, řapíkaté, vejčité listy s laločnatě zubatou čepelí a velké jednotlivé květy vyrůstající v místech větvení lodyhy. Kalich je úzký a trubkovitý. Bílá nebo nařívovělá koruna je taktéž úzká, ale poměrně dlouhá (6-9 cm). Kvete červen až září. Plodem jsou ostnitě tobočky s ledvinovitými černými semeny, které dozrávají od července do října (Slavík, 2000).

Rozšíření a ekologie: Druh pocházející ze Severní Ameriky, dnes druhotně rozšířený v teplejších oblastech mírného pásu, tedy v Evropě, Asii a Africe. Roste na rumišťích, kompostech, na živiny bohatých půdách (hodně N) a v blízkosti lidských obydlí (Slavík, 2000).

Obsahové látky: Druh patří mezi prudce jedovaté rostliny, přičemž jsou jedovaté všechny jeho části. Obsahuje alkaloidy, zejména **hyoscyamin** (u starších), **skopalamin** (u mladších) a **atropin**.

Toxicita, otravy a farmaceutické využití: Už 0,3 g sušených listů může u dospělého člověka vyvolat toxický účinek. Symptomy otravy jsou podobné jako u rulíku a ostatních rostlin obsahujících alkaloidy (Jirásek et al., 1957). V letech 1996 až 2000 bylo v České republice hlášeno 24 pediatrických případů (Vichova & Jahodář, 2003), kdežto na Slovensku jich v letech 1993 až 2005 bylo hlášeno 185 (Plackova et al., 2006). Některé z otrav byly způsobeny náhodou, ale u většiny z nich převažovalo zneužití jako psychotropní droga (Fatur & Kreft, 2020).

I v dnešní době se potvrdilo, že znalost jedovatých rostlin je důležitá a neměla by se opomínat. Desítky lidí se na Slovensku v březnu 2021 přiotrávily jedovatým durmanem, který byl přimíchán do mraženého špenátu. Lidé u sebe pozorovali typické projevy, jako malátnost, závratě, sucho v ústech a někteří i neurologické příznaky. Z důvodu silných příznaků, muselo být několik lidí hospitalizováno.

***Hyoscyamus niger* L.** (blín černý)

rod: ***Hyoscyamus*** (blín)

Popis druhu: Blín je zapáchající, žláznatě chlupatá, většinou dvouletá bylina dosahující výšky až 80 cm. Její lodyha je přímá, nevětvená, oděná žláznatými a krycími chlupy. Dlouhé řapíkaté listy v přízemní růžici mají vejčitou, chobotnatě zpeřenou čepel, lodyžní listy jsou poloobjímavé (přisedlé). Květy sdružené ve vijanech mají zvonkovitý kalich a nálevkovitou žlutou korunu s fialovým žilkováním. Kvete červen až říjen. Plodem je tobolka, která dozrávající v srpnu až září (Slavík, 2000).

Rozšíření a ekologie: Bylina původem z Evropy, Sibiře a střední Asie, v dnešní době zavlečená do východní Asie, Severní Ameriky a Austrálie. Je rozšířená v teplých oblastech, nejčastěji na rumištích, okopaninách a jiných ruderalizovaných stanovištích, bohatých na živiny (Slavík, 2000).

Obsahové látky: Rostlina obsahuje tropanové alkaloidy, zejména hyoscyamin a je tedy celá jedovatá (zvláště pak semena).

Toxicita, otravy a farmaceutické využití: Dříve se využívala v travičství a později také jako anestetikum nebo k léčbě nespavosti. Většina otrav s ním spojená je způsobená omylem, kdy byl zaměněn za jinou rostlinu, třeba za pastinák či za petržel (Fatur & Kreft, 2020).

Nicotiana tabacum L. (tabák virginský)

rod: ***Nicotiana*** (tabák)

Popis druhu: Jednoletá (v tropech víceletá), žláznatě chlupatá bylina s přisedlými listy a s vejčitou čepelí. Má nevětvený stonek a dosahuje výšky až 300 cm. Květy, vyskytující se ve vrcholičnatých květenstvích, mají zvonkovitý kalich a růžovou korunu s dlouhou korunní trubkou. Kvetे červen až září. Plodem je tobolka dozrávající v období mezi srpnem a říjnem (Slavík, 2000).

Rozšíření a ekologie: Kulturní plodina pocházející z Jižní Ameriky, zavlečená do Evropy a do jiných teplých oblastí světa, kde se pěstuje nebo zplaňuje. Roste převážně v lesích a při okrajích lesů a cest (Jirásek et al., 1957).

Obsahové látky: Navzdory vlastní jedovatosti, jsou listy tabáku zpracovávány do kuřáckých výrobků, které obsahují pyridinový alkaloid **nikotin** a jeho deriváty (nikotimin, nikotelin, anabasin aj.) v množství okolo 0,5-9 %. Nikotin nemá léčivé vlastnosti a mimo toho, že se využívá v tabákovém průmyslu, také slouží k hubení hmyzu - je insekticidem (Jirásek et al., 1957).

Toxicita, otravy a farmaceutické využití: Nikotin se velmi rychle absorbuje do organismu (hrdlem, jazykem, očima i poškozenou pokožkou), odkud se vylučuje močí nebo u těhotných mateřským mlékem (způsobuje časté otravy kojenců). Malé dávky způsobují záněty sliznice ústní dutiny, slinění, pocit horka a bolest hlavy. Vyšší dávky jsou příčinou špatného vidění, bledostí tváře, pocitů zvracení, svalového třesu a namáhavého dechu. Po překročení limitní hodnoty dochází ke snížení krevního tlaku a následné smrti respirační paralýzou a zástavou srdce. Smrtelná dávka u dospělých činí 40-60 mg extraktu, u dětí jen 10 mg (Jahodář, 2018).

Solanum dulcamara L. (lilek potměchut')

rod: ***Solanum*** (lilek)

Popis druhu: Na bázi větvený polokeř, s poléhavými či popínavými větvemi, dorůstající až do délky 2 m. Listy jsou řapíkaté, celokrajné, vejčitě kopinaté či hrálovitě ouškaté, na okrajích lehce chlupaté. Má vytrvalý kalich a kolovitou modrofialovou korunu s nazpět ohnutými cípy. Kvetе červen až září. Plodem jsou jedovaté červené bobule, jež dozrávají mezi srpnem až říjnem (Jahodář, 2018; Jirásek et al., 1957; Slavík, 2000).

Rozšíření a ekologie: Rostlina původem z Evropy a Asie, široce rozšířená po světě, včetně Severní Ameriky a Kanady, kde je považována za invazivní rostlinu. Vyskytuje se v celé Evropě s výjimkou vyšších a horských oblastí (např. na severu Skandinávie). Roste na vlhkých, živinami bohatých půdách, v křovinách, lesních lemech, na loukách, ale můžeme ji najít i na zahradách, zádkách a v příkopech (Slavík, 2000).

Obsahové látky: Všechny její části jsou jedovaté (zejména bobule, které jsou v nezralém stavu silně toxické). Rostlina obsahuje **saponiny**, ale především **glykoalkaloidy** - solaniny, z nichž hlavní jsou solasodin a tomatidin.

Toxicita, otravy a farmaceutické využití: Otravy byly pozorovány zejména po požití plodů záměnou za jiné podobné, ale nejedovaté ovoce. Toxická dávka činí 20-30 mg/kg (cca 10 bobulí) a letální 400-500 mg/kg (což je asi 200 bobulí). Při lehké intoxikaci se projevuje únava, bolest hlavy a břicha, zvracení a někdy i oběhový kolaps. Ve vážných případech dochází k tvorbě neurologických poruch, jako jsou halucinace, křeče a poruchy vidění. Léčí se pomocí aktivního uhlí, při těžších otravách výplachem žaludku (Jahodář, 2018; Jirásek et al., 1957).

Zajímavosti: Rostlina se využívala k léčebným účelům, kdy se zpracovávaly sušené dřevnaté části lodyh, které se používaly v homeopatii, jako diuretikum, proti kožním onemocněním a revmatismu (Jirásek et al., 1957). Využíval se i v magii, kdy sloužil k zahánění zla a léčbě závratí.

Příbuzné druhy: Vzhledem k jisté morfologické podobnosti - zeleným a černým bobulím a fialovým špičatým květům bývají *Solanum dulcamara* a *Solanum nigrum* mnohdy zaměňovány za rulík zlomocný (*Atropa bella-donna*). Jsou sice méně jedovaté než rulík, ale to neznamená, že nejsou nebezpečné (Slaughter et al., 2012). Ba právě naopak. Bobule *Solanum dulcamara* svou červenou barvou a šťavnatostí lákají ke konzumaci nejen ptáky, ale i lidi, zejména děti. Řadíme ho také mezi invazní rostliny, protože dokáže přežít na nejrůznějších stanovištích a vytlačit původní vegetaci (převyšuje ji svým růstem a brání fotosyntéze).

***Solanum nigrum* L.** (lilek černý)

rod: ***Solanum*** (lilek)

Popis druhu: Lilek černý je tmavě zelená bylina dosahující výšky až 70 cm. Má přímou nebo šikmou větvenou lodyhu s chlupy. Listy jsou řapíkaté, kopinaté až vejčité, celokrajné nebo laločnaté. Kalich je zvonkovitý, koruna je kolovitá, bílá, na cípech do fialova. Kvete červen až říjen. Plodem jsou kulovité černé bobule, které dozrávají od srpna do října (Slavík, 2000).

Rozšíření a ekologie: Jednoletá bylina, rozšířená téměř v celém světě, pocházející z Eurasie. Roste na kompostech, okrajích hnojišť nebo jako plevel na zahradách a polích (Slavík, 2000).

Obsahové látky: Celá rostlina je jedovatá (zejména bobule). Obsahovými látkami, stejně jako u *Solanum dulcamara*, jsou **solaniny**, kdy se v plodu lilku nachází 1,3 % solasodinu (Jahodář, 2018).

