

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra ochrany rostlin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Účinnost extraktů z vybraných druhů rostlin používaných
jako koření na vybrané charakteristiky svlušky chmelové
(*Tetranychus urticae*)**

Bakalářská práce

**David Ineman
Zahradnictví**

**Konzultant: doc. Ing. Roman Pavela, Ph.D.
Vedoucí práce: prof. Ing. Pavel Ryšánek, CSc.**

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Účinnost extraktů z vybraných druhů rostlin používaných jako koření na vybrané charakteristiky svilušky chmelové (*Tetranychus urticae*)" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 28.04.2024

Poděkování

Rád bych touto cestou vyjádřil upřímné díky prof. Ing. Pavlu Ryšánkovi, CSc., za jeho zásadní podporu a povzbuzení, a rovněž doc. Ing. Romanu Pavelovi, Ph.D., za jeho vstřícnost a ochotu pomoci. Oba mi poskytli cenné rady a podporu, za což jim velice děkuji.

Nesmím opomenout mou podporující rodinu a přátele, bez nich bych nedokázal překonat všechny výzvy na cestě za dosažením cílů.

Účinnost extraktů z vybraných druhů rostlin používaných jako koření na vybrané charakteristiky svilušky chmelové (*Tetranychus urticae*)

Souhrn

Cílem této bakalářské práce bylo ověřit biologickou účinnost několika vybraných koření, která se běžně používají v kuchyni, a ohodnotit jejich potenciální pesticidní účinky. Konkrétně byla testována koření jako *Syzygium aromaticum* (hřebíček), *Cinnamomum verum* (skořice), *Capsicum frutescens* (chilli), *Piper nigrum* (černý pepř) a *Mentha piperita* (máta peprná), z nichž byly vytvořeny extrakty louhováním ve vodě.

Účinnost těchto extraktů byla zkoumána na škůdcích užitkových plodin a okrasných rostlin. V rámci studie byly stanoveny hodnoty LC50 a LC90, přičemž všechny extrakty působily značnou mortalitu, ale nejvyšší toxicita byla prokázala u extraktů z *Capsicum frutescens*, s hodnotami LC50: 19,5 a LC90: 46,9.

Klíčová slova: rostlinné extrakty, mortalita, sviluška, *Tetranychus urticae*

The effectiveness of extracts from selected species of plants used as spices on selected characteristics of the hop weevil (*Tetranychus urticae*)

Summary

The aim of this bachelor thesis was to verify the biological efficacy of several selected spices commonly used in the kitchen and to evaluate their potential pesticidal effects. Specifically, spices such as *Syzygium aromaticum* (cloves), *Cinnamomum verum* (cinnamon), *Capsicum frutescens* (chilli), *Piper nigrum* (black pepper) and *Mentha piperita* (peppermint) were tested and extracts were made by leaching in water.

The efficacy of these extracts was investigated on pests of commercial crops and ornamental plants. LC50 and LC90 values were determined in the study, and all extracts caused significant mortality, but the highest toxicity was shown for extracts of *Capsicum frutescens*, with LC50: 19.5 and LC90: 46.9.

Translated with www.DeepL.com/Translator (free version)

Keywords: plant extracts, mortality, silkworm, *Tetranychus urticae*

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíl práce.....	11
3	Literární rešerše.....	12
3.1	Historie.....	12
3.2	Pesticidy.....	13
3.2.1	Rozdělení pesticidů.....	13
3.2.2	Problematika pesticidů.....	14
3.2.3	Biopesticidy.....	14
3.2.4	Botanické pesticidy.....	14
3.2.5	Rezistence.....	17
3.3	Rostlinné extrakty.....	19
3.4	Fazol obecný (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	19
3.4.1	využití.....	19
3.4.2	Popis.....	20
3.4.3	pěstování.....	21
3.4.4	Hlavní choroby /škůdce.....	21
3.5	Sviluška chmelová (<i>Tetranychus urticae</i> Koch).....	21
3.5.1	Charakteristika.....	22
3.5.2	Morfologie a anatomie.....	22
3.5.3	životní cyklus.....	23
3.5.4	Vhodné podmínky.....	23
3.5.5	Chování.....	23
3.5.6	Přirození nepřátelé.....	24
3.6	Škody způsobené Sviluškou.....	24
3.6.1	Hostitelské rostliny.....	25
3.6.2	Ochrana.....	25
3.6.3	Rezistence svilušky.....	26
3.7	Rostlinné extrakty z aromatických rostlin.....	26
3.8	Hřebíčkovce vonný (<i>Syzygium aromaticum</i> L.).....	26
3.8.1	Využití.....	26
3.8.2	Botanický popis.....	28
3.8.3	Obsažené látky (účinné složky).....	28
3.8.4	Pesticidní účinky.....	28
3.9	Pepřovník černý (<i>Piper nigrum</i> L.).....	29

3.9.1	Využití	29
3.9.2	Botanický popis.....	30
3.9.3	Obsažené látky.....	30
3.9.4	Pesticidní účinky	30
3.10	Skořicovník pravý (<i>Cinnamomum verum</i> J.)	31
3.10.1	Využití	31
3.10.2	Botanický popis.....	31
3.10.3	Obsažené látky.....	32
3.10.4	Pesticidní účinky	32
3.11	Paprika křovitá (<i>Capsicum frutescens</i> L.).....	32
3.11.1	Využití	33
3.11.2	Botanický popis.....	33
3.11.3	Obsažené látky.....	34
3.11.4	Pesticidní účinky	34
3.12	Máta peprná (<i>Mentha x piperita</i> L.).....	35
3.12.1	Využití	35
3.12.2	Popis.....	36
3.12.3	obsažené látky	36
3.12.4	Pesticidní účinky	36
4	Metodika.....	37
4.1	Pokusné prostředí.....	37
4.2	Pokusný škůdce	37
4.3	Rostliny použité v pokusu	38
4.4	Použité extrakty.....	38
4.5	Biologické testy.....	39
4.6	Zjištění rozpustných látek ve vodě.....	41
4.7	Výpočty a statistické metody	42
5	Výsledky	43
5.1	Účinnost extraktů na mortalitu	43
5.1.1	Extrakty z <i>Capsicum frutescens</i>	43
5.1.2	Extrakty ze <i>Syzygium aromaticum</i>	45
5.1.3	Extrakty z <i>Mentha piperita</i>	46
5.1.4	Vzájemné porovnání.....	47
5.1.5	Letální koncentrace	47
6	Diskuze.....	49
7	Závěr	52
8	Literatura.....	53

1 Úvod

Zhruba před 10 000 lety došlo ke vzniku zemědělství, které se s postupem času vyvíjelo až do současné podoby. Zpočátku se zemědělské postupy ve značné míře opíraly o setí smíšených kultur, později o střídání plodin a zlepšování agrotechniky a výživy rostlin. V ochraně bylo často nevědomky využíváno mechanismů přirozené regulace chorob a škůdců, jako je např. predace, parazitizmus a kompetice (Pavela 2020).

V průběhu vývoje zemědělství tak přišli na řadu (v průběhu 19. století) chemici, kteří se pokusili, mimo jiné, syntetizovat analogy rostlinných biologicky aktivních látek. Dali tak vzniknout prvním syntetickým pesticidům. Započala tak éra, chemizace" zemědělské výroby. Syntetické přípravky postupně vytlačily botanické pesticidy nejen v Evropě, ale také v dalších rozvinutých státech. Časem se však zjistilo, že nadměrné používání syntetických pesticidů vede k mnoha problémům. Připomeňme si alespoň problémy s rezidui v potravním řetězci, které měly neblahý vliv na naše zdraví nebo problémy se vznikem rezistentních populací patogenů a škůdců (Pavela 2020).

Syntetické akaricidy se hojně používají k hubení *Tetranychus urticae*. Vzhledem k nadměrnému používání biocidů a s tím spojených problémů rezistence vůči pesticidům a znečištění životního prostředí roste poptávka po udržitelných, ekologicky šetrných metodách ochrany. Mezi současnými alternativními strategiemi zaměřenými na snížení populací škůdců jsou v současnosti jednou z nejslibnějších metod pesticidy na bázi rostlinných extraktů (Attia et al. 2015).

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce na téma „Účinnost extraktů z vybraných druhů rostlin používaných jako koření na vybrané charakteristiky svilušky chmelové (*Tetranychus urticae*)“ bylo zjistit a porovnat vliv nejlepších extraktů získaných z rostlin *Syzygium aromaticum*, *Cinnamomum verum*, *Capsicum frutescens*, *Piper nigrum* a *Mentha piperita* na mortalitu dospělců a nymf svilušky chmelové (*Tetranychus urticae*). Na základě pozorování zjištěné účinnosti bude vybrán nejúčinnější extrakt, který bude cílem diskuse o jeho možném využití v rámci ochrany rostlin.

3 Literární rešerše

3.1 Historie

Předpokládá se, že lidé si začali všimnout chorob a škůdců rostlin v době zhruba 11 000 let př. n. l., když se začali usazovat na jednom místě a patogeny se pro ně, jako zemědělce staly trvalou hrozbou (Kůdela 2016).

Žádná jiná činnost, kterou člověk ve své historii vykonával, se nemůže rovnat přechodu od sběru planých rostlin a lovu zvěře k jejich cílenému pěstování a chovu. Následovalo zdokonalování zpracování půdy, jež umožnilo rozmanitější dělbu práce (Kůdela 2016). Roli léčitele jak těla, duše i rostlin zastupoval šaman (Kůdela 2016).

Z historických pramenů se můžeme dočíst, že jakožto totální herbicid byl používán popel společně se solí Římskou armádou a prvním používaným fungicidem byla síra ve formě kouře za účelem dezinfekce sýpek a skladů okolo roku 1000 př. n. l. Homérem (Pavela 2020). Z pozdějších zpráv můžeme zmínit například zápisky Marca Pola (okolo roku 1300), v nichž se zmiňuje o používání olejů proti velbloudímu svrabu (Pavela 2020).

Po středověku postupně přibývalo literatury o používání rostlin k prevenci škůdců a chorob. Například v roce 1763 se ve Francii začala používat směs tabáku a vápna k hubení mšic (Zhang et al. 2015). Prvními syntetickými organickými insekticidy, které se objevily pro veřejné použití, byly pravděpodobně dinitrosloucheniny a thiokyanatany na počátku 30. let 20. století. Počínaje těmito lety došlo k významným poznatkům, které vedly k rozšíření nových syntetických pesticidů včetně DDT, organofosfátů a pyretroidů. Právě období mezi lety 1935 a 1950 bylo charakteristické vývojem DDT a dalších chlorovaných uhlovodíkových insekticidů (Costa et al. 1987). V roce 1946 se objevily první případy rezistence vůči DDT u zástupců much, komárů a štěnic a postupem času se k populacím rezistentním vůči DDT přidávaly další a další druhy (Forgash 1984). V 50. letech v USA, kdy nastal rozmach používání syntetických insekticidů, byla vyvinuta dozorovaná regulace hmyzu a přešlo se od kalendářní aplikace k integrované regulaci škůdců, na základě monitoringu (Kůdela 2016). V druhé polovině 20. století se začali formovat nové způsoby ochrany rostlin a pomalu se směřovalo k zavedení souborů vzájemně se doplňujících agrotechnických, biologických, chemických a fyzikálních metod, které by mohly v dlouhém časovém intervalu regulovat činnost nepříznivých činitelů s minimálními negativními dopady na ekosystém (Pavela 2020). Už na konci 20. století sílil velký celospolečenský tlak na snížení spotřeby agrochemikálií, včetně syntetických pesticidů (Pavela 2020). V posledních zhruba 10 letech domácí vědci dále rozšířili rozsah screeningu a

zároveň věnují větší pozornost objevování speciálních biologických aktivit látek rostlinného původu (Zhang et al. 2015).

3.2 Pesticidy

Pesticid: látka určená k hubení nebo potlačení aktivity škodlivého organismu (Hudec & Gutten 2007). Pesticidy jsou využívány jako rychlé a levné řešení v případě střetu se škodlivými faktory v nejrůznějších typech prostředí. Jejich nadužívání může způsobovat následné potíže, ve formě kontaminování téměř každé částech životního prostředí. Následně toto jednání ohrožuje jak drobné druhy necílových organismů, tak i ty větší mezi které můžeme zařadit i člověka (Kúdela 2016).

Vědecká komunita se shoduje na tom, že pesticidy jsou hlavním faktorem odpovědným za pozorovaný pokles biologické rozmanitosti na souši. Pesticidy jsou však také vnímány jako chemické látky s nejpřísnější regulací, která pro registraci v Evropské unii vyžaduje hloubkové hodnocení rizik pro životní prostředí provedením souboru studií na toxicitu a výpočty s využitím předpokládaných hodnot expozice pro výpočet rizika. Pokud je riziko považováno za přijatelné, mohou být pesticidy uvedeny na trh (Brühl & Zaller 2019).

3.2.1 Rozdělení pesticidů

Přípravky na ochranu rostlin, označované jako pesticidy, se dělí na několik skupin. Mezi nejčastěji používané patří herbicidy proti plevelům a fungicidy, které působí proti fytopatogenním houbám. Další skupinou tvoří zoocidy, určené k regulaci živočišných škůdců, ty se dále dělí na nematocidy zaměřené pro boj s háďátkami, akaricidy proti roztočům, insekticidy působící na hmyz, moluskocidy v rámci slimáků a v neposlední řadě rodenticidy určené pro hlodavce. Kromě těchto běžných pesticidních přípravků existují také repelenty a regulátory růstu (Kazda et al. 2010). Pesticidy se také mohou rozřadit do šesti kategorií podle toxicity pro člověka od vysoce toxických, toxických, zdraví škodlivých, dráždivých až po žiravé (Kazda et al. 2010). Dále by se dali přípravky rozdělit podle působení v rostlině na: Kontaktní, kdy je účinná látka aplikována na povrchu rostliny, kde působí. Systémové, účinkují pomaleji hlavně z důvodu nutnosti rozvést účinnou látku po celé rostlině. Hluběji do pletiv rostliny pronikají přípravky s hloubkovým účinkem, ale opět nepůsobí komplexně na celou rostlinu, ale pouze v okolí aplikace (Kazda et al. 2010). Nanopesticidy jsou novým trendem při tvorbě přípravků s řízeným a pomalým uvolňováním. Mohou zvýšit stabilitu, snížit těkavost, omezit uvolňování základního obsahu (Ashitha et al. 2020).

3.2.2 Problematika pesticidů

Pesticidy mohou být toxické pro organismus savců a v závislosti na celkové úrovni expozice mohou u lidí vyvolat řadu závažných zdravotních účinků. K otravám zemědělských pracovníků a dalších osob vystavených pesticidům může dojít v důsledku manipulace s pesticidy při výrobě nebo aplikaci nebo v důsledku kontaminace životního prostředí, např. kontaminovaných vodních zdrojů. To je problém hlavně v zemích globálního Jihu v situacích, kdy osoby pracující s pesticidy nemají dostatečný přístup k ochranným pomůckám a řádnému školení – celosvětově se odhaduje 26 milionů případů otravy pesticidy ročně, převážně v rozvojových zemích, kde také dochází k největšímu počtu úmrtí, který se odhaduje na 220 000 ročně (Bailey et al. 2010).

3.2.3 Biopesticidy

regulovány systémy určenými původně pro chemické pesticidy, které vytvořily překážky vstupu na trh tím, že na průmysl biopesticidů kladou vysoké nároky (Chandler et al. 2011).

V posledních 50 letech se ochrana plodin opírala především o syntetické chemické pesticidy, ale jejich dostupnost se nyní snižuje v důsledku nových právních předpisů a v důsledku vývoje rezistenčních populací škůdců (Chandler et al. 2011). To potvrzuje Seiber et al. tvrzením, že používání biopesticidů a souvisejících alternativních přípravků pro hospodaření se neustále rozšiřuje (2014). Biopesticidy začleněny do programů rostlinné výroby a ochrany proti škůdcům, nabízejí potenciál pro vyšší výnosy a kvalitu plodin než programy využívající pouze chemické látky (Marrone 2014).

3.2.4 Botanické pesticidy

Botanické insekticidy jsou již dlouho považovány za atraktivní alternativu k syntetickým chemickým insekticidům v boji proti škůdcům, protože rostlinné látky údajně nepředstavují velké nebezpečí pro životní prostředí ani pro lidské zdraví. Řimbaba a zederach jsou z komerčního hlediska dobře známé pesticidy, na bázi rostlinných esenciálních olejů. Na trh se dostaly teprve v nedávné době. Zároveň se zdá, že používání rotenonu je na ústupu (Isman 2006).

3.2.4.1 První generace

Jedná se o nejstarší a nejučinnější botanické insekticidy. Patří sem pro hmyz vysoce toxické přípravky a jejich používání je dnes omezeno na uzavřené prostory (Pavela 2020).

