

Repelentní přípravky proti roztočům rodu Ixodes

Petra Koďousková

Bakalářská práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Petra Kořoušková**
Osobní číslo: **T190084**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie výroby tuků, kosmetiky a detergentů**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Repelentní přípravky proti roztočům rodu Ixodes**

Zásady pro vypracování

Student postupně zpracuje okruhy společně s názvem práce:
Biologie klíštět;
Nemoci přenášené klíštěty;
Situace a stav v České republice ke vztahu k tématu;
Repelentní látky a přípravky na syntetickém základě proti klíštětům;
Repelentní látky a přípravky na přírodním základě proti klíštětům.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] KIMMIG, Peter, Rudiger BRAUN a Dieter HASSLER. *Klíšťata: Neopatrné kousnutí s neblahými následky*. Praha: Pragma, 2003. ISBN 80-720-5881-9.
- [2] BENELLI, Giovanni a Roman PAVELA. Repellence of essential oils and selected compounds against ticks? A systematic review. *Acta Tropica*. 2018, **179**, 47-54. DOI: 10.1016/j.actatropica.2017.12.025.
- [3] STEFANIDESOVA, Katarina, Ľudovít SKULTETY, Olivier A.E. SPARAGANO a Eva SPITALSKA. The repellent efficacy of eleven essential oils against adult *Dermacentor reticulatus* ticks. *Ticks and Tick-borne Diseases*. 2017, **8**(5), 780-786. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2017.06.003.
- [4] SCHUBERT, Fredrik, Katinka PALSSON, Ellen SANTANGELO a Anna-Karin BORG-KARLSON. Sulfate turpentine: a resource of tick repellent compounds. *Experimental and Applied Acarology*. 2017, **72**(3), 291-302. DOI: 10.1007/s10493-017-0145-7.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ondřej Rudolf, Ph.D.**
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání bakalářské práce: **25. února 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Marián Lehocký, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Klíšťata rodu *Ixodes* patří mezi parazity, které se živí krví a proto se řadí mezi hlavní přenašeče infekčních onemocnění. V České republice bylo mezi lety 2006 až 2020 z více jak 15 000 vyšetřených klíšťat zaznamenáno 29 % jako přenašeč závažných onemocnění. Z toho každé dvanácté klíště bylo pozitivní na boreliózu a dále přenašečem dalšího patogenu. Nejdůležitější prevenci před nákazou onemocnění jsou repelentní přípravky. Nejrozšířenějším syntetickým repelentem je DEET, který patří mezi vysoce účinné širokospektrální repelenty. Jeho nejčastěji využívaná koncentrace je 10–30 %, která působí 4–6 hodin. Mezi další často využívané syntetické repelenty patří Icaridin, IR 3535 a Permethrin. Z důvodů kontroverze bezpečnosti syntetických přípravků, se v současné době začíná vracet k přípravkům na přírodní bázi. Vhodnou alternativou jsou esenciální oleje, např. citronelový olej, který byl dokonce před výrobou syntetických repelentů, považován za standard. Obsahuje poměrně stabilní molekuly, jako je citronellol, geraniol a citronellal. Výzkum esenciálních olejů jako repelentů je však teprve v počátku vývoje. Je spousta esenciálních olejů s repelentním účinkem, ale problémem je proměnlivost chemického složení a stabilita molekul. Repelenty na přírodní bázi si lze vyrobit i doma. Nejčastěji používané složky jsou byliny, éterické oleje, ethanol a nosné, triacylglycerolové oleje. Nejúčinnější domácí repelenty jsou na bázi eukalyptolu, linaloolu a thujonu.

Klíčová slova: biologie klíšťat, nemoci, situace v ČR, syntetické repelenty, přírodní repelenty, domácí výroba repelentů.

ABSTRACT

Ixodes ticks are one of the parasites that live on blood and thus one of the main carriers of infectious diseases. In the Czech Republic, 29 % of the more than 15,000 ticks examined between 2006 and 2020 were found to be carriers of serious diseases. Of these, every twelfth tick was positive for Lyme disease and a carrier of another pathogen. The most important form of disease prevention is the use of repellents. The most common synthetic repellent is DEET, which is one of the most effective broad-spectrum repellents. Its most commonly used concentration is 10-30 %, which remains effective for 4-6 hours. Other frequently used synthetic repellents include Icaridin, IR 3535 and Permethrin. Due to the concerns over the safety of synthetic repellents, natural-based products are currently making a comeback. A suitable alternative is essential oils, such as citronella oil, which was considered the standard before the production of synthetic repellents. It contains relatively stable molecules such as citronellol, geraniol and citronellal. However, research into essential oils as repellents is still in its infancy. There are several essential oils with a repellent effect, but the problem is the variability of the chemical composition and the stability of the molecules. Natural-based repellents can also be made at home. The most commonly used ingredients are herbs, essential oils, ethanol and carrier, triacylglycerol oils. The most effective domestic repellents are based on eucalyptol, linalool and thujone.

Keywords: biology of ticks, tick-borne diseases, the situation in the Czech Republic, synthetic repellents, natural repellents, domestic production of repellents.

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych velmi ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Ondřeji Rudolfovi, Ph.D., především za odborné vedení, cenné rady a hlavně trpělivost a čas, který mi věnoval v průběhu zpracování této práce.

Velké díky patří i mé rodině, která mě podporovala po celou dobu studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| ÚVOD | 9 |
| 1 BIOLOGIE KLÍŠŤAT | 10 |
| 1.1 MORFOLOGIE A ANATOMIE | 11 |
| 1.2 VÝVOJ KLÍŠŤAT | 12 |
| 1.3 PROSTŘEDÍ VÝSKYTU | 14 |
| 2 NEMOCI PŘENÁŠENÉ KLÍŠŤATY | 16 |
| 2.1 VIROVÉ NEMOCI | 16 |
| 2.1.1 Virus klíšťové encefalitidy..... | 16 |
| 2.2 BAKTERIÁLNÍ NEMOCI..... | 17 |
| 2.2.1 Lymeská borelióza (LB) | 17 |
| 2.2.2 Tularémie | 19 |
| 2.2.3 Ehrlichiozy | 20 |
| 2.2.4 Bartonelóza | 21 |
| 2.3 PROTOZOÁRNÍ NÁKAZY | 21 |
| 2.3.1 Babesióza | 21 |
| 2.4 SITUACE A STAV V ČESKÉ REPUBLICE | 22 |
| 2.5 PREVENCE | 25 |
| 3 REPELENTNÍ PŘÍPRAVKY | 27 |
| 3.1 REPELENTNÍ LÁTKY NA SYNTETICKÉM ZÁKLADĚ | 28 |
| 3.1.1 DEET..... | 29 |
| 3.1.2 Icaridin | 30 |
| 3.1.3 IR 3535®..... | 31 |
| 3.1.4 Permethrin | 32 |
| 3.2 REPELENTNÍ LÁTKY A PŘÍPRAVKY NA PŘÍRODNÍM ZÁKLADĚ | 33 |
| 3.2.1 Alkaloidy..... | 33 |
| 3.2.2 Terpenoidy | 34 |
| 3.2.2.1 Citronelový olej | 39 |
| 3.2.2.2 Eukalyptový olej..... | 40 |
| 3.2.2.3 2-Undekanon..... | 40 |
| 3.2.2.4 Kyselina dodekanová, laurová DDA | 40 |
| 3.2.2.5 Esenciální oleje s repelentními účinky | 41 |
| 4 DOMÁCÍ VÝROBA REPELENTŮ | 44 |
| ZÁVĚR | 48 |
| SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 50 |
| SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | 54 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ | 55 |
| SEZNAM TABULEK | 56 |

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá repelentními přípravky proti roztočům rodu *Ixodes*. Cílem práce je zpracovat okruhy, které se zabývají biologií klíšťat, nemocemi, které přenášejí, situací v České republice, syntetickými a přírodními repelenty.

V Evropě se nejčastěji setkáme s klíštětem obecným (*Ixodes ricinus*). Klíšťata patří mezi krev sající parazity a jsou známý jako přenašeči patogenu. Dle oficiálních statistik se zvyšuje počet infikovaných klíšťat, a s tím roste i řada onemocnění, která klíšťata přenášejí na člověka. Mezi nejčastější z nich patří Klíšťová encefalitida nebo Lymeská borelióza a další, které jsou stručně popsány v práci.

V České republice jsou pro život klíšťat vhodné mikroklimatické podmínky. V období aktivity klíšťat, která je od jara do podzimu je třeba dodržovat preventivní podmínky, pokud trávíme čas v přírodě.

Jednou z nejdůležitějších prevencí je používání repelentních přípravků. Již historii se využívalo různých přírodních přípravků, ale po objevení syntetických sloučenin byly trochu zastíněny. V dnešní době se k nim opět vrací z důvodu vznikající rezistence, šetrnosti k životnímu prostředí a kontroverzi bezpečnosti syntetických přípravků.

1 BIOLOGIE KLÍŠŤAT

Klíšťata se řadí mezi vnější parazity tzv. ektoparazity, které se živí sáním krve na svých hostitelích. [1, s. 260] Z taxonomického pohledu spadají do řádu roztočů (*Acarida*), od kterého se neliší anatomicky a fyziologicky, dále pak třídy pavoukovců (*Arachnida*), podkmene klepítkatců (*Chelicerata*) a kmene členovců (*Arthropoda*). Podřád klíšťata (*Ixodides*) je rozdělen do dvou čeledí. [2, s. 67–97]

První jsou *klíšťáci* (*Argasidae* (obr. 1), označovaná jako „měkká klíšťata“ (*Soft Tick*), protože nemají žádný výrazný chitinový¹ štít. Pokud klíšťáka otočíme na záda, uvidíme na břišní straně jeho kusadla. Často bývá jeho vzhled při pohledu svrchu připodobňován prostému kožovitému vaku. Nejvýznamnějším zástupcem ve střední Evropě je klíšťák holubí (*Argas reflexus*), který může sát i na člověku, ale zjevně není pro něho nebezpečným původcem onemocnění. [3, s. 9–10]



Obr. č. 1 Klíšťák holubí při pohledu shora
Dostupné z: <http://www.hubeniskudcu.cz/images> [on-line 23. 2. 2022]

Druhou čeledí jsou klíšťata (*Ixodidae*), naopak označována jako „tvrdá klíšťata“ (*Hard Tick*). Na hřbetě mají chitinový štít, který poskytuje ochranu před jejich rozmáčknutím. Velikostně se liší u samečků, kde kryje celé tělo, zatímco u samic kvůli zvětšování objemu při sání krve pokryje zhruba přední polovinu (obr. 2). Dalším poznávacím znakem klíšťat jsou dopředu směřující kusadla. [3, s. 9–10] Klíšťata se vyskytují po celém světě a jsou známá jako přenašeči infekčních chorob. V České republice se vyskytuje několik druhů

¹ vedle celulózy je chitin nejrozšířenějším polysacharidem na Zemi

klíšťat, ale jsou místně omezeny a na člověku sají jen výjimečně, proto má pro nás největší význam klíště obecné (*Ixodes ricinus*), které je u nás nejrozšířenější a je tak nejčastějším druhem, který napadá člověka. [4, s. 14–15]



Obr. č. 2 Klíšťata: samička (vlevo) a sameček (vpravo) klíštěte obecného (*Ixodes ricinus*).

Dostupné z: <http://www.scalibor.cz/Parazite/KlisteObecne>[on-line 25. 1. 2022]

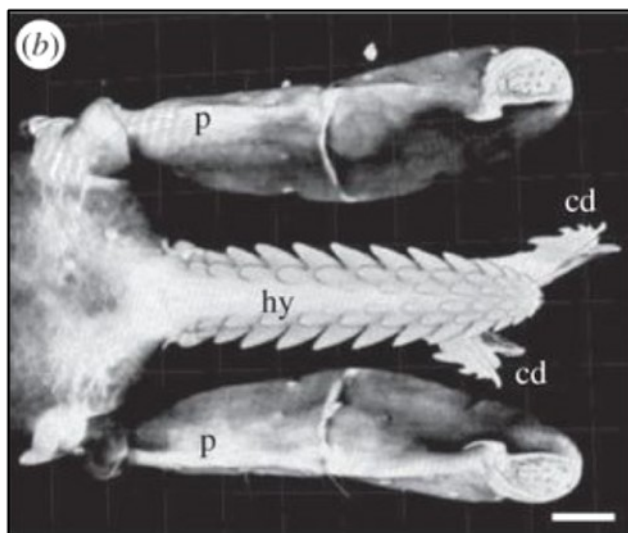
1.1 Morfologie a anatomie

Klíště obecné má vejčitý tvar těla, které dosahuje velikosti několika milimetrů. Ústní část (*gnathosoma*) je kompaktní se zadní částí (*idiosoma*), nesoucí čtyři článkované páry krátkých končetin, v jeden celek. Za čtvrtým párem končetin ústí na povrch dýchací otvory (*stigmaty*). [1, s. 258–264]

K vyhledávání hostitele slouží na tzv. Hallerův orgán, který má podobu jamek se smyslovými brvami a je umístěn na konci předních končetin. Toto smyslové ústrojí dokáže zachytit mechanické, tepelné a chemické podněty (především vydechovaný oxid uhličitý). Klíšťata většinou číhají na vegetaci s roztaženými předními končetinami na svého hostitele, říká se tomu strategie přepadení. Jakmile se mu povede zaútočit, využije tzv. strategie lovce.[1, s. 262–263], [3, s. 10–12]