Toxicita, otravy a farmaceutické využití: Toxicita této rostliny není zcela jednoznačná. Někteří ji považují za neškodnou, jiní zase popisují otravy, které způsobuje. V roce 2012 byla uváděna

nejčastější příčinou otrav rostlinami na Novém Zélandu. Protože je ale často zaměňována s rulíkem zlomocným (*Atropa bella-donna*), tak není jisté, zda otravy způsobila právě tato rostlina (Fatur & Kreft, 2020).

***Solanum tuberosum* L.** (lilek brambor)

rod: ***Solanum*** (lilek)

Popis druhu: Lilek brambor je vytrvalá bylina, známá pro své oddenkové hlízy, u nás pěstována jako jednoletá. Má svazčité kořeny a bohatě větvenou, krátce chlupatou lodyhu (a listy). Může dorůst až 150 cm. Listy jsou přetrhovaně lichožpeřené, řapíkaté s eliptickou čepelí. Květy, nacházející se v mnohokvětých vijanech, mají malý zelený kalich s poměrně velkou, nejčastěji bílou nebo růžovou (někdy i fialovou) kolovitou korunou. Kvete od června do srpna. Plodem je žlutozelená bobule. Nezelené hlízy jsou bohaté na škrob, využívají se jako potravina, ale také jako krmivo nebo jako průmyslová surovina (Jirásek et al., 1957; Slavík, 2000).

Rozšíření a ekologie: Druh patří k celosvětově nejvýznamnějším kulturním plodinám. Pochází z Jižní Ameriky, odkud byl v 16. století přivezen a postupně rozšířen po celé Evropě až do celého světa. Nemá specifické nároky na půdu, ale pro dobré výnosy, vyžaduje dostatek vláhy (Slavík, 2000).

Obsahové látky: Celá rostlina, kromě nezelených hlíz, je jedovatá a obsahuje steroidní glykoalkaloidy - **solaniny**. Ty jsou přítomny i v nezelených hlízách (v minimálním množství), ve kterých se za určitých podmínek může jejich obsah zvýšit (zejména vlivem slunečního světla) (Jahodář, 2018).

6.2 *Ranunculaceae* (priskyřníkovité)

Čeleď *Ranunculaceae*, spadá podle AGP IV (The Angiosperm Phylogeny Group et al., 2016) do řádu *Ranunculales* a je zařazena společně se řádem *Solanales* do třídy Rosopsid.

Čeleď *Ranunculaceae*, je druhově bohatou čeledí řádu *Ranunculales* zahrnující zhruba 43 rodů s více než 2300 druhy (Christenhusz & Byng, 2016). Rostliny této čeledi jsou rozšířeny zejména v mírném pásmu severní polokoule, vzácněji v tropech či jižní polokouli.

Rostliny z této čeledi jsou vytrvalé nebo jednoleté byliny. Méně často rostou jako polokeře či popínavé liány. Listy jsou zpravidla střídavé, výjimečně vstřícné, převážně bez palistů. Květy mají obvykle oboupohlavné, aktinomorfni nebo zygomorfni. Některé z nich se vyskytují jako dvoudomé, jiné jako jednodomé. Rostou jednotlivě, nebo jsou složené do květenství, jako je hrozen, lata, okolík či vrcholík. Uspořádání květu je spirální. Květní obaly mohou být nerozlišené nebo diferencované na kalich a korunu. Počet kališních a korunních listů je nepravidelný, cca od 1-20, ale může jich být i více. Tyčinky jsou volné s vysokým neustáleným počtem, jež se pohybuje se mezi 15-100. Pylová zrna jsou nejčastěji trikolpátní, méně často perikolpátní či periporátní, jsou hladká, výjimečně na

povrchu ostnitá. Apokarpní gyneceum může být tvořeno z desítek plodolistů, s jedním až mnoha vajíčky. Plody jsou většinou suché, často se jedná o měchýřky nebo nažky, vzácně i bobule. Semena jsou malá s bohatým endospermem a rudimentárním embryem (Hejný & Slavík, 1997; Judd et al., 2008; Stevens, 2001; Zhenghao & Meihua, 2017).

Stejně jako u některých členů řádu *Ranunculales* většina druhů čeledi *Ranunculaceae* obsahuje toxické sekundární metabolity, a to především protoanemonin, ale i jiné toxické sloučeniny. Mnoho zástupců tak může představovat riziko otravy nejen pro hospodářská zvířata, ale i ostatní zvířata, jsou-li konzumovány v čerstvém stavu (Hejný & Slavík, 1997).

Co se týče české flóry, zástupci čeledi *Ranunculaceae* obývají nejrozličnější ekologická stanoviště vyskytující se od nížin až po alpský stupeň. Mezi druhy subalpínské a alpské vegetace patří například koniklec alpský (*Pulsatilla alpina* (L.) Delarbre), sasanka narcisokvětá (*Anemonastrum narcissiflorum* (L.) Holub) nebo pryskyřníky *Ranunculus platanifolius* L. a *Ranunculus alpestris* L. Mezi typické druhy lesního podrostu patří např. sasanka hajní (*Anemone nemorosa* L.), jaterník podléška (*Hepatica nobilis* Schreb.) či pryskyřník kosmatý (*Ranunculus lanuginosus* L.). Mezofilní louky a stepní trávníky obývají hlaváček jarní (*Adonis vernalis*) či pryskyřník prudký (*Ranunculus acris*). Některé druhy tíhnou k vodním a mokřadním stanovištím, jako například pryskyřník plamének (*Ranunculus flammula* L.) či lakušník vodní (*Ranunculus aquatilis*). Kromě původních druhů se k nám dostaly i druhy nepůvodní, ze kterých se staly plevele, a které se v podobě archeofytů staly součástí zemědělských plodin. Zástupcem je např. hlaváček jarní (*Adonis aestivalis* L.) nebo pryskyřník rolní (*Ranunculus arvensis* L.) (Hejný & Slavík, 1997; Chytrý, 2010, 2011, 2013).

V příloze jsou uvedeny obrázky znázorňující habitus, květy a plody (Tabulka 2) vybraných rostlin čeledi *Ranunculaceae*, také je uvedeno jejich rozdělení, původ, ohrožení a otravy (Tabulka 5).

6.2.1 Vybraní zástupci

Adonis vernalis L. (hlaváček jarní)

rod: *Adonis* (hlaváček)

Popis druhu: Vytrvalá bylina, s přímou 20-35 cm vysokou nevětvenou lodyhou, s přisedlými, zpeřenými lodyžními listy. Květy jsou jednotlivé, tvořené zelenožlutými kališními a žlutými eliptickými korunními lístky. Kvete březen až květen, přičemž plody dozrávají mezi květnem a červnem. Plodem jsou kulovitě obvejčité chlupaté nažky (Hejný & Slavík, 1997).

Rozšíření a ekologie: Submediteránní druh původem z Evropy a Asie, rozšířený téměř v celé Evropě až po Sibiř. Roste v kolinním až planárním stupni termofytika, v jižních částech Evropy, na stráních, stepích, lesostepích, většinou na bazických podkladech (Hejný & Slavík, 1997).

Obsahové látky: Celá rostlina je jedovatá, obsahuje **srdeční glykosidy** a **saponiny**.

Toxicita, otravy a farmaceutické využití: Dříve se používala jako droga k zesílení srdeční funkce, v současnosti je využívána pouze jako diuretikum (Kresánek, 1988).

Zajímavosti: Vědecké pojmenování hlaváčků je odvozeno od řeckého boha Adonise, který symbolizoval každoroční koloběh života přírody. V minulosti byl pro svůj vzhled často zaměňován za podobně jedovaté čemeřice (*Helleborus* L.) (Kresánek, 1988).

Anemone nemorosa L. (sasanka hajní)

rod: *Anemone* (sasanka)

Popis druhu: Vytrvalá bylina s tmavohnědým horizontálním oddenkem (se stejnoměrným ročním přírůstkem), bílým obnovovacím pupenem, většinou lysým stonkem a s jedním přizemním listem. Pro ten je typický, dlouhý, chlupatý řapík s dlanitě-četnou čepelí vejčitého tvaru. Nad polovinou stonku je přeslen listenů s nekřídlatými řapíky. Květy miskovité, bílé, z vnější strany růžově naběhlé s 4-10 okvětními lístky vejčitého až podlouhle eliptického tvaru. Kveté v březnu až květnu. Plodem jsou hustě pýřité nažky, které dozrávají v mezi květnem a červnem (Hejný & Slavík, 1997).

Rozšíření a ekologie: Druh rozšířený téměř v celé Evropě kromě nejjižnějších částí. Z Evropy se rozšířila do Severní Ameriky a Asie. Roste na slunných a vlhkých místech, hojně v termofytiku a mezofytiku, ve smíšených lesích, na jejich okrajích a na loukách s humózními půdami (Hejný & Slavík, 1997; Jirásek et al., 1957).

Obsahové látky: Rostlina je jedovatá, obsahuje **protoanemonin**, a proto jsou otravy a jejich léčení podobné otravám pryskyřníků (Jirásek et al., 1957).

Anemone ranunculoides L. (sasanka pryskyřníkovitá)

rod: *Anemone* (sasanka)

Popis druhu: Vytrvalá bylina s hnědým šupinatým horizontálním oddenkem (s nestejným ročním přírůstkem), žlutým obnovovacím pupenem a s jedním přizemním listem. Tento list má dlouhý lysý řapík s 3-5četnou v okrajích laločnatou čepelí. V horní části stonku se vytváří přeslen krátce křídlatě řapíkatých listenů. Květy jsou žluté, obvykle s 5 okvětními, zvnějšku plstnatými lístky, často eliptického tvaru. Kveté od března do dubna. Plodem jsou jako u všech sasenek pýřité nažky (Hejný & Slavík, 1997; Jirásek et al., 1957).

