

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra ochrany rostlin



Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

**Účinnost vybraných druhů rostlin používaných jako koření na vybrané
charakteristiky kyjaty travní (*Metopolophium dirhodum*)**

Bakalářská práce

Autor práce: Daniil Simon (Rostlinná produkce)

Konzultant: doc. Ing. Roman Pavela, Ph.D.

Vedoucí práce: prof. Ing. Pavel Ryšánek, CSc.

© 2022 ČZU v Praze

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci „Účinnost vybraných druhů rostlin používaných jako koření na vybrané charakteristiky kyjatky travní (*Metopolophium dirhodum*)“ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

V Praze dne:

Podpis:

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval doc. Ing. Romanu Pavelovi, Ph.D. a prof. Ing. Pavlu Ryšánkovi, CSc. za odbornou pomoc a poskytnuté rady při tvorbě bakalářské práce.

Souhrn

Kyjatka travní je významným škůdcem v oblasti zemědělství. Dokáže způsobit citelné ztráty na zemědělské produkci. Je vektorem viru žluté zakrslosti ječmene (BYDV). Kyjatka se obvykle živí sáním šťáv na listech všech obilnin. V důsledku hromadné reprodukce mšice konzumují velké množství asimilátů a zbavují rostlinu živin a vody.

V poslední době se často objevují negativní účinky syntetických přípravků pro ochranu rostlin. Významně sílí velký společenský tlak na snížení spotřeby agrochemikálií, včetně syntetických pesticidů. Na tuto celospolečenskou poptávku zareagoval i výzkum. Botanické pesticidy proti běžně používaným chemickým přípravkům nabízejí mnoho výhod. Škůdci nejsou schopni selektovat rezistenci díky velkému množství sekundárních metabolitů v rostlinných extraktech. Tyto extrakty jsou málo perzistentní v půdě a jsou šetrné pro lidské zdraví. Kořeninové rostliny, které se běžně vyskytují v každé kuchyni, teoretický mohou obsahovat účinné látky proti škůdcům.

V rámci bakalářské práce byla zpracována rešerše k uvedené problematice a experimentálně byla zjištěna citlivost *M. dirhodum* k botanickým extraktům vyráběným z kořeninových rostlin. Pro jednotlivé extrakty byla stanovena hodnota LC50 a LC90 po aplikaci přípravků na pšenici setou. Pro extrakty byl stanoven obsah rozpustných látek. Výsledky testů prokazují, že extrakty z kořeninových rostlin, mohou být spolehlivou náhradou neekologických syntetických přípravků.

Klíčová slova: Rostlinné extrakty, mortalita, fertilita, mšice, *Metopolophium dirhodum*

Summary

Rose-grain aphid is a major pest in agriculture. This can lead to significant losses in agricultural production. It is a carrier of the Barley Yellow Dwarf Virus (BYDV). Rose grain aphid usually feeds by sucking the juices from the leaves of all cereals. As a result of mass reproduction of aphids, rose grain aphid consumes a large amount of assimilates and deprives nutrients and water of the plant.

Recently, the negative effects of synthetic plant protection products have often appeared. Significant social pressure to reduce the consumption of agrochemicals, including synthetic pesticides, is growing significantly. Research has also responded to this social demand. Botanical pesticides offer many advantages in comparison with commonly used chemical agents. Pests are unable to select for resistance due to the large amount of secondary metabolites in plant extracts. These extracts are not very persistent in soil and are gentle on human health. Herbs, which are commonly found in any kitchen, theoretically, may contain active ingredients against pests.

As part of the bachelor's thesis, a research on this issue was carried out and the sensitivity of *M. dirhodum* to botanical extracts was determined experimentally. The LC50 and LC90 values were determined for individual extracts after application of the preparations to common wheat. The content of soluble substances was determined for the extracts. Test results show that botanical extracts can be a reliable substitute for synthetic pesticides.

Key words: Plant extracts, mortality, fertility, aphids, *Metopolophium dirhodum*

Obsah

1. Úvod	8
2. Cíl práce	8
3. Literární rešerše	9
3.1. Historie ochrany rostlin před hmyzími škůdci	9
3.2. Pesticidy	10
3.2.1. Rozdělení pesticidů	10
3.2.2. Aplikace pesticidů	11
3.2.3. Problémy ochrany rostlin	11
3.3. Environmentálně bezpečné alternativy ochrany rostlin	12
3.3.1. Biopesticidy	12
3.3.2. Botanické insekticidy	12
3.3.3. Bioagens	13
3.3.4. Základní látky v ochraně rostlin	14
3.4. Insekticidní účinnost rostlinných extraktů	14
3.4.1. Přehled základních účinných látek	14
3.4.2. Výhody rostlinných extraktů	16
3.4.3. Nevýhody rostlinných extraktů	18
3.4.4. Rezistence škůdců k pesticidům	18
3.5. Mšice na obilninách	19
3.6. Kyjatka travní (<i>Metopolophium dirhodum</i>)	21
3.6.1. Morfologické znaky důležité pro rozlišování druhu (tzv. klíčové znaky)	21
3.6.2. Životní cyklus	21
3.7. Pšenice setá (<i>Triticum aestivum</i>)	22
3.7.1. Botanický popis	22
3.7.2. Pšenice v ČR:	23
3.8. Hřebíčkovce kořený (<i>Syzygium aromaticum</i> (L.) Merr. et L. M. Perry,)	23
3.8.1. Botanický popis	23
3.8.2. Vůně a chuť	24
3.8.3. Lékařské využití	24
3.8.4. Potravinářské využití	24
3.8.5. Pesticidní účinnost	24
3.9. Skořicovník pravý (<i>Cinnamomum verum</i> J.Presl,)	25
3.9.1. Botanický popis	25

3.9.2. Vůně a chuť	25
3.9.3. Lékařské využití	25
3.9.4. Potravinářské využití	26
3.9.5. Pesticidní účinnost.....	26
3.10. Vavřík vznešený (<i>Laurus nobilis</i> (L.)).....	26
3.10.1. Botanický popis	26
3.10.2. Vůně a chuť	27
3.10.3. Lékařské využití	27
3.10.4. Potravinářské využití	27
3.10.5. Pesticidní účinnost.....	27
3.11. Tymián obecný (<i>Thymus vulgaris</i> (L.))	28
3.11.1. Botanický popis	28
3.11.2. Vůně a chuť	28
3.11.3. Lékařské využití	28
3.11.4. Potravinářské využití	28
3.11.5. Pesticidní účinnost.....	28
3.12. Majoránka zahradní (<i>Origanum majorana</i> (L.))	29
3.12.1. Botanický popis	29
3.12.2. Vůně a chuť	29
3.12.3. Lékařské využití	30
3.12.4. Potravinářské využití	30
3.12.5. Pesticidní účinnost.....	30
4. Materiál a metodika	31
4.1. Charakteristika experimentálního prostředí	31
4.2. Použitý rostlinný materiál pro přípravu experimentů.....	31
4.3. Použitý životní materiál	32
4.4. Biologické testy.....	32
4.5. Výpočty účinnosti a statistické metody.....	33
5. Výsledky	33
6. Diskuze.....	37
7. Závěr.....	40
8. Seznam literatury	41

1. Úvod

Člověk se od samého počátku pěstování rostlin na větších plochách musel potýkat s mnoha problémy. Kromě problémů spojených s výživou, péčí o rostliny a kvalitou produktů se potýkal především s ataky patogenů a škůdců, které provázely a provázejí pěstitele rostlin dodnes (Pavela 2020).

V současné době máme víc než 1000 různých přípravků pro ochranu rostlin. První přípravky vznikly před několika tisíci let. Na počátku člověk využíval přípravky přírodního původu a teprve až v XIX. století se začal rozvíjet výzkum chemických látek využitelných v ochraně rostlin. Díky pesticidům v současnosti nemáme problémy s kvalitními zemědělskými produkty a můžeme si tak nakoupit jakékoliv potraviny rostlinného původu. Pesticidy tak jsou velkou podporou zemědělců a řadí se mezi standardní součásti pěstebních technologií. Existuje ovšem i druhá strana této mince.

Synteticky vyráběné insekticidy jsou důležitou součástí pěstebních technologií eliminujících výskyt škodlivých organismů a staly se tak klíčem k úspěchu pro moderní zemědělské postupy zvyšující kvalitu a výnosy plodin. Nicméně neuvážené a nesprávné používání syntetických pesticidů může být příčinou zdravotních rizik při přímém kontaktu, vdechování a konzumaci. I případná rezidua v potravinách se mohou stát příčinou karcinogeneze, problémů s plodností a mutagenezí u lidí (McKone et al. 2007; Kazem a El-Shereif 2010; Lozowicka 2015; Lu et al. 2018).

Kvůli problémům spojeným s používáním syntetických pesticidů a často se selektujícím rezistentním populacím škůdců, se v současnosti hledají nové, bezpečné alternativy ochrany rostlin. Použití botanických insekticidů, zejména proti „měkkému“ hmyzu, jako jsou mšice, se zdají být vhodnou alternativou rizikových přípravků (Ahmed et al. 2020). Syntetické pesticidy se kumulují v půdě. Jen 5 % látky totiž dosáhne cíle. Kolem 95 % pesticidu proniká do přírodního prostředí. Jejich molekuly se rozptylují na velké vzdálenosti vodou a větrem (Loevinsohn 1987). Pesticidy nejsou všelék. Škůdci časem získávají rezistenci vůči účinným látkám, a proto vědci musejí zkoušet nové látky. Vyrobit nové látky, které budou efektivnější a bezpečnější, začíná být víc a více komplikované (Zadoks a Waibel 2000).

2. Cíl práce

Cílem bakalářské práce na téma: „Účinnost extraktů z některých druhů rostlin používaných jako koření na vybrané charakteristiky kyjatky travní (*Metopolophium dirhodum*)“ je zjištění vlivu extraktů získaných z rostlin *Syzygium aromaticum*, *Cinnamomum verum*, *Laurus nobilis*, *Thymus vulgaris* a *Origanum majorana* na mortalitu nymf a dospělců a na plodnost dospělců kyjatky travní. Na základě porovnání zjištěné účinnosti bude moci být vybrán nejúčinnější extrakt a jeho účinnost bude diskutována v rámci možného využití v ochraně rostlin proti mšicím.

3. Literární rešerše

3.1. Historie ochrany rostlin před hmyzími škůdci

Člověk, který se na prvopočátku svého vývoje živil pouze sběrem rostlin a lovem divokých živočichů, přírodní systémy příliš neovlivňoval. Lidská populace však sílila a člověk se stal postupně zemědělcem. Pro svoji potřebu a na krmení domácích zvířat potřeboval stále více rostlinných produktů. Rostliny začal postupně pěstovat v nepřírozených monokulturách (Kazda et al. 2017). Z historie vývoje zemědělství víme, že neochota nebo neschopnost zemědělců využívat ochranu rostlin proti škodlivým organismům nevyhnutelně znamenala ostrý pokles výnosu produkce a kvality zemědělských produktů. Již první kroky zemědělství rané civilizace ukázaly, že monokultury se staly „krmným“ místem pro největší populace škůdců (Popov 2003). V řadě případů měly škodlivé organismy přímý dopad na vývoj jednotlivých národů a států. Škůdci jako kobylky či sarančata jsou zmiňováni již například v bibli (Popov 2003).

Stačí ponechat plodiny na pozemku na jeden nebo dva roky bez řádné ochrany rostlin a porosty se stávají „zkaženými“: fytofágní škůdci odebírají rostlinám jejich pletiva a látky, které jsou pro ně důležité (Popov 2003).

Hledání prostředků a metod boje proti škodlivým organismům, které utlačují nebo poškozují pěstované rostliny, mají historii srovnatelnou s historií zemědělství. Původně boj proti nim spočíval v mechanickém odstraňování plevelů a sbírání, odplavování nebo odpuzování škůdců. Ale již od roku 1000 př. n. l. se při hubení škůdců začaly používat chemické přípravky (Popov 2003).

V 15. století v ochraně rostlin měly místo toxické sloučeniny olova, arsenu a rtuti. Byly izolovány sloučeniny nikotinu z tabákových listů a používány jako insekticidy (Cremlyn 1985).

Kolem roku 1850 byly zavedeny důležité přírodní insekticidy: rotenon z kořenů derrisu a pyrethrum z květu chryzantém. Úspěšně se zaváděly nové látky obsahující měď, rtuť nebo síru (Greer 1971).

Zatímco pesticidy první generace byly především těžké kovy, tzv. druhá generace pesticidů představuje syntetické organické látky. Teprve v 30. letech 20. století začala moderní syntetická chemie s výrobou organických pesticidů a nastal tak jejich skutečný rozvoj. Poprvé se objevily organické insekticidy obsahující ve svých molekulách chlor, např. (DDT) a fungicidy. Karbamátové fungicidy byly poprvé připraveny v r. 1930. První organické fungicidy salicylanilid a dithiokarbamátové fungicidy (1934) byly hodnotnými postřikovými přípravky proti řadě patogenních hub (Večeřa 1964; Cremlyn 1985; Kazda 2006).

Později bylo zjištěno, že tyto nově nasyntetizované látky (zejména organochlorové insekticidy – DDT, aldrin, chlordan, dieldrin, endrin, lindan apod.) mají závažné toxické účinky a jsou perzistentní, navíc mají možnost se v organismu kumulovat (Večeřa 1964; Kazda 2006).

Pesticidy aplikované v posledních letech se označují jako tzv. „moderní“. Jedná se o sloučeniny vesměs s vyšší polaritou než historické sloučeniny. Tyto látky by se v životním prostředí neměly kumulovat a měly by být lépe odbouratelné (Hajšlová et al. 2005).

Chemické metody jsou v současnosti nejvýznamnějším způsobem ochrany proti všem skupinám škodlivých organismů (Kazda et al. 2017).

3.2. Pesticidy

3.2.1. Rozdělení pesticidů

Obecně se přípravky na ochranu rostlin nazývají pesticidy. Herbicidy se používají proti plevelům, fungicidy proti fytopatogenním houbám, zoocidy proti živočišným škůdcům.

Skupina živočišných škůdců je různorodá, a proto se zoocidy dále dělí na nematocidy – proti háďátkům, akaricidy proti roztočům, insekticidy proti hmyzu, moluscocidy proti plžům a rodenticidy proti hlodavcům (Kazda et al. 2017).

Přípravky podle působení v rostlině je možno rozdělit na:

- Přípravky kontaktní – účinná látka neproniká do rostlin, zůstává pouze na povrchu v místě aplikace. Nevýhodou je, že aplikace musí být důkladná a směřovat i na hůře přístupná místa na rostlině – spodní strany listů, dolní listy. Výhodou jsou kratší ochranné lhůty a obvykle nižší cena.
- Přípravky systémové – účinné látky pronikají do rostlin a jsou rozváděny po celé rostlině. Výhodou je jednodušší aplikace a po určitou dobu jsou chráněny i přírůstky rostlin po aplikaci. Nevýhodou jsou delší ochranné lhůty a obvykle vyšší ceny.
- Přípravky s hloubkovým účinkem – účinné látky po aplikaci pronikají do hlubších vrstev rostlinných pletiv, nejsou však rozváděny po celé rostlině. Většinou pronikají listy na jejich spodní stranu.
- Kombinované přípravky – obsahují složku kontaktní a systémovou. Jsou vysoce účinné, oddalují selekci rezistence. Nevýhodou je vyšší cena a dlouhá ochranná lhůta (Kazda et al. 2017).