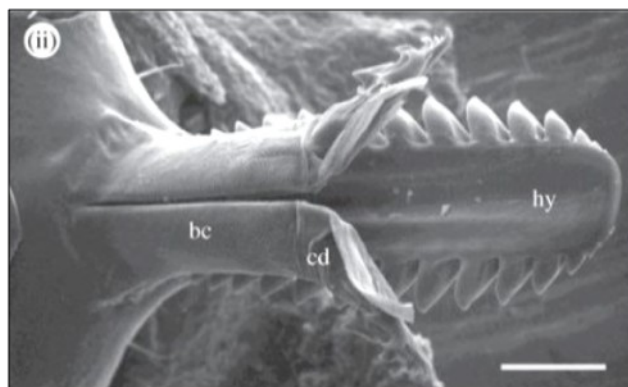
K nalezení nejvhodnějšího působiště využije speciální výběžky makadla (*pedipalpy*), nacházející se po stranách kusadel, které jsou stejné jako lidské prsty a pomáhají vyhledat určitě nejměkčí místo k průniku na kůži hostitele. K dostání ke zdroji potravy slouží klepítka (*chelicery*), vrchní čelisti pomocí nich dělá klíště zářez do pokožky a do získaného otvoru poté zasune spodní čelist nebo-li *hypostom*, tento děj by se dal nazvat jako bodnutí. *Hypostom* se podobá harpuně a je vybaven řadou zahnutých drobných zoubků, které klíštěti zajistí pevnou fixaci ve tkáni hostitele. [3, s. 10–12] K ještě většímu upevnění v rance využije klíště vypuštění skupiny bílkovin obsažených ve slinách a tím se v místě přisátí

doslova zacementuje. Sliny obsahují látky lokálně snižující imunitu, působí jako anestetikum, zabraňují krvácení a především uvolňují tkáň. [4, s. 17–20] Podoba *hypostomu* se u samce a samice liší (Obr. 3., 4.). Samci rodu *Ixodes* krev nesají a jejich *hypostom* slouží k rozmnožování. [1, s. 262–264]



Obr. č. 3 Hypostom samice klíštěte obecného;
p – pedipalpy, hy – hypostom, cd – chelicery

Dostupné z: <https://docplayer.cz/108465558-Univerzita-karlova-pedagogicka-fakulta-bakalarska-prace-radek-nemec.html> [on-line 25. 1. 2022]



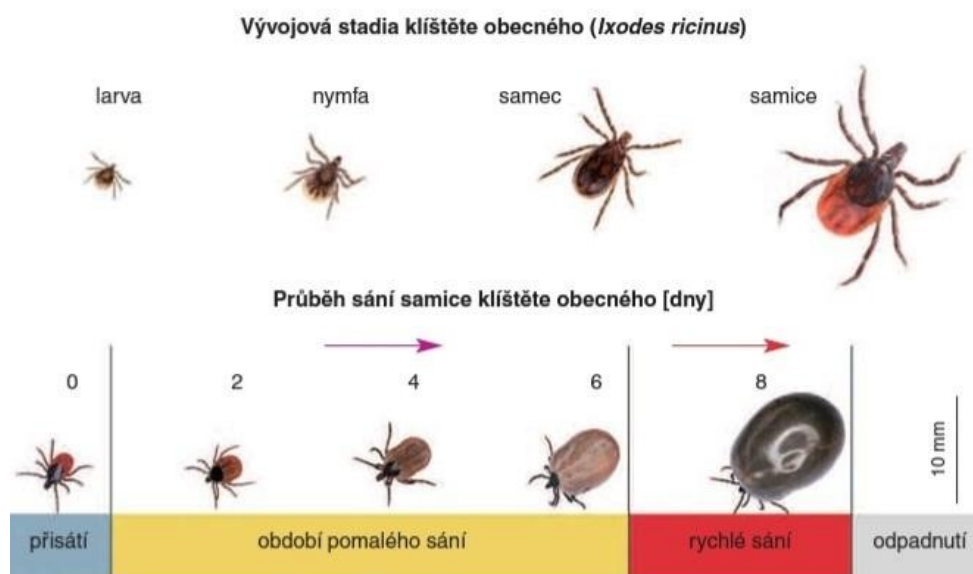
Obr. č. 4 Hypostom samice klíštěte obecného;
hy – hypostom, cd – chelicery, bc – prodloužení hlavové části

Dostupné z: <https://docplayer.cz/108465558-Univerzita-karlova-pedagogicka-fakulta-bakalarska-prace-radek-nemec.html> [on-line 25. 1. 2022]

1.2 Vývoj klíšťat

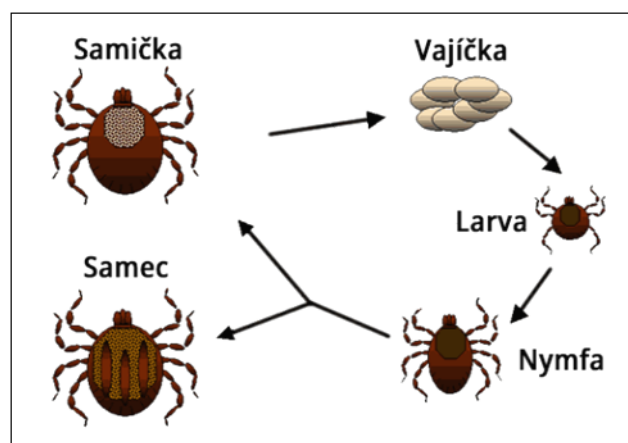
Příjem potravy u klíšťat je pevně daný a je závislý na vývojovém stádiu. V jednotlivých stádiích saje klíšťe výhradně jedenkrát. Počet sání, ale i hostitelů je pevně dán. [3, s. 12–15]

Sání můžeme rozdělit na pomalé, trvající 6–9 dnů a rychlé, ke kterému dochází před odpadnutím z hostitele. Průběh sání samice klíštěte obecného a vývojová stadia můžete vidět na ilustraci níže (obr. 5., 6.). [8] V prvním stadiu se z vajíčka vylíhne larva, která má přibližně 0,8 mm. V druhém stadiu vznikne po nasátí nymfa, dosahující velikosti 1,2–1,5 mm. Třetím konečným stadiem je dospělec (imago) samička nebo samec. Tělo samičky v hladovém stavu má délku 3,5–4,5 mm avšak po nasátí může její velikost dosáhnout až 11 mm. Tělo samečka je velké 2,2–2,4 mm. [6, s. 41]



Obr. č. 5 Průběh sání a vývojový cyklus klíštěte

Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/krvemlynek-ve-streve-klistete.pdf>
[on-line 25.1.2022]



Obr. č. 6 Vývojový cyklus klíštěte

Dostupné z: <https://www.kliste-prevence.cz/clanek/jaky-je-zivotni-cyklus-klistete-20>
[on-line 25. 1. 2022]

K rozmnožování dochází na podzim a to během krmení samičky (Obr. 7). [7, s. 611–615] Ke kopulaci většinou dochází na kůži a v srsti zvířat nebo peří, málokdy na těle lidském. [5, s. 15] Po splnění své biologické funkce samečci odpadnou a umírají. Samičky sají dále a jejich tělo se zvětšuje až do 100násobné velikosti. [3, s. 12–15] Poté opustí hostitele a vyhledá skrýš pro přezimování a na jaře snese stovky až několik tisíc vajíček. [5, s. 15] Tento proces vývoje od vajíčka po dospělého trvá obvykle 3 roky, ale může i déle. Klíště dokáže přežít dlouhou dobu mimo hostitele díky trávení velkého množství krve. [8]



Obr. č. 7 Kopulace mezi samicí a samcem klíštěte

Dostupné z:

https://www.wikiwand.com/cs/Kl%C3%AD%C5%A1t%C4%9B_obe%C3%A9n
[on-line 25. 1. 2022]

1.3 Prostředí výskytu

Prostředí výskytu klíštěte obecného závisí na vhodném mikroklimatu. Klíšťata preferují vysokou vlhkost vzduchu, která má alespoň sedmdesát procent. Vhodný biotop pro ně nacházejí v listnatých a smíšených lesích a na jejich okrajích, v kapradinách a křovinách. Vyskytují se ale i na okrajích cest v blízkosti vodních toků, ale i na travnatých plochách parků a zahrad. V závislosti na nadmořské výšce jejich výskyt klesá, avšak v posledních letech je čím dál více zaznamenán jejich výskyt až na horní hranici lesa v horských polohách. [3], [9]

Jednotlivá stádia klíštěte najdeme v různých výškách porostu. Larvy potřebující vlhkost najdeme přibližně ve výšce asi 10 cm u země. Ve výšce 10–50 centimetrů vylézají na rostliny nymfy, které se mohou dostat i na člověka. Dospělí jedinci se vyskytují nahoře a to

ve výšce kolem jednoho metru, aby měli blízko k napadnutí větších druhů živočichů a případně i člověka. [3, s. 16]

S klíšťaty se setkáváme od jara do podzimu, kdy jsou klimatické podmínky vhodné pro vývoj a rozmnožování. Aktivita klíšťat je závislá na počasí a denních hodinách a její předpověď lze sledovat na webu Českého hydrometeorologického ústavu. Nebezpečí klíšťat spočívá v tom, že jsou vektory různých infekčních onemocnění. [7, s. 613–618]

2 NEMOCI PŘENÁŠENÉ KLÍŠŤATY

Zoonózy jsou infekční nemoci, které jsou přenášeny vektorem, přenašečem, v našem případě klíštětem na člověka. Můžeme je rozdělit na onemocnění virové, bakteriální a protozoární nákazy. Mezi nejčastější onemocnění v České republice patří Lymeská borelióza, Klíšťová encefalitida, Tularémie, Ehrlichioza, Bartonelloza a Babesioza. Tato onemocnění budou podrobněji popsány v následujících kapitolách. [3], [10]

2.1 Virové nemoci

Arboviry přenášené klíšťaty mají různé čeledi. Antropozoonóza je infekční onemocnění, které vyvolávají právě arboviry. Nejčastěji se vyskytuje arbovir, který patří k flavivirům a způsobuje řadu onemocnění, např. klíšťovou encefalitudu. [11]

2.1.1 Virus klíšťové encefalidity

Klíšťová encefalitida (KE) je v České republice nejčastější onemocnění přenášené klíštětem. Můžeme se také setkat s názvem meningoencefalitida nebo klíšťový zánět mozku a mozkových blan. Tento virus postihuje centrální nervovou soustavu (CNC). Původcem nákazy je vir, který patří do čeledi *Flaviviridae* rodu *Flavivirus*. Virus KE můžeme rozčlenit na tři subtypy a to na evropský, vyskytující se v našich podmínkách, dálnovýchodní a sibiřský. Průběh nemoci a případná rizika z něj se u jednotlivých subtypů liší. [12] Člověk se může nejčastěji infikovat při saní infikovaného klíštěte (infekci mohou přenášet všechna vývojová stadia klíšťat). Méně častý způsob nákazy je při konzumaci nedostatečně zpracovaných mléčných výrobků a tzv. laboratorní nákazou, ke které může dojít při neopatrné práci s infikovaným materiálem. [4]

Inkubační doba začíná s přenosem patogenu do organismu a trvá zhruba 7–14 dní, krajně 3–30 dní. Poté se projeví první fáze, která se projeví jako chřipkové onemocnění (teplota, bolest kloubů a svalů, bolest hlavy, únava). U některých jedinců může tato fáze proběhnout bezpříznakově a dojde tak k vytvoření imunity, stejně jako po prodělání příznaků první fáze. Po několikadenní odezvě může dojít k prudkému zhoršení klinického stavu a nastane tak druhá fáze onemocnění, která je mnohem závažnější, protože zasahuje CNS. Může se jednat o encefalitickou, meningitidickou, meningoencefalitidickou a meningoencefalomyetickou formu. Nejvíce nebezpečná je bulbocervikální forma, která může vést až ke smrti kvůli poškození krční paterě a prodloužené míchy. [13, s. 113–115]

Diagnostiku KE nelze stanovit na základě klinického vyšetření. Často pomůže informace, zda se pacient vyskytoval v endemické oblasti nebo zda měl v poslední době přisaté klíště. Většinou následuje laboratorní diagnostika, kde se provede biochemické nebo hematologické vyšetření, vyšetření mozkomíšního moku nebo speciální virologická diagnostika. [12, s. 95–104]

K léčba proti KE není na trhu účinný protivirový prostředek, existuje pouze symptomatická nebo podpůrná léčba, kde se dle stavu využívá např. analgetik nebo antipyretik. Při vážnějších stavech je třeba i hospitalizace.

Proti KE se lze chránit očkováním a prevencí, která bude popsána v další kapitole.

2.2 Bakteriální nemoci

Mnoho druhů bakterií, přenášených klíšťaty, způsobuje mnoho závažných infekčních onemocnění. Mezi nejznámější patří Lymeská borelióza, Tulamérie, Ehrlichiozy, Bartonelóza. [13, s. 119]

2.2.1 Lymeská borelióza (LB)

LB je nejčastější sezónní zoonózou v Evropě, kterou způsobují bakterie rodu *borrelia*, patogeny komplexně nazývané *Borrelia Burgdorferi sensu lato* (Bbsl), z čeledi *Spirochetaceae*. V dnešní době je však známo mnohem více poddruhů, které se liší bakteriálním genomem a průběhem onemocnění. [4], [15, s. 119]

Bbsl přežívá ve střevní stěně a poté se postupně přenáší do slinných žláz. Rezervoárem infekce jsou obratlovci, kteří pomáhají šířit a udržovat koloběh nákazy. Přenos infekce na hostitele vzniká během sání klíštěte (a to přes všechna jeho vývojová stadia), a s jeho dobou se tak zvyšuje riziko přenosu patogenu. [15, s. 37–38]

Onemocnění LB má různé klinické příznaky. Průběh je většinou rozdělen do tří fází, od mírné až těžké formy, avšak ne každý musí projít každou jednotlivou fází.