Rozšíření a ekologie: Stejně jako *Anemone nemorosa*, se hojně vyskytuje v Evropě. Nachází se zejména v listnatých lesích, křovinách, někdy v zahradách a obecně na půdách s vysokým obsahem živin (Hejný & Slavík, 1997). Pochází z Evropy a jihozápadní Asie, odkud se rozšířila do Velké Británie a jiných oblastí světa. Vyskytuje se také v Kanadě, kde byla naturalizována.

Obsahové látky: Její obsahové látky se shodují s látkami u *Anemone nemorosa*, kdy obsahuje **protoanemonin**, ale oproti ní má navíc **saponin**.

Clematis vitalba L. (plamének plotní)

rod: *Clematis* (plamének)

Popis druhu: Dřevitá popínavá liána, s lichozpeřenými listy a úponkovitými chlupatými řapíky. Tvoří květenství (zejména úžlabní), kde mají květy vejčité, nazpět ohnuté, okvětní lístky bílé až zelené barvy s hustým plstěním. Kvete červen až září. Plodem jsou nažky s chlupatým přívěskem, dozrávající na přelomu podzimu a zimy, od října do ledna (Hejný & Slavík, 1997).

Rozšíření a ekologie: Rostlina, původem z Evropy vedoucí pásmem od Anglie přes Nizozemí až po Kavkaz, je naturalizována v evropských zemích hraničících s jejím původním areálem, včetně Norska a Švédska. Kromě původního evropského areálu také roste v Severní Americe, Austrálii a na Novém Zélandu, kde byla naturalizována. V České republice se vyskytuje v lužních lesích a bažinných oblastech, původně na Moravě, ale dnes i v českém termofytiku (Hejný & Slavík, 1997).

Obsahové látky: Celá rostlina je jedovatá. Obsahuje látku podobnou **protoanemoninu**, avšak případy otrav zatím nebyly zdokumentovány. Projevy otravy by však měly být vzhledem k obsahovým látkám obdobné jako u rodu *Ranunculus* L. (Jirásek et al., 1957; Kresánek, 1988).

Clematis recta L. (plamének přímý)

rod: *Clematis* (plamének)

Popis druhu: Vytrvalá nepopínavá rostlina s přímou, často lysou lodyhou. Květy se často nacházejí v květenstvích (vidlancech) s úzce vejčitými, lysými, bílými okvětními lístky, na spodní straně s plstnatým okrajovým lemem. Kvete v červnu až červenci. Plodem jsou převážně lysé nažky s přívěskem (Hejný & Slavík, 1997; Jirásek et al., 1957).

Rozšíření a ekologie: Druh původem z Evropy, rozšířený až po evropskou část Ruska, byl zavlečen i do jiných částí světa, a to konkrétně do Severní Ameriky. Roste na křovinatých stráních tvořených vápencovými spraši. V České republice je rozšířený ve středním pásmu Čech směrem na Moravu (Hejný & Slavík, 1997).

Toxicita, otravy a farmaceutické využití: *Clematis recta* je stejně jako *Clematis vitalba* jedovatý a využívá se jako okrasná rostlina.

Ficaria verna susp. *verna* Wetheral (orsej jarní)

rod: *Ficaria* (orsej)

Popis druhu: Vytrvalá bylina s rozvětvenými lodyhami, v úžlabí listů s pacibulkami (typické pro nominátní poddruh). Listy jsou dlouze řapíkaté, tvarem čepele srdčité vejčité nebo okrouhle ledvinité. Květy jsou lesklé, zlatožluté barvy s vejčitými kališními a úzce vejčitými korunními lístky. Kvete březen až květen. Plodem jsou často zakrnělé nažky vejcovitého tvaru (Hejný & Slavík, 1997; Jahodář, 2018).

Rozšíření a ekologie: Původem evropský druh, dnes rozšířený do Asie a Severní Ameriky. Vyskytuje se na celém území České republiky, zejména v listnatých lesích, na vlhkých loukách a také v parcích (Hejný & Slavík, 1997).

Obsahové látky: Rostlina v mládí nejedovatá, vhodná do salátů díky vysokému obsahu vitamínu C, která se v době květu stává jedovatou, protože v květech hromadí **protoanemonin**. Intoxikace jsou vzácné, většinou k nim dochází u zvířat (Kresánek, 1988).

***Hepatica nobilis* Schreb.** (jaterník podléška)

rod: ***Hepatica*** (jaterník)

Popis druhu: Vytrvalá bylina s hnědočerným oddenkem a trojlaločnými listy v přizemní růžici, vyrůstající až po odkvětu. Listy jsou dlouze řapíkaté s širokými úkrojky. Květy jsou blankytně modré, zřídka růžové nebo bílé. Mají eliptické okvětní lístky a na bázi zelený listenový útvar napodobující kalich. Kvete od března do dubna. Plodem jsou chlupaté nažky s krátkým zobánkem (Hejný & Slavík, 1997; Jahodář, 2018).

Rozšíření a ekologie: Okrasná jarní květina rozšířená na většině území Evropy, kde se nachází její původní areál. Kromě Evropy se také vyskytuje v Severní Americe a Asii, konkrétně v Japonsku ve formě jejích subpopulací. Často roste v kolinním až montánním stupni na mírně kyselých půdách, listnatých lesích, skalnatých svazích a křovinách (Hejný & Slavík, 1997).

Obsahové látky: Slabě jedovatá rostlina, dříve využívaná v lidovém léčení. Obsahuje malé množství glykosidu **ranunkulinu**, který se rozkládá na **protanemonin** a je častým původcem zánětů a vzniku puchýřků (Jahodář, 2018; Jirásek et al., 1957).

***Pulsatilla pratensis* subsp. bohemika** Skalický (koniklec luční český)

rod: ***Pulsatilla*** (koniklec)

Popis druhu: Vytrvalá bělavě chlupatá bylina s listy v přizemní růžici, které vyrůstají v době květu. Listy jsou četné, dlouze řapíkaté, v obrysu čepele vejčité, až dvojnásobně lichožperné se širokými úkrojky. Nicí květ (květ visící dolů) je zpravidla nerozvětvený, válcovitý, při dokvétání až zvonkovitý, černofialové barvy. Kvete březen až květen. Plodem jsou nažky s pérovitým přívěskem, jež dozrávají mezi červnem a červencem (Hejný & Slavík, 1997).

Rozšíření a ekologie: Původem evropský druh je dnes rozšířený v celé Evropě. Jeden z poddruhů *Pulsatilla pratensis*, který se vyskytuje pouze ve střední Evropě a roste na xerothermních stanovištích - na travinných porostech a lemech lesů. Během století vymizel z mnoha lokalit z důvodu zarůstání lesních lemů, travinných a stepních lokalit. Patří mezi silně ohrožené druhy (C2) a je chráněn zákonem (Hejný & Slavík, 1997; Jirásek et al., 1957).

Obsahové látky: Celá rostlina je jedovatá, obsahuje **protoanemonin** a produkty jeho přeměny. Sušením se rozkládá a stává neúčinným, za čerstva má dráždivé účinky a při požití způsobuje žaludeční a střevní záněty, u dobytka až hematurii (Jahodář, 2018).

Toxicita, otravy a farmaceutické využití: Nať koniklece lučního i některých jiných druhů se dříve využívala jako léčivo v lidovém léčení, proti dávivému kašli či kožním vyrážkám.

***Ranunculus acris* L.** (pryskyřník prudký pravý)

rod: ***Ranunculus*** (pryskyřník)

Popis druhu: Vytrvalá bylina až 100 cm vysoká s krátkým oddenkem. Lodyha je přímá, od poloviny bohatě větvená, řídce či bohatě chlupatá. Listy jsou dlouze řapíkaté, přízemní, v obrysu čepele dlanitě-klanné nebo dlanitě-dílné, s úkrojky čárkovitě kopinatými. Květy jsou žluté, tvořené obvejčitými korunními lístky a kališními lístky k nim přitisknutými. Kvete od května do srpna. Plodem jsou nažky s krátkým zobánkem (Hejný & Slavík, 1997; Jirásek et al., 1957).

Rozšíření a ekologie: Druh původem z Eurasie byl zavlečen do různých částí světa, a to konkrétně do Severní Ameriky a také Afriky. Roste na loukách, pastvinách a jiných vlhčích travinných porostech (Hejný & Slavík, 1997).

Obsahové látky: Druh je vysoce toxický, obsahuje toxický **protoanemonin** a produkty jeho přeměny, tj. **anemonin**, **kyselinu anemonovou** a **isoanemonovou**.

Toxicita, otravy a farmaceutické využití: Hlavní účinnou látkou je protoanemonin, charakteristický ostrým palčivým zápachem, který má dráždivé účinky a na pokožce může vyvolávat puchýře (rodové jméno je totiž odvozeno ze staročeského slova pryskyř - puchýř). Při perorálním podání vyvolává zvracení a průjem, přičemž po vstřebání působí tlumivě na centrální nervový systém a může vyvolat křeče, bezvědomí vedoucí až k zástavě dechu (Jahodář, 2018; Jirásek et al., 1957).

Příbuzné druhy: Na území České republiky se vyskytují i další druhy pryskyřníků, lišící se šířkou úkrojků a délkou oddenků. Jsou to pryskyřník hlízkatý (*Ranunculus bulbosus*), vyskytující se na suchých lokalitách a ostatní jako pryskyřník plamének (*R. flammula*), pryskyřník velký (*R. lingua*), pryskyřník plazivý (*R. repens*), pryskyřník lítý (*R. scleratus*) se vyskytují spíše na vlhkých místech. Jsou to vytrvalé byliny, často s krátkým oddenkem a vzpřímenými lodyhami. Listy mají střídavé, často dlanitě členěné. Často tvoří květenství, ale bývají i květy jednotlivé, s 5 zelenými kališními a 5 žlutými (nebo bílými) korunními lístky. Uvedené druhy mají stejné jedovaté látky a podobnou toxicitu i symptomy otrav jako *Ranunculus acris* (Hejný & Slavík, 1997; Jahodář, 2018). Pryskyřník lítý je však nejedovatějším zástupcem pryskyřníků naší květeny.

