

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2017

Hana Mašláňová

Mendelova univerzita v Brně

Agronomická fakulta

Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství (AF)



**Agronomická
fakulta**

**Mendelova
univerzita
v Brně**



Repelentní účinky silic vybraných rostlinných druhů

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

Ing. Helena Pluháčková, Ph.D.

Vypracovala:

PharmDr. Hana Mašláňová

Brno 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: ***Repelentní účinky silic vybraných rostlinných druhů***

vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:

.....
podpis

Poděkování

Děkuji Ing. Heleně Pluháčkové, Ph.D., za odborný dohled, podnětné připomínky a pomoc při zpracování bakalářské práce.

ABSTRAKT

Silice, které si rostliny syntetizují na ochranu proti fytofágním škůdcům a patogenním organismům, lze využít i v boji proti hematofágnímu hmyzu a široké škále zemědělských škůdců. Hmyz je přenašečem řady chorob a ve vysokých četnostech způsobuje snížení produkce a ekonomické ztráty v chovech hospodářských zvířat. Tato rešeršní bakalářská práce se zaměřuje na silice s repelentními účinky a jejich možné využití v ochraně velkých hospodářských zvířat. Výhodou repelentních přípravků na bázi esenciálních olejů je jejich zdravotní nezávadnost, šetrnost k životnímu prostředí, nízká toxicita pro necílové organismy a nízké riziko vzniku rezistentních populací hmyzu. Mezi rostliny s repelentním účinkem patří i zástupci rodu *Pelargonium* a čeledi *Lamiacea*. Zejména geraniová silice získaná z *Pelargonium graveolens*, *P. roseum*, *P. capitatum* a jejich hybridních odrůd a silice z *Mentha* spp. mají potenciál stát se základem účinných rostlinných repelentů využitelných v ochraně hospodářských zvířat.

Klíčová slova: rostlinné repelenty, *Pelargonium graveolens*, *Pelargonium* spp., *Mentha* spp., geraniová silice, ochrana hospodářských zvířat.

ABSTRACT

Essential oils which plants synthesize for their own protection against phytophagous insects and pathogenic organisms, can also be used in the fight against hematophagous insects and wide range of agricultural pests. The insect is a transmitter of many diseases and in high frequencies causes a decrease in production and economic losses in livestock production. This retrieval thesis is focused on the essential oils with repellent effects and their possible use in the protection of large livestock. The advantage of repellent products based on essential oils is their safety, environmental compatibility, low toxicity to non-target organisms and low risk of resistant insect populations. Among the plants with repellent effects belong also representatives of the genus *Pelargonium* and family *Lamiacea*. Especially essential oils from *Pelargonium graveolens*, *P. roseum*, *P. capitatum* and their hybrid varieties and oils of *Mentha* spp. could be formulated for the use as repellents in livestock protection.

Keywords: botanical repellents, *Pelargonium graveolens*, *Pelargonium* spp., *Mentha* spp., geranium oil, protection of livestock.

OBSAH

1 ÚVOD.....	7
2 CÍL PRÁCE	8
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED	9
3.1 Silice aromatických rostlin.....	9
3.2 Rostliny a silice s repelentním účinkem.....	10
3.2.1 <i>Mentha</i> spp. (<i>Lamiaceae</i>).....	12
3.2.2 <i>Nepeta cataria</i> (<i>Lamiaceae</i>).....	13
3.3 Rod <i>Pelargonium</i> L'Herit.	13
3.3.1 Charakteristika rodu <i>Pelargonium</i>	13
3.3.2 Aromatické druhy <i>Pelargonii</i>	15
3.3.3 Insekticidní a repelentní aktivita rodu <i>Pelargonium</i>	16
3.3.3.1 Geraniová silice (<i>Pelargonium</i> spp.).....	17
3.3.3.2 <i>Pelargonium graveolens</i> L'Her.	19
3.3.3.3 <i>Pelargonium roseum</i> Wild. (syn. <i>P. Radens</i>).....	20
3.3.3.4 <i>P. capitatum</i> a <i>P. odoratissimum</i>	21
3.3.3.5 Vonné kultivary <i>pelargonii</i>	23
3.4 Využití repelentních a insekticidních silic v zemědělství.....	24
3.4.1 Botanické pesticidy	25
3.4.2 Ochrana proti skladištním škůdcům.....	26
3.4.3 Repelentní ochrana hospodářských zvířat	27
4 DISKUSE.....	30
5 ZÁVĚR	36
6 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY	38

1 ÚVOD

Zejména v letních měsících se člověk i hospodářská zvířata potýkají s obtížným a hematofágním hmyzem nebo členovci. Nebezpečí spočívá především v možném přenosu řady bakteriálních, virových nebo protozoárních nákaz (malárie, žlutá horečka, lymská borelióza, klíšťová encefalitida, katarální horečka dobytka, encephalomyelitidy koní). Tato onemocnění způsobují lidem i zvířatům závažné zdravotní problémy, a mohou působit i značné ekonomické ztráty v chovech hospodářských zvířat. U hospodářských zvířat patří hmyz mezi významné stresové faktory, ve vysokých četnostech negativně ovlivňuje welfare zvířat a způsobuje snížení produkce. Z těchto důvodů je vhodné a žádoucí se před hmyzem chránit. Mezi prostředky ochrany patří i používání účinných repelentů.

Historie používání rostlin a jejich silic v boji proti hmyzu sahá daleko do minulosti. V průběhu 20. století byly ve vyspělých státech přírodní přípravky proti hmyzu téměř zcela vytlačeny účinnějšími syntetickými preparáty, jejichž používání je často spojeno s negativním působením na životní prostředí a se vznikem rezistentních populací hmyzu. Proto je v posledních letech patrný návrat k přírodním produktům a je snaha hledat dostupné, účinné, bezpečné a k životnímu prostředí šetrné přírodní alternativy k syntetickým preparátům.

Rostliny produkují množství sekundárních metabolitů toxických pro fytofágní hmyz, které lze využít i v boji proti hematofágnímu hmyzu a široké škále zemědělských škůdců. Zejména u silic s vysokým obsahem monoterpenů byly již v řadě studií potvrzeny repelentní účinky. Na tyto silice jsou bohaté zejména druhy z čeledi *Geraniaceae* (*Pelargonium* spp.), *Lamiaceae* (např. *Mentha* spp., *Thymus* spp., *Ocimum* spp., *Nepeta cataria*), *Pinaceae* (*Pinus sylvestris*, *Cedrus* spp.), rod *Cymbopogon*. (*C. nardus*, *C. martini*, *C. citratus*). Tyto esenciální oleje nebo látky z nich izolované mají potenciál stát se základem rostlinných repelentů používaných k ochraně lidí či zvířat.

Cílem současného výzkumu je najít druhy s vysokým obsahem biologicky aktivních látek, které lze současně pěstovat jako alternativní plodiny. Tento základní výzkum je následován výzkumem pěstebních podmínek a hledáním chemických odrůd s nejvyšším obsahem účinných látek.

2 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je vypracovat literární přehled o siličnatých rostlinách s repelentními účinky a podrobněji se zaměřit na druhy rodu *Pelargonium*. Dílčím cílem je vybrat druhy vhodné pro ochranu velkých hospodářských zvířat a na základě teoretických výsledků doporučit druhy k dalšímu sledování.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Silice aromatických rostlin

Aromatické rostliny jsou uměle vytvořená skupina rostlin obsahující řadu bioaktivních látek, z nichž nejdůležitější jsou silice. Počet aromatických druhů se odhaduje přibližně na 10 000.

Rostlinné silice, označovány také jako éterické, esenciální či aromatické oleje patří mezi produkty sekundárního metabolismu rostlin. Jsou to těkavé, olejovité, aromatické látky nebo jejich směsi. Většinou se jedná o bezbarvé kapaliny, rozpustné v tucích, alkoholu a éteru a nerozpustné ve vodě. Na vzduchu mohou tmavnout a tuhnout. Význam silic pro rostliny je objasněn zatím jen částečně. Prokázány jsou ochranné funkce proti chorobám a škůdcům a slouží také jako lákadlo pro opylovače.

Výskyt silic je typický zejména pro čeledi *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Geraniaceae*, *Lamiaceae*, *Lauraceae*, *Myrtaceae*, *Pinaceae*, *Rosaceae*, *Rutaceae* a *Zingiberaceae*.

Z chemického hlediska jsou silice velmi složité směsi několika desítek až stovek jednotlivých biosubstancí. Nejvíce jsou zastoupeny látky terpenoidního charakteru (monoterpeny, diterpeny, sekviterpeny) a fenolické sloučeniny. Esenciální olej (EO) obvykle obsahuje 1 až 5 látek majoritních, které jsou typické pro daný rostlinný druh. V současnosti je známo a chemicky definováno již přes tři tisíce éterických olejů (Bulánková, 2005, Pavela, 2011).

Silice jsou v rostlinách syntetizovány v siličných nádržkách a kanálkách květů, listů a plodů, méně v kořenech či kůře. Množství a složení silic v rostlinách je velmi proměnlivé. Mění se během ontogeneze rostlin (největší množství bývá v rostlině těsně před květem) i během dne (maxima rostliny dosahují zpravidla kolem poledne), je ovlivňováno druhem rostliny (hřebíček obsahuje 16-18 % silice, růže 0,01 % silice), odrůdou, klimatickými podmínkami, také pěstebními podmínkami a technologickým způsobem zpracování (Kocourková, 2015).

Esenciální oleje z rostlin lze získat vodní nebo parní destilací, extrakcí těkavými organickými rozpouštědly, anfleráží (extrakce tuky) a lisováním (Kocourková, 2015). Mezi novější metody patří superkritická extrakce pomocí CO₂ (Pavela, 2011).

U jednotlivých silic byly popsány účinky antiseptické, desinfekční, karminativní, expektorační, diuretické, antirevmatické, spasmolytické, sedativní, antioxidační,

antimikrobiální, insekticidní, repelentní a prověřovány jsou i účinky protirakovinné. Silice nacházejí uplatnění v potravinářství, farmacii, lékařství, aromaterapii, parfumerii, kosmetice i v zemědělství.

3.2 Rostliny a silice s repelentním účinkem

Repelenty jsou látky odpuzující hmyz nebo látky, které odrazují hmyz od bodnutí či kousnutí. Rostlinné repelenty proti hmyzu byly používány již ve starověku. Využívaly se různé rostlinné oleje, kouře vzniklé spalováním rostlin, případně se celé rostliny zavěšovaly do obytných prostor. Na počátku 20. století byl nejpoužívanějším repelentem v Evropě citronelový olej, který poskytoval ochranu před komáry až 4 hodiny.

V průběhu 20. století byly ve vyspělých státech přírodní preparáty používané proti hmyzu téměř zcela vytlačeny syntetickými preparáty. Nadměrné používání těchto velice účinných syntetických insekticidů a repelentů však vedlo k závažným problémům spojených s negativním působením na necílové organismy, hromaděním toxických látek v potravním řetězci a se vznikem rezistentních populací hmyzu. Toto negativní působení na životní prostředí vedlo až k zákazu používání některých z nich (DDT). Proto je v posledních letech patrný návrat k přírodním preparátům a výzkumu a vývoji účinných, bezpečných a k životnímu prostředí šetrných rostlinných přípravků je věnována velká pozornost (Pavela, 2011).

Rostliny produkují řadu bioaktivních látek (silice, alkaloidy aj.) na ochranu proti fytofágním škůdcům, bakteriálním a virovým infekcím. Tyto sloučeniny lze využít i v boji proti hematofágnímu hmyzu a široké škále zemědělských škůdců. Silice můžeme dle působení na hmyz, jeho vývojová stadia a jiné členovce rozdělit na insekticidy, larvicidy, ovicidy, repelenty, antiovipositanty, antifidanty (protipožerové látky), akaricidy a růstové regulátory. U jednotlivých látek rozlišujeme toxicitu kontaktní nebo fumigační. Některé mono-, seskvi-, di- a tri-terpeny obsažené v EO působí v nižších dávkách repelentně a po překročení letální koncentrace insekticidně (Pavela, 2011, Maia, 2011).