První tzv. časné lokalizované stadium, které nastává po přenosu infekce za 1–4 týdny je nejčastěji ve formě lokálního kožního projevu tzv. *erythema migrans*² (obr. 8) v místě přisátí. Tato fáze je často doprovázena dalšími příznaky, které jsou podobné chřipce např. bolest hlavy, malátnost, bolest svalů a kloubů, únava, teplota a zimnice a nebo naopak může nastat zcela asymptomatický průběh. [4], [15], [16]



Obr. č. 8 Erythema migrans

Dostupné z: <https://casereports.bmj.com/content/2015/bcr-2015-212784>
[on-line 25. 1. 2022]

Druhé tzv. časné diseminované stadium, které se objeví v rozmezí týdnů až měsíců nastává po absenci či nedostatečné léčbě prvního. Může dojít k poškození imunitního systému, protože se infekce rozšířila do organismu. Nejčastěji dochází k postižení kloubu, nervové soustavy či kardiální postižení. Mezi časté projevy patří např. mnohočetné erythémy, borreliový lymfocytom, bolesti kloubů, obrna lícního nervu, poruchy srdečního rytmu atd. [15], [16]

Pokud je léčba zanedbaná může se dostavit třetí fáze tzv. pozdní diseminované stadium, které nastává po několika měsících až letech. Dochází k chronickému postižení orgánů, kloubů, nervové soustavy a kůže. Tato fáze onemocnění je nejnebezpečnější a může způsobit trvalé následky či skončit invaliditou. [15], [16]

Diagnostika nemoci se odvíjí od toho, zda měl pacient klíště, na charakteristickém klinickém obrazu a na laboratorním vyšetření na přítomnost borelií.

² klasické *erythema migrans* se projeví u zhruba 60–70 % případů. Tu a tam zmizí i bez léčení, může však přetrvávat měsíce a většinou se pomalu rozšiřuje od místa přisátí klíštěte směrem do okolí.

Léčba se odvíjí na stavu pacienta a na fázi průběhu nemoci. Pokud je nemoc včas podchycena, léčba bývá úspěšná. Léky, které se při léčbě využívají jsou antibiotika, především peniciliny, tetracykliny, makrolidy a cefalosporiny. V těžších případech je nutná hospitalizace a u chronického stadia se používají léky na zmírnění symptomů. [4], [16]

2.2.2 Tularémie

Tularémie, neboli „zaječí nemoc“, je infekční onemocnění, jehož rezervoárem jsou divocí zajáci, králíci a jiní hlodavci. Bakterie, která je zdrojem nákazy je *Francisella tularensis*. [4, s. 44–47] K přenosu infekce může dojít kontaktem s krví nakaženého zvířete, konzumací kontaminované potravy, inhalací látek obsahujících původce choroby a poslední pro nás v této práci nejdůležitější infekční modus, je přenos vektorem, tedy klíštětem. [3, s. 35–37]

První příznaky se většinou objeví po 3 až 7 dnech, nejdéle však do 21 dnů, liší se však zdrojem a způsobem nákazy. Ulceroglandulární forma, je nejčastějším projevem, kdy se po přisátí klíštěte v místě infekce objeví kožní vřed (obr. 9), který je často doprovázen otokem lymfatických mizních uzlin. Další formy projevu mohou být oroglandulární (anginózní), okuloglandulární³, střevní, plicní, septická nebo tyfoidní forma. [13, s. 147]



Obr. č. 9 Kožní vřed v místě infekce

Dostupné z: <https://vtm.zive.cz/clanky/tularemie/sc-870-a-201939/default.aspx>
[on-line 25.1.2022]

³ postihující oko a žlázy lymfatické uzliny. O. formy infekčních nemocí při průniku mikroorganismu spojivkou.

Diagnóza je založena na charakteristickém klinickém obrazu, pokud je zřejmý. Při vnitřních formách se využívá sonografické vyšetření. K potvrzení přítomnosti nákazy se dělá serologické vyšetření. [4, s. 44–47]

Léčbě tularémie závisí na závažnosti. Využívá se antibiotických léčiv jako např. ciprofloxacin, doxycyklin, levofloxacin, gentamycin, erytromycin a streptomycin. V některých případech bývá třeba využití chirurgického zákroku. [4, s. 44–47]

Nedůležitější ochranou před onemocněním je samozřejmě prevence.

2.2.3 Ehrlichiozy

Ehrlichioza je poměrně nové onemocnění, dříve známé spíše v USA, ale dnes už jsou časté případy i Evropě. Je to infekční onemocnění, které způsobuje bakterie *Anaplasma* (dříve *Ehrlichia*) *phagocytophilum*, čeledi *Rickettsiaceae*. Bakterie působí intracelulárně a napadá lidské monocyty nebo granulocyty. Rozlišujeme tak dvě formy onemocnění, Lidská monocytární granulocytóza (HME), kterou způsobuje bakterie *Ehrlichia chaffeensis*. V Evropě je častější lidská granulocytární ehrlichioza (HGE), způsobující *Ehrlichia phagocytophilum*. [13, s. 122] Rezervoárem jsou např. ovce, drobní savci i vysoká lovná zvěř. Vektorem nákazy je klíště rodu *Ixodes*. [3, s. 30–34]

Inkubační doba bývá 5–21 dní. Klinický projev nákazy bývá různorodý. V počátečním stádiu, často podobný borelióze. Nejčastějšími projevy jsou bolesti hlavy, únava, bolest svalů a kloubů, horečka, kožní vyrážka, nauzea⁴, a další. Pokud neproběhne včasná léčba, tak může nastat i těžší forma nemoci, kdy může dojít k poškození některých orgánů.

Diagnostika většinou vychází z laboratorního vyšetření krevního obrazu, testů PCR⁵ a průkazu protilátek imunofluorescenčním testem (IFA). [17, s. 111]

Léčba bývá většinou úspěšná za pomoci antibiotik např. doxycyklinem. Důležitou ochranou před onemocněním je samozřejmě prevence. [4, s. 36]

⁴ Nauzea neboli nevolnost je subjektivně vnímaný nepříjemný pocit, pocit na zvracení nebo nutkání na zvracení, často intenzivního charakteru.

⁵ PCR test, je test na přítomnost určité části genetického kódu (DNA nebo RNA) pomocí tzv. polymerázové řetězové reakce.

2.2.4 Bartonelóza

Bartonelóza „nemoc z kočičího škrábnutí“ je zoonóza, jejímž původcem je bakterie *bartonella henselae*. Rezervoárem nákazy jsou kočky a psi. Vektorem je blecha nebo klíště rodu *Ixodes*. [18], [19]

Častým projevem infekce je charakteristická papula či vezikula v místě přisátí, která se objeví po 3–10 dnech. Nemoc je doprovázena zvětšením mízních uzlin a příznaky podobnými chřipce. Rizikovou skupinou jsou lidé s oslabenou imunitou, u kterých může dojít i k těžkému průběhu jako je encefalitida, endokarditida, infekce oka, pelióza jater a sleziny. [18], [19]

K diagnóze se používá klinické a laboratorní vyšetření.

Léčba bývá většinou úspěšná. Používají se antibiotika např. doxycyklinu a aminoglykosidových antibiotik. [18], [19]

2.3 Protozoární nákazy

2.3.1 Babesióza

Babesióza je infekční onemocnění, které způsobuje prvok rodu *Babesia*. Rezervoárem nákazy jsou kočkovité a psovitě šelmy, skot, vysoká lovná zvěř, drobní savci a ptáci. Vektorem nákazy je klíště rodu *Ixodes*. [20], [21]

Rizikovou skupinou jsou lidé s oslabenou imunitou. *Babesie* infikují krev a dochází tak k značnému úbytku červených krvinek, kdy může dojít k hemolytické anémii. Symptomy bývají různorodé, někdy mohou připomínat malárii. Projev může být provázen horečkou, únavou, nechutenstvím, bolestí kloubů a svalů, zimnicí a kašlem. V těžkých případech může dojít až k ohrožení na životě. [20], [21]

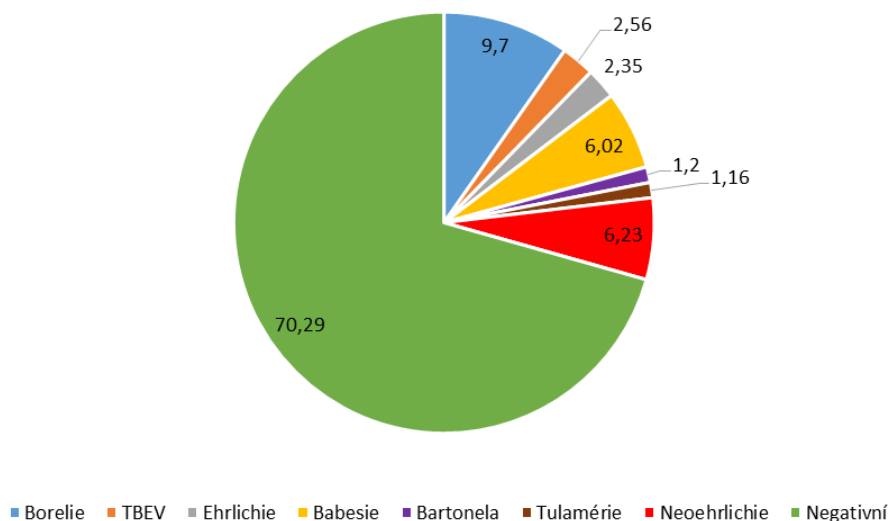
Diagnóza se dělá za pomoci krevních testů.

Ve většině případů není vyžadována žádná léčba. Pokud se však vyskytnou příznaky, je lepší se poradit s lékařem a zahájit v časnou diagnózu tak, aby nedošlo k těžkému průběhu. Podávanými medikamenty jsou antibiotika. V závažných případech může dojít k transfuzi. [20], [21]

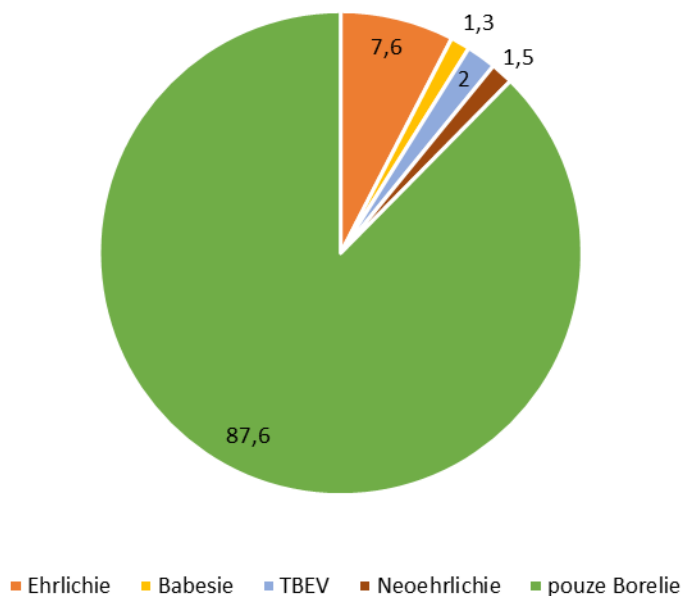
2.4 Situace a stav v České republice

V České republice se pravidelně každé pondělí a čtvrtek (kromě zimních měsíců, kdy je aktivita klíšťat minimální nebo nulová) vydává předpověď stupně rizika napadení klíštětem obecným (*Ixodes ricinus*) a jeho aktivita s tím, že jeho stupeň představuje reálné riziko napadení člověka nebo zvířete klíštětem (nejnižší stupeň 1 = malé riziko napadení klíštětem, nejvyšší stupeň 5 = mimořádně vysoké riziko napadení klíštětem). Tuto předpověď vydává ve spolupráci Státní zdravotní ústav a Český hydrometeorologický ústav za podpory ministerstva zdravotnictví. [22]

Podíl klíšťat infikovaných patogeny, které způsobují infekční onemocnění přenosné na člověka, nám přehledně ukazuje Obr. č. 10. Jedná se o zpracování výsledků z roku 2006 až 2020, kdy tým Dr. Buryškové provedl vyšetření více, jak 15 000 klíšťat, vyjmutých z kůže na území celé ČR. Z grafu je zřejmé, že vektorem nemoci bylo asi 29 % ze všech odebraných vzorků klíšťat. U klíšťat, která byla pozitivní na boreliózu, bylo zjištěno, že každé dvanácté z nich je přenašečem dalšího patogenu jak ukazuje obrázek č. 11. Z grafu můžeme vidět, že 12,4 % bylo krom boreliózy, přenašečem dalšího patogenu, jedná se tak o tzv. koinfekci. [23]

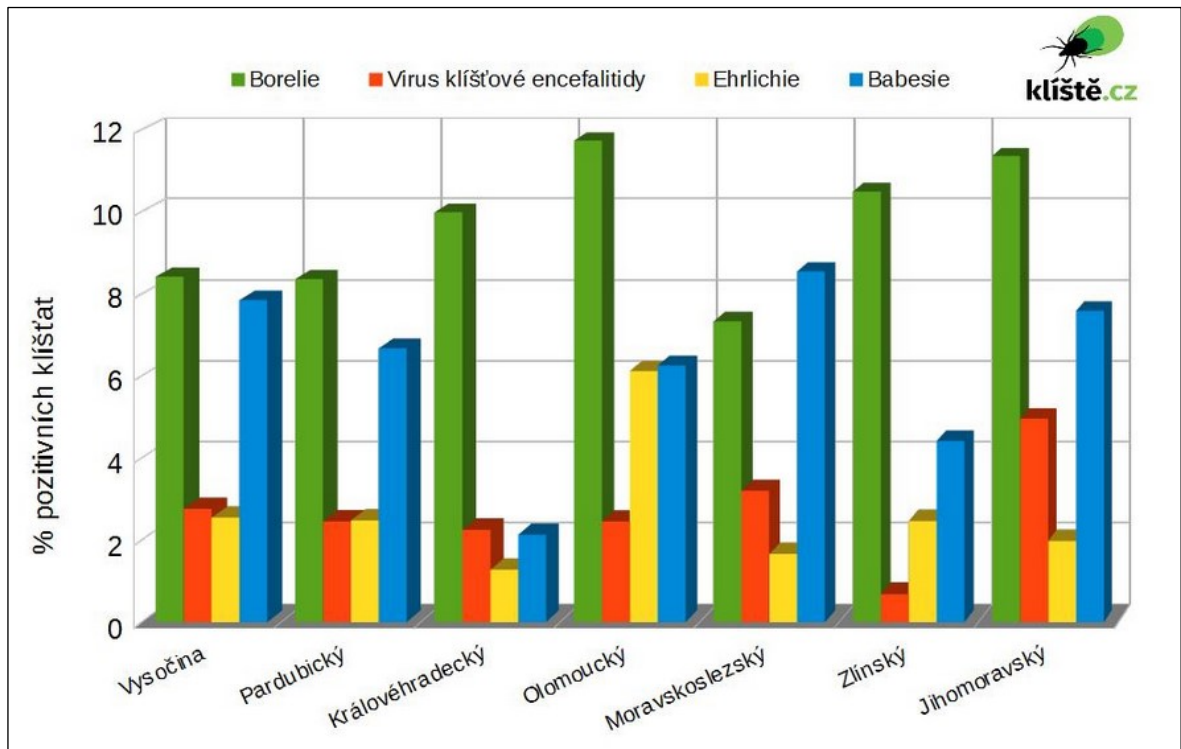


Obr. č. 10 Promořenost vyšetřených klíšťat v procentech
(Zkratka TBEV v grafu znamená virus klíšťové encefalidity)
Graf upraven podle: <https://www.kliste.cz/cz/vse-o-klistatech/clanek/promorenost-klizat>
[on-line 25. 1. 2022]