Známé pěstované toxické druhy *Ranunculaceae*

Kromě již zde zmíněných planě rostoucích druhů, můžeme v Praze najít i druhy pěstované, mnohdy i dokonce zplanělé. Mezi ně patří zejména druhy čemeřic (*Helleborus* L.) a straček (*Delphinium* L.), pro které jsou typické nápadně zbarvené květy a které jsou často pěstovány jako okrasné trvalky. Nenechme se ale zmást jejich krásou! Stejně jako jiné pryskyřníkovité rostliny obsahují různé toxické látky (především alkaloidy a srdeční glykosidy) a jsou častými původci otrav. Do pěstovaných rostlin můžeme také zařadit kultivary omějů (*Aconitum* L.) s původním nalezištěm v horkých oblastech.

7 Otravy jedovatých rostlin u dětí a dospělých

7.1 Příčiny a účinky otrav

K rostlinným otravám dochází nejčastěji při požití nějaké rostlinné části obsahující toxiny, někdy dokonce stačí pouhá inhalace či samotný kontakt s rostlinou. Otravy požitím jedovatých rostlin jsou mnohem častější u dětí než u dospělých (Rakovcová, 2013). Vyplývá to ze skutečnosti, že děti jsou od přírody zvědavé a mají tendenci ochutnávat barevné bobule či jiné na pohled atraktivní části rostlin. Oproti tomu, dospělí mají alespoň nějakou povědomost o těchto jedovatých rostlinách, jejich účincích, a proto jsou náhodné otravy u nich méně pravděpodobné.

Intoxikace dospělých jsou častěji způsobené neznalostí účinků jedovatých rostlin využívaných v lidovém léčitelství nebo nesprávným odhadem koncentrace toxické látky. Dříve byly rostlinné toxické sloučeniny využívány jako silné jedy s úmyslem usmrcení či sebevražd. V současné době jsou tyto rostliny velkým rizikem otrav způsobených předávkováním, nejen u dospělých, ale i mladistvých, v důsledku zneužívání toxických rostlin jako halucinogeny.

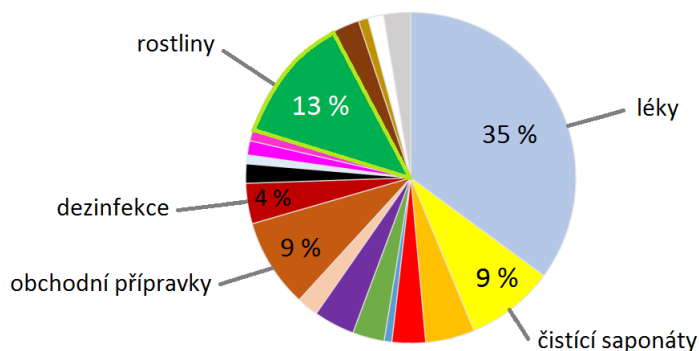
Kromě toho, že jsou intoxikace u dětí častější, jsou také nebezpečnější. Aby došlo k vyvolání viditelných příznaků otravy, postačí u dětí menší množství toxické látky než u dospělých. To je dáno odlišnou konstitucí těla. Většina toxinů je hodnocena podle množství, které musí být přijato na jednotku tělesné hmotnosti (tj. mg účinné látky/kg tělesné hmotnosti), aby se dosáhlo toxického účinku (Alsop & Karlik, 2016).

Nejohroženější věkovou skupinou jsou děti předškolního věku, které jsou velmi zvědavé, rády vyhledávají a ochutnávají nové věci. Tato zvědavost však může být pro děti velmi nebezpečná. Domnívám se, že je důležité naučit děti vnímat rostliny jako okrasu přírody a vysvětlit jim, že se nemají dotýkat a ochutnávat něco, co neznají - nápadné, ale i nevýrazné bobule, semena, listy či houby. Z toho jednoznačně vyplývá, že vzdělání týkající se rozpoznání jedovatých rostlin a jejich nebezpečí je klíčem k prevenci otrav.

7.2 Statistiky otrav

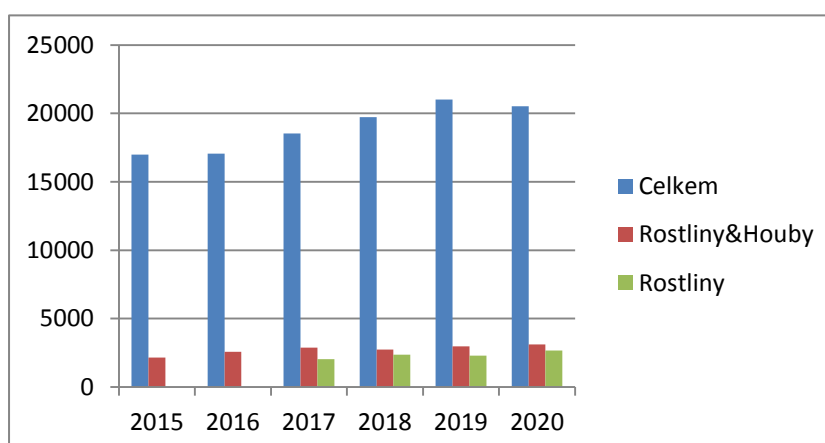
V roce 2020 bylo podle Zprávy o činnosti toxikologického informačního střediska (TIS) v Česku zaznamenáno celkem 20 512 toxikologických konzultací, což bylo o 504 konzultací méně než v roce 2019. Většinou se jednalo o intoxikace dětí do 15 let, konkrétně o 11 332 případů, což činilo 55,2 % z celkového počtu konzultací (častěji se jednalo o chlapce než o dívky). Mezi nejčastější otravy opět patřily otravy léky, čistícími přípravky, dezinfekčními přípravky, ale také otravy rostlinami, houbami či živočichy. Četnost intoxikace rostlinami se zvýšila z 11 % na 13 % (Obrázek 10), přičemž nadále převažovaly otravy požitím plodů (1187 případů) nad otravami jinými částmi rostlin, jako jsou listy a stonky (1140 případů). Příčiny intoxikací se u dětí a dospělých značně lišily. U dětí dominovaly nehody (90,4 %), kdežto u dospělých se uplatnily i sebevražedné pokusy nebo nehody v zaměstnání.

Kromě náhodných otrav se u dětí vyskytly také otravy způsobené léčebným omylem laika (5,7 %), kdy došlo např. k předávkování léky, anebo v zanedbatelném množství i otravy způsobené chybným použitím, nehodou nebo léčebným omylem zdravotníků. Zbytek z celkového počtu příčin (2 %) tvořily neznámé důvody (Pelclová, 2020).



Obrázek 10 – Typy otravy za rok 2020 (Pelclová, 2020)

Následující tabulka (Obrázek 11) ukazuje srovnání celkového počtu toxikologických konzultací, ale také konzultací ohledně samotných rostlin nebo společně rostlin a hub v České republice za posledních 6 let. Jak si můžeme povšimnout, tak počet toxikologických konzultací každým rokem (kromě roku 2020) stoupal, což mě přivedlo k myšlence, že dosud existující preventivní a další podpůrné programy se obecně jeví jako málo účinné a je potřeba znalosti o toxických rostlinách a jejich toxinech dostat více do povědomí celé populace. Zmíněná fakta také jasně poukazují na nutnost modernizace učebních osnov na základních a středních školách v dané tématice, aby mohlo dojít k zefektivnění předcházení případů otrav u dětí a mládeže.



Obrázek 11 – Dynamika počtu toxikologických konzultací TIS v letech 2015-2020 (Pelclová, 2020)

7.3 Význam jedovatých rostlin

Zdalo by se, že jedovaté rostliny, jak sám název naznačuje, mohou patřit jedině mezi rostliny pro člověka neužitečné, dokonce životu nebezpečné. Opak je pravdou. Mnohé jedovaté rostliny lze využít ve farmaceutickém průmyslu, kde jsou zdrojem mnoha léčiv (Acamovic et al., 2003; Jahodář, 2018; Jirásek et al., 1957; Serrano, 2018). Z farmakologického hlediska jsou rostlinné léky problematické. Množství účinné látky v rostlině se může lišit v závislosti na podmínkách pěstování, části rostliny a ročním období, což komplikuje opakování dávkování účinných a přesto bezpečných dávek z rostlinného materiálu. Jinými slovy existuje tenká hranice mezi bezpečnou a škodlivou dávkou.

Lidé se jedovaté rostliny naučili využívat pro různé účely. Léčivé účinky rostlin slouží k léčbě srdečních chorob (srdeční glykosidy) či v očním lékařství (atropin). Využití najdeme i v kosmetickém a dřevařském průmyslu - květy konvalinek (*Convallaria* L.) a dříšťálové dřevo (*Berberis* L.). Relativně nejedovaté části některých rostlin se používají jako potravinové suroviny, např. oddenkové hlízy lilku brambory (*Solanum tuberosum*) a plodu lilku rajčete (*Solanum lycopersicum* L.). Při nadměrné konzumaci nebo konzumaci v nezralé podobě se mohou, stát původci otrav, stejně jako jejich příbuzné jedovaté druhy. Jiné části rostlin se využívají jako koření, např. semena muškátovníku (*Myristica* Gronov.), oddenky zázvorovníku (*Zingiber* Mill.) či bobule pepřovníku (*Piper*). Řada jedovatých rostlin je pěstována i jako rostliny okrasné, např. druhy tulipánů (*Tulipa* L.), konikleců (*Pulsatilla* Mill.) a petúnií (*Petunia* Juss.) (Jirásek et al., 1957; Kresánek, 1988; Shah et al., 2013).