Repelentně účinnou složkou silic jsou zejména kyslíkaté monoterpeny, jejichž účinnost byla prokázána již v řadě studií (např. geraniol, citronellol, mentol, limonen, pinen, eucalyptol) (Maia, 2011, Farag, 2012). Účinek silic je vysvětlován vazbou

těkavých látek na chemoreceptory hmyzu a maskováním pachů oběti, podle něhož se hematofágní hmyz orientuje. Stejný mechanismus účinku má i synteticky vyráběný DEET (*N,N*-diethyl-*meta*-toluamid), který je považován za standard repelentního účinku. Repelentní účinnost sloučenin souvisí také s bodem varu, účinné jsou sloučeniny s teplotou varu mezi 230 a 260 °C (Maia, 2011). Působení jednotlivých esencí na nervový systém hmyzu je dosud intenzivně studováno, předpokládá se vazba na GABA, tyraminové a oktapaminové receptory a inhibice acetylcholinesterázy (AChE). Právě absence oktapaminových receptorů u savců je pravděpodobně důvodem nízké toxicity éterických olejů pro teplokrevné živočichy (Pavela, 2006).

Repelentně účinné jsou tedy především rostliny a silice s vysokým obsahem monoterpenů např. *Pelargonium* spp. (citronellol, geraniol), *Mentha x piperita* (menthol, menthon), *Syzygium aromaticum* (eugenol), *Origanum* spp. (karvakrol, thymol), *Rosmarinus officinalis* (1,8 cineol), *Coriandrum sativum* (linalool), *Ocimum basilicum* (linalool), *Thymus* spp. (thymol, karvakrol), *Melissa officinalis* (citronelal, citral), *Salvia* spp. (thujon, cineol), *Nepeta* spp. (nepetalaktony, karyophyllen), *Lavandula* spp. (linalool, geranyl acetát, cineol), *Levisticum officinalis* (terpineol) *Tanacetum vulgare* (thujon), *Pinus sylvestris* (pinen), *Cymbopogon* spp. (citronelal, citronellol, geraniol) nebo *Citrus* spp. (limonen) (Pavela, 2011).

Zejména EO citronelový (*Cymbopogon nardus*), eukalyptový (*Eucalyptus citriodora*), geraniový (*Pelargonium* spp.), hřebíčkový (*Syzygium aromaticum*) a druhy z čeledi *Lamiaceae* (máta, bazalka, pačule) a *Pinaceae* (borovice, cedr) jsou běžně používanými rostlinnými repelenty a bývají součástí komerčně vyráběných přípravků. Řada těchto přípravků se v tropických oblastech používá ke kontrole vektorů malárie a žluté horečky (Maia, 2011, George, 2014).

Účinek botanických repelentů je velmi proměnlivý, závisí na koncentraci a složení přípravku. V krátkodobém odpuzování jsou rostlinné repelenty srovnatelné se syntetickými přípravky. Omezujícím faktorem použití EO je jejich vysoká volatilita, a tedy kratší doba účinku 2-4 hodiny. Např. neředěný hřebíčkový olej poskytuje 100% ochranu proti komárům po dobu 2-4 hodin, zatímco 100% DEET poskytuje ochranu až 10 hodin (George, 2014). Tento problém lze řešit technologickým zpracováním (např. mikroenkapsulace) nebo vhodnou formulací přípravku (např. přidáním vanilinu k EO z kurkumy a bazalky se prodloužila repelentní účinnost proti komárům na 6 až 8 hodin) (Maia, 2011).

Většina rostlinných silic s repelentním účinkem je používána při výrobě parfémů nebo k dochucování pokrmů, proto jsou považovány za bezpečné. Přestože se obecně jedná o netoxické sloučeniny, byl u některých EO popsán výskyt kontaktní dermatitidy (Maia, 2011).

Cílem práce je zaměřit se na druhy využitelné k ochraně hospodářských zvířat. Mezi rostliny, u nichž byl repelentní účinek dokumentován i při aplikaci na hospodářská zvířata, patří máta (*Mentha* spp.) (Kumar^b, 2011), šanta (*Nepeta* spp.) (Zhu, 2012) a pelargonie (*Pelargonium* spp.) (Lachance, 2014). Zejména rod *Pelargonium* je z hlediska počtu druhů a možného využití velmi zajímavou skupinou rostlin.

3.2.1 *Mentha* spp. (Lamiaceae)

Charakteristika

Rod obsahuje asi 25 druhů a řadu planých i kulturních hybridů kosmopolitního rozšíření. Jsou to převážně vytrvalé aromatické byliny s přímým větveným stonkem čtvercového průřezu. Květy jsou uspořádány v hroznech nebo lichoklasech, barvy od fialové, přes růžovou až po bílou. Plodem je tvrdka. Nejznámějším a nejpěstovanějším druhem je máta peprná (*Mentha x piperita* L.). Je to pravděpodobně kříženec máty vodní (*M. aquatica* L.) a máty klasnaté (*M. spicata* L.). Obsahuje řadu biologicky aktivních látek: flavonoidy, fenolové kyseliny, taniny a 1-3 % silice. Hlavní složkou silice je menthol (přes 50 %) a menthon (přes 10%), dále obsahuje karvon, linalool, germakrén D, karyophyllen a viridiflorol. Jednotlivé druhy máty se složením silice liší, převládat může karvon (*M. spicata*) i pulegon (*M. pulegium*).

Máta peprná patří mezi léčivé rostliny, používá se při trávicích potížích, na pohybový aparát a posiluje nervovou soustavu. Uplatnění nachází především v potravinářství a kosmetice. V ČR se pěstuje jako kulturní plodina v řepářské nebo kukuřičné výrobní oblasti. Množí se vegetativně stolony nebo řízkováním (Pavela, 2011, Kocourková, 2015).

Repelentní účinky

U extraktů a EO *Mentha* spp. byly potvrzeny účinky baktericidní, fungicidní, insekticidní i repelentní. Účinek na hmyz byl popsán u druhů *M. x piperita* L., *M. spicata* L., *M. pulegium* L., *M. arvensis* L., *M. microphylla* K. Koch, *M. spicata* L., *M.*

longifolia L. i u hlavních složek jejich silic (mentholu, menthonu, karvonu, pulegonu a piperitonu). Jednotlivé druhy byly účinné proti komárům, mouchám a celé řadě skladištních škůdců (Kumar^a, 2011). V zahraničí jsou mátové EO součástí komerčně vyráběných botanických pesticidů. Repelentní účinnost mátového oleje proti mouchám u skotu dokumentoval Lachance (2014), Kumar^b (2011) a Khater (2009).

3.2.2 *Nepeta cataria* (Lamiaceae)

Charakteristika

Rod *Nepeta* obsahuje asi 250 druhů. Šanta kočičí (*Nepeta cataria* L.) patří mezi aromatické léčivé rostliny. Je to 30-70 cm vysoká vytrvalá bylina, která roste v trsech. Má větvenou čtyřhrannou lodyhu a vstřícné nepravidelně pilovité listy. Květy jsou bílé až růžové nebo namodralé či nafialovělé, uspořádané v koncových lichoklasech. Kvete od června do pozdního podzimu. Množení je možné ze semen, řízkováním nebo dělením trsu. Je to druh nenáročný na půdu.

Jako léčivka se využívá pro své zklidňující účinky a jako tonikum, popsány jsou i mírné halucinogenní účinky. Drogou je nakvétající nať a hlavní účinnou složkou jsou silice (nepetalaktony 70-90 % a karyophyllen). Dále jsou v rostlině obsaženy flavonoidy a fenolické látky. Šanta láká svou pronikavou vůní kočky, které s oblibou ožirají květy a válejí se v porostu, odtud pochází i její rodové jméno (Pavela, 2006, Bulánková, 2005).

Mezi další aromatické druhy šanty patří např. *N. grandiflora* M. Bieb., *N. racemosa* Lam., *N. pannonica* L. a *N. clarkei* Hook.

Repelentní účinky

V literatuře jsou dokumentovány velmi silné repelentní účinky šanty kočičí a nepetalaktonů proti komárům, mouchám, klíšťatům i čmelíkům (Birkett, 2011). Repelentní účinek byl potvrzen také proti bodalce stájové u skotu (Zhu, 2012).

3.3 Rod *Pelargonium* L'Herit.

3.3.1 Charakteristika rodu *Pelargonium*

Rod *Pelargonium* se řadí do čeledi kakostovitých (*Geraniaceae*) a zahrnuje přes

270 druhů. Většina druhů je domovem v jižní Africe v Kapské provincii. Ojedinele se vyskytují v tropické Africe, Malé Asii a Austrálii. Z toho vycházejí i pěstební podmínky pelargonii.

Do Evropy byly pelargonie přivezeny v 17. století z mysu Dobré naděje. Pro své malé nároky na pěstování, snadné rozmnožování, široký výběr z mnoha velmi dekorativních a bohatě kvetoucích odrůd patří pelargonie k nejoblíbenějším a nejpěstovanějším květinám na světě.

Druhovú různorodost vnějších znaků rodu *Pelargonium* je ohromná (byliny až keře rozmanitého habitu). Typickým znakem jsou nepravidelné (zygomorfní) květy s nektarovou ostruhou a zobanitý plod opatřený chlupatou osinou, který připomíná zobák čápa. Původ jména *Pelargonium* pochází z řeckého slova *pelagros* – čáp. Přírodní druhy pelargonii jsou na základě vnějších morfologických znaků, které úzce souvisejí s klimatickými podmínkami v oblastech výskytu, a podle cytologických příbuzenských vztahů řazeny do 16 sekcí (Bradna, 2007).

Rostliny rodu *Pelargonium* obsahují celou řadu sekundárních metabolitů: silice, flavonoidy (myricetin, kvercetin, kaemferol), taniny (brevifolin), kumariny (scopoletin, umckalin), organické kyseliny (kyselina vinná, šťavelová, jablečná, citronová), fytosteroly (β -sitosterol) aj. (Lis-Balchin, 2002).

Některé druhy se uplatňují i z hlediska hospodářského. Pro výnos geranievého oleje se pěstují *P. radens*, *P. graveolens*, *P. capitatum*. Využití nachází zejména v kosmetice, parfumerii a aromaterapii. Některé druhy je možné využít v potravinářství jako dochucovadla (*P. crispum*, *P. fragrans*, *P. graveolens*, *P. odoratissimum*, *P. radens*, *P. scabrum* a *P. tomentosum*) (Bradna, 2007). Domorodé jihoafrické kmeny používají přírodní druhy pelargonii v tradičním léčitelství. Dobře popsán je účinek tradičního jihoafrického rostlinného extraktu umckaloabo, který se získává z kořenů *P. sidoides* a *P. reniforme*, má silný antimikrobiální efekt a používá se k léčbě zánětů dýchacích cest, trávicího traktu, průjmu a na choroby jater. Esenciální oleje vonných pelargonii používají domorodci jako repelenty a insekticidy (Lalli^a, 2006).

Ve velkém rozsahu se pěstují hybridní odrůdy zahradních pelargonii páskatých *Pelargonium zonale hort.* (kříženec *P. zonale* a *P. inquinans* a dalších druhů), převislých *P. peltatum hort.* (kříženec *P. peltatum* a *P. lateripes* a dalších druhů) a velkokvětých tzv. anglických pelargonii *P. grandiflorum hort.* (kříženec *P. cucullatum* a *P. grandiflorum* a dalších druhů).

Snadné šlechtění a velký genetický fond přírodních pelargonii otevírá možnosti k vypěstování nových kultivarů lišících se stavbou rostlin, velikostí, barvou, tvarem, vůní květů a listů, obsahem biologicky aktivních látek, odolností vůči chorobám a škůdcům (Bradna, 2007).

3.3.2 Aromatické druhy Pelargonii

Část přírodních druhů pelargonii je pokryta žláznatými chloupky s obsahem éterického oleje. Zejména při dotyku listů nebo za vysokých teplot vydávají tyto rostliny specifickou vůni (růžovou, citronovou, pomerančovou, eukalyptovou, vůni máty, meduňky, cedru, pepře, zázvoru a řadu variant jiných vůní). Na esenciální oleje jsou bohaté druhy a jejich kultivary zejména ze sekcí *Pelargonium* (24druhů), *Polyacticum* a *Cortusina* (Bradna, 2007).

Tab. 1 Přehled přírodních aromatických druhů Pelargonii (Bradna, 2007).

<i>P. abrotanifolium</i>	<i>P. denticulatum</i>	<i>P. griseum</i>	<i>P. radens</i>
<i>P. album</i>	<i>P. desertorum</i>	<i>P. grossularioides</i>	<i>P. ribifolium</i>
<i>P. appendiculatum</i>	<i>P. englerianum</i>	<i>P. hispidum</i>	<i>P. scabrum</i>
<i>P. betulinum</i>	<i>P. exstipulatum</i>	<i>P. mossambicense</i>	<i>P. sublnnosum</i>
<i>P. capitatum</i>	<i>P. fragrans</i>	<i>P. odoratissimum</i>	<i>P. tomentosum</i>
<i>P. citronellum</i>	<i>P. fulgidum</i>	<i>P. otaviense</i>	<i>P. tragacanthoides</i>
<i>P. cordifolium</i>	<i>P. glutinosum</i>	<i>P. panduriforme</i>	<i>P. trifidum</i>
<i>P. crispum</i>	<i>P. grandicalcaratum</i>	<i>P. papilionaceum</i>	<i>P. vitifolium</i>
<i>P. cucullatum</i>	<i>P. graveolens</i>	<i>P. quercifolium</i>	

Ve většině publikovaných studií zaměřených na aromatické druhy rodu *Pelargonium* jsou předmětem zájmu komerčně pěstované druhy *P. capitatum*, *P. graveolens* a *P. radens*. Lalli at al. analyzovala silice 13 původních druhů ze třech regionů Jihoafrické republiky a stanovila v nich celkem 315 sloučenin. Studie podala důkaz velké druhové variability ve složení esenciálního oleje jednotlivých aromatických druhů. Např. *P. graveolens* (původ Stellenbosch: isomenton 65 %, kyselina dekanová 12 %, původ Johannesburg: isomenthon 83 %, oba vzorky pouze 0,4 % citronellolu a žádný geraniol), *P. radens* (isomenthon 84 %), *P. capitatum* (původ Strand: citronellyl formiát 31 %, citronellol 9 %, a furopelargone B 6 %, původ Johannesburg: viridiflorol

24 %, karyophyllen oxid 10 %, 10-epi- γ -eudesmol 6 %), *P. citronellum* (J. J. A. van der Walt) (geraniová kyselina 36 %, geranial 27 %, neral 17 %), *P. papilionaceum* (citronellová kyselina 96 %), *P. tomentosum* (isomenthon 49 %, menthon 41 %), *P. glutinosum* (viridiflorol 8 %, karyophyllen oxid 6 %, spathulenol 6 %), *P. scabrum* (14-hydroxy-beta-karyophyllen 27 %), *P. betulinum* (T-cadinol 18 %, β -karyophyllen 5 %) (Lalli^b, 2006).

U aromatických druhů pelargonií a jejich olejů byly prokázány účinky, antioxidační (*P. betulinum* and *P. crispum*), baktericidní (zejména na G⁺ bakterie) (*P. pseudoglutinosum*, *P. scabrum*), fungicidní, insekticidní a repelentní (*P. graveolens*, *P. radens*), protizánětlivé (*P. quercifolium*) antimalarické (*P. panduriforme*), spasmolytické (*P. odoratissimum*) (Lalli^a, 2006).

Kultivary vonných pelargonií

Při šlechtění vonných hybridů se nejvíce uplatňují tyto aromatické druhy pelargonií: *P. capitatum* (vůně růže), *P. citronellum* (citron), *P. crispum* (citron), *P. denticulatum*, *P. fragrans* (muškátový oříšek), *P. glutinosum*, *P. graveolens* (růže), *P. odoratissimum* (jablkomátová), *P. quercifolium* (balzám), *P. radens* (citron), *P. scabrum* a *P. tomentosum* (máta).

Příklady kultivarů s vůní citronu ('Citriodorum', 'Citronella', 'Lemon Rose'), s vůní pomeranče ('Prince of Orange'), s vůní růže a citronu ('Pink Capitatum', 'Robert Lemon Rose'), s vůní eukalyptu a cedru ('Clorinda'), s vůní máty ('Lady Plymouth', 'Chocholate tomentosum', 'Candy Danzer'), s vůní meduňky ('Sunburs'), s vůní pepře ('Royal Oak'). Tyto kultivary se množí výhradně vegetativně (řízkováním) (Bradna, 2007).

3.3.3 Insekticidní a repelentní aktivita rodu *Pelargonium*

Repelentní a insekticidní aktivita geraniového oleje a některých jeho složek (citronellol, geraniol, α -pinen, limonen, karvon a beta-myrcen) byla potvrzena již v řadě studií. Oleje a extrakty mnoha druhů pelargonií mají při aplikaci na vegetaci protipožerový vliv na hmyz. Zejména esenciální oleje z *P. graveolens*, *P. capitatum*, *P. odoratissimum* a *P. Radens* mohou být použity k potírání hmyzu. V souvislosti s používáním geraniového oleje je popisován možný výskyt kontaktní dermatitidy a senzibilizace. Tyto účinky jsou připisovány geraniolu, který je součástí geraniové silice

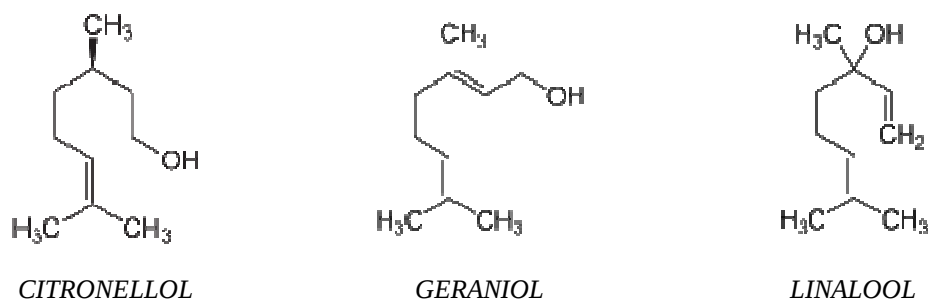
(Lalli^a, 2006, Lis-Balchin, 2002).

Z hlediska ochrany rostlin proti herbivorům je zajímavý i obsah látek vyskytující se pouze u některých druhů a kultivarů. U zahradních odrůd s produkcí lepkavého exsudátu byla pozorována rezistence proti svilušce chmelové. Analýzou byly identifikovány 2 hlavní toxiny: 6-[(Z)-10-pentadecenyl] salicylová kyselina a 6-[(Z)-12-heptadecenyl] salicylová kyselina. Z přírodních druhů vykazují rezistenci proti svilušce *P. fulgidum*, *P. odoratissimum* a *P. graveolens*. V některých kultivarech *P. zonale hort.* byly izolovány indolové alkaloidy, vyskytující se asi u poloviny přírodních druhů sekce *Ciconium*. Jedná se o izomery elaeocarpidinu a isoelaecarpidinu. Koncentrují se v tmavých částech listu a byla u nich prokázána repelentní aktivita proti molicím (Lis-Balchin, 2002). Konzumace okvětních lístků *P. zonale hort.* cv. Nittany Lion Red způsobovala paralýzu listokaze japonského (*Popillia japonica*). Látka vyvolávající paralýzu škůdce byla identifikována jako kyselina quisqualová (Ranger, 2011).

3.3.3.1 Geraniová silice (*Pelargonium* spp.)

Nejdůležitější surovinou získávanou z pelargonií je geraniový olej, který patří mezi 20 nejpoužívanějších vonných olejů na světě. V kosmetickém průmyslu a při výrobě parfému nahrazuje drahocenný růžový olej.

Geraniový olej se získává parní destilací čerstvých listů a stonků sklizených těsně před květem. Obsah éterického oleje v rostlinném materiálu se pohybuje kolem 0,2 %. Pro komerční produkci geraniového oleje jsou pěstovány druhy *P. graveolens*, *P. capitatum* a *P. roseum* Willdenow (synonymum *P. radens*) a kultivary vyšlechtěné z *P. capitatum* a *P. radens* (kultivar 'Rose'). Tyto druhy poskytují růžově vonící, žlutý až žlutozelený esenciální olej. Chemicky jde o komplexní směs více jak 120 monoterpenů, seskviterpenů a dalších nízkomolekulárních aromatických látek. Hlavními složkami oleje s obsahem 60-80 % jsou alkoholy citronellol, geraniol a linalool a jejich estery. Důležitými složkami jsou i terpeny: isomenthon, menthon, nerol, *cis*- a *trans*-rose oxid, α -terpineol, α -pinen, myrcen a β -felandren, citral, menthol a tetrahydropyran.



Obrázek 1 Chemické vzorce hlavních obsahových látek geranievé silice

Zdroj: <https://commons.wikimedia.org/wiki/Terpenes>

Složení geranievého oleje je velmi variabilní, liší se podle druhu i podle oblasti pěstování, je ovlivněno klimatickými podmínkami, vegetační fází, dobou sklizně i technologickým zpracováním rostlin. Při vysokých teplotách (nad 40°C) se zvyšuje obsah citronellolu a klesá obsah geraniolu a linaloolu (Lis-Balchin, 2002, Alli, 2013, Lalli^a, 2006).

Hlavními producenty geranievého oleje jsou Egypt, ostrov Réunion (typ Bourbon), Maroko a Čína. Oleje z jednotlivých oblastí se svým složením liší. Například oleje pocházející z Číny obsahují více citronellolu a méně geraniolu a linaloolu než egyptské oleje. Klíčovou roli v určování kvality a původu geranievého oleje hraje poměr citronellolu (C) a geraniolu (G) a přítomnost alkoholu 10-epi- γ -eudesmolu, který je typický pouze pro africké druhy. Poměr C : G u olejů z Číny by měl být 3 : 1 až 4 : 1 u egyptského a Bourbon oleje přibližně 1 : 1. Za nejkvalitnější je považován typ Bourbon pocházející z ostrova Reunion (Lalli^a, 2006, Lis-Balchin, 2002).

Geranievá silice je tradičně používána k odpuzování hmyzu. Často bývá složkou přírodních repelentních preparátů proti komárům a klíšťatům. Několik přípravků s obsahem geranievé silice je dostupných i na českém trhu.

Ali at al. testoval repelentní a insekticidní aktivitu komerčně dostupných EO *Pelargonium spp.* z různých oblastí světa (kultivar 'Bourbon', 'Čína', 'Egypt') a kultivarů 'Rober's Lemon Rose' a 'Frensham' pěstovaných v Jižní Karolíně. GC/MS (plynová chromatografie / hmotnostní spektrometrie) analýzou jednotlivých EO stanovil celkem 136 sloučenin. U komerčních olejů byl hlavní složkou u kultivaru 'Bourbon', respektive 'Čína', respektive 'Egypt' citronellol (31.1 %, respektive 29.7 %, respektive 30.1 %), geraniol (16,0 %, respektive 14.7 %, respektive 15,2 %), linalool (7-10 %), citronellyl formiát (7-10 %), geranyl formiát (3-4,9 %) a isomenthon (7 %). Kultivar 'Egypt'

obsahoval i 10-epi- γ -eudesmol (4,8 %). Kultivar 'Rober's Lemon Rose' obsahoval citronellol (50,9 %), citronellyl formiát (13,3 %), isomenthon (5,5 %) a pouze 0,1 % geraniolu. Složením se lišil zejména kultivar 'Frensham' (nerolidol (23,8 %), geranial (17,9 %), citronellol (8,5 %), neral (7,2 %) a kyselina geraniová (5,6 %)). U všech pěti EO a některých jeho složek byl testován larvicidní a repelentní účinek proti komárům (*Aedes aegypti*) a insekticidní aktivita EO proti škůdcům okrasných rostlin sít'natkám (*Stephanitis pyrioides*). Toxický pro *Stephanitis pyrioides* byl zejména geraniol, citronellol a EO 'Čína' a 'Bourbon'. Nejsilnější larvicidní účinek měl Trans-nerolidol, geraniol a citronellol. Komáry nejsilněji odpuzoval EO z kultivaru 'Egypt', 'Frensham' a 'Čína' (koncentrace 100 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$). Z čistých sloučenin byla repelentně v nejúčinnější kyselina geraniová a geranyl formiát. Slabší účinek byl pozorován u citronellyl formiátu a geraniolu. Repelentní účinek kyseliny geraniové byl srovnatelný s DEET (Ali, 2013).

3.3.3.2 Pelargonium graveolens L'Her.

Charakteristika

Vzpřímený až 1,3 m vysoký aromatický keř. Listy jsou ochmýřené silně vonící po růžích. Květenství je okolík složený z 3-7 květů. Květ má 5 bílých až růžových korunních lístků, horní dva s karmínovou kresbou. Patří do sekce Pelargonium. Domovem je v Africe, kde jsou velmi horká léta mírné zimy. Obvykle roste na vlhkých stanovištích v polostínu. Snadno se množí řízký, přírodní druh dává dostatek semen. *P. graveolens* a jeho kultivary jsou nejdůležitějšími druhy pěstovanými pro produkci geraniového oleje. Známým vonným kultivarem pěstovaným v domácnostech je 'Lady Plymouth' (Bradna, 2007).

Hlavní obsahové látky silice

V EO (původ Egypt) bylo stanoveno 41 sloučenin. Hlavní složky: citronellol (27 %), geraniol (11 %), citronellyl formiát (7 %), 10-epi- γ -eudesmol (6%) a isomenthon (5 %), linalool (3, 9%) (Tabanca, 2013).

Bouzenna at al. identifikoval v EO (původ Tunis) 15 sloučenin a uvádí následující složení: citronellol (35 %) a geraniol (28,8 %), linalool (8,5 %), citronellyl formiát (2,5 %), isomenthon (1,6 %) (Bouzenna, 2013).

Ve studii Lalli at al. obsahoval EO (původ Johannesburg) 84 % isomenthonu a

pouze 0,4 % citronellolu (Lalli at al., 2006).

Repelentní účinnost

Tabanca at al. prokázal repelentní účinnost esenciálního oleje *Pelargonium graveolens* L'Her. proti nymfám klíštěte (*Amblyomma americanum* L.). Ve studii provedl srovnání účinnosti 10 vzorků EO lišícím se místem původu (Egypt, Čína, Francie, Jižní Afrika). Všechny vzorky při koncentraci 0,103 mg.cm⁻² odpudily více než 50 % klíšťat. Repelentně účinné byly rovněž jednotlivé složky oleje: geraniol, citronellol, geranyl formiát, citronellyl formiát a 10-epi- γ -eudesmol (při koncentraci 0,206 mg.cm⁻² více než 80% účinnost). Nejsilněji odpuzoval klíště seskviterpen 10-epi- γ -eudesmol (při koncentraci 0,103 mg.cm⁻² odpudil 90 % klíšťat), naopak isomenthon a linalool v testovaných koncentracích klíště neodpuzoval (Tabanca, 2013).

EO *P. graveolens* L'Her. při pokusech na rajčatech prokazatelně snížil počet dospělců molice bavlníkové (*Bemisia tabaci* Gennadius biotopu B (Homoptera: Aleyrodidae). V testech fumigační účinnosti působil EO při koncentraci 0,5 μ L.L⁻¹ insekticidně. Rovněž byla potvrzena repelentní účinnost EO a jeho složek geraniolu a citronellolu proti molicím (Baldin, 2015).

Bouzenna at al. provedl chemickou analýzu EO *P. graveolens* (hlavní frakce citronellol (35 %) a geraniol (28,8 %)) a *Artemisia arborescens* a potvrdil jejich insekticidní účinnost proti korovníkům (*Rhyzopertha dominica*) a antifungální aktivitu proti *Rhizoctonia solani* (Bouzenna, 2013).

V literatuře je popsána repelentní aktivita EO *P. graveolens* také proti bodalce stájové (*Stomoxys calcitrans*) (Hieu, 2010), insekticidní účinek proti (termitům (*Reticulitermes speratus* Kolbe), proti skladištním škůdcům pilousům (*Sitophilus zeamais* Motschulsky), repelentní účinnost proti roztočům (*Leptotrombidium* sp.) (přenašeč rickettsiázy), proti klíštěti (*Ixodes ricinus*), proti komárům (*Aedes aegypti*) i mouchám a antiovipoziční efekt na *Spodoptera littoralis* Boisduval (Baldin, 2015).

3.3.3.3 Pelargonium roseum Wild. (syn. P. Radens)

Charakteristika

Vytrvalý, vzpřímený až 1 m vysoký, hustě rozvětvený aromatický keř. Obsahuje silice s citronovou vůní. Typickým znakem jsou drsné pilníkovité listy. Květenství je okolík složený z 2-6 květů. Korunní lístky jsou růžově purpurové, horní dva jsou větší

s tmavou kresbou. Patří do sekce *Pelargonium*. Domovem je v Kapské provincii. Vyžaduje slunné až polostinné stanoviště a vydatnější závlivu během vegetace. Množí se snadno řízkem. Druh se často pěstuje v domácnostech pro vonné listy. *P. radens* a jeho hybridy se pěstují pro výnos geraniového oleje. Listy se využívají i v potravinářství (Bradna, 2007).

Hlavní obsahové látky silice

Hlavní složky oleje: β -citronellol (47,4 %), citronellyl formiát (11 %), geraniol (8,7 %), isomenthon (4,3 %) a linalool (3 %) (Pirali, 2009).

Repelentní účinnost

V laboratorních podmínkách byly hodnoceny akaricidní účinky esenciálního oleje *Pelargonium roseum* a *Eucalyptus globulus* na dospělce pijáka dobytčího (*Rhipicephalus annulatus*). EO *P. roseum* (5%) byl třikrát účinnější než EO *E. globulus* a vykazoval 98% akaricidní účinnost proti samičkám *R. annulatus*. Pozorován byl i silný antiovipoziční efekt (Pirali, 2009).

Pavela et al. testoval vhodnost esenciálních olejů ke kontrole populace mouchy domácí (*Musca domestica* L.). Nejsilnější kontaktní účinnost z testovaných EO měl EO *Pogostemon cablin* (LD 3 μg) a *Pelargonium roseum* (původ Madagaskar) (LD 10 μg), stanovena byla i účinnost *Pelargonium graveolens* (Réunion) (LD 19 μg). Fumigační účinnost byla nejvyšší u oleje *Mentha pulegium* (4,7 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$), (*P. roseum*, *P. graveolens* účinný až při koncentraci větší než 80 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$) (Pavela, 2008).

3.3.3.4 *P. capitatum* a *P. odoratissimum*

P. capitatum a *P. odoratissimum* jsou druhy často zmiňované v souvislosti s repelentním účinkem rodu *Pelargonium*. Přestože EO těchto druhů obsahují složky s prokázaným repelentním účinkem (citronellol, geraniol, citronellyl formiát, methyleugenol), nedohledala jsem v literatuře konkrétní studii dokumentující insekticidní nebo repelentní aktivitu těchto druhů proti hmyzu.

***Pelargonium capitatum* L'Her.**

Charakteristika

Vytrvalý, široce rozvětvený asi 1 m vysoký keř. Typickým znakem je květenství s květy nahloučenými do tvaru hlávky. Patří do sekce *Pelargonium*. Domovem je v pobřežních oblastech Kapska. *P. capitatum* poskytuje růžově vonící geraniový olej. Kultivary vyšlechtěné z *P. capitatum* a *P. radens* (kultivar 'Rose') se pěstují pro komerční produkci geraniové silice. Tento druh lze pěstovat i jako pokojové rostliny. Snadno se množí řízkem a často se využívá ke křížení vonných hybridů (Bradna, 2007).

Dobrá účinnost EO byla potvrzena zejména proti kmenům *Candida albicans* a zajímavé byly výsledky antimutagenní aktivity (Guerrini, 2011).

Hlavní obsahové látky silice

V silici bylo identifikováno 37 sloučenin. Hlavními složkami oleje byl citronellol (32,71 %), geraniol (19,58 %), 2-fenylethyl alkohol (9,23 %), citronellyl formiát (5,58 %) a linolool (3,09 %) (Guerrini, 2011).

***Pelargonium odoratissimum* L'Hér.**

Charakteristika

Vytrvalá, 30 cm vysoká polokeřovitá rostlina s dlouhými kvetoucími lodyhami. Rostlina při dotyku silně voní (jablečno-mátová vůně). Korunní lístky (5) jsou bílé, výjimečně světle růžové, horní dva s červenou kresbou. Patří do sekce *Cortusina*. Je často pěstovanou vonnou pelargonií známou jako tzv. selský muškát. Z rostlin se získává éterický olej (Bradna, 2007).

Tento éterický olej 100% inhiboval růst *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* a *A. carbonarius*. Slabý byl antibakteriální účinek tohoto oleje (Andrade, 2011).

Hlavní obsahové látky silice

Methyleugenol (96,8 %), methylisoeugenol (1,7 %), bicyclogermancrene (0,9 %), a germancrene B (0,3 %) (Andrade, 2011).

3.3.3.5 Vonné kultivary pelargonii

Pelargonium 'citrosum' (Van Leenii)

Hlavní obsahové látky silice

Geraniol (35,4 %), citronellol (10,4 %), isomenthon (8,9 %) a linalool (6,8 %).
Obsah silice 0,2 % (Mastuda, 1996).

Repelentní účinnost

Mastuda (1996) a Garcia (2014) testovali, zda rostliny *P. citrosum* umístěné v místnosti odrazují od bodnutí různé druhy komáru. Pouze slabou repelentní účinnost proti komárům (*Culex. Quinquefasciatus*) dokumentoval u rostlin *P. citrosum* Garcia et al. (Garcia. 2014). Ve studii Mastudy et al. nebyla prokázána repelentní účinnost rostlin *P. citrosum* ('Van Leenii') proti populacím komárů (*Aedes* spp.) (Mastuda, 1996).

Jeyabalant et al. testoval účinnost 4% metanolového extraktu z listů *P. citrosum* proti komárům (*Anopheles stephensi*). Extrakt měl velmi silný účinek larvicidní (mortalita 98 %), působil inhibičně na vývoj larvy v dospělce, měl silný antiovipoziční a repelentní účinek (Jeyabalant, 2003).

Kultivar 'Rober's Lemon Rose'

Hlavní obsahové látky silice

Citronellol (50,9 %), citronellyl formiát (13,3 %), isomenthon (5,5 %) (Ali, 2013).

Repelentní účinnost

U kultivaru 'Rober's Lemon Rose' byla dokumentována slabší insekticidní účinnost na rostlinného škůdce *Stephanitis pyrioides*. Při koncentraci 100 µg.cm⁻² je popisována 63% repelentní účinnost na komáry (*Aedes aegypti*) (Ali, 2013).

Kultivar 'Frensham'

Hlavní obsahové látky silice

Nerolidol (23,8 %), geranial (17,9 %), citronellol (8,5 %), neral (7,2 %) a kyselina geraniová (5,6 %) (Ali, 2013).

Repelentní účinnost

Ali et al dokumentoval u kultivaru 'Frensham' velmi slabou účinnost na rostlinného škůdce *Stephanitis pyrioides* a dobrý repelentní účinek na komáry (*Aedes aegypti*). Při koncentraci 100 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ byla repelentní účinnost 76 %. (Ali, 2013).

***Pelargonium x hortorum* 'Orangesonne'**

Hlavní obsahové látky silice

Neophytadiene (9,3 %), fytol (8,3 %), γ -selinen (8,1 %), cyclooctacosan (8,0 %), di-(2-ethylhexyl) ftalát (7,5 %), heptadekan (7,5 %), di-isooktyl adipát (6,3 %), pentacosane (6,1 %), citronellyl-propionát (6,1 %), 2,6,10,14-t etramethylpentadecan (6,1 %), olejová kyselina (5,1 %), citronellol (4,7 %), di-n-butyl-ftalát (3,2 %).

Repelentní účinnost

Farag et al. hodnotil insekticidní a repelentní aktivitu EO a acetonového extraktu *Pelargonium x hortorum* 'Orangesonne' (původ Egypt) proti 2. a 4. instaru larev můry (*Spodoptera littoralis* Boisd.). Zatímco acetonový extrakt byl silnějším insekticidem, repelentní účinnost byla lepší u EO (účinnost 74 %). Předpokládá se, že na insekticidní a repelentní aktivitě se podílí i organické ftaláty a fytol (Farag, 2014).

3.4 Využití repelentních a insekticidních silic v zemědělství

Éterické oleje jsou vzhledem ke své vysoké chemické rozmanitosti a biologické aktivitě středem zájmů mnoha vědeckých týmů hledající přírodní alternativy k syntetickým preparátům využívaných v zemědělství, včelařství, humánní i veterinární medicíně. Látky, které si rostliny samy syntetizují na obranu proti chorobám a škůdcům se mohou stát základem rostlinných insekticidů a repelentů využitelných v ochraně rostlin a hospodářských zvířat, či v ochraně proti skladištním škůdcům.

Velkou výhodou esenciálních olejů je jejich environmentální nezávadnost a velmi nízká toxicita pro necílové organismy (opylovače a přirozené nepřátele škůdců) způsobená rychlou degradací látek. Pro savce jsou EO obecně považovány za netoxické (George, 2014). S rychlým rozkladem účinných látek souvisejí i případné krátké ochranné lhůty. Výhodou je i složení silic, kdy komplex látek se synergickým účinkem brání vzniku rezistentních populací škůdců. Vedle repelentního či insekticidního účinku

mají jednotlivé složky silic často i účinek antimikrobiální a fungicidní a lze je použít i proti bakteriálním nebo houbovým patogenům (Pavela, 2011).

Vývoj a zavedení rostlinných preparátů proti škůdcům do praxe je ale provázeno i řadou problému. Problémem je zejména proměnlivá účinnost rostlinných produktů. Chemické složení rostlinných produktů, a tedy i jejich biologická aktivita proti škůdcům je ovlivňována řadou před i posklizňových faktorů. Důležitý je proto výběr druhů a odrůd méně citlivých na vliv klimatických podmínek. Také použití jednotlivých biologicky aktivních složek EO, může být řešením proměnlivé účinnosti. Některé studie uvádějí lepší účinnost celých EO olejů ve srovnání s účinností jednotlivých složek. V těchto případech se uplatňuje synergické působení jednotlivých složek. Uměle se vytváří i směsi pouze několika složek EO. Problémem může být i krátká doba účinku, způsobená fotosensitivitou a těkavostí těchto produktů. V některých případech jsou tyto vlastnosti naopak žádoucí. Kratší účinnost lze řešit technologickým zpracováním např. mikroenkapsulací, nanoemulsemi nebo jinými mechanismy s postupným uvolňováním. Aktivitu rostlinného přípravku výrazně ovlivňuje i nosné medium (George, 2014).

3.4.1 Botanické pesticidy

Od počátku pěstování zemědělských plodin se člověk potýká s výskytem různých patogenních organismů a polních škůdců, kteří způsobují četné ztráty na kvalitě i výnosu produkce. Součástí správné pestitelské praxe je integrovaná ochrana rostlin, jejíž nedílnou součástí jsou chemické metody ochrany rostlin.

Používání širokospektrých syntetických pesticidů je spojováno s negativními dopady na lidské zdraví, životní prostředí, necílové organismy a s problémem narůstající rezistence. Proto se výzkum biologicky aktivních látek rostlinného původu zaměřuje i na jejich uplatnění v ochraně rostlin proti hmyzím škůdcům, či mikrobiálním patogenům. Rozsáhlý výzkum rostlinných biologicky aktivních látek s účinky na hmyz a jejich využití zejména v oblasti botanických pesticidů provádí Výzkumný ústav rostlinné výroby v Praze-Ruzyni. Botanické pesticidy na bázi éterických olejů jsou běžně používány v jižní Asii, Africe a Severní Americe. V zemích EU je díky přísným registračním kritériím výběr botanických pesticidů velmi omezen. V České republice mohou být používány pouze přípravky uvedené v Seznamu registrovaných přípravků na ochranu rostlin, který vydává Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

(ÚKZÚZ) na základě registračního řízení.

Mezi historicky nejstarší botanické pesticidy patří extrakty z rostlin tabáku, chryzantém (pyretrum) a rostlinné oleje (neem olej (*Azadirachta indica* Juss.), pongamový olej (*Pongamia glabra* Vent.)). Také u řady esenciálních olejů byla potvrzena fumigační nebo kontaktní toxicita nebo repelentní účinnost proti hmyzím škůdcům. Aromatické rostliny používané v ochraně rostlin řadíme mezi botanické pesticidy druhé generace, u nichž se klade důraz na jejich selektivitu, zdravotní a environmentální nezávadnost (Pavela, 2011).

Příklady využití EO při ochraně rostlin

Fumigační účinnost proti molici bavlníkové byla prokázána u EO *P. graveolens* (Baldin, 2015). Přípravek z rozmarýnového a mátového oleje je doporučován proti žravým a savým škůdcům. EO z bazalky je účinný proti svilušce chmelové. Jako fungicid je používán olej z tymiánu (*Thymus zigos*) (Pavela, 2011). *Pelargonium x hortorum* 'Orangesonne' má larvicidní a repelentní účinnost proti můře (*Spodoptera littoralis* Boisd.) (Farag, 2014).

3.4.2 Ochrana proti skladištním škůdcům

Skladištní škůdci způsobují škody v zemědělských provozech okusem a kontaminací produktů. Druhové spektrum těchto škůdců je značně rozsáhlé. Většinu lze řadit do čtyř taxonomických skupin: roztoči (roztoč moučný), psivky (*Liposcelis decolor*), brouci (potemníci, pilousi, korovníci, lesáci aj.) a motýli (moli, makadlovky a zavíječi).

Příklady využití EO v ochraně proti skladištním škůdcům

V uzavřených prostorách skladů se velmi dobře uplatňují účinky těkavých éterických olejů. V mnoha studiích byly prokázány insekticidní, akaricidní, repelentní, fungicidní a baktericidní účinky EO proti škůdcům uskladněných potravin. Insekticidní účinky proti potemníkům skladištním (*Tribolium confusum*) byly prokázány u výtažků z mrkve (*Daucus carota*) a libečku (*Levisticum officinale*) (Hrudová, 2005). Esenciální olej z oddenků puškvorce (*Acerus calamus*) vykazoval kontaktní toxicitu na červotoče tabákového (*Lasioderma serricorne*) a potemníka hnědého (*Tribolium castaneum*).

Silný repelentní účinek na *T. castanum* měl EO *Acerus calamus* (účinnost 98%), i jednotlivé složky silice shyobunone a isoshyobunone (Chen, 2015). Proti nosatcům je prokázáný účinek u oleje z tymiánu (*Thymus serpyllum*) a z majoránky (*Origanum majorana*) (Pavela, 2006). EO *P. graveolens* je účinný proti korovníkům (*Rhizopertha dominica*) (Bouzenna, 2013) a pilousům (*Sitophilus zeamais*) (Baldin, 2014).

3.4.3 Repelentní ochrana hospodářských zvířat

V chovech hospodářských zvířat patří hmyz mezi významné stresové faktory, je vektorem řady chorob, ve vysokých četnostech negativně ovlivňuje welfare zvířat, snižuje rychlost růstu a způsobuje pokles doживosti. Mezi významná onemocnění přenášená členovci u hospodářských zvířat patří lymská borelióza, ehrlichioza, klíšťová encefalitida, babezióza, rickettsiíza, klíšťová paralýza, Q horečka, katarální horečka dobytka, nodulární dermatitida, encephalomyelitidy koní, mor koní, infekční záněty spojivek a rohovky. Mimo to jsou kousnutí, či bodnutí bolestivá a často bývají doprovázeny lokální zánětlivou reakcí nebo alergickými projevy. Tato onemocnění mohou způsobit závažné zdravotní problémy a značné ekonomické ztráty v chovech hospodářských zvířat.

Většina zástupců hmyzu obtěžující hospodářská zvířata patří do řádu dvoukřídlých (Diptera): mouchy, komáři, muchničky a ovádi. Mezi nejčastější zástupce dvoukřídlých ve stájovém prostředí patří moucha domácí (*Musca domestica*) a bodalka stájová (*Stomoxys calcitrans*) (Falta, 2015).

K redukci počtu nežádoucího hmyzu u hospodářských zvířat lze využívat metody fyzikální (lapače, mucholapky, světelné pasti), chemické (repelenty, insekticidy, larvicidy) a biologické (predátoři, parazitoidé). Zároveň je nutné zabránit množení hmyzu a sanovat případné líhně. Nejúčinnější je integrovaná ochrana kombinující řadu preventivních opatření s vhodnými represivními metodami (Falta, 2015).

Chemické metody využívají vedle syntetických preparátů, na které si již část hmyzu vyvinula rezistenci, i přípravky založené na bázi repelentních silic. Jejich předností je netoxičnost pro ustájená zvířata, environmentální nezávadnost, příjemná vůně a šetrnost k zařízení stájí. Synergickým účinkem mnoha jednotlivých bioaktivních sloučenin obsažených v oleji a jejich působením na různá místa cílového organismu je potenciál pro vytvoření rezistence významně redukován. Komerční repelenty jsou dostupné

v různých formách, např. krémy, aerosoly, oleje, pudry, emulze, obojky, ušní známky, nožní pásy impregnované rostlinnými silicemi, vonné svíce a tyčinky.

V současné době je v ČR možné na regulaci nežádoucího hmyzu ve stájovém prostředí chemickou nebo biologickou metodou čerpat dotace v rámci Programu rozvoje venkova, opatření dobré životní podmínky zvířat, podopatření zlepšení stájového prostředí v chovu dojnic.

Příklady využití EO při ochraně velkých hospodářských zvířat

Studií, které dokumentují účinnost repelentních silic u zvířat v polních podmínkách, je publikováno podstatně méně než pokusů prováděných v laboratorních podmínkách, případně na lidských dobrovolnících.

Lachance et al. aplikoval na krávy holštýnského skotu sedm komerčně dostupných esenciálních olejů (bazalkový (*Ocimum basilicum* L.), geraniový, levandulový (*Lavandula angustifolia* Mill.), mátový, lemongrass, borovicový a tea tree) proti mouchám (*Hematobia irritans* L.) a testoval jejich repelentní účinnost. Směs silice (5 %) a slunečnicového oleje byla účinnější než směs silice s alkoholem. Repelentně působil i samotný slunečnicový olej. Všechny éterické oleje i sám slunečnicový olej odpuzovali více než 75 % much po dobu 6 až 8 hodin u ustájených krav i u krav na pastvě. Nejúčinnější z testovaných EO byl geraniový, lemongrass a mátový ve směsi se slunečnicovým olejem. U těchto směsí přetrvával účinek až 24 hodin (Lachance, 2014).

Kumar et al. zkoušel účinnost EO máty (*Mentha piperita* a *Mentha citrata*), blahovičnicku (*Eucalyptus globulus*), citronové trávy (*Cymbopogon citratus*), (*Vetiver zizanoides*) a kurkumy (*Curcuma longa*) proti mouše domácí (*Musca domestica* L.). Nejsilnější larvicidní a repelentní účinek měl EO *M. piperita*, *E. globulus*. Pro polní pokus prováděný na mléčné farmě v Indii byly z EO máty a blahovičnicku formulovány přípravky (40 % EO, 45 % xylén, 3 % butanol-1 a 12 % surfaktantu). Desetiprocentní přípravek z máty (100 ml přípravku) snížil počet much u ošetřených zvířat o 96 % a u ošetřených ploch o 98 %. Přípravky byly účinné na různá vývojová stadia mouchy domácí a používáním došlo k celkovému snížení populace mouchy domácí (Kumar^b, 2011).

Zhu et al. testoval repelentní účinnost EO šanty kočičí (*Nepeta cataria* L.) na populaci bodalky stájové (*Stomoxys calcitrans* L.) v polních podmínkách. Hlavní složkou EO byly isomery nepetalaktonu (82 %) a caryophyllen (18 %). Po aplikaci 15%

směsi EO s minerálním olejem na končetiny skotu byla pozorována více jak 96% repelentní účinnost po dobu 6 hodin. Prokázána byla také 98% antiovipoziční účinnost. Repelentně působil i 30% vodný roztok EO, ale pouze po dobu 3 hodin (Zhu, 2012).

V jiné studii bylo na repelentní účinnost proti bodalce stájové (*Stomoxys calcitrans* L.) testováno 21 EO v dávce $0,5 \text{ mg.cm}^{-2}$. Účinek byl modifikován přidáním oleje pony obvejčité (*Calophyllum inophyllum* L.). Nejsilnější repelentní účinek vykazoval EO pačuli (*Pogostemon cablin*) (3,6 h). Velmi silný účinek s dobou trvání přes 3 hodiny měl i EO hřebíčku a EO z kořene libečku. EO *Pelargonium graveolens* poskytoval pouze hodinovou ochranu. Zvýšená doba ochrany a účinek srovnatelný s DEET byl pozorován u binárních směsí s olejem pony obvejčité (Hieu, 2010).

V Egyptě byly zkoušeny EO kafru (*Cinnamomum camphora*), cibule (*Allium cepa*), máty (*Mentha piperita*), heřmánku (*Matricaria chamomilla*) a rozmarýny (*Rosmarinus officinalis*) proti vším (*Haematopinus tuberculatus*) a mouchám (*Musca domestica*, *Stomoxys calcitrans*, *Haematobia irritans* a *Hippobosca equina*) obtěžující buvoli (*Bubalus bubalis* L.). Proti vším byl nejúčinnější kafrový olej. Silný repelentní účinek proti mouchám po dobu 3 hodin měl EO heřmánku, cibule a máty (Khater, 2009).

Účinnost repelentního přípravku s obsahem 1 % geraniolu (Fulltec® spray proti klíšťatům) byla zkoušena na dvou farmách v Maroku. U ošetřených krav (250–300 ml přípravku) se prokazatelně snížil počet klíšťat (rod *Hyalomma*) o 98,4 %, 97,3 % a 91,3 % měřeno 7, 14 a 21 dní po aplikaci. Přípravek 1% geraniolu byl dobyt看kem velmi dobře snášen (Khallaayoune, 2009). Naopak komerčně dostupný přípravek 2% vodného roztoku geraniolu nebyl účinným repelentem při ochraně poníků proti komárům (*Aedes aegypti*). Při aplikaci 60 ml aerosolu na poníky nebyl pozorován rozdíl v počtu bodnutí mezi ošetřenými a neošetřenými zvířaty (Reeves, 2010).

4 DISKUSE

Účinky jednotlivých druhů a kultivarů pelargonií na hmyz a jiné patogenní organismy jsou uvedeny v tabulce 2.

Tab. 2 Účinky zástupců rodu *Pelargonium* na hmyz a jiné patogenní organismy.

Rostlinný druh, EO	Hlavní složky EO	Cílový organismus	Účinek	Poznámka	Zdroj
<i>Pelargonium capitatum</i> L'Her.	citronellol 32,7 % geraniol 19,5 %	<i>Candida albicans</i>	silný antimikrobiální účinek		Guerrinni, 2011
<i>P. graveolens</i> L'Her.		<i>Musca domestica</i>	kontaktní úč. fumigační úč.	LD 19µg, 80 µg.cm ⁻²	Pavela, 2008
<i>P. graveolens</i> L'Her.	citronellol 35 %, geraniol 28,8 %	<i>Rhyzopertha dominica</i> (korovník obilní)	insekticidní úč.	antifungální úč. na <i>Rhizoctonia solani</i>	Bouzenna, 2013
<i>P. graveolens</i> L'Her.	citronellol 27 %, geraniol 11 %	<i>Amblyomma americanum</i> (klíště)	repelentní úč.		Tabanca, 2013
<i>P. graveolens</i> L'Her.		<i>Bemisia tabaci</i> (molice bavlníková)	fumigační úč., repelentní úč.	0,5 µL.L ⁻¹	Baldin, 2015
<i>P. graveolens</i> L'Her.		<i>Stomoxys calcitrans</i> (bodalka stájová)	repelentní úč.	1 hod	Hieu, 2010
<i>P. odoratissimum</i> L'Hér.	methyleugenol 96,8 %	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> a <i>A. carbonarius</i>	100 % inhibice růstu	slabý účinek antibakteriální	Andrade, 2011
<i>P. roseum</i> Wild. (syn. <i>P. radens</i>)		<i>Musca domestica</i>	kontaktní úč. fumigační úč.	LD 10 µg, 80 µg.cm ⁻²	Pavela, 2008
<i>P. roseum</i> Wild. (syn. <i>P. Radens</i>)	citronellol 47,4 %, citronellyl formiát 11,0 %, geraniol 8,7 %	<i>Rhipicephalus annulatus</i> (piják dobytčí)	98% akaricidní úč., antiovipoziční efekt	5% EO	Pirali, 2009
<i>P. 'citrosum'</i> Van Leenii	geraniol 35,4 %, citronellol 10,4 %	<i>Aedes</i> spp (komár)	repelentně neúčinné	celé rostliny umístěné v místnosti	Mastuda, 1996
<i>P. 'citrosum'</i> Van Leenii		<i>Culex Quinquefasciatus</i> (komár)	slabý repelentní úč.	celé rostliny	Garcia, 2014
<i>P. 'citrosum'</i> Van Leenii		<i>Anopheles stephensi</i> (komár)	larvicidní, antiovipoziční, repelentní úč.	4% metanolový extrakt z listů	Jeyabalan, 2003

Tab. 2 Pokračování ze str. 30

Rostlinný druh, EO	Hlavní složky EO	Cílový organismus	Účinek	Poznámka	Zdroj
Cv. 'Bourbon'	citronellol 31,1 %, geraniol 16,0 %	<i>Aedes aegypti</i> (komár) <i>Stephanitis pyrioides</i> (sít'natka)	repelentní účinek (koncentrace 100 µg.cm ⁻²)	silný insekticidní, slabší repelentní úč.	Ali, 2013
Cv. 'Čína'	citronellol 29,7 %, geraniol 14,7 %			nejsilnější insekticidní úč.	
Cv. 'Egypt'	citronellol 30,1 %, geraniol 15,2 %, 10-epi-γ-eudesmol 4,8 %		insekticidní účinek	nejsilnější repelentní úč.	
Cv. 'Rober's Lemon Rose'	citronellol 50,9 %, citronellyl formiát 13,3 %, isomenthon 5,5 %			slabší insekticidní úč., dobrý repelentní úč.	
Cv. 'Frensham'	nerolidol 23,8 %, geraniol 17,9 %, citronellol 8,5 %			velmi slabý insekticidní úč., silný repelentní úč.	
P. x hortorum 'Orangesonne'	citronellyl-propionát 6,1 %, fytol 8,3 %), ftaláty	<i>Spodoptera littoralis</i> (larvy 2. a 4. instaru)	EO: 74% repelentní účinek	acetonový extrakt: insekticidní úč.	Farag, 2014

Z tabulky lze vyčíst také variabilitu ve složení esenciálního oleje. U následujících druhů a kultivarů je hlavní složkou silice citronellol (dle druhu 29-50%) v různém poměru s geraniolem: *P. graveolens* (Bouzenna, 2013, Tabanca, 2013), *P. capitatum* (Guerrinni, 2011), *P. roseum* (Pirali, 2009), kultivar 'Egypt', 'Bourbon', 'Čína' a 'Rober's Lemon Rose' (Ali, 2013). Složením silice se výrazně liší *P. odoratissimum* (methyleugenol 96,8 %) (Andrade, 2011) a kultivary *P. 'citrosum'* Van Leenii (geraniol 35,4 %, citronellol 10,4 %) (Mastuda, 1996), 'Frensham' (nerolidol 23,8 % geraniol 17,9 % citronellol 8,5 %) (Ali, 2013). Kvalitativně zcela odlišné složení má kultivar zahradních pelargoníí *P. x hortorum* 'Orangesonne' (neophytadiene 9,3 %, fytol 8,3 %, γ-selinen 8,1 %, cyclooctacosan 8,0 %, di-(2-ethylhexyl) ftalát 7,5 %, heptadekan 7,5 %) (Farag, 2014).

Limitujícím faktorem využití EO je proměnlivost biologické aktivity, a tedy i účinnosti proti hmyzu. Kvantitativní i kvalitativní složení silice téhož druhu je ovlivňováno velkou řadou před a posklizňových faktorů (odrůda, výrazný vliv má lokalita pěstování, rok, vegetační stadium, doba a metoda sklizně, technologické zpracování i skladovací podmínky). Tím lze vysvětlit rozdílné výsledky analytických studií prováděných u téhož druhu rodu *Pelargonium*. Výrazné rozdíly jsou patrné např.

u složení silice *P. graveolens*. Jako hlavní složky silice jsou uvedeny: citronellol (27 %), geraniol (11 %), citronellyl formiát (7 %), 10-epi- γ -eudesmol (6%), isomenthon (5 %) a linalool (3, 9%) (Tabanca, 2013) nebo citronellol (35 %), geraniol (28,8 %) a linalool (8,5 %) (Bouzenna, 2013). Lalli et al. dokonce uvádí 84 % isomenthonu a pouze 0,4 % citronellolu (Lalli^b, 2006). Z uvedeného vyplývá, že účinek lze deklarovat pouze u silic s definovaným složením.

Mezi pelargonie s dobrým repelentní účinek proti komárům patří: kultivar 'Egypt', 'Čína', 'Rober's Lemon Rose' a 'Frensham' (Ali, 2013). Kultivary 'Bourbon', 'Čína', 'Egypt' dokazují vliv minoritních složek silice na její biologickou aktivitu. Zatímco u všech tří kultivarů byl obsah hlavních složek citronellolu a geraniolu téměř shodný jejich insekticidní účinky na *Stephanitis pyrioides* i repelentní účinky na *Aedes aegypti* se lišily. Nejsilnější repelentní účinek proti komárům byl pozorován u kultivaru 'Egypt' (Ali, 2013). Uvedený shodný poměr citronellolu : geraniolu u kultivarů z Číny a Egypta je v rozporu s předpokládaným poměrem C : G (3-4 : 1) u oleje pocházejícího z Číny (Lalli^a, 2006, Lis-Balchin, 2002). U *P. 'citrosum'* Van Leenii byla pozorována pouze slabá (Garcia, 2014) respektive žádná (Mastuda, 1996) repelentní aktivita proti komárům. V obou pokusech byly použity celé rostliny umístěny v místnosti. V případě metanolového extraktu z listů byl dokumentován velmi silný účinek larvicidní a silný účinek antiovipoziční a repelentní (Jeyabalant, 2003). Aktivita čistého esenciálního oleje nebo jeho směsi zkoumána nebyla.

Klíšťata z uvedených druhů pelargonií odpuzuje *P. graveolens* (Tabanca 2013) a silný akaricidní účinek má *P. roseum* (Pirali, 2009).

Kontaktní účinnost na mouchu domácí má EO *P. roseum* a slabší *P. graveolens*. Výrazně silnější fumigační účinnost v porovnání s *Pelargonium* spp. má olej *Mentha pulegium* (Pavela, 2008). U EO *P. graveolens* byl prokázán také slabší repelentní účinek proti bodalce stájové (Hieu, 2009). Dobrou repelentní účinnost na mouchu (*Hematobia irritans*) má komerční geraniový olej (Lachance, 2014).

Účinnost proti rostlinným škůdcům je popisována u *P. graveolens* v případě *Bemisia tabaci* (Baldin, 2015), u komerční silice kultivarů 'Bourbon', 'Čína' a kultivaru 'Frensham' (Ali, 2013) v případě *Stephanitis pyrioides* a u *P. x hortorum* 'Orangesonne' v případě *Spodoptera littoralis* (larvy 2. a 4. instaru) (Farag, 2014). Insekticidní účinek proti skladištním škůdcům korovníkům je dokumentován u *P. graveolens* (Bouzenna, 2013). EO *P. capitatum* respektive *P. odoratissimum* jsou účinné proti patogenním

mikroorganismům *Candida albicans* (Guerrinni, 2011), respektive *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* a *A. carbonarius* (Andrade, 2011).

Testy účinnosti byly provedeny i u jednotlivých složek silice. Repelentní účinnost proti klíštěti byla potvrzena u geraniolu, citronellolu, geranyl formiátu, citronellyl formiátu. Nejsilněji odpuzoval klíšťata 10-epi- γ -eudesmol, naopak neúčinný byl isomenthon a linalool (Tabanca, 2013). Účinnost geraniolu potvrzuje také Khallaayoune et al. (Khallaayoune, 2009). Repelentní účinnost na komáry je dokumentována u kyseliny geraniové a geranyl formiátu, slabší u citronellyl formiátu a geraniolu (Ali, 2013). Repelentní účinek kyseliny geraniové byl srovnatelný s DEET (Ali, 2013). Na základě uvedené skutečnosti lze teoreticky očekávat dobrou repelentní účinnost u druhu *P. citronellum* (J. J. A. van der Walt) s vysokým obsahem kyseliny geraniové (geraniová kyselina 36 %, geranial 27 %, neral 17 %) (Lalli^b, 2006). Repelentní účinek na komáry nebyl potvrzen v případě 2% vodného roztoku geraniolu. (Reeves, 2010). Silný larvicidní účinek měl Trans-nerolidol, geraniol a citronellol (Ali, 2013).

V souladu s cíli bakalářské práce byla pozornost zaměřena také na studie zabývající se problematikou ochrany velkých hospodářských zvířat před hmyzem a klíšťaty. Zjištěná fakta jsou shrnuta v tabulce 3.

V případě hospodářských zvířat je ochrana cílena zejména proti mouchám, nejčastěji proti mouše domácí (*Musca domestica*) a bodalce stájové (*Stomoxys calcitrans*), případně proti klíšťatům. Při aplikaci na hospodářská zvířata se účinnými jeví 5-15 % směsi EO s minerálními oleji. Je dokumentována repelentní účinnost i samotného slunečnicového oleje proti mouchám (Lachance, 2014).

Tab. 3 Repelentní ochrana velkých hospodářských zvířat

Rostlinný druh, EO	Hospodářské zvíře	Cílový organismus	Účinek	Poznámka	Zdroj
<i>Eucalyptus globulus</i>	skot	<i>Musca domestica</i> (moucha domácí)	96% repelentní účinek, larvicidní úč.	snížení populace mouchy domácí	Kumar ^b , 2011
Geraniový EO	skot	<i>Hematobia irritans</i> (moucha)	více než 75% repelentní účinek 8 hod	5% směs EO ve slunečnicovém oleji	Lachance, 2014
1% geraniol	skot	rod <i>Hyalomma</i> (klíště)	98% repelentní účinek 7 hod	Fulltec® spray proti klíšťatům	Khallaayoune, 2009
2% geraniol	poník	<i>Aedes aegypti</i>	repelentně neúčinný	2% vodný roztok	Reeves, 2010
Hřebíčkový EO	laboratorní podmínky	<i>Stomoxys calcitrans</i> (bodalka stájová)	repelentní účinek 3 hod	směs s olejem pony obvejčité prodloužení účinku	Hieu, 2010
<i>Levisticum off.</i> (kořen)					
Lemongrass EO	skot	<i>Hematobia irritans</i>	více než 75% repelentní účinek 8 hod	5% směs EO ve slunečnicovém oleji	Lachance, 2014
Mátový EO					
<i>Mentha piperita</i>	skot	<i>Musca domestica</i>	96% repelentní úč., larvicidní úč.	snížení populace mouchy domácí	Kumar ^b , 2011
<i>Mentha piperita</i>	buvol (<i>Bubalus bubalis</i> L.)	<i>Musca domestica</i> , <i>Stomoxys calcitrans</i>	repelentní účinek 3hod		Khater, 2009
<i>Matricaria chamomilla</i>					
<i>Allium cepa</i>					
<i>Nepeta cataria</i>	skot	<i>Stomoxys calcitrans</i>	96% repelentní účinek 6 hod,	15% směs EO s minerálním oleje	Zhu, 2012
<i>Pelargonium graveolens</i>	laboratorní podmínky	<i>Stomoxys calcitrans</i>	repelentní účinek 1 hod	směs s olejem pony obvejčité prodloužení úč.	Hieu, 2010
<i>Pogostemon cablin</i>			repelentní účinek 3,6 hod		

Proti bodalce stájové byla v uvedených studiích dokumentována velmi silná repelentní účinnost u EO *Nepeta cataria* (Zhu, 2012). EO *Mentha piperita*, *Matricaria chamomilla* a *Allium cepa* poskytovali buvolům ochranu proti bodalce stájové i dalším mouchám (Khater, 2009). V laboratorních podmínkách byli proti bodalce stájové účinné EO pačuli, hřebíčkový a olej z kořene libečku (3 hodiny), hodinovou ochranu poskytoval EO *P. graveolens* (Hieu, 2010).

Celkového snížení populace mouchy domácí v chovu krav se dosáhlo použitím EO *Mentha piperita* a *Eucalyptus globulus* s velmi silným larvicidní a repelentní účinkem (Kumar^b, 2011). V laboratorních podmínkách měl na mouchu domácí silnou kontaktní účinnost EO *Pogostemon cablin* a *Pelargonium roseum*, fumigační účinnost byla nejvyšší u oleje *Mentha pulegium* (Pavela, 2008). Minimálně osm hodin odpuzoval EO geraniový, mátový a lemongrass ve směsi se slunečnicovým olejem mouchy (*Hematobia irritans*) při aplikaci na skot (Lachance, 2014).

Komerční přípravek s obsahem 1 % geraniolu poskytoval kravám ochranu před klíšťaty (Khallaayoune, 2009), naopak 2% vodný přípravek geraniolu nebyl repelentně účinný proti komárům při aplikaci na poníky (Reeves, 2010).

5 ZÁVĚR

V dostupné odborné literatuře je možné dohledat obrovské množství prací zabývajících se problematikou biologické aktivity rostlinných silic. Řada z nich se věnuje působení silic na různá vývojová stádia hmyzu a roztočů. Současný výzkum repelentních rostlinných produktů se zaměřuje zejména na účinek proti komárům, mouše domácí a klíšťatům.

Geraniová silice získaná z druhů rodu *Pelargonium* patří mezi tradiční prostředky odpuzování hmyzu. Na českém trhu je dostupný například repelentní přípravek s obsahem geraniové silice určený k ochraně koní. Dle zpracovaných literárních zdrojů je zřejmé, že řada aromatických druhů pelargonií obsahuje silice s repelentním účinkem. Repelentní účinek proti komárům je dokumentován u komerční geraniové silice kultivaru 'Egypt' a 'Čína' a u kultivarů 'Rober's Lemon Rose' a 'Frensham', repelentní účinek proti klíšťatům u silice z *P. graveolens* a *P. roseum* a proti mouchám u EO *P. graveolens* a *P. roseum* a komerční geraniové silice. V případě účinnosti proti mouchám byl v uvedených studiích účinek silic *Mentha* spp. silnější než silic *Pelargonium* spp.

Stále zůstává mnoho původních aromatických druhů pelargonií, u nichž aktivita proti hmyzu doposud testována nebyla. Velký prostor pro nový výzkum se otevírá zejména v případě šlechtěných hybridních odrůd, které mohou překvapit svým složením i účinkem. Příkladem jsou studie provedené na kultivarech 'Rober's Lemon Rose' a 'Frensham'.

Z hlediska ochrany velkých hospodářských zvířat v našich zeměpisných šířkách je důležité zaměřit se na účinnost silic proti nejčastějším zástupcům hmyzu ve stájovém prostředí, kterými jsou moucha domácí a bodalka stájová z řádu dvoukřídlých. Při pastevním způsobu chovu je žádoucí i ochrana proti klíšťatům.

K podrobnějšímu sledování za účelem získání silice s repelentním účinkem bych doporučila aromatické druhy *P. graveolens*, *P. capitatum*, *P. roseum*, *P. odoratissimum*, *P. citronellum* a hybridní odrůdy vyšlechtěné z těchto druhů. Repelentní účinek lze očekávat u všech druhů a kultivarů poskytující silice s vysokým obsahem kyslíkatých monoterpenů s prokázaným účinkem na hmyz: citronellool, geraniol, geranyl formiát, citronellyl formiát, nerolidol, 10-epi- γ -eudesmol nebo kyselina geraniová. Přednostně bych vybrala druhy a kultivary s vůní růže, máty, eukalyptu a citronu.

Z pohledu možného využití v ochraně velkých hospodářských zvířat se velmi

perspektivní skupinou aromatických rostlin jeví druhy rodu *Mentha*. V několika studiích byla dokumentována velmi dobrá repelentní účinnost na mouchu domácí a bodalku stájovou a účinnost mátového oleje byla potvrzena i při aplikaci na skot v polních pokusech. Výhodou je možnost pěstování máty jako kulturních plodiny v našich zeměpisných šířkách. Vedle repelentního účinku EO lze využít i dokumentovaný účinek ovicidní a larvicidní a přípravky používat k asanaci líhní ve stáji.

Ve studiích provedených u velkých hospodářských zvířat byl dokumentován repelentní účinek také u silic druhu *Nepeta cataria*, *Matricaria chamomilla*, *Allium cepa* a *Eucalyptus globulus*.

Pro případné komerční využití silice je nezbytné zajistit zdroj EO s minimální proměnlivostí biologické aktivity. Důležitou roli hraje původ EO, jeho složení a výtěžnost. U komerčně pěstovaných druhů pelargonii se obsah silice pohybuje kolem 0,2 %. Velký vliv na účinnost přípravku má nosné medium. Směs EO (nejčastěji 5-15%) s minerálním olejem se jeví účinnější než vodné nebo alkoholové roztoky. Dle uvedených skutečností lze doporučit slunečnicový olej a neem olej. Účinnost přípravku je možné dále modifikovat vhodnými aditivami. Prodloužení a zesílení repelentního účinku bylo dosaženo přidáním vanilinu, respektive oleje pony obvejčité.

Výhodou repelentních přípravků na bázi esenciálních olejů je jejich zdravotní nezávadnost, nízká toxicita na necílové organismy, šetrnost k životnímu prostředí a nízké riziko vzniku rezistentních populací hmyzu. Volbou vhodných druhů a odrůd aromatických rostlin společně s pečlivou formulací konečného rostlinného přípravku je možné dosáhnout repelentní účinnosti srovnatelné s DEET a vytvořit tak alternativu k syntetickým preparátům. V posledních letech stoupá zájem o používání přírodních preparátů a silice rodu *Pelargonium*, respektive *Mentha* mají potenciál stát se součástí účinných repelentních přípravků na ochranu velkých hospodářských zvířat.

6 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

ALI A. et al., 2013: Insecticidal and biting deterrent activity of rose-scented geranium (*Pelargonium* spp.) essential oils and individual compounds against *Stephanitis pyrioides* and *Aedes aegypti*. *Pest management science*, 69.12: 1385-1392. ISSN 1526498X. [cit. 2016-08-05]. Dostupné z: <http://jme.oxfordjournals.org/content/52/5/979>

ANDRADE M. A. et al., 2011: Antimicrobial activity and chemical composition of essential oil of *Pelargonium odoratissimum*. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* [online]. 2011, 21(1), 47-52. ISSN 0102695X. [cit. 2016-08-26]. Dostupné z: <http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v21n1/aop0611.pdf>

BALDIN E. et al., 2015: Bioactivity of *Pelargonium graveolens* essential oil and related monoterpenoids against sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* biotype B. *Journal of Pest Science*, 88.1: 191-199. ISSN 16124758. [cit. 2016-08-05]. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10340-014-0580-8>

BIRKETT M. A. et al., 2011: Repellent activity of catmint, *Nepeta cataria*, and iridoid nepetalactone isomers against Afro-tropical mosquitoes, ixodid ticks and red poultry mites. *Phytochemistry*, 72.1: 109-114. ISSN 00319422. [cit. 2016-08-20]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031942210003729>

BOUZENNA H., KRICHEN L., 2013: *Pelargonium graveolens* L'Her. and *Artemisia arborescens* L. essential oils: Chemical composition, antifungal activity against *Rhizoctonia solani* and insecticidal activity against *Rhyssopertha dominica*. *Natural product research*, 27.9: 841-846. ISSN 14786427. [cit. 2016-08-15]. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14786419.2012.711325>

BRADNA B., GRATIAS J., 2007: *Pěstujeme pelargonie*. 1. Praha: Brázda. ISBN 9788020903594.

BULÁNKOVÁ I., 2005: *Léčivé rostliny na naší zahradě*. Praha: Grada, Česká zahrada. ISBN 8024712741.

DELETRE E. et al., 2013: Repellent, Irritant and Toxic Effects of 20 Plant Extracts on Adults of the Malaria Vector *Anopheles gambiae* Mosquito. *PLoS ONE*, 8(12), e82103. ISSN 19326203. [cit. 2016-08-05]. Dostupné z: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0082103>

FALTA D. et al., 2015: Biologická kontrola výskytu obtěžujícího hmyzu ve stáji. *Náš chov*, 2015(3), 20-22

FARAG M. et al., 2012: Repellent and Insecticide Activity of *Pelargonium x hortorum* against *Spodoptera littoralis* (Boisd.). *Zeitschrift für Naturforschung C*, 67.7-8: 398-404. ISSN 09395075. [cit. 2016-07-20]. Dostupné z: <http://www.degruyter.com/downloadpdf/j/znc.2012.67.issue-7-8/znc-2012-7-807/znc-2012-7-807.xml>

- GARCÍA A. A. et al., 2014: Aceite de *Cymbopogon nardus* y *Pelargonium citrosum*, como repelentes de *Culex quinquefasciatus*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5.4: 591-603. ISSN 20070934. [cit. 2016-09-15].
Dostupné z: <http://scielo.unam.mx/pdf/remexca/v5n4/v5n4a5.pdf>
- GEORGE D. R. et al., 2014: Present and future potential of plant-derived products to control arthropods of veterinary and medical significance. *Parasites & vectors*, 7.1: 1. ISSN 17563305. [cit. 2016-08-05]. Dostupné z:
<http://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/1756-3305-7-28>
- GUERRINI A. et al., 2011: Chemical Characterization (GC/MS and NMR Fingerprin-
ting) and Bioactivities of South-African *Pelargonium capitatum* (L.)
L'Her.(Geraniaceae) Essential Oil. *Chemistry & biodiversity*, 8.4: 624-642. ISSN
16121880. [cit. 2016-08-13]. Dostupné z:
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cbdv.201000045/full>
- HIEU T. et al., 2010: Repellency to *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) of plant
essential oils alone or in combination with *Calophyllum inophyllum* nut oil. *Journal of
medical entomology*, 47.4: 575-580. ISSN 00222585. [cit. 2016-08-05]. Dostupné z:
<http://www.bioone.org/doi/abs/10.1603/ME09271?journalCode=ment>
- HRUDOVÁ E. et al., 2014: Insecticidal effect of carrot (*Daucus carota*) and lovage
(*Levisticum officinale*) (Apiaceae) extracts against *Tribolium confusum* Jacquelin du
Duval, 1868 (Coleoptera, Tenebrionidae). *Acta Universitatis Agriculturae et Silvicultu-
rae Mendelianae Brunensis*, 54.1: 165-168. ISSN 12118516. [cit. 2016-07-05]. Dostup-
né z: http://acta.mendelu.cz/media/pdf/actaun_2006054010165.pdf
- CHEN H.P. et al. 2015 Repellant and insecticidal activities of shyobunone and isoshyo-
bunone derived from the essential oil of *Acorus calamus* rhizomes. *Pharmacognosy
magazine*, 11.44: 675. ISSN 09731296. [cit. 2016-08-02]. Dostupné z:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4621634/>
- JEYABALAN D., ARUL N., THANGAMATHI P., 2003: Studies on effects of *Pelar-
gonium citrosa* leaf extracts on malarial vector, *Anopheles stephensi* Liston. *Bioresour-
ce technology*. 89.2: 185-189. ISSN 09608524. [cit. 2016-08-04]. Dostupné z:
<http://www.ugcfrp.ac.in/images/userfiles/66990-BRT.pdf>
- KOCOURKOVÁ B., PLUHÁČKOVÁ H., HABÁN M., 2015: *Léčivé, aromatické a
kořeninové rostliny a základy fytoterapie*. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN
9788075093516.
- KHALLAAYOUNE K. et al. 2009: Efficacy of 1% geraniol (Fulltec®) as a tick repell-
ent. *Parasite*, 16.3: 223-226. ISSN 1252607X. [cit. 2016-07-20]. Dostupné z:
<http://www.parasite-journal.org/articles/parasite/pdf/2009/03/parasite2009163p223.pdf>
- KHATER H. F., RAMADAN M. Y., EL-MADAWY R. S. 2009: Lousicidal, ovicidal
and repellent efficacy of some essential oils against lice and flies infesting water buffa-
loes in Egypt. *Veterinary parasitology*, 164.2: 257-266. ISSN 03044017. [cit. 2016-09-
15]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304401709003501>

KUMAR^a P. et al. 2011: Insecticidal properties of *Mentha* species: a review. *Industrial Crops and Products*, 34.1: 802-817. ISSN 09266690. [cit. 2016-08-13]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669011000604>

KUMAR^b P. et al. 2011: Repellent, larvicidal and pupicidal properties of essential oils and their formulations against the housefly, *Musca domestica*. *Medical and Veterinary Entomology*, 25.3: 302-310. ISSN 0269283X. [cit. 2016-07-18]. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2915.2011.00945.x/abstract>

LACHANCE S., GRANGE G., 2014: Repellent effectiveness of seven plant essential oils, sunflower oil and natural insecticides against horn flies on pastured dairy cows and heifers. *Medical* [online]. 28(2), 193-200 [cit. 2016-06-21]. DOI: 10.1111/mve.12044. ISSN 0269283X. Dostupné z: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=2250b6f6-e716-4e7a-9957-d2187580a715%40sessionmgr4009&hid=4102>

LALLI J.Y.Y^a. 2006: *In vitro* pharmacological properties and composition of leaf essential oils and extracts of selected indigenous *Pelargonium* (Geraniaceae) species. PhD Thesis. [online] [cit. 2016-08-03] Dostupné z: <http://wiredspace.wits.ac.za/handle/10539/1690>

LALLI J.Y.Y^b. et al., 2006: The essential oil composition and chemotaxonomical appraisal of South African *Pelargoniums* (Geraniaceae). *Journal of Essential Oil Research*, 18: 89-105. ISSN 10412905. [cit.- 2016.08.04]. Dostupné z: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=0931cad9-444e-4a2a-822f-bc49b993b873%40sessionmgr101&hid=122>

Lis-BALCHIN M., 2002: Geranium and pelargonium: the genera geranium and pelargonium / ed. by Maria Lis-Balchin. *Geranium and pelargonium: the genera geranium and pelargonium* / ed. by Maria Lis-Balchin [online] [cit. 2016-08-01]. ISBN 0415284872. Dostupné z: <https://www.scribd.com/doc/258772744/Geranium-and-Pelargonium-The-Genera-Geranium-and-Pelargonium>
MAIA M.F., MOORE S. J., 2011: Plant-based insect repellents: a review of their efficacy, development and testing. *Malaria Journal*, 10.1: 1[online] ISSN 14752875. [cit. 2016-08-11] Dostupné z: <https://malariajournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2875-10-S1-S11>

MATSUD, B.M, SURGEONER G.A. at al., 1996: Essential oil analysis and field evaluation of the citrosa plant "*Pelargonium citrosum*" as a repellent against populations of *Aedes* mosquitoes. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1996, 12.1: 69-74. [online]. 12(1), 69-74 ISSN 8756971X. [cit. 2016-09-20]. ISSN 8756971X. Dostupné z: http://www.biodiversitylibrary.org/content/part/JAMCA/JAMCA_V12_N1_P069-074.pdf

PAVELA R., 2006: *Rostlinné insekticidy: hubíme hmyz bez chemie*. 1. Praha: Grada. Česká zahrada. ISBN 8024710196.

PAVELA R., 2008: Insecticidal properties of several essential oils on the house fly (*Musca domestica* L.). *Phytotherapy Research*, 22.2: 274-278. ISSN 0951418X. [cit. 2016-08-12]. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ptr.2300/full>

PAVELA R., 2011: *Botanické pesticidy*. České Budějovice: Kurent. ISBN 9788087111260.

PIRALI-KHEIRABADI K. et al. 2009. Short communication: Acaricidal effect of *Pelargonium roseum* and *Eucalyptus globulus* essential oils against adult stage of *Rhipicephalus (Boophilus) annulatus* in vitro. *Veterinary Parasitology* [online], 162(3-4), 346-349 ISSN 03044017 [cit. 2016-09-22]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304401709001563>

RANGER C.M. et al. 2001: Rare excitatory amino acid from flowers of zonal geranium responsible for paralyzing the Japanese beetle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108.4: 1217-1221. ISSN 00278424. [cit. 2016-09-16]. Dostupné z: <http://www.pnas.org/content/108/4/1217.full.pdf>

REEVES W.K.; MILLER M.M., 2010: Aqueous 2% Geraniol as a mosquito repellent failed against *Aedes Aegypti* on ponies. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 26.3: 340-341. ISSN 8756971X. [cit. 2016-09-06]. Dostupné z: <http://www.bioone.org/doi/abs/10.2987/10-6000.1?journalCode=moco>

TABANCA N. et al., 2013: Bioactivity-Guided Investigation of Geranium Essential Oils as Natural Tick Repellents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 61(17), 4101-4107 ISSN 00218561 [cit. 2016-07-19]. Dostupné z: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf400246a>

ZHU J.J. et al., 2012: Nepetalactones from essential oil of *Nepeta cataria* represent a stable fly feeding and oviposition repellent. *Medical and veterinary entomology*, 26.2: 131-138. [cit. 2016-07-08]. Dostupné z: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1345&context=entomologyfapub>