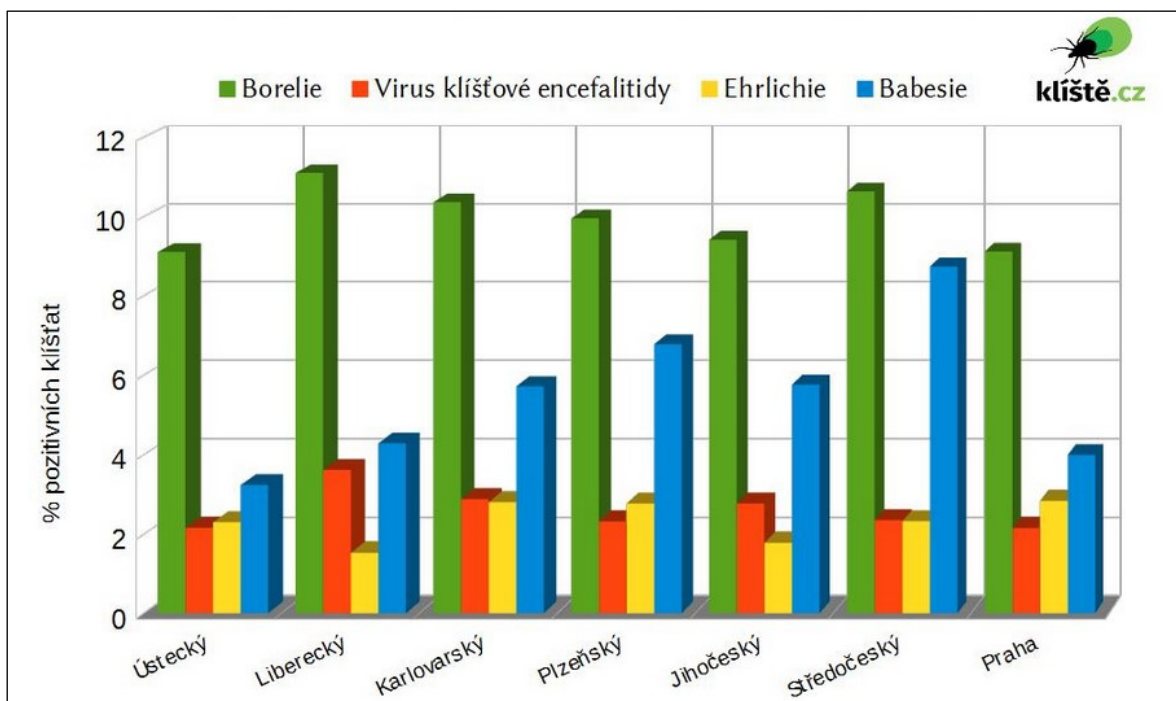


Obrázek č. 11 Přítomnost dalších patogenů v klíšťatech pozitivní na borelie
Graf upraven podle: <https://www.kliste.cz/cz/vse-o-klistatech/clanek/promorenost-klizat>
[on-line 25. 1. 2022]

Výskyt infikovaných klíšťat v jednotlivých krajích nám ukazuje obr. 12. a 13. Jde o přehled výsledků více jak sedmdesáti tisíc klíšťat, které byly vyšetřovány na přítomnost patogenu, zapříčiňující závažná onemocnění jako je borelióza, klíšťová encefalitida, ehrlichióza a babezióza. [24]



Obr. č. 12 Výskyt infikovaných klíšťat v jednotlivých krajích
 Dostupné z: <https://www.kliste.cz/cz/vse-o-klistatech/clanek/vyskyt-nakazenych-klisat-v-krajich>
 [on-line 25.1.2022]



Obr. č. 13 Výskyt infikovaných klíšťat v jednotlivých krajích
 Dostupné z: <https://www.kliste.cz/cz/vse-o-klistatech/clanek/vyskyt-nakazenych-klisat-v-krajich>
 [on-line 25. 1. 2022]

Z grafu vidíme, že největší počet infikovaných klíšťat, přenášejících lymeskou boreliózu, nalezneme v Olomouckém, Jihomoravském a Liberecké kraji, kde procento infikovaných klíšťat dosahuje téměř 12 %. V ostatních krajích je většinou podíl infikovaných klíšťat v rozmezí 8 až 10 %. Nejméně nakažených klíšťat je pak v Moravskoslezském kraji, kde podíl infikovaných klíšťat tvoří 7 %. [24]

Nejvyšší procento výskytu viru klíšťové encefalitidy je v Jihomoravském kraji, kde dosahuje podíl infikovaných klíšťat přes 4%, naopak nejnižší procento výskytu zaujímá Zlínský kraj. V ostatních krajích se KL vyskytuje průměrně do 3 %. [24]

Infikovaných klíšťat, přenášející patogen *ehrlichia*, se průměrně vyskytuje v jednotlivých krajích okolo 2,5 %. Vyšší procento výskytu ehrlichii můžeme pozorovat v Olomouckém kraji, kde dosahuje skoro 6 %. Nejnižší podíl výskytu je v kraji Královéhradeckém. [24]

Poměrně velké procento okolo 8,5 % infikovaných klíšťat přenášejících prvoka rodu *babesia*, se vyskytovalo v Středočeském a Moravskoslezském kraji. Nejnižších hodnot a to kolem 2 % dosahoval výskyt babesie v Královéhradeckém kraji. V jednotlivých krajích se poté infikovaných klíšťat v populaci průměrně vyskytovalo okolo 7 %. [24]

V ČR byly zaznamenány další nemoci, které klíšťata přenáší, avšak jejich výskyt je nízký. Pozitivita vyšetřovaných klíšťat, které přenášejí patogen rodu *Bartonella* byla zaznamenána ve Středočeském, Jihočeském, Olomouckém, Moravskoslezském kraji, na Vysočině a v Praze. Klíšťata infikovaná tularemii se vyskytovala v Jihočeském, Libereckém, Středočeském kraji a v Praze. Pokud jde o klíšťata přenášející onemocnění neohrlichioza, tak byly zaznamenány ve Středočeském, Plzeňském, Moravskoslezském, Jihočeském kraji a v Praze. [24]

2.5 Prevence

Vzhledem k tomu, že nemoci mohou zapříčinit vážné zdravotní komplikace, je důležité snížit riziko napadení klíštětem. Popřípadě, že dojde k jeho přisátí, hraje zásadní roli jeho rychlé a správné odstranění. [25], [26]

Riziko napadení tak nejvíce hrozí v endemických oblastech a v době, kdy je klíště aktivní, proto pokud to není nutné, doporučuje se těmto místům vyvarovat. Jedním z pravidel je pohybovat se po komunikacích a vyhýbat se travnatým a křovinatým porostům a volba vhodného oblečení. Správně zvolený oděv by měl být světlé a hladké látky, dlouhé kalho-

ty, které je ideální vsunout do ponožek a do vyšších bot, do nich zastrčit triko s dlouhým rukávem. [25], [26]

Další velmi důležitou ochranou je repelentní přípravek. Účinek se pohybuje v rozmezí 2–6 hodin. Aplikace repelentu se doporučuje na oblečení, především na spodní část nohou do výšky jednoho metru, kde bývá největší výskyt klíšťat. Na kůži se používá ve formě tělového mléka, oleje, opalovacího krému nebo postřiku. Na oděv se repelent aplikuje postříkem. Existují i prostředky na impregnaci oděvů, které mají vysokou účinnost a odolnost. O repelentech se více dozvíme v příslušné kapitole. [25], [26]

Důležitá je kontrola oblečení v průběhu pobytu v přírodě, tak po jeho návratu domů je zásadní důkladně prohledat celé tělo. Pokud nás doprovázel pes, prohlédnout i jeho. [25], [26]

Pokud na sobě najdeme přichycené klíště, tak jeho odstranění musí být co nejrychleji, protože každé klíště je potenciální infekční materiál. Klíště se vytáhne kývavými pohyby ze strany na stranu za pomoci např. pinzety, kleštiček nebo speciální kartou. Místo je důležité dezinfikovat a následně po domu třech týdnů. [25], [26]

3 REPELENTNÍ PŘÍPRAVKY

Repelentní přípravky se řadí mezi biocidy. Legislativně se na ně vztahuje zákon č. 324/2016 a nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 528/2012. Na portále Ministerstva zdravotnictví můžeme najít řádně zaregistrované repelenty, schválené příslušnými úřady k uvedení na trh. [27]

Jsou to přípravky, využívající se jako prevence, za účelem odpuzení krev sajících členovců, avšak většinou bez hubícího účinku. Pokud by působily hubícím účinkem, jednalo by se o tzv. acaricid. [28, s. 3–33]

Na trhu najdeme rozdělení podle toho, jestli jejich složení a koncentrace působí pouze proti komárům, klíšťatům či obojímu. Nejčastější a nejvíce využívané jsou repelenty aplikující se na kůži či oděv. K dostání jsou v různých aplikačních formách, jako aerosolové či neaerosolové spreje, krémy, lotiony, gely nebo kapaliny. Na etiketě najdeme pokyny, jak přípravek aplikovat, jaká je délka účinnosti a další povinné informace dle legislativy. [29] Čas ochrany, který je uvedený na etiketě se může lišit, protože repelenty jsou účinné v plynné fázi a jeho molekuly jsou těkavé. Rychlost odpařování repelentu je ovlivněna různými faktory, jako je teplota, vodní aktivita, fyzická aktivita, pocení či atraktivní pach hostitele. [29], [30]

Princip fungování repelentních přípravků nebyl ještě zcela objasněn. Pro detekci repelentních přípravků krev sající členovci využívají neurony čichových receptorů. U klíšťat je najdeme na předních nohách v Halleově orgánu a u hmyzu pak na tykadlech. Sice se v posledních letech vedlo mnoho studií, které by pomohly objasnit mechanismus účinku, ale většina z nich byla provedena převážně na modelech komárů a nejčastěji používanou látkou byla DEET (*N,N*-diethyl-3-methylbenzamid). Dostupné uvedené studie říkají například, že DEET působí jako odpuzovač a maskovací prostředek pachů potravy, který znemožní komárům detekci na čichových receptorech. Další poznatky výzkumu zaznamenali, že potlačuje aktivitu čichových receptorů, kterou vyvolávají pro ně atraktivní odoranty hostitele, a že účinkuje jako chuťový stimulant. [29, s. 3–49]

Detekce repelentu u klíšťat je zcela v začátcích, obzvláště v porovnání s hmyzem. Bohužel většina testů nerozlišuje mezi odpudivostí způsobenou čichem nebo mechanoreceptory. Podrobnější výzkum těchto dvou mechanismů by do budoucna mohl přispět k vývoji nových repelentů. Stejně tak jako chemické působení repelentních látek na centrální nervovou soustavu klíšťat. [30]

Před krev sajícími parazity, převážně spíše před komáry, lze chránit i venkovní prostory. Můžeme využít různé lucerny, pochodně, stolní difuzéry, svíčky či cívky, které fungují na principu rozptylu repelentní látky zahříváním. Interiéry lze ochránit např. elektrickými odpařovači do zásuvky. Prostorové, nebo-li plošné repelenty chrání více osob. [31]

Požadavky na ideální repelent jsou ochrana před co nejvíce parazity, dlouhotrvající účinek, který by měl být alespoň 8 hodin. Jednoduchá aplikace a vůně produktu, nepůsobit dráždivě na pokožku a bez toxicity. Pokud se přípravek nanáší na oblečení, tak má působit šetrně, bez negativních dopadů. Bohužel ideální repelent zatím nebyl vyvinut. [30]

K jeho vývoji by možná mohli přispět metody nové generace, které využívají počítačové techniky, která je založena na molekulárním modelování. Výzkum tohoto typu se zaměřuje na modelování molekulárního překrytí, modelaci umělých neuronových sítí a na vývoji účinných chemických sloučenin proti krev sajícím členovcům. Technologie pomocí počítače nám mohou poskytnout 3D struktury molekul, jejich chemické a fyzikální vlastnosti a porovnání jejich struktury s jinými molekulami. Z údajů o molekulách a jejich porovnání s modelovými molekulami lze například odhadnout jejich účinnost. Dále vizualizace usnadňují pochopení environmentálních, biochemických a biologických procesů mezi molekulami. Tyto principy studií tak přispívají k objevu a urychlení vývoje nových látek repelentních přípravků. [29, s. 53–74]

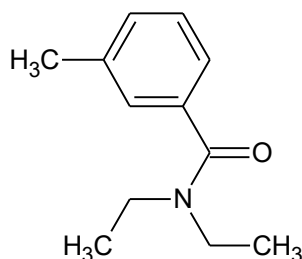
Repelentní přípravky lze rozdělit do dvou hlavních kategorií a to na syntetickém a přírodním základě. Tyto kapitoly budou podrobněji rozepsány níže.