8 Závěr

Jedovaté rostliny jsou z biochemického, ale také z evolučního a biosystematického hlediska velmi zajímavou a vysoce heterogenní skupinou cévnatých rostlin, často jim však není věnována pozornost, jakou by si zaslouhovaly. Celosvětově patří mezi významné organismy využívané především ve farmaceutickém průmyslu. Ačkoli existuje mnoho studií o anatomii, morfologii a ekologii mnohých zástupců, v oblasti obsahových látek nadále zůstává mnoho otázek nezodpovězených. V databázi TPPT (Toxic plants-phytotoxin database) je zahrnuto 1586 fytotoxinů (s maximálním počtem 30 toxinů na jeden druh) produkovaných 844 rostlinnými potenciálně toxickými evropskými druhy (Günthardt et al., 2018). I když jsou daná čísla relativně vysoká, tak většina toxických nebo alespoň potenciálně toxických sekundárních metabolitů nebyla izolována, identifikována a popsána, většina z nich tak pro nás zůstává velkou neznámou.

K lepšímu povědomí a porozumění jedovatým rostlinám, jsem se zaměřila představit je nejen z hlediska obsahových látek, jejich významu pro člověka a také toxicity představené v kontextu obranných mechanismů rostlin. Za obranné mechanismy se považuje nejen obrana mechanická, ale i chemická, které se odlišují umístěním těchto mechanismů v rostlině. Zatímco se mechanická obrana týká především povrchu rostliny, chemická jednoznačně vyplňuje vnitřek rostliny samotné.

Třebaže toto není jediný důvod rozdělení, tak je lidskému oku nejvíce patrný, pochopitelný a srozumitelný. Do chemické obrany patří nejen látky snižující stravitelnost, dále látky těkavé, ale zejména toxiny, jež jsou pro jedovaté rostliny charakteristické. Nejvyšší počet rostlinných toxinů se nachází mezi alkaloidy a terpeny, které ze všech sekundárních metabolitů převládají a tvoří 60-70 % existujících fytotoxinů. V různých rostlinných čeledích se prevalence u jednotlivých tříd toxinů velmi liší. Zatímco některé skupiny mají širokou distribuci (rostlinné kyseliny či terpeny), jiné jsou omezeny na malý počet rostlinných čeledí, jako je tomu například u většiny alkaloidů.

Za modelovou oblast byla vybrána oblast Prahy a jejího okolí, a to z více důvodů. Hlavním důvodem je, že Praha představuje ideální kombinaci pro studium a výzkum, který plánuji ve své diplomové práci. I přesto, že je Praha hlavním městem s rozsáhlou a dynamickou zástavbou, stále má vysoký podíl zelených ploch, čítajících lesoparky, parky či jiné městské výsadby hostící mnoho rostlinných druhů včetně jedovatých. Díky své poloze, uprostřed Čech, na řece Vltavě, obklopená kopcovitým terénem, nabízí Praha ideální areál s relativně bohatou původní flórou a vegetací. Její převážná část leží v oblasti termofytika, tedy oblasti teplomilné krajiny mírného pásma, kde se již zmíněné jedovaté rostliny často vyskytují. Druhým důležitým faktem je vysoký počet základních, středních a jiných odborných škol, kde přímo se žáky mohou spolupracovat na aplikacích, testování navržených výukových materiálů a jejich následné reflexi. V neposlední řadě je Praha místem velkého počtu nemocnic, jiných institucí a zařízení zabývajících se toxikologií, se kterými budu mít možnost spolupracovat a konzultovat kapitoly věnované intoxikacím a rovněž tvorbě prioritního seznamu toxických rostlin nejen pro učitele, ale i studenty.

Vzhledem k tomu, že v přírodě existuje značné množství toxických rostlin, já jsem se ve své práci zaměřila pouze na dvě čeledi - *Solanaceae* a *Ranunculaceae*. Vybrala jsem si je z několika možných důvodů. Většina z nich se vyskytuje přímo v Praze a jejím okolí, většina z nich je alespoň částečně jedovatá, mají atraktivní květy a plody a svým výskytem během celého roku představují riziko intoxikace. V těchto místech se vyskytují zejména v podobě planě rostoucích jedinců, ale někteří ze zástupců (především z čeledi *Solanaceae*) jsou nepůvodní a pěstují se jako okrasné letničky nebo trvalky. Na mnohé můžeme také narazit v parcích a okrasných zahradách. Čeledi *Solanaceae* a *Ranunculaceae* jsou typické vysokým počtem toxických rostlin (více než 50 druhů na čeleď). Mnohé z jejich zástupců patří k velmi nebezpečným, a to nejen ve volné přírodě, ale také ve městech a vesnicích, kde jsou pěstovány jako okrasné či užitkové rostliny.

Hojnost fytotoxinů a toxických rostlin obecně, mě spolu s neubývajícími případy otrav rostlinami, dovedla k přesvědčení, že je potřeba zvýšit povědomí zejména dětské populace, ale i veřejnosti o nejnebezpečnějších zástupcích jedovatých rostlin. S některými se můžeme setkat prakticky kdekoli. Můžeme na ně narazit v parcích, zahradách v podobě okrasných rostlin (různé kultivary rodů *Petunia* a *Nicotiana* nebo *Lycium barbarum*), nebo při koupání v rybnících a jiných vodních zdrojích (např. *Ranunculus aquatilis*), či na loukách a okrajích lesů (např. *Ranunculus Acris* a *Adonis vernalis*). A s takovými pryskyřníky můžeme přijít do kontaktu téměř všude. Jejich široký

areál rozšíření a velká druhová rozmanitost je předurčuje k nejčastějším příčinám otrav, kterým bych chtěla zpracováním v mé diplomové práci aspoň z části předejít.

Problematika jedovatých rostlin zahrnuje otravy samotné, ale také příčiny těchto otrav a jejich účinky na lidský organismus. Ačkoli je existence o většině toxických rostlin lidstvu známa, i tak jsou intoxikace rostlinami na běžném denním pořádku. To se týká v první řadě dětí, konkrétně těch nejmenších, které tvoří nejohroženější skupinu z důvodu své zvědavosti a touhy poznávat svět kolem sebe. Na druhou stranu ani starší děti nejsou výjimkou. Pokusy a používáním psychotropních rostlin chtějí dosáhnout euforických a halucinogenních stavů.

Nebezpečnost jedovatých rostlin je prověřena a definována, ale vzhledem k neustupujícím případům otrav těmito rostlinami, je potřeba se zaměřit na hlavní důvody jejich vzrůstajícího užívání. Daná problematika stojí bezesporu za pozornost, ale je třeba se zaměřit více na prevenci, metodiku výuky a práce s jedovatými rostlinami a doplnění dalších nových výukových materiálů.

8.1 Navazující diplomová práce

Jelikož jsou rostliny už několik let za sebou třetí nejčastější příčinou otrav, a to zejména u dětí (Pelclová, 2020), je nezbytné se zamyslet, zda jsou dosud využívané strategie prevence dostačující nebo je zapotřebí jejich modernizace. Vzdělávací strategie jsou důležité pro zvýšení povědomí o jedovatých rostlinách, jejich účincích na celkový organismus člověka. O těchto znalostech by měli být informováni nejen děti a učitelé, ale i rodiče a široká veřejnost.

Bakalářská práce je zpracována jako literární rešerše pro mou diplomovou práci a zabývá se teoretickou částí týkající se jedovatých rostlin a jejich toxinů.

Ve své navazující diplomové práci jsem se rozhodla vytvořit materiály pro výuku jedovatých rostlin na základních a středních školách. Cílem bude snaha žáky a studenty nejen motivovat k zájmu o botaniku přes toxické rostliny, ale zároveň poslouží i jako preventivní program. Práce bude směřovat na prohloubení znalostí o těchto rostlinách, na rozpoznání, jejich odlišení od rostlin nejedovatých, na projevy způsobující otravy těmi rostlinami a první pomoc při intoxikaci. Ve spolupráci s nemocnicemi a toxikologickými centry bych chtěla připravit prioritní seznam jedovatých rostlin zahrnující nejnebezpečnější druhy vyskytující se v dané oblasti. Výsledek by mohl sloužit nejen učitelům a studentům, ale také široké veřejnosti. Konkrétními výstupy mé práce by mohly být pracovní listy, kvízy, chemické pokusy, prezentace, postery a trasy zajímavých exkurzí. Kromě přípravy samotných materiálů bych se ráda zaměřila na mapování vybraných toxických rostlinných druhů v modelovém území Prahy a jejího nejbližšího okolí.

Práce se bude zabývat problematikou výuky fytotoxikologie na základních a středních školách z pohledu obsahu vzdělávacích programů učitelů biologie. Chtěla bych také zhodnotit klady a zápory týkající se informací o toxických látkách zejména pro studenty středních škol. Ráda bych přes problematiku fytotoxikologie vzbudila zájem o výuku botaniky, s využitím moderních technologií.

9 Použitá literatura

- Acamovic, T., Stewart, C. S., & Pennycott, T. W. (2003). *Poisonous plants and related toxins*. CABI.
- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology* (5th edition). Elsevier.
- Ahmad, E., Arshad, M., Khan, M., Amjad, M. S., Sadaf, H., Rawalpindi, P., Riaz, I., Sabir, S., Nabila, A., . S., Correspondence, E., Ahmed, Muhammad, Z., Khan, M., Amjad, H., Sadaf, I., Riaz, S., Sabir, N., & Ahmad, S. (2017). *Secondary metabolites and their multidimensional prospective in plant life*. 205, 205–214.
- Alsop, J. A., & Karlik, J. F. (2016). Poisonous Plants. *Yard and Garden*.
<https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8560.pdf>
- Azzeme, A., & Kamarul Zaman, M. (2019). Plant toxins: Alkaloids and their toxicities. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 6, 021–029.
<https://doi.org/10.30574/gscbps.2019.6.2.0003>
- Boháč, J., & Kučera, T. (2004). Vývoj druhové biodiverzity na území Prahy za posledních 150 let. *Životné prostredie*, 38(2), 5.
- Braam, J. (2005). In touch: Plant responses to mechanical stimuli. *New Phytologist*, 165(2), 373–389.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01263.x>
- Bribi, N. (2018). *Pharmacological activity of alkaloids: A review*. 1.
<https://doi.org/10.63019/ajb.v1i2.467>
- Cates, R. G., & Rhoades, D. F. (1977). Patterns in the production of antiherbivore chemical defenses in plant communities. *Biochemical Systematics and Ecology*, 5(3), 185–193.
[https://doi.org/10.1016/0305-1978\(77\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0305-1978(77)90003-5)
- Colombo, M., Francesca, A., Puppa, T., Paola, M., Sesana, F., Maurizio, B., Rossana, B., Sandro, P., Galasso, G., Banfí, E., & Davanzo, F. (2010). Exposures and intoxications after herb-induced poisoning: A retrospective hospital-based study. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2.
- Cooper, S. M., & Owen-Smith, N. (1986). Effects of plant spinescence on large mammalian herbivores. *Oecologia*, 68(3), 446–455. <https://doi.org/10.1007/BF01036753>
- Danihelka, J. (2013). Botanické součty, rozdíly a podíly. *Živa*, 2013, 69–72.