3.2.2. Aplikace pesticidů

Pesticidy lze aplikovat několika způsoby:

- Popraše – jemné prášky které vedle účinné látky obsahují nosnou jemně mletou látku (talek, křída apod.) a adheziva zvyšující přilnavost. Popraše byly dříve častou formou aplikace pesticidů.
- Granulované přípravky – účinná látka je impregnována do malých měkkých granulek o průměru 1-2 mm, z kterých se postupně po aplikaci do půdy uvolňuje a ovlivňuje půdu nebo rostlinu. Použití je v současné době omezené.
- Mořidla – aplikují se na osivo, kde ulpí a po vysetí určitou dobu chrání vzcházející rostliny proti některým patogenům nebo živočišným škůdcům.
- Postřiky – přípravek je rozptýlen ve vodě, kde vytváří pravé roztoky, koloidní roztoky, emulze nebo suspenze. V praxi je to současně výrazně nejčastější způsob aplikace pesticidů (Kazda et al. 2010).
- Fumigace – patří mezi nejvíce účinné metody likvidace škůdců v surovinách, těžko přístupných prostorách či v půdě. Fumiganty pronikají dovnitř substrátu a na rozdíl od přípravků na bázi aerosolů téměř nezanechávají na ošetřené surovině rezidua. Velkou nevýhodou je vysoká toxicita těchto plynů, z nichž mezi nepoužívanější patří kyanovodík a fosforovodík. Tyto pesticidy se aplikují např. ve formě dýmu, zadýmování (Kolář 2009).

3.2.3. Problémy ochrany rostlin

Zhruba od poloviny minulého století se stalo používání pesticidů hlavním způsobem ochrany všech tehdy pěstovaných plodin. Insekticidy se navíc staly také nedílnou součástí ochrany před lékařsky důležitými přenašeči patogenů a dalším obtížným hmyzem. Ačkoliv byly pesticidy vyráběny s cílem ochránit a zlepšit kvalitu zemědělské produkce a zdraví lidí, jejich nadměrné a neuvážené používání vedlo ve druhé polovině minulého století k závažným problémům, jako je vývoj rezistentních populací škůdců, negativní působení na necílové organismy, zabudování zdraví škodlivých reziduí do potravinového řetězce a mnohé další (Pavela 2020).

Mezi aspekty intenzifikace zemědělství, které byly kritizovány za negativní dopady na biodiverzitu (Sánchez-Bayo a Wyckhuys 2019, Hallmann et al. 2017), byly pesticidy spojovány s poklesem stavů hmyzu, ptáků a biologické rozmanitosti ve vodních systémech (Beketov et al. 2013, Brühl a Zaller 2019, Mineau a Whiteside 2013). Pokud je na vině používání pesticidů, byť jen částečně, pak to vyvolává otázky jak o používání pesticidů, tak o regulačních postupech, které se používají k ochraně životního prostředí (Brühl a Zaller 2019). EU také zahájila program Green Deal, včetně odkazu na udržitelnou produkci potravin s menším množstvím pesticidů (Topping et al. 2020). Využívání nových technologií (včetně variabilních aplikací) v prvovýrobě je zakotveno také ve Společné zemědělské politice Evropské unie. Tento dokument popisuje, jakým způsobem do roku 2050 učinit z Evropy první klimaticky neutrální kontinent. Ústředním prvkem je strategie „od zemědělce ke spotřebiteli“, která se zabývá vytvářením udržitelných potravinových systémů a kde je stanoveno, že všechny články

potravinového řetězce budou muset změnit své postupy prvovýroby (využívání ekologických, technologických, digitálních řešení a řešení založených na datech z vesmíru), aby bylo dosaženo lepších výsledků v oblasti klimatu, životního prostředí, omezení a optimalizování množství vstupů (pesticidy, hnojiva). Evropská komise usiluje o omezení používání hnojiv alespoň o 20 % do roku 2030. Zároveň si vytyčila mezi hlavní cíle snížit o 50 % negativní dopad aplikací pesticidů a o 50 % snížit únik dusíku a fosforu z minerálních hnojiv. Variabilní aplikace jsou tak ideální možností, jak splnit tato přísná kritéria, protože nabízejí možnost optimalizace využití hnojiv a pesticidů při současném snížení nákladů a dopadů na efektivitu (Semrádová 2021).

Už na konci 20. století sílil velký společenský tlak na snížení spotřeby agrochemikálií, včetně syntetických pesticidů. Na tuto celospolečenskou poptávku zareagoval i výzkum (Pavela 2020).

3.3. Environmentálně bezpečné alternativy ochrany rostlin

3.3.1. Biopesticidy

V současnosti metody integrované ochrany rostlin zaměřeny na efektivnost, zkvalitnění pěstovaných plodin, ochranu necílových organismů a udržitelnost. Pro splnění těchto požadavků se biologická forma ochrany jeví jako ideální varianta, nicméně stále objevujeme její potenciál. Biopesticidy jsou přípravky na bázi mikroorganismů, jako jsou různé druhy virů, bakterií a hub (Aparna 2014).

Biopesticidy v posledních desetiletích přitahovaly pozornost při ochraně před škůdci a již dlouho jsou propagovány jako perspektivní alternativy syntetických pesticidů.

Biopesticidy však dosud nedosáhly požadované úrovně použití, čímž by mohly vytlačit dominanci chemických pesticidů, protože komercializace nových produktů na trhu zaostává (Damalas a Koutroubas 2018).

3.3.2. Botanické insekticidy

Rostlinné přípravky se používaly k hubení zemědělských škůdců ve starověké Číně, Egyptě, Řecku a Indii již před dvěma tisíciletími (Isman 2006).

Dnes víme, že některé rostliny obsahují velké množství tzv. biologicky aktivních látek, které si v rámci své přirozené obranyschopnosti vůči patogenům a škůdcům aktivně syntetizují. Pokud tyto látky vyextrahujeme a aplikujeme je v rámci ochrany jiných rostlin, nazýváme takové přípravky botanickými pesticidy (Pavela et al. 2017).

Botanické insekticidy se obvykle vyrábějí z extraktů léčivých rostlin nebo rostlin používaných v potravinářském průmyslu a považují se za produkty spojené s minimálními zdravotními a environmentálními riziky (Isman 2015; Pavela 2016).

Řada zemědělských ministerstev aktivně propaguje botanické přípravky ve svých poradenských materiálech. Jako takové je třeba uvést národní partnery Plantwise (www.plantwise.org), globální program rozvoje zemědělství vedený CABI (Centre for Agriculture and Bioscience International), kteří někdy zahrnují domácí pesticidní přípravky do svých doporučení a materiálů.

Botanické pesticidy můžeme rozdělit různými způsoby. Jedna z možností rozdělení je z hlediska jejich historického vývoje s ohledem na jejich účinnost:

- První generace – v této skupině nalezneme nejstarší botanické pesticidy, mezi které patří především neselektivní insekticidy. Tyto přípravky byly používány po staletí a mají své kořeny zasahující hluboko do historie a často jsou používány i v současnosti.
- Druhá generace – v této skupině nalezneme nejen insekticidy a akaricidy, ale také fungicidy, baktericidy a herbicidy. Jsou to přípravky, které postupně vznikaly zhruba od druhé poloviny 20. století, a to v rámci mezinárodního výzkumu a vývoje nových alternativ ochrany rostlin. Tyto přípravky se vyznačují selektivitou, environmentální a zdravotní bezpečností.
- Třetí generace – v této skupině nalezneme zcela nové přípravky, které vznikly v posledních několika desetiletích a které obvykle nemají přímé pesticidní účinky, ale mohou buď omezit vývoj chorob a škůdců, anebo zvyšují přirozenou obranyschopnost rostlin tím, že indukují částečnou rezistenci, tj. elicitují syntézu látek obranného charakteru (Kazda et al. 2017).

3.3.3. Bioagens

Pro organismus potlačující škůdce nebo patogen se používá termín „Biocontrol agent“, případně „bioagens“. V širším měřítku lze takto označit i jakýkoliv produkt metabolismu zahrnující i jeho fermentovanou podobu (Heydari a Pessarakli 2010).

Biologický boj proti chorobám rostlin je potlačení populací rostlinných patogenů živými organismy (Heimpel a Mills 2017). Prostředky mikrobiálního biologického boje chrání plodiny před poškozením chorobami různými způsoby účinku. Mohou vyvolat rezistenci nebo zvýšit odolnost proti infekcím patogenem v rostlinných pletivech bez přímé antagonistické interakce s patogenem (Pieterse et al. 2014; Conrath et al. 2015). Další nepřímou interakcí s patogeny je soutěž o živiny a prostor (Spadaro a Droby 2016). MBCA (Microbial biological control agents) mohou také interagovat přímo s patogenem hyperparazitismem nebo antibiózou. Hyperparazité napadají a zabíjejí mycelium, spory a klidové struktury houbových patogenů a buněk bakteriálních patogenů (Ghorbanpour et al. 2018). Produkce antimikrobiálních sekundárních metabolitů s inhibičními účinky proti patogenům je dalším přímým způsobem účinku (Raaijmakers a Mazzola 2012).

Aplikací bioagens tak dochází k nastolení rovnováhy mezi populacemi patogenů (škůdců) a jejich predátorů, což má za následek omezení epidemií a výrazných ztrát po přemnožení (Heydari a Pessarakli 2010).

3.3.4. Základní látky v ochraně rostlin

Pojem „základní látka“ (ZL) je nový odborný termín, který vychází z nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1107/2009 a označují se jím látky, které lze obecně používat v ochraně rostlin nebo zemědělských produktů, k dezinfekci prostor, nářadí nebo nástrojů. Pro jednoduché vysvětlení pojmu „základní látka“ lze uvést citaci Článku 23 příslušného nařízení, podle kterého se ZL rozumí účinná látka:

- která není látkou vzbuzující obavy;
- která nemůže svými vlastnostmi způsobit narušení činnosti žláz s vnitřní sekrecí ani nemá neurotoxické nebo imunotoxické účinky;
- jejímž hlavním využitím není použití v přípravcích na ochranu rostlin, ale lze ji nicméně použít pro ochranu rostlin, a to buď přímo nebo v přípravku složeném z dané látky a obyčejného ředidla (např. vody);
- která není uváděna na trh jako přípravek na ochranu rostlin.

První základní látky byly registrovány v roce 2013 a do dnešního dne jich je dvacet tři.

První skupinou základních látek jsou ty, které se vyrábějí z rostlin, a můžeme je tedy považovat za botanické pesticidy, resp. za tzv. farmářské přípravky. Prozatím jsou registrovány tři rostliny: přeslička, kopřiva a vrba. Tyto tři druhy jsou zatím jedinými zástupci z rostlinné říše mezi ZL. Druhou, mnohem početnější skupinou, jsou různé potravinářské ingredience. Výhoda u aplikaci ZL z této druhé skupiny bezesporu je, že si pěstitelé nemusí předem připravovat výluhy či výkvasy, ale přímo aplikují zakoupené látky stejným způsobem, jako jsou zvyklí při aplikaci jiných pesticidů. Příklady základních látek: přeslička rolní (*Equisetum arvense L.*), vrba (*Salix spp. L.*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica L.*), kopřiva žahavka (*Urtica urens L.*), hydrochlorid chitosanu, lecitin, hydrogenuhličitan sodný, syrovátka, cukr, fruktóza, slunečnicový olej, hořčičný prach, cibulový olej, pivo, ocet, mastek, chlorid sodný, jílovité uhlí, hydrogen fosforečnan amonný, hydroxid vápenatý, peroxid vodíku (Pavela 2020).

3.4. Insekticidní účinnost rostlinných extraktů

3.4.1. Přehled základních účinných látek

Dosud bylo objeveno více než 6000 druhů rostlin, které obsahují látky insekticidního charakteru. Mnoho rostlinných extraktů z nich je proto tradičně používáno zemědělci v rozvojových zemích v rámci ochrany rostlin a patří mezi součást ochrany rostlin (Walia a Koul 2008). Lidé se odedávna snažili eliminovat nejprve hmyzí parazity, později skladištní škůdce, a konečně také rostlinné škůdce a choroby různými prostředky. Teprve poznáním účinnosti rostlinných biologicky aktivních sekundárních metabolitů na choroby lidí se však otevřela cesta k testování těchto látek také proti hmyzu a později i proti chorobám pěstovaných plodin (Pavela et al. 2017). Insekticidy mají široký rozsah účinků na hmyz a jiné členovce, tj. neuroexcitace vedoucí k hyperaktivitě, třesu a rigidní paralýze v důsledku energetického

vyčerpání a nervosvalové únavy, zatímco neuroinhibice má za následek nehybnost a paralýzu kvůli možnému nedostatku kyslíku a/nebo snížené respirační kapacitě, což nakonec vede k úmrtí (Scharf et al. 2003). Nejúspěšnější druhy rostlin typicky syntetizují širokou škálu středně toxických obranných sloučenin nebo malý počet vysoce toxických látek. Většina sekundárních metabolitů, jako jsou terpenoidy a alkaloidy, je uváděna jako kandidáti insekticidních sloučenin, které by mohly být účinnou alternativou pro ochranu proti škůdcům hmyzu. Ve skutečnosti je lidé používají po tisíce let jako barviva (např. indigo, shikonin), příchutě (např. vanilin, kapsaicin), vonné látky (např. esenciální oleje z růže, levandule), stimulanty (např. kofein, nikotin), halucinogeny (např. morfin, tetrahydrokanabinol), jedy (např. strychnin, koniin) a léky (např. chinin, atropin). Sekundární metabolity rostlin (jako jsou slavanoidy, terpeny, fenoly, alkaloidy, steroly, vosky, tuky, třísloviny, cukry, gumy, suberiny, karotenoidy z pryskyřičných kyselin atd.) je chrání před mikrobiálními patogeny a bezobratlými škůdci (Gottlieb 1990; Wink a Schimmer 1999). Alkaloidy jsou v nízkých koncentracích insekticidní a také toxické pro obratlovce. Jejich způsob účinku se liší, ale mnoho z nich ovlivňuje acetylcholinové receptory v nervovém systému (např. nikotin) nebo membránové sodíkové kanály nervů (např. veratrin). Mezi příklady insekticidů patří nikotin (*Nicotinia* spp.), anabasin (*Anabasis aphylla*), veratrin (*Schoenocaulon officinale*) a ryanodin (*Ryania speciosa*). Fyzostigmin slouží jako modelová sloučenina pro vývoj karbamátových insekticidů, což je alkaloid izolovaný z kalabaru (*Physostigma venenosum*) (Stedman a Barger 1925). Tyto chemikálie nejsou těkavé a mohou být použity jako repelenty spalováním rostlinného materiálu, za vzniku insekticidního kouře, který odpuzuje hmyz přímou toxicitou. Alkaloidy se nacházejí ve velkých množstvích v mnoha členech čeledí *Berberidaceae*, *Fabaceae*, *Solanaceae* a *Ranunculaceae*, z nichž všechny se používají jako netradiční repelenty proti hmyzu (Secoy a Smith 1983; Johnson 1998). Terpeny jsou široce používány v potravinářském, farmaceutickém a parfémovém průmyslu. Terpeny jsou největší skupinou přírodních produktů z rostlin obsahujících silice, příchutě, vůně a rostlinné pigmenty rozpustné v tucích. Tyto hydrofobní sloučeniny se obvykle skladují v rostlinách v pryskyřičných kanálech nebo glandulárních trichomech (Wink a Schimmer 1999). Složení terpeninů je mezi druhy rostlin velmi variabilní a některé vykazují značnou toxicitu pro hmyz s nízkou toxicitou pro savce (Fengel a Wegener 1984; Golob et al. 1999). Směsi terpenů obsahující sloučeniny s různými fyzikálními vlastnostmi však mohou být toxičtější s delší trvanlivostí obrany. Terpeny synergizují účinky jiných toxinů tím, že působí jako rozpouštědla a usnadňují jejich průchod membránami. Zdá se, že příkladem takového synergismu je jehličnatá pryskyřice, která je směsí monoterpenových olefinů s anti-bylinožravou a antipatogenní aktivitou a diterpenem, který je pro býložravce toxický a odstrašující. Dobře studovaným příkladem jsou pyrethroidy (tj. monoterpenové estery) nacházející se v určitých listech a květech druhu *Chrysanthemum*. Toxin způsobuje narušení nervového systému, což vede k paralýze a mortalitě. Je vzorem pro vývoj nejúspěšnějších komerčních pesticidů (Raffa a Priester 1985; Gershenzon a Croteau 1991).