- Nicotin

Hlavním zdrojem je druhu *Nicotina tabacum* L. jehož rostliny obsahují celou řadu biologicky aktivních látek především potom alkaloidy. Ty mohou dosahovat obsahu v listech až okolo 10 %. Alkaloidy jsou vysoce jedovaté nejen pro hmyz, ale také pro člověka. Nikotin je velmi stabilní a na hmyz účinkuje velmi rychle (Pavela 2011). Roku 1904 se podařilo nikotin syntetizovat a stal se tak základem dodnes používaných insekticidů (Pavela 2006).

- Rotenon

Rotenon je krystalickým isoflavonem bez barvy a zápachu, který se používá jako insekticid, piscid a širokospektrální pesticid dříve běžně používaný v zemědělství (Bisbal & Sanchez 2019). Účinná látka izolovaná především z kořenů tropických druhů kožnatců (*Derris*) zabraňuje dýchání hmyzu a tím jejich celkovou paralýzu (Pavela 2006). Pesticidy, jako je rotenon a parakvat, jsou předpokládány choroboplodnými faktory při vzniku Parkinsonovy choroby, druhého nejčastějšího neurodegenerativního onemocnění (Qi et al. 2014).

- Pyretrum

Květy chryzantém poskytují důležitý insekticid, pyrethrin. Pyrethrin je koncentrován především v olejích na povrchu semen uvnitř těsně sevřené květního úboru, ale lze jej nalézt i v ostatních částech rostliny, avšak v mnohem nižších koncentracích. Pyrethrin není toxický pro savce a další teplokrevné živočichy, je nestabilní na světle, za přítomnosti kyslíku, vody a při zvýšených teplotách, a proto je vysoce biologicky odbouratelný. Vzhledem k tomu, že je šetrný k životnímu prostředí, je hlavním insekticidem v systémech ekologického zemědělství (Grdiša 2009). Ovšem Soni se zmiňuje, že pyrethriny narušují normální funkci pohlavních hormonů. Inhibují vazbu pohlavních hormonů na kůži lidských pohlavních orgánů a bílkoviny v lidské krvi. Agentura pro ochranu životního prostředí (EPA) klasifikuje pyrethriny jako "pravděpodobné lidské karcinogeny", protože v laboratorních testech způsobují nádory štítné žlázy. Zemědělci, kteří používají pyrethriny, mají zvýšené riziko vzniku leukémie. Pyrethriny jsou extrémně toxické pro včely, ryby a další vodní živočichy (2014).

3.2.4.2 Druhá generace

Botanické pesticidy tvořené od poloviny 20. století. Hlavní rozdíl od předchozí generace je snaha vyvarovat se všem možným nežádoucím vlivům působící negativně na zdraví. Snaha

o vytvoření selektivních přípravků tvořených převážně z léčivých bylin, které působí nejen přímým způsobem, ale účinkují i preventivně (Pavela 2011).

- Azadirachtin

Je zajímavou sloučeninou jak pro svou chemickou strukturu, jejíž vyřešení trvalo 18-22 let, tak pro své biologické vlastnosti, kdy působí na mnoho druhů hmyzu jako odpuzující látka a narušuje nárůst mnoha dalších členovců (Morgan 2009). V současnosti je na stejné bázi vyráběna celá řada insekticidů, které mají ovšem neduh v podobě rychlé degradace při vystavení vodě a slunečnímu záření, což způsobuje, že při používání produktů s obsahem této látky záleží na snaze výrobce předejít tomuto výsledku (Pavela 2006).

- Pangamol

V ochraně rostlin našel uplatnění hlavně olej ze semen *Pongamia pinnata* obsahující polyfenolické látky a karboxilové mastné kyseliny, které mají výrazné pesticidní účinky. Je zajímavé, že květy, listy a semena byly používány v lidovém léčitelství při léčbě kožních onemocnění, revmatu, nachlazení, průjmů i depresí (Pavela 2011). Olej je velmi účinný proti mšicím, molicím a sviluškám, kde se uplatní kromě jeho přímého insekticidního účinku (tj. účinku na mortalitu) také účinek antiovipoziční a repelentní (Pavela 2006).

- Esenciální oleje

představují díky své povaze (jako rostlinné sekundární metabolity) bezpečnější alternativu v mnoha použitích, jako je konzervace potravin, biomedicíně, kosmetice nebo zemědělství. Z chemického hlediska představují EO komplexní a jedinečnou směs sloučenin, specifickou pro každou rostlinu (Fierascu et al. 2020). Velkou výhodou této skupiny je jejich netoxičnost pro teplokrevné živočichy a ani citlivé ryby, neboť účinné látky v nich jsou prchavé jak ve vodě, tak v půdě. Bohužel jejich používání znemožňují tři hlavní faktory: nedostatek přírodních zdrojů. Chemická normalizace spolu s kontrolou jakosti a potíže při registraci (Pavela 2006).

3.2.4.3 Třetí generace

Spíše, než o pesticid se jedná o pomocné látky, jelikož přípravky jsou čistě preventivního charakteru, který podporuje růst a obranyschopnost rostlin. Pokud má rostlina ideální životní podmínky, nebudou tyto přípravky příliš účinkovat a je vhodné jejich aplikaci zařadit v období, kdy by mohla strádat (Pavela 2011). Celkově je těžké nedospět k závěru, že nejlepší role botanických přípravků, v majetnějších krajinách, je převážně v oblasti veřejného zdraví a pro spotřebitelské použití (Isman 2006).

3.2.5 Rezistence

U organismů se projevuje rezistence, když jsou schopné tolerovat dávky pesticidů, které byly původně pro většinu populace smrtící. Tento jev rezistence je založen na evolučním selekčním procesu, při kterém počet rezistentních jedinců postupně narůstá v důsledku zvýšeného selekčního tlaku způsobeného repetitivním používáním stejné účinné látky. Rezistence může být specifická pro jednu chemickou látku, ale je také možné, že postihne celou skupinu látek s podobnými účinky (Kazda et al. 2010).

V průběhu evolučního vývoje, který trval miliony let, bylo pro živočichy nezbytné přizpůsobovat se proměnlivým životním podmínkám. Relativně nedávno začal člověk tyto podmínky měnit s nebývalou rychlostí. Některé druhy se však ukázaly jako mimořádně adaptabilní v reakci na lidskou aktivitu, což jim umožnilo nejen přežít, ale i konkurovat člověku v jeho vlastním prostředí. Příkladem jsou hmyz, roztoči a hlodavci, kteří se dokáží vyrovnat s novými výzvami a adaptovat se na různé nástrahy současného světa. První vědecky popsané případy rezistence proti anorganickým insekticidům jsou zaznamenány v roce 1914 a během dalších třiceti let jejich počet narůstal (Kazda et al. 2010).

- Mechanismy rezistence

U hmyzích škůdců je známo 5 hlavních mechanismů rezistence k insekticidům: (1) zvýšení metabolismu biologicky aktivních látek, tj. degradace pesticidu specifickými detoxikačními enzymy (tzv. metabolická rezistence), (2) omezená účinnost penetrace účinných látek pesticidu přes kutikulu hmyzu, (3) zvýšené vylučování účinné látky pesticidu (4) redukce citlivosti nervového systému na místě působení insekticidu vlivem mutace genů (např. *kdr* rezistence), (5) rezistence podmíněná změnou chování, tj. vyhnutí se místu, kde byl insekticid aplikován (Kocourek et al. 2020). U jednoho druhu hmyzu se může vyskytnout současně několik mechanismů rezistence (Kocourek et al. 2020).

Když se populace škůdců stane odolnou vůči několika účinným látkám s identickými účinky, mluvíme o křížové rezistenci. Příkladem takové situace může být, když se u populace mandelinky bramborové vyvinula odolnost proti různým typům organofosfátů, a to i proti těm, se kterými se nikdy nesešla, díky předchozímu kontaktu s jiným členem z této skupiny pesticidů.

Ještě závažnější je výskyt mnohočetné rezistence, kde škůdci vykazují odolnost vůči několika různým typům pesticidů s odlišnými účinky. Například obaleč jablečný může být rezistentní současně k organofosfátům, juvenoidům a inhibitorům tvorby chitinu.

V rámci boje proti rezistenci je možné využít strategie založené na principu negativní křížové rezistence, kdy škůdci rezistentní k jedné skupině chemikálií jsou citlivější k jiné. Příklad toho je situace, kdy populace blýskáčka řepkového odolná vůči pyretroidům, ale je zároveň citlivější na organofosfáty. Tato strategie může být podpořena modely fenologie škůdců, které zahrnují simulaci a analýzu podílu rezistentních jedinců v populaci (Kocourek 2020).

Rezistence vůči insekticidům a herbicidům už stála zemědělství miliardy amerických dolarů a mohla by mít za následek miliony ztracených životů v důsledku chorob způsobených hmyzem. I nadále většinou používáme pesticidy, jako by rezistence byla dočasným problémem, který bude vyřešen komercializací nových pesticidů s novými způsoby účinku (Gould et al. 2018). Vzhledem k nebezpečí vzniku rezistence i u dalších škůdců polních plodin je nutné zachovávat zásady antirezistentní strategie:

- 1) Využívání všech možných metod a prostředků kromě chemické ochrany.
- 2) Ošetření pouze nezbytné plochy
- 3) Omezení stejných účinných látek
- 4) Nesnižovat doporučené dávkování
- 5) Nepoužívat příliš dlouho působící přípravky
- 6) Zavedení území bez používání pesticidů, pro vývoj citlivých jedinců

(Kazda et al. 2010).

Hledání nových insekticidů a vylepšování těch starých stále pokračuje. Téměř u všech druhů hmyzu se vyvíjí rezistence vůči používaným insekticidům. Tato skutečnost nutí vědce k vytváření nových přípravků. V současné době je vyvíjeno mnoho nových chemických insekticidů, které se objevují na trhu. Příklady takových insekticidů jsou: fenylpyrazoly, pyretroidy 4. generace, diamidy, spinosiny, regulátory růstu hmyzu, formamidinové insekticidy, botanické insekticidy a mnoho dalších (Oberemok et al. 2015).

Vzhledem k rozvoji rezistence vůči fungicidům se současně na trh uvádí mnoho fungicidů s rozličnými novými druhy účinku. Trend vývoje insekticidů se mění od organofosfátů, karbamátů a syntetických pyretroidů k nikotinovým a diamidovým insekticidům.

Nově byly vyvinuty a v praxi použity flupyradifuron a flupyrimin, které vykazují extrémně nízkou toxicitu pro včely medonosné (Umetsu & Shirai 2020).

3.3 Rostlinné extrakty

Jedním z nejúčinnějších způsobů, jak získat biologicky aktivní látky je macerováním sušené biomasy ve vodě či v ethanolu, methanolu, benzenu a jiných organické sloučeninách. Díky rozdílné polaritě rozpouštědel se může při výrobě ovlivňovat obsah konkrétních účinných látek, které chceme získat. Děje se tak hlavně při výrobě komerčních přípravků, v domácím prostředí se nejčastěji používá voda, nebo líh (Pavela 2020). Macerováním se získává aplikační roztok, který obsahuje řadu látek. Samotná účinnost takovýchto přípravků záleží na kvalitě všech použitých materiálů během výroby. Jejich použitím můžeme zvýšit vitalitu a zdravý růst (v případě nedostatku živin), podpořit vlastní syntézu obranných látek a v případě dostatečně silného extraktu pesticidní účinky (Pavela 2020).

Výhody:

- Netoxičnost – zdrojem jsou většinou běžně konzumované ingredience
- Rychlý rozklad – ošetřené plodiny je možné v relativně krátké době konzumovat
- Dostupnost materiálů – jak z volné přírody, tak nenákladným nákupem
- Zabránění rezistentní – celý komplex látek, na rozdíl od umělých preparátů
- Spektrum účinnosti – působí na více patogenů
- Jednoduché zacházení – nevyžadující přísná bezpečnostní opatření
- Minimální dopad na necílové organismy – obvykle mají predátoři jinou stavbu těla

Nevýhody:

- Pracnost – přípravu si člověk obstarává sám, ale trh se začíná měnit
- Omezená výroba – pokud se jedná o aplikování na velké ploše
- Znalosti – alespoň základní o účinných látkách
- Načasování aplikace – která je nutná provádět pravidelně
- Rozklad – vlivem abiotických vlivů se ničí a jsou účinné pouze v době aplikace

(Pavela 2020)

3.4 Fazol obecný (*Phaseolus vulgaris* L.)

Řád: bobotvaré (*Fabales*) Čeleď: bobovité (*Fabaceae*)

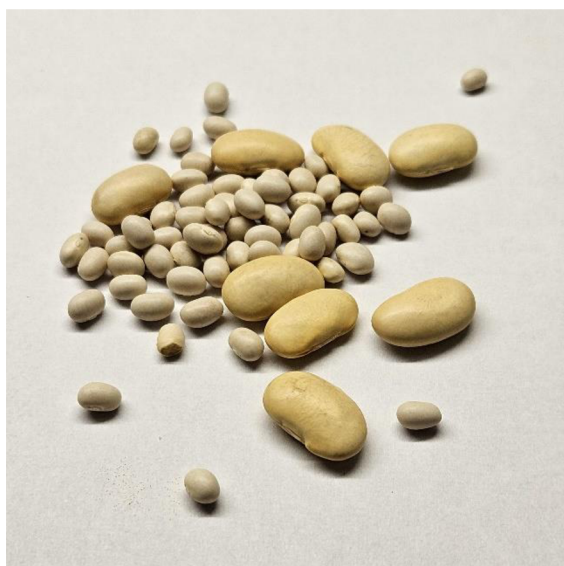
3.4.1 využití

Fazol obecný (*Phaseolus vulgaris* L.) je celosvětově nejdůležitější potravinářskou luštěninou pro přímé použití a na základě současných trendů růstu populace a spotřeby fazolí lze očekávat,

že poptávka po této plodině poroste (Elisa Bellucci 2013). Mezi kulináři se vedou diskuze, zda fazole před vařením namáčet či ne. Faktem je, že zkrátí doba přípravy a zvýrazní se tak jejich chuť. S fazolemi se můžeme setkat v nejrůznějších podobách a úpravách. Od konzervovaných, po tradiční sladké Japonské pasty aduki (Ingram 2006). Předpokládá se, že *Phaseolus vulgaris* má významnou roli v prevenci kardiovaskulárních příhod, které jsou hlavní příčinou úmrtnosti a nemocnosti na celém světě (Rodríguez et al. 2022)

3.4.2 Popis

Pěstované kultury jsou jednoleté byliny, které mají keřovitý nebo pnoucí charakter růstu. Po vyklíčení je rostlina zpočátku zakořeněná v zemi, ale brzy poté se objeví adventivní kořeny, které převládají nad křovím kořenem, který dorůstá 10-15 cm. Květy se skládají do paždí a tvoří vrcholový hrozen. Květy jsou souměrné, složené ze dvou pysků, s dvěma postranními křídélky a velkou, ven vybíhající pavézou. Barva květů je geneticky nezávislá na barvě semen, ale souvislost mezi určitými barvami květů a semen je běžná. Květy mohou být bílé, růžové nebo fialové. Květ obsahuje deset tyčinek a jeden vícečetný vaječník, je převážně samosprašný a vyvíjí se v rovný nebo mírně zakřivený plod neboli lusk. Semena mohou být kulatá, eliptická, mírně zploštělá nebo podlouhle zaoblená a vyskytují se v bohatém spektru barev a vzorů. Velikost semen se pohybuje od 50 mg u divokých odrůd sbíraných v Mexiku až po více než 2000 mg (Graham & Ranalli 1997).



Obrázek 1: Variabilita barvy, tvaru a velikosti fazolí *P. vulgaris* (foto: David Ineman)

Fazol obecný (*Phaseolus vulgaris* L.) byl domestikován v horských oblastech Latinské Ameriky před více než 7000 lety. Byla identifikována dvě centra původu této plodiny a jejich

vzájemné oddělování bylo zdokumentováno na základě archeologických, morfologických, agronomických a alozymových vzorců a proteinů v semenech (Graham & Ranalli 1997). Volně rostoucí *P. vulgaris* pochází z Mezoameriky a po svém rozšíření se začal používat od severního Mexika až po severozápadní Argentinu (Bellucci et al. 2014).

3.4.3 pěstování

Fazol je vysoce náročný na teplotu, která by se měla pohybovat minimálně v půdě nad 10-12 °C. Stanoviště vyžaduje chráněná před větrem. Vhodné jsou hluboké, středně těžké, humózní půdy s hodnotou pH 6,0-7,5. Pozornost je třeba věnovat dostatečným zásobám vláhly a také prospívá mírnému přihnojování (Wohanka & Böhmer 2003). Příliš velké vlhko podporuje šíření antraknózy, ale za přílišného sucha špatně roste. Vysévá se v květnu, kdy už nehrozí poškození mrazem, přímo na záhon do hnízd. Sklizeň lusků je možná posoudit po jejich rozlomení od července do září (Dolejší 1987). Fazole bývají často pěstovány současně s plodinami jako jsou obiloviny, banány, maniok, káva nebo cukrová třtina za účelem získat další zdroj příjmu v čase kdy hlavní plodina stále dozrívá. Severní Amerika, Evropa a v dalších oblastech je značná část produkce fazolí silně obchodně zaměřena a fazole se zde pěstují na rozsáhlých pozemcích s využitím mechanizace, hnojiv, pesticidů a v některých případech i zavlažováním (Graham & Ranalli 1997).