- Danihelka, J., Chrtek, J., & Kaplan, Z. (2012). Checklist of vascular plants of the Czech Republic. *Preslia -Praha-*, 84, 647–811.
- Daunceyová, E. A., & Larsson, S. (2018). *Smrtící rostliny: Přírodní historie jedovatých rostlin*. Volvox Globator.
- Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., & Mnif, W. (2016). Essential oils' chemical characterization and investigation of some biological activities: A critical review. *Medicines*, 3(4). <https://doi.org/10.3390/medicines3040025>
- Farrell, B., Dussourd, D., & Mitter, C. (1991). Escalation of plant defense: Do latex and resin canals spur plant diversification? *The American Naturalist*, 138. <https://doi.org/10.1086/285258>
- Fattorusso, E., & Tagliatela-Scafati, O. (2007). *Modern alkaloids: Structure, isolation, synthesis, and biology*. Wiley-VCH.
- Fatur, K., & Kreft, S. (2020). Common anticholinergic solanaceous plants of temperate Europe: A review of intoxications from the literature (1966–2018). *Toxicon*, 177, 52–88. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2020.02.005>
- Gianoli, E., & Carrasco-Urra, F. (2014). Leaf mimicry in a climbing plant protects against herbivory. *Current biology : CB*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.03.010>
- Glander, K. (1982). *The impact of plant secondary compounds on primate feeding behavior*. <https://doi.org/10.1002/AJPA.1330250503>
- Günthardt, B. F., Hollender, J., Hungerbühler, K., Scherlinger, M., & Bucheli, T. D. (2018). Comprehensive toxic plants–phytotoxins database and its application in assessing aquatic micropollution potential. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(29), 7577–7588. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b01639>
- Gurib-Fakim, A. (2006). Medicinal plants: Traditions of yesterday and drugs of tomorrow. *Molecular Aspects of Medicine*, 27(1), 1–93. <https://doi.org/10.1016/j.mam.2005.07.008>
- Hanley, M. E., Lamont, B. B., Fairbanks, M. M., & Rafferty, C. M. (2007). Plant structural traits and their role in anti-herbivore defence. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 8(4), 157–178. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2007.01.001>
- Harkup, K. (2017). *A is for Arsenic: The poisons of Agatha Christie*. Bloomsbury.

- Heil, M., Orona-Tamayo, D., Eilmus, S., Kautz, S., & Gonzalez Teuber, M. (2010). Chemical communication and coevolution in an ant–plant mutualism. *Chemoecology*, *20*, 63–74. <https://doi.org/10.1007/s00049-009-0036-4>
- Hejný, S., & Slavík, B. (1997). *Květena České republiky 1* (2. vydání). Academia.
- Hrdina, V., Hrdina, R., Jahodář, L., Martinec, Z., & Měrka, V. (2004). *Přírodní toxiny a jedy*. Galén.
- Hunter, P. (2018). Do not poison thyself. *EMBO reports*, *19*(9), e46756. <https://doi.org/10.15252/embr.201846756>
- Hussein, R. A., & El-Anssary, A. A. (2018). Plants secondary metabolites: The key drivers of the pharmacological actions of medicinal plants. *Herbal Medicine*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.76139>
- Chaudhary, A., Bala, K., Csk, H., Kamboj, R., & Dumra, N. (2018). *Plant defenses against herbivorous insects: A review*. 681–688.
- Chen, M.-S. (2008). Inducible direct plant defense against insect herbivores: A review. *Insect Science*, *15*, 101–114. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2008.00190.x>
- Christenhusz, M., & Byng, J. (2016). The number of known plant species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*, *261*, 201–217. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.261.3.1>
- Chytrý, M. (2010). *Vegetace České republiky 1: Travinná a keříčková vegetace* (2.). Academia.
- Chytrý, M. (2011). *Vegetace České republiky 3: Vodní a mokřadní vegetace*. Academia.
- Chytrý, M. (2012). Vegetation of the Czech Republic: Diversity, ecology, history and dynamics. *Preslia -Praha-*, *84*, 427–504.
- Chytrý, M. (2013). *Vegetace České republiky 4: Lesní a křovinná vegetace*. Academia.
- Chytrý, M., Danihelka, J., Kaplan, Z., & Pyšek, P. (2017). *Flora and vegetation of the Czech Republic*. Springer.
- Chytrý, M., Danihelka, J., Kaplan, Z., Wild, J., Holubová, D., Novotný, P., Řezníčková, M., Rohn, M., Dřevojan, P., Grulich, V., Klimešová, J., Leps, J., Lososová, Z., Pergl, J., Sádlo, J., Smarda, P., Štěpánková, P., Tichý, L., Axmanová, I., & Pyšek, P. (2021). Pladias database of the Czech flora and vegetation. *Preslia*, *93*, 1–87. <https://doi.org/10.23855/preslia.2021.001>
- Jahodář, L. (2018). *Rostliny způsobující otravy*. Karolinum.

- Jamwal, K., Bhattacharya, S., & Puri, S. (2018). Plant growth regulator mediated consequences of secondary metabolites in medicinal plants. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.12.003>
- Jirásek, V., Zadina, R., & Blažek, Z. (1957). *Naše jedovaté rostliny*. Československá akademie věd.
- Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F., & Donoghue, M. J. (2008). *Plant systematics: A phylogenetic approach* (3rd edition). Sinauer Associates.
- Kaplan, Z. (2012). Flora and phytogeography of the Czech Republic. *Preslia*, 84(3), 505–573.
- Kresánek, J. (1988). *Atlas léčivých rostlin a lesných plodov*. Osveta.
- Kubíková, J., Kříž, J., Hrouda, L., & Skalická, A. (2014). *Neznámá tvář Prahy: Příroda a rostlinstvo*. Dokořán.
- Lev-Yadun, S., & Halpern, M. (2008). External and internal spines in plants insert pathogenic microorganisms into herbivore's tissues for defense. *Microbial Ecology Research Trends*, 155–168.
- Matsuura, H., & Fett-Neto, A. (2015). *Plant alkaloids: Main features, toxicity, and mechanisms of action* (s. 1–15). https://doi.org/10.1007/978-94-007-6728-7_2-1
- O'Connor, S. (2010). Alkaloids. In *Comprehensive Natural Products II* (s. 977–1007). <https://doi.org/10.1016/B978-008045382-8.00013-7>
- Paré, P. W., & Tumlinson, J. (1999). Plant volatiles as a defense against insect herbivores. *Plant Physiology*, 121(2), 325–332. <https://doi.org/10.1104/pp.121.2.325>
- Parsaeimehr, A., Sargsyan, E., & Vardanyan, A. (2011). Expression of secondary metabolites in plants and their useful perspective. *ABAH BIOFLUX*, 3.
- Patel, S., Nag, M., Daharwal, S. J., Rawat Singh, M., & Singh, D. (2013). Plant toxins: An overview. *Research J. Pharmacology and Pharmacodynamics*, 5, 283–288.
- Pelclová, D. (2020). *Zpráva o činnosti toxikologického informačního střediska (TIS) v roce 2020*. Klinika pracovního lékařství VFN a 1. LF UK. <https://www.tis-cz.cz/index.php/informace-o-stredisku/vyrocní-zpravy-tis>
- Plackova, S., Cagaňová, B., & Kresanek, J. (2006). Plant and mushroom exposures reported to the Slovak toxicological information centre in the years 1993–2005. *Toxicology Letters*, 164, S80. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2006.06.166>

- Pujalon, S., Bouma, T. J., Douady, C. J., Groenendael, J. van, Anten, N. P. R., Martel, E., & Bornette, G. (2011). Plant resistance to mechanical stress: Evidence of an avoidance–tolerance trade-off. *New Phytologist*, *191*(4), 1141–1149. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03763.x>
- Pyšek, P., Danihelka, J., Sádlo, J., Chrtek, J., Chytrý, M., Jarošík, V., Kaplan, Z., Krahulec, F., Moravcová, L., Pergl, J., Stajerova, K., & Tichý, L. (2012). Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): Checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns. *Preslia -Praha-*, *84*, 155–255.
- Rakovcová, H. (2013). Dětské nehody s rostlinami a houbami. *Pediatric pro praxi*, *14*(4). https://www.pediatricpropraxi.cz/artkey/ped-201304-0016_Detske_nehody_s_rostlinami_a_houbami.php
- Ramón, M. F., Ballesteros, S., Martínez-Arieta, R., & Bandrés, F. (2006). International abuse of plants. In *New research on street drugs*. Nova Science Publishers.
- Riedl, O., & Vondráček, V. (1980). *Klinická toxikologie*. Avicenum.
- Rosenthal, J., & Kotanen, P. M. (1994). Terrestrial plant tolerance to herbivory. *Trends in ecology & evolution*, *9*, 145–148. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(94\)90180-5](https://doi.org/10.1016/0169-5347(94)90180-5)
- Séquin, M. (2012). *The chemistry of plants: Perfumes, pigments and poisons*. Royal Society of Chemistry.
- Serrano, R. (2018). Toxic plants: Knowledge, medicinal uses and potential human health risks. *Environment and Ecology Research*, *6*, 487–492. <https://doi.org/10.13189/eer.2018.060509>
- Shah, V., Shah, N., & Patrekar, P. V. (2013). *Medicinal plants from solanaceae family*. *6*, 143–151.
- Slaughter, R., Beasley, D. M., Lambie, B., Wilkins, G., & Schep, L. (2012). Poisonous plants in New Zealand: A review of those that are most commonly enquired about to the national poisons centre. *The New Zealand medical journal*, *125*, 87–118.
- Slavík, B. (2000). *Květena České republiky 6*. Academia.
- Stevens, P. F. (2001, onwards). *Angiosperm Phylogeny Website. Version 14, July 2017 [and more or less continuously updated since]*. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>
- Stowe, K., Marquis, R., Hochwender, C., & Simms, E. (2000). The evolutionary ecology of tolerance to consumer damage. *Annual Review of Ecology and Systematics*, *31*. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.31.1.565>