3.1 Repelentní látky na syntetickém základě

První objev syntetických repelentních přípravků začal v roce 1929 zjištěním repelentních účinků u rozpouštědla dimethyl-ftalátu (DMP), který vykazoval nízkou toxicitu. Do 80. let 20. století se využíval jako širokospektrální repelent, než ho nahradily účinnější látky. V roce 1937 byl patentován indalon, jinak butypyronoxyl a chemicky (butyl-3,3-dihydro-2,2-dimethyl-4-oxo-2*H*-pyran-6-karboxylát), který působil proti klíšťatům, avšak jeho nevýhodou byl nepříjemný zápach. V roce 1939 byl vyvinut ethylhexandiol nazýván Rutgers 612, u něhož byly také prokázány repelentní účinky a jenž byl též původně vytvořen jako rozpouštědlo. Nakonec byl po válce zakázán, protože byla u něho zjištěna toxicita. Tyto tři sloučeniny byly smíchány v poměru 6 dílů DMP, 2 díly indalonu a 2 díly ethylhexandiolu

ve snaze zlepšení a prodloužení účinnosti. Hlavním důvodem bylo ochránit vojenské jednotky, které se vyskytují během bojů v endemických oblastech a ochránit je před nemocemi, které způsobují krev sající parazité. Na výzkumu a rozvoji repelentů se podílela především Americká armáda. Mezi lety 1942–1949 bylo otestováno na repelentní účinnost více než 7000 sloučenin, však především na komáry. Na konci 40. let se výzkum zaměřil i na repelenty proti klíšťatům, jejíž aplikace byla zaměřena především na oděvy. Studie dopadly velmi pozitivně, sloučeniny jako *n*-butylacetanilid, *n*-propylacetanilid, hexylmandelát a kyselina undecylenová vykazovaly repelentní účinnost proti klíšťatům. Použití těchto sloučenin, ale bylo pouze v rámci armády. [30], [31]

3.1.1 DEET



Obr. č. 14 DEET

Hlavní průlom nastal v roce 1946 objevením DEET. Jde o širokospektrální repelent, který je nejvíce využíván až do dnešních dní. Mezi další současné syntetické chemické repelenty patří Icaridin, IR3535, Permethrin. [30]

DEET, obr. č. 14, chemický název (*N,N*-diethyl-3-methylbenzamid nebo *N,N*-diethyl-*m*-toluamid) byl původně využíván v zemědělství jako pesticid. Za války byl využíván americkými vojáky a v roce 1957 se stal běžně dostupný pro civilní obyvatelstvo. [32]

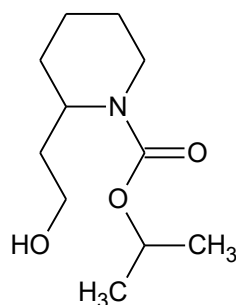
Je to nažloutlá viskózní kapalina, která se využívá jako širokospektrální repelentní přípravek. Formulace přípravku, v nichž je nejčastěji využíván, je v různých tekutinách, pleťových vodách, sprejích a impregnovaných materiálech. DEET se aplikuje přímo na pokožku a jeho koncentrace může být 5–99 %. Nejčastěji je používána koncentrace 10–30 %, která působí 4–6 hodin. S vyšší koncentrací se prodlužuje délka jeho působení, ale zároveň se sníží bezpečnost produktu, protože narůstá jeho dermální absorpce. [32], [33] Obavy z vedlejších účinků, které by mohly způsobit vyšší koncentrace DEET, přispěly k rozvoji nových formulací repelentních látek. Výzkum provedl Letterman Army Institute of Research (LAIR) mezi koncem 70. a začátkem 80. let 20. století. Při prvních studiích vědci využili smíchání DEET a polymerů. Výsledkem bylo prodloužení doby účinku až na 12

hodin a snížení koncentrace na 33 %. Velkou nevýhodou byla nepříjemná hustá konzistence. Při dalším testování vědci využili mechanismu mikroenkapsulace a polymeru, které byly navrženy tak, aby se v průběhu času postupně uvolňovala aktivní repelentní složka. Složení mikrokapsle je tedy z hlavní aktivní repelentní části, která je vyrobena koacervací, mezifázovou polymerací extruzí a dalšími procesy. Tyto nové formulace na bázi mikroenkapsulace vedly ke snížení vstřebávání do pokožky a prodloužení doby účinku, snížil se i zápach a lepivost a zlepšila se otěruvzdornost. [31]

Mezi negativní vlastnosti většiny přípravků s DEET je, že na některé uživatele působí lepivým či mastným dojmem a nepříjemným dráždivým zápachem. Jeho další nevýhodou je, že pokud se kombinuje s opalovacím krémem, tak se dle studií zvyšuje riziko absorpce do kůže. Nebylo však prokázáno jeho ukládání v lidském těle, pokud by se dostal do krevního řečiště, lidský organismus si s ním dokáže poradit a vyloučit ho močí. [29], [34]

I přesto, že bylo děláno mnoho přezkoumávání DEET, tak nebyla prokázána žádná zdravotní rizika. Může působit toxicky na některé živočichy, jako jsou ryby a ptáci, proto se doporučuje nepoužívat ho v blízkosti vodních zdrojů. V roce 2014 americká Agentura pro ochranu životního prostředí (EPA) rozhodla, že užívání DEET je bezpečné a to i pro děti bez věkového omezení. Spotřebitelům se doporučuje dodržovat pokyny aplikace na etiketě. [32]

3.1.2 Icaridin

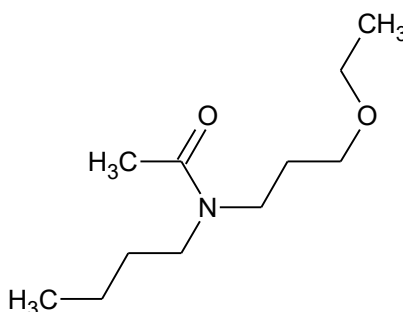


obr. č. 15 Icaridin

Vzorec Icaridinu najdeme na obrázku číslo 15. Jeho chemický název je 1-(1-Methylpropoxykarbonyl)-2-(2-hydroxyethyl)piperidin nebo butan-2-yl 2-(2-hydroxyethyl)piperidin-1-karboxylát. Můžeme jej též najít pod názvem Pikaridin, KBR 2023 a Bayrepel, který je odvozen od výrobce společnosti Bayer. Tato bezbarvá kapalina byla objevena v Německu technikou molekulárního modelování v 80. letech 20. století. [30]

Je to širokospektrální repelentní přípravek, který působí proti krev sajícím členovcům. Na trhu je dostupný v podobě sprejů, lotionů či tyčinek a nanáší se na exponovanou kůži v koncentraci 5–20 %. Při 7 % koncentraci poskytuje dobu ochrany po dobu 4 hodin a vyšší koncentrace 20 % až 8 hod. Podle studií bylo prokázáno, že Icaridin vykazuje účinnost o 10–20 % delší než DEET při stejné koncentraci. Navíc po aplikaci na pokožce působí příjemněji a navíc je výhodné, že nepoškozuje syntetické materiály. Mezi jeho další kladné vlastnosti patří to, že nemá negativní vliv v kombinaci s opalovacími přípravky a nebyly prokázány téměř žádné toxické účinky. [29, s. 233–234], [35]

3.1.3 IR 3535®



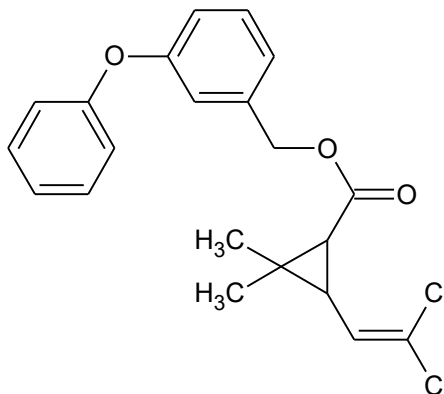
obr. č. 16 IR 3535

IR 3535 obr. č. 16, chemický název (ethyl-butylacetaminopropionát) EBAAP, který EPA registrovala, jako biopesticid. Lze také najít pod názvem MERCK 3535, který je odvozený od společnosti MERCK, která ho vyvinula v roce 1975. Je účinný jak proti komárům a jinému hmyzu, tak i proti klíšťatům. Princip působení IR 3535 je na principu přírodní aminokyseliny β -alaninu, která působí na hmyz odpudivě a vysílá pro něho zprávu, aby se nepřibližoval. V některých studiích byla jeho účinnost lepší proti nymfám *I. scapularis* než DEET při stejné koncentraci. Při další, která byla ve srovnání s DEET opět při ekvivalentní koncentraci, dosahoval dokonce lepší repelentnosti o 10–20 %. [29, s. 233–234], [30]

Přípravky s touto látkou můžeme najít ve formě aerosolů, ubrousků, mlék či pleťových vod a aplikuje se na kůži či oděv. Před použitím na oděv je doporučeno tento přípravek vyzkoušet na části materiálu tuto chemikálii, protože by mohla poškodit některé syntetické materiály či polymery. Na kůži působí šetrně, ale je prokázáno, že může podráždit oči. Je vhodný i pro děti a těhotné ženy. [29, s. 233], [36]

Řadí se mezi Bio repelenty, kvůli své struktuře podobné β -alanin se rychle rozkládá a je velmi šetrný k životnímu prostředí. [29, s. 233], [36]

3.1.4 Permethrin



obr. č. 17 Permethrin

Permethrin obr. č. 17, jeho chemický vzorec 3-fenoxybenzyl-[3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyklopropan-1-karboxylát] byl poprvé zaregistrován v USA v roce 1979 a patří do skupiny pyrethroidů. Je znám i pod značkou Pestanal®. Využívá se především v zemědělství, jako pesticid. V USA je používán jako standard k ochraně vojenských uniform. Princip jeho ochrany je kontaktní toxicita především proti lezoucím parazitům, jako jsou klíšťata. [37]

Jako repelentní přípravek dle studií působí na různé druhy klíšťat a všechna jeho vývojová stadia a to dokonce účinněji než DEET. Aplikuje se především na oděv, stan či moskytiéry a to ve formě spreje či impregnace, doporučuje se kombinace další repelentní ochrany na kůži. Impregnace se snižuje s praním, aby se prodloužila funkce ochrany permethrinem až na 100 vyprání, využije se polymerového nanášení na tkaninu a teploty 130 °C. [30]

Na kůži se kvůli absorpci aplikuje pouze ve spreji v koncentraci maximálně 0,5 %. Vyšší dávka by mohla způsobit negativní kožní reakce, jako například dermální absorpci či zarudnutí. Pro člověka je pravděpodobně karcinogenní při orálním podání, proto je třeba dodržovat pravidla aplikace. Pyrethroidy působí na nervovou funkci a působí negativně na kanálky nervové membrány. Pro většinu savců nebyla prokázána toxicita, ale je silně toxický pro kočky, vodní živočichy, ptáky a obojživelníky. [30], [33]

Americká Agentura pro ochranu životního prostředí (EPA) při opětovné registraci však došla k závěru, že jeho výhody jsou vyšší než rizika, která přináší. Jsou však zavedeny podmínky jeho používání, čímž by se měla snížit např. jeho ekologická rizika. [37]

3.2 Repelentní látky a přípravky na přírodním základě

Z historického hlediska můžeme najít první zmínky o používání přírodních repelentů již ve spisech Herodota (484–425 př. n. l), který popisuje egyptské rybáře, jak se chránili extrahovaným ricinovým olejem proti komárům. Římané zase využívali k potírání směs octa, manny (pryskyřice) a oleje, kyselina octová tak snižovala atraktivní lidské pachy pro komáry. Dále využívali spalování různých bylin, jako např. černý kmín, oregano a další. Dehty a různé typy kouře maskovaly pach hostitele a snižovaly tak potřebnou vlhkost vzduchu a tím narušily detekci parazitů. V chudších oblastech se této metody využívá dodnes. V historii se v různých kontinentech, také využívalo různých bylin k vtírání do pokožky či zavěšování do prostoru. [31]

Do první světové války se využívaly repelentní přípravky pouze na rostlinné bázi, např. citronelový olej. S objevem syntetických repelentů zájem o ně poklesl, avšak v dnešní době se k nim zase většina lidí vrací. Důvodem je, že bezpečnost syntetických repelentů je stále zpochybňována a dalším negativem je jejich rezistence, toxicita a nešetrnost k životnímu prostředí. [29], [31]

V posledních letech vzrostl počet studií biologických repelentů proti klíšťatům a ostatním parazitům. Výhodou biologických repelentů je rychlejší registrace než syntetických sloučenin. Jejich doba ochrany je kvůli těkavosti menší, ale díky metodě mikroenkapsulace a dalším, se jí daří prodloužit. [30], [33]

Repelentní účinky rostlin spočívají v tom, že obsahují sekundární sloučeniny, které je chrání před hmyzem. Dle chemie je můžeme rozdělit do pěti skupin a to na alkaloidy (dusíkaté sloučeniny), terpenoidy, které působí jako repelent nejčastěji, fenoly, inhibitory proteínáz, regulátory růstu. [29]

3.2.1 Alkaloidy

Alkaloidy se vyskytují převážně ve vyšších, dvouděložných rostlinách, v současnosti je známo více jak 4000 rostlinných druhů. Jedna rostlina může obsahovat i více typů. Jsou to organické sloučeniny odvozené od aminokyselin a ve své struktuře obsahují heterocyklický kruh s atomem dusíku ve struktuře. Jejich chemická struktura je různorodá. Význam účinku alkaloidů pro rostliny, nebyl zcela objasněn. Pravděpodobně kvůli své hořké chuti a toxicitě poskytují přirozenou ochranu rostlině před škůdci. Další jejich funkcí může být to, že naopak přitahují hmyz, například z důvodu opylování. Někdy se lze také setkat

s tvrzením, že se jedná o odpadní látky rostliny. Alkaloidy jsou, ale patrně důležité i pro specifické biologické funkce. [38], [39, s. 18–30]

Alkaloidy vykazují insekticidní účinky již při malých koncentracích. Jako repelentní přípravky bývá nejčastěji využito metody spalování rostlinného materiálu ve formě ohně či speciální spirály, kdy se vytvoří kouř, který na parazity působí přímou toxicitou. Nejčastěji jsou jako tradiční repelenty využívány rostliny z čeledi *Berberidaceae*, *Fabaceae*, *Solanaceae* a *Ranunculaceae*. Mezi nejznámější zástupce patří třeba tabák, ale nevýhodou jsou jeho spalovací výpary, které mohou působit karcinogenně. Nikotin je znám tím, že působí na acetylcholinové receptory a též se využívá v repelentních přípravcích. Jejich velkou nevýhodou je, že jsou často toxické pro obratlovce. [29, s. 183–203]

V našich podmínkách je známá rostlina vlašovičnicku (*Chelidonium majus*), který působí proti klíšťatům a výrobu takového repelentu lze zvládnout i v domácích podmínkách. Kristína Bečarová ve své diplomové práci provedla testování účinku přípravků na bázi rostlinných výluhů a jednoduchých chemických směsí. Rostlinné výtažky byly z hřebíčku (*Syzygium aromaticum*), vlašovičnicku (*Chelidonium majus*), sušeného rozmarínu lékařského (*Rosmarinus officinalis*), rostliny hvozdíku zahradního (*Dianthus caryophyllus*) a ze směsi jedlé sody, soli a octu. Přípravky byly naneseny na testovanou plochu a poté byla testována účinnost, ta byla znovu ověřena po 2 hod od aplikace. Nejvíce účinný byl přípravek s hřebíčkem, který měl účinnost po 2 hodinách 57 %. Méně účinný byl výluh vlašovičnicku, po 2 hod. byla jeho účinnost 50 %. Repelentnost byla prokázána u všech zkoušených přípravků, avšak u hvozdíku zahradního byla účinnost pouze 33 %. [40]

3.2.2 Terpenoidy

Terpenoidy nalezneme především v rostlinách. V současnosti je známo asi 25 000 terpenových struktur. Jsou složeny z jednotek isoprenu a podle počtu jejich struktur je lze dělit na hemiterpeny, monoterpeny, seskviterpeny, diterpeny, sesterterpeny, triterpeny a tetraterpeny. Využívají se v kosmetickém, potravinářském, farmaceutickém průmyslu a zemědělství. [29, s. 183–203]

Do terpenoidů se řadí esenciální oleje, které vznikají směsí cyklických i acyklických monoterpenů, můžeme též najít pod názvem éterické oleje. Jsou to těkavé většinou silně aromatické sloučeniny. Získávají se parní, či suchou destilací, hydrodestilací, extrakcí nebo mechanickým lisováním rostlin za studena. Nejčastěji se využívá květů, listů, stonků, se-

men, plodů, kořene a kůry. Na kvalitu esencí má vliv technické zpracování rostliny, ale i prostředí a podmínky, v kterých rostla. [29, s. 183–203]

Z hlediska repelentního účinku se jedná o nejvýznamnější kategorii. Dle studií bylo prokázáno, že jejich repelentnost je způsobena tím, že obsahuje alespoň jednu funkční skupinu s atomem kyslíku. Byl také zkoumán vztah mezi molekulární strukturou a účinkem repelence. Výsledkem zkoumání 18 sloučenin podobných fenylpropanoidu eugenolu bylo, že chemické vlastnosti, jako je hydroxylová a methoxy-skupina a také postranní řetězce na benzenovém kruhu mají vliv na repelentní účinnost. [29, s. 183–203], [41]

Seznam látek, které byly ve studii použity, je vypsán v tabulce č. 1. Jejich koncentrace byla testována v množství 100 a 1000 mg. Pokud látka prokázala repelentnost při koncentraci 100 mg byla její koncentrace snížena na 10 mg. Závislost repelentnosti na molekulární struktuře je znázorněna v tabulce č. 2.

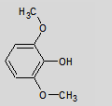


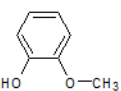
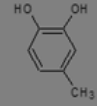
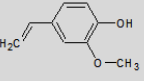
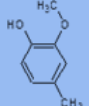
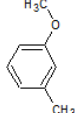
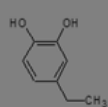
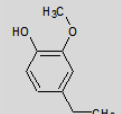
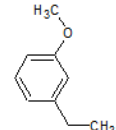
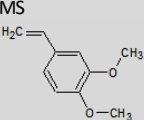
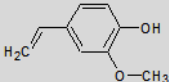
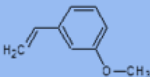
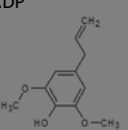
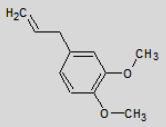
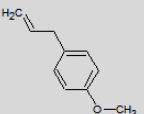
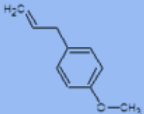
Tabulka č. 1. Seznam látek [41]

| Zkratka | Název látky |
|---------|---|
| EUG | 4-allyl-2-methoxyfenol (eugenol) |
| SYR | 2,6-dimethoxyfenol (Syringol) |
| ADP | 4-allyl-2,6-dimethoxyfenol |
| CAT | 1,2-benzendiol (katechol) |
| MCA | 4-methyl-1,2-benzendiol (4-methylkatechol) |
| ECA | 4-ethyl-1,2-benzendiol (4-ethylkatechol) |
| DMB | 1,2-dimethoxybenzen (Veratrol) |
| DMT | 1,2-dimethoxy-4-methyl-benzen (4-methylveratrol) |
| DMS | 1,2-dimethoxy-4-vinyl-benzen (4-vinylveratrol) |
| ADB | 4-allyl-1,2-dimethoxybenzen (methyleugenol) |
| GUA | 2-Methoxyfenol (2-Hydroxyanisol, Guaiacol) |
| MMP | 2-methoxy-4-methylfenol (kreosol) |
| EGU | 4-Ethyl-2-methoxyfenol (4-ethylguajakol) |
| MVP | 2-Methoxy-4-vinylfenol (4-vinylguajakol) |
| MAN | 1-Methoxy-3-methyl-benzen (3-methylanisol) |
| EAN | 1-Ethyl-3-methoxy-benzen (3-ethylanisol) |
| VAN | 1-Methoxy-3-vinyl-benzen (3-vinylanisol) |
| EST | 1-allyl-4-methoxybenzen (4-allylanisol, estragol) |

Tabulka obsahuje sloupce, kde jsou molekuly se stejnou kombinací funkčních skupin a to hydroxyl –OH a methoxy-skupina –O–CH₃, ale jejich postranní řetězce na benzenovém

kruhu se liší. V řádcích jsou molekuly se stejným postranním řetězcem, ale s rozdílnými funkčními skupinami. Repelentnost je označena barevně, odpudivost při nejmenší dávce 10 mg je vyznačena tmavě šedou barvou, světle šedá označuje molekuly působící při střední dávce 100 mg, molekuly, které odpuzují při největší dávce 1000 mg znázorňuje modrá barva. Bílá barva je u molekul, které neprojevily repelentnost ani při nejvyšší koncentraci. [41]

Tabulka č. 2 souvislost repelentnosti a molekulární struktury [41]

| Funkční skupiny | | | | | | |
|-----------------|--|--|--|--|--|--|
| | OH+ 2 × O—CH ₃ | 2 × OH | 2 × O—CH ₃ | OH+ O—CH ₃ | O—CH ₃ <i>meta</i> | O—CH ₃ <i>para</i> |
| I | SYR  | CAT  | DMB  | GUA  | | |
| -methyl- | | MCA  | DMT  | MMP  | MAN  | |
| -ethyl- | | ECA  | | EGU  | EAN  | |
| -vinyl- | | | DMS  | MVP  | VAN  | |
| -allyl- | ADP  | | ADB  | eugenol  | | EST  |

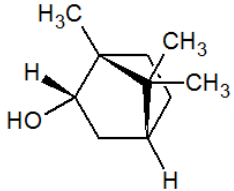
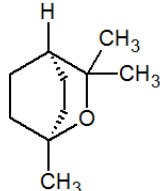
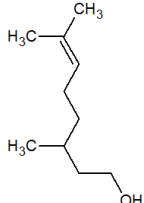
Z této studie vyplývá, že hydroxylové a methoxylové skupiny mají vliv na odpuzování klíšů, protože pokud obsahovaly větší počet těchto skupin, jejich repelentnost byla vyšší než u sloučenin, které měly pouze 1 methoxyskupinu. Nejvyšší odpudivost byla zaznamenána u sloučenin s 2 hydroxylovými skupinami nebo 1 hydroxylovou a 2 methoxyskupinami. S velkou pravděpodobností má na odpudivost vliv i postranní řetězec, protože s jeho délkou se zvyšovala. [41]

Rostliny a esenciální oleje, které mají repelentní účinky proti klíšťeti *I. ricinus* najdeme v tabulce č. 3 a č. 4.

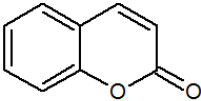

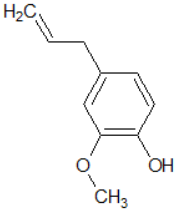
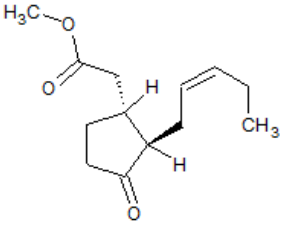
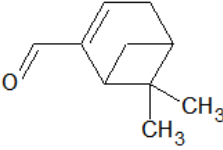
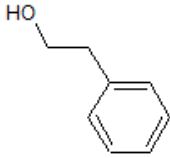
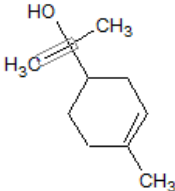
Tabulka č. 3 Rostliny, které vykazují repelentnost proti *I. Ricinus* [30]

| Odborný název | Běžné jméno | Čeleď |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <i>Artemisia abrotatum</i> | Pelyněk brotan | <i>Asteraceae</i> |
| <i>Azadirachta indica</i> | Neem strom | <i>Meliaceae</i> |
| <i>Convallaria majalis</i> | Konvalinka vonná | <i>Liliaceae</i> |
| <i>Corymbia citriodora</i> | Blahovičník citroníkový | <i>Myrtaceae</i> |
| <i>Cymbopogon</i> spp | Citronová tráva | <i>Poaceae, Graminae</i> |
| <i>Lavandula angustifolia</i> | Levandule lékařská | <i>Lamiaceae</i> |
| <i>Ocimum basilicum</i> | Bazalka pravá | <i>Lamiaceae</i> |
| <i>Pelargonium graveolens</i> | Muškát, pelargonie vonná | <i>Geraniaceae</i> |
| <i>Syzygium aromaticum</i> | Hřebíčkovec kořený | <i>Myrtaceae</i> |
| <i>Tanacetum vulgare</i> | Vratič obecný | <i>Asteraceae</i> |

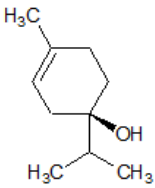
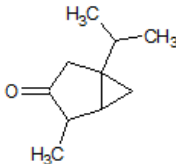
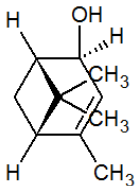
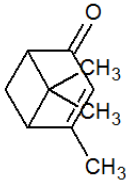
Tabulka č. 4 Sloučeniny odpuzující klíšťata *I. ricinus* izolované z různých rostlin [30]

| název sloučeniny | vzorec | struktura |
|-------------------------|-----------------|---|
| Borneol | $C_{10}H_{18}O$ |  |
| 1,8-Cineol (eukalyptol) | $C_{10}H_{18}O$ |  |
| β -Citronellol | $C_{10}H_{20}O$ |  |

Pokračování tabulky č. 4

| název sloučeniny | vzorec | struktura |
|------------------------|-------------------|---|
| Kumarin | $C_9H_6O_2$ |  |
| Kyselina dodekanová | $C_{14}H_{28}O_2$ |  |
| Eugenol | $C_{10}H_{12}O_2$ |  |
| Methyl-jasmonát | $C_{13}H_{20}O_3$ |  |
| Myrtenal | $C_{10}H_{14}O$ |  |
| 2-Fenylethanol | $C_8H_{10}O$ |  |
| 1- α -Terpineol | $C_{11}H_{20}O$ |  |

Pokračování tabulky č. 4

| název sloučeniny | vzorec | struktura |
|------------------|-----------------|--|
| Terpinen-4-ol | $C_{10}H_{18}O$ |  |
| Thujon | $C_{10}H_{16}O$ |  |
| Verbenol | $C_{10}H_{16}O$ |  |
| 1-Verbenon | $C_{10}H_{14}O$ |  |

Pro komerční využití se nejčastěji využívá citronelový olej, eukalyptový olej, 2-undekanon a kyselina dodekanová. [30]

3.2.2.1 Citronelový olej

Citronelový olej byl v USA zaregistrován v roce 1948, jako repelent. Před výrobou syntetických repelentů se používal, jako standard. Olej se získává nejčastěji extrakcí různých částí rostliny *Cymbopogon* (citronová tráva) např. z listů. Často se využívá parní destilace, kdy se používá čerstvá či sušená citronová tráva. [42]

Citronelový olej je většinou rozdělen na typ Cejlon a Jáva. Listy Jáva jsou dlouhé a mají největší koncentraci oleje, který obsahuje poměrně stabilní molekuly citronellool, geraniol a citronellal. Typ Cejlon navíc ještě obsahuje methyl-eugenol a methyl-isoeugenol.