Za botanické pesticidy považujeme ty, které jsou komerčního charakteru a jsou na bázi extraktů z rostlin neboli tak zvaných rostlinných biologicky aktivních látek obranného charakteru. Jsou tedy komerčně vyráběny, zabaleny a distribuovány standardními obchodními cestami. Pak jsou farmářské přípravky. Ty jsou složením velmi podobné, ale s tím rozdílem, že si je farmář vyrábí sám pomocí macerace rostlinných materiálů (Pavela a Venclová 2013).

Tabulka 1. Klíčové, biologické aktivní látky kořeninových rostlin

Rostliny	Biologicky aktivní látky	Druh účinku	Reference
<i>Thymus vulgaris</i>	Thymol and carvacrol	Fumigantní a kontaktní insekticidní vlastnosti. Narušuje neuromodulátor: oktapamin a chloridové kanály GABA-gates. (Omezená vytrvalost v poli).	Walia a Koul et al. 2008
<i>Syzygium aromaticum</i>	Eugenol	Baktericidní, fungicidní a insekticidní účinky, účinný proti komárům a vajíčkám, vhodný pro kontrolu různých typů hmyzu. Mírné vedlejší účinky na necílené organismy a nízká perzistence v půdě	Isman et al. 2011, Isman 2020, Pavela 2021
<i>Cinnamomum verum</i>	Cinaldehyd a eugenol	Antibakteriální, fungicidní, antivirové, insekticidní a akaricidní vlastnosti	Ouattara et al. 1997; Prabuseenivasan et al. 2006; Unlu et al. 2010; Jeyaratnam et al. 2016
<i>Origanum majorana</i>	Carvacrol, thymol Terpinen-4-ol (47.4%), g-terpinene (16.4%), a- terpinene (7.9%)	Antibakteriální, antimykotické a antivirové aktivity	Tripathy et al. 2017
<i>Laurus nobilis</i>	1,8-cineol, α -terpinen a sabinen	Akaricidní, antimikrobiální a antioxidační účinky	Valero a Giner 2006; Macchioni et al. 2006; Cherrat et al. 2013

3.4.2. Výhody rostlinných extraktů

- Nízká toxicita – botanické pesticidy jsou vyráběny obvykle z léčivých a aromatických rostlin, takže jejich negativní vliv na lidské zdraví je minimální a případná rezidua nejsou riziková.
- Bezpečnost pro necílové organismy – vzhledem k tomu, že se rezidua botanických pesticidů v přírodě velmi rychle rozkládají vlivem UV záření, teploty či dalších přirozených rozkladných procesů, je jejich negativní vliv na necílové organismy minimální.
- Dostupnost materiálu pro přípravu farmářských přípravků – mnohé relativně účinné botanické pesticidy si mohou drobní pěstitelé vyrobit sami jednoduchou macerací rostlinného materiálu ve vodě. Ve světě je obvyklé, že si farmáři, pokud s tímto způsobem ochrany počítají, rostliny, které jsou k tomuto účelu potřebné, pěstují, nebo je sbírají ve volné přírodě v okolí farem. Výroba takových přípravků je pak relativně levnou záležitostí (Pavela et al. 2017). Syntetické pesticidy se intenzivně používají ve státech s vyspělou nebo přechodovou ekonomikou (Anonym 11 2013). V rozvojových zemích mnoho

samozásobitelských a přechodných farmářů nemá přístup k syntetickým pesticidům, nebo si je nemohou dovolit (Abate et al. 2000; Nyirenda et al. 2011).

- Zabránění selekce rezistentních populací patogenů a škůdců – selekce populací škůdců a rostlinných patogenů rezistentních k účinným látkám syntetických pesticidů je v současné ochraně rostlin jedním z největších problémů. Vzhledem k tomu, že v rostlinných extraktech není jedna nebo dvě účinné látky, ale celý komplex látek, které vykazují synergicky působící mechanismus účinku, je předpoklad, že zde nehrozí riziko vzniku rezistence.
- Spektrum účinnosti – rostlinné pesticidy obsahují obvykle několik desítek rostlinných sekundárních metabolitů, které jsou účinné většinou proti celému spektru škůdců i bakteriálních a houbových původců chorob. Pokud jsou tedy aplikace pravidelné, můžeme účinně zamezit jak případným chorobám, tak škodám způsobených škůdci.
- Jednoduché zacházení a skladování – vzhledem k tomu, že pracujeme s rostlinným materiálem, který obvykle dobře známe z kuchyně či léčivých čajů, nejsou zde (až na některé výjimky) při skladování, manipulaci a použití botanických pesticidů nutná přísná hygienická opatření (Pavela et al. 2017).

Extrakty z rostlin, které obsahují mnoho sloučenin, byly ve srovnání se syntetickými pesticidy složitější, a proto zpomalují selekci rezistence (Völlinger a Schmutterer 1987). Kombinace behaviorálních a fyziologických účinků botanických pesticidů brání rozvoji rezistence (Rice 1993). Botanické insekticidy tak mohou představovat bezesporu atraktivní alternativu k běžně používaným syntetickým chemickým insekticidům pro ochranu před škůdci (Pino et al. 2013 ; Miresmailli a Isman 2014; Pavela 2016). Vedle jejich insekticidního potenciálu bylo zjištěno, že ve srovnání se syntetickými pesticidy představují rostlinné extrakty také relativně malou hrozbu pro životní prostředí a pro lidské zdraví (Pavela 2014a, 2016). Některé sekundární metabolity v rostlinách slouží jako obranný mechanismus proti napadení hmyzem a bylo prokázáno, že pesticidní vlastnosti rostlinných chemikálií mohou být specifické pro konkrétní cílové druhy. Rostlinné chemikálie biologicky rozložitelné na netoxické produkty jsou potenciálně vhodné pro použití v integrované ochraně před škůdci (Markouk et al. 2000; Isman 2006; D'Incao et al. 2013).

Při sběrech rostlin pro účely extrakcí, výluhů či výkvasů je dobré řídit se obecnými radami, které platí pro sběr léčivých rostlin. Pokud budeme používat sušené rostliny, pak je nejlepší je sbírat v době květu, kdy mají obvykle nejvíce účinných látek (jsou ale i výjimky, jako třeba kopřivy, které sbíráme na jaře v době počátečního růstu). Plody sbíráme v době jejich maximální zralosti (ne přezrání), kořeny a hlízy v době vegetačního klidu. Rostliny sbíráme nejlépe brzy po ránu, jakmile oschne rosa. Sušení materiálu probíhá v tenké vrstvě, ve stínu a teplotě 30–40 °C. Sušené rostliny skladujeme při pokojové teplotě, v prodyšných (nejlépe papírových nebo plátěných) pytlích a ideálně zavěšených ve vzduchu. Pokud rostlinný materiál nakupujeme, tak od kvalitního dodavatele, který nám může zaručit kvalitu rostlin, které nejsou starší 2 let od sběru. Skladováním se mnohé (především aromatické) biologicky aktivní látky

ztrácejí a účinnost přípravků se tím snižuje. Na kvalitě sušených rostlin se však samozřejmě mnohdy špatně podepíše i jejich nevhodné skladování (Pavela 2017).

Ve srovnání s konvenčními pesticidy se biopesticidy vyznačují vysokou specifitou vůči škůdcům. Tato specifita tedy minimalizuje možnost nežádoucího působení na jiné organismy (Anonym 1 2021).

3.4.3. Nevýhody rostlinných extraktů

- Počáteční zdroj biomasy je obecně minimálně monitorován, na rozdíl od protokolů kontroly kvality, které existují pro syntetické pesticidy. Extrakty jsou obvykle specifikovány na základě hladiny jedné nebo dvou markerových sloučenin (domněle aktivních látek), i když přítomnost a množství dalších složek ve směsi může významně ovlivnit celkovou toxicitu a účinnost extraktu (Miresmailli et al. 2006). V důsledku omezené chemické standardizace nemusí být účinnost botanických produktů konstantní (Isman2005). Syntetické pesticidy však tyto problémy nemají kvůli jejich jednodušší struktuře složení ve srovnání se strukturou botanických insekticidů a stupni kontroly a standardům souvisejícím s jejich výrobou (Miresmailli a Isman 2014).
- Omezení škálovatelnosti může být také problémem pro výrobce botanických insekticidů a závisí na dostupnosti přírodních zdrojů. Formulace může být nutné změnit, aby se kompenzovaly vzácné a/nebo drahé přísady, které nejsou snadno dostupné, aby byla zachována konkurenceschopnost produktu. Dostupnost složek na trhu tedy určuje škálovatelnost rostlinných produktů. To neplatí pro syntetické pesticidy (Miresmailli a Isman 2014).
- Botanické extrakty a silice často obsahují lipofilní a vysoce těkavé složky a je známo, že jsou náchylné ke konverzním a degradačním reakcím, jako jsou oxidační a polymerizační procesy, které mohou vést ke ztrátě kvality a určitých vlastností (Sell 2010). Stabilita těchto látek je ovlivněna působením faktorů, jako jsou vzduch, světlo a zvýšené teploty (Turek a Stintzing 2013).

3.4.4. Rezistence škůdců k pesticidům

Během svého dlouhého vývoje se museli živočichové přizpůsobovat změněným životním podmínkám. Jestliže se některý druh nedokázal novým podmínkám přizpůsobit, postupně vyhynul a byl nahrazen jiným úspěšnějším druhem. Tyto procesy probíhají již na planetě Země stamiliony let a určovaly vývoj praktický všech živých organismů (Kazda a kol. 2010).

Rezistence vzniká selekčním procesem, kdy jsou jedinci dané populace opakovaně vystavováni toxické látce a postupně si k ní vytváří různé stupně odolnosti. Jako rezistentní se označují populace, které jsou schopné přežít dávku, v tomto případě insekticidu, která by dříve zahubila většinu z nich. Rezistence se vytváří vůči samostatné látce, ale i vůči skupině látek (Kazda a kol. 2008).

Multirezistence – rezistence působící vůči jedné látce, ale současně i proti skupině látek.

Spřažená rezistence (cross rezistence) – rezistence proti jedné látce vyvolává rezistenci i proti novým dosud nepoužívaným látkám (Kazda a kol. 2010).

Existuje několik způsobů, kterými se hmyz může bránit proti insekticidům. Rezistentní škůdci obvykle vykazují kombinaci několika těchto mechanismů rezistence současně. Jedním z nich je tzv. behaviorální rezistence, kdy hmyz rozeznává nebezpečí a vyhýbá se jedu. Tento mechanismus rezistence byl zaznamenán u několika druhů insekticidů včetně organochloridů, organofosfátů, karbamátů a pyretroidů. Hmyz se jednoduše přestane krmit, pokud vycítí jedovatou látku nebo úplně opustí oblast, kde byly insekticidy aplikovány (Karaağaç 2012).

Dále může dojít ke sníženému pronikání insekticidu do těla škůdce. Rezistentní hmyz potom absorbuje toxin pomaleji než hmyz citlivý. K tomuto mechanismu rezistence dojde specifickou tvorbou pokožky hmyzu, která následně zpomaluje absorpci látek do celého těla. To může chránit jedince před celou řadou insekticidů. Odolnost proti průniku se často vyskytuje v kombinaci s jinými mechanismy rezistence a jen umocňuje jejich účinnost (Karaağaç 2012).

Způsobem obrany hmyzu je i změna metabolických drah. Rezistentní hmyz tak může detoxikovat nebo zničit toxin rychleji než hmyz vnímavý, nebo rychle vyloučit toxické molekuly ze svého těla. Metabolická rezistence je nejčastějším mechanismem a často představuje největší problém. Hmyz používá své interní enzymové systémy k rozložení insekticidů. Rezistentní populace mohou mít vyšší expresi nebo účinnější formy těchto enzymů. Kromě jejich vysoké účinnosti mohou tyto enzymy mít i široké spektrum aktivity – mohou degradovat mnoho různých insekticidů (Karaağaç 2012).

3.5. Mšice na obilninách

Mšice je malý hmyz, který patří do čeledi *Aphididae*. Mnoho druhů mšic je významnými zemědělskými škůdci, kteří vážně poškozují hostitelské rostliny konzumací velkého množství rostlinných šťáv a přenášením patogenů (Shaposhnikov 1987; Simon et al. 2010).

Mšice se vyznačují složitým životním cyklem, včetně partenogeneze po několik (až 15 a více) generací a sexuální reprodukce jedné generace před zimou v chladných oblastech na dřevinách (Emden a Harrington 2007).

Živorodost a partenogeneze umožnily mšicím neobvykle rychle zvýšit jejich počet a program rozvoje překrývajícími se generacemi zkrátit podmínky předreprodukčního období na několik dní. Vznikla Heterecia – sezónní změna vytrvalých dřevin (zimní) na porosty bylin (letní) (Shaposhnikov et al. 1987; Stekolshchikov a Kuznetsova 2002).

Morfy s vyšší rychlostí reprodukce (bezkrídle) způsobují více škody. Okřídlení parthenogenetičtí jedinci jsou „zodpovědní“ za šíření a přenos primární virové infekce. Sledování letu mšic je důležité pro předpovídání času a rozsahu očekávaného poškození (Williams a Dixon 2007; Lapshinov 2010).

Ve světě existuje kolem 4700 druhů mšic (Remaudière a Remaudière 1997). Z toho je přibližně 450 druhů škodících na plodinách, ale zhruba 100 druhů úspěšně využilo zemědělské prostředí do té míry, že mají značný ekonomický význam (Blackman a Eastop 2000). Mezi hospodářsky významnými druhy mšic nalezneme přibližně jen 5 % polyfágů a téměř 95 % oligofágů či monofágů (Blackman a Eastop 2007).

Potravinová specializace, rychlost reprodukce a s tím spojená i vysoká škodlivost mšic řadí mšice mezi významné škůdce většiny pěstovaných plodin. Významu nabývají nepřímé škody způsobené přenosem virů, především viru žluté zakrslosti ječmene (Kazda et al. 2017; Gandrabur 2019; Anonym 2 2021). Vzhledem k jejich malé velikosti se mšice mohou pohybovat vzdušnými proudy na obrovské vzdálenosti, včetně mezi kontinenty (Parry 2013).

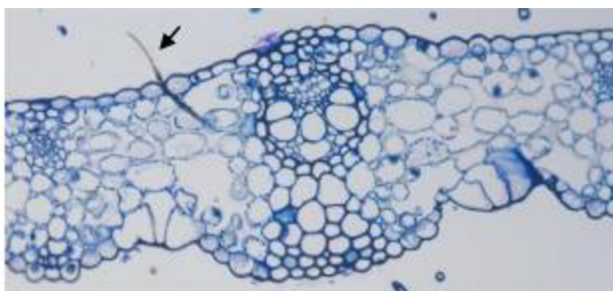
K poškození rostlin mšicemi dochází několika způsoby. V důsledku hromadné reprodukce mšice konzumují velké množství asimilátů a zbavují rostlinu živin a vody. Je známo, že v průměru může jeden jedinec za hodinu absorbovat až 130 % své tělesné hmotnosti šťávy z floému, takže 1000 jedinců může za hodinu absorbovat asi 0,5 ml šťávy, což vede k inhibici růstu, vývoje, reprodukci a případně i smrti rostlin (Ehrhardt 1968).

Různé generace se vyznačují specifickými strategiemi přežití, které zajišťují ekologickou plasticitu populací mšic jako celku.

Partenogenetické generace s vysokou mírou reprodukce na primárních a sekundárních hostitelích se projevují jako r-stratégové. Zároveň při bisexuální reprodukci na trvalém primárním hostiteli, který poskytuje výživu pro přezimovanou generaci, dochází k přechodu na strategii k. Existují důkazy, že okřídlené morfy patří ke k – stratégům a parthenogenetické bezkřídle morfy k r-stratégům (Dixon a Wellings 2012).

Významnou složkou škodlivosti mšic je přenos virů vedoucí k poškození hostitelské rostliny a snížení výnosu. Na území České republiky byly dosud popsány čtyři druhy obilních virů, které šíří v polních podmínkách mšice. Intenzita jejich výskytu je závislá na početnosti druhů mšic, které příslušný virus přenášejí, četnosti zdrojů infekce, infekčnosti mšic a podmínkách při migraci mšic na porosty hostitelských obilnin. Nejrozšířenějším a nejškodlivějším virem ve světě i u nás je luteovirus žluté zakrslosti ječmene (barley yellow dwarf virus – BYDV) (Honěk et al. 2017).

S obilninami je spojen relativně malý počet druhů mšic. Většina mšic, které se živí na pšenici, se dnes rozšířily po celém světě. K dosažení místa sání je pro mšice nutné překonat cestu z epidermis přes listový mezofyl do floému. Je známo, že stylety studovaných druhů mšic se pohybují mezibuněčně a nezpůsobují patologické poruchy struktury buněk (van Emden a Harrington 2007).



Obr. 1. Průřez pšeničného listu se styletem *Rh. padi* při zvětšení $\times 20$, tloušťka řezu 7 μm (van Emden a Harrington 2007).

3.6. Kyjatka travní (*Metopolophium dirhodum*)

3.6.1. Morfologické znaky důležité pro rozlišování druhu (tzv. klíčové znaky)

Bezkrídle živorodé samičky na obilninách jsou protáhle vřetenovité a dozadu se rozšiřují. Zbarvení mají zelené až žlutozelené, nohy, tykadla a sifunkuly jsou zbarveny stejně jako tělo. U většiny jedinců je zřetelný světle zelený pásek táhnoucí se podélně na hřbetní straně těla. Délka těla kolísá mezi 1,6–2,9 mm. Okřídlené samičky jsou podobného vzhledu, bez světlejšího podélného pásku, s délkou mezi 1,6–3,3 mm. *M. dirhodum* se vyskytuje téměř výhradně na listech, kde může vytvářet velké kolonie skládající se z potomstva několika samic. Osidluje hlavně od slunce odvrácenou stranu listu, většinou spodní, v případě, že list je zkroucen, i svrchní. Do klasů zabloudí ojedinělé kusy, zřejmě v důsledku peší migrace.



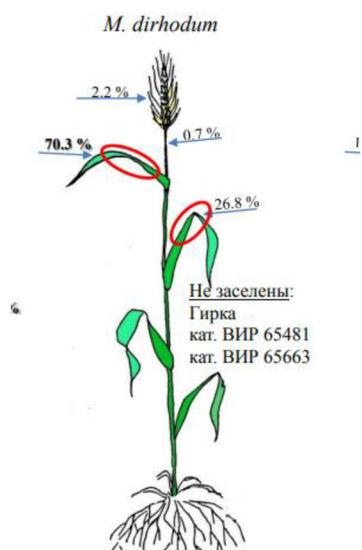
Obr. 2. Kyjatka travní *Metopolophium dirhodum* (Honěk et al. 2017).

3.6.2. Životní cyklus

Přezimují vajíčka na růžích (primární hostitel). Na jaře se líhnou zakladatelky. Přibližně od druhé poloviny května do první dekády června přeletují okřídlené samičky do porostů obilnin (sekundární hostitel). V porostech obilnin dochází k vývoji 3–5 překrývajících se nepohlavních generací mšic. Okřídlené samičky, které nalétly do porostu, rodí bezkrídle samičky, které pak dávají vzniknout dalším generacím bezkrídlych samiček. Při vysoké populační hustotě mšic nebo zhoršujícím se stavu listů obilnin dochází k novému vývoji okřídlených samiček, které odlétají na nové stanoviště. Vrcholné početnosti dosahují mšice zpravidla od druhé dekády června do první dekády července, a to v krátkém časovém úseku 5–10 dnů. V období voskové zralosti okřídlené samičky odlétají na trávy, kukuřici či vydrol, ze

kterých na podzim dochází ke zpětné migraci na zimního hostitele. V porostech obilnin se vyskytuje výlučně na listech (Anonym 2 2021).

Doba od narození do začátku reprodukce v letních morfách *M. dirhodum* je $9,8 \pm 1,2$ dne u bezkřídých, respektive $10,8 \pm 0,8$ dne u okřídlených (Gandrabur 2019).



Obr. 3. Místa na rostlině obilnin s největším výskytem kyjatyky (Gandrabur 2019).

Podle práce Gandrabura (2019) se mšice nejvíc vyskytují na spodní straně listů, co nejbliž k bázi listů, ale do pochev nepronikají. Místa s nejmenším výskytem mšic jsou klas a stéblo.

3.7. Pšenice setá (*Triticum aestivum*)

3.7.1. Botanický popis

Pšenice setá je ozimá nebo jarní trsnatá obilnina. Stéblo je duté, tenkostěnné, tvořené obvykle 5 články oddělenými kolénky. List je čárkovitý, plochý, bez řapíku. Na rozhraní listové pochvy a čepele se nachází krátký vroubkovaný jazýček. Ouška objímající zčásti stéblo jsou malá, řídce obrvená nebo lysá. Květenstvím je čtyřhranný klas s vícekvětnými klásky (většinou 2–5 květů). Vřetenno klasu je tuhé a nelámavé. Plevy a pluchy mají vejčitý nebo podlouhle vejčitý tvar a jsou zřetelně kýlnaté. Pluchy mohou být osinaté nebo bezosinné. Plodem je obilka. Obilky mají oblý tvar a z plev volně vypadávají. Rostlina kvete v červnu (Anonym 3 2021).

3.7.2. Pšenice v ČR:

Ozimá pšenice je naší nejdůležitější obilninou, v současné době zaujímá v průměru asi čtvrtinu orné plochy. Nejpěstovanější je pšenice ozimá (ČSÚ 2018). Pšenice díky relativně vysoké úrovni a stabilitě výnosů představuje produkční jistotu ve všech výrobních oblastech České republiky (Prugar et al. 2008). V České republice se roční produkce pšenice pohybuje okolo 4 000 tis. tun. Spotřeba na osivo činí zhruba 190 tis. tun, na potravinářské, cca 2 600 tis. tun, se využívá například na krmiva, průmyslové využití a export (Palík et al. 2009).

Potravinářská pšenice je ideotyp pšenice seté *Triticum aestivum* L. ozimé i jarní k mlýnsko-pekárenskému zpracování. Pro kynutá těsta: s požadovanou mlynářskou a pekařskou jakostí, kdy se odrůdy podle jakosti třídí do jakostních skupin: E – elitní, A – kvalitní a B – chlebové. Pro pečivářské účely: zvláštní jakostní požadavky k výrobě keksů, sušenek, oplatek, pizzy a dalšího jemného pečiva. Pro těstoviny: převážně odrůdy pšenice tvrdé *Triticum durum* L. k výrobě těstovin (makaronů, špaget, nudlí a dalších těstovin), speciálně mleté na mouku semolinu (Zimolka a kol. 2005).



Obr. 4. Pšenice setá *Triticum aestivum* (Afonin et al. 2008)

3.8. Hřebíčkovec kořený (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. et L. M. Perry,)

3.8.1. Botanický popis

Hřebíček je pojem, který se používá pro sušená poupata hřebíčkovce kořeného *Syzygium aromaticum*, což je strom z čeledi myrtovitých (*Myrtaceae*). *S. aromaticum* roste původně na Molukách, ale v celých tropech se pěstuje pro poupata obsahující tzv. hřebíčkovou silici (destiluje se pro lékařské účely), sušená poupata se používají jako koření „hřebíček“ (Novák a Skalický 2017). *S. aromaticum* je stálezelený strom, který dorůstá do výšky 8 až 12 m. Je to rostlina s velkými listy, které mají vejčitý tvar a jsou dlouhé 5 až 15

cm, a květy seskupenými v koncových trsech. Poupata mají zpočátku světlou barvu, která se postupně zbarví do zelena a poté se před sklizní mění na jasně červenou. Hřebíček se sklízí v délce 1,5-2,0 cm a skládá se z dlouhého kalichu, který končí čtyřmi roztroušenými sepaly a čtyřmi neotevřenými listy, které tvoří malou centrální kouli (Janča a Zentrich 1995; Anonym 4 2010; Sempruch et al. 2017). Sesquiterpeny, nalezené v hřebíčku, byly zkoumány jako potenciální antikarcinogenní látky (Zheng et al. 1992).

3.8.2. Vůně a chuť

Hřebíček má nasládlou chuť, která často přechází do chutě hořké. Sloučenina eugenol dodává hřebíčku jejich výraznou vůni (Janča 1995; Sempruch et al. 2017). Tradičně je používán v potravinářství ke zlepšení aroma (Ramadan et al. 2013). Eugenol je bezbarvá až bledě žlutá olejovitá kapalina přítomná v některých esenciálních olejích z hřebíčku, muškátového oříšku, skořice a bobkového listu. Je částečně rozpustný ve vodě a dobře rozpustný v organických rozpouštědlech (Janča 1995; Martini et al. 1996 Anonym 4 2010).

3.8.3. Lékařské využití

Hřebíček je účinný proti bakteriím přítomným v dutině ústní, které způsobují zubní kaz a parodontopatii. Dále chrání proti tkáňovým onemocněním očních čoček a srdečních svalů. Při testu provedeném na diabetických krysách bylo prokázáno, že hřebíčková léčba významně snižuje zvýšenou hladinu cukru v krvi a peroxidaci lipidů (Ramadan et al., 2013). Jeho výtažky se užívaly k dalším lokálním ošetřením kůže a špatně se hojících ran. Hřebíčková silice obsahuje látky, které mají antibakteriální účinky. U hřebíčku je hlavně zastoupen eugenol (75–85 %) a acetyeugenol (8–15 %). Antisepticky působí i při vnitřním užití, například na žaludeční katary, při otravách zkaženým jídlem a střevních potížích. V Koreji se hřebíček úspěšně používá při astmatu a různých alergických poruchách orálním podáním (Cai a Wu 1996; Kim et al. 1998; Anonym 5 2021).

3.8.4. Potravinářské využití

Hřebíček se používá nejvíce k přípravě svařeného či kořeněného vína, v uzenářství, při nakládání zeleniny a hub, do omáček a cukrovinek. V Indii je pravidelnou součástí kari (Lorencová 2007).

3.8.5. Pesticidní účinnost

Bylo prokázáno, že esenciální olej z hřebíčku vykazuje četné biologické účinky, včetně insekticidních a repelentních proti komárům a ovicidních na vajíčka pro kontrolu různých druhů hmyzu (Isman 2020; Mwingira et al. 2020; Mapossa et al. 2021).

Esenciální oleje lze získat z rostlinného materiálu pomocí destilací, kdy se materiál ponoří do vody a vaří se přímým ohřevem (Bicchi a Joulain 2018). Kromě toho má použití esenciálních olejů velké výhody, jako jsou mírné vedlejší účinky na necílené organismy a nízká perzistence v půdě ve srovnání s insekticidy na trhu (Isman et al. 2011).



Obr. 4. Hřebíček lékařský. In: Abeceda zahrady [online]. [cit. 2018-04-04]. Dostupné z: Abecedazahrady.cz

3.9.Skořicovník pravý (*Cinnamomum verum* J.Presl.)

3.9.1. Botanický popis

Skořicovník náleží k čeledi *Lauraceae* (vavřínovité). Široce je rozšířen zejména v Číně, Indii, Vietnamu, Malajsii, na Madagaskaru, Srí Lance a Seychelských ostrovech (Jeyaratnam et al. 2016). *Cinnamomum* je menší strom, v kultuře i keř, pěstovaný pro sušenou vnitřní vrstvu kůry větví, která obsahuje vonné silice zajímavé chuti (Novák a Skalický 2017). Unlu et al. (2010) identifikoval devět hlavních složek skořicové silice (*Cinnamomum zeylanicum*), které představují 99,24 % z celkového vzorku. Jedná se o α -pinen (1,64 %), benzaldehyd (9,94 %), 1,8 -cineol (1,55 %), limonen (4,42 %), linalool (1,38 %), cinnamaldehyd (68,95 %), eugenol (2,77 %), cinnamyl acetát (7,44 %) a skořicovou kyselinu (1,15 %).

3.9.2. Vůně a chuť

Má kořeně nasládlou chuť a příjemnou vůni, které jí dává zejména obsažená sloučenina cinnamaldehyd (Nachtmanová 2021). Skořice je lahodně voňavé a lehce nasládlé koření s nádechem tropických plodů. Má sametovou světle hnědou barvu. Velmi dobře chutná v kombinaci s čokoládou, kávou, jablky, sladkou rýží nebo hruškami (Anonym 6 2021).

3.9.3. Lékařské využití

Ve světě je jedním z nejdůležitějších druhů koření tradiční rostlinné medicíny. *Cinnamomum verum* a další druhy *C. osmophloeum*, *C. cassia*, *C. camphora*, *C. burmannii*, *C. loureiroi* a *C. zeylanicum* jsou hlavními ekonomicky významnými druhy s podobnými vlastnostmi (Muthuswamy et al. 2008). Je zajímavé, že se komerčně používají k mnoha léčebným účelům, v parfémovém průmyslu a mohou být zahrnuty do různých druhů potravin. Několik zpráv dokumentovalo antiseptické, antivirové, antibakteriální, antifungální a antidiabetické aktivity (Muthuswamy et al. 2008). Cinnamaldehyd má anestetický,

antipyretický, antialergický, chelatuující kovový iontový, lipoochranný, antioxidační, antibakteriální a antiproliferativní účinek (Sharma et al. 2016).

3.9.4. Potravinářské využití

Speciální sladká kořenící vůně se uplatňuje také v kuchyni, hlavně při pečení dortů, zákusků nebo při výrobě krémů, pudinků, nápojů, likérů a mnoha dalších jídel. Hodí se k ovoci, do náplní masa a drůbeže, do jídel sladkých i slaných. Arabové ji hodně používají k navonění mas, a to také proto, že obsahuje esenciální olej bohatý na fenol, který tlumí život bakterií zodpovědných za hnilobu masa (Nachtmanová 2021).

3.9.5. Pesticidní účinnost

Esenciální olej extrahovaný ze skořice má antibakteriální, fungicidní, antivirové, insekticidní a akaricidní vlastnosti (Ouattara et al. 1997; Prabuseenivasan et al. 2006; Unlu et al. 2010; Jeyaratnam et al. 2016).



© TopTropicals.com

Obr. 5. Skořicovník pravý (*Cinnamomum verum*). In: Toptropicals [online]. [cit. 2021-8-5]. Dostupné z: <https://toptropicals.com/pics/garden/07/6/P7186912.jpg>

3.10. Vavřík vznešený (*Laurus nobilis* (L.))

3.10.1. Botanický popis

Laurus nobilis je strom obsahující poměrně velké množství silice. Plodem je černá bobule. Jde o třetihorní relikv Mediteránu, u nás pěstovaný ve sklenících a jako kbelíková, dekorativní i léčivá rostlina. Kvalitní vavřík lze snadno rozeznat díky silnému aroma a jasné zelené barvě (Lorencová 2007).

3.10.2. Vůně a chuť

Čerstvé bobkové listy jsou poměrně aromatické a hořké, ale sušením je hořkost zdatelně redukována při zachování aroma (Anonym 7 2021). Bobkový list ze stromu vavřínu má kořenou chuť s nádechem citrusů. Jediný listek vavřínu dodá jídlu výraznou specifickou chuť (Anonym 8 2021).

3.10.3. Lékařské využití

V lidovém léčitelství se vavřínový nálev používá při kašli a katarrech, při poruchách krevního oběhu a kožních chorobách. Využití má také při léčbě cukrovky II. typu (Grau et al. 1996). Má lehce sedativní i protizánětlivý účinek a podporuje trávení (Anonym 8 2021).

3.10.4. Potravinářské využití

Sušené listy jsou kořením a konzervačním prostředkem (tzv. bobkový list), z bobulí se připravuje vavřínový olej, dříve se bobule přidávaly do piva (pivo s bobkem) (Novák a Skalický 2017). Hlavní složky silice bobkového listu jsou 1,8-cineol, α -terpinen a sabinen (Brut 2004; Valero a Giner 2006). Vhodný je především do marinád a kyselých jídel. Přidává se jak do pikantních masových a rybích pokrmů, tak do omáček na těstoviny, a dokonce i do sladkých nákyků. Výtečnou chuť dodá luštěninovým polévkám. Používá se při nakládání zeleniny, červené řepy, hub nebo fazolí (Anonym 8 2021).