3.4.4 Hlavní choroby /škůdce

- Obecná mozaika fazolu: se projevuje jako vypoulené tmavě zbarvené puchýřky na listech.
- Bakteriální skvrnitost: Na listech se projevuje malými hnědými skvrnami a světlým lemem. Současně se projevuje na lusku kulatými, mastnými skvrnami .
- Bílá hniloba: Projevuje se zahníváním listů, stonků a lusků a následným bílým povlakem mycelia, který se na plodině vytvoří.
- Sviluška chmelová: žije na spodní straně listů. Její přítomnost se na pohled projevuje pavučinkou a bíložlutými skvrnami na listech. Ty následně opadávají
- Další škůdci: Mšice, květilka všežravá, třásněnky (Wohanka & Böhmer 2003).

3.5 Sviluška chmelová (*Tetranychus urticae* Koch)

Řád: sametkovci (*Trombidiformes*) Čeleď: sviluškovití (*Tetranychidae*)

3.5.1 Charakteristika

Tetranychus urticae je zástupce roztočů z čeledi sviluškovitých, která zahrnuje celou řadu škodlivých druhů roztočů živících se na rostlinách. Poprvé byl popsán Kochem v roce 1836 a předpokládá se, že je původem z mírného podnebí. Je známo, že *T. urticae* napadá asi 1200 druhů rostlin, z nichž je více než 150 hospodářsky významných. Jedná se o všudypřítomného a hospodářsky významného zemědělského škůdce s celosvětovým rozšířením, který se živí širokou škálou hostitelských druhů rostlin po celém světě (Tehri 2014).

3.5.2 Morfologie a anatomie

Jednotlivá stadia svilušky se označují následovně: Vajíčko – larva – protonymfa – deutonymfa – dospělec. Mezi nymfálními stádii a imagem probíhají dvě instaria (Kazda et al. 2003). Během této doby nepřijímá žádnou potravu, ani se nijak nepohybuje a pouze sedí přitisklá setrvávající na místě, kde se nachází (Vostřel et al. 2008).

Vajíčka se vyznačují kulatým tvarem o velikosti 0,13 mm. V průběhu svého vývoje jsou barevně proměnlivá. Z počátku mají čistě bílou barvu s odleskem, která přechází do žluté až nakonec, před líhnutím larvy barvu žlutooranžovou. Larva není o moc větší než samotné vajíčko a vyznačuje se bezbarvým vzhledem. Je zajímavá tím, že má zatím pouze tři páry nohou. Nymfy už mají článkovaných nohou osm a také jsou lépe vidět, neboť předešlým sáním zešedivěly. Mezi sviluškami jde pozorovat mírný pohlavní dimorfismus, kdy je sameček zhruba o 1/3 drobnější než samička, která může měřit až 0,5 mm. Zde však rozdíl končí, a další znaky jsou pro ně společné. Jejich ochlupení na zádech v šesti řadách, stejně jako červené oči a nezřetelný šev spojující hlavohruď se zadečkem (Vostřel et al. 2008). Někteří autoři ovšem uvádějí, že zbarvení jedinců se může lišit podle stáří roztočů, se způsobem příjmu potravy a s konkrétní hostitelskou rostlinou na které parazituje (Auger et al. 2013). Auger et al. dále uvádí například rozdělení svilušek podle typu zbarvení teček na zádech: s jedním párem a se dvěma páry. Přičemž tyto rozdíly v tvaru a počtu skvrn popisuje vlivem složení potravy a umístění středního střeva mezi zádové svaly, které je následně rozděluje na několik slepých (2013). Rezistentní jedinci jsou mírně odlišní od zbytku svého kmene. Jsou protáhlejší tělní konstituci, a rozdíl je i v jejich plodnosti, která je vyšší ve srovnání s choulostivějšími jedinci. Také se u nich projevuje menší úmrtnost (Vostřel et al. 2008).

3.5.3 Životní cyklus

Na jaře, po zimním období se z úkrytů tvořených například z napadených bylin i stromů, drobných škvír či koutů skleníků, nebo neshrabaného listí na zemi, probouzí samičky a začínají klást svá neoplozená vajíčka. Ta proto dávají vzniknout nové, pouze samčí generaci, jež se následně množí se samicemi a z těchto vajíček se líhnou různopohlavní potomci (Rod et al. 2005). Svilušky, podobně jako blanokřídli a někteří stejnokřídli, jsou haplodiploidní: samice jsou diploidní a samci haploidní. Při páření se samičky vyhýbají oplození některých vajíček, aby mohli vzniknout samci. Z oplozených vajíček vznikají diploidní samičky. Samice, které nebyly oplozeny, pokračují v kladení vajec, z nichž se líhnou výlučně haploidní samci (Tehri 2014). Svilušky jsou bisexuální. V rámci populace je poměr obou pohlaví (samice/samec) značně variabilní (1-7/1). V průměru lze konstatovat, že populaci svilušky chmelové tvoří ze 70 % samice a z 25 % samci (Vostřel et al. 2008). Partenogenetické rozmnožování je proto užitečné zejména v oblastech, kde mohou být podmínky prostředí překážkou bisexuálního rozmnožování (Tehri 2014).

3.5.4 Vhodné podmínky

Vývoj generací velmi závisí na teplotě. Při 20-22 °C trvá vývoj 15-18 dní, avšak při 25-27 °C pouze 10 dní. Větší počet generací bývá za suchých a teplých let (Kazda et al. 2003). S tím se shoduje i Vostřel et al. a uvádí, že celkový vývoj od vajíčka po imago *T. urticae* může dosáhnout už za 6,7 dnů při teplotě 30 °C (2008).

3.5.5 Chování

Roztoči žijí na obou stranách listů, přičemž mírně upřednostňují spodní stranu a okolí nervatury listů. Vajíčka ukládají na spodní straně listů, kde jsou chráněna před predátory, nepříznivými podmínkami prostředí, jako jsou srážky, nebo postřiky pesticidy, což ztěžuje boj proti těmto roztočům (Tehri 2014).

Svilušky jsou i přes svoji známost roztočem, který stále odhaluje svá tajemství. Přípravy samců na páření mohou probíhat ještě před dovršením dospělosti samice ve fázi deutonymfy, kdy si samec dává pozor, aby mu ji žádný jiný nepřebíral a on byl tím, kdo zaručeně zplodí další potomstvo. V okamžiku, kdy se začne samička svlékat ze staré kutikuly, proaktivní samec údery nohou na záda partnerky dává najevo, kde by měla kutikulu prasknout jako první a následně se snaží makadly část sejmout. Jakmile má přístup k pohlavní, využívá této příležitosti k oplodnění, mezitím co samice pokračuje ve svlékání. I přes své snažení může být samec

přijmut nevlídně, pakliže nevyvinul předem dostatečnou iniciativu, kterou by ukázal svoji schopnost. Pakliže samice nemá žádného nápadníka, vysvléká se nejprve v opačném pořadí (Petr 2023).

Když se hostitelská rostlina stává neobyvatelnou z důvodu jejího blížícího se úhynu, a tudíž nedostatku potravy, začnou se svilušky formovat na jejím vrcholu a společnými silami začnou tvořit ze svých těla a spředených pavučinek balón pro kolektivní přesun převážně mladé generace, jelikož mnoho z dospělců, se nedožije přesunu na novou lokaci. To probíhá za pomoci větru, nebo přichycením na srst zvířete pohybujícího se poblíž (Clotuche et al. 2011).

Stejně jako pavouci spřádají pavučiny, která využívají k nejrůznějším účelům. Pozoruhodné je, že vlákna, které přede *Tetranychus urticae*, jsou především nosičem informací a slouží jedincům jako komunikační prostředek, který jim pomáhá při výběru lokality, kam a kdy se mají přesunout, anebo usadit. Samičky při kladení vajec dávají přednost oblastem, na nichž byla již dříve natažená jejich společná vlákna. pavučinu lze považovat za atraktivní a rezonanční sociální signál, který ukazuje na přítomnost jedinců stejného druhu. Tyto roztoče lze od ostatního sociálního hmyzu odlišit právě podle schopnosti, produkovat při všech svých činnostech hedvábná vlákna. Tkaná pavučina se jeví jako důležitý prvek pro kolonie roztočů, který usnadňuje skupinovou ochranu, soudržnost a kolektivní rozhodování (Clotuche 2011).

3.5.6 Přirození nepřátelé

Phytoseiulus persimilis patří do čeledi *Phytoseidae* a je nejčastějším přirozeným predátorem svilušky chmelové vyskytující se v 36 zemích různých kontinentů s převahou oblastí okolo středozezemského moře. Tento dravý roztoč je ve velkém produkován společnostmi zabývajícími se biologickou ochranou po celém světě (Migeon et al. 2019).

3.6 Škody způsobené Sviluškou

Saje na spodní straně listů, na kterých se zpočátku objevují difuzní žlutavé skvrnky (Kazda et al. 2003). Zvláště na okurkách by se dalo snadno poškození od svilušky a jejího sání zaměnit za plíseň okurkovou, ale vlákna pavučin jsou symptomem její přítomnosti (Hrudová 2007). Skvrny se rychle zvětšují, listy žloutnou až červenají (Kazda et al. 2003). při silném poškození úplně usychají (Kazda et al. 2010). Tato charakteristická změna barvy listů se označuje jako měděnka (Kazda et al. 2010).

3.6.1 Hostitelské rostliny

Za nejnebezpečnějšího škůdce sóje našich podmínkách je považována sviluška chmelová (Seidenglanz 2011).

Schwarz et al. uvádí také škodlivost svilušky chmelové na rostlinách papriky, dýní a fazolu. (1996) Ve vinných sadech *T. urticae* běžně parazituje například na svlačci, odkud snadno migruje na révu vinnou (Hluchý et al. 1997). Nezřídka napadají svilušky za vhodných povětrnostních podmínek od jara do podzimu také jahodníky (Böhringer & Jörg 1996).

3.6.2 Ochrana

Komerční přípravky: Ze stávajícího spektra registrovaných a metodicky doporučených akaricidů je nejstarší propargite (Omite 30 W), který se používá již od osmdesátých let. Přípravky Ortus 5 SC (fenpyroximate), Nissorun 10 WP (hexythiazox) a Vertimec 1,8 EC (abamectin) byly zavedeny do systému ochrany chmele proti rezistentní mšici chmelové v devadesátých letech 20. stol. (Vostřel 2008)

Stávající ochrana proti svilušce chmelové spočívá nejen v aplikaci výše uvedených akaricidních přípravků, ale též v agrotechnických zásadách. Chmelnice a jejich bezprostřední okolí je nutné udržovat v bezplevelném stavu, abychom tak zredukovali riziko časně jarní infestace. Je třeba včas ze chmelnice odstranit rovněž zbytky chmelových rostlin a plevelů, jako prevenci proti přezimování svilušky (Vostřel 2008).

Bioagens: Sviluška chmelová je rezistentní vůči některým chemickým akaricidům, například abamectinu, což zdůrazňuje potřebu biologické ochrany, jež je účinnější a šetrnější k životnímu prostředí. Jako alternativa se využívá dravý roztoč *Phytoseiulus persimilis*, který byl poprvé zaveden v roce 1958 z Čile do Německa a později se rozšířil po celé Evropě. Tento dravec je účinný v potlačování svilušky chmelové a preferuje její vajíčka a larvy. Pro efektivní působení *P. persimilis* je potřeba teplota 20–27 °C a relativní vlhkost 70–80 %, a proto se dodává v inertních substrátech, které se před aplikací protřepou pro rovnoměrnou distribuci. Další alternativou je *Neoseiulus californicus*, který je vhodný i pro chladnější a nevytápěné prostory a může přežívat na alternativní potravě jako je pyl. Kromě roztočů se proti sviluškám používá i bejlmorka *Feltiella acarisuga*, která je efektivním predátorem svilušek, a entomopatogenní houba *Beauveria bassiana*, která se aplikuje foliárně a tak její účinnost záleží na optimálních podmínkách a vlhkosti (Psota 2023).

V tomto ohledu byli přirození nepřátelé důležitou součástí systému pěstování plodin. Předpokládalo se, že potlačují populace roztočů a v mnoha případech účinně brzdí nárůst

populace. Zachování přirozených nepřátel je tedy důležité. K regulaci populací roztočů je však přesto často nutné aplikovat akaricidy. Vzhledem k jejich důležitosti potřebujeme také vědět, jak různé akaricidy ovlivňují populace přirozených nepřátel (Ismail et al. 2007).

3.6.3 Rezistence svilušky

Okolo roku 1875 jsou zaznamenány první případy rezistentních populací, na dosud běžně používané přípravky a sviluška chmelová tak byla mezi prvními škůdci na kulturních plodinách s touto vlastností. Přistoupilo se tedy k zahájení nové strategie, která zahrnovala používání první generace specializovaných akaricidů na příbuzné bázi cínu, nebo dicofol (Vostře, 2018). Dicofol je i dnes registrovaný a používaný v desítkách přípravků ve Spojených státech ("Fact Sheet Reregistration Eligibility Decision (RED) Dicofol" 1998). Tato první generace akaricidů byla postupně nahrazována novými biologicky účinnějšími zoocidy (Vostřel 2018). Jelikož je nebezpečí započetí odolnosti proti účinným látkám vysoké (vzhledem k různé citlivosti jednotlivých stádií) musíme je obměňovat (Schwarz et al. 1996). V boji proti odolným sviluškám se stanovuje, které prostředky budou použité. Ty musí být schválené, a hlavně proti tomuto patogenu mimořádně účinné (Vostřel 2017).

3.7 Rostlinné extrakty z aromatických rostlin

Dali by se zařadit do skupiny botanických insekticidů druhé generace. Aromatické rostliny obsahují nejrozličnější aromatické uhlovodíky neboli esenciální oleje či silice. Po chemické stránce se EO skládají ze směsi 20-80 biologicky příbuzných fenolů. Zájem o tyto oleje jako insekticidy se rozmohl v 90. letech po objevení jejich neurotoxických účincích (Pavela 2011).

3.8 Hřebíčkovce vonný (*Syzygium aromaticum* L.)

Řád: myrtotvaré (*Myrtales*) Čeleď: myrtovité (*Myrtaceae*)

3.8.1 Využití

3.8.1.1 Lidové

Hřebíčkovce používají Asiaté již více než 2000 let (Ayushi et al. 2020). V potravinářství se používá jako koření hřebíček při ochucování (Idowu et al. 2020), či

jako aromatické činidlo ve formě hřebíčkového oleje (Mittal et al. 2014). Pro své příznivé účinky se toto koření používá jako anestetikum nebo insekticid v zemědělství (Idowu et al. 2020). Díky obsahu silice zvané eugenol slouží také jako konzervant a zároveň alternativa k již existujícím chemickým antimikrobiálním látkám za účelem zvýšení kvality a bezpečnosti potravin. Vysoké koncentrace mohou ale nepříznivě ovlivnit senzorycké vlastnosti potravin (Gürbüz & Korkmaz 2022).

3.8.1.2 Medicínské

Eugenol by zároveň mohl být perspektivní i v léčbě časných stádií lidské trichinelózy, u které výzkum potvrdil jeho letální účinek jak u larev, tak u dospělých forem v závislosti na dávce (ElGhannam et al. 2023). Potenciální využití by mohl mít také při chemoterapeutické léčbě rakoviny plic, kde byla zjištěna potlačující schopnost eugenolu na proliferaci, migraci a invazi rakovinotvorných buněk (Fangjun & Zhijia 2018). Díky dalším léčivým látkám se navíc hřebíček používá jako lokální analgetikum v zubním lékařství (Mittal et al. 2014). Prospěšné jsou dále jeho antidiabetické, protizánětlivé, antinociceptivní, antibakteriální, antimykotické, antiprotozoální, antioxidační a antitrombotické vlastnosti (Mbaveng & Kuete 2017).

Nové použití hřebíčku jako larvicidního prostředku je zajímavou strategií v boji proti horečce dengue, která je vážným zdravotním problémem v Brazílii a dalších tropických zemích (Cortés-Rojas et al. 2014).



Obrázek 2: Sušená poupata hřebíčkovce vonného *Syzygium aromaticum* (foto: David Ineman)

3.8.2 Botanický popis

Hřebíčkovce kořený *Syzygium aromaticum* je aromatický strom, patřící do čeledi myrtovitých (*Myrtaceae*) (Haro-González et al. 2021). Pochází z Indonésie a v současné době se pěstuje v několika částech světa včetně Brazílie ve státě Bahia (Cortés-Rojas et al. 2014). Hlavní využívanou část představují sušená poupata (Novák & Skalický 2017), která patří mezi nejcennější koření po celém světě (Cortés-Rojas et al. 2014). Jejich chuť je ostrá, štiplavá a nahořklá (Ayushi et al. 2020).

Rostlina dorůstá zhruba 12-15 metrů do kuželovitě, později válcovitě tvarované koruny. Listy jsou aromatické, vstřícné a srdčité, se štíhlým, 2-3 cm dlouhým řapíkem.

Oboupohlavné květy se skládají z masité češule, kterou obklopují drobné 3-4 mm dlouhé kališní lístky. Kalich je čtyřlaločný, velmi dobře pozorovatelný. Vrchol květenství zakončuje čtyřčetná, kulatá, asi 6 mm široká koruna. (Sharada & Lalitha 2017).

3.8.3 Obsažené látky (účinné složky)

Hřebíček představuje jeden z nejbohatších zdrojů fenolických sloučenin, jako je eugenol, eugenol acetát, kyselina gallová (Cortés-Rojas et al. 2014) a β -karyofylen. Jeho farmakologické účinky lze dále přičíst různým druhům glykosidů, saponinů, flavonoidů, steroidů, tríslovin, alkaloidů nebo terpenů (Batiha et al. 2020).

3.8.4 Pesticidní účinky

Bylo zjištěno, že esenciální olej z hřebíčkovce poskytuje alternativní řešení chemických postřiků proti hubení hmyzu v pěstitelských oblastech. Do dvou nejúčinnějších složek tohoto koncentrátu patří 2-methoxy-4-(2-propenyl)-fenol a trans-karyofylen, přičemž výzkum prokázal větší agresivitu sloučeniny 2-methoxy-4-(2-propenyl)-fenol. Předpokládá se, že vysoká účinnost přírodního koncentrátu je tedy způsobená velkým množstvím této látky. Obě sloučeniny mají zároveň potenciál regulace hmyzu ve skladovaných produktech (Zeng et al. 2010). Postřik ze směsi hřebíčku je účinnou ochranou proti plísňovým chorobám a obranou vůči škůdcům (Pavela 2020).

3.9 Pepřovník černý (*Piper nigrum* L.)

Řád: pepřotvaré (*Piperales*) Čeleď: pepřovníkovité (*Piperaceae*)



Obrázek 3: Sušené nedozrálé plody pepřovníku černého *Piper nigrum* (foto: David Ineman)

3.9.1 Využití

3.9.1.1 Lidové

Černý pepř je velmi známé koření, v tradiční medicíně také nazývané „král koření“. Nejčastěji se využívá v potravinářství, kde slouží k ochucování potravin (Wulandari et al. 2021). Široké využití má ale i v lékařství, kde se například používá v bylinných sirupech proti kašli nebo při protizánětlivé, antimalarické a protileukemické léčbě (Nahak & Sahu 2011). Tradičně se jinak pepř využíval v Indii pro humánní i veterinární medicínu v případě menstruačních, ušních, nosních nebo krčních potíží u lidí a gastrointestinálních potíží u hospodářských zvířat. Dodnes koření obsahuje velké množství bioaktivních látek, které jsou potenciálně nutraceuticky a farmaceuticky využitelné (Takooree et al. 2019).

3.9.1.2 Medicínské

Bylo doloženo, že jeho aktivní látka piperin zvyšuje biologickou dostupnost řady terapeutických léčiv i fytochemikálií díky svému inhibičnímu vlivu na enzymatické biotransformační reakce léčiv v játrech a střevě. Stimuluje také trávicí enzymy slinivky břišní, čímž výrazně zkracuje dobu průchodu potravy trávicím traktem (Srinivasan 2009). Černý pepř také snižuje riziko některých neurologických chorob, kterými

například mohou být Huntingtonova choroba, Parkinsonova choroba, epilepsie, mrtvice, mozkový nádor, CVD, demence, ztráta paměti a Alzheimerova choroba (Norouzkhani et al. 2022).

3.9.2 Botanický popis

Pepřovník černý *Piper nigrum* je popínavá liána patřící do čeledi pepřovníkovité (*Piperaceae*). Rostliny snadno rostou ve stínu na opěrných stromech, mřížích nebo kůlech až do výšky až 4 m, přičemž rostliny v případě polehávání snadno zakořeňují i z paždí srdčitých listů. Trny rostliny dosahují 7-15 cm. Zralé plody jsou přibližně 5 mm velké peckovice obsahující pouze jedno semeno. Nezralé zelené plody se s cílem vytvoření zeleného pepře suší mrazem, sušením na slunci se pak získává černý pepř. Zralé plody s červenou slupkou lze pro dosažení bílého pepře oloupat (Damanhourí & Ahmad 2014).

3.9.3 Obsažené látky

Pepř obsahuje štiplavý alkaloid piperin, který zvyšuje biologickou dostupnost mnoha léčiv a živin tím, že inhibuje různé metabolické enzymy. Jeho účinky působí antihypertenzivně, antiagregačně, antioxidačně, protinádorově, antiastmaticky, analgeticky, protizánětlivě, protiprůjmově, protikřečově, antidepressivně, imunomodulačně, antikonvulzivně, antityroidálně, antibakteriálně, antimykoticky, hepatoprotektivně, insekticidně a larvicidně. (Damanhourí & Ahmad 2014).

3.9.4 Pesticidní účinky

Bioaktivní sloučeniny pepře černého mají insekticidní, antivirové, antibakteriální a antimykotické účinky. Jednou z nejdůležitějších účinných látek, která je zodpovědná za štiplavou vůni odrazující škůdce, je piperin. Ten spolu s dalšími složkami vytváří přírodní pesticid, který dále neobsahuje žádné přidané chemické složky, ale naopak poskytuje biologicky posilující vlastnosti. Pro správné účinky je třeba správné koncentrace, dávky a doby aplikace. Účinnost je v různých vývojových stádiích škůdců variabilní (Sinha & Ray 2021). Extrakty z pepře mají insekticidní účinky na larvy motýlů, mandelinku bramborovou, mouchy domácí, ale také fungicidní a baktericidní (Pavela 2020).

3.10 Skořicovník pravý (*Cinnamomum verum* J.)

Řád: vavřínotvaré (*Laurales*) Čeleď: vavřínovité (*Lauraceae*)



Obrázek 4: Obrázek 5: sušená vnitřní kůra skořicovníku pravého *Cinnamomum verum* (foto: David Ineman)

3.10.1 Využití

3.10.1.1 Lidové

V kuchyni se používá častěji do sladkých jídel. Její hřejivá vůně a chuť se však hodí jak ve sladkých, tak slaných jídlech. Mletá skořice se používá do koláčů, sušenek či čokolády. Větší kusy se hodí více k přípravě dušených pokrmů či jako přísada do svařeného vína. V Mexiku je potom tradicí míchání horké čokolády, ruličkou ze skořicové kůry (Ingram 2006). *C. verum* se používá jako složka při výrobě parfémů (Kumar et al. 2019).

3.10.1.2 Medicínské

V tradiční medicíně je skořice považována za lék na dýchací, zažívací a gynekologické potíže (Ranasinghe et al. 2013).

3.10.2 Botanický popis

Skořicovník pravý *Cinnamomum verum* patří do čeledi vavřínovitých (*Lauraceae*) a někdy je uváděn pod synonymem *Cinnamomum zeylanicum* Blume (Pathak & Sharma 2021). *Cinnamomum* (skořicovník) je menší strom, v kultuře i keř, pěstovaný pro sušenou vnitřní vrstvu kůry větví, která obsahuje vonné silice zajímavé chuti (Novák & Skalický 2017). Rostliny se vyskytují v Číně, Austrálii, jihovýchodní Asii a Africe. Roste v tropických deštných

lesích v různých nadmořských výškách od vysokohorských svahů po nížinné lesy včetně bažinatých lokalitách, ale i na dobře propustných půdách. V zeměpisných šířkách se sezónními klimatickými podmínkami jsou však velmi vzácné. Listy jsou vejčité podlouhlé a 7–18 cm dlouhé. Plodem je 1 cm velká fialová bobule obsahující uvnitř jedno semeno (Kumar et al. 2019).

3.10.3 Obsažené látky

Fenylpropeny vznikají redukcí skořicové kyseliny. Typickým příkladem z této skupiny je cinnamaldehyd, nacházející se v silicích kůry skořicovníku pravého (*Cinnamomum verum*). Čerstvá kůra obsahuje vysoké hladiny esteru cinnamyl acetátu. Cinnamaldehyd můžeme získat použitím fermentačních procesů. V listech skořicovníku se potom nachází převážně eugenol a až poté, v malé množství cinnamaldehydu. (Tauchen & Klouček 2020). Cinnamaldehyd, eugenol, caryofylen, cinnamylacetát a kyselina skořicová jsou sloučeniny vykazující širokou škálu farmakologických účinků, jako například: antioxidační, antimikrobiální, protizánětlivé, protirakovinné, antidiabetické, hojení ran, proti HIV, proti úzkosti, antidepresiví a mnoho dalších (Singh et al. 2021).

3.10.4 Pesticidní účinky

Skořice má silné antimykotické, antibakteriální, antitermitické, larvicidní, nematocidní a insekticidní vlastnosti (Kumar et al. 2019). Jeon et al. ve své práci konstatuje, že oleje z *C. cassia* a *C. zeylanicum* a cinnamaldehyd ukázaly svoji potenciální hodnotu v boji proti *Ricania* sp. a mohly by být cenné jako účinné insekticidy (2017). Další studie od Vicenço et al. se zmiňuje, že esenciální olej z *C. camphora* může být potenciální alternativou ochrany proti molici skleníkové, zejména pokud jde o postupy spojené s integrovanou ochranou (2021). Skořicový aldehyd je slibnou přírodní alternativou syntetických pesticidů pro kontrolu parazitických hád'átek na rostlinách (Lu et al. 2020)

3.11 Paprika křovitá (*Capsicum frutescens* L.)

Řád: lilkořvaré (*Solanales*) Čeleď: lilkovité (*Capsicum*)



Obrázek 5: mletá chilli paprika *Capsicum frutescens* (foto: David Ineman)

3.11.1 Využití

3.11.1.1 Lidové

Listy a plody jsou požívány v mnoha druzích tradičního léčitelství jako je Ájurvéda, nebo Unani k léčení nejrůznějších neduhů. Díky svým léčivým vlastnostem se stala pěstovanou rostlinou prakticky ve všech teplejších částech světa (Hegde et al. 2014).

Capsicum frutescens je cenná léčivá rostlina, rozšířená po celé Indii. v tradiční medicíně se díky přítomnosti biologicky aktivním látkám se používá k léčbě kašle, bolesti zubů, bolesti v krku, parazitárních infekcí, revmatismu, hojení ran atd. K jejich dalším vlastnostem patří také antibakteriální a protirakovinné účinky. (Muthuswamy et al. 2021) Domorodí obyvatelé Tchajwanu a ostrovů Batanes používali plody *C. frutescens* například jako koření, léky, na okrasu nebo k rituálním účelům z jejich listů připravovali polévku (Yamamoto & Nawata 2009).

3.11.1.2 Medicínské

Výsledky testů ukazují, že semena *C. frutescens* lze využít jako zdroj nových antimikrobiálních a antioxidačních látek (Gurnani et al. 2016).

3.11.2 Botanický popis

Capsicum (*Solanaceae*), původem z tropické a mírné Ameriky, zahrnuje známé sladké a pálivé chilli papričky a několik divokých druhů (García et al. 2016).

Capsicum frutescens je druh z nížinných oblast. Jedná se o malý keř nebo polokeř, vysoký až 2 m. Může být bylinné až dřevitého charakteru. Rostliny jsou různé, od lysých až po plstnaté, nejčastěji jsou však ochlupené. Na každé lodyze jsou obvykle dva nebo více květů. Květy postrádají nápadné zúžení mezi bází kalichu a stopkou. Kališní lístky chybějí. Koruna je zelenavě bílá a rozšiřující se, až zahnutá. Prašníky jsou modré až fialové, vzácně žluté. Tyčinky a semeník vyčnívají 1,5 mm nebo více za prašníky. Nezralé plody jsou zelené, bez tmavé pigmentace, zatímco zralé plody jsou červené nebo velmi vzácně oranžové, vzpřímené a opadavé, semena jsou krémová až žlutá. Často roznášena ptáky, nebo jinými přenašeči (Eshbaugh 2012).

3.11.3 Obsažené látky

Plody obsahují kapsaicin (methyl vanillylnonenamid), lipofilní chemickou látku, která může u nezkušeného strávnicka vyvolat silný pocit pálení v ústech. Dřeviny mohou ve svých buňkách hromadit velké množství fytochemikálií včetně alkaloidů, flavonoidů, tříslovin, saponinů, kyanogenních glykosidů, fenolových sloučenin, ligninu a lignanů.

Léčivý význam těchto rostlin spočívá v bioaktivních rostlinných složkách, které vyvolávají určité fyziologické reakce na lidský organismus. Tyto přírodní sloučeniny vytvořily podstatu moderních léků na lékařský předpis, jak je známe dnes. Saponiny se používají jako prostředek na čištění krve. Přítomnost tříslovin napomáhá hojení ran. Srdeční glykosidy prokazatelně pomáhají při léčbě kongestivního srdečního selhání a srdeční arytmie. (Wahua et al. 2013).

3.11.4 Pesticidní účinky

Kapsaicin (8-methyl-N-vanillyl-6-nonenamid) je nejrozšířenější kapsicinoid obsažený v pálivých paprikách (*Capsicum annum* a *Capsicum frutescens*). Je dobře zdokumentováno, že kapsaicin hraje důležitou roli v obraně proti napadení rostlin býložravci nebo patogeny na rostlinách rodu *Capsicum* (Tian et al. 2019).

Už staří Mayové používali pálivé papričky k odpuzení nejen zlých duchů, ale také proti hmyzu. Tento způsob se dostal i do komerčních botanických insekticidů a účinky kapsicinu mají repelentní účinek taktéž na myši, hraboše, králíky, jeleny a domorodci v Africe je používají k odrazení slonů (Pavela 2020). Po analýze plodů a listů, se prokázala přítomnost tříslovin, alkaloidů a glykosidů, kterým jde přičíst insekticidní potenciál vůči larvám komára

tropického (Prashith & Vinayaka 2010). Dále byla prokázána pesticidní vlastnosti proti skladištnímu škůdci zrnkokazu skvrnitému (Oni 2011).

3.12 Máta peprná (*Mentha x piperita* L.)

Řád: hluchavkovité (*Lamiales*) Čeleď: hluchavkovité (*Lamiaceae*)



Obrázek 6: Sušená nať z máty peprné *Mentha x piperita* (foto: David Ineman)

3.12.1 Využití

3.12.1.1 Lidové

Máta se používá k ochucení celé řady pokrmů, od nádivek až po ovocné saláty. Je základní ingrediencí salátu *tabbouleh* na Středním východě a také se přimýchává do bílého jogurtu při přípravě pokrmu *raita*, lahodného doplňku kari. V thajské kuchyni se máta přidává také do polévek a do některých obzvláště pikantních kari (Ingram 2006). *Mentha piperita* je oblíbenou bylinou, která se může používat v mnoha formách (tj. olej, list, extrakt z listů a voda z listů). Nejvíce využití má mátový olej. Tento rostlinný přípravek se používá v kosmetických přípravcích, výrobcích osobní hygieny, potravinách a farmaceutických výrobcích pro své chuťové i vonné vlastnosti. Olej z máty peprné má svěží ostrou mentolovou vůni a štiplavou chuť, po níž následuje chladivý pocit. Má také řadu terapeutických vlastností a používá se v aromaterapii, koupelových přípravcích, ústních vodách, zubních pastách a lokálních přípravcích (Herro & Jacob 2010).

3.12.1.2 Medicínské

Její list se používá jako lék na nachlazení, záněty úst, hltanu, jater a také na potíže spojené s trávicím traktem, jako je nevolnost, zvracení, průjem, křeče, nadýmání a dyspepsie

(Barbalho 2017). Menthol v mátě funguje jako blokátor bolesti, takže po jeho požití, při bolestech žaludku můžeme dosáhnout zmírnění křečových stavů a dále také zabraňuje kvašení žaludečního obsahu a sekreci žaludečních šťáv spolu se zvýšenou produkcí žluči (Bühningová 2010)

3.12.2 Popis

Máta peprná je víceletá, výrazně aromatická bylina, s mělkým kořenovým systémem z čeledi hluchavkovitých (*Lamiaceae*). Je pro ni typická čtyřhranná lodyha s fialovým zabarvením. To můžeme taktéž pozorovat i na lesklých listech v podobě žilnatiny. Ty jsou 4–9 cm dlouhé a kopinaté. Rostlina může dorůstat 40–80 cm. Květenství má podobu vrcholového lichoklasu fialové až růžové barvy. Plodem je tvrdka. Nejvíce ji vyhovují teplá, vlhká stanoviště v polostínu na živných půdách. Jedná se křížence máty klasnaté a máty vodní (Pavela et al. 2017).