Využívá se jako pesticid pro svoje repelentní vlastnosti, které má kvůli obsahu bioaktivních sloučenin. Především se využívá proti komárům, jeho účinnost přibližně trvá 1–2

hodiny, ale lze ji prodloužit enkapsulací. V případě klíšťat se využívá, jako insekticid. Bylo zjištěno, že klíšťata se stala rezistentní na některé syntetické insekticidy a tak jako alternativa se využívá citronelového oleje. [43, s. 152–180], [45]

Nevyskytují se záznamy o ekologické toxicitě. Pro člověka by mohl být pravděpodobně karcinogenní Cejlonský typ, protože obsahuje methyl-eugenol. Bylo provedeno testování na hlodavcích, kterým byl methyl-eugenol podáván orálně, následně u nich byla prokázána tvorba karcinomů. Nebyla dělána, žádná studie, že by mohl působit karcinogenně i při kožním podání, proto není jeho používání nijak omezeno. [43, s. 152–180], [45]

3.2.2.2 Eukalyptový olej

Rod Eukalyptus patří do čeledi myrtovitých (kvetoucích rostlin). Je známo více, jak 800 druhů *Eukalyptus*. Z listů *Corymbia citriodora* dřívější název blahovičnick citroníkový (*Eukalyptus citriodora*) se pomocí extrakce získává eukalyptový olej, který obsahuje *p*-methan-3,8-diol (PMD). Ke zvýšení výtěžnosti PMD se používá rafinace. Sloučenina *p*-methan-3,8-diol je registrován, jako repelentní přípravek. Je účinný proti komárům, ale působí i na klíšťata. Forma přípravku je buď ve spreji, nebo se používá jako pleťová voda. [43, s. 44–56], [30] Využívá se jako alternativa syntetických repelentů a jeho ochrana je srovnatelná s DEET. Je poměrně stabilní, protože jeho tlak par je nižší a nebyly prokázány žádné nežádoucí účinky, jak na lidi, tak na životní prostředí. [29, s. 192–201]

3.2.2.3 2-Undekanon

Můžeme najít ve sloučenině pod názvem BioUD. Získává se z rostlin divokých rajčat (*Lycopersicon hirsutum*), ale je obsažen i v jahodách a hřebíčku. Repelent registrovala EPA pro ochranu koček a psů před parazity. Poté bylo jeho používání komerčně rozšířeno i pro lidi, protože nevykazoval nebezpečné účinky. Forma přípravku je na vodní bázi. Je to širokospektrální repelent. [29, s. 192–201]

Při studiích s klíšťaty vykazoval dokonce 2–4 krát větší účinnost než DEET. V další terénní studii poskytl dobu ochrany delší o 10 minut než 15 % DEET. [29, s. 192–201]

3.2.2.4 Kyselina dodekanová, laurová DDA

Je obsažena v kokosovém a palmovém oleji. Byla provedena srovnávací studie repelence přípravků s obsahem DDA proti klíšťatům. Výsledek prokázal účinnost u formulace 10 % DDA. Doba ochrany byla zjištěna na přibližně 8 hod.

Na trhu lze zakoupit přípravky s obsahem DDA. Jejich účinnost je srovnatelná s icaridinem. [30]

3.2.2.5 Esenciální oleje s repelentními účinky

Výzkum esenciálních olejů s repelentními účinky je teprve v počátku vývoje, níže je popsáno několik zástupců silic, které působí proti *I. ricinus*. [30]

Hřebíčkový olej se získává extrakcí stonku a listu nebo izolací ze sušených pupat hřebíčku. Obsahuje převážně eugenol asi 70–90 %. Využívá se jako ekologický pesticid. Byly provedeny studie o koncentraci oleje 1 %, 5 %, 10 % a 15 % na měkkých klíšťatech. Výsledkem byla prokázána 80 % úmrtnost klíšťat za 24 hod při nejvyšší testované koncentraci. Může způsobit dermální nebo respirační expozici. [43, s. 200–214]

Při výzkum jedenácti esenciálních olejů při koncentraci 3 % prokázal hřebíček odpudivost 83 %, tymián plazivý 82 % a tymián červený 68 %. Než u samostatných složek při koncentraci 3 %, byla prokázána účinnější repelentnost 91 %, při poloviční koncentraci u směsi tymiánu plazivého a citronely. [44]

Skořicový olej se vyrábí z různých druhů stromu skořice. Jeho hlavní složkou získanou z kůry je eugenol a kořene kůry je kafr. Obsah skořicového oleje, lze najít v komerčním produktu Killer Spray, kde mezi jeho další aktivní složky patří rozmarýnový, sezamový, máťový, tymiánový olej a česnekový extrakt. [43, s. 118–138]

Mátový olej získává se z byliny *Mentha* nejčastěji máta klasnatá (*Mentha spicata*) a máta peprná (*Mentha piperita*). Hlavní složky oleje menthol, menthon, 1,8-cineol a limonen. Má repelentní účinek především proti komárům, ale působí i na klíšťata. Lze najít i spoustu receptů na domácí výrobu repelentu. [43, s. 59–69]

Bazalkový olej je z bazalky a jeho hlavní složky jsou linalool, methyl-cinnamát, eugenol a 1,8-cineol. [43, s. 74–88] Byly provedeny testy na klíště pijáka lužního (*Dermacentor reticulatus*) 11 esenciálních olejů při koncentraci 1 a 3 %, které potvrdily repelentní účinnost bazalky pravé, avšak její hodnoty nebyly srovnatelné s nejúčinnějšími esenciálními oleji z této studie. Nejlepších výsledků dosáhl při koncentraci 3 %, olej z pupenů hřebíčku, který odpuzoval 83 % klíšťat. [44]

Levandulový olej se extrahuje z levandule. Vykazuje také repelentní účinky. Byla provedena studie na nymfy *I. ricinus*, kdy byl levandulový olej a geraniový olej (olej z pelargonie) zředěn v 1,2-propandiolu na 30 % a vykázal 100 % repelentnost. [46] Další studie

předpokládá, že složka (-)-10-epi- γ -eudesmol, který se nachází v geraniovém oleji, by do budoucna mohl být využíván pro komerční účely. [47]

Byl proveden výzkum, kdy došlo k izolaci repelentních složek ze sulfátového terpentýnu, který obsahoval silici smrku ztepilého a borovice jižní v poměru 80 : 20. Terpentýn byl poté pomocí destilace rozdělen na monoterpenovou uhlovodíkovou frakci a zbytek s ostatními deriváty terpenoidů. Pomocí oxidace monoterpenové frakce se získaly okysličené monoterpeny, které mají předpoklady k odpuzování klíšťat. Kapalinovou chromatografií se oddělila oxidovaná frakce a destilační zbytek. Takto získané frakce byly testovány. Bylo zjištěno, že frakce o koncentraci 10 %, které vykazovaly největší repelentní účinnost, obsahovaly především (-)-borneol a směsi (-)-1-terpineolu a terpinen-4-olu. Jejich účinek byl srovnatelný s 20 % DEET, pokud by měl být repelentní účinek stejný, tak by stačilo použít pouze poloviční množství neaktivnější frakce. [48]

Ricinový olej se získává ze skočce. V laboratorních testech byla také prokázána jeho repelentnost na klíšťatech. Působí jako akaricid, protože estery kyseliny ricinolejové inhibovaly vývoj oocytů. [43, s. 357]

Byla provedena studie v polních podmínkách, v příměstském veřejném parku na okraji města Bristol. Od okraje lesa ve vzdálenosti 7,5 m bylo vybráno 19 vhodných ploch o velikosti 4×30 m s vysokou aktivitou klíšťat. Testovaným materiálem byly bavlněné kalhoty či příkrývky velké 1m^2 , které byly ošetřeny 5 % olejem z rozmarýnu, oregana, máty, tymiánu a 20 % DEET. V porovnání s negativní kontrolou mělo ošetření mátovým či oreganovým olejem na příkrývky mnohem méně klíšťat. U kalhot, které byly ošetřeny mátovým nebo tymiánovým olejem, byla zjištěna rychlost odpadnutí během 3 minut. Výsledkem bylo, že při testu, který probíhal 24 hodin, nedošlo ke snížení repelence u oleje z oregana a máty, a že jeho účinnost je tedy srovnatelná s 20 % DEET. [49]

Existuje mnohem více sloučenin s repelentním účinkem proti *I. ricinus*, a proto by pomohlo zvýšit povědomí o těchto látkách provedení dalších pokusů a experimentů z této oblasti. Jedním z hlavních problémů je stabilita těkavých molekul. Vědci pracují na prodloužení doby působení různými metodami. Jednou z nich je mikroenkapsulace, nanotechnologie, chemická modifikace či smíchání olejů s velkými větvenými molekulami, jako je např. vanilin. [43], [50]

Dalším problémem je sjednocení testovacích metod a jeho následného vyhodnocení. Je i třeba se zaměřit na esenciální oleje a standardizovat chemické složení, protože v něm jsou velké rozdíly. [43], [50]

Přírodní repelentní přípravky jsou šetrnější pro lidi a životní prostředí, ale i tak je důležité tyto složky testovat na toxicitu. Mnoho z nich můžou způsobit kožní a respirační potíže či dokonce některé mají karcinogenní účinky. [43], [50]

4 DOMÁCÍ VÝROBA REPELENTŮ

Výroba domácích repelentů na přírodní bázi je většinou velmi jednoduchá. Nejčastěji používané složky jsou byliny, éterické oleje, ethanol a nosné, triacylglycerolové oleje. Většina potřebných surovin je běžně dostupná v obchodech. Stejně, tak nástroje potřebné k výrobě najdeme běžně v kuchyni. Recepty lze najít například na internetu je však třeba dát si pozor na to, zda jsou určeny pouze na komáry, což je většina nebo odpuzují i klíšťata. [51] Nejúčinnější jsou repelenty na bázi eukalyptolu, linaloolu a thujonu, v České republice lze najít více než 300 planě rostoucích rostlin, které lze k výrobě použít. [52] Níže budou napsány některé recepty na klíšťata.

„Citronový, eukalyptus-geranium repelent“

Kombinace citronového eukalyptu (*Corymbia citriodora*), pelargonie, citronové trávy a citronely. Repelent s příjemným aroma, který odpuzuje nejen klíšťata, ale i hmyz.

- 20 kapek esenciálního oleje geranium
- 14 kapek citronový eukalyptový olej (lze nahradit *Eucalyptus globulus*)
- 7 kapek citronelový esenciální olej
- 7 kapek olej z citronové trávy
- ½ čajové lžičky tekutého kastilského mýdla s vůní máty nebo eukalyptu
- ½ čajové lžičky rostlinného glycerinu
- ¼ hrnku čisté vody
- ¼ hrnku neochucené vodky

Dát všechny esenciální oleje do „skladovací“ lahvičky a poté přidat zbytek a lahvičku uzavřete a protřepejte. Poté nechat 1 hod odstát.

Před použitím dobře protřepat. Nanáší se na pokožku dle potřeby. Pravděpodobně znovu aplikovat po 20–30 minutách. Pozor na světlé oblečení, které může špinit. Skladujte při pokojové teplotě, mimo teplo a světlo. Spotřebujte do 1 roku od přípravy. [51]

„Letní tymiánový repelent“

Tato poměrně štiplavá vůně repelentu maskuje pach hostitele. Základem je sójový olej, který zanechá pokožku vláčnou.

- 10 kapek oleje z citronové trávy
- 6 kapek tymiánového esenciálního oleje
- 6 kapek rozmarýnového esenciálního oleje
- 4 kapky esenciálního oleje z kočičí máty
- ½ čajové lžičky neemového oleje
- ½ hrnku organického sójového oleje
- Lahvička se stříčkou

Všechny esenciální oleje dát do lahvičky a poté přidat zbytek surovin, uzavřít a protřepat. Nechat působit 1 hodinu. Před každým použitím protřepat a nastříkat na pokožku dle potřeby. Opakovat aplikaci po 30 minutách. Skladujte při pokojové teplotě, mimo teplo a světlo. Spotřebujte do 1 roku od přípravy. [51]

„Repelent proti klíšťatům na oblečení“

Tato formulace repelentu je určena pouze na oblečení, boty nebo doplňky. Je kombinace 100% neředěných esenciálních olejů.

- 2 kapky následujících esenciálních olejů: pelargonie, kočičí máta (catnip) a máta peprná
- 1 malá lžice levandulového esenciálního oleje

Všechny ingredience dejte do lahvičky, uzavřete a protřepejte. Nechte působit alespoň 1 hod. Před použitím protřepejte a aplikujte na oblečení. Opakujte až 3× denně. Skladujte při pokojové teplotě, mimo teplo a světlo. Spotřebujte do 2 let od přípravy. [51]

„Geranium repelentní balzám“

Esenciální olej Geranium (pelargonie růže) je přírodní repelent, který je účinný proti klíšťatům.

- 7 polévkových lžic organického sójového základního oleje
- 1–2 polévkové lžice včelího vosku (pro pevnější balzám použijte větší množství)
- 48 kapek esenciálního oleje geranium
- Malý hrnec, míchací nádobu a skladovací sklenici

Za zvýšené teploty zahřívejte základový olej a včelí vosk dokud se nerozpustí. Směs promíchejte, stáhněte z plotny a nechte 5 minut vychladnout. Přidejte geraniový olej a promíchejte. Dejte do skladovací nádoby a nechte 1 hodinu odpočívat. Aplikujte na pokožku, která není pokryta oblečením (zápěstí, krk, nohy pokud máme kraťasy). Skladujte při pokojové teplotě, mimo teplo a světlo. Spotřebujte do 2 roku od výroby. [51]

„Recept na ořechové mazání“

- 0,5 kg pokrájených zelených slupek z vlašských ořechů
- 1l vody
- Alpa – francovka

V hrnci svařte vodu se slupkami ořechů. Nechte vychladnout a poté přelijte do lahvíček v poměru tři díly extraktu a jeden díl lihu – francovky. Pro zlepšení lze přidat ještě pár pokrájených ořechových slupek a nechat 2 týdny louhovat. Repelent se nanáší na kůži, má příjemnou vůni a chladivý efekt. Účinkuje i proti komárům. Aplikuje se na pokožku a měl by účinkovat až 5 hod. [52]

„Hřebíčkový lihový repelent“

- 100 ml lékárenského lihu
- 20 g čerstvě nadrceného hřebíčku

Hřebíček dejte do uzavíratelné nádoby s lihem a nechte dva až tři týdny macerovat. Získáte tekutinu hnědé barvy, poté scedíte a dáte do lahvičky s rozprašovačem. Aplikujte na pokožku, doba ochrany by měla vydržet asi 2 hodiny. [53]

Před aplikací všech domácích repelentů se doporučuje vyzkoušet kožní snášenlivost. Nevýhodou těchto přírodních produktů je, že jsou častými alergeny. Neměli bychom zapomínat ani na otestování na oděvu, protože by některé látky mohli poškodit například barevnost. Mezi další nedostatky patří, že bývají mastné a pro někoho mají nepříjemný zápach. Jedním z hlavních negativ je, že je těžké stanovit jejich účinnost. Ta souvisí i s esenciálními oleji, protože koncentrace aktivních složek se liší a je ovlivněna různými

faktory, jako je geografie, metody pěstování, úrodnost půdy, počasí a následné získání a technické zpracování rostliny. Špatný postup přípravy, jako například přeluhování nebo naopak nedoluhování může mít také negativní vliv na účinnost vytvořeného domácího výrobku. [51], [52]

ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci na téma „Repelentní přípravky proti roztočům rodu *Ixodes*“, jsem se zaměřila na zpracování jednotlivých okruhů, které byly zadány.

Klíšťata se řadí mezi parazity, která se živí krví. Klíště rodu *I. Ricinus* se řadí mezi takzvaná tvrdá klíšťata, protože mají chitinový štít, který je chrání před rozmáčknutím. K vyhledání hostitele jim slouží pro ně specifický orgán tzv. Hallerův orgán. K přísání využívají makadla, kterými si najdou vhodné místo na pokožce a pomocí klepítek se „zařízou“ do pokožky a pevně se zachytí spodní čelistí tzv. hypostomem. Ten je právě nejčastějším zdrojem přenosu infekčních nemocí.

Nemoci jsou rozděleny na virová, bakteriální a protozoární nákazy. Mezi hlavní virové nemoci patří Klíšťová encefalitida, kterou můžeme znát pod názvem meningoencefalitida nebo zánět mozku a mozkových blan. Bakteriální nemoci, z nichž je nejčastější Lymeská borelióza, Tularémie, Ehrlichioza a Bartonelóza. Mezi protozoární nákazy pak patří ba-bezióza.

V České republice je vhodné mikroklima pro výskyt klíšťat. Jejich aktivita je od jara do podzimu a je zveřejňována ve spolupráci s Českým hydrometeorologickým ústavem. V práci jsou použity grafy, které ukazují promořenost klíšťat v procentech a výskyt infikovaných klíšťat v jednotlivých krajích.

Riziko napadení klíšťata lze snížit použitím repelentních přípravků. Na trhu jsou dostupné přípravky na syntetické či přírodní bázi. K nejčastěji využívaným syntetickým komerčním přípravkům patří DEET, Icaridin, IR 3535 a Permethrin.

V dnešní době je často diskutována bezpečnost těchto přípravků, proto se opět začínáme vracet k přípravkům na přírodním základě. Jejich účinnost nedosahuje zatím takových výsledků, jako syntetické přípravky, ale jsou šetrnější, jak k životnímu prostředí, tak k pokožce. Repelentní účinek rostlin spočívá v tom, že ke své ochraně před hmyzem využívají sekundárních sloučenin. Z hlediska repelentnosti jsou nejzajímavější terpenoidy, kde tvoří nejznámější skupinu esenciální oleje. Mezi dostupné komerční přírodní oleje patří citronelový, eukalyptový, 2-Undekan, kyselina dodekanová.

Esenciálních olejů s repelentními účinky je velké množství. V současné době se zvyšujícím se zájmem o přírodní produkty roste i počet studií, které se zaměřují především na lepší účinnost.

Repelentní přípravky na přírodní bázi lze vyrobit i doma. Ovšem jejich nevýhodou je, že nelze odhadnout dobu jejich účinku. Velké množství vedlejších faktorů, může ovlivnit kvalitu domácího zpracovaného repelentu.

Ke zpracování své práce jsem využila dostupných literárních zdrojů, jak tištěných tak online či různých studií. Vzorce použité v práci jsem vytvořila pomocí programu ACD/ChemSketch od Advanced Chemistry Development, Inc., Kanada.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VOLF, Petr, HORÁK, Petr. *Paraziti a jejich biologie*. 1. vyd. Praha: Triton, 2007. ISBN 978-80-7387-008-9.
- [2] HUBÁLEK, Zdeněk. *Mikrobiální zoonózy a sapronózy*. Brno: Masarykova univerzita, 2000. ISBN 80-210-2446-1.
- [3] KIMMIG, Peter, Rüdiger BRAUN a Dieter HASSLER. *Klíšťata: Nepatrné kousnutí s neblahými následky*. Praha: Pragma, c2003. ISBN 80-720-5881-9.
- [4] DANĚŠ, Luděk. *Přírodně ohniskové nákazy*. V Praze: Karolinum, 2003. ISBN 80-246-0568-6.
- [5] KERLES, Marek. *Člověk a klíště*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2015. ISBN 978-80-7394-515-2.
- [6] ROSICKÝ, Bohumír, Vladimír ČERNÝ, Milan DANIEL, František DUSBÁBEK, Pavel PALÍČKA a Karel ŠAMŠIŇÁK. *Roztoči a klíšťata škodící zdraví člověka: cesta k vědě*. Praha: Academia, 1979. ISBN 509-21-826.
- [7] MULLEN, Gary R. a Lance A. DURDEN. *Medical and Veterinary Entomology*. Third Edition. 125 London Wall, Londýn EC2Y 5AS, Velká Británie: Charlotte Cackle, 2019. ISBN 978-0-12-814043-7.
- [8] SOJKA, Daniel. „Krvemlýnek“ ve střevě klíštěte. <https://ziva.avcr.cz/> [online]. Academia, SSČ AV ČR, 2016 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/krvemlynek-ve-streve-klistete.pdf>
- [9] MATERNA, Jan. Výškové rozšíření klíštěte obecného (*Ixodes ricinus*) v Krkonoších. *Opera Corcontica* [online]. Správa KRMAP, 2012, 2012 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <http://opera.krnap.cz/apex/f?p=103:1>
- [10] KULMA, Martin a Kateřina KYBICOVÁ. Nemoci přenášené členovci v České republice I. - Klíšťata. [Www.szu.cz](http://www.szu.cz) [online]. 9. červenec 2020 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/prevence/nemoci-prenasene-clenovci-v-ceske-republice>
- [11] ŠTEFÁNEK, Jiří. Arboviry. <https://www.stefajir.cz> [online]. 2011 [cit. 2022-05-11]. Dostupné z: <https://www.stefajir.cz/arboviry>
- [12] RŮŽEK, Daniel. *Klíšťová encefalitida*. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-5305-8.
- [13] HAVLÍK, Jiří. *Infekční nemoci*. 2., rozš. vyd. Praha: Galén, 2002. ISBN 80-726-2173-4.
- [14] PETROUŠOVÁ, Lenka a Alena ZJEVÍKOVÁ. *Klíšťová encefalitida v dětském věku, význam očkování* [online]. 2014 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.pediatricpropraxi.cz/pdfs/ped/2014/02/02.pdf>
- [15] BARTŮNĚK, Petr. *Lymeská borelióza*. 4., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4355-4.
- [16] PROKEŠ, Zdeněk. *Lymeská borelióza* [online]. 2015 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.dermatologiepropraxi.cz/pdfs/der/2015/01/08.pdf>

- [17] ŠTORK, Jiří. *Dermatovenerologie*. 2. vyd. Praha: Galén, c2013. ISBN 978-80-7262-898-8.
- [18] MÁŠLOVÁ, Ludmila, Irena MARTÍNKOVÁ a Monika VAŠUTOVÁ. <https://www.internimediceina.cz/pdfs/int/2014/04/10.pdf> [online]. 2014 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: doi:Bartonelóza – nemoc z kočičího škrábnutí
- [19] FOJTÍKOVÁ, Monika. *Nemoc kočičího škrábnutí* [online]. 2009 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.pediatricpropraxi.cz/pdfs/ped/2009/01/09.pdf>
- [20] Babesióza. <https://www.labtestsonline.cz/> [online]. Labtestonline, 2022, 18.12.2020 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.labtestsonline.cz/babesioza.html>
- [21] ŠTEFÁNEK, Jiří. Babesióza. <https://www.stefajir.cz> [online]. [cit. 2022-01-23]. Dostupné z: <https://www.stefajir.cz/babesioza>
- [22] ČERNÍK, Václav. Předpověď aktivity klíštěte obecného pro území České republiky. <https://www.chmi.cz/> <https://www.chmi.cz/> [online]. [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://info.chmi.cz/bio/mapy.php?type=kliste>
- [23] Promořenost klíšťat. [Www.kliste.cz](http://www.kliste.cz) [online]. Protean, 2022 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.kliste.cz/cz/vse-o-klistatech/clanek/promorenost-klisat>
- [24] Výskyt nakažených klíšťat v krajích. <https://www.kliste.cz/> [online]. České Budějovice: Protean, s.r.o, © 2008–2022, 25.1.2021 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.kliste.cz/cz/vse-o-klistatech/clanek/vyskyt-nakazenych-klisat-v-krajich>
- [25] STEJSKAL, Václav. *Klíšťata, komáři, blechy, vosy a jiní bodaví škůdci ohrožující zdraví*. Praha: Scriptum, 1995. ISBN 80-855-2837-1.
- [26] DANIEL, Milan. Jak se chránit před napadením klíšťaty. [Http://www.szu.cz](http://www.szu.cz) [online]. Praha: CMS Marwel, 2007, 4. červen 2007 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/prevence/jak-se-chranit-pred-napadenim-klisaty>
- [27] POŽADAVKY NA LEGISLATIVU U REPELENTŮ A VETERINÁRNÍCH PŘÍPRAVKŮ. <https://www.ghoda.cz/> [online]. [cit. 2022-04-22]. Dostupné z: <https://www.ghoda.cz/schvalovani-biocidnich-a-veterinarnich-pripravku/>
- [28] DEBBOUN, Mustapha, Stephen P. FRANCES a Daniel A. STRICKMAN. *Insect Repellents Hanbook* [online]. Second edition. USA: CRC Press, 2015 [cit. 2022-04-23]. ISBN 978-1-4665-5358-3.
- [29] Repellents: Protection against Mosquitoes, Ticks and Other Arthropods , Ticks and Other Arthropods. <https://www.epa.gov> [online]. USA, 2021 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/insect-repellents>
- [30] BISSINGER, Brooke W. a R. Michael ROE. Tick repellents: Past, present, and future. *Pesticide Biochemistry and Physiology* [online]. 2010, **96**(2), 63-79 [cit. 2022-04-23]. ISSN 00483575. Dostupné z: doi:10.1016/j.pestbp.2009.09.010
- [31] DEBBOUN, Mustapha a Sarah MOORE. History of Insect Repellents. DEBBOUN, Mustapha, Stephen FRANCES a Daniel STRICKMAN, ed. *Insect Repellents* [online]. CRC Press, 2006, 2006-10-25, s. 3-30 [cit. 2022-04-23]. ISBN 978-0-8493-7196-7. Dostupné z: doi:10.1201/9781420006650.ch1

- [32] DEET. <https://www.epa.gov> [online]. USA, 2021 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/insect-repellents/deet>
- [33] ČECHOVÁ, Lenka. *Ochrana před klíšťaty a obtížným hmyzem* [online]. 2009 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.solen.cz/pdfs/lek/2009/04/08.pdf>
- [34] MIKEŠKOVÁ, Martina. *ZDRAVOTNÍ RIZIKA REPELENTŮ SE ZAMĚŘENÍM NA HEMATOFÁGNÍ ČLENOVCE*. Brno, 2014. Bakalářská práce. MASARYKOVA UNIVERZITA. Vedoucí práce RNDr. Helena Nejezchlebová, Ph.D.
- [35] FRADIN, Mark S. Icaridin. *Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology: Travel Medicine* [online]. Third. Science Direct, 2019 [cit. 2022-04-23]. ISBN 10.1016/B978-0-12-374367-1.00101-4. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/pharmacology-toxicology-and-pharmaceutical-science/icaridin>
- [36] INSECT REPELLENT - FAQ: IR3535. <https://www.merckgroup.com> [online]. Německo: Copyright, 2021 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.merckgroup.com/en/expertise/cosmetics/care-solutions/insect-repellent/faq.html>
- [37] Permethrin Facts: (Reregistration Eligibility Decision (RED) Fact Sheet). <https://www.epa.gov> [online]. USA, 2006, June 2006 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/reregistration/fs_PC-109701_1-Jun-06.pdf
- [38] *Alkaloid: chemical compound* [online]. Encyclopædia Britannica, 2022 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/alkaloid>
- [39] ČECHOVÁ, Radka. *Produkce sekundárních metabolitů rostlin jako odpověď na napadení herbivory*. Hradec Králové, 2016. Bakalářská práce. Univerzita Hradec Králové. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiří Tůma, CSc.
- [40] BEČÁROVÁ, Kristína. *Možnosti ochrany před klíšťaty - odborná analýza*. Brno, 2016. Diplomová práce. MASARYKOVA UNIVERZITA. Vedoucí práce RNDr. Helena Nejezchlebová, Ph.D.
- [41] FABBRO, Simone Del, Francesco NAZZI a Kelly A. BRAYTON. From Chemistry to Behavior. Molecular Structure and Bioactivity of Repellents against Ixodes ricinus Ticks. *PLoS ONE* [online]. 2013, 8(6) [cit. 2022-04-23]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0067832
- [42] Oil of Citronella. <https://www.epa.gov> [online]. USA, 1997 [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/reregistration/fs_PC-021901_1-Feb-97.pdf
- [43] NOLLET, Leo M. L. a Hamir Singh RATHORE. *Green Pesticides Handbook: Essential Oils for Pest Control* [online]. USA: CRC Press, 2017 [cit. 2022-04-23]. ISBN - 13: 978-1-4987-5938-0.

- [44] ŠTEFANIDESOVÁ, Katarína, