Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra biologických disciplín

Bakalářská práce

Vliv vybraných rostlinných silic v sacharidovém krmivu na patogeny včely medonosné v provozních podmínkách

Autorka práce: Michaela Suchánková

Vedoucí práce: Ing. Petr Mráz, Ph.D.

České Budějovice
2026

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracovala pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

Při přípravě této práce autorka použila nástroje umělé inteligence (Google Gemini a ChatGPT) za účelem jazykové korektury a stylistické úpravy textu. Po použití tohoto nástroje/služby autorka obsah podle potřeby zkontrolovala a upravila a přebírá plnou odpovědnost za obsah bakalářské práce.

V Českých Budějovicích dne ....

Podpis

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá hodnocením účinku vybraných rostlinných silic na zdravotní stav včely medonosné (*Apis mellifera*). Hlavním cílem bylo posoudit vliv aplikace silic podávaných v sacharidovém krmivu na výskyt mikrosporidie *Nosema ceranae* a současně sledovat intenzitu napadení roztočem *Varroa destructor* ve vybraných včelstvech. Experiment byl prováděn v provozních podmínkách včelnice Fakulty zemědělské a technologické Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, kde byla včelstva rozdělena do několika skupin podle aplikované silice. Úroveň infekce *Nosema ceranae* byla stanovena qPCR vyšetřením vzorků včel a vyjádřena relativním stupněm napadení. Současně byl sledován přirozený spad roztočů *Varroa destructor* na podložkách úlů. Výsledky ukázaly, že účinek jednotlivých silic byl variabilní a závisel na počáteční úrovni infekce i na typu použité silice. U některých včelstev byl po aplikaci zaznamenán pokles relativního napadení *Nosema ceranae*, přičemž nejvýraznější efekt byl pozorován u včelstev, která byla krmena krmivem obohaceným o mátovou silici. Intenzita napadení roztočem *Varroa destructor* byla během sledovaného období nízká, což částečně limitovalo možnost jednoznačného posouzení účinku silic na tohoto parazita. Získané výsledky naznačují, že rostlinné silice mohou představovat potenciální doplňkový nástroj při podpoře zdravotního stavu včelstev.

Klíčová slova: včela medonosná; rostlinné silice; *Nosema ceranae*; *Varroa destructor*; nosemóza; zdravotní stav včelstev; alternativní metody ochrany včel

Abstract

This bachelor thesis focuses on evaluation of the effects of selected plant essential oils on the health status of the honey bee (*Apis mellifera*). The main objective of the study was to assess the influence of essential oils administered in a carbohydrate solution on the occurrence of the microsporidian parasite *Nosema ceranae* and simultaneously monitor the infestation level of the mite Varroa destructor in selected bee colonies. The experiment was conducted under operational condition at the apiary of the Faculty of Agriculture, where bee colonies were divided into several groups according to the essential oil applied. The level of *Nosema ceranae* infection was determined by qPCR

test of bee samples and expressed as a relative level of infestation. At the same time, the natural fall of Varroa destructor mites on hive bottom boards was monitored. The results indicated that effects on individual essential oils were variable and depended on the initial level of infection as well as on the type of essential oil used. In some colonies, a decrease in the relative level of *Nosema ceranae* infestation was observed after the application of essential oils, with the most noticeable effect recorded in the variant containing peppermint essential oils, with the most infestation level of *Varroa destructor* during the monitored period was generally low, which partially limited the possibility of clearly evaluating the effect of essential oils on this parasite. The obtained results suggest that plant essential oils may represents a potential complementary approach for supporting the health of honey bee colonies.

Keywords: honey bee; essetial oils; *Nosema ceranae*; *Varroa destructor*; nosemosis; bee colony health; alternative bee disease control

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat svému vedoucímu Ing. Petru Mrázovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při zpracování této práce. Dále patří mé poděkování rodině a blízkým za jejich trpělivost, podporu a motivaci během celého studia.

Obsah

1 Úvod 8

2 Literární rešerše 9

2.1 Včela medonosná 9

2.2 Zdraví včel 10

2.3 Varroa destructor 12

2.3.1 Napadení včelstva 12

2.3.2 Životní cyklus 12

2.3.3 Morfologie 13

2.4 Nosemóza 14

2.4.1 Přenos a šíření 14

2.4.2 Tlumení a léčení nosemózy 14

2.5 Rostlinné silice používané ve včelařství 15

2.6 Složení rostlinných silic 15

2.7 Vznik a sekrece silic 16

2.8 Dobromysl obecná 16

2.9 Hřebíček 16

2.10 Máta peprná 17

2.11 Litsea cubeba 17

2.12 Kopaiva 18

3 Hypotézy a cíle 19

4 Metodika práce 20

4.1 Charakteristika stanoviště 20

4.2 Vybavenost včelína 20

4.3 Formy aplikace 21

4.4 Sacharidová těsta 21

4.4.1 Aplikace těst do úlu 21

4.4.2 Kontroly a odběry vzorků 22
4.5 Sacharidové roztoky 22
4.5.1 Harmonogram a aplikace roztoků 23
4.5.2 Příprava sacharidového roztoku 23
4.5.3 Míchání roztoků se silicemi 23
4.5.4 Způsob krmení a snížení mortality 24
4.5.5 Ukončování krmení 24
4.6 Monitoring roztoče *Varroa destructor* 25
4.7 Laboratorní diagnostika patogenů 26
4.7.1 Odběr a skladování vzorků 26
4.7.2 Příprava vzorků a izolace nukleových kyselin 26
4.7.3 Průběh PCR analýzy a vyhodnocení 27
5 Výsledky 28
5.1 Sacharidová těsta 28
5.1.1 Sacharidová těsta se silicí kopaiva 28
5.1.2 Sacharidová těsta se silicí litsea cubeba 29
5.1.3 Sacharidové těsto bez silice – kontrolní 30
5.2 Roztoky se silicemi 31
5.2.1 Sacharidový roztok obohacený mátovou silicí 31
5.2.2 Sacharidový roztok obohacený o silici litsea 33
5.2.3 Sacharidové roztoky bez silice – kontrolní skupiny 34
5.3 Spad roztočů *Varroa destructor* 36
5.3.1 Spad roztočů *Varroa destructor* z období aplikace sacharidových těst se silicemi 37
5.3.2 Spad roztočů z období aplikovaných sacharidových roztoků se silicemi 39
6 Diskuse 43
7 Závěr 46

1 Úvod

Včela medonosná představuje jeden z nejdůležitějších článků suchozemských ekosystémů i moderního zemědělství. Její význam dalece přesahuje produkci medu, vosku či dalších ceněných včelích produktů. Klíčová role včel spočívá především v jejich opylovací činnosti, která podmiňuje stabilitu biodiverzity a zásadním způsobem determinuje výnosy i kvalitu většiny kulturních plodin.

V současné době se však včelařství potýká s globálním fenoménem zvýšené mortality a oslabování včelstev. Zdraví včelstev je ohrožováno synergickým působením několika negativních faktorů, mezi něž patří například úbytek přirozené pastvy či rostoucí tlak patogenů a parazitů. V našich podmínkách jsou za nejzávažnější hrozby považovány ektoparazitní roztoč *Varroa destructor* a mikrosporidie *Nosema*. Tyto organismy způsobují nejen přímé oslabení imunitního systému a metabolismu včel, ale působí také jako vektory dalších virových onemocnění, což nezřídka vede k totálnímu kolapsu včelstva.

Tradiční metody tlumení těchto onemocnění se dlouhodobě opíraly o aplikaci syntetických léčiv a chemických přípravků. Narůstající rezistence patogenů vůči těmto přípravkům a kumulace reziduí ve včelích produktech však vyvolává naléhavou potřebu hledat alternativní, ekologicky udržitelné a bezpečné metody ochrany. Slibnou cestu v tomto směru představuje využití rostlinných silic.

Rostlinné silice jsou kompletní směsi těkavých látek s výraznými biologickými účinky a antimikrobiální aktivitou. Tato bakalářská práce se zaměřuje na testování vybraných silic jakožto aditiv v sacharidovém krmivu. Cílem práce je v provozních podmínkách vyhodnotit, jakým způsobem tyto látky ovlivňují intenzitu napadení včelstev klíčovými patogeny a zda představují efektivní a bezpečnou variantu pro posílení zdraví a vitality včel medonosných.

2 Literární rešerše

2.1 Včela medonosná

Domestikace a chov včel medonosných (*Apis mellifera L.*) mají kořeny v hluboké minulosti, přičemž včelařství je považováno za jeden z nejstarších oborů lidské produkční činnosti. Historicky byla interakce mezi člověkem a včelami motivována především získáváním cenných včelích produktů. Mezi první komodity, které nalezly své široké uplatnění nejen v lidské stravě ale i v řemeslné výrobě, patřily zejména med a vosk (Veselý et al., 2013).

Med si díky svým specifickým antibakteriálním a antioxidačním vlastnostem udržuje stabilní postavení v tradiční, ale i moderní medicíně. Postupem času se pozornost rozšířila i na další včelí produkty, jejichž fyziologické a terapeutické účinky nalezly širokého uplatnění. Do této skupiny se řadí zejména mateří kašička (Sammaro a Avitabile, 2011), která se řadí mezi nejvíce oceňované přírodní produkty s dlouhou historií využití. Pro své specifické vlastnosti nachází využití zejména v tradiční medicíně, zdravé výživě a v kosmetickém průmyslu (Ahmad et al., 2020). Další zástupcem z této skupiny je včelí jed, který je předmětem mnoha studií, které potvrzují jeho široké spektrum pozitivních vlastností. Mezi klíčové biologické účinky se řadí zejména působení protizánětlivé a antimikrobiální. Výzkumy dále prokazují jeho schopnost chránit organismus před účinky ionizujícího záření a také schopnost bránit vzniku genetických mutací (Gajski, Leonova a Sjakste, 2024) a pyl, který nachází uplatnění v čínské klinické praxi (Denisow a Denisow-Pietrzyk, 2016), a v apiterapii, kde se využívá k léčbě různorodých fyziopatologických stavů. Tento produkt vykazuje široké spektrum biologických aktivit, zejména schopnost potlačovat infekce (působí antibakteriálně, antimykoticky i antivirově) a tlumit zánětlivé procesy či bolest. Dále je ceněn pro své imunostimulační vlastnosti a schopnost urychlovat hojení popálenin (Komosinska-Vassev et al., 2015). Velice významné místo zaujímá též propolis, který je pro své výrazné protizánětlivé účinky hojně využíván jako součást doplňků stravy a farmaceutických přípravků (Sammataro a Avitabile, 2011). Můžeme tedy konstatovat, že poptávka po včelích produktech je vysoká a stále roste (Kubišová a Háslbchová, 1992).

Včela medonosná se řadí k nejvýznamnějším opylovatelům hmyzosnubných rostlin odhadovaným podílem 95 % na celkovém cizosprašném opylení. Jejich činnost zásadně ovlivňuje kvalitu i kvantitu zemědělské produkce, kdy u mnoha kulturních

plodin zvyšuje výnosy o 80 až 90 %. Přestože v ekosystému působí i další opylovatelé, jako jsou samotářské včely, čmeláci a ostatní hmyz, jejich kumulativní přínos je ve srovnání s včelou medonosnou odhadován na pouhých 5 % (Veselý et al., 2013).

U hospodářsky významných plodin, jako je řepka ozimá nebo bob obecný, představuje opylení včelami klíčový faktor, který zvyšuje výnosy oproti samosprášení. Pozitivní vliv včelstva je patrný rovněž v ovocnářství, kde adekvátní opylení determinuje kvalitu i kvantitu sklizně. U jetelovin je pak entomofilní opylení limitujícím faktorem pro úspěšnou produkci osiva (Veselý et al., 2013).

Drašar a Kodoň (1975) uvádějí, že prosperita včelstev je podmíněna synergickým působením několika faktorů. Vedle zajištění ekologicky stabilního a zdravého životního prostředí je nutné učinit určitá ochranná opatření proti biotickým i abiotickým škodlivým činitelům. Autoři rovněž poukazují na nutnost kontinuálního zabezpečení trofických zdrojů jak v kultivované zemědělské krajině, tak v nezemědělských biotopech.

2.2 Zdraví včel

Současné včelařství čelí v globálním měřítku souboru negativních faktorů, které zásadním způsobem ohrožují zdraví a vitalitu včelstev. Mezi nejvýznamnější stresory se řadí společné působení parazitárních invazí, šíření patogenů, nutriční deficit a vystavování včelstev pesticidům. Dosavadní praxe v ochraně včel medonosných byla založena na aplikaci cizorodých chemických látek, jako jsou antibiotika, miticidy či fungicidy. U těchto látek byla však prokázána řada negativních vedlejších účinků, které ohrožují zdraví včel a kvalitu včelích produktů. Narůstající rezistence patogenů vůči těmto komerčním přípravkům spolu s riziky reziduí v zemědělské krajině vyvolává naléhavou potřebu vývoje alternativních a udržitelných metod ochrany (Ewert et al., 2023)

Parazitismus představuje jeden z klíčových faktorů přispívajících k aktuálnímu poklesu populací opylovačů. Pro většinu organismů, včetně hmyzu, jsou parazité zásadním selekčním tlakem, přičemž vysoce virulentní taxony vyvolávají zřetelné klinické příznaky onemocnění. Nejen hmyzí populace jsou vystavovány širokému spektru biologických antagonistů, zahrnující nejen viry, ale například i bakterie, roztoče, entomopatogenní houby aj. Interakce s těmito patogeny vyvolává u hostitelů rozmanité fyziologické odezvy, od patologických lézí až po hluboké narušení

metabolismu a vnitřní homeostázy. Působení těchto činitelů se rovněž negativně promítá do celkové integrity a dalších vitálních funkcí zasaženého hmyzu (Gómez-Moracho, Heeb & Lihoreau, 2017; Evison et al., 2012).

Významným faktorem ovlivňujícím vitalitu včelstev je kvalita a diverzita dostupné pastvy. Včelstva odkázaná na uniformní, převážně monokulturní zdroje pylu jsou často vystavena riziku nutriční deprivace. Současný globální úbytek včelstev, označovaný jako syndrom hroucení včelstev (CCD), představuje komplexní a dosud ne zcela objasněný fenomén. Přestože řada kauzálních faktorů zůstává neznámá, panuje shoda v tom, že deficientní výživa je jedním z primárních spouštěčů destabilizace včelstev a následného poklesu jejich populací (Atanasov a Georgiev, 2022; Kim et al., 2022).

Posledním významným faktorem, který do jisté míry ovlivňuje zdravotní stav včelstva je používání pesticidů. Negativní vliv pesticidů, a především pak insekticidů, na populace včel a dalších opylovačů představuje dlouhodobě fixovaný fakt, který provází zemědělství již od počátků chemické ochrany. Vzhledem k tomu, že včela medonosná vykazuje ve srovnání s ostatními zástupci hmyzu extrémní senzitivitu vůči toxickým látkám, slouží v současnosti jako významný bioindikátor znečištění životního prostředí (Arena a Sgolastra, 2014; Sánchez-Bayo et al., 2016; Pettis et al., 2013). Molekuly insekticidů, které nepůsobí okamžitou mortalitu včel mohou negativně ovlivňovat jejich orientaci a letové schopnosti. To ztěžuje návrat dělnic do úlu, nebo v případě úspěšného návratu vede ke kontaminaci vnitřního prostředí kolonie těmito látkami. Následkem je postupné oslabení včelstva, které může vyústit až v jeho zánik (Abati et al., 2021).

Zatímco insekticidy představují pro tento životně důležitý hmyz přímé ohrožení s potenciálem okamžité mortality, herbicidy působí nepřímo skrze drastické snižování biodiverzity a početnosti kvetoucích rostlin v krajině. Tento úbytek přirozených potravních zdrojů následně limituje reprodukční schopnosti opylovačů a ohrožuje jejich celkové přežití (Arena a Sgolastra, 2014; Sánchez-Bayo et al., 2016; Pettis et al., 2013).

2.3 Varroa destructor

Jedním z nejškodlivějších ektoparazitních roztočů, který napadá včely medonosné, je Varroa destructor, česky zvaný kleštík včelí (T. Reams, J. Rangel, 2022). Patří do stejného rodu, jako další ektoparazitní druh *Varroa jacobsoni*, který se zatím nerozšířil mimo Asii (Titěra, 2017). *Varroa destructor* se v současnosti řadí mezi nejvýznamnější invazní druhy s globálním rozšířením, postihující včelařství na téměř všech kontinentech. Parazitace tímto roztočem se projevuje především snížením tělesné hmotnosti jedinců a výrazným zkrácením jejich délky života. Gradace nákazy následně vede k rozvoji klinické varroázy, která bez včasného zásahu včelaře často končí kolapsem či úhynem celého včelstva (T. Reams, J. Rangel, 2022).

2.3.1 Napadení včelstva

Šíření roztoče *Varroa destructor* v rámci včelstev probíhá primárně prostřednictvím transportu již oplozených samiček roztoče na dospělých jedincích včely medonosné (dělnicích, trubcích i matkách). K přenosu mezi jednotlivými stanovišti dochází nejčastěji v důsledku zalétávání včel do cizích úlů, během rojení nebo při loupežích v oslabených včelstvech. K šíření nákazy přispívají rovněž dělnice vracející se z pastvy, které mohou roztoče transportovat z kontaktních míst na květech (Veselý et al., 2013). Roztoč *Varroa* parazituje na včele medonosné během jejího larválního i dospělého stádia, kdy se živí tukovými tkáněmi, což vede k rozvoji varroázy. Silná infekce včelstva se projevuje snížením tělesné hmotnosti a zkrácením délky jejich života. Významným faktorem je schopnost roztočů přenášet virová onemocnění (Robi et al. 2023). U roztoče byla prokázána přítomnost minimálně sedmi různých virů, které tento parazit následně přenáší na včelu medonosnou (Drescher et al., 2017).

2.3.2 Životní cyklus

Životní cyklus u samice roztoče *V. destructor* rozlišujeme dvě životní fáze – fázi foretickou a reprodukční (Morfin et al., 2023).

Během foretické fáze parazitují samice *V. destructor* na dospělých včelách (dělnicích a trubcích). Tato ektoparazitace trvá několik dní, během kterých roztoč využívá hostitele jako vektor pro přesun k nezavíčkovanému plodu (Y. V. Hristov, 2026).

Druhá fáze, označovaná jako fáze reprodukční, spočívá ve vstupu oplozených samiček do plodových buněk s larvami včel. Jakmile se samice roztoče dostane do stále nezavíčkované buňky, schová se pod tekutou potravu larvy, dokud není buňka zavíčkována (Calderón et al., 2010). Adaptace na život v semilikvidním prostředí plodových buněk zahrnuje i modifikaci dýchací soustavy. *V. destructor* disponuje specializovanými trubičkovitými orgány, tzv. peritremy, které umožňují výměnu plynů i v momentě, kdy je parazit obklopen tekutou potravou uvnitř plodové buňky. Peritremy fungují na principu šnorchlu; vyčnívají nad povrch, čímž zajišťují kontinuální přísun kyslíku i v extrémních podmínkách (Rosenkranz et al., 2010). Následně, co roztoči opustí tekutou larvální potravu na dně zavíčkované plodové buňky (Bailey a Ball, 1991), začne se živit tukovými tělísky, nikoliv hemolymfou, jak se obecně předpokládalo (Ramsey et al., 2019). Zhruba 60–70 hodin po zavíčkování plodové buňky je nakladeno první vajíčko (Bailey a Ball, 1991). Z prvního nakladeného vajíčka se zpravidla vyvíjí samec, zatímco z následujících vajíček se líhnou samice. Samice umisťuje vajíčka na stěnu plodové buňky v pravidelných intervalech, přičemž časový odstup mezi jednotlivými vajíčky činí přibližně 30 hodin (Martin, 1994). Samice dosahují dospělosti po 139 hodinách vývoje, kdežto u samců trvá dosažení 158 hodin (Donzé a Guerin, 1994).

2.3.3 Morfologie

Roztoči rodu *Varroa* vykazují výrazný pohlavní dimorfismus (Ifantidis, 1983).

Tělo roztoče je morfologicky rozčleněno na dvě jasně vymezené části, kterými jsou idiosoma a gnathosoma. Tato segmentace je charakteristická pro obě pohlaví parazita. Idiosoma, která tvoří většinu tělesného objemu, je kryta jedním celistvým štítem na hřbetní straně (dorzální štít) a několika odlišnými štíty na straně břišní (ventrální štíty). Samice se vyznačují specifickým habitem; jejich idiosoma je elipsoidní a shora sploštělá, přičemž rozměr do šířky dominuje nad délkou těla. Krátké a silné končetiny samic jsou zakončeny apotely, což jsou specializované orgány nezbytné pro pevnou fixaci na těle hostitele (Cavalloro, 1983).

Gnathosoma, která tvoří ústní ústrojí roztoče, se nachází v anteroventrální poloze (na přední straně břišní části). Je tvořena párem senzorických pedipalpů a párovými chelicerami. Samotné chelicery se skládají ze tří segmentů: bazálního, středního a distálního. U samic je distální článek zakončen pohyblivým prstem se dvěma drobnými zuby, který slouží k penetraci kutikuly hostitele. U samců dochází

k výrazné funkční modifikaci, kdy je tento pohyblivý prst transformován ve spermatodaktyl. Tento orgán, strukturou připomínající kanylu, je klíčový pro přenos spermií do pohlavního traktu samice během kopulace pod víčkem buňky (Alberti a Hänel, 1986).

2.4 Nosemóza

Nosemóza představuje globálně rozšířenou parazitózu včel, jejíž původci náleží k rodu *Nosema*. V rámci tohoto taxonomicky bohatého rodu jsou za hlavní původce onemocnění považovány druhy *Nosema apis* a *Nosema ceranae* (Titěra, 2017).

Původcem nákazy je vnitrobuněčný parazit *Nosema apis*, jenž tvoří spory oválného tvaru. Tyto útvary dosahují velikosti přibližně 4 x 7 µm (Veselý et al., 2013).

2.4.1 Přenos a šíření

Včely se infikují perorálně, a to buď konzumací kontaminovaného krmiva, nebo v rámci trofolaxe, nebo při čištění chloupků na povrchu těla. Právě orální cesta přenosu skrze potravu s obsahem spor je v současnosti považována za hlavní faktor šíření této nákazy (Galajda et al., 2021). V rámci včelstva dochází k zavlečení spor prostřednictví zalétlých infikovaných včel nebo včel loupících. Dalším významným faktorem přenosu může být výměna matky vykazující známky onemocnění, případně včelích škůdců (Veselý et al., 2013). Nákaza se v populaci včel šíří koprofágií (požíráním výkalů). Důvodem k požírání trusu a následnému infikování dalších včel je hygienické chování včely medonosné v kombinaci s výrazně sladší chutí trusu, která je pro nosemózu typická (Titěra, 2017; Galajda et al., 2021). Velkou roli v šíření nosemózy hraje rovněž zootechnika včelaře, zejména při spojování zdravých a nemocných včelstev, posilování včelstev nebo při manipulaci s infikovanými plásty a soušemi (Titěra, 2017).

2.4.2 Tlumení a léčení nosemózy

Strategie tlumení nosemózy jsou v praxi rozděleny do dvou pilířů – prevence a terapie. Preventivní opatření zahrnují rozsáhlé spektrum postupů, které se dotýkají jak oblasti zootechniky, tak i zoohygieny. Stěžejním účelem těchto aktivit je především redukce infekčního tlaku spor v samotném úlu (Titěra, 2017).

Jedním z nejúčinnějších zásahů proti nosemóze spočívá v aplikaci antibiotika fumagilinu, což je antimikrobiální látka produkovaná *Aspergillus fumigatus*. Na toto léčivo vykazují citlivost oba původci nákazy, *Nosema apis* i *Nosema ceranae.* Účinek látky se projevuje dočasným snížením parazitární zátěže, čímž se omezuje riziko kolapsu včelstva. V závislosti na konkrétních podmínkách se doporučuje ošetření provádět jednou ročně při podzimním krmení, případně dvakrát za rok, je-li nutný zásah i v jarním období z důvodu závažné infekce. Fumagilin lze včelám podávat formou postřiku či rozpuštěný v sacharidovém roztoku (Marín-García et al., 2013; Formato et al., 2022; Veselý et al., 2013)

2.5 Rostlinné silice používané ve včelařství

Rostlinné silice jsou bezbarvé, kapalné, vysoce těkavé rostlinné látky se silným aroma (Bava et al., 2023). Tyto rostlinné látky jsou získávány z druhů rostlin, jejichž přirozený výskyt je vázán na oblasti mírného až teplého klimatického pásu (Stefanakis et al., 2013) Často mají nižší hustotu než voda, proto jsou rozpustné v lipidech či organických rozpouštědlech, jako je například alkohol. Tyto silice jsou zodpovědné za typické aroma dané rostliny (Bava et al., 2023). Rostlinné silice mimo svých známých aromatických vlastností vykazují také významnou antifungální, insekticidní a repelentní aktivitu (Dhifi et al., 2016). Už od starověku se používají rostlinné silice pro jejich léčivé účinky. Největší nárůst používání rostlinných silic pozorujeme ve farmaceutickém, kosmetickém a potravinářském průmyslu. Ovšem nejzajímavější věcí je jejich role v ekosystémech, kdy silice působí jako zdroj organických insekticidů.

Významným argumentem pro širší uplatnění rostlinných silic v rámci fytosanitárních opatření je jejich bezpečnost. Klíčová je jejich příznivě nízká toxicita vůči savcům, což z nich činí ekologicky i zdravotně přijatelnou alternativu ke klasickým syntetickým pesticidům (Bava et al., 2023).

2.6 Složení rostlinných silic

Silice se většinou vyznačují dvěma či třemi hlavními složkami, které se zde nacházejí ve vysokých koncentracích v rozmezí 20-70 %. Ostatní složky jsou zde zastoupeny spíše jako prvky stopové (Bakkali et al., 2008).

Chemické složení rostlinných silic, a potažmo jejich biologický účinek vykazuje značnou variabilitu v závislosti na mnoha faktorech. Mezi klíčové faktory patří botanický druh, morfologická část rostliny, vegetační stádium, geografický původ a v neposlední řadě zvolená metoda extrakce (Teixeira et al., 2013).

2.7 Vznik a sekrece silic

Silice se hromadí v rozmanitých sekrečních strukturách (např. v epidermálních buňkách či trichomech), které jsou charakteristické pro konkrétní rostlinné druhy a orgány (Dhifi et al., 2016). Sekreční struktury rostlin vykazují značnou morfologickou rozmanitost v závislosti na konkrétním taxonu. Mohou nabývat podoby sekrečních kanálků, které jsou typické například pro chmel otáčivý (*Humulus lupulus*), nebo žláznatých trichomů či nádržek, jež se běžně vyskytují u zástupců z čeledi hluchavkovitých (*Lamiaceae*). Další specifickou formou jsou papily, s nimiž se lze setkat například u heřmánku pravého (*Matricaria chamomilla*) (Smékalová a Kaffková, 2018). Jejich tvorba probíhá v cytoplazmě specializovaných buněk (Dhifi et al., 2016).

2.8 Dobromysl obecná

Origanum vulgare je významným zástupcem čeledi hluchavkovitých (*Lamiaceae*). Je hojně využívaná nejen v gastronomii, ale především v moderní fytoterapii jako zdroj léčivých látek (Lombrea et al., 2020). Je přirozeně rozšířena v oblasti Středomoří, ve většině eurosibiřské a íránsko-turánské oblasti. Díky obsahu rostlinných silice je rostlina využívána již od starověku, a to jak k dochucování tradičních pokrmů, tak k úlevě od zdravotních potíží (Lukas et al., 2015).

Chemické složení nadzemních částí se vyznačuje širokou škálou biologicky aktivních látek, jmenovitě terpenoidů, sterolů, taninů, flavonoidů a fenologických glykosidů. Míra zastoupení těchto látek však není konstantní a podléhá variabilitě, kterou určuje příslušnost k danému chemotypu, geografický původ rostliny či termín její sklizně (Pezzani et al., 2017).

2.9 Hřebíček

Hřebíčkovec kořenný (*Syzygium aromaticum*) představuje významný zdroj aromatických látek, přičemž jeho pěstování je soustředěno do tropických a

subtropických oblastí (Haro-González et al., 2021). Silice získávaná z hřebíčku disponuje podle dostupných studií výraznou biologickou aktivitou. Mezi klíčové vlastnosti této látky se řadí účinky antimykotické a antialergické, ale také schopnost působit antikarcinogenně či eliminovat vlivy vedoucí k mutacím organismu (El-Maati et al., 2016). Hlavní podíl na antifungální aktivitě hřebíčkové silice má eugenol, což je primární těkavá sloučenina obsažená v extraktu z pupenů této rostliny. Výzkumy naznačují, že je jeho antimikrobiální potenciál selektivnější, přičemž výrazněji působí proti plísňovým patogenům než proti bakteriím (Rana et al., 2011).

2.10 Máta peprná

Mentha piperita patří mezi vytrvalé byliny z čeledi hluchavkovitých (*Lamiaceae*). Pro své specifické aromatické vlastnosti je rostlina využívána již od antických dob, přičemž její význam v léčitelství i gastronomii přetrval dodnes. V současné době se uplatňuje v celé řadě průmyslových odvětví, zejména v potravinářství, farmaceutickém a kosmetickém průmyslu, a stále širšího využití nachází rovněž v rámci aromaterapie (Cucu, 2024).

Silice máty peprné je považována za velice významnou silici. K jejím charakteristickým vlastnostem, které podmiňují její časté využití, přispívá vysoký podíl klíčových látek, konkrétně mentolu a menthonu (Saharkhiz et al., 2012). Chemické složení máty peprné tvoří steroidy, terpenoidy, fenolové kyseliny a flavonoidy. Z hlediska biologické aktivity hrají zásadní roli především terpenoidní a fenolické frakce (zejména taniny, flavonoidy a fenolické kyseliny), u nichž se předpokládá hlavní podíl na farmakologických účincích rostliny (Hudz et al., 2023)

2.11 Litsea cubeba

Složení silice *Litsea cubeba* má značnou podobnost s oleji získanými z druhů *Aloysia triphylla* (aloisie citronová) a *Cymbopogon citratus* (voňatka citronová). Tato silice se vyznačuje průsvitnou až lehce nažloutlou barvou a charakteristickým aroma, které připomíná vůni po voňatce citronové. Klíčovými složkami zodpovědnými za bioaktivní vlastnosti silice jsou monoterpenické sloučeniny, mezi nimiž převládají citral, limonen a citronellal (Sivamaruthi, Kesika a Chaiyasut, 2020).

Mimo jiné, silice získávaná z rostlin rodu *Litsea* se vyznačuje výraznými insekticidními a repelentními vlastnostmi, které jsou účinné proti řadě hmyzích

škůdců. Významným aspektem jejího biologického působení je také prokázaná nematocidní aktivita (Kamle et al., 2019).

2.12 Kopaiva

Rod *Copaifera* L. představuje v rámci Amazonie klíčový taxon s výrazným hospodářským přesahem. Jeho význam spočívá především v produkci pryskyřičného oleje zvaného kopaiva, u něhož byla v řadě studií potvrzena široká škála farmakologických účinků (Veiga et al., 2007).

Proces extrakce spočívá v mechanickém narušení xylému razníkem, přičemž vytékající pryskyřice je zachycována a následně deponována pomocí polyvinylchloridových trubek. Výsledným produktem je žlutohnědý olej, který vykazuje široké spektrum farmakologických účinků (Da Trinidade et al., 2018; Tobouti et al., 2017).

Chemický profil oleoresinů produkovaných rodem *Copaifera* je tvořen primárně směsí seskviterpenů, které představují těkavou složku, a diterpenů tvořících pryskyřičnou frakci. Konkrétní kvalitativní a kvantitativní zastoupení těchto látek vykazuje značnou variabilitu v závislosti na daném druhu, tak pod vlivem vnějších biotických a abiotických podmínek prostředí (Cardinelli et al., 2023).

3 Hypotézy a cíle

Hypotézy

1) Silice v určených koncentracích nemají negativní vliv na sílu včelstva v průběhu sledovaného období
2) Aplikace rostlinných silic v sacharidovém roztoku povede k rychlejší a kompletnější konzumaci krmiva včelstvem ve srovnání s aplikací v sacharidovém roztoku.

Cíl práce

1) Hlavním cílem práce je vyhodnotit účinnost vybraných rostlinných silic v sacharidovém krmivu, které mohou snížit intenzitu napadení včely medonosné vybranými patogeny

4 Metodika práce

4.1 Charakteristika stanoviště

Experimentální stanoviště bylo situováno v areálu kampusu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích v nadmořské výšce 389 m.n.m. Včelstva byla umístěna v chráněném prostoru mezi budovami Zemědělské fakulty, což zajišťovalo přirozenou ochranu před silnými poryvy větru.

Lokalita se vyznačovala příznivou orientací, neboť stanoviště bylo během letního období vystaveno slunečnímu svitu po převážnou část dne. V širším okolí (v okruhu 1 km) dominovala zástavba obytného charakteru, doplněná o plochy nezemědělské zeleně (park) a ornou půdu. Z hlediska klimatických podmínek spadá posuzovaná lokalita do mírně teplé klimatické oblasti.

Obrázek 1: Včelín Jihočeské univerzity (vlastní fotografie)

4.2 Vybavenost včelína

Na experimentálním stanovišti se nacházelo celkem 42 včelstev, z nichž bylo pro účely experimentu vybráno pouze 35 včelstev. Včelstva byla chována v nástavkových zateplených úlech, osazených rámky o rozměru 39 x 24 cm. Konstrukce úlů zahrnovala plechovou střechu s polystyrenovou izolací, která zajišťovala dostatečnou tepelnou stabilitu úlového prostoru.

Úly byly vybaveny tzv. varroa dnem a spadovou deskou. To umožňovalo objektivní sledování přirozeného spadu roztoče bez nutnosti rozebírání včelstva a narušování

jeho režimu. Pro potřeby experimentálního přikrmování byla včelstva v průběhu experimentu dovybavena rámkovými krmítky.

4.3 Formy aplikace

Pokus spočíval v aplikaci vybraných rostlinných silic do krmiva včelstev ve dvou formách. V první fázi byla včelstvům podávána sacharidová těsta obsahující přidané silice. V následné fázi experimentu byly silice aplikovány prostřednictvím sacharidových roztoků, aby bylo možné porovnat jejich účinek při různých způsobech podávání krmiva.

4.4 Sacharidová těsta

Pro účely pokusu byla použita sacharidová těsta s příměsí rostlinných silic. První aplikace proběhla 30.6. (den D0), přičemž včelstvům byla podána buď jeden kilogram, nebo jen půl kilogramu těsta, podle síly včelstva.

4.4.1 Aplikace těst do úlu

Těsta byla prvně temperována na pokojovou teplotu, aby byla zajištěna optimální konzistence a okamžitá dostupnost pro včely. Vzhledem k technickým parametrům balení (rozměrům a tvaru těsta), které neumožňovaly umístění na horní loučky, byla zvolena aplikace na dno úlu. Obal těst se nařízl a takto otevřené těsto se vložilo na již zmíněné dno úlu.

Celkem bylo testováno pět variant těst s následujícími silicemi:

- Hřebíček v koncentracích 0,1 a 0,5
- Litsea v koncentracích 0,1 a 0,5
- Kopaiva v koncentracích 0,1 a 0,5
- Dobromysl v koncentraci 0,5
- Kontrolní těsto

Souběžně byla do některých úlů aplikována kontrolní těsta bez silic. Tato těsta sloužila k ověření úrovně odběru krmiva. S kontrolními vzorky bylo manipulováno shodným způsobem jako s těsty s přídavky silic.

Obrázek 2: Aplikované sacharidové těsto v úlu (vlastní fotografie)

4.4.2 Kontroly a odběry vzorků

V rámci pokusu byly sledovány tři hlavní okruhy parametrů: odběr dospělců včely medonosné pro laboratorní diagnostiku, monitoring intenzity napadení roztočem *Varroa destructor* a subjektivní hodnocení stavu včelstev.

Pro stanovení míry infekce mikrosporidiemi rodu *Nosema* byly prováděny pravidelné odběry dospělých včel. První odběr byl realizován v den aplikace testovaných těst. Následné odběry byly provedeny v datech 16.7. a 29.7. V těchto termínech byly provedeny i kontroly, zda včely těsto ubírají. Poslední kontrola byla provedena 4.8., kdy bylo též ukončeno krmení těsty.

Vzorky byly odebírány z bezprostřední blízkosti plodového tělesa, aby bylo zajištěno zastoupení včel různého stáří, které jsou v přímém kontaktu s plodem. Z každého včelstva bylo do sterilní vzorkovnice odebráno zhruba 20 jedinců. Po odběru byla vzorkovnice označena číslem úlu a datem, kdy odběr proběhl. Následně byly vzorky vloženy do mrazáku, kde byly uchovány pro pozdější laboratorní vyhodnocení.

4.5 Sacharidové roztoky

Základem pro přípravu všech testovaných krmných roztoků byl sacharidový roztok, který byl připraven rozpuštěním krystalového cukru v teplé vodě. Tento roztok sloužil

jako nosná báze, která měla zajistit rovnoměrnou distribuci silic a jejich snadnou konzumaci včelami. Do roztoku bylo následně namícháno předem určené množství koncentrátu obohacených o jednotlivé silice. Celkový pokus zahrnoval 13 variant koncentrátů rostlinných silic. Na pokus byly použity koncentráty silic máta, litsea a kontrolní roztok bez silice.

Do celkového počtu 35 vybraných včelstev bylo rozděleno 13 variant roztoků tak, že 11 druhů silic bylo aplikováno ve třech opakováních/v samostatných úlech, zatímco zbývající dvě rostlinné silice byly podávány každá pouze jednomu včelstvu.

4.5.1 Harmonogram a aplikace roztoků

Experimentální část byla zahájena 26. srpna 2025 provedením odběru vzorků (den 0) pro stanovení výchozího stavu patogenů. Celkem bylo v průběhu pokusu realizováno sedm aplikací krmných roztoků, které byly obohaceny o rostlinné silice. Aplikace byly prováděny formou přímého nalévání smíchané směsi sacharidového roztoku a koncentrátů silic do úlových krmítek.

4.5.2 Příprava sacharidového roztoku

Příprava sacharidového roztoku probíhala v nádobě o dostatečném objemu postupným rozpouštěním krystalového cukru v teplé vodě. Celkové množství cukru bylo do nádoby přidáváno v několika dávkách, aby bylo zajištěno jeho efektivní rozpuštění. Po každém přídavku byl obsah nádoby důkladně mechanicky promícháván, dokud nedošlo k úplné homogenizaci směsi.

Následně byla do nádoby doplňována další část cukru a odpovídající objem vody tak, aby bylo dosaženo výsledného poměru a předem stanovené koncentrace roztoku. Postupné přidávání složek a kontinuální míchání bylo nezbytné pro zamezení tvorby nerozpuštěných usazenin.

Pro první dávku krmiva byl zvolen řidší roztok v poměru 1:1. Následující krmení již probíhala s koncentrovanějším roztokem v poměru 3:2.

4.5.3 Míchání roztoků se silicemi

Dávkování silic bylo odvozeno od etikety na uvedené lahvičce s koncentrátem silice. Vzhledem k tomu, že objem podávaného sacharidového roztoku se v průběhu pokusu

měnil, bylo měření silice pro každou aplikaci individuálně přepočteno tak, aby byla zachována konstantní koncentrace odpovídající stanoveným poměrům.

4.5.4 Způsob krmení a snížení mortality

Během kontroly 28. srpna byla zaznamenána zvýšená mortalita včel v důsledku utopení ve vzorku. Pro snížení mortality byla do krmítek vložena perlinka, která včelám posloužila jako opora, po které včely šplhaly, aby se dostaly bezpečněji k roztoku a neutopily se.

Dne 3. září bylo provedeno vyčištění krmítek od zbylého roztoku a spočítání uhynulých včel. Vzhledem k tomu, že ani aplikování perlinky nevedlo k uspokojivému snížení mortality, došlo 8. září k testování tří alternativních metod aplikace za účelem zvýšení bezpečnosti konzumace roztoku.

1. Aplikace s použitím ethanolu – u tří vybraných včelstev (včelstva č. 1, 3 a 6) byl k přípravě roztoku použit ethanol v dávce 0,05 ml na včelstvo. Pomocí mechanické pipety bylo odebráno malé množství ethanolu. Z pipety byl následně ethanol přesunut do malé plastové zkumavky s víčkem a byl řádně označen. Následně byl odměřený ethanol přilit k odměřenému množství sacharidového roztoku a byl spolu s koncentrátem silice aplikován do krmítka.
2. Zavařovací sklenice – do víček od zavařovacích sklenic byly pomocí malého hřebíku a kladívka vytvořeny otvory. Do sklenice byl nalit sacharidový roztok se koncentrátem silice, sklenice byla pevně uzavřena, byla otočena a umístěna na plodové těleso, což včelám umožnilo postupný odběr prosakujícího roztoku a zamezilo tím topení včel. Tato metoda byla použita u včelstev č. 2, 5, 8 a 10.
3. Keramzitový plovák – do krmítek s již připraveným roztokem byla nasypána vrstva keramzitu. Toto plovoucí kamenivo vytvořilo relativně stabilní plochu pro včely, čímž byla minimalizována možnost kontaktu s hladinou a následujícího utonutí. Tato metoda byla použita u včelstev č. 4, 7 a 9.

Na základě pozorování byla metoda s keramzitovým plovákem vyhodnocena jako nejefektivnější a následně byla aplikována spolu s perlinkou u všech zbývajících včelstev.

4.5.5 Ukončování krmení

Následné aplikace byly provedeny v pravidelných intervalech 17. září a 23. září 2025. Během poslední plánované aplikace dne 29. září 2025 již byla u vybraných včelstev zaznamenána snížená dynamika odběru roztoku. Tento jev souvisel

s postupným ukončováním krmného období a fyziologickými změnami ve včelstvu před zimováním. Následná péče o včelstva spočívala v aplikaci sacharidového roztoku, který sloužil jako náhradní zdroj glycidových zásob. Toto opatření mělo za cíl zajistit včelám stabilitu potravních zdrojů v období mimo hlavní snášku.

4.6 Monitoring roztoče *Varroa destructor*

Monitoring spadu byl zahájen souběžně s aplikací sacharidových těst, která byla včelstvům podána 30. června 2025. Pro sledování byla využita včelstva, jejichž úl disponoval tzv. varroa dnem. Tato konstrukce dna je vybavena sítem, které odděluje prostor plodiště od podmetu a zabraňuje včelám v kontaktu s napadanou mělí a parazity, čímž eliminuje riziko vynášení roztočů včelami mimo úlový prostor.

Do podmetu jednotlivých úlů byly za účelem sběru dat umístěny bílé monitorovací podložky. Světlá barva podložek je vhodná k přesné vizuální identifikaci a následnou kvantifikaci spadaných jedinců. Před samotným začátkem monitoringu bylo nezbytné tyto podložky co nejdůkladněji vyčistit, aby byla zajištěna maximální přehlednost při následné kvantifikaci spadaných roztočů.

Obrázek 3: Spadová podložka na kontrolu spadů roztočů *Varroa destructor* (vlastní fotografie)

Sběr dat a kontrola spadu probíhaly v pravidelných časových intervalech. Proces kontroly zahrnoval kompletní vyjmutí podložky z podmetu úlu a následnou vizuální kontrolu a sečtení všech nalezených roztočů. Veškeré takto získané numerické údaje byly bezprostředně po provedení kontroly zaznamenávány do předem připravené evidenční tabulky pro další statistické zpracování.

Po ukončení každého sčítání byla podložka podrobena mechanické očistě pomocí včelařského smetáčku, aby byla připravena pro další interval sledování. V případech, kdy došlo k výraznějšímu znečištění podložky, například spadem voskových víček, mělí či jinými nečistotami, byla provedena důkladnější údržba formou omytí vodou. Takto očištěné podložky byly následně ponechány k úplnému vyschnutí a teprve poté byly navráceny zpět do podmetu úlů, aby nedocházelo ke zvyšování vlhkosti v úlovém prostoru.

4.7 Laboratorní diagnostika patogenů

Pro přesnou identifikaci přítomností virů a včelích patogenů byla využita metoda polymerázové řetězové reakce (PCR). Tato analýza umožnila detekovat mikrosporidie rodu *Nosema*.

4.7.1 Odběr a skladování vzorků

Z každého stanoviště byly odebrány hromadné vzorky včel (zhruba 20 jedinců do sterilní, řádně označené vzorkovnice). Aby nedošlo k degradaci materiálu, byly vzorky ihned zmrazeny v mrazáku. Následně byly přesunuty do laboratoře, kde byly uchovávány při teplotě – 80°C.

4.7.2 Příprava vzorků a izolace nukleových kyselin

Před samotnou analýzou byly včely homogenizovány v tekutém dusíku. Z takto připravené směsi byla oddělena DNA, která sloužila k detekci mikrosporidií *Nosema spp.* a dalších bakteriálních patogenů. Izolace probíhala pomocí metody CTAB, která využívá chemické pufry a odstřeďování k izolaci DNA ze vzorku.

Obrázek 4: Proces homogenizace včel s tekutým dusíkem (vlastní fotografie)

4.7.3 Průběh PCR analýzy a vyhodnocení

Metoda funguje na bázi namnožení specifických úseků DNA hledaného patogenu. Pokud je patogen ve vzorku přítomen, přístroj díky fluorescenčnímu značení zaznamená navýšení fluorescence.

Pro ověření přesnosti byly do testu zahrnuty i tzv. slepé vzorky (vzorky bez DNA) a pozitivní vzorky se známým patogenem. Specifičnost výsledků byla u vybraných vzorků potvrzena sekvenováním.

5 Výsledky

5.1 Sacharidová těsta

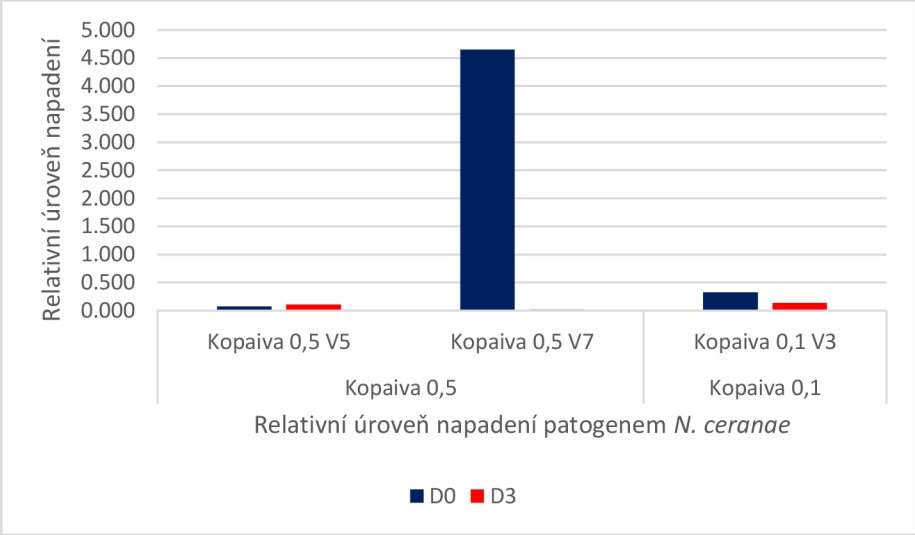
Dne 30.6. proběhla první aplikace, a tudíž i první odběr (D0) a dne 3.7. proběhl odběr druhý (D3).

5.1.1 Sacharidová těsta se silicí kopaiva

Pro tento test byly zvoleny dvě různé koncentrace silic, které byly obsaženy v již hotové sacharidové směsi (koncentrace 0,5 % a 0,1 %).

Tabulka 1: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených sacharidovým těstem obohaceným silicí kopaiva před aplikací krmiva (D0) a 3 dny po aplikaci (D3)

číslo včelstva	koncentrace silice	relativní úroveň napadení v D0	relativní úroveň napadení v D3
5	0,50 %	**0,073**	**0,111**
7	0,50 %	**4,653**	**0,018**
3	0,10 %	**0,326**	**0,135**



Graf 1: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených sacharidovým těstem obohaceným silicí kopaiva před aplikací krmiva (D0) a 3 dny po aplikaci (D3)

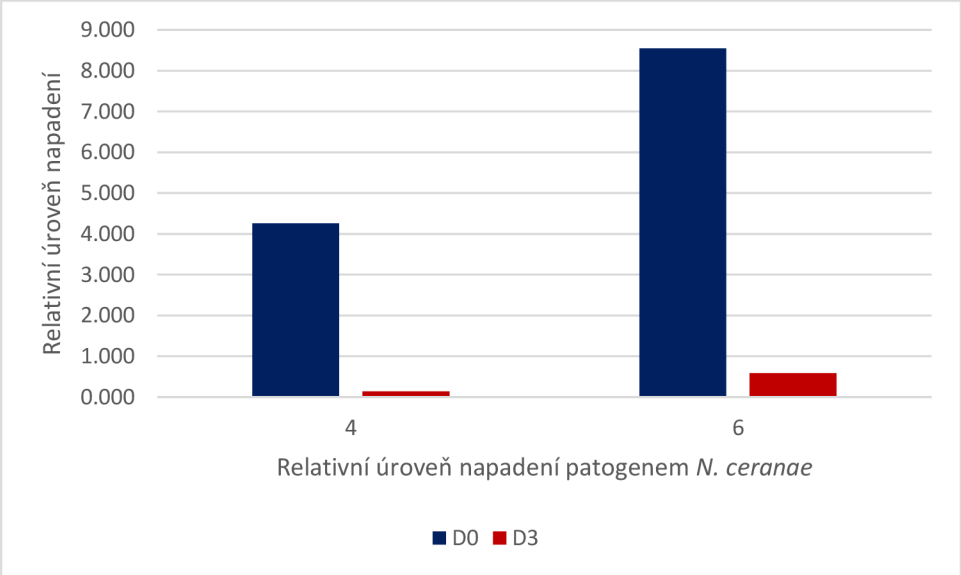
U včelstva č. 5, které bylo krmeno těstem obsahující silici z kopaivy v koncentraci 0,5 %, došlo tři dny po aplikaci ke zvýšení relativní míry napadení patogenem *Nosema ceranae* oproti stavu před podáním krmiva. Naopak u včelstva č.7, kde byla před aplikací zaznamenána vyšší míra napadení, došlo po třech dnech k jejímu výraznému snížení. U včelstva č. 3 v koncentraci 0,1 % byla původní míra napadení nízká, avšak po třech dnech se ještě snížila.

5.1.2 Sacharidová těsta se silicí litsea cubeba

Další sledovanou skupinou byla včelstva, jímž bylo aplikováno sacharidové těsto s přídavkem silice litsea v koncentraci 0,5 %.

Tabulka 2: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených sacharidovým těstem obohaceným silicí litsea před aplikací krmiva (D0) a 3 dny po aplikaci (D3)

číslo včelstva	koncentrace silice	relativní úroveň napadení v D0	relativní úroveň napadení v D3
4	0,50 %	**4,260**	**0,138**
6	0,50 %	**8,544**	**0,585**



Graf 2: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených sacharidovým těstem obohaceným silicí litsea před aplikací krmiva (D0) a 3 dny po aplikaci (D3)

Graf relativní úrovně napadení včelstev patogenem ***Nosema ceranae*** krmených sacharidovým těstem obohaceným silicí litsea před aplikací krmiva (D0) a 3 dny po aplikaci (D3)

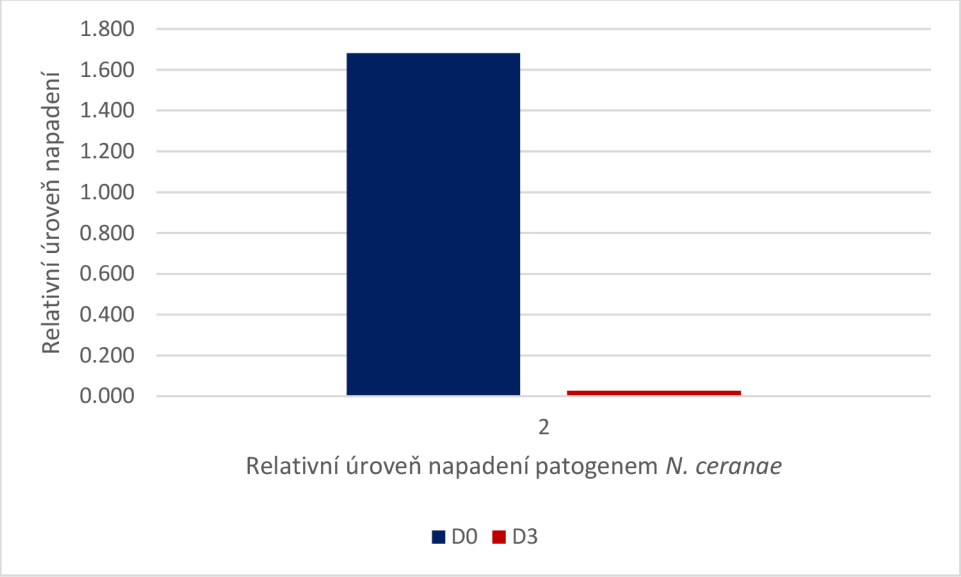
U obou včelstev krmených sacharidovým těstem, které bylo obohaceno o silici z litsey byla před aplikací zaznamenána vysoká míra napadení patogenem *Nosema ceranae*. Tři dny po podání krmiva však došlo k výraznému poklesu relativního napadení patogenem u obou včelstev.

5.1.3 Sacharidové těsto bez silice – kontrolní

Posledním testovaným sacharidovým těstem bylo těsto kontrolní. Je to sacharidové těsto bez přídavku aromatických silic.

Tabulka 3: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených kontrolním sacharidovým těstem bez přídavku silic před aplikací krmiva (D0) a 3 dny po aplikaci (D3)

číslo včelstva	relativní úroveň napadení v D0	relativní úroveň napadení v D3
2	1,682	0,027



Graf 3: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených kontrolním sacharidovým těstem bez přídavku silic před aplikací krmiva (D0) a 3 dny po aplikaci (D3)

Včelstvo č. 2, kterému bylo podáno kontrolní sacharidové těsto bez přídavku silice, vykazovalo v den aplikace vysokou míru relativní úrovně napadení patogenem. Po třech dnech se tato míra výrazně snížila.

5.2 Roztoky se silicemi

První kontrolní odběr byl proveden v den zahájení aplikace, tedy 26.8. 2025 (D0), kdy byla stanovena výchozí úroveň sledovaných parametrů. Druhé hodnocení následovalo po 55 dnech od zahájení pokusu, konkrétně 20.10. 2025 (D55).

5.2.1 Sacharidový roztok obohacený mátovou silicí

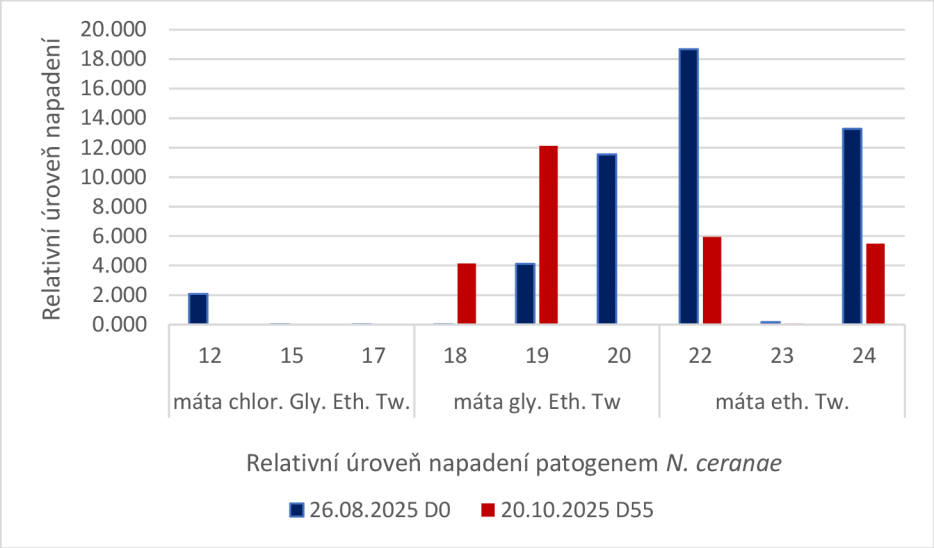
V další části pokusu byla sledována účinnost aplikace sacharidových roztoků obohacených o mátovou silici.

Včelstva byla rozdělena do tří skupin podle typu použité silice:

- Máta 0,1 % + chlorofyl + glycerol + ethanol + tween
- Máta 0,1 % + glycerol + ethanol + tween
- Máta 0,1 % + ethanol + tween

Tabulka 4: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených sacharidovým roztokem obohaceným o silici z máty před aplikací krmiva (D0) a 55 dní po aplikaci (D55)

číslo včelstva	koncentrace silice	relativní úroveň napadení v D0	relativní úroveň napadení v D55
12	0,10 %	**2,088**	**0,023**
15	0,10 %	**0,000**	**0,000**
17	0,10 %	**0,001**	**0,001**
18	0,10 %	**0,010**	**4,140**
19	0,10 %	**4,112**	**12,119**
20	0,10 %	**11,530**	**0,001**
22	0,10 %	**18,685**	**5,939**
23	0,10 %	**0,165**	**0,053**
24	0,10 %	**13,273**	**5,478**



Graf 4: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených sacharidovým roztokem obohaceným o silici z máty před aplikací krmiva (D0) a 55 dní po aplikaci (D55)

U včelstva č. 12, které bylo krmeno sacharidovým roztokem obohaceným o silici s mátou a chlorofylem, glycerolem, ethanolem a tweenem v koncentraci 0,1 %, byla počáteční relativní úroveň napadení patogenem vyšší, ovšem po 55 dnech od aplikace se relativní úroveň napadení snížila na minimum. Včelstva č. 15 a č. 17, která byla krmena stejným roztokem jako včelstvo č. 12, se relativní úroveň napadení po 55 dnech nezměnila.

Včelstvo č. 18, které bylo krmeno sacharidovým roztokem obohaceným o mátovou silici s glycerolem, ethanolem a tweenem v koncentraci 0,1 %, vstupovalo do pokusu s téměř nulovou relativní úrovní napadení, ovšem po 55 dnech se relativní úroveň napadení zvýšila. Včelstvo č. 19, které bylo krmeno stejným roztokem, mělo na začátku pokusu nízké relativní napadení patogenem, avšak po 55 dnech se zvýšilo. Včelstvo č. 20 vstupovalo do pokusu s vysokým počátečním napadením, které po 55 dnech bylo téměř nulové.

Včelstva č. 22 a č. 24 měla vysokou relativní úroveň napadení patogenem *Nosema ceranae*, po 55 dnech od aplikace se hladina relativního napadení snížila. Včelstvo č. 22 mělo velice nízkou počáteční míru relativního napadení patogenem, po 55 dnech se tato míra ještě snížila.

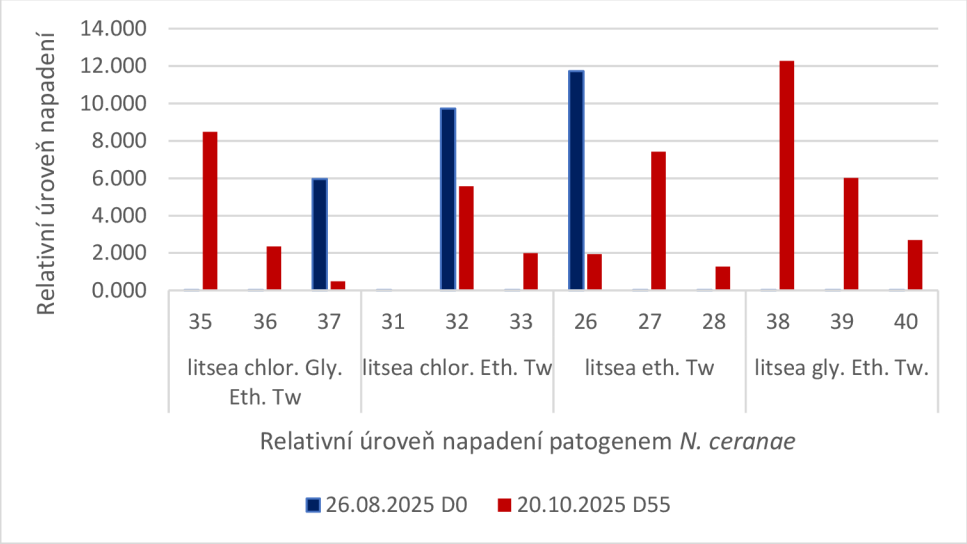
5.2.2 Sacharidový roztok obohacený o silici litsea

V návaznosti na testování mátových silic byla v rámci pokusu sledována a testována účinnost silice litsea. Sledování a odběry probíhaly ve stejných datech, jako u předchozích, mátových silic. Testované skupiny byly:

- Litsea 0,1 % + chlorofyl + glycerol + ethanol + tween
- Litsea 0,1 % + chlorofyl + ethanol + tween
- Litsea 0,1 % + ethanol + tween
- Litsea 0,1 % + glycerol + ethanol + tween

Tabulka 5: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených sacharidovým roztokem obohaceným o silici z litsey před aplikací krmiva (D0) a 55 dní po aplikaci (D55)

číslo včelstva	koncentrace silice	relativní úroveň napadení v D0	relativní úroveň napadení v D55
35	0,10 %	**0,009**	**8,474**
36	0,10 %	**0,000**	**2,343**
37	0,10 %	**5,962**	**0,485**
31	0,10 %	**0,010**	**0,000**
32	0,10 %	**9,728**	**5,571**
33	0,10 %	**0,011**	**1,993**
26	0,10 %	**11,733**	**1,937**
27	0,10 %	**0,000**	**7,419**
28	0,10 %	**0,014**	**1,269**
38	0,10 %	**0,000**	**12,267**
39	0,10 %	**0,025**	**6,011**
40	0,10 %	**0,009**	**2,689**



Graf 5: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených sacharidovým roztokem obohaceným o silici z litsey před aplikací krmiva (D0) a 55 dní po aplikaci (D55)

Včelstva č. 35 a č. 36, která byla krmena sacharidovým roztokem se silicí s litseou, chlorofylem, ethanolem a tweenem v koncentraci 0,1 %, měla na začátku pokusu téměř nulové relativní napadení patogenem. Po 55 dnech se relativní napadení patogenem zvýšilo. U včelstva č. 37 by pozorován opak, kdy při aplikaci sacharidového krmiva bylo relativní napadení vysoké a po 55 dnech od první aplikace se relativní úroveň napadení snížila.

U včelstva č. 31, které bylo krmeno sacharidovým roztokem se silicí s litseou, chlorofylem, ethanolem a tweenem v koncentraci 0,1 %, byla počáteční míra relativního napadení patogenem téměř nulová. Po 55 dnech se míra relativního napadení snížila na nulu. Včelstvo č. 32, krmené stejným sacharidovým roztokem, mělo v den aplikace vysoké relativní napadení patogenem. Po 55 dnech se tato úroveň snížila. U včelstva č. 33 bylo prvotní relativní napadení téměř nulové. Po 55 dnech se míra relativní úrovně napadení zvýšila.

Včelstvo č. 26, které bylo krmeno sacharidovým roztokem se silicí s litseou, ethanolem a tweenem v koncentraci 0,1 %, vykazovalo v den aplikace roztoku vysokou míru relativního napadení, která se po 55 dnech od aplikace snížila. Zbylá dvě včelstva (včelstva č. 27 a 28), která byla krmena stejným roztokem, měla v den aplikace roztoku minimální míru relativního napadení, která se po 55 dnech od aplikace zvýšila.

Včelstva č. 38, 39 a 40, kterým byl aplikován sacharidový roztok obohacený o silici s litseou, glycerolem, ethanolem a tweenem v koncentraci 0,1 %, měla počáteční míru relativního napadení patogenem nízkou. Po 55 dnech od aplikace se u všech těchto včelstev relativní míra napadení patogenem zvýšila.

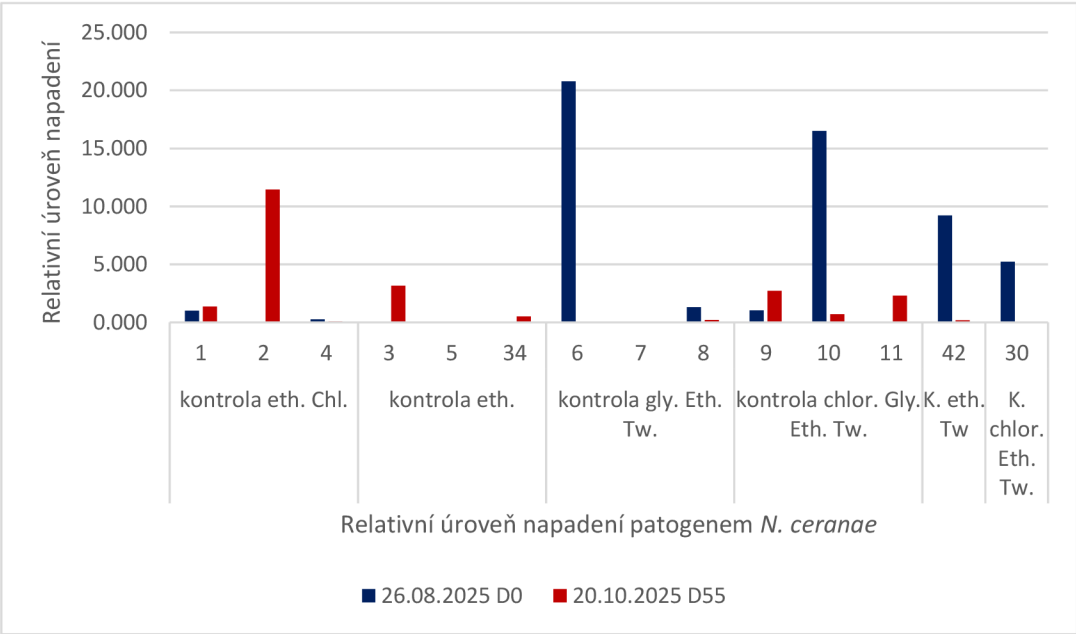
5.2.3 Sacharidové roztoky bez silice – kontrolní skupiny

Jako poslední testovaná skupina byla skupina kontrolní. Zde byl aplikovány pouze pomocné látky a nosiče bez přídavku aromatické složky.

- Kontrola + ethanol + chlorofyl
- Kontrola + ethanol
- Kontrola + glycerol + ethanol + tween
- Kontrola + chlorofyl + glycerol + ethanol + tween
- Kontrola + ethanol + tween
- Kontrola + chlorofyl + ethanol + tween

Tabulka 6: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených kontrolním sacharidovým roztokem před aplikací krmiva (D0) a 55 dní po aplikaci (D55)

číslo včelstva	relativní úroveň napadení v D0	relativní úroveň napadení v D55
1	1,000	1,353
2	0,008	11,462
4	0,262	0,061
3	0,000	3,149
5	0,001	0,001
34	0,001	0,498
6	20,784	
7		0,000
8	1,315	0,197
9	1,024	2,709
10	16,497	0,708
11	0,000	2,290
42	9,235	0,166
30	5,235	0,000



Graf 6: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených kontrolním sacharidovým roztokem před aplikací krmiva (D0) a 55 dní po aplikaci (D55)

Včelstva č. 1 a 2, která byla krmena sacharidovým kontrolním roztokem s ethanolem a chlorofylem, měla na začátku aplikace roztoků nízkou míru relativního napadení patogenem *Nosema ceranae*. Po 55 dnech od první aplikace se míra relativní úrovně napadení zvýšila. U včelstva č. 2 došlo k vysokému nárůstu relativního napadení, zatímco u včelstva č. 1 nárůst nebyl tak vysoký. Včelstvo č. 4, které bylo krmeno

stejným roztokem, mělo míru relativního napadení velice nízkou, ovšem po 55 dnech od aplikace se míra napadení ještě snížila.

Včelstva č. 3 a 34, kterým byl aplikován sacharidový kontrolní roztok s ethanolem, měla počáteční míru relativní úrovně napadení nulovou, nebo téměř nulovou. Po 55 dnech se tato míra napadení zvýšila. Včelstvo č. 5, kterému byl aplikován stejný roztok, mělo v dne aplikace i 55 dní po aplikaci stejně nízkou míru relativní úrovně napadení.

Včelstvo č. 6, které bylo krmeno sacharidovým kontrolním roztokem s glycerolem, ethanolem a tweenem, mělo velmi vysokou míru relativního napadení v den aplikace roztoků. Míra napadení po 55 dnech od aplikace nebyla vyhodnocena. U včelstva č. 7, které bylo krmeno stejným roztokem, nebyla míra napadení v den aplikace roztoků vyhodnocena. Po 55 dnech od aplikace byla míra relativní úroveň napadení nulová. Včelstvo č. 8 mělo v den aplikace vyšší míru relativní úrovně napadení, přičemž po 55 dnech se tato míra snížila.

U včelstev č. 9 a 11, která byla krmena sacharidovým kontrolním roztokem s chlorofylem, glycerolem, ethanolem a tweenem, byla relativní úroveň napadení v den aplikace nízká, u včelstva č. 11 nulová. U obou včelstev došlo po 55 dnech od aplikace k mírnému zvýšení relativní úrovně napadení. Včelstvo č. 10 mělo v dne aplikace vysokou relativní úroveň napadení, ale po 55 dnech od aplikace se úroveň rapidně snížila.

Včelstvu č. 42 byl podáván sacharidový kontrolní roztok s ethanolem a tweenem. Počáteční míra relativního napadení patogenem byla vysoká, ovšem po 55 dnech od aplikace klesla téměř na nulu.

Včelstvo č. 30, kterému byl aplikován sacharidový kontrolní roztok s chlorofylem, ethanolem a tweenem měl vysokou relativní úroveň napadení v den 0, avšak v den 55 klesla na nulu.

5.3 Spad roztočů *Varroa destructor*

Sledování přirozeného spadu roztoče probíhalo kontinuálně v rámci dlouhodobého monitoringu zdravotního stavu včelstev po celé vegetační období.

5.3.1 Spad roztočů *Varroa destructor* z období aplikace sacharidových těst se silicemi

Pro účely této práce byla vyhodnocena pouze data z období, kdy byla včelstvům podávána sacharidová těsta.

V tomto časovém období proběhly u 22 včelstev celkem čtyři kontrolní vyhodnocování spadu roztoče.

Tabulka 7: kontrolní spady roztoče; sacharidové těsto obohacené o silici kopaiva v koncentraci 0,1 %

koncentrace: 0,1 %	včelstvo	27.06.2025	22.07.2025	29.07.2025	13.08.2025
kopaiva	V1	0	0	0	0
kopaiva	V3	0	0	0	0

V průběhu sledovaného období nebyl zaznamenán žádný spad roztočů.

Tabulka 8: kontrolní spady roztoče; sacharidové těsto obohacené o silici kopaiva v koncentraci 0,5 %

koncentrace: 0,5 %	včelstvo	27.06.2025	22.07.2025	29.07.2025	13.08.2025
kopaiva	V5		0	0	0
kopaiva	V7	0	0	0	0

Ve sledovaném období byl spad roztočů nulový.

Tabulka 9: kontrolní spady roztoče; sacharidové těsto obohacené o silici litsea v koncentraci 0,5 %

koncentrace: 0,5 %	včelstvo	27.06.2025	22.07.2025	29.07.2025	13.08.2025
litsea	V4	0	0	0	0
litsea	V6	0	0	0	0

Během sledovaného období zde nebyl detekován výskyt spadu roztočů.

Tabulka 10: kontrolní spady roztoče; sacharidové těsto obohacené o silici litsea v koncentraci 0,1 %

koncentrace: 0,1 %	včelstvo	27.06.2025	22.07.2025	29.07.2025	13.08.2025
litsea	V13	0	0	0	0
litsea	V24			0	0
litsea	V25	0	0	0	0

V průběhu sledovaného období nebyl zaznamenán žádný spad roztočů. Hodnoty spadu tak zůstaly nulové.

Tabulka 11: kontrolní spady roztoče; sacharidové těsto obohacené o silici hřebíček v koncentraci 0,5 %

koncentrace: 0,5 %	včelstvo	27.06.2025	22.07.2025	29.07.2025	13.08.2025
Hřebíček	V16			0	
Hřebíček	V19	0	0	0	0
Hřebíček	V23	0	0	0	1

V průběhu sledovaného období byl zaznamenán téměř nulový spad roztočů.

Tabulka 12: kontrolní spady roztoče; sacharidové těsto obohacené o silici hřebíček v koncentraci 0,1 %

koncentrace: 0,1 %	včelstvo	27.06.2025	22.07.2025	29.07.2025	13.08.2025
Hřebíček	V37	0	0	0	0
Hřebíček	V39	0	0	0	0
Hřebíček	V41	0	0	0	0

Za toto sledované období nebyl zaznamenán žádný spad roztočů.

Tabulka 13: kontrolní spady roztoče; sacharidové těsto obohacené o silici dobromysl v koncentraci 0,5 %

koncentrace: 0,5 %	včelstvo	27.06.2025	22.07.2025	29.07.2025	13.08.2025
Dobromysl	V38	0	0	0	0
Dobromysl	V40	0	0	0	0
Dobromysl	V42	0	0	0	0

Ve všech sledovaných termínech byl spad roztoče nulový.

Tabulka 14: kontrolní spady roztoče; kontrolní sacharidové těsto

	včelstvo	27.06.2025	22.07.2025	29.07.2025	13.08.2025
Kontrolní	V2	3	0	0	0
Kontrolní	V26			0	0
Kontrolní	V29				0
Kontrolní	V30	0	0	0	0

Spad roztočů byl zaznamenán pouze jednorázově u včelstva č. 2, v ostatních případech byl spad nulový nebo nebyl sledován.

Vyhodnocení přirozeného spadu roztoče u již zmíněných 22 včelstev v období aplikace sacharidových těst potvrdila velice nízkou intenzitu varroázy. Naměřené hodnoty vykazovaly ve všech sledovaných případech nulový nebo zcela zanedbatelný spad.

V datech se u některých včelstev a termínů vyskytují chybějící údaje, což bylo způsobeno neprovedením kontroly v daném čase. Vzhledem k tomu, že i u včelstev s nenulovým nálezem se jednalo o jednotky kusů, lze konstatovat, že intenzita varroázy byla na stanovišti zanedbatelná.

5.3.2 Spad roztočů z období aplikovaných sacharidových roztoků se silicemi

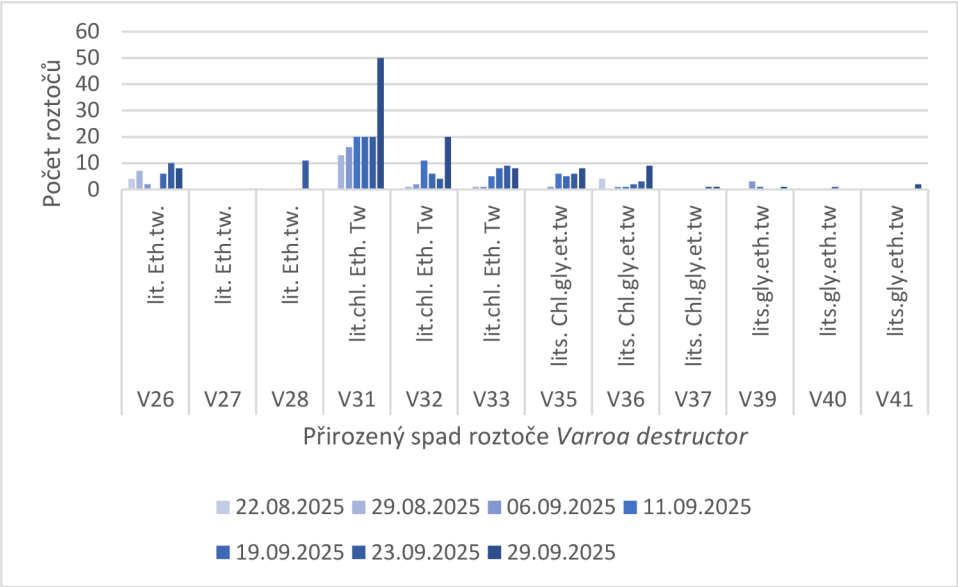
Souběžně s hodnocením vlivu silic aplikovaných ve formě roztoku byl u celého souboru 35 včelstev prováděn kontinuální monitornig přirozeného denního spadu roztoče *Varroa destructor*.

Tento monitoring probíhal v sedmi kontrolních termínech v období od srpna do září roku 2025. Jeho cílem bylo ověřit, zda zvolená kombinace silic a aditiv nevyvolává ve včelstvech stresovou reakci či oslabení, které by potenciálně mohlo vést k rozvoji varroázy.

5.3.2.1 Spady roztočů – roztok se silicí litsea

U skupiny včelstev, kterým byl aplikován sacharidový roztok se silicí z litsey s přídavkem glycerolu (včelstva č. 39–41) byl po celé sledované období sedmi týdnů zaznamenán minimální až nulový spad roztočů *Varroa destructor*. Naproti tomu u variant s přídavkem chlorofylu se projevil postupný nárůst spadu.

Nejvýraznější zvýšení bylo pozorováno u včelstva č. 31, kde spad na konci září zřetelně narůstal. Mírně zvýšená dynamika spadu se objevila také u včelstev č. 32 a 36, zatímco u včelstva č. 28 šlo jen o jednorázové zvýšení ve druhé polovině září. Včelstvo č. 27 nebylo do hodnocení zahrnuto z důvodu chybějících dat.

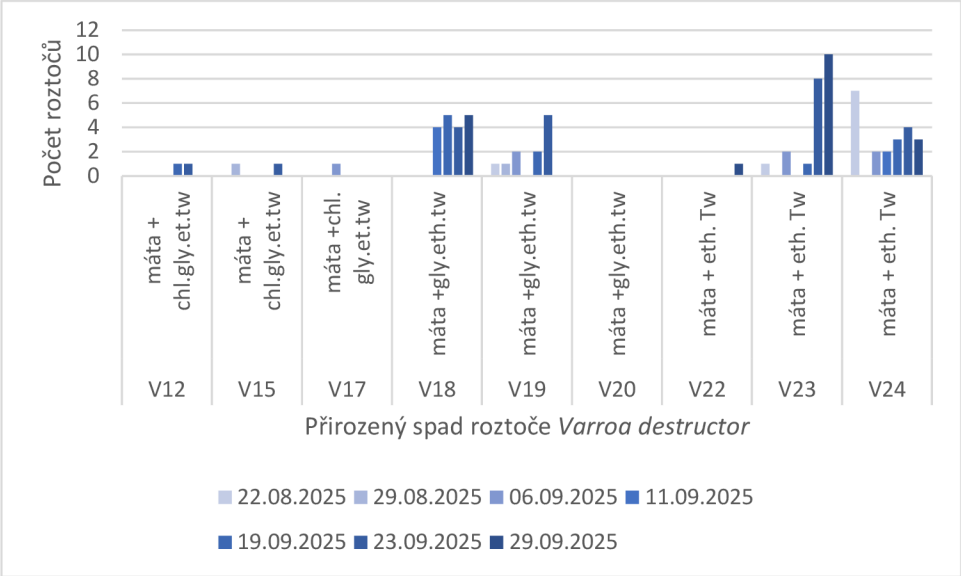


Graf 7: Přirozený spad roztoče *Varroa destructor* v době aplikace sacharidového roztoku obohaceného o silici litsea v koncentraci 0,1 %

5.3.2.2 Spady roztočů – roztok se silicí máta

Souběžně s testováním silice s litseou byl u souboru devíti včelstev sledován vliv sacharidových roztoků s obsahem mátové silice a doplňkových látek na dynamiku spadu roztoče.

U většiny sledovaných včelstev byl zaznamenán pouze minimální, případně nulový spad roztočů. Skupina mátových silic s přídavkem chlorofylu u včelstev č. 12, 15 a 17 se vyznačovala buď úplnou absencí roztočů, nebo jen ojedinělými spady nepřesahujícími 1-2 jedince za týden. U včelstev, kterým byla podávána silice s přídavkem glycerolu (včelstva č. 18 a 19) se v polovině září objevil mírný nárůst spadu. Ke zvýšení došlo také v závěru září u včelstev č. 23 a 24, která byla krmena roztokem s ethanolem a tweenem. Tam hodnoty dosáhly maximálně 10 roztočů. I tyto hodnoty však nadále odpovídají nízké úrovni napadení roztočem.

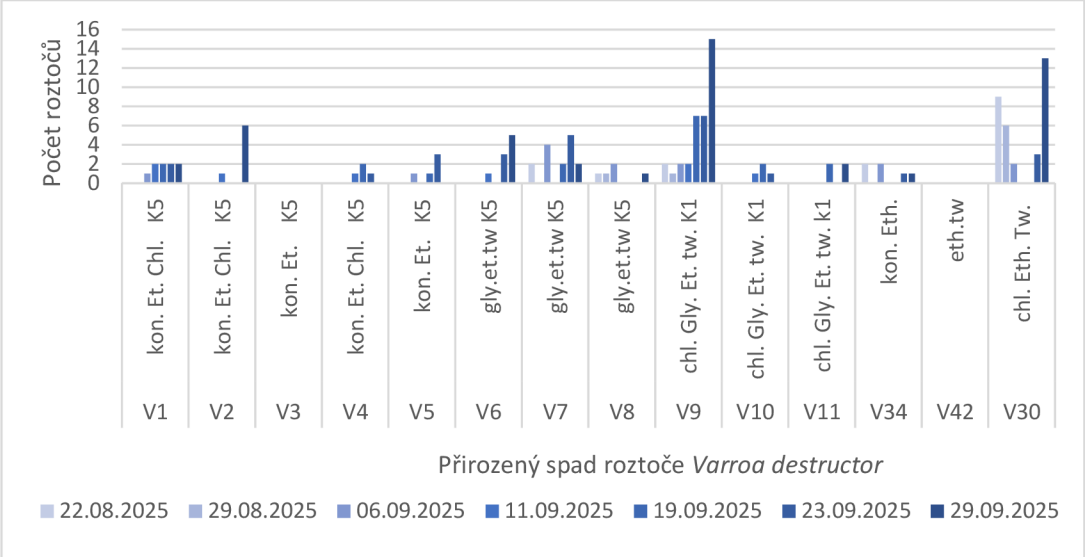


Graf 8: Přirozený spad roztoče *Varroa destructor* v době aplikace sacharidového roztoku obohaceného o silici máta v koncentraci 0,1 %

5.3.2.3 Spady roztočů – sacharidový roztok s kontrolními roztoky

Jako srovnávací standard pro silice byly sledovány kontrolní skupiny včelstev, kterým byly podávány sacharidové roztoky obsahující pouze pomocná aditiva (chlorofyl, ethanol, glycerol a tween). V závěru sezóny vykazuje největší variabilitu a v několika případech i nejvyšší naměřené hodnoty v rámci celého pokusu.

Kontrolní včelstva vykazovala ve sledovaném období rostoucí variabilitu spadu. Zatímco v srpnu převažovaly nulové hodnoty, v průběhu září došlo u několika včelstev k výrazné gradaci nárůstu spadu roztoče.



Graf 9: Přirozený spad roztoče *Varroa destructor* v době aplikace kontrolního sacharidového roztoku

6 Diskuse

Mnou získané výsledky naznačují, že aplikace vybraných rostlinných silic v sacharidovém krmivu může ovlivňovat dynamiku infekce mikrosporidií *Nosema ceranae* u včely medonosné. Nejvýraznější redukce relativní úrovně napadení byla zaznamenána u včelstev s vysokou počáteční infekcí, zejména při aplikaci silic ve formě sacharidového těsta. Tento efekt byl patrný především u silice litsea a kopaiva, kde během krátkého časového intervalu došlo k výraznému poklesu hodnot infekce. Mé výsledky tak naznačují, že účinek rostlinných silic může být výraznější zejména u silněji napadených včelstev.

Podobné postupy zaměřené na využití přírodních látek v prevenci a kontrole nosemózy byly popsány také v několika dalších studiích. Například práce Garrido et al. (2024) uvádí, že některé rostlinné extrakty, případně jejich kombinace mohou snížit intenzitu infekce *Nosema ceranae* a zároveň ovlivnit fyziologický stav včel. Touto problematikou se zabývá také studie Braglia et al. (2021), která systematicky testovala širší spektrum přídavných látek do sacharidového krmiva včetně rostlinných extraktů a mikrobiálních produktů. Autoři prokázali, že některé z těchto látek mohou významně omezit rozvoj nosemózy u experimentálně infikovaných včel. Ve studii byli jedinci infikováni sporami *Nosema ceranae* a následně krmeni sacharidovým roztokem obsahujícím testované látky, přičemž množství parazita bylo následně stanoveno pomocí qPCR.

Výsledky těchto studií jsou v souladu s výsledky mé práce, ve které bylo rovněž pozorováno snížení intenzity infekce *Nosema ceranae* po aplikaci vybraných silic v sacharidovém krmivu. Společně tyto práce naznačují, že různé typy bioaktivních přírodních látek podávaných v krmivu mohou představovat perspektivní alternativní strategii pro omezení nosemózy u včel.

Při celkovém porovnání všech zjištěných hodnot se ukázalo několik hlavních rozdílů v tom, jak testované silice ovlivňují napadení *Nosema ceranae*. V kontrolní skupině, která byla aplikovaná v sacharidovém roztoku byly výsledky hodně kolísavé. Někde došlo k nárůstu nákazy, jinde zase naopak k jejímu poklesu. To potvrzuje, že bez jakéhokoli zásahu se průběh infekce může vyvíjet velmi proměnlivě.

U skupin, kde byly aplikovány silice v sacharidovém roztoku, už byly patrné určité pozitivní účinky, i když se jejich stabilita lišila. Nejlépe z porovnání vychází mátová silice, která měla celkově nejvyrovnanější a nejspolehlivější účinek napříč

různými způsoby aplikace. U většiny včelstev došlo po 55 dnech k výraznému poklesu infekce. Jen u včelstev č. 18 a 19 byl zaznamenán opačný vývoj. Silice z máty dokáže nejen potlačit již rozvinutou infekci, ale také ji udržet dlouhodobě a nižší úrovni.

Silice z litsey v sacharidovém roztoku měla naopak kolísavější účinek. U včelstev s vysokým počátečním napadením sice vedla ke srovnatelnému poklesu jako mátová silice, ale u včelstev s nízkým počátečním nakažením často nezabránila dalšímu rozvoji infekce. V některých případech dokonce došlo ke zhoršení stavu, což bylo nejvíce patrné u skupin s přídavkem glycerolu, kde hodnoty napadení místy překročily stav ze dne první aplikace.

Zajímavé výsledky přinesla také aplikace silic v sacharidovém těstě, která umožňuje posoudit spíše krátkodobý efekt. I přes omezený počet odběrů se u všech skupin projevily výrazné změny. U včelstev s vysokým počátečním napadením byl po aplikaci silic z kopaivy a litsey zaznamenán rychlý a výrazný pokles nákazy, což naznačuje, že tato forma aplikace může působit velmi rychle.

Určitý pokles byl sice pozorován i u kontrolního těsta bez silic, pravděpodobně vlivem samotného přísunu potravy, ale u skupin se silicemi byl tento efekt výraznější.

Je možné, že včely zalétávaly i do jiných úlů, a tím mohlo docházet k přenosu silic i do skupin, kde bylo použito kontrolní těsto. Tato skutečnost mohla ovlivnit získané výsledky. Při opakování pokusu by proto bylo vhodné rozmístit jednotlivé skupiny úlů tak, aby se zalétávání včel co nejvíce omezilo a minimalizovalo se tak riziko zkreslení výsledků.

Celkově tedy mé výsledky ukazují, že všechny testované silice mají určitý potenciál omezovat množení *Nosema ceranae*, ale jejich účinnost se liší jak podle typu silice, tak podle formy aplikace. Zatímco při dlouhodobějším působení v roztoku se ukázala nejspolehlivěji silice s mátou, v krátkodobém horizontu při podání v těstě vykazovala dobrý účinek litsea.

Na širší význam rostlinných silic v ochraně včelstev poukazují i další studie zaměřené na jiné patogeny a parazity. Podobné výsledky, týkající se roztoče *Varroa destructor*, byly popsány ve studii Hýbl et al. (2021), která testovala účinnost třiceti různých rostlinných silic proti výše zmíněnému roztoči. Autoři zjistili, že některé silice vykazují výraznou akaricidní aktivitu a mohou způsobovat vysokou mortalitu roztočů při současně relativně nízké toxicitě pro včely. Mezi nejúčinnější patřily zejména silice z manuky, máty peprné, oregana či litsey. Zjištění této studie jsou tedy v určité míře v souladu s výsledky předkládané práce, ve které byl rovněž pozorován rozdílný

účinek jednotlivých silic na spad roztočů. Lze proto předpokládat, že některé rostlinné silice mohou působit jako účinné bioaktivní látky ovlivňující populaci tohoto parazita ve včelstvech.

Účinky rostlinných silic na roztoče *Varroa destructor* byly popsány autory Ghasemi et al. (2011). Autoři testovali fumigační toxicitu několika rostlinných silic a zjistili, že nejvyšší akaricidní účinek představovala silice z *Thymus kotschyanus*. Tyto výsledky se částečně liší od výsledků mé práce, ve které byla nejvyšší účinnost pozorována u silice z máty peprné (*Mentha piperita*) v kombinaci s chlorofylem podávanou v sacharidovém roztoku. Rozdíly mezi výsledky mohou souviset zejména s odlišným způsobem aplikace testovaných látek. Zatím co Ghasemi et al. (2011) hodnotili účinek silic ve formě fumigantu, tedy ve formě par či dýmu působících přes dýchací soustavu v laboratorních podmínkách, v této práci byly silice podávány perorálně prostřednictvím sacharidového krmiva (roztoku) a jejich účinek byl hodnocen na základě přirozeného spadu ve včelstvech. Tyto rozdíly v metodice mohou významně ovlivnit výslednou účinnost jejich látek.

Celkově lze konstatovat, že výsledky mé práce jsou v souladu s řadou publikovaných studií, které poukazují na významný potenciál rostlinných silic jako doplňkového prostředku při tlumení infekce *Nosema ceranae*. Současně však dostupná literatura i mnou provedený experiment poukazují, že účinnost těchto látek je značně variabilní a stanovená řadou faktorů, jako je chemické složení silic, jejich koncentrace, zvolená aplikační forma či aktuální fyziologický stav včel.

Při hodnocení účinnosti testovaných látek na ektoparazitického roztoče *Varroa destructor* je nutné zohlednit specifickou populační dynamiku tohoto patogenu v průběhu sezóny. Výsledky mé práce je nutné předkládat s ohledem na nízkou úroveň napadení včelstev během sledovaného období. V důsledku průběhu sezóny byl výskyt roztoče *Varroa destructor* velmi nízký a ve většině včelstev byl zaznamenán nulový spad. Za těchto podmínek je obtížné spolehlivě posoudit účinnost testovaných silic, protože při minimální přítomnosti parazita nejde jejich efekt jednoznačně prokázat. Nízká intenzita napadení spolu se zvoleným způsobem hodnocení proto představují významné omezení mé práce a snižují její průkaznou hodnotu.

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zhodnotit vliv vybraných rostlinných silic aplikovaných v sacharidovém krmivu na vybrané patogeny včely medonosné (*Apis mellifera*) v provozních podmínkách. Pozornost byla zaměřena především na mikrosporidii *Nosema ceranae* a ektoparazitického roztoče *Varroa destructor*.

Na základě získaných výsledků lze konstatovat, že aplikace rostlinných silic může v určitých případech ovlivnit dynamiku infekce *Nosema ceranae*. U některých sledovaných včelstev došlo k výraznému poklesu relativní úrovně napadení, přičemž nejvýraznější redukce byla pozorována zejména u včelstev s vyšší počáteční infekcí. Z porovnání jednotlivých variant vyplynulo, že relativně nejstabilnější účinek vykazovala mátová silice, u které byl ve více případech zaznamenán dlouhodobější pokles nebo stabilizace hladiny infekce touto mikrosporidií. Naopak u některých dalších testovaných silic byl pozorován značně variabilní efekt, který byl pravděpodobně ovlivněn počátečním stavem včelstev, koncentrací použité látky a způsobem aplikace.

Souběžně s hodnocením nosemózy byl sledován také přirozený spad roztoče *Varroa destructor* u všech zapojených včelstev. Intenzita napadení byla ve sledovaném období obecně velmi nízká, což částečně limitovalo možnost jednoznačně posoudit případný akaricidní účinek testovaných silic. Přesto byly mezi jednotlivými skupinami zaznamenány určité rozdíly v dynamice spadu roztočů, které naznačují, že aplikace některých rostlinných silic by mohla populaci tohoto parazita ovlivňovat.

Celkově výsledky této práce naznačují, že rostlinné silice mohou představovat zajímavý doplňkový nástroj v alternativních přístupech ke kontrole patogenů včely medonosné. Je však zřejmé, že jejich účinnost je značně variabilní a závisí na řadě faktorů.

Seznam použité literatury

1. Abati, R., Sampaio, A. R., Maciel, R. M. A., Colombo, F. C., Libardoni, G., Battisti, L., ... & Potrich, M. (2021). Bees and pesticides: the research impact and scientometrics relations. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(25), 32282-32298.
2. Ahmad, S., Campos, M. G., Fratini, F., Altaye, S. Z., & Li, J. (2020). New insights into the biological and pharmaceutical properties of royal jelly. *International journal of molecular sciences*, *21*(2), 382.
3. Alberti, G., & Hänel, H. (1986). Fine structure of the genital system in the bee parasite, Varroa jacobsoni (Gamasida: Dermanyssina) with remarks on spermiogenesis, spermatozoa and capacitation. *Experimental & applied acarology*, *2*(1), 63-104.
4. Arena, M., & Sgolastra, F. (2014). A meta-analysis comparing the sensitivity of bees to pesticides. *Ecotoxicology*, *23*(3), 324-334.
5. Atanasov, A., & Georgiev, S. (2022, June). Parameter Recovery study of honeybee colony failure due to nutritional deficiency. In *International Conference on New Trends in the Applications of Differential Equations in Sciences* (pp. 211-221). Cham: Springer International Publishing.
6. Bailey, L., & Ball, B. V. (2013). *Honey bee pathology*. Elsevier.
7. Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils–a review. *Food and chemical toxicology*, *46*(2), 446-475.
8. Bava, R., Castagna, F., Palma, E., Marrelli, M., Conforti, F., Musolino, V., ... & Musella, V. (2023). Essential oils for a sustainable control of honeybee varroosis. *Veterinary Sciences*, *10*(5), 308.
9. Braglia, C., Alberoni, D., Porrini, M. P., Garrido, P. M., Baffoni, L., & Di Gioia, D. (2021). Screening of dietary ingredients against the honey bee parasite Nosema ceranae. *Pathogens*, *10*(9), 1117.
10. Calderón, R. A., Van Veen, J. W., Sommeijer, M. J., & Sanchez, L. A. (2010). Reproductive biology of Varroa destructor in Africanized honey bees (Apis mellifera). *Experimental and Applied Acarology*, *50*(4), 281-297.

11. Cardinelli, C. C., Silva, J. E. A. E., Ribeiro, R., Veiga-Junior, V. F., Santos, E. P. D., & de Freitas, Z. M. F. (2023). Toxicological effects of copaiba oil (Copaifera spp.) and its active components. *Plants*, *12*(5), 1054.
12. Cavalloro, R. (Ed.). (1983). *Varroa Jacobsonioud Affecting Honey Bees: Present Status and Needs* (Vol. 8761). CRC Press.
13. CUCU, A. K. (2024). Mentha piperita L.: OVERVIEW OF. *PROF. DR. HASAN AKGÜL PROF. DR. ENGIN ŞAHNA PROF. DR. ZELIHA SELAMOĞLU*, 165.
14. Da Trindade, R., Da Silva, J. K., & Setzer, W. N. (2018). Copaifera of the Neotropics: A Review of the Phytochemistry and Pharmacology. *International Journal of Molecular Sciences*, *19*(5), 1511.
15. Denisow, B., & Denisow-Pietrzyk, M. (2016). Biological and therapeutic properties of bee pollen: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *96*(13), 4303-4309.
16. Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., & Mnif, W. (2016). Essential oils' chemical characterization and investigation of some biological activities: A critical review. *Medicines*, *3*(4), 25.
17. Donzé, G., & Guerin, P. M. (1994). Behavioral attributes and parental care of Varroa mites parasitizing honeybee brood. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, *34*(5), 305-319.
18. Drescher, N., Klein, A. M., Neumann, P., Yañez, O., & Leonhardt, S. D. (2017). Inside honeybee hives: Impact of natural propolis on the ectoparasitic mite Varroa destructor and viruses. *Insects*, *8*(1), 15.
19. El-Maati, M. F. A., Mahgoub, S. A., Labib, S. M., Al-Gaby, A. M., & Ramadan, M. F. (2016). Phenolic extracts of clove (Syzygium aromaticum) with novel antioxidant and antibacterial activities. *European journal of integrative medicine*, *8*(4), 494-504.
20. Evison, S. E., Roberts, K. E., Laurenson, L., Pietravalle, S., Hui, J., Biesmeijer, J. C., ... & Hughes, W. O. (2012). Pervasiveness of parasites in pollinators. *PloS one*, *7*(1), e30641.
21. Formato, G., Rivera-Gomis, J., Bubnic, J., Martín-Hernández, R., Milito, M., Croppi, S., & Higes, M. (2022). Nosemosis prevention and control. *Applied Sciences*, *12*(2), 783.

22. Gajski, G., Leonova, E., & Sjakste, N. (2024). Bee venom: composition and anticancer properties. *Toxins*, *16*(3), 117.
23. Galajda, R., Valenčáková, A., Sučik, M., & Kandráčová, P. (2021). Nosema disease of European honey bees. *Journal of Fungi*, *7*(9), 714.
24. Garrido, P. M., Porrini, M. P., Alberoni, D., Baffoni, L., Scott, D., Mifsud, D., ... & Di Gioia, D. (2024). Beneficial bacteria and plant extracts promote honey bee health and reduce Nosema ceranae infection. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, *16*(1), 259-274.
25. Genersch, E. (2010). American Foulbrood in honeybees and its causative agent, Paenibacillus larvae. *Journal of invertebrate pathology*, *103*, S10-S19.
26. Ghasemi, V., Moharramipour, S., & Tahmasbi, G. (2011). Biological activity of some plant essential oils against Varroa destructor (Acari: Varroidae), an ectoparasitic mite of Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae). *Experimental and applied acarology*, *55*(2), 147-154.
27. GÓMEZ-MORACHO, T. A. M. A. R. A., Heeb, P., & Lihoreau, M. (2017). Effects of parasites and pathogens on bee cognition. *Ecological Entomology*, *42*, 51-64.
28. Haro-González, J. N., Castillo-Herrera, G. A., Martínez-Velázquez, M., & Espinosa-Andrews, H. (2021). Clove essential oil (Syzygium aromaticum L. Myrtaceae): Extraction, chemical composition, food applications, and essential bioactivity for human health. *Molecules*, *26*(21), 6387.
29. Hristov, Y. V. (2026). Varroosis–the Scourge of Today's Apiculture Aetiology, Life Cycle and Pathogenesis. *Journal of Agricultural Sciences–Sri Lanka*, *21*(1).
30. Hudz, N., Kobylinska, L., Pokajewicz, K., Horčinová Sedláčková, V., Fedin, R., Voloshyn, M., ... & Lipok, J. (2023). Mentha piperita: Essential oil and extracts, their biological activities, and perspectives on the development of new medicinal and cosmetic products. *Molecules*, *28*(21), 7444.
31. Hýbl, M., Bohatá, A., Rádsetoulalová, I., Kopecký, M., Hoštičková, I., Vaníčková, A., & Mráz, P. (2021). Evaluating the efficacy of 30 different essential oils against Varroa destructor and honey bee workers (Apis mellifera). *Insects*, *12*(11), 1045.
32. Ifantidis, M. D. (1983). Ontogenesis of the mite Varroa jacobsoni in worker and drone honeybee brood cells. *Journal of Apicultural Research*, *22*(3), 200-206.
33. Kamle, M., Mahato, D. K., Lee, K. E., Bajpai, V. K., Gajurel, P. R., Gu, K. S., & Kumar, P. (2019). Ethnopharmacological properties and medicinal uses of Litsea cubeba. *Plants*, *8*(6), 150.

34. Kim, H. J., Seo, G. B., Ullah, Z., & Kwon, H. W. (2022). Nutrition for honey bee to prevent colony collapse. *Journal of Apiculture*, *37*(4), 397-404.
35. Komosinska-Vassev, K., Olczyk, P., Kaźmierczak, J., Mencner, L., & Olczyk, K. (2015). Bee pollen: chemical composition and therapeutic application. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, *2015*(1), 297425.
36. Lombrea, A., Antal, D., Ardelean, F., Avram, S., Pavel, I. Z., Vlaia, L., ... & Danciu, C. (2020). A recent insight regarding the phytochemistry and bioactivity of Origanum vulgare L. essential oil. *International journal of molecular sciences*, *21*(24), 9653.
37. Lukas, B., Schmiderer, C., & Novak, J. (2015). Essential oil diversity of European Origanum vulgare L.(Lamiaceae). *Phytochemistry*, *119*, 32-40.
38. Marín-García, P. J., Peyre, Y., Ahuir-Baraja, A. E., Garijo, M. M., & Llobat, L. (2022). The role of Nosema ceranae (Microsporidia: Nosematidae) in honey bee colony losses and current insights on treatment. *Veterinary Sciences*, *9*(3), 130.
39. Martin Ewert, A., Simone-Finstrom, M., Read, Q., Husseneder, C., & Ricigliano, V. (2023). Effects of ingested essential oils and propolis extracts on honey bee (Hymenoptera: Apidae) health and gut microbiota. *Journal of Insect Science*, *23*(6), 15.
40. Martin, S. J. (1994). Ontogenesis of the mite Varroa jacobsoni Oud. in worker brood of the honeybee Apis mellifera L. under natural conditions. *Experimental & applied acarology*, *18*(2), 87-100.
41. Morfin, N., Goodwin, P. H., & Guzman-Novoa, E. (2023). Varroa destructor and its impacts on honey bee biology. *Frontiers in Bee Science*, *1*, 1272937.
42. Pettis, J. S., Lichtenberg, E. M., Andree, M., Stitzinger, J., Rose, R., & Vanengelsdorp, D. (2013). Crop pollination exposes honey bees to pesticides which alters their susceptibility to the gut pathogen Nosema ceranae. *PloS one*, *8*(7), e70182.
43. PEZZANI, Raffaele; VITALINI, Sara; IRITI, Marcello. Bioactivities of Origanum vulgare L.: An update. *Phytochemistry reviews*, 2017, 16.6: 1253-1268.
44. Ramsey, S. D., Ochoa, R., Bauchan, G., Gulbronson, C., Mowery, J. D., Cohen, A., ... & vanEngelsdorp, D. (2019). Varroa destructor feeds primarily

on honey bee fat body tissue and not hemolymph. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *116*(5), 1792-1801.

45. Rana, I. S., Rana, A. S., & Rajak, R. C. (2011). Evaluation of antifungal activity in essential oil of the Syzygium aromaticum (L.) by extraction, purification and analysis of its main component eugenol. *Brazilian Journal of Microbiology*, *42*, 1269-1277.
46. Reams, T., & Rangel, J. (2022). Understanding the enemy: a review of the genetics, behavior and chemical ecology of Varroa destructor, the parasitic mite of Apis mellifera. *Journal of Insect Science*, *22*(1), 18.
47. Robi, D. T., Temteme, S., Aleme, M., Bogale, A., Getachew, A., & Mendesil, E. (2023). Epidemiology, factors influencing prevalence and level of varroosis infestation (Varroa destructor) in honeybee (Apis mellifera) colonies in different agroecologies of Southwest Ethiopia. *Parasite Epidemiology and Control*, *23*, e00325.
48. Rosenkranz, P., Aumeier, P., & Ziegelmann, B. (2010). Biology and control of Varroa destructor. *Journal of invertebrate pathology*, *103*, S96-S119.
49. Saharkhiz, M. J., Motamedi, M., Zomorodian, K., Pakshir, K., Miri, R., & Hemyari, K. (2012). Chemical composition, antifungal and antibiofilm activities of the essential oil of Mentha piperita L. *International Scholarly Research Notices*, *2012*(1), 718645.
50. Sánchez-Bayo, F., Goulson, D., Pennacchio, F., Nazzi, F., Goka, K., & Desneux, N. (2016). Are bee diseases linked to pesticides?—A brief review. *Environment international*, *89*, 7-11.
51. SIVAMARUTHI, Bhagavathi Sundaram; KESIKA, Periyanaina; CHAIYASUT, Chaiyavat. The composition, pharmacological and economic importance of essential oil of Litsea cubeba (Lour.) Pers. *Food Science and Technology*, 2020, 42: e35720.
52. Smékalová, K., & Kaffková, K. (2018). Hodnocení obsahu a složení silic u léčivých, aromatických a kořeninových rostlin. *MODERNÍ TECHNOLOGIE KONZERVACE A HODNOCENÍ*, 69.
53. Stefanakis, M. K., Touloupakis, E., Anastasopoulos, E., Ghanotakis, D., Katerinopoulos, H. E., & Makridis, P. (2013). Antibacterial activity of essential oils from plants of the genus Origanum. *Food control*, *34*(2), 539-546.

54. Teixeira, B., Marques, A., Ramos, C., Neng, N. R., Nogueira, J. M., Saraiva, J. A., & Nunes, M. L. (2013). Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils. *Industrial crops and products*, *43*, 587-595.
55. TITĚRA, Dalibor. *Včely zdravé a nemocné*. Praha: Brázda, 2017. ISBN 978-80-209-0420-1.
56. Tobouti, P. L., de Andrade Martins, T. C., Pereira, T. J., & Mussi, M. C. M. (2017). Antimicrobial activity of copaiba oil: A review and a call for further research. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, *94*, 93-99.
57. Veiga Junior, V. F., Andrade Junior, M. A., Ferraz, I. D., Christo, H. B., & Pinto, A. C. (2007). Constituintes das sementes de Copaifera officinalis L. *Acta Amazonica*, *37*, 123-126.
58. VESELÝ, Vladimír. *Včelařství*. Vyd. 3., V Nakl. Brázda 2. Praha: Brázda, 2013. ISBN 978-80-209-0399-0.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Včelín Jihočeské univerzity (vlastní fotografie)..... 20
Obrázek 2: Aplikované sacharidové těsto v úlu (vlastní fotografie)..... 22
Obrázek 3: Spadová podložka na kontrolu spadů roztočů *Varroa destructor* (vlastní fotografie)..... 25
Obrázek 4: Proces homogenizace včel s tekutým dusíkem (vlastní fotografie) 27

Seznam grafů

Graf 1: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených sacharidovým těstem obohaceným silicí kopaiva před aplikací krmiva (D0) a 3 dny po aplikaci (D3) 28
Graf 2: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených sacharidovým těstem obohaceným silicí litsea před aplikací krmiva (D0) a 3 dny po aplikaci (D3) 29
Graf 3: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených kontrolním sacharidovým těstem bez přídavku silic před aplikací krmiva (D0) a 3 dny po aplikaci (D3) 30
Graf 4: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených sacharidovým roztokem obohaceným o silici z máty před aplikací krmiva (D0) a 55 dní po aplikaci (D55) 32
Graf 5: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených sacharidovým roztokem obohaceným o silici z litsey před aplikací krmiva (D0) a 55 dní po aplikaci (D55) 33
Graf 6: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených kontrolním sacharidovým roztokem před aplikací krmiva (D0) a 55 dní po aplikaci (D55) 35
Graf 7: Přirozený spad roztoče *Varroa destructor* v době aplikace sacharidového roztoku obohaceného o silici litsea v koncentraci 0,1 % 40
Graf 8: Přirozený spad roztoče *Varroa destructor* v době aplikace sacharidového roztoku obohaceného o silici máta v koncentraci 0,1 % 41
Graf 9: Přirozený spad roztoče *Varroa destructor* v době aplikace kontrolního sacharidového roztoku 42

Seznam tabulek

Tabulka 1: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených sacharidovým těstem obohaceným silicí kopaiva před aplikací krmiva (D0) a 3 dny po aplikaci (D3) 28
Tabulka 2: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených sacharidovým těstem obohaceným silicí litsea před aplikací krmiva (D0) a 3 dny po aplikaci (D3) 29
Tabulka 3: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených kontrolním sacharidovým těstem bez přídavku silic před aplikací krmiva (D0) a 3 dny po aplikaci (D3) 30
Tabulka 4: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených sacharidovým roztokem obohaceným o silici z máty před aplikací krmiva (D0) a 55 dní po aplikaci (D55) 31
Tabulka 5: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených sacharidovým roztokem obohaceným o silici z litsey před aplikací krmiva (D0) a 55 dní po aplikaci (D55) 33
Tabulka 6: Relativní úroveň napadení včelstev patogenem *Nosema ceranae* krmených kontrolním sacharidovým roztokem před aplikací krmiva (D0) a 55 dní po aplikaci (D55) 35
Tabulka 7: kontrolní spady roztoče; sacharidové těsto obohacené o silici kopaiva v koncentraci 0,1 % 37
Tabulka 8: kontrolní spady roztoče; sacharidové těsto obohacené o silici kopaiva v koncentraci 0,5 % 37
Tabulka 9: kontrolní spady roztoče; sacharidové těsto obohacené o silici litsea v koncentraci 0,5 % 37
Tabulka 10: kontrolní spady roztoče; sacharidové těsto obohacené o silici litsea v koncentraci 0,1 % 37
Tabulka 11: kontrolní spady roztoče; sacharidové těsto obohacené o silici hřebíček v koncentraci 0,5 % 38
Tabulka 12: kontrolní spady roztoče; sacharidové těsto obohacené o silici hřebíček v koncentraci 0,1 % 38

Tabulka 13: kontrolní spady roztoče; sacharidové těsto obohacené o silici dobromysl v koncentraci 0,5 % 38
Tabulka 14: kontrolní spady roztoče; kontrolní sacharidové těsto 38