3.12.3 obsažené látky

Máta obsahuje celou řadu biologicky aktivních látek. Jelikož máta patří mezi aromatické rostliny, obsahuje 1-3 % silice, v níž je přes 50 % obsah mentholu, dále jeho estery s kyselinou octovou a přes 10 % menthonu a dalších asi 40 terpenických látek. Kromě silice můžeme nalézt v rostlině celou řadu polyfenolických látek, především pak flavonoidy a taniny (kterých může být i 10 % v sušině) (Pavela 2020). Fenolové sloučeniny zpomalují oxidační degradaci lipidů a zlepšují kvalitu a nutriční hodnotu potravin (Barbalho 2017).

3.12.4 Pesticidní účinky

Díky množství účinných látek můžeme u extraktů a destilátů zjištěny fungicidní, baktericidní, a v neposlední řadě především insekticidní účinky (Pavela 2011). Máta v kombinaci s olejem z *Pangamia pinnata* velmi dobře funguje proti padlí, plíseň šedé, svilušce, nebo třeba a mandelince (Pavela 2020).

Esenciální oleje z máty jsou součástí přípravků používaných nejen ve španělsku jako pomocné přípravky a jsou taktéž jednou ze součástí komerčně prodávaných přípravků (Pavela 2011).

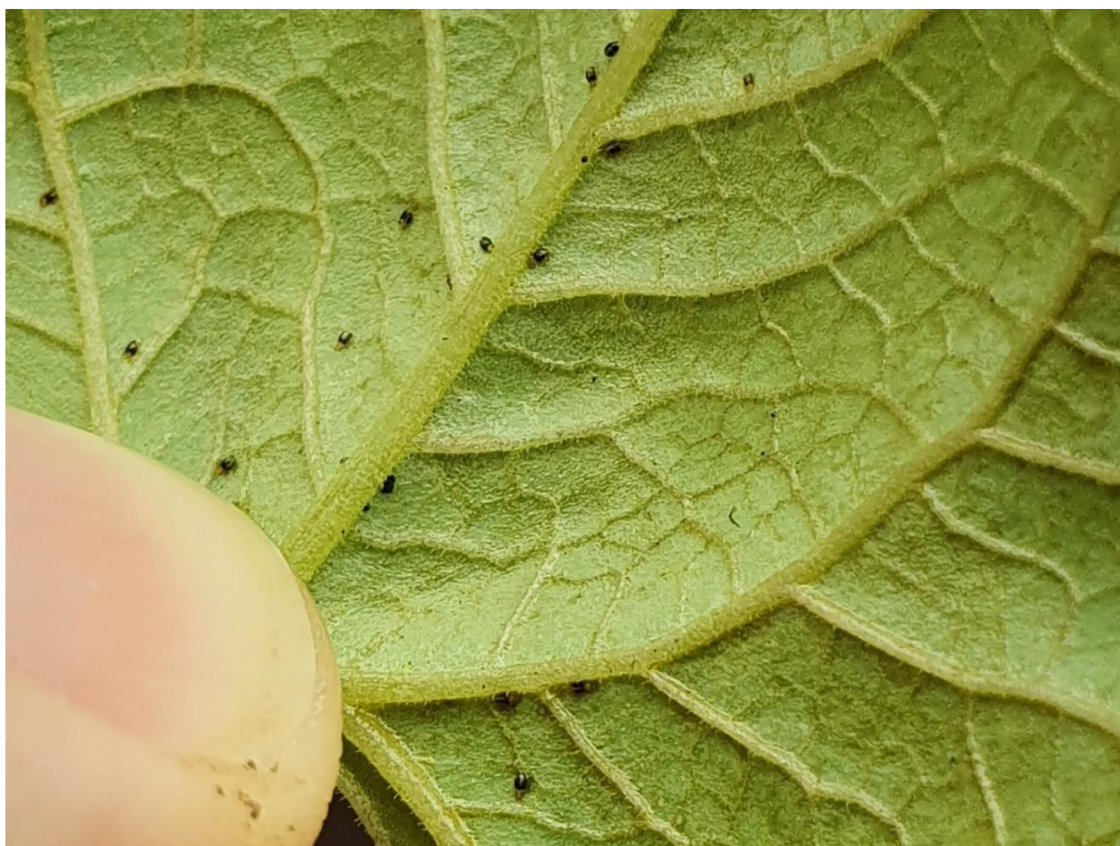
4 Metodika

4.1 Pokusné prostředí

Pokus proběhl v prostorách Výzkumného ústavu rostlinné výroby v.v.i., Praha – Ruzyně. Laboratorní podmínky, ve kterých se pokusy realizovaly, byly následující: teplota se pohybovala v rozmezí 25 ± 1 °C, relativní vlhkost vzduchu byla 60–70 %, s nastavenou fotoperioda 16 hodin světla a 8 hodin tmy.

4.2 Pokusný škůdce

Tetranychus urticae pocházely ze stálého chovu z laboratoří VÚRV, kde je jejich kolonie neustále udržována na rostlinách fazolu v ideálních životních podmínkách, které svilušky vyžadují, při teplotě 25 ± 2 °C, relativní vzdušné vlhkosti 65 ± 5 % s poměrem hodin fotoperiody světla a tmy byl 16:8. Zahnutí byli jak dospělci, tak nymfy.



Obrázek 7: *T. urticae* na spodní straně listu fazolu (foto: David Ineman)

4.3 Rostliny použité v pokusu

Jako hostitelská rostlina pro svilušky sloužily rostliny fazolu, stejně tak byly použity i pro následné experimenty s postřiky z bylinných extraktů.

Semena *Phaseolus vulgaris* byla sázena po dvou do květináčů o průměru 10 cm, a univerzálního zahradnického substrátu do hloubky cca 1 cm. Semena byla zalévána standardním způsobem podle správné zahradnické praxe. Ve fázi prvních listů byly rostliny přesunuty do volného větraného prostoru s nastavenou pokojovou teplotou mezi 22–24 °C a vzdušnou vlhkostí $70 \pm 10 \%$.



Obrázek 8: příprava rostlin *P. vulgaris* využívaných k pokusu (foto: David Ineman)

Po dosažení vzrůstné výšky přibližně 10 cm a vytvoření listové plochy o velikosti zhruba 10 cm² byly fazolové sazenice považovány za dostatečně vyvinuté. Zároveň byl odstraněn vzrůstný vrchol, tak aby na rostlině zůstal pouze jeden pravý list, který sloužil pro plánované experimenty.

4.4 Použité extrakty

Pro experimenty byl použit komerčně dostupný materiál v potravinářské kvalitě (viz tabulka č. 1) od české firmy BYLINY Mikeš s.r.o.

Název	Část rostliny	Získaná sušená forma
<i>Syzygium aromaticum</i>	pupeny	hlavička, stopka
<i>Cinnamomum verum</i>	vnitřní část kůry	tyčinky
<i>Capsicum frutescens</i>	plod	mletá
<i>Piper nigrum</i>	plod	plod
<i>Mentha piperita</i>	listy, nat'	řezaná

Tabulka 1: zástupci rostlin používaných jako koření a původ materiálu pro extrakty

Aby byl zajištěn co nejvíce homogenní vzorek, odebíral se vždy z několika náhodných míst nakoupené biomasy bylin. Následně byla biomasa nejemno rozmlétá ve výkonném, nerezovém laboratorním mixéru na jemný prach. Rozmixovaný rostlinný materiál byl následně extrahován v poměru 1:10 (1 díl biomasy a 10 dílů vody). Pro tento účel byla použita Erlenmeyerova baňka. Nádoba byla uzavřena pomocí poloprůhledné, flexibilní fólie proti případnému odpařování. Macerace probíhala při pokojové teplotě po dobu 24 hodin.



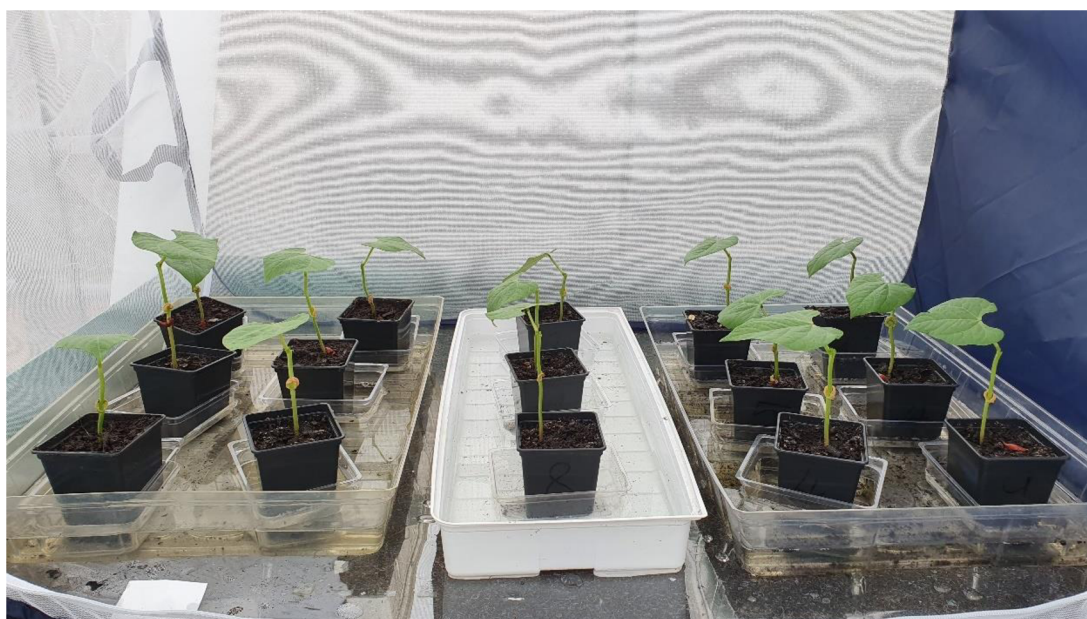
Obrázek 9: Extrakty *S. aromaticum*, *C. verum*, *P. nigrum*, *M. piperita* (Foto David Ineman)

Po uplynulé době byly extrakty přefiltrovány přes Büchnerovu nálevku s filtračním papírem. Takto získaný zásobní roztok byl v biologických testech považován za 100% extrakt a byl spotřebován vždy do 24 hodin.

4.5 Biologické testy

Účinnost extraktů byla stanovena pomocí standartních toxikologických testů určených pro zjištění akutní toxicity, na základě mortality za 24 hodin po aplikaci roztoku. V první fázi na každý list bylo vždy introdukováno pomocí štetceku 15 dospělců *T. urticae* (1-3 dní starých). Veškerá práce byla prováděna s použitím bonokuláru. Nejprve byla aplikována 100%

koncentrace (tedy zásobní roztok) pro orientační účinnost extraktů. Teprve poté byly vybrány extrakty pro koncentrační řadu: 100; 50; 25; 12,5; 6; a 3 % s přidáním smáčedla Tween 85 do roztoku pro lepší ulpění na listu. Množství smáčedla činilo 0,15 %. Ve stejném poměru bylo smáčedlo aplikováno v kombinaci s vodou jako kontrola. Extrakty byly aplikovány pomocí ručního atomizéru, tak aby byl povrch listu rovnoměrně pokryt aplikačním roztokem, tedy do skanutí z listů. Experiment byl proveden ve čtyřech opakováních. Rostliny byly následně příslušně označeny a izolovány.



Obrázek 10: Izolované rostliny se sviluškou chmelovou a aplikovaným postřikem (Foto David Ineman)

To bylo zajištěno vložení květináčů do plastových misek na podložce zalitou vodou, v dostatečné vzdálenosti od sebe, znemožňující tak přesun jedinců mezi rostlinami a vloženy do izolátoru jako ochranu před možnými predátory z vnějšího prostředí.

Za uhynulého jedince byly považované takové svilušky, které nereagovali na žádné interakce, nebo vizuálně odpovídali mrtvému jedinci – změnou barvy, tvarem a polohou těla či končetin.

Pro extrakty, které vykazaly při aplikaci 50% roztoku mortalitu vyšší než 75 % byly přijaty pro stanovení letální koncentrace.

V rámci experimentu připravené fazolové sazenice (jak bylo popsáno výše), byly umístěny do izolátoru obsahující kolonii svilušky chmelové.

Tento krok byl proveden za účelem šetrné introdukce škůdci na zdravé rostliny. Po uplynutí několika hodin takovéto expozice byly rostliny z izolátoru vyjmuty a bylo provedeno

důkladné sečení jednotlivých svlušek na každé rostlině. Zjištěné hodnoty byly pečlivě zaznamenány pro další analýzu.

Následně byly na rostliny aplikovány předem vybrané extrakty s aktivními složkami, jejichž účinnost proti svluškám byla ověřena v předchozích měřeních. Koncentrace extraktů byla zvolena na základě těchto testů, kdy bylo zajištěno jejich efektivní působení. Každá ošetřená rostlina byla opatřena identifikačním štítkem a následně izolována ve stejných podmínkách jako při prvním měření.

Po 24 hodinách od aplikace extraktů byl proces spočítání jedinců svlušky na rostlinách opakován. Tento postup umožnil přesněji stanovit účinnost použitých extraktů na snížení populace škůdců.

Na základě výsledků byly pomocí probitové analýzy odhadnuty letální koncentrace (LC50 a LC90) a interval spolehlivosti (CI95).

Výpočet biologické účinnosti byl upraven dle Henderson-Tiltonova vzorce (1955).

4.6 Zjištění rozpustných látek ve vodě

Pro ještě podrobnější hodnocení, byl vzorek výše popsanych extraktů využit ke zjištění obsahu ve vodě rozpustných látek ze zásobního roztoku (100% koncentrace). Proto byly jednotlivé vzorky odebrány za pomoci elektronické krokovací pipety, kterou bylo přeneseno 10 ml roztoku do kádinky o stejném objemu. Vzorky byly podrobené sušení při teplotě 80 °C po dobu 48 hodin. Pomocí váhy přesné na tři desetinná místa byl zjištěn obsah před a po podrobení sušení. Hodnoty jsou uvedené v hodnotách mg/l (viz tabulka č. 2).



Obrázek 11: Sušení vzorků (Foto David Ineman)

4.7 Výpočty a statistické metody

Účinnost byla stanovena jako přepočtené % mortality podle Hendersonova-Tiltonova vzorce (1955).

$$\% = \left(1 - \frac{\text{počet svilušek v kontrole před ošetřením} \times \text{počet živých svilušek po aplikaci postřiku}}{\text{počet svilušek v kontrole po ošetření} \times \text{počet živých svilušek před aplikací postřiku}} \right) \times 100$$

Procentuální hodnoty byly převedeny na hodnoty odmocniny arkus sinus za účelem analýzy rozptylu ANOVA.

Pomocí probitové analýzy byly odhadnuty letální koncentrace (LC50 a LC90) včetně příslušných hodnot intervalů spolehlivosti (CI95).

5 Výsledky

Pro lepší přesnost byly u každého extraktu ze sušených rostlin určeny hodnoty množství účinných látek rozpuštěných ve vodě při 100% koncentraci prezentované v tabulce č.2.

název vzorku	Obsah ve vodě rozpustných látek v extraktech v g/l
<i>Syzygium aromaticum</i>	26,6
<i>Cinnamomum verum</i>	32,5
<i>Capsicum frutescens</i>	9
<i>Piper nigrum</i>	35,1
<i>Mentha piperita</i>	24,1

Tabulka 2: Obsah rozpustných látek v extraktech

Bylo zjištěno, že nejvíce rozpuštěných látek bylo obsažených v extraktu z *P. nigrum*, a to 35,1 mg/l. Téměř třetinovou výtěžnost obsahoval vzorek s nejmenším obsahem látek v extraktu z *C. frutescens* ve kterém se nacházelo pouze 9 ml/l. Navzdory tomuto faktu byl právě tento extrakt pro své efektivní výsledky zařazen do dalšího testování a byly pro něj odhadnuty letální koncentrace (viz tabulka 4).

5.1 Účinnost extraktů na mortalitu

Pro svilušku chmelovou byla zjišťována akutní toxicita na dospělé jedince a nymfy zapříčiněná aplikací biologických přípravků na bázi extraktů z koření a léčivých bylin.

Všechny extrakty způsobovaly výraznou mortalitu tohoto roztoče, při 100% koncentraci, ovšem jen u extraktů, kde na základě testů byly vybrány nejúčinnější extrakty, pro které byly odhadnuty v následujících testech letální koncentrace. K podrobnějšímu testování nebyly zařazeny extrakty z pepře dosahující mortality pouze okolo 40 % při 50% koncentraci. Dále extrakt skořice, jejíž výsledky mortality kolísaly okolo 70 % po aplikaci 50% roztoku.

5.1.1 Extrakty z *Capsicum frutescens*

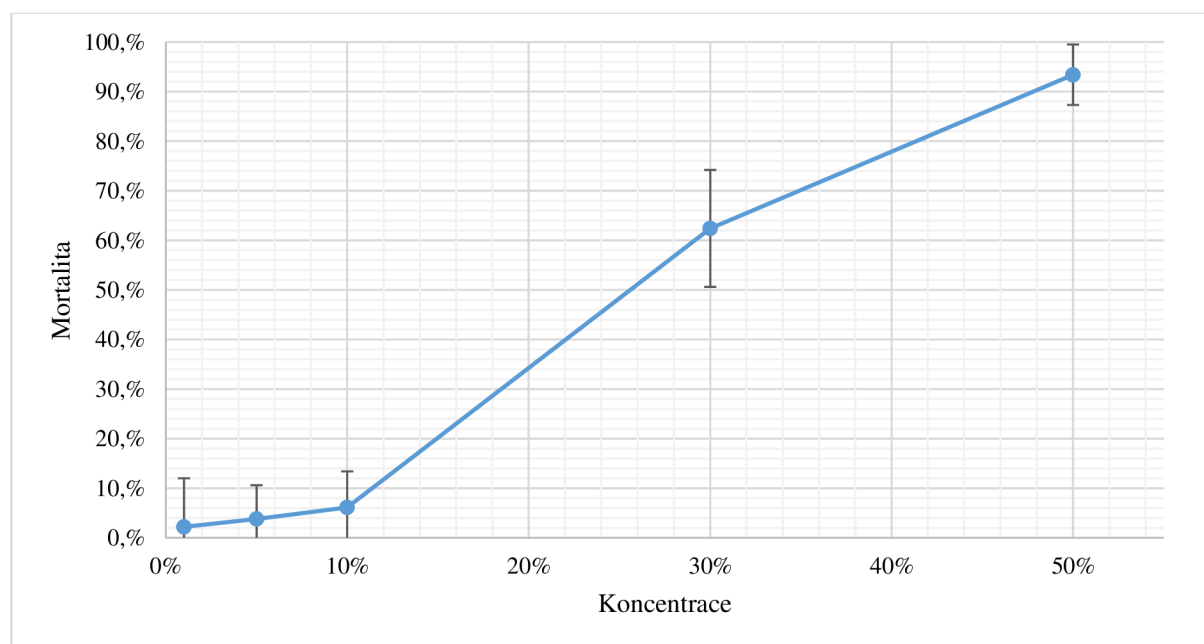
Jedním z takových přípravků byl extrakt na bázi extraktu z chilli paprik. Na základě provedených testů z vytvořených koncentrací (tabulka č.3) je možné pozorovat (viz graf č.1),

že přípravek z papriky křovité měl při poloviční koncentraci průměrnou mortalitu přes 90 %. Tento trend po snížení hranice pod 30 % rychle klesal a byl pozorován až do koncentrace 1 %.

Během aplikace extraktu bylo vhodné použít ochranné prostředky v podobě respirátoru a brýlí, neboť aerosol během aplikace dráždil nejen nosní sliznice, ale především oči. V uzavřeném prostoru působil jako jediný z testovaných přípravků iritačně.

koncentrace extraktu <i>C. frutescens</i> (%)	Obash účinných látek v extraktu (g/l)	mortalita po 24 hodinách od aplikace (%)
50	4,5	93,4 ± 6,1
30	2,7	62,4 ± 11,8
10	0,9	6,1 ± 7,3
5	0,45	3,8 ± 6,8
1	0,09	2,2 ± 9,8

Tabulka 3: Hodnoty jednotlivých koncentrací postřiku s obsaženými účinnými látkami a mortalitou přepočtenou dle Tiltona pro *C. frutescens*



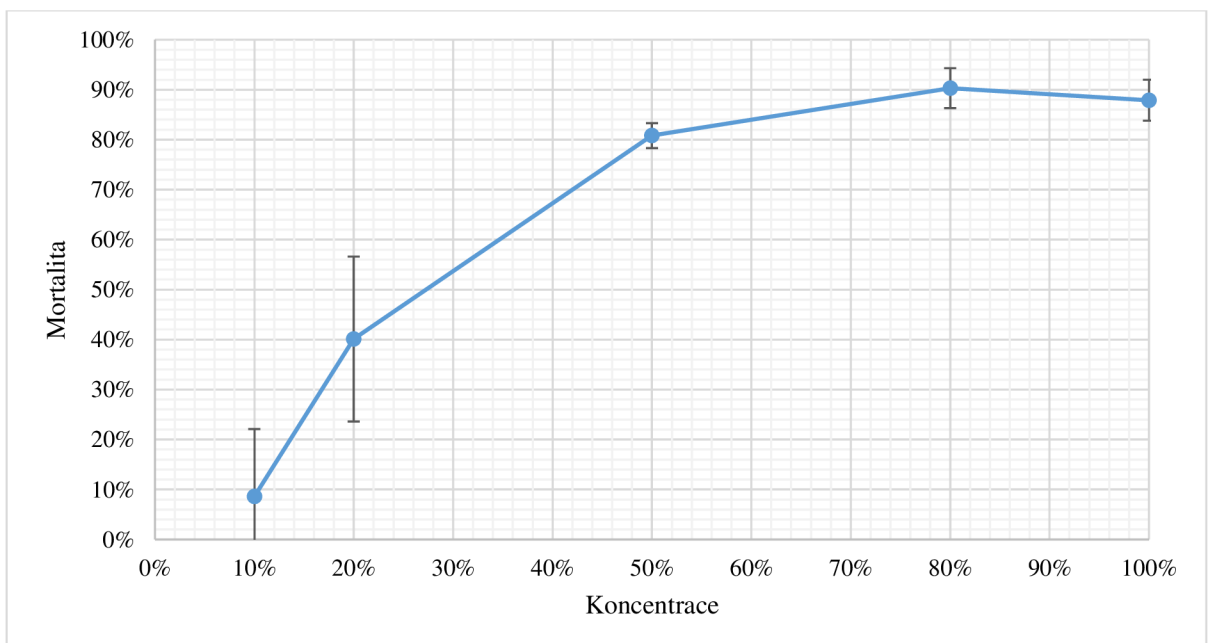
Graf 1: průměrná mortalita *T. urticae* na postřik z *C. frutescens*, přepočtená dle Tiltona

5.1.2 Extrakty ze *Syzygium aromaticum*

Dalším účinným přípravkem, který byl vybrán pro podrobnější testování byl výluh z hřebíčkovce vonného. Tento extrakt způsoboval průměrnou mortalitu okolo 90 % a to, dokud nebyla jeho koncentrace snížena na 50 %, poté jeho účinnost projevená průměrnou mortalitou za 24 hodin postupně klesla na 80,8 % při poloviční dávce viz tabulka č.4 a graf č.2

koncentrace extraktu <i>S. aromaticum</i> (%)	Obash účinných látek v extraktu (g/l)	mortalita po 24 hodinách od aplikace (%)
100	26,6	87,9 ± 4,1
80	21,28	90,3 ± 4,0
50	13,3	80,8 ± 2,5
20	5,32	40,1 ± 16,5
10	2,66	8,6 ± 13,6

Tabulka 4: Hodnoty jednotlivých koncentrací postřiku s obsaženými účinnými látkami a mortalitou přepočtenou dle Tiltona pro *S. aromaticum*



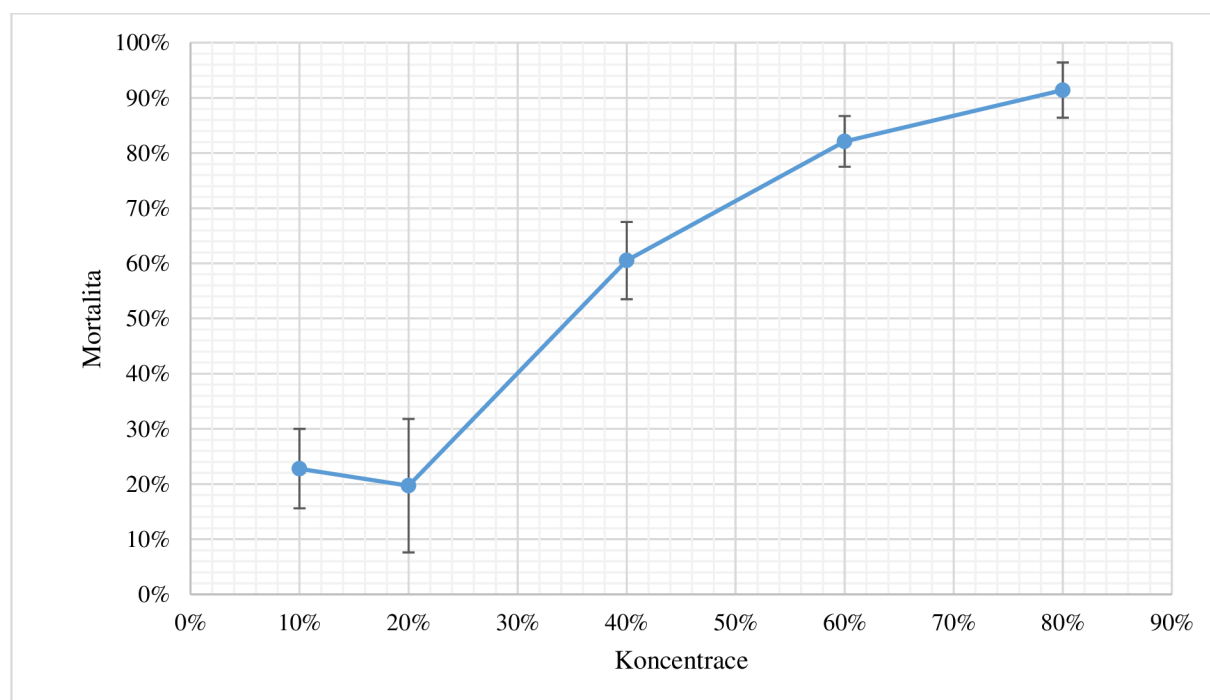
Graf 2: průměrná mortalita *T. urticae* na postřik z *S. aromaticum*, přepočtená dle Tiltona

5.1.3 Extrakty z *Mentha piperita*

Jak je možné pozorovat na grafu č.3 a v tabulce č.4, taktéž účinky po aplikaci vodného výluhu z máty peprné. Ten působil jako jediný z extraktů proti svilušce chmelové i při nízkých koncentraci a udržel průměrnou mortalitu na 20 %.

koncentrace extraktu <i>M. piperita</i> (%)	Obsah účinných látek v extraktu (g/l)	mortalita po 24 hodinách od aplikace (%)
80	19,28	91,4 ± 5,0
60	14,46	82,10 ± 4,6
40	9,64	60,5 ± 7,0
20	4,82	19,7 ± 12,1
10	2,41	22,8 ± 7,2

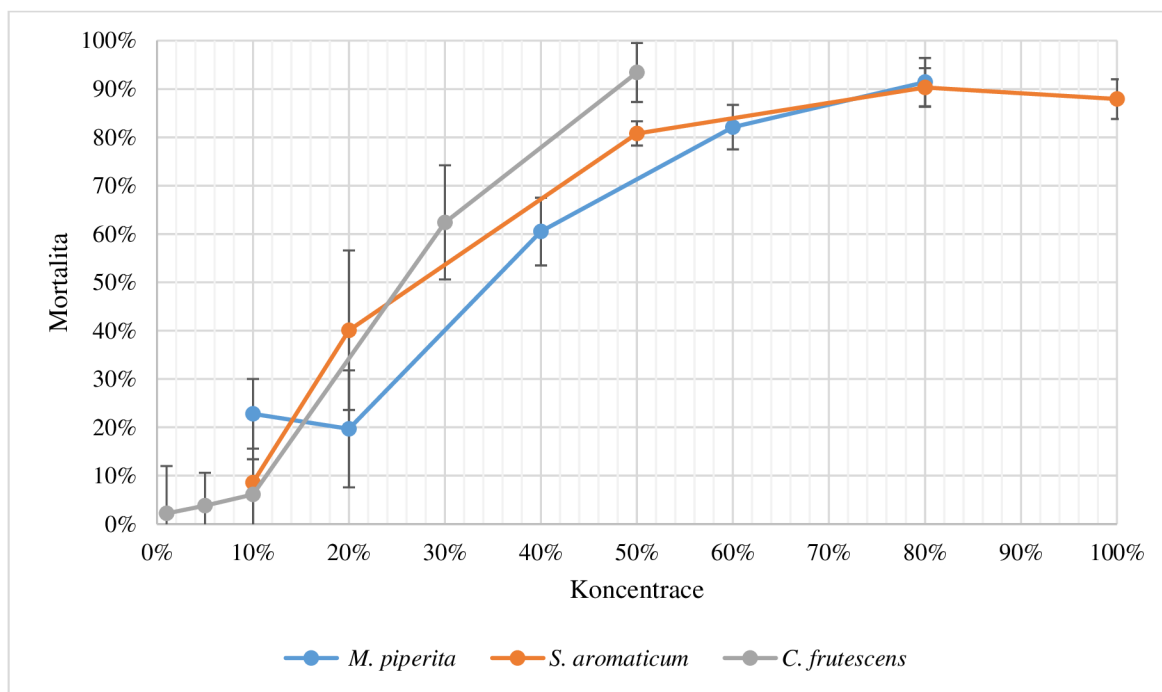
Tabulka 5: Hodnoty jednotlivých koncentrací postřiku s obsaženými účinnými látkami a mortality přepočtené dle Tiltona *M. piperita*



Graf 3: průměrná mortalita *T. urticae* na postřik z *M. piperita*, přepočtená dle Tiltona

5.1.4 Vzájemné porovnání

Podle předpokladu existovala závislost výše mortality na množství použité koncentrace. Neboli, čím byl koncentrovanější roztok, tím byla jeho efektivita více zřejmá.



Graf 4: Porovnání závislosti nejlepších průměrných mortalit přepočtených dle Tiltona na koncentraci extraktů

5.1.5 Letální koncentrace

Na základě výsledků koncentrační řady byly za použití probitové analýzy odhadnuty letální koncentrace. Na základě výsledků můžeme konstatovat, že k 50% mortalitě dojde při použití 20% koncentrace roztoku z chilli a hřebíčku. V případě máty je zapotřebí 26% roztok.

Mnohem větší rozdíl lze pozorovat, kdybychom chtěli dojít k smrti 90 % populace svilušek (LC90). V takovém případě je zapotřebí použít minimálně 47% roztok z *C. frutescens*. Chceme-li získat stejný výsledek i v případě *S. aromaticum* bylo by zapotřebí přichystat 64% roztok. Eventuálně 74% u *M. piperita*. O těchto datech můžeme s 95% jistotou tvrdit, že při těchto koncentracích dojde k mortalitě příslušné části populace svilušky chmelové, vyskytují-li se v rozmezí intervalu spolehlivosti. Viz tabulka 6.

	LC50	CI95	LC90	CI95	χ^2	P-level	DF
<i>C. frutescens</i>	19,5	11,5-26,6	46,9	34-89,35	3,417	0,181	2
<i>S. aromaticum</i>	20,5	19,1-22,0	64,2	57,5-73,4	1,021	0,796	3
<i>M. piperita</i>	26,4	14,7-34,2	74,2	57,6-130	3,536	0,1706	3

Tabulka 6: Letálních koncentrací pro *T. urticae*

	rozpustné látky v LC50 (g/l)	CI95 (g/l)	rozpustné látky v LC90 (g/l)	CI95 (g/l)
<i>C. frutescens</i>	0,171	0,103-0,239	0,422	0,306-0,806
<i>S. aromaticum</i>	5,45	5,082-5,566	17,02	15,305-19,54
<i>M. piperita</i>	6,36	3,543-8,242	17,88	13,882-31,33

Tabulka 7: letální koncentrace vyjádřené jako přepočtené na obsah rozpustných látek

Dále, pokud bychom vzájemně porovnávali intervaly spolehlivosti, můžeme z nich vyčíst, že ačkoliv jsou extrakty účinné, není mezi nimi výrazný rozdíl, jelikož se jednotlivé intervaly překrývají.

Po převedení na sušinu je ovšem již pozorovatelný výraznější rozdíl. Podle nich, vidíme, že data hřebíčku jsou stále ze všech tří testovaných extraktů nejpřesnější, jelikož nedocházelo k velkým rozptylům mezi daty.

6 Diskuze

Cílem této bakalářské práce bylo najít mezi rostlinami, které jsou běžně používány v podobě čajů, léčiv a koření, extrakt na vodní bázi, který by byl vhodnou náhradou syntetických akaricidů svilušce chmelové (*Tetranychus urticae*), který je jedním z nejvýznamnějších škůdců, potravinářských plodin i okrasných rostlin. Jako bylo zjištěno, tento polyfágní škůdce, díky rychlému vývoji si snadno vytváří v rezistenci vůči účinným látkám syntetických akaricidů (Pavela 2016). Je proto naléhavá potřeba najít nové přípravky, s novými mechanismy účinků .

V této práci jsme proto sledovali vliv aplikace vodních výluhů potravinářsky využívaných bylin *Syzygium aromaticum*, *Cinnamomum verum*, *Capsicum frutescens*, *Piper nigrum*, *Mentha piperita* na mortalitu dospělců a nymf svilušky chmelové.

Za pomoci použití statistických metod jsme zjistili, že mezi extrakty byly výrazné rozdíly v účinnosti, kdy nejhorší z extraktů (*P. nigrum*) způsoboval pouze 40% mortalitu, zatímco nejlepší (*C. frutescens*) při poloviční dávce mortalitu okolo 90 %. Lze ho tedy doporučit k možnému využití v boji proti *T. urticae* prozatím alespoň v podobě farmářského přípravku, než budou podrobněji popsány jeho veškeré vlastnosti. Například mortalitu a repelentní účinky vůči sviluškám zkoumal (Antonious et al. 2007) který po spektrometrické analýze pomocí plynové chromatografie a hmotnostní spektrometrii odhalil, že kapsaicin a dihydrokapsaicin, štiplavé složky plodů paprik, nesouvisely s toxicitou ani repelencí, což naznačuje, že tyto dva kapsaicinoidy pravděpodobně nesouvisí s účinností extraktů z paprček. Za toxicitu a repelentní účinek vůči svilušce chmelové jsou pravděpodobně zodpovědné jiné, neidentifikované chemické látky (Antonious et al. 2006). Antonious při svém experimentu dosáhl podobné nejvyšší mortality a to 94 % (2007). Ačkoliv jsou extrakty z rodu *Capsicum* dle uvedených studií obstojným preparátem proti roztočům, i ony se s ním musí potýkat. Za jednoho z nejzávažnějších škůdců na chilli papričkách v Brazílii je považován roztoč *Polyphagotarsonemus latus*, proti němuž dobře působí biologický pesticid na bázi z *Azadirachta indica* (Venzon et al. 2008).

Jako druhý nejúčinnější vzorek na akutní toxicitu se projevil extrakt z máty peprné s mortalitou okolo 90 % při 80% koncentraci. Také například Pavela testoval různé bylinné přípravky proti svilušce chmelové jako například extrakt z kořenů *Saponaria officinalis* se kterou dosáhnul $LC_{50} = 0,91$ % a navíc zároveň podání extraktu působilo na lepší tvorbu plodů rajčat a okurek na kterých *T. urticae* parazitoval.

Mnohem účinnější se zdají být extrakty z esenciálních olejů, těm se věnoval například

(Motazedian et al. 2012). ve své práci, kde prokázal, že esenciální oleje mohou být alternativou syntetických pesticidů, jelikož mají širokou škálu bioaktivních látek působících proti hmyzu a roztočům. Bádání bylo založeno na testování tří léčivých rostlin (máta, šalvěj, myrta) proti stejnému škůdci, který byl použit i v této práci *T. urticae*. Bylo dosaženo výsledů s nižší letální koncentrací máty LC₅₀ určených jako 20 $\mu\text{l L}^{-1}$ ve vzduchu, jakožto nejlepšího výsledku ze všech třech testování.

Rozdíly mohou být způsobeny několika faktory: rozdílnou metodikou, použitím jiného druhu společného rodu, kvalitou testovaného materiálu, množstvím rozpustných látek, která se můžou v různých případech lišit a tudíž nemusí být při totožných koncentracích dosaženo stejných výsledů.

Máta si navíc zachovala při 10% koncentraci trojnásobnou mortalitu, na rozdíl od chilli (viz graf č.4).

Aby bylo možné vyrábět botanický insekticid v komerčním měřítku, musí být možné získat rostlinnou biomasu v zemědělském měřítku a pokud možno mimo sezónu. Pokud není daná rostlina v přírodě mimořádně zastoupena nebo je již pěstovaná k jinému účelu, musí se dát dobře pěstovat (Isman 2006). Z tohoto důvodu je mnohem vhodnějším přípravkem extrakt z máty, neboť ta umožňuje v našich zeměpisných podmínkách mnohem lepší pěstování, a to jak na poli, tak ve skleníku v kombinaci s možným využitím vertikálních hydroponií. Výnos silic, jenž jsou hlavní účinnou látkou máty peprné může dosahovat až 150 kg.ha⁻¹ (Pavela et al. 2017).

Používáním botanických pesticidů založených na přírodních látkách a farmářských přípravcích je osvědčeným a účinným způsobem ochrany rostlin, který může pomoci v boji proti obtížnému hmyzu a patogenům. I přes útlum v minulosti, způsobený vývojem rozšiřujících se chemických pesticidů, jsou tyto přírodní alternativy opět v mnohem větší míře inovovány a uplatňovány především kvůli jejich schopnosti řešit problémy spojené s rezistencí škůdců a environmentálním rizikům. Zdá se, že botanické látky i když o něco dražší a obtížněji dostupné, nabízejí bezpečnější, více ekologickou a udržitelnější volbou pro malé a ekologické pěstitele (Pavela 2020). Tato studie pomáhá nejen rozšiřovat naše povědomí o potenciálním využití zdrojů, které nás obklopují v každodenním světě, na které bychom za běžných okolností nemysleli, ale také může podnítit hledání zcela nových, v budoucnosti klíčových řešení.

7 Závěr

- I když byla práce zaměřená pouze na základní měření a pozorování účinků rostlinných extraktů, splnila svůj cíl v nalezení několika efektivních přípravků, běžně používaných jako koření, k ochraně rostlin před sviluškou chmelovou.
- Na základě analýzy dat bylo zjištěno, že největší potenciál z hlediska toxicity vůči cílovému škůdci vykazuje paprika křovitá *Capsicum frutescens* s odhadnutými hodnotami LC₅₀ při koncentraci roztoku 19,5 obsahující 0,17 g/l účinných látek, a LC₉₀ při koncentraci roztoku 46,9 obsahující 0,42 g/l účinných látek.
- Extrakt z *Capsicum frutescens* lze doporučit pro další studie za účelem lepšího prozkoumání, jakožto ekologicky bezpečného přípravku proti škůdcům.
- Pro výrobu farmářských přípravků je v domácích podmínkách vhodnější *Mentha piperita* která dosáhla taktéž dobrých výsledků při odhadech LC₅₀ při koncentraci roztoku 26,4 obsahující 6,36 g/l účinných látek a LC₉₀ při koncentraci roztoku 74,2 obsahující 17,88 g/l účinných látek.
- Vybrané rostlinné extrakty mají do budoucna velký potenciál jakožto ekologická varianta dnes stále převládajících syntetických přípravků.
- Výsledky této práce mohou být přínosné nejen pro drobné a ekologické pěstitele, ale také mohou sloužit jako podklad pro další výzkum a vývoj botanických akaricidů
- Tato práce celkově přispívá k rozšíření povědomí o možnostech využití rostlinných pesticidů a jejich účincích.

8 Literatura

- Motazedian N, Ravan S, Bandani AR. 2012. Toxicity and Repellency Effects of Three Essential Oils against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY* **14**:275-284. Available at https://www.researchgate.net/publication/257249627_Toxicity_and_Repellency_Effects_of_Three_Essential_Oils_against_Tetranychus_urticae_Koch_Acari_Tetranychidae (accessed April 28, 2024).
- Antonious GF, Mayer JE, Rogers JA, Hu YH. 2007. Growing hot pepper for cabbage looper, *Trichopulsia ni* (Hubner) and spider mite, *Tetranychus urticae* (Koch) control. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART B-PESTICIDES FOOD CONTAMINANTS AND AGRICULTURAL WASTES* **42**:559-567. TAYLOR & FRANCIS. Available at <https://doi.org/10.1080/03601230701389512> (accessed April 28, 2024).
- Antonious GF, Mayer JE, Snyder J. 2006. Toxicity and Repellency of Hot Pepper Extracts to Spider Mite, *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Environmental Science and Health, Part B* **41**:1383-1391. Available at <https://doi.org/10.1080/0360123060096419> (accessed April 28, 2024).
- Ashitha A, Mathew J, Rakhimol KR, Thomas S, Volova T, Jayachandra K. 2020. Characteristics and Types of Slow/Controlled Release of Pesticides. 141–153 in *Controlled Release of Pesticides for Sustainable Agriculture*. Springer. Available at https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-23396-9_6#citeas (accessed April 28, 2024).
- Attia S, Lebdi KL, Heuskin S, Lognay G, Hance T. 2015. An analysis of potential resistance of the phytophagous mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) to four botanical pesticides. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* **19**:232-238. Available at <https://hdl.handle.net/2268/184373> (accessed April 28, 2024).
- Auger P, Migeon A, Ueckermann EA, Tiedt L, Navarro MN. 2013. Evidence for synonymy between *Tetranychus urticae* and *Tetranychus cinnabarinus* (Acari, Prostigmata, Tetranychidae): Review and new data. *Acarologia* **54**:p.383-415. Available at <https://hal.science/hal-00979843/> (accessed July 2, 2023).
- Ayushi A, Khan U, Danish SM, Mohammad, Parveen U. 2020. A review on biological and therapeutic uses of *Syzygium aromaticum* Linn. (Clove): Based on phyto-chemistry and pharmacological evidences. *International Journal of Botany Studies* **5**:33-39. Available at https://www.researchgate.net/publication/352170258_A_review_on_biological_and_therapeutic_uses_of_Syzygium_aromaticum_Linn_Clove_Based_on_phyto-chemistry_and_pharmacological_evidences (accessed April 28, 2024).
- Bailey A, Chandler D, Grant WP, Greaves J, Prince G, Tatchell M. 2010. *Biopesticides: pest management and regulation*. CABI, Wallingford.

- Barbalho S. 2017. PROPERTIES OF MENTHA PIPERITA: A BRIEF REVIEW. *World Journal of Pharmaceutical and Medical Research* **3**:309-313. Available at <https://www.researchgate.net/publication/317290799> (accessed April 28, 2024).
- Batiha GE, Alkazmi LM, Wasef LG, Beshbishy AM, Nadwa EH, Rashwan EK. 2020. *Syzygium aromaticum* L. (Myrtaceae): Traditional Uses, Bioactive Chemical Constituents, Pharmacological and Toxicological Activities. *Biomolecules* **10**:1-16. Available at <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7072209/> (accessed April 28, 2024).
- Bellucci E, Bitocchi E, Rau D, Rodriguez M, Biagetti E, Giardini A, Attene G, Nanni L, Papa R. 2014. Genomics of Origin, Domestication and Evolution of *Phaseolus vulgaris*. *Genomics of Plant Genetic Resources*:483-507. Springer, Dordrecht. Available at https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-7572-5_20#citeas (accessed April 26, 2024).
- Bisbal M, Sanchez M. 2019. Neurotoxicity of the pesticide rotenone on neuronal polarization: a mechanistic approach. *Neural Regeneration Research* **14**:762-766. Available at https://journals.lww.com/nrronline/fulltext/2019/14050/Neurotoxicity_of_the_pesticide_rotene_on.5.aspx (accessed April 28, 2024).
- Böhringer M, Jörg G. 1996. *Ochrana rostlin*. Blesk, Ostrava.
- Brühl CA, Zaller JG. 2019. Biodiversity Decline as a Consequence of an Inappropriate Environmental Risk Assessment of Pesticides. *Frontiers in Environmental Science* **7**. Available at <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2019.00177> (accessed April 28, 2024).
- Bühningová U. 2010. *Léčivé rostliny*. Euromedia Group - Knižní klub, Praha.
- Clotuche G, Mailleux A-C, Fernández AA, Deneubourg J-L, Detrain C, Hance T. 2011. The Formation of Collective Silk Balls in the Spider Mite *Tetranychus urticae* Koch. *PLoS ONE* **6**. Available at <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0018854> (accessed April 15, 2023).
- Clotuche G. 2011. The silk as a thread to understand social behavior in the weaving mite *Tetranychus urticae*. diplomová práce. Université catholique de Louvain, Ottignies-Louvain-la-Neuve, Belgique.
- Cortés-Rojas DF, Fernandes de Souza CR, Oliveira WP. 2014. Clove (*Syzygium aromaticum*): a precious spice. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* **4**:90-96. Available at [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(14\)60215-X](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(14)60215-X). (accessed April 28, 2024).
- Costa LG, Galli CL, Murphy SD. 1987. Toxicology of Pesticides: A Brief History. *Toxicology of Pesticides* **13**:1-10. Springer, Berlin. Available at https://doi.org/10.1007/978-3-642-70898-5_1 (accessed April 28, 2024).

- Damanhour Z, Ahmad A. 2014. A Review on Therapeutic Potential of *Piper nigrum* L. (Black Pepper): The King of Spices. *Medicinal & Aromatic Plants* **3**:1-6. Available at <http://dx.doi.org/10.4172/2167-0412.1000161> (accessed April 28, 2024).
- Dolejší A. 1987. *Zelenina na zahrádce*, 7. edition.. SZN - Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- ElGhannam M, Dar Y, ElMehlawy MH, Mokhtar FA, Bakr L. 2023. Eugenol; Effective Anthelmintic Compound against Foodborne Parasite *Trichinella spiralis* Muscle Larvae and Adult. *Pathogens* **12**:1-11. Available at <https://doi.org/10.3390/pathogens12010127> (accessed April 28, 2024).
- Eshbaugh WH. 2012. The Taxonomy of the Genus *Capsicum*. 14-25 in *Peppers: botany, production and uses*. CABI, Wallingford.
- Fact Sheet Reregistration Eligibility Decision (RED) Dicofol. 1998.. Available at <https://www.epa.gov/nscep> (accessed March 6, 2023).
- Fangjun I, Zhijia y. 2018. Tumor suppressive roles of eugenol in human lung cancer cells. *Thoracic Cancer* **9**:25-29. Available at https://www.researchgate.net/publication/320348826_Tumor_suppressive_roles_of_eugenol_in_human_lung_cancer_cells (accessed April 28, 2024).
- Fierascu RC, Fierascu IC, Dinu-Pirvu CE, Fierascu I, Paunescu A. 2020. The application of essential oils as a next-generation of pesticides: recent developments and future perspectives. *Zeitschrift für Naturforschung C* **75**:183-204. Available at <https://doi.org/10.1515/znc-2019-0160> (accessed April 28, 2024).
- Forgash AJ. 1984. History, evolution, and consequences of insecticide resistance. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **22**:178-186. Available at [https://doi.org/10.1016/0048-3575\(84\)90087-7](https://doi.org/10.1016/0048-3575(84)90087-7) (accessed April 28, 2024).
- García CC, Barfuss MHJ, Sehr EM, Barboza GE, Samuel R, Moscone EA, Ehrendorfer F. 2016. Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, Solanaceae). *Annals of Botany* **118**:35-51. Oxford University Press. Available at <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27245634/> (accessed April 25, 2024).
- Gould F, Brown Z, Kuzma J. 2018. Wicked evolution: Can we address the sociobiological dilemma of pesticide resistance? *Science* **360**:728-732. Available at <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.aar3780> (accessed April 28, 2024).
- Graham PH, Ranalli P. 1997. Common bean(*Phaseolus vulgaris* L.). *Field Crops Research* **53**:131-146. Available at [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00112-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00112-3) (accessed April 28, 2024).
- Grdiša M. 2009. Morphological and Biochemical Diversity of Dalmatian Pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium* (Trevir.) Sch. Bip.). *Agriculturae Conspectus Scientificus* **74**:73-80. Available at <https://hrcak.srce.hr/39335> (accessed April 28, 2024).

- Gürbüz M, Korkmaz BİO. 2022. The anti-campylobacter activity of eugenol and its potential for poultry meat safety: A review. *Food Chemistry* **394**:1-10. Available at <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133519> (accessed April 28, 2024).
- Gurnani N, Gupta M, Mehta D, Mehta BK. 2016. Chemical composition, total phenolic and flavonoid contents, and in vitro antimicrobial and antioxidant activities of crude extracts from red chilli seeds (*Capsicum frutescens* L.). *Journal of Taibah University for Science* **10**:462-470. Available at <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2015.06.011> (accessed April 28, 2024).
- Haro-González JN, Castillo-Herrera GA, Martínez-Velázquez M, Espinosa-Andrews H. 2021. Clove Essential Oil (*Syzygium aromaticum* L. Myrtaceae): Extraction, Chemical Composition, Food Applications, and Essential Bioactivity for Human Health. *Molecules* **26**:1-25. Available at <https://doi.org/10.3390/molecules26216387> (accessed April 28, 2024).
- Hegde SV, Hegde GR, Mulgund GS, Upadhy V. 2014. Pharmacognostic Evaluation of Leaf and Fruit of *Capsicum frutescens* (Solanaceae). *Pharmacognosy Journal* **6**:14-21. Available at <https://www.researchgate.net/publication/263916811> (accessed April 28, 2024).
- Henderson CF, Tilton EW. 1955. Tests with Acaricides against the Brown Wheat Mite. *Journal of economic entomology* **48**:157-161. Kansas State Collage.
- Herro E, Jacob SE. 2010. *Mentha piperita* (Peppermint). *Dermatitis* **21**:327-329. Available at <https://doi.org/10.2310/6620.2011.10080> (accessed April 28, 2024).
- Hluchý M, Ackermann P, Zacharda M, Bagar M, Jetmarová E, Vanek G. 1997. *Obrazový atlas chorob a škůdců ovocných dřevin a révy vinné: Ochrana ovocných dřevin a révy vinné v integrované produkci*. Biocont Laboratory, Brno.
- Hrudová E. 2007. Saví škůdci zeleniny (1. část): Košťálová, listová a plodová zelenina. *Agromanuál: profesionální ochrana rostlin* **2**:32-34. České Budějovice.
- Hudec K, Gutten J. 2007. *Encyklopedie chorob a škůdců: Komplexní ochrana vaší zahrady*. Cpress, Brno.
- Chandler D, Bailey AS, Tatchell GM, Davidson G, Greaves J, Grant WP. 2011. The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **366**:1987-1998. Available at <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0390> (accessed April 28, 2024).
- Idowu S, Adekoya AE, Igiehon OO, Idowu AT. 2021. Clove (*Syzygium aromaticum*) spices: a review on their bioactivities, current use, and potential application in dairy products. *Journal of Food Measurement and Characterization* **15**:3419–3435. Available at <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00915-9> (accessed April 28, 2024).
- Ingram C. 2006. *Všetchno o jídle, Světová encyklopedie 1500 druhů přísad a jak je používat*. Fortuna Libri, Praha.

- Ismail SM, El Naggat MH, Soliman MFM, Ghallab MM. 2007. ECOLOGICAL STUDIES ON THE TWO-SPOTTED SPIDER MITE *Tetranychus urticae* Koch AND ITS PREDATORS. *Egyptian Journal of Natural Toxins* **4**:26-44. Cairo, Egypt.
- Isman MB. 2006. Botanical Insecticides, Deterrents, And Repellents In Modern Agriculture And An Increasingly Regulated World. *Annual Review of Entomology* **51**:45-66. Available at https://www.researchgate.net/publication/7437835_Botanical_Insecticides_Deterrents_And_Repellents_In_Modern_Agriculture_And_An_Increasingly_Regulated_World (accessed April 27, 2024).
- Jeon Y-J, Lee S-G, Yang Y-C, Lee H-S. 2017. Insecticidal activities of their components derived from the essential oils of *Cinnamomum* sp. barks and against *Ricania* sp. (Homoptera: Ricaniidae), a newly recorded pest. *Pest Management Science* **73**:2000-2004. Available at <https://doi.org/10.1002/ps.4627> (accessed April 28, 2024).
- Kazda J, Mikulka J, Prokinová E. 2010. *Encyklopedie ochrany rostlin*. Profi Press, Praha.
- Kazda J, Ryšánek P, Kubíček J, Prokinová E, Stejskal V, Volf M, Baranyk P, Bittner V. 2003. *Choroby a škůdci polních plodin, ovoce a zeleniny* 3. dopl. vyd.. Profi Press, Praha.
- Kůdela V. 2016. *Profese rostlinolékaře*. Česká společnost rostlinolékařská, Praha.
- Kumar S, Kumari R, Mishra S. 2019. Pharmacological properties and their medicinal uses of *Cinnamomum*: a review. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* **71**:1735–1761. Available at <https://doi.org/10.1111/jphp.13173> (accessed April 28, 2024).
- Lu L, Shu C, Chen L, Yang Y, Ma S, Zhu K, Shi B. 2020. Insecticidal activity and mechanism of cinnamaldehyde in *C. elegans*. *Fitoterapia* **146**. Available at <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2020.104687>. (accessed April 28, 2024).
- Marrone PG. 2014. The Market and Potential for Biopesticides. 245-258 in *Biopesticides: State of the Art and Future Opportunities*. American Chemical Society. Available at https://www.researchgate.net/publication/287137126_The_Market_and_Potential_for_Biopesticides (accessed April 28, 2024).
- Mbaveng AT, Kuete V. 2017. Chapter 29 - *Syzygium aromaticum*. *Medicinal Spices and Vegetables from Africa*:611-625. Available at <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809286-6.00029-7> (accessed April 28, 2024).
- Migeon A, Tixier M-S, Navajas M, Litskas VD, Stavriniades M. 2019. A predator-prey system: *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): worldwide occurrence datasets. *Acarologia* **59**:301-307. Available at <http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/acarologia/> acarologia-contact@supagro.fr (accessed March 3, 2023).
- Mittal M, Gupta N, Parashar P, Mehra V, Khatri M. 2014. Phytochemical evaluation and pharmacological activity of *syzygium aromaticum*: A comprehensive review. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* **6**:67-72. Available at https://www.researchgate.net/publication/282368692_Phytochemical_evaluation_and_pharma

cological_activity_of_syzygium_aromaticum_A_comprehensive_review (accessed April 28, 2024).

Morgan ED. 2009. Azadirachtin, a scientific gold mine. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* **17**:4096-4105. Available at <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2008.11.081>. (accessed April 28, 2024).

Muthuswamy R, S A, Nison M. 2021. Review on *Capsicum frutescens*, A Tribal herbal food used as Medicine. *Research Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* **13**. Available at <https://rjpponline.org/AbstractView.aspx?PID=2021-13-4-7> (accessed April 26, 2024).

Nahak G, Sahu RK. 2011. Phytochemical Evaluation and Antioxidant activity of *Piper cubeba* and *Piper nigrum*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* **1**:153-157. Available at https://japsonline.com/admin/php/uploads/231_pdf.pdf (accessed April 28, 2024).

Norouzkhani N et al. 2022. From kitchen to clinic: Pharmacotherapeutic potential of common spices in Indian cooking in age-related neurological disorders. *Pharmacol* **13**:960037. Available at <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.960037> (accessed April 28, 2024).

Novák J, Skalický M. 2017. *Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika*, 4. edition.. Powerprint, Praha.

Oberemok VV, Laikova KV, Gninenko YI, Zaitsev AS, Nyadar PM, Adeyemi TA. 2015. A short history of insecticides. *JOURNAL OF PLANT PROTECTION RESEARCH* **55**:221-262.

Oni MO. 2011. Evaluation of Seed Fruit Powders of *Capsicum annum* and *Capsicum frutescens* for Control of *Callosobruchus maculatus* (F.) in Stored Cowpea and *Sitophilus zeamais* (Motsch) in Stored Maize. *International Journal of Biology* **3**:185-188. Available at <https://www.ccsenet.org/journal/index.php/ijb/article/view/10169> (accessed April 28, 2024).

Park I, Park J, Kim K, Choi K, Kim C, Shin S, Choi I. 2005. Nematicidal activity of plant essential oils and components from garlic (*Allium sativum*) and cinnamon (*Cinnamomum verum*) oils against the pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). *Nematology* **7**:767-774. Available at <https://doi.org/10.1163/156854105775142946> (accessed April 28, 2024).

Pathak R, Sharma H. 2021. A Review on Medicinal Uses of *Cinnamomum verum* (Cinnamon). *Journal of Drug Delivery and Therapeutics* **11**:161-166. Available at <https://doi.org/10.22270/jddt.v11i6-S.5145> (accessed April 28, 2024).

Pavela R, Žabka M, Kaffková K, Smekalová K. 2017. Možnosti využití botanických pesticidů a rostlinných extraktů v ochraně porostů fenyklu obecného, máty peprné a tymiánu obecného: certifikovaná metodika. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.

Pavela R. 2006. *Rostlinné insekticidy: Hubíme hmyz bez chemie*. Grada, Praha.

Pavela R. 2011. Rostlinné pesticidy (43. díl): Máta – rostlina vhodná nejen do čaje. *Agromanuál: Profesionální ochrana rostlin* **6**:26-27. České Budějovice.

- Pavela R. 2017. Extract from the roots of *Saponaria officinalis* as a potential acaricide against *Tetranychus urticae*. *J Pest Sci* **90**:683-692. Berlin. Available at <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0828-6> (accessed April 28, 2024).
- Pavela R. 2020. Přírodní cestou nejen proti chorobám a škůdcům. Kurent, České Budějovice.
- Petr J. 2023. Nedočkávi samci svilušek. *Vesmír* **102**:466-467.
- Prashith KTR, Vinayaka K. 2010. Potent insecticidal activity of fruits and leaves of *Capsicum frutescens* (L.) var. *Longa* (Solanaceae) **2**:172-176. Available at https://www.researchgate.net/publication/259452655_Potent_insecticidal_activity_of_fruits_and_leaves_of_Capsicum_frutescens_L_var_Longa_Solanaceae (accessed April 28, 2024).
- Psota V. 2023. Biologická ochrana proti sviluškám ve skleníkové produkci plodové zeleniny. České Budějovice. Available at <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/biologicka-ochrana-proti-sviluskam-ve-sklenikove-produkci-plodove-zeleniny> (accessed March 27, 2024).
- Qi Z, Miller GW, Voit EO. 2014. Rotenone and paraquat perturb dopamine metabolism: A computational analysis of pesticide toxicity. *Toxicology* **315**:92-101. Available at <https://doi.org/10.1016/j.tox.2013.11.003> (accessed April 28, 2024).
- Ranasinghe P, Pigera S, Premakumara GS. 2013. Medicinal properties of ‘true’ cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*): a systematic review. *BMC Complement Altern Med* **13**. Available at <https://doi.org/10.1186/1472-6882-13-275> (accessed April 28, 2024).
- Rod J, Hluchý M, Zavadil K, Prášil J, Somssich I, Zacharda M. 2005. *Obrazový atlas chorob a škůdců zeleniny střední Evropy: ochrana zeleniny v integrované produkci včetně prostředků biologické ochrany rostlin*. Biocont Laboratory ve spolupráci se Semo Smržice, Brno.
- Rodríguez L, Mendez D, Montecino H, Carrasco B, Arevalo B, Palomo I, Fuentes E. 2022. Role of *Phaseolus vulgaris* L. in the Prevention of Cardiovascular Diseases—Cardioprotective Potential of Bioactive Compounds. *Plants* DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11020186>. Talca. Available at <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/2/186> (accessed April 26, 2024).
- Seiber JN, Coats J, Duke SO, Gross AD. 2014. Biopesticides: State of the Art and Future Opportunities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **62**:11613–11619. Available at <https://doi.org/10.1021/jf504252n> (accessed April 28, 2024).
- Seidenglanz M. 2011. Škůdci v luskovinách, důležitost a ochrana. *Úroda: odborný časopis pro rostlinnou produkci* **4**:57. Praha.
- Sharada R, Lalitha BR. 2017. Lavanga (*Syzygium aromaticum* linn.) - a spicy boon. *AYURPUB.com International Ayurveda Publications* **2**:575-581. Available at <https://ayurpub.com/wp-content/uploads/2016/08/575-581.pdf> (accessed April 28, 2024).

- Schwarz A, Etter J, Künzler R, Potter C. 1996. *Obrazový atlas chorob a škůdců zeleniny: Ochrana zeleniny v integrované ochraně*. Biocont Laboratory, Brno.
- Singh N, Rao AS, Nandal A, Kumar S, Yadav SS, Ganaie SG, Narasimhan B. 2021. Phytochemical and pharmacological review of *Cinnamomum verum* J. Presl-a versatile spice used in food and nutrition. *Food Chemistry* **338**. Available at <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127773> (accessed April 28, 2024).
- Sinha N, Ray S. 2021. SCOPE OF BLACK PEPPER PIPER NIGRUM L. EXTRACT IN PEST CONTROL. *International Journal of Pharmacognosy* **8**:351-360. Available at <http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.IJP> (accessed April 28, 2024).
- Soni V. 2014. Use of Pyrethrin/ Pyrethrum and its Effect on Environment and Human: A Review. *Pharmatutor* **2**:52-60. Available at https://www.researchgate.net/publication/305809576_Use_of_Pyrethrin_Pyrethrum_and_its_Effect_on_Environment_and_Human_A_Review (accessed April 28, 2024).
- Srinivasan K. 2009. Black Pepper (*Piper nigrum*) and Its Bioactive Compound, Piperine. 25-65 in *Molecular Targets and Therapeutic Uses of Spices Modern Uses for Ancient Medicine*. World Scientific Publishing, Houston.
- Takooree H, Aumeeruddy MZ, Rengasamy KRR, Venugopala KN, Jeewon R, Zengin G, Mahomoodally MF. 2019. A systematic review on black pepper (*Piper nigrum* L.): from folk uses to pharmacological applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **59**:210-243. Available at <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1565489> (accessed April 28, 2024).
- Tauchen J, Klouček P. 2020. *Léčivé rostliny a jejich biologicky aktivní látky*. Česká zemědělská univerzita v Praze; Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Tehri K. 2014. A review on reproductive strategies in two spotted spider mite, *Tetranychus Urticae* Koch 1836 (Acari: Tetranychidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies* **2**:35-39.
- Tian K, Zhu J, Li M, Qiu X. 2019. Capsaicin is efficiently transformed by multiple cytochrome P450s from *Capsicum* fruit-feeding *Helicoverpa armigera*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **156**:145-151. Available at <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004835751830436X> (accessed April 28, 2024).
- Umetsu N, Shirai Y. 2020. Development of novel pesticides in the 21st century. *Journal of Pesticide Science* **45**:253-253. Available at <https://doi.org/10.1584/jpestics.D20-201> (accessed April 28, 2024).
- Venzon M, Rosado MC, Molina-Rugama AJ, Duarte S, Dias R, Pallini A. 2008. Acaricidal efficacy of neem against *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae). *Crop Protection* **27**:869-872. Available at <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.10.001>. (accessed April 28, 2024).

- Vicenço CB, Silvestre WP, Pauletti GF, de Barros NM, Schwambach J. 2021. *Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* essential oil on pest control: Its effect on *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Research, Society and Development* **10**. Available at <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16216> (accessed April 28, 2024).
- Vostřel J, Klapal I, Kudrna T, Fořtová H. 2008. Metodika ochrany chmele proti svilušce chmelové (*Tetranychus urticae* Koch). Chmelařský institut, Žatec.
- Vostřel J. 2008. Závěrečná zpráva projektu IB44063: Inovace ochrany chmele proti prioritním živočišným škůdcům jako podmínka pro zvýšení kvality a zdravotní bezpečnosti chmele (redakční úprava). Chmelařský institut, Žatec.
- Vostřel J. 2017. Ochrana chmele proti škodlivým organismům v roce 2017. *Chmelařství* **90**:126-131.
- WAHUA c, OKOLI BE, Sam SM. 2013. COMPARATIVE MORPHOLOGICAL, ANATOMICAL, CYTOLOGICAL AND PHYTOCHEMICAL STUDIES ON *Capsicum frutescens* Linn. and *Capsicum annum* Linn. (SOLANACEAE1). *International Journal of Scientific & Engineering Research* **4**:1-20. Choba. Available at https://www.researchgate.net/publication/335313570_COMPARATIVE_MORPHOLOGICAL_ANATOMICAL_CYTOLOGICAL_AND_PHYTOCHEMICAL_STUDIES_ON_Capsicum_frutescens_Linn_and_Capsicum_annuum_Linn_SOLANACEAE1 (accessed April 28, 2024).
- Wohanka W, Böhmer B. 2003. Atlas chorob a škůdců okrasných rostlin, ovoce a zeleniny. Brázda, Praha.
- Wulandari W, Octavia MD, Sari YN, Rivai H. 2021. Review: Black Pepper (*Piper Nigrum* L.) Botanical Aspects, Chemical Content, Pharmacological Activities **6**:83-91. Available at https://www.researchgate.net/publication/349007207_Review_Black_Pepper_Piper_Nigrum_L_Botanical_Aspects_Chemical_Content_Pharmacological_Activities (accessed April 28, 2024).
- Yamamoto S, Nawata E. 2009. Use of *Capsicum frutescens* L. by the Indigenous Peoples of Taiwan and the Batanes Islands. *Econ Bot* **63**:43-59. Available at <https://doi.org/10.1007/s12231-008-9052-5> (accessed April 28, 2024).
- Zeng L, LAO CZ, Cen YJ, Lang GW. 2010. Study on the insecticidal activity compounds of the essential oil from *Syzygium aromaticum* against stored grain insect pests. *Julius-Kühn-Archiv* **425**:766-771. Available at <https://doi.org/10.5073/jka.2010.425.237> (accessed April 28, 2024).
- Zhang X, Ma Z, Feng J, Wu H, Han L. 2015. Review on Research and Development of Botanical Pesticides. *Chinese Journal of Biological Control* **31**:685-698.