3.10.5. Pesticidní účinnost

Bylo prokázáno, že esenciální olej z *L. nobilis* vykazuje četné biologické účinky, včetně akaricidních, antimikrobiálních a antioxidačních (Macchioni et al. 2006; Cherrat et al. 2013).



Obr. 6. Vavřín vznešený (*Laurus nobilis*). In: Toptropicals [online]. [cit. 2021-8-5]. Dostupné z: https://toptropicals.com/pics/garden/m1/Podarki_14/Laurus_nobilis_AlYaks.jpg

3.11. Tymián obecný (*Thymus vulgaris* (L.))

3.11.1. Botanický popis

Tymián patří do čeledi *Lamiaceae* (Hosseinzadeh 2015). Rostlina dobře roste v suchém klimatu a nestíněných oblastech v hrubé, drsné a dobře odvodněné půdě, která je pro mnoho rostlin obecně nevhodná. Vypadá jako krátká a hustá rostlina s několika malými květy (Javed 2003). Tymián je původní v jižní Evropě a u nás se seje jako koření a medonosná rostlina (Novák a Skalický 2017). Obvykle se pěstuje pro komerční účely v několika zemích pro sušené listy, výtažky z rostlin a rostlinný olej (Basch et al. 2004).

3.11.2. Vůně a chuť

Tymián je silně aromatická bylinka s ostřejší nasládlou chutí i vůní připomínající kafr či hřebíček. Tymián je koření ze sušených větví, listů a květů (Anonym 9 2021).

3.11.3. Lékařské využití

V medicíně je dobře známou bylinkou, která se po tisíce let využívá například proti kašli, zubnímu plaku, bronchitidě, kožním infekcím. Tymián je jednou z rostlin, které se v tradiční medicíně používají k léčbě gastrointestinálních onemocnění, akné, stomatitidy a zánětlivých onemocnění (Tohidi et al. 2017).

3.11.4. Potravinářské využití

Výrazná chuť a aroma tymiánu vyniknou nejen při přípravě zvěřiny, drůbeže a sekaných mas, ale také u tradičních českých omáček, nádivek, paštik, sýrů a bylinkových másel. Výborný je v nádivce do kuřete nebo v rajčatových omáčkách a polévkách. Ve směsích s oreganem a bazalkou se používá na pizzu a těstoviny. Ostré podtóny tymiánu vylepší chuť pečené, grilované či dušené ryby (Anonym 9 2021).

3.11.5. Pesticidní účinnost

Většina druhů tymiánu se vyznačuje velkou chemickou rozmanitostí. *Thymus vulgaris* se vyznačuje inhibičními a repelentními účinky na larvy nosatce *Rhynchophorus ferrugineus*. Vysokou insekticidní aktivitu extraktu z tymiánu lze přičíst velké rozmanitosti jeho těkavých složek. Je dobrou surovinou pro výrobu ekologických biopesticidů (Hossam et al. 2021).



Obr. 7. *Thymus vulgaris* 11.08.2021, foto Daniil Simon.



Obr. 8. *Thymus vulgaris*. In: *TopTropicals* [online]. [cit. 2021-8-5]. Dostupné z: https://toptropicals.com/pics/garden/m1/Aroma/Thymus_vulgaris_comp5478s.jpg

3.12. Majoránka zahradní (*Origanum majorana* (L.))

3.12.1. Botanický popis

Origanum majorana pochází z čeledi *Lamiaceae*. Drobná jednoletá nebo dvouletá bylina s přímými, 20–50 cm vysokými větvenými pýřitými lodyhami. Listy jsou vstřícné, obvejčité až kopist'ovité, 1–2 cm dlouhé a 0,5–1 cm široké, šedozelené, celokrajné, na vrcholu zaokrouhlené (Grulich 2011).

Majoránka pochází ze Středozeří, vyskytovala se od Španělska až po Řecko. Od starověku je však v kultuře a dnes se pěstuje i mimo Evropu. V některých oblastech světa může zplaňovat (např. Azorské ostrovy, ostrovy Juana Fernándeze aj.) (Grulich 2011).

Původně rostla jako součást vegetace středomořských vždyzelených porostů, a to především na otevřených místech s mělkou kamenitou půdou. Ve střední Evropě se pěstuje na zahrádkách v teplejších polohách, nebo i v květináčích na balkóně (Grulich 2011).

3.12.2. Vůně a chuť

Majoránka je bylina s jemně kořenou, sladší vůní i chutí. Majoránku si cenili již staří Egypťané, Řekové a Římané. Jako koření se používá majoránka drhnutá, což je směs listů a

květů. Vhodná je také v kombinaci s česnekem. Listy mají při poškození nádhernou, velmi výraznou, parfémovou vůni (Anonym 10 2021).

3.12.3. Lékařské využití

Majoránka působí močopudně, protizánětlivě, odstraňuje nadýmání, podporuje trávení, zklidňuje křeče v zažívacím traktu (Lánská 1991).

3.12.4. Potravinářské využití

Používá se k dochucení polévek, masových pokrmů, luštěnin, jater, uzenin, paštik a samozřejmě bramboráků. Chuť se dobře kombinuje v salátech, v polévkách, omáčkách, rybách, mase (Anonym 10 2021).

3.12.5. Pesticidní účinnost

Majoránka je účinný domácí repelent proti hmyzu. Je obvykle známá jako kulinářská přísada, také se používá v kosmetickém průmyslu a jako produkt s emocionálními, neurologickými a zdravotními přínosy. Navíc je známá pro své antibakteriální, antimykotické a antivirové aktivity (Tripathy et al. 2017). Esenciální Olej majoránky byl schopen významně inhibovat růst třech původců houbových chorob (*Monilinia fructicola*, *Penicillium expansum* a *Aspergillus niger*) a vykazoval inhibici růstu všech gramnegativních bakterií (Della Pepa et al. 2019).



Obr. 9. *Origanum majorana*. 11.08.2021, foto Daniil Simon.



Obr. 10. *Origanum majorana*. In: *TopTropicals* [online]. [cit. 2021-8-5]. Dostupné z: https://toptropicals.com/pics/garden/m1/Aroma/origanum_majorana2194.jpg

4. Materiál a metodika

4.1. Charakteristika experimentálního prostředí

Pokusy byly provedeny ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby, v.v.i., v Praze 6 – Ruzyni (dále jen VÚRV).

Pokusy byly realizovány v laboratorních podmínkách. Teplota v laboratoři se pohybovala v hodnotě 25 ± 3 °C, relativní vzdušná vlhkost 60-80 %. Fotoperioda byla L16 : D8.

4.2. Použitý rostlinný materiál pro přípravu experimentů

Aby byla získána homogenní biomasa vybraných bylin, byl rostlinný materiál nakoupen u firmy BYLINY Mikeš s.r.o., která prodává léčivé rostliny pro velkoodběratele. Rostlinný materiál použitý v rámci experimentů se nacházel v potravinářské kvalitě, a byl připravený podle příslušného lékopisu.

Pro extrakce byla použita biomasa z následujících rostlin.

Hřebíčkovce kořenový– použita část rostlin sušená poupata.

Skořicovník pravý– použita část rostlin sušená vnitřní vrstva kůry větví.

Vavřín vznešený– použita část rostlin sušené listy s krátkými stopkami.

Tymián obecný– použita sušená, řezaná nať listů.

Majoránka zahradní– použita sušená, řezaná nať listů.

Vybrané rostliny, respektive jejich části, byly nejprve rozemlety pomocí speciálního mixéru na co nejmenší kousky a následně byly macerovány ve skleněné nádobě v poměru 1 díl rozemleté rostlinné biomasy a 10 dílů vody jakožto rozpouštědla. Směs byla za občasného míchání macerována při pokojové teplotě 24 hodin. Po maceraci následně přefiltrována pomocí filtračního papíru a vzniklý macerát byl použit v experimentech. Spotřebován byl vždy do 24 hodin od ukončení macerace.

Pšenice setá

Pro experimenty bylo použito osivo pšenice seté odrůdy Astella. Vždy 10 semen pšenice bylo vyseto do květináčů o průměru 10 cm, a to do standardního rašelinového substrátu. Po výsevu byly ponechány květináče ve skleníku při pokojové teplotě a fotoperiodě dlouhého dne. Teplota ve skleníku se pohybovala v rozmezí 21-28 °C. Po vyklíčení byly rostliny podle potřeby zalévány pomocí koněvky tak, aby byl substrát stále vlhký. Pro vlastní experiment byly vybrány rostliny o výšce 8-10 cm. Před experimentem byl počet rostlin v květináči upraven na 5 ks, ostatní rostliny byly odstraněny.

4.3. Použitý životní materiál

Pro biologické experimenty byli použiti dospělci a nymfy kyjatyky travní z laboratorních chovů VÚRV, v.v.i., kde byli chováni na rostlinách pšenice v chovných kójích při teplotě 21±1°C. Pro testy byli vybráni dospělci o velikosti 2,2–3,6 mm a nymfy o velikosti do 2,2 mm. Poměr dospělců a nymf na jednom květináči byl 1:2. Celkový počet kyjatek na jednom květináči odpovídal 50 kusům.

4.4. Biologické testy

Účinnost testovaných extraktů na mortalitu kyjatyky travní byla hodnocena jako kontaktní, akutní toxicita, dosažená 24 hodin po jejich aplikaci. Vlastní experiment byl proveden takto:

Extrakty získané z biomasy *S. aromaticum*, *C. verum*, *L. nobilis*, *T. vulgaris* a *O. majorana* připravené tak, jak je popsáno výše, byly považovány za 100% koncentraci. Tato koncentrace byla následně ředěna vodou tak, aby vznikla koncentrační řada 100, 50 a 25 %. Aby došlo k lepšímu ulpění aplikační kapaliny na listech pšenice, bylo do aplikační kapaliny přidáno vždy příslušné množství smáčedla Tween 85, a to tak, aby byla jeho konečná koncentrace 0,5 %. Jako negativní kontrola byla použita voda s příslušným množstvím smáčedla, jako pozitivní kontrola byla použita doporučená 3% koncentrace komerčního přípravku Rock Effect. Aplikace byla provedena pomocí ručního postřikovače na rostliny pšenice, na kterých se nacházel definovaný počet dospělců a nymf kyjatyky. Povrch listů byl smáčen aplikační kapalinou tak,

aby pokryla těla cílového organismu. Po aplikaci extraktu kyjatky hned byly izolované plastovým kelímkem s předem odstraněným spodkem, aby se zabránilo pohybu kyjatek mezi květináči. Místo spodku bylo přikryto monofilem pro cirkulaci vzduchu.

Pro výběr neúčinnějších extraktů bylo stanoveno kritérium, kdy mortalita dosažená při 25% koncentraci byla vyšší než 80 %. Tomuto kritériu v našich testech odpovídaly pouze extrakty z majoránky a vavřínu. Pro tyto rostlinné extrakty byly následně stanoveny letální koncentrace, kdy byly použity shodné extrakty připravené podle výše uvedeného podpisu v koncentrační řadě 20, 15, 10 a 5 %. Aplikace, včetně úpravy přilnavosti aplikační kapaliny pomocí smáčedla Tween 85, byla provedena shodnou metodikou uvedenou výše. Počet opakování bylo 5.

Vlhkost se pohybovala v rozmezí 70-80 %. Všechny květináče byly umístěné do izolátorů.

Pro optimální hodnocení extraktu byl stanoven obsah potenciálně biologicky aktivních látek (dále jen „BAL“) při 100% koncentraci. Pro zjištění BAL byly odebrané vzorky do skleněných zkumavek. Každého extraktu bylo odměřeno precizní pipetou 10 ml. Následně jsem umístil zkumavky do sušárny při teplotě 80 °C na 48 hod. Pomocí precizní váhy jsem zjistil obsah BAL v jednotkách g/l. Koncentraci BAL každého extraktu jsem uvedl v tabulce č.2.

4.5. Výpočty účinnosti a statistické metody

Zjištěná mortalita nymf a dospělců kyjatky travní byla přepočtena podle Abbotta (1925) a procento mortality je vyjádřeno v příslušných průměrných hodnotách.

$$\% \text{ mortality} = \text{počet mšic po postřiku} / \text{počet mšic před postřikem} * 100$$

Příslušná procenta se stala předmětem jednovýběrové analýzy rozptylu ANOVA s Turkeyovým testem ($P < 0.05$) pro vícenásobné srovnání, kde byly pozorovány i významné rozdíly. Před analýzou byla procenta transformována pomocí arcsin.

5. Výsledky

Při experimentu byla zjišťována účinnost extraktů na mortalitu nymf a dospělců.

Tabulka 2. Obsah rozpustných látek v extraktech

Obsah biologicky aktivních látek g/l	
Skořicovník pravý	4,57
Hřebíčkovce vonný	21,1
Vavřín vznešený	20,07
Majoránka zahradní	28,64
Tymián obecný	26,33

Pro větší přesnost pokusu byl zjištěn obsah rozpustných látek v jednotlivých extraktech. Podle výsledku bylo zjištěno, že průměr rozpustných látek v roztocích je 20,14 g/l. Z toho nejmenší výtěžnost měl skořicovník pravý 4,57 g/l, zatímco ostatní čtyři rostliny měly obsah látek nad 20 g/l. Z těchto kořených rostlin nejvíc látek obsahovala majoránka zahradní 28,64 g/l.

Tabulka 3. Účinnost rostlinných insekticidů na *Metopolophium dirhodum*, 100%, 50%, 25%

		Koncentrace= Průměrná mortalita mšic v % ± SE					
Jméno rostliny	100%	50%	25%	20%	15%	10%	5%
1	Skořicovník pravý	93,4±4,5b	69,8±11,5b	31,5±23,5c			
2	Hřebíčkovec vonný	98,8±2,3b	80,9±12,8b	73,5±15,1bc			
3	Vavřín vznešený	98,8±1,6b	94,7±3,3c	80±1,9b	66±4,7d	53,3±4,1d	41±3,4d
4	Majoránka zahradní	98,6±1,8b	91,6±7,6c	83,2±7,7b	47,53±8,8c	39,25±6,2c	30,5±2,8c
5	Tymián obecný	100,0±0,0b	94,08±6,5c	51,9±4,4c			
6	Kontrola voda	-.9,2±13,4a	9,2±13,4a	-.9,2±13,4a	9,2±13,4a	-.9,2±13,4a	-.9,2±13,4a
7	Kontrola Rock Effect, 3%	100,0±0,0b	100,0±0,0c	100,0±0,0d	100,0±0,0b	100,0±0,0b	100,0±0,0c
	ANOVA p-level; F-value	0.000; 110.3	0.000; 37,3	0.000; 12,4	0.000; 547,3	0.000; 1 097,8	0.000; 3 849,8
	Df	6; 28	6; 28	6; 28	3; 14	3; 14	3; 14

Všechny extrakty způsobily významnou mortalitu kyjatky travní, přesto bylo rozhodnuto vybrat dva nejúčinnější s mortalitou nad 80 % při 25% hmotnostní koncentraci (dále jen „ ω “).

Nejúčinnější byly *L. nobilis* s 80% mortalitou a *O. majorana* s mortalitou 83 % při 25% ω . Je vidět, že tyto rostliny mají dobrou účinnost a minimální odchylku i při 25% ω .

Největší účinnost prokázal extrakt *L. nobilis*, který dosáhl mortality nad 50 % i při 15% ω ,

zatímco po zředění extraktu z *O. majorana* pod 25 % ω je vidět rapidně klesající účinnost.

Ovšem po postřiku mšic 5% extrakty z obou rostlin je vidět větší účinnost *O. majorana* o 8 %.

Střední účinnost prokázaly *T. vulgaris* a *S. aromaticum*. 50% extrakt *T. vulgaris* měl vynikající účinek na mortalitu 94,08 %, přesto daný extrakt výrazně snížil svou účinnost při 25% ω a dosáhl mortality 51,9 %.

Na rozdíl od tymiánu, *S. aromaticum* prokázal rovnoměrně klesající účinnost, ale ta byla nedostatečná při 25% ω , jen 73,5 %.

Nejmenší účinnost byla pozorována u *C. verum* s mortalitou 31,5 % při 25% ω . Podle výsledku účinnost toho extraktu výrazně poklesla při 50% ω a byla 69,8 %.

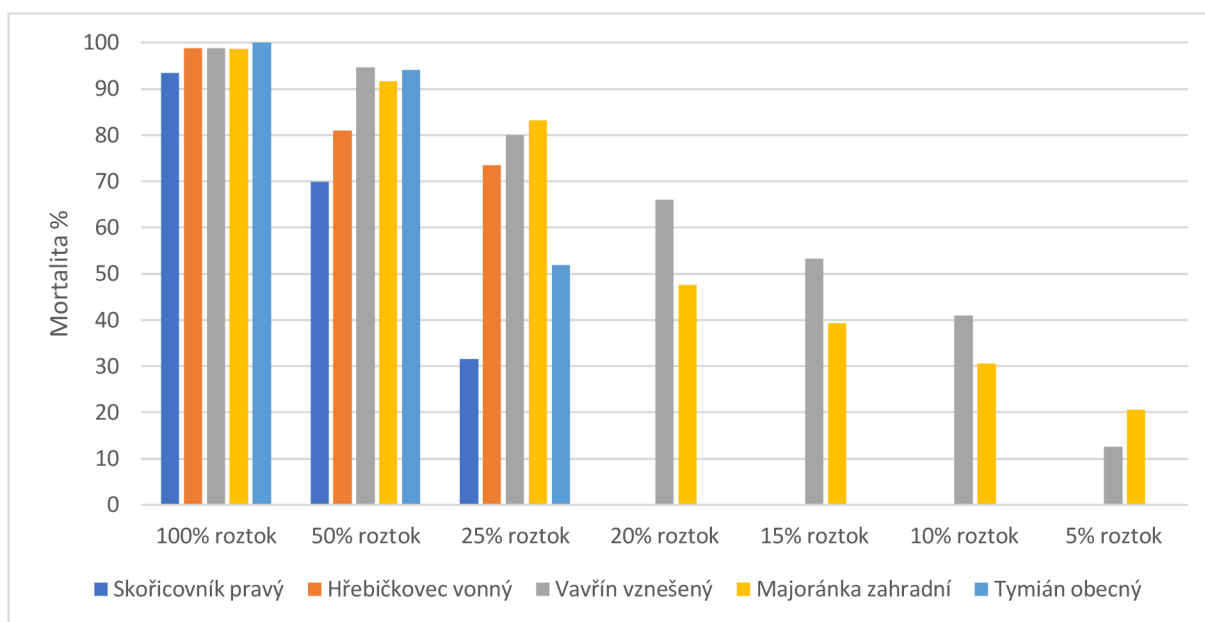
Na základě výsledku prvního pokusu bylo rozhodnuto vytvořit koncentrační řady 20%, 15%,

10%, 5% extraktů z *Laurus nobilis* a *Origanum majorana*.

Podle nových výsledků je vidět výrazný pokles účinnosti *Origanum majorana* již od 20% ω extraktu. 20% roztok *Origanum majorana* projevil o třetinu menší akutní mortalitu s větší směrodatnou odchylkou.

Na druhou stranu extrakt z *Laurus nobilis* dokázal projevit mortalitu i při 5% ω roztoku. Na grafu č. 1 můžeme jednoduše porovnat mortalitu obou extraktů.

Graf 1. Účinnost rostlinných insekticidů na *Metopolophium dirhodum*, koncentrace 100 % 50 %, 25 %, 20 %, 15 %, 10 % a 5 %.



Tabulka 4. Letální koncentrace extraktů na *M. dirhodum*

	LC50	CI95	LC90	CI95	chi	P-level	Df
Vavřín vznešený 20,07 g/l	2,65	2,47-2,92	7,49	6,52-8,93	0,737	0,981	5
Majoránka zahradní 28,64 g/l	4,08	3,99-6,22	13,04	10,71-18,4	6,452	0,171	4

Tabulka číslo 4 udává statistické vypočtené hodnoty pro lepší hodnocení pokusu a porovnání daných výsledků s dalšími vědeckými pracemi. Letální koncentrace 50 (dále jen dále jen „LC“) pro vavřín vyšla 2,65 g/l. Tento údaj svědčí o tom, že 2,65 g/l rozpustných biologických látek je potřeba, abychom dosáhli mortality 50 % kyjatky. Ovšem LC50 pro majoránku vyžaduje o 65 % rozpustných látek víc a ta se rovná 4,08 g/l. Skoro stejnou pravidelnost můžeme konstatovat i u LC90.

6. Diskuze

Tato studie měla za cíl zjistit vliv rostlinných extraktů na kyjatku travní, která se běžně vyskytuje v hospodářských agrosystémech (Gandraber 2019, Pavela 2017, 2020). Byly testovány extrakty z 5 druhů rostlin: v koncentraci 100 %, 50 %, 25 %, 20 %, 15 %, 10 % a 5 %.

Při testování účinnosti přípravků byla sledována mortalita v časovém intervalu 24 hodin. Mortalita byla indikována, když mšice nereagovaly na dotyk pinzety (Pavela et al. 2016). Všechny extrakty způsobily určitou mortalitu mšice. Přesto se podařilo nalézt dva extrakty,

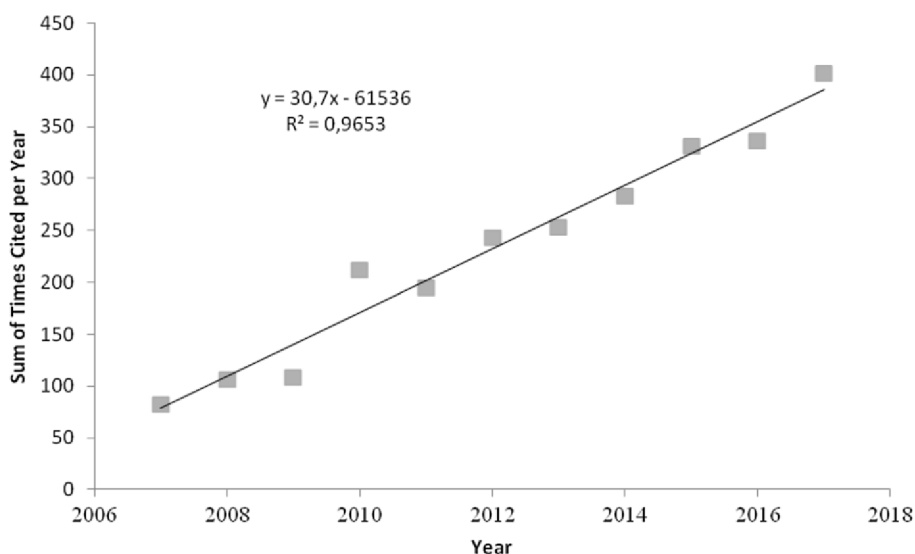
které byly významně účinnější - *L. nobilis* a *O. majorana*. Na rozdíl od zbývajících extraktů způsobily tyto extrakty při 25% ω mortalitu nad 80 %,

Bylo zjištěno, že v účinnosti extraktů na *M. dirhodum* v porovnání s Rock Effectem (20,58 g /l) zaostává (viz Tabulka 3).

Ovšem spousta rostlin z různých čeledí může sloužit pro účely ochrany rostlin. Pavela et al. (2009) testovali extrakty rostlin z čeledi *Balsaminaceae*. Pro daný pokus byly vybrány sušené listy *Impatiens noli-tangere*, *I. parviflora* a *I. glandulifera*. To jsou rostliny, které obsahují naftochinon. V experimentu byly použity methanolové extrakty. Cílem práce bylo zjistit repelentní a toxické účinky na *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae). Tento hmyz patří do stejné čeledi stejně jako *Metopolophium dirhodum*. Podle výsledku autorů nejúčinnější přípravek byl z *I. parviflora*. Po 10 postřicích 50% a 10% roztoky byla nalezena mortalita 99,7 % a 90 % po 54 hodinách. Pro srovnání akutní mortality s našimi výsledky byly vybrány údaje za 24 hod, 36,2 % a 13,7 %. Na základě těchto údajů je vidět, že rostlinné přípravky z *L. nobilis* a *O. majorana* vykazují o 58,5 % a 55,4 % účinnější akutní mortalitu při 50% ω , zatímco při 10% ω způsobují o 23 % a 16,8 % vyšší akutní mortalitu. Je pravděpodobně, že tak velký rozdíl účinnosti je dán různým způsobem přípravy roztoku. Přesto je vidět, že methanolové extrakty z *I. parviflora* projevují vynikající účinnost po 54 hodinách. Chronická mortalita u takového extraktu vzrůstá až 2,5-6krát u různých ω podle údajů, které byly popsány Pavelou et al. (2009).

V poslední době vědci začínají více zkoumat různé ekologické přípravky, a to kvůli obrovským negativním vlivům syntetických pesticidů na prostředí. Zájem o studie účinnosti esenciálních olejů proti mšicím vykazuje v posledních 10 letech lineární nárůst, což lze dokumentovat zvyšujícím se počtem citací vědeckých prací dostupných v databázi Web of Science; pomocí klíčových slov „essential oils and aphids“ se najde 137 prací publikovaných do konce roku 2017 a jejich citovanost vzrostla z 83 citací v roce 2007 na 402 citací v roce 2017 (Pavela 2016).

Graf 2. Počet citací vědeckých prací dostupných v databázi Web of Science; po zadání klíčových slov „essential oils and aphids“ (Ikbal a Pavela 2019).

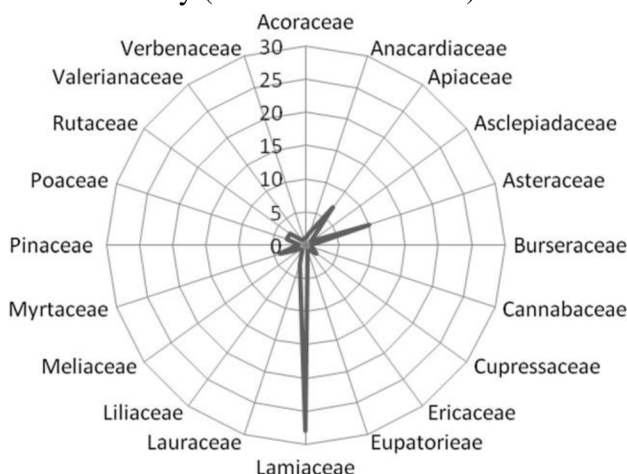


Syntetické přípravky začínají být čím dále tím více regulované, a proto se musí najít spolehlivá náhrada. Výsledky mé studie jasně ukazují, že tou náhradou mohou být rostlinné extrakty díky svému šetrnému účinku na necílové organismy, malé persistenci v půdě a dobré účinnosti proti škodlivému hmyzu (Pavela 2013, 2016). Dostupné studie účinků esenciálních olejů na necílové organismy obvykle potvrzují obecně uznávanou teorii tolerance u významných necílových organismů, včetně některých vodních organismů (Pavela a Govindarajan 2017), přirozených opylovačů (Abramson et al. 2006) a půdních organismů (Pavela 2018). Většina kořeninových rostlin obsahuje biologické aktivní látky (tabulka č. 1) a druh účinku. Sekundární metabolity některých rostlin jsou schopné projevovat insekticidní, fungicidní nebo repeleční vlastnosti, což prokazují výsledky autorů v dané tabulce.

Nejvíce zastoupenými hlavními sloučeninami v účinnosti s ohledem na akutní toxicitu u hmyzu byly oxidované monoterpeny jako karvakrol, thymol, trans-anethol, methylchavicol, menthon, pulegon, mentol, karyofylenoxid, spathulenol, anisaldehyd, anisketon a a-terpineol (Pavela 2014b, 2015).

Pro tuto práci byly vybrány kořenné rostliny z čeledí *Lauraceae*, *Lamiaceae* a *Myrtaceae*, které by mohly teoreticky mít nějaký účinek na *M. dirhodum*. Ovšem výběr čeledí nebyl náhodný. Ikbal a Pavela (2019) uvedli nejvýznamnější výsledky laboratorních kontaktních testů na účinnost esenciálních olejů na základě mortality mšic. Ve studii byly porovnané esenciální oleje získané ze 76 druhů rostlin, které pocházely z 20 čeledí. Pro výběr nejúčinnějších přípravků byla vzata hodnota LD_{50} jako limitující faktor. Na základě jejich studie (Graf. 3) bylo rozhodnuto vybrat rostliny z nejúčinnějších čeledí.

Graf. 3 Četnost rostlinných čeledí, ze kterých byly získány esenciální oleje pro kontaktní testy akutní toxicity (Ikbal a Pavela 2019).



Během této studie několikrát byly zmiňované rozdíly mezi rostlinnými a syntetickými přípravky. Podle mého názoru šetrný účinek na necílové organismy a člověka je nejdůležitějším bodem. Studie ukazují, že některé sekundární metabolity kořených rostlin mohou mít podobný nebo dokonce větší letální účinek na škůdce než samotné syntetické pesticidy (Wink a Schimmer 1999, Walia a Koul 2008, Pavela et al. 2017).

Nesmíme opomenout, že rostlinné přípravky mají menší fytoxicitu. Tu může způsobit celá řada sloučenin, jako jsou těžké kovy, pesticidy a alelochemické látky (sekundární metabolity) (Martins et al. 2007; Guimaraes et al. 2007; Carvalho et al. 2009). Fytotoxický potenciál mnoha sloučenin včetně flavonoidů je uznáván, protože mohou ovlivnit propustnost buněčné membrány (Cordeiro-Araújo et al. 2015). Dále mohou podporovat poškození DNA a proteinů, způsobit peroxidaci lipidů (Yu et al. 2003) a následně může vést k buněčné smrti.

7. Závěr

Na základě výsledku této studie nejlepší účinek měly extrakty z *L. nobilis* a *O. majorana*. *L. nobilis* vykázal 80 % mortalitu při 25% ω a postupně snižoval svou účinnost po zředění. *O. majorana* vykázala mortalitu 83 % při 25% ω . Na rozdíl od *L. nobilis* majoránka měla silné výkyvy účinnosti po zředění extraktu a při 5% ω způsobila o 40 % větší mortalitu, než vavřín.

Pro lepší porovnání výsledků byl stanoven obsah rozpustných látek v každém extraktu. Nejvíce rozpustných látek obsahoval extrakt z *O. majorana* a ta právě patří ke dvěma neúčinnějším kořeninovým rostlinám, ze kterých se dá vyrobit ochranný prostředek.

Vzhledem k rapidně se měnící situaci v regulaci syntetických přípravků je nutnost najít jejich spolehlivou alternativu. Podle mého názoru pro tento problém máme najít okamžité řešení. Proto jsem přidal stanoviska autorů, kteří tento problém aktualizují. Podle jejich studií je možno vykrájet několik důležitých bodů. Rostlinné extrakty jsou málo perzistentní v půdě, šetrně účinkují na necílové organismy a jsou schopné regulovat *M. dirhodum* na nízký práh škodlivosti.

Velká rozmanitost sekundárních metabolitu v kořených rostlinách komplikují selekci rezistenci *M. dirhodum*, což má značnou výhodu rostlinných extraktu proti syntetickým přípravkům.

Během pokusu lze poznamenat jednoduchost přípravy rostlinných extraktů. Podle návodu jsou zemědělci schopni lokálně vyrábět nutné přípravky.

Největší nevýhoda rostlinných extraktů spočívá v poklesu jejich účinnosti s časem. Dané extrakty je nutně mít čerstvě vyráběné před každým postřikem a na to občas zemědělci fyzicky nemají čas.

Přípravky z *L. nobilis* a *O. majorana* jsou potenciální a perspektivní náhradou syntetických pesticidů díky svojí environmentální i a minimálnímu negativnímu dopadu na lidské zdraví.

V budoucí magisterské práci považuju za aktuální prozkoumat různé kombinace rostlinných extraktů a přesně zjistit, které biologické aktivní látky z kořeninových rostlin účinkují na *M. dirhodum*.

8. Seznam literatury

Abate T., van Huis A., Ampofo J. K.. 2000. Pest management strategies in traditional agriculture: an African perspective. *Annual Review of Entomology* **45**: 631–659.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.631>.

Abramson C. I., Wanderley P. A., Wanderley M. J. A., Miná A. J. S., de Souza O. B.. 2006. Effect of essential oil from citronella and alfazema on fennel aphids *Hyadaphis foeniculi* Passerini (Hemiptera: Aphididae) and its predator *Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera: Coccinelidae). *American Journal of Environmental Sciences* **3**:9–10.

Anonym 1 Biopesticides. In: U.S. Environmental Protection Agency [online]. 19.05.2021 [cit. 2021-10-24]. Dostupné z:
<https://www.epa.gov/pesticides/biopesticides>.

Anonym 2. Kyjatka travní *Metopolophium dirhodum*. 2021. *Rostlinolékařský portál* [online]. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský [cit. 2021-6-9]. Dostupné z:
<https://rlportal.ukzuz.cz/rlp/public/#rlp|so|skudci|detail:1d717fd390a3896993e5fa66fb54288d>.

Anonym 3. Pšenice setá: *Triticum aestivum*. 2021. *Rostlinolékařský portál* [online]. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský [cit. 2021-8-7]. Dostupné z:
<https://rlportal.ukzuz.cz/rlp/public/#rlp|plodiny|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c53bebf>

Anonym 4. Léčivé rostliny. 2010. Praha: Ottovo nakladatelství. Ottův průvodce přírodou. ISBN 978-80-7360-588-9.

Anonym 5. Abeceda zdraví - hřebíček [on line]. [cit. 08. 11. 2021]. Dostupný z www: <http://bylinky.abecedazdravi.cz/hrebicek-flos-caryophylli-aromatici>

Anonym 6. Vše o koření: Skořice [online], 2021. [cit. 2021-11-13]. Dostupné z: <https://www.vseokoreni.cz/>

Anonym 7. Encyklopedie koření – bobkový list [on line]. [cit. 15. 11. 2009]. Dostupný z www: <http://encyklopedie.kotanyi.cz/Bobkovy-list.html?kpid=4>.

Anonym 8. Vše o koření: Bobkový list [online], 2021. [cit. 2021-11-13]. Dostupné z: <https://www.vseokorvseeni.cz/>

Anonym 9. Vše o koření: Tymián [online], 2021. [cit. 2021-11-13]. Dostupné z: <https://www.vseokoreni.cz/>

Anonym 10. Vše o koření: Majoránka [online], 2021. [cit. 2021-11-13]. Dostupné z: <https://www.vseokoreni.cz/>

Anonym 11. 2013. Statistical yearbook of the Food and Agricultural Organization of the United Nations. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e01.pdf>. Accessed 26 January 2017.

Afonin A. N., Greene S. L., Dzyubenko N. I. a Frolov A. N.. 2008. *Triticum aestivum* L. - Common winter wheat. In: Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries. Economic Plants and their Diseases, Pests and Weeds [online]. [cit. 2021-8-5]. Dostupné z: http://www.agroatlas.ru/content/cultural/Triticum_aestivum_winter_K/Triticum_aestivum_winter_K.jpg.

Aharoni A, Jongsma M. A., Bouwmeester H. J.. 2005. Volatile science. Metabolic engineering of terpenoids in plants. *Trends in Plant Science* **10**:594–602

Ahmed M., Peiwen Q., Gu Z. 2020. Insecticidal activity and biochemical composition of *Citrullus colocynthis*, *Cannabis indica* and *Artemisia argyi* extracts against cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.). *Sci Rep* **10**: 522. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57092-5>.

Aparna S. 2014. Microbial Viral Insecticides. Basic and Applied Aspects of Biopesticides. 47-68.

Basch E., Ulbricht C., Hammerness P., Bevins A., Sollars D. 2004. From natural standard thyme (*Thymus vulgaris* L.). 4. *Pharmacother.* ISSN 15228940.

- Bártová K., Hilscherová K., Babica P., Maršálek B.. 2011. Extract of *Microcystis* water bloom affects cellular differentiation in filamentous cyanobacterium *Trichormus variabilis* (Nostocales, Cyanobacteria). *Journal of Applied Phycology* **23**: 967-973.
- Beketov M. A., Kefford B. J., Schäfer R. B., Liess M.. 2013. Pesticides reduce biodiversity. **110** (27): 11039-11043; doi: 10.1073/pnas.1305618110.
- Bicchi C., Joulain D.. 2018. Techniques for preparing essential oils and aromatic extracts. *Flavour and Fragrance Journal*. **33**: 133-134, <https://doi.org/10.1002/ffj.3433>.
- Blackman R. L., Eastop V. F.. 2000. Aphids on the world's crops: an identification and information guide. Wiley and Sons, Chichester. 475 pp. ISBN: 978-0-471-85191-2.
- Blackman R. L.. 2007. Taxonomic issues. Ch. Aphids as crop pests; eds. H. F. van Emden, R. Harrington. London: CABI. – P. 1- 30. ISBN 9780851998190.
- Brühl C. A., Zaller J. G.. 2019. Biodiversity Decline as a Consequence of an Inappropriate Environmental Risk Assessment of Pesticides. 177. ISSN 2296-665X. doi:10.3389/fenvs.2019.00177.
- Brut S.. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. *International Journal of Microbiology* **94**: 223 – 253.
- Cai L., Wu C. D.. 1996. Compounds from *Syzygium aromaticum* possessing growth inhibitory activity against oral pathogens. *Journal of Natural Products* **59**: 987-990.
- Carvalho S. J. P., Nicolai M., Ferreira R. R., Figueira A. V. O., Christoffoleti P. J.. 2009. Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for reducing crop damages. *Scientia Agricola* **66**: 136-142.
- Cherrat L., Espina L., Bakkali M., García-Gonzalo D., Pag'an R., Laglaouia A.. 2013. Chemical composition and antioxidant properties of *Laurus nobilis* L. and *Myrtus communis* L. essential oils from Morocco and evaluation of their antimicrobial activity acting alone or in combined processes for food preservation. *Journal of Science and Food Agriculture* **94**: 1197–1204.
- Conrath U., Beckers G. J. M., Langenbach C. J. G., Jaskiewicz M. R.. 2015. Priming for enhanced defense. *Annual Review of Phytopathology* **53**: 97–119. doi: 10.1146/annurev-phyto-080614-120132
- Cremlyn R.. 1985. Pesticidy, Státní nakladatelství technické literatury. Praha. **1**: 244.

Damalas C. A., Koutroubas S. D.. 2018. Current Status and Recent Developments in Biopesticide Use. *Agriculture* **8** (1): 13. <https://doi.org/10.3390/agriculture8010013>.

Della Pepa T., Elshafie S., Capasso R., De Feo V., Camele I., Nazzaro F., Scognamiglio M. R., Caputo L.. 2019. Antimicrobial and Phytotoxic Activity of *Origanum heracleoticum* and *O. majorana* Essential Oils Growing in Cilento (Southern Italy). *Molecules* **24** (14): 2576. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3390/molecules24142576>

D'Incao M. P., Knaak N., Fiuza L. M.. 2013. Fytochemikálie odebrané z rostlin s potenciálem v řízení *Spodoptera frugiperda* (*Lepidoptera: Noctuidae*). *Journal of Biopesticides* **6** (2): 182.

Emden H., Harrington R.. 2007. Aphids as Crop Pests. Second edition. Wallingford: Published by CABI. ISBN 978-1-7806-4709-8.

Fengel D., Wegener G.. 1984. Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions. Walter DeGruyter, Berlin.

Gandrabur E.. 2019. Potravní řetězce a škodlivost mšic v severozapádu Ruska. Sankt-Petěrburg. Disertační práce. Federální státní rozpočtová vědecká instituce „Všeruský výzkumný ústav ochrany rostlin“. 180.

Gershenzon J., Croteau R., Berenbaum G. A.. 1991. Terpenoids..Herbivores. Their Interactions with Secondary Plant Metabolites. The Chemical Participants, vol. 1. Academic Press, New York, 165-219.

Ghorbanpour M., Omidvari M., Abbaszadeh-Dahaji P., Omidvar R., Kariman K.. 2018. Mechanisms underlying the protective effects of beneficial fungi against plant diseases. *Bio Control* **117**:147–157. doi: 10.1016/j.biocontrol.2017.11.006.

Golob P., Moss C., Dales M., Fidgen A., Evans J.. 1999. The uses of spices and medicinals as bioactive protectants for grains, FAO. In: *Agricultural Services Bulletin* 137. FAO, Rome.

Gottlieb O. R.. 1990. Phytochemicals: differentiation and function. *Phytochemistry* **29** (6):1715-1724.

Grau J., Jung R., Munker B.. 1996. Bobulovitě, užitkové a léčivé rostliny. 1. vyd. Praha: Ikar. s. 52.

Greer F., Ignoffo C. M., Anderson R. F.. 1971. First Viral: Pesticide - Case History *Chemical Technology*, 342-352.

Grieve M.A.. 1984. A modern herbal. Penguin, London. 920.

- Grulich V.. *Origanum majorana* L. – majoránka zahradní / majorán záhradný. *Botany.cz* [online]. 14. 8. 2011 [cit. 2021-8-14]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/majorana-hortensis/>.
- Guimaraes S. C., Hrycyk M. F., Mendonca E. A. F.. 2007. Efeito de fatores ambientais sobre a seletividade do alachlor ao algodoeiro. *Planta daninha* **25**: 813-821.
- Gunawardena D., Karunaweera N., Lee S., van Der Kooy, Harman D. G., Raju R., Bennett L., Gyengesi E., Sucher N., Münch G.. 2015. Anti-inflammatory activity of cinnamon (*C. zeylanicum* and *C. cassia*) extracts—Identification of E-cinnamaldehyde and o-methoxy cinnamaldehyde as the most potent bioactive compounds. *Food Funct* **6**: 910–919.
- Hajimahmoodi M., Faramarzi M. A., Mohammadi N., Soltani N., Oveisi M. R., Nafissi-Varcheh N.. 2010. Evaluation of antioxidant properties and total phenolic contents of some strains of microalgae. *Journal of Applied Phycology* **22**: 43-50.
- Hajšlová J., Tichá J., Kocourek V.. 2005. Rezidua pesticidů v ovoci a zelenině, možnosti minimalizace, Vědecký výbor fytoosanitární a životního prostředí, Praha. <http://www.phytopsanitary.org>
- Hallmann C. A., Sorg M., Jongejans E., Siepel H., Hofland N., Schwan H.. 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE* **12** (10): e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- Heimpel G. E., Mills N.. 2017. *Biological Control - Ecology and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Heydari A., Pessarakli M.. 2010. A review on biological control of fungal plant pathogens using microbial antagonists. *Journal of Biological Sciences* **10** (4): 273–290.
- Honěk A., Lukáš J., Řezáč M., Saska P., Skuhrovec J, Kocián M. 2017. Mšice na obilninách: biologie, prognóza a regulace. 1. P: Výzkumný ústav rostlinné výroby. ISBN ISBN 978-80-7427-258-5.
- Hossam D. M., Mohammed R. A., Hany E. K.. 2021. Bio-Insecticide of *Thymus vulgaris* and *Ocimum basilicum* Extract from Cell Suspensions and Their Inhibitory Effect against Serine, Cysteine, and Metalloproteinases of the Red Palm Weevil (*Rhynchophorus ferrugineus*). *Insects*. **12** (5): 405. ISSN 2075-4450.
- Hosseinzadeh S.. 2015. The application of *Thymus vulgaris* in traditional and modern medicine: a review. *Global journal of pharmacology* **3**: 260-266.

- Ikbal C., Pavela R.. 2019. Essential oils as active ingredients of botanical insecticides against aphids. *Journal of Pest Science* **92**:971–986. <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01089-6>.
- Isman M. B.. 2005. Problems and opportunities for the commercialization of botanical insecticides. In *Biopesticides of Plant Origin* 283–291.
- Isman M. B.. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology* **51**: 45–66.
- Isman M. B.. 2015. A renaissance for botanical insecticides. *Pest Management Science* **71**: 1587–1590.
- Isman M. B.. 2020. Botanical Insecticides in the Twenty-First Century—Fulfilling Their Promise. *Annual Review of Entomology* **65**: 233-249, <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025010>.
- Isman M. B., Miresmailli S., Machial C.. 2011. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. *Phytochemistry Reviews*. **10**: 197-204, <https://doi.org/10.1007/s11101-010-9170-4>.
- Janča J., Zentrich A. J.. 1995. *Herbář léčivých rostlin*. Praha: Eminent. ISBN 80-858-7604-3.
- Javed H.. 2003. An overview on medicinal importance of *Thymus vulgaris*. *Journal of Asian Scientific Research Amsterdam: Elsevier Science BV*. **10** (3): 974 - 982.
- Jeyaratnam N., Nour A. H., Kanthasamy R., Yurahaj A. R., Akindoyo J. O.. 2016. Essential oil from *Cinnamomum cassia* bark through hydrodistillation and advanced microwave assisted hydrodistillation. *Industrial Crops and Products* **12**: 57–66. ISSN 09266690. Dostupné z: doi:10.1016.2016.07.049.
- Johnson T. 1998. *CRC Ethnobotany Desk Reference*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Kazda J.. 2006. Integrovaná ochrana rostlin. Hlavní skupiny pesticidů. [online]. [cit. 2021-8-25]. Dostupné z: <http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola>.
- Kazda J.. 2008. *Metodika integrované ochrany řepky*. SPZO s.r.o. 78 s.
- Kazda J., Mikulka J., Prokinová E.. 2010. *Encyklopedie ochrany rostlin: polní plodiny*. 1. Praha: Profi press. ISBN 978-80-86726-34-2.
- Kazda J., Prokinová E., Ryšánek P. 2017. *Škůdci a choroby rostlin*. Praha: Euromedia Group. ISBN 978-80-242-1886-1.

- Kazem M. G., El-Shereif S.. 2010. Toxic effect of capsicum and garlic xylene extracts in toxicity of boiled linseed oil formulations against some piercing sucking cotton pests. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science* **8**: 390–396.
- Karaağaç U. S.. 2012. Insecticide Resistance. *Insecticides – Advances in Integrated Pest Management*. InTech. 722 s.
- Kim H. M., Lee E. H., Hong S. H., Song H. J., Shin M. K., Kim S. H., Shin T. Y.. 1998. Effect of *Syzygium aromaticum* extract on immediate hypersensitivity in rats. *Journal of Ethnopharmacology* **60**: 125–131.
- Kolář V.. 2009. Hubení skladištních škůdců. Zlín. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce R Janiš.
- Kubincová P., Novák J., Sovadinová I.. 2016. Nový přístup při stanovení akutní systémové toxicity. *Chemické listy*, **110**: 118-125.
- Lapshinov N.. 2010. Vliv virové infekce na výnos brambor v severní lesostepi západní Sibíře. *Úspěchy vědy a techniky v zemědělsko-průmyslovém komplexu* **9**: 27-29.
- Lánská D.. 1991. Zelené koření. 1. vyd. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda, 258 s. ISBN 80-209-0197-3.
- Launert, E.1981. *Edible and Medicinal Plants*. Hamlyn, London. 288.
- Leflaive J., Ten-hage L.. 2007. Algal and cyanobacterial secondary metabolites in freshwaters: a comparison of allelopathic compounds and toxins. *Freshwater Biology* **52**: 199-214.
- Loevinsohn M. F.. 1987. Insecticide use and increased mortality in rural central Luzon, Philippines. *The Lancet* **8546**: 1359-1362.
- Lorencová K.. 2007. Koření známé i neznámé. Praha: Grada Publishing **1**:156. ISBN 978-80-247-1934-4.
- Lozowicka B.. 2015. Studies of pesticide residues in tomatoes and cucumbers from Kazakhstan and the associated health risks. *Environmental monitoring and assessment* **187**:609.
- Lu C., Chang C. H., Palmer C., Zhao M., Zhang Q. 2018. Neonicotinoid residues in fruits and vegetables: An integrated dietary exposure assessment approach. *Environmental science & technology* **52**:3175–3184.

- Macchioni F., Perrucci S., Cioni P., Morelli I., Castilho P., Cecchi F.. 2006. Composition and acaricidal activity of *Laurus novocanariensis* and *Laurus nobilis* essential oils against *Psoroptes cuniculi*. *Journal of Essential Oil Res.* **18**: 111–114.
- Mapossa A. B., Focke W. W., Tewo R. K., Androsch R., Kruger T.. 2021. Mosquito-repellent controlled-release formulations for fighting infectious diseases. *Malaria Journal.* **20**: 165, <https://doi.org/10.1186/s12936-021-03681-7>.
- Marsni E. I., Casas Z. L., Mantell C., Rodríguez M., Torres A., Macias F. A., Ossa E. J. M., Molinillo J. M. G., Varela R. M.. 2011. Potential allelopathic of the fractions obtained from sunflower leaves using supercritical carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids* **60**:28-37.
- Martini H., Weidenbörner M., Adams S., Kunz B.. 1996. Eugenol and carvacrol: the main fungicidal compounds in clove. *Italian Journal of Food Science.* **1**:63-67.
- Markouk M., Bekkouche K., Larhsini M., Bousaid M., Lazrek H. B., Jana M.. 2000. Evaluation of some Moroccan medicinal plant extracts for larvicidal activity. *Journal of Ethnopharmacology* **73**:293–297.
- Martins D., Triguero L. R. C., Domingos V. D., Martins C. C., Marchi S. R., Costa N. V.. 2007. Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência sobre capim-braquiária. *Revista Brasileira de Zootecnia* **36**:341-349.
- McKone T. E., Castorina R., Harnly M. E., Kuwabara Y., Eskenazi B., Brandman A.. 2007. Merging models and biomonitoring data to characterize sources and pathways of human exposure to organophosphorus pesticides in the Salinas Valley of California. *Environmental science & technology* **41**:3233–3240.
- Mineau P., Whiteside M.. 2013. Pesticide Acute Toxicity Is a Better Correlate of U.S. Grassland Bird Declines than Agricultural Intensification. *PLoS ONE* **8**:e57457. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057457>.
- Miresmailli S., Bradbury R.. 2006. Comparative toxicity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil and blends of its major constituents against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on two different host plants. *Pest Management Science.* **62**: 366–371.
- Miresmailli S., Isman M. B.. 2014. Botanical insecticides inspired by plant–herbivore chemical interactions. *Trends in Plant Science* **19**:29–35.
- Muthuswamy S., Rupasinghe H. P. V., Stratton G. W.. 2008. Antimicrobial effect of cinnamon bark on *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria innocua* and fresh-cut apple slices. *Journal of Food Safety* **28**:534–549.

- Mwingira V., Mboera L. E. G., Dicke M., Takken W.. 2020. Exploiting the chemical ecology of mosquito oviposition behavior in mosquito surveillance and control: a review. *Journal of Vector Ecology*. **45**:155-179, <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jvec.12387>
- Nachtmanová P. 2021. Nenechte vůni skořice zmizet s Vánoce. In: *Abeceda zahrady* [online]. [cit. 2018-04-04]. Dostupné z: <https://abecedazahrady.dama.cz/clanek/nenechte-vuni-skorice-zmizet-s-vanocemi>
- Nazarian A.. 2011. Reproduction and longevity of the cabbage aphid [*Brevicoryne brassicae* (L.)] after exposure to ethanolic extract of clove (*Syzygium aromaticum* L.). *Planta Medica*. Antalya, Turkey. Dostupné z: doi:10.1055/s-0031-1282853.
- Novák J., Skalický M.. 2017. *Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika*. **4**. Powerprint, Praha.
- Nyirenda S. P., Sileshi G. W., Belmain S. R., Kamanula J. F., Mvumi B. M., Sola P., Nyirenda G. K. C., Stevenson P. C.. 2011. Farmers' ethno-ecological knowledge of vegetable pests and pesticidal plant use in Northern Malawi and Eastern Zambia. *African Journal of Agricultural Research* **6** (2):41–49.
- Ouattara B., Simard R. E., Holley R. A., Pitte G. J. P., Begin A.. 1997. Antimicrobial activity of selected fatty acids and essential oils against six meat spoilage organisms. *Int Journal of Food Microbiology* **37**:155–162.
- Palík S., Burešová I., Edler S., Sedláčková I., Tichý F., Váňová M.. 2009. *Metodika pěstování ozimé pekárenské pšenice*. Agrotest fyto, s. r. o. Kroměříž. 68 s. ISBN: 978-80-86888-07-1.
- Pavela R.. 2014a. Insekticidní vlastnosti éterických olejů *Pimpinella anisum* proti *Culex quinquefasciatus* a necílovému organismu *Daphnia magna*. *Journal of Asia Pacific Entomology* **17**:287–293.
- Pavela R.. 2014b. Acute, synergistic and antagonistic effects of some aromatic compounds on the *Spodoptera littoralis* Bois. (Lep., Noctuidae) larvae. *Industrial Crops and Products* **60**:247–258.
- Pavela R.. 2015. Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: a review. *Industrial Crops and Products* **76**:174–187.
- Pavela R.. 2016. Historie, přítomnost a perspektiva používání rostlinných extraktů jako komerčních botanických insekticidů a zemědělských produktů na ochranu proti hmyzu – přehled. *Plant Protection Science* **52**:229–241.

Pavela R.. 2020. Přírodní cestou nejen proti chorobám a škůdcům. Kurent, České Budějovice. ISBN 978-80-87111-84-0.

Pavela R, Govindarajan M.. 2017. The essential oil from *Zanthoxylum monophyllum* a potential mosquito larvicide with low toxicity to the non-target fish *Gambusia affinis*. *Journal of Pest Science* **90**:369–378.

Pavela R., Sedlák P.. 2018. Post-application temperature as a factor influencing the insecticidal activity of essential oil from *Thymus vulgaris*. *Industrial Crops and Products* **113**:46–49.

Pavela R., Venclová B.. 2013. Tři otázky pro Romana Pavelu. *Úroda* [online]. Profi Press s. r. o, 12. 11. 2020. Dostupné z: <https://www.uroda.cz/tri-otazky-pro-romana-pavelu/>

Pavela, R., Vrchotová, N., Šerá, B. 2009. Repellency and toxicity of three *Impatiens* species (*Balsaminaceae*) extracts on *Myzus persicae* Sulzer (*Homoptera: Aphididae*). *Journal of Biopesticides*, **2** (1):48-51.

Pavela R., Žabka M., Kaffková K., Smékalová K.. 2017. Možnosti využití botanických pesticidů a rostlinných extraktů v ochraně porostů fenyklu obecného, máty peprné a tymiánu obecného. 1. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby. ISBN 978-80-7427-244-8.

Parry H. R.. 2013. Cereal aphid movement: general principles and simulation modelling. *Movement Ecol.* **14** (1):3-15.

Pieterse C. M. J., Zamioudis C., Berendsen R. L., Weller D. M., Van Wees S. C. M., Bakker P. A. H.. 2014. Induced systemic.

Pino O., Sánchez Y., Rojas M. M.. 2013. Metabolitos secundarios de origen botánico como una alternativa en el manejo de plagas. I: Antecedentes, enfoques de investigación y tendencias. *Revista de Protección Vegetal* **28** (2):81–94.

Popov S.. 2003. *Základy chemické ochrany rostlin*. Moskva: Moskevská zemědělská akademie Timiryazeva. ISBN 5-9900220-1-8.

Prabuseenivasan S., Jayakumar M., Ignacimuthu S.. 2006. In vitro antibacterial

activity of some plant essential oils. *MBC Complementary and Alternative Medicine* **6**:39.1–39.8.

Prugar J., Baranyk P., Bárta J., Bjelková M., Bradová J., Burešová I., Capouchová I., Cuhra P., Čepička J., Čepl J., Diviš J., Dostálová J., Doucha J., Dušek K., Ehrenbergerová J., Faměra O., Hajšlová J., Hamouz K., Hanišová A., Horáková V., Horčička J., Hrubý J., Hrušková M., Hřivna L., Jůzl M., Kalač P., Kalinová J., Kocourková B., Kolovrat O., Kopec K., Koprna R., Kořen J., Krofta K., Kučerová J., Lachman J., Mezulianik M., Moudrý J., Nedělník J., Němcová A., Novotný F., Pelikán M., Perlín C., Petr J., Polišenská I., Psota V., Pulkrábek J., Schulzová V., Smotlacha M., Sýkorová S., Šetlík I., Škopek B., Štěrba Z., Štolcová M., Švachula V., Vacek J., Vaculová K., Zahradníček J., Zukalová H.. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV. Praha. 327 s. ISBN: 978-80-86576-28-2.

Raaijmakers J. M., Mazzola M.. 2012. Diversity and natural functions of antibiotics produced by beneficial and plant pathogenic bacteria. *Annual Review of Phytopathology*. **50**:403–424. doi: 10.1146/annurev-phyto-081211-172908.

Ramadan M. F., Asker M. M. S., Tadros M.. 2013. Lipid profile, antiradical power and antimicrobial properties of *Syzygium aromaticum* oil. *Grasas y Aceites* [online]. 31. 12., **64** (5):509–520. ISSN 1988-4214, 0017-3495. Dostupné z: doi:10.3989/gya.011713

Raffa K. F., Priester T. M.. 1985. Synergists as research tools and control agents in agriculture. *Journal of Agricultural Entomology* **2**:27-45.

Remaudière G., Remaudière M.. 1997. *Catalogue des Aphididae du Monde, Homoptera Aphidoidea*. INRA, Paris, 473 pp.

Rice M.. 1993. Built-in Resistance Prevention (BIRP): a Valuable Property of Azadirachtin. In: *World Neem Conference, India, Bangalore*. 13–14.

Sánchez-Bayo F., Wyckhuys K. A. G.. 2019. *Biological Conservation* **232**, 8.

Secoy D. M., Smith A. E.. 1983. Use of plants in control of agricultural and domestic pests. *Economic Botany* **37**:28-57.

Sell C.. 2010. Chemistry of essential oils. In *Handbook of Essential Oils. Science, Technology, and Applications*, 121–150, CRC Press.

Sempruch C., Leszczynski B., Tedeschi A., Raiser G., Raiser U.. 2017. *Herbář: přírodní lékárna: bylinky z klášterní zahrady*. Praha: Euromedia Group. Esence. ISBN 978-80-7549-296-8.

Semrádová M.. Variabilní aplikace jako nástroj moderního agronoma. Agromanual.cz [online]. České Budějovice: Kurent, 2021 [cit. 2021-11-05]. Dostupné z:

<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/precizni-zemedelstvi/variabilni-aplikace-jako-nastroj-moderniho-agronoma>

Scharf M. B., Baumann M., Berkowitz D. V.. 2003. The effects of sodium oxybate on clinical symptoms and sleep patterns in patients with fibromyalgia. *Journal of Rheumatology* **30**:1070-1074.

Shaposhnikov G.. 1987. Evolution of aphids in relation to evolution of plants. G.Ch. Aphids, their biology, natural enemies and control 409-414.

Sharma U. K., Sharma A. K., Pandey A. K.. 2016. Medicinal attributes of major phenylpropanoids present in cinnamon. *BMC Complementary Medicine and Therapies*. **16**:156.

Simon J. C., Stoeckel S., Tagu D.. 2010. Evolutionary and functional insights into reproductive strategies of aphids. *Comptes Rendus Biologies*. **333**(6-7):488-96. doi: 10.1016.2010.03.003. PMID: 20541160.

Soković M. D., Vukojević J., Marin P. D., Brkić D. D., Vajs V., van Griensven L. J. L. D.. 2009. Chemical composition of essential oils of *Thymus* and *Mentha* species and their antifungal activities. *Molecules*. **14**:238–249.

Spadaro D., Ciavarella A., Dianpeng Z., Garibaldi A., Gullino M. L.. 2010. Effect of culture media and pH on the biomass production and biocontrol efficacy of a *Metschnikowia pulcherrima* strain to be used as a biofungicide for postharvest disease control. *Canadian Journal of Microbiology* **56**:128–137. doi: 10.1139/w09-117

Stedman E., Barger G.. 1925. Physostigmine (eserine). Part III. *Journal of the Chemical Society*. London. **127**:247-258.

Stekolshchikov A., Kuznetsova B.. 2002. Čeled' Aphididae (Homoptera, Aphidinea): evoluční trendy. XII. Kongres Ruské entomologické společnosti, Sankt-Peterburg.

Tohidi B., Rahimmalek M., Arzani A.. 2017. Essential oil composition, total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of *Thymus* species collected from different regions of Iran. *Food Chemistry* [online]. **4** (220):153–161. ISSN 03088146. Dostupné z: doi: 10.1016/j.foodchem.2016.09.203.

Topping C. J., Aldrich A., Berny P.. 2020. Overhaul environmental risk assessment for pesticides. Issue 6476. 360-363. doi: 10.1126/science.aay1144.

- Tripathy B., Satyanarayana S., Abedulla Khan K., Raja K.. 2017. An Updated Review on Traditional Uses, Taxonomy, Phytochemistry, Pharmacology and Toxicology of *Origanum majorana*. *International Journal of Pharma Research and Health Sciences* **5**:1717–1723.
- Turek C. a Stintzing F. C.. 2013. Stability of essential oils: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science* **12**:40–53.
- Unlu M., Ergene E., Unlu G. V., Zeytinoglu H. S., Vural N.. 2010. Composition, antimicrobial activity and in vitro cytotoxicity of essential oil from *Cinnamomum zeylanicum* blume (Lauraceae). *Food and Chemical Toxicology* [online] **48** (11): 3274–3280. ISSN 02786915. Dostupné z: doi:10.1016/j.fct.2010.09.001.
- Valero M., Giner M. J.. 2006. Effects of antimicrobial components of essential oils on growth of *Bacillus cereus* INRA L2104 in and the sensory qualities of carrot broth. *International Journal of Food Microbiology* **106**:90 – 94.
- Völlinger M., Schmutterer H.. 1987. Natural Pesticides from the Neem Tree (*Azadirachta indica* A. Juss) and Other Tropical Plants, Proceedings of Third International Neem Conference, German Agency for Technical Cooperation, Eschborn, Germany. 543-554.
- Večeřa Z. 1964. Pesticidy: Výroba, vlastnosti a použití. SNTL. Praha.
- Walia S., Koul O.. 2008. Zkoumání biologické rozmanitosti rostlin pro botanické insekticidy. In: Udržitelná ochrana plodin, strategie biopesticidů (str. 191–206). Nové Dillí: Vydavatelé Kalyani.
- Williams L., Dixon A.. 2007. Life Cycles and Polymorphism. Aphids as Crop Pests. *Whiteknights: Cabi*, s. 69-85. ISBN 978 0 85199 819 0.
- Wink M., Schimmer O.. 1999. Modes of action of defensive secondary metabolites, Functions of Plant Secondary Metabolites and Their Exploitation in Biotechnology, *Annual Plant Reviews* № 3, Sheffield Academic Press, Sheffield, 17-133.
- Zadoks J. C., Waibel H.. 2000. From pesticides to genetically modified plants: history, economics and politics. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences* **48**:125-149.
- Zak A., Musiewicz K., Kosakowska A.. 2012. Allelopathic activity of the Baltic cyanobacteria against microalgae. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **112**:4-10.

Zheng G. Q., Kenny P. M., Lam K.. 1992. Sesquiterpenes from clove (*Eugenia caryophyllata*) as potential anticarcinogenic agents. *Journal of Natural Products* **55**:999-1003.

Zimolka J., Edler S., Hřivna L., Jánský J., Kraus P., Mareček J., Novotný F., Richter R., Říha K., Tichý F.. 2005. Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna. 1. vyd. Praha: Profi Press. ISBN 80-86726-09-6.