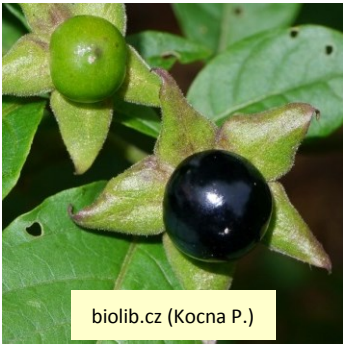

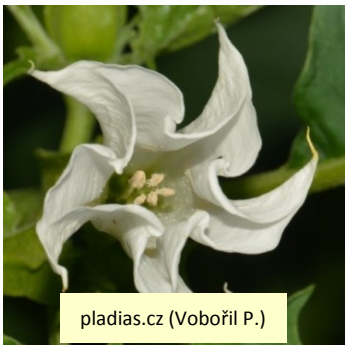





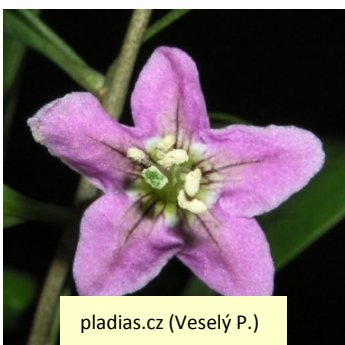
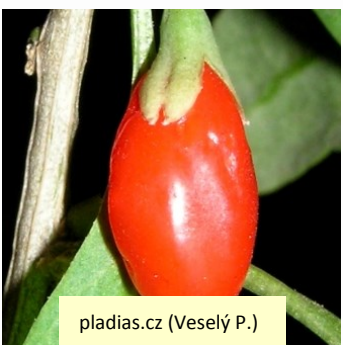
- Strauss, S., & Agrawal, A. (1999). The ecology and evolution of plant tolerance to herbivory. *Trends in ecology & evolution*, *14*, 179–185. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(98\)01576-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(98)01576-6)
- Šprynař, P., & Münzbergová, Z. (1998). *Prodromus pražské květeny. Muzeum a současnost*.
- The Angiosperm Phylogeny Group, Chase, M. W., Christenhusz, M. J. M., Fay, M. F., Byng, J. W., Judd, W. S., Soltis, D. E., Mabberley, D. J., Sennikov, A. N., Soltis, P. S., & Stevens, P. F. (2016). An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, *181*(1), 1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Tiffin, P. (2000). Mechanisms of tolerance to herbivore damage: What do we know? *Evolutionary Ecology*, *14*, 523–536. <https://doi.org/10.1023/A:1010881317261>
- Trigiano, R. N., Windham, M. T., & Windham, A. S. (2004). *Plant pathology: Concepts and Laboratory Exercises* (1st edition). CRC Press.
- Trumble, J., Kolodny-Hirsch, D., & Ting, I. (2003). Plant compensation for arthropod herbivory. *Annual Review of Entomology*, *38*, 93–119. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.38.010193.000521>
- Vichova, P., & Jahodář, L. (2003). Plant poisonings in children in the Czech Republic, 1996-2001. *Human & experimental toxicology*, *22*, 467–472. <https://doi.org/10.1191/0960327103ht387oa>
- Whittaker, R. H., & Feeny, P. P. (1971). Allelochemicals: Chemical interactions between species. *Science*, *171*(3973), 757–770.
- Wink, M. (1993). The plant vacuole: A multifunctional compartment. *Journal of Experimental Botany*, *44*, 231–246.
- Wink, M. (2000). Interference of alkaloids with neuroreceptors and ion channels. *Studies in Natural Products Chemistry*, *21*, 3–122. [https://doi.org/10.1016/S1572-5995\(00\)80004-6](https://doi.org/10.1016/S1572-5995(00)80004-6)
- Wink, M. (2008). Plant secondary metabolism: Diversity, function and its evolution. *Natural Product Communications*, *3*(8), 1934578X0800300801. <https://doi.org/10.1177/1934578X0800300801>
- Wink, M. (2016). Secondary metabolites, the role in plant diversification of. *Encyclopedia of Evolutionary Biology*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800049-6.00263-8>
- Zhenghao, X., & Meihua, D. (2017). *Identification and control of common weeds: Volume 2*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-024-1157-7>










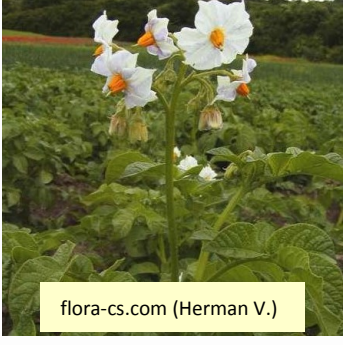

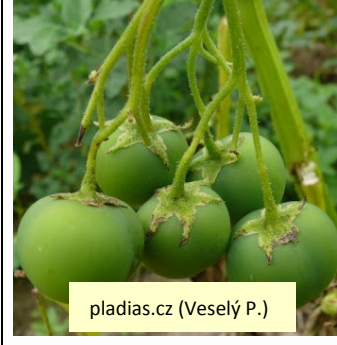
Všechny chemické sloučeniny použité v práci byly vytvořeny za pomoci chemdraw.com

10 Přílohy




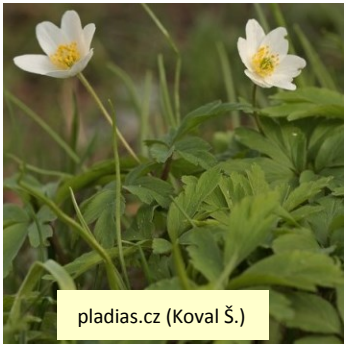




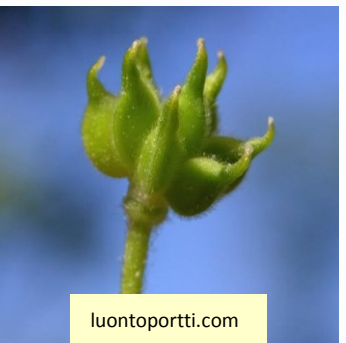

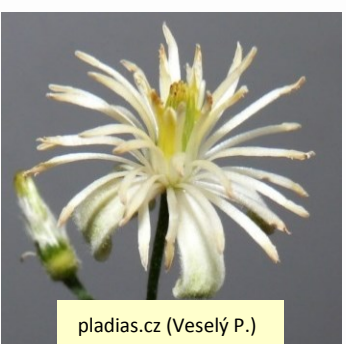

Tabulka 1 – Obrázky rostlin čeledi <i>Solanaceae</i>	2
Tabulka 2 – Obrázky rostlin čeledi <i>Ranunculaceae</i>	4
Tabulka 3 – Přehled a rozdělení rostlinných sekundárních metabolitů	6
Tabulka 4 – Původ, ohrožení a otravy vybraných rostlin ze <i>Solanaceae</i>	6
Tabulka 5 – Původ, ohrožení a otravy vybraných rostlin z <i>Ranunculaceae</i>	7
Tabulka 6 – Vakuolové obranné mechanismy	8













Tabulka 1 – Obrázky rostlin čeledi *Solanaceae*

	habitus	květ	plod
<i>Atropa bella-donna</i> L.	 frozensseeds.com	 pladias.cz (Motyčka V.)	 biolib.cz (Kocna P.)
<i>Datura stramonium</i> L.	 elinotes.com	 pladias.cz (Vobořil P.)	 pladias.cz (Motyčka V.)
<i>Hyoscyamus niger</i> L.	 pladias.cz (Halúzová J.)	 pladias.cz (Halúzová J.)	 natuurfotografie.nl
<i>Lycium barbarum</i> L.	 promessedefleurs.com	 pladias.cz (Veselý P.)	 pladias.cz (Veselý P.)

<i>Nicotiana tabacum</i> L.	 <p>pladias.cz (Michalcová D.)</p>	 <p>botany.cz</p>	 <p>pladias.cz (Michalcová D.)</p>
<i>Solanum dulcamara</i> L.	 <p>pnwflowers.com (Turner)</p>	 <p>pladias.cz (Motyčka V.)</p>	 <p>naturewonders.org</p>
<i>Solanum nigrum</i> L.	 <p>line.17qq.com</p>	 <p>flickr.com</p>	 <p>blanokridlivpraze.cz</p>
<i>Solanum tuberosum</i> L.	 <p>flora-cs.com (Herman V.)</p>	 <p>pladias.cz (Michalcová D.)</p>	 <p>pladias.cz (Veselý P.)</p>

Tabulka 2 – Obrázky rostlin čeledi *Ranunculaceae*

	habitus	květ	plod
<i>Adonis vernalis</i> L.	 deviantart.com	 pladias.cz (Hettenbergerová E.)	 francini-mycologie.fr (Francini)
<i>Anemone nemorosa</i> L.	 pladias.cz (Koval Š.)	 en.wikipedia.org (Bergsma D.)	 pladias.cz (Michalcová D.)
<i>Anemone ranunculoides</i> L.	 pladias.cz (Veselý P.)	 pladias.cz (Veselý P.)	 luontoportti.com
<i>Clematis vitalba</i> L.	 visoflora.com	 pladias.cz (Veselý P.)	 garten.cz

<p><i>Ficaria verna</i> susp. <i>verna</i> Wetheral</p>	 <p>pladias.cz (Lukavský J.)</p>	 <p>pladias.cz (Michalcová D.)</p>	 <p>discoverlife.org</p>
<p><i>Hepatica nobilis</i> Schreb.</p>	 <p>all-andorra.com</p>	 <p>biolib.cz (Zicha O.)</p>	 <p>namethatplant.net</p>
<p><i>Pulsatilla pratensis</i> subsp. <i>bohemica</i> Skalický</p>	 <p>pladias.cz (Mejstřík M.)</p>	 <p>pladias.cz (Hettenbergerová E.)</p>	 <p>pladias.cz (Mejstřík M.)</p>
<p><i>Ranunculus acris</i> L.</p>	 <p>inaturalist.org</p>	 <p>pladias.cz (Michalcová D.)</p>	 <p>bgflora.net (Metodiev K.)</p>

Tabulka 3 – Přehled a rozdělení rostlinných sekundárních metabolitů

Rostlinné sekundární metabolity		
Terpeny	Fenolické sloučeniny	Sloučeniny obsahující N a S
hemiterpeny, monoterpeny, seskviterpeny, diterpeny, triterpeny, tetraterpeny, polyterpeny, steroidy , saponiny , glykosidy , hormony, karotenoidy, silice	fenolické kyseliny, ligniny, lignany, flavonoidy , kumariny, furanokumariny, smíšené fenolické látky	alkaloidy , neproteinogenní AK, kyanogenní glykosidy glukosinoláty , fytoalexiny, defensiny, thioniny, alinin, glutathion

Převzato a přeloženo z (Jamwal et al., 2018)

Tabulka 4 – Původ, ohrožení a otravy vybraných rostlin ze *Solanaceae*

Podčeleď	Rod	Druh	Původ	Ohroženost	Otravy
Nicotianoideae	Nicotiana	<i>Nicotiana glauca</i> L.	N, P	LC/NA	
		<i>Nicotiana rustica</i> L.	N, P	LC/NA	√
		<i>Nicotiana tabacum</i> L.	N, P	LC/NA	√
Petunioideae	Petunia	<i>Petunia Atkinsana</i> D. Don ex Loudon	N	-	
Solanoideae	Atropa	<i>Atropa bella-donna</i> L.	PV	LC/NA	√
	Datura	<i>Datura stramonium</i> L.	N, Z	LC/NA	√
	Hyoscyamus	<i>Hyoscyamus niger</i> L.	A, Z	VU (C3)	√
	Lycium	<i>Lycium barbarum</i> L.	N, I	LC/NA	
	Solanum	<i>Solanum decipiens</i> Opiz.	N, Z	LC/NA	
		<i>Solanum dulcamara</i> L.	PV	LC/NA	√
		<i>Solanum nigrum</i> L.	A, Z	LC/NA	√
		<i>Solanum tuberosum</i> L.	N, P	LC/NA	√
		<i>Solanum villosum</i> Mill.	N	LC/NA	

Vytvořeno podle Pladias – databáze české flóry a vegetace, www.pladias.cz

(Danihelka et al., 2012; Chytrý et al., 2021; Pyšek et al., 2012)

PV (původní), A (archeofyt), N (neofyt), I (invazní), Z (zdomácnělý), PS (pěstovaný), CR (kriticky ohrožený), EN (ohrožený), VU (zranitelný), NT (téměř ohrožený), LC/NA (málo dotčený taxon, který není zařazen do Červeného seznamu) LC (málo dotčený), DD (taxon, o němž jsou nedostatečné údaje), √ (potvrzené otravy)

C1t (kriticky ohrožený taxon, vzácný), C2b (silně ohrožený taxon, vzácný a ustupující), C2r (silně ohrožený taxon, vzácný), C2t (silně ohrožený taxon, ustupující), C3 (ohrožený taxon), C4a (vzácnější taxon vyžadující pozornost), C4b (vzácnější taxon, nejasný případ)

Tabulka 5 – Původ, ohrožení a otravy vybraných rostlin z *Ranunculaceae*

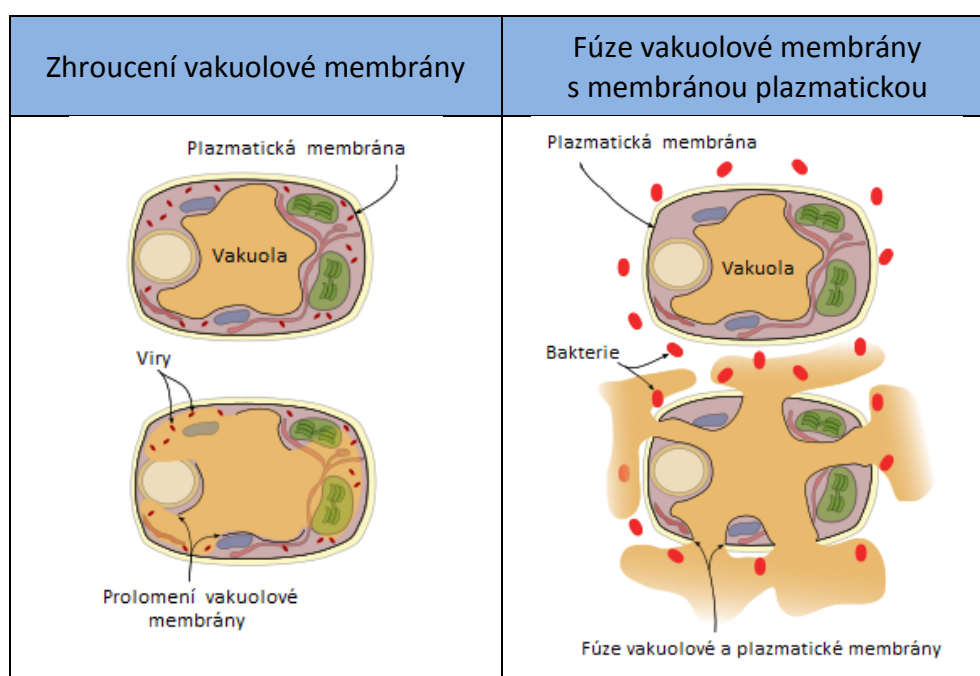
	Rod	Druh	Původ	Ohroženost	Otravy
Ranunculoideae	Aconitum	<i>Aconitum anthora</i> L.	PV	NT (C3)	
		<i>Aconitum lycoctonum</i> L.	PV	LC (C4a)	
		<i>Aconitum variegatum</i> L.	PV	LC (C3)	
	Adonis	<i>Adonis aestivalis</i> L.	A	NT (C3)	√
		<i>Adonis vernalis</i> L.	PV	VU (C2b)	
	Anemone	<i>Anemone nemorosa</i> L.	PV	LC/NA	
		<i>Anemone ranunculoides</i> L.	PV	LC/NA	
		<i>Anemone sylvestris</i> L.	PV	EN (C2b)	√
	Clematis	<i>Clematis recta</i> L.	PV	NT (C3)	
		<i>Clematis vitalba</i> L.	PV	LC/NA	
	Ficaria	<i>Ficaria verna</i> susp. <i>verna</i> Wetheral	PV	LC/NA	√
	Helleborus	<i>Helleborus foetidus</i> L.	N	LC/NA	
		<i>Helleborus orientalis</i> Lam.	N	LC/NA	
		<i>Helleborus viridis</i> L.	N	LC/NA	
	Hepatica	<i>Hepatica Nobilis</i> Schreb.	PV	LC/NA	
	Myosurus	<i>Myosurus minimus</i> L.	PV	NT (C3)	
	Pulsatilla	<i>Pulsatilla grandis</i> Wenderoth	PV, PS	VU (C2b)	
		<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	PV	CR (C1t)	
		<i>Pulsatilla pratensis</i> subsp. <i>bohemica</i> Skalický	PV	VU (C2b)	
	Ranunculus	<i>Ranunculus acris</i> L.	PV	LC/NA	√
		<i>Ranunculus aquatilis</i> L.	PV	DD (C4b)	
		<i>Ranunculus arvensis</i> L.	A, Z	EN (C2t)	√
		<i>Ranunculus auricomus</i> agg.	PV	-	
<i>Ranunculus bulbosus</i> L.		PV	LC/NA		
<i>Ranunculus circinatus</i> Sibth.		PV	NT (C3)		
<i>Ranunculus flammula</i> L.		PV	LC/NA	√	
<i>Ranunculus fluitans</i> Lam.		PV	LC (C4a)		
<i>Ranunculus illyricus</i> L.		PV	VU (C2b)	√	
<i>Ranunculus lanuginosus</i> L.		PV	LC/NA		
<i>Ranunculus polyathemos</i> L.		PV	LC/NA		
<i>Ranunculus repens</i> L.		PV	LC/NA	√	
<i>Ranunculus rionii</i> Lager		PV	VU (C2b)		
<i>Ranunculus scleratus</i> L.		PV	LC/NA	√	
<i>Ranunculus trichophyllus</i> Chaix	PV	LC (C4a)			

Thalictroideae	Thalicttrum	<i>Thalicttrum foetidum</i> L.	PV	EN (C2r)	
		<i>Thalicttrum lucidum</i> L.	PV	NT (C3)	
		<i>Thalicttrum minus</i> subsp. <i>minus</i> L.	PV	NT (C3)	

Vytvořeno podle Pladias – databáze české flóry a vegetace, www.pladias.cz

(Danihelka et al., 2012; Chytrý et al., 2021; Pyšek et al., 2012)

Tabulka 6 – Vakuolové obranné mechanismy



Převzato a přeloženo z mmegias.webs.uvigo.es/02-english/5-celulas/5-vacuolas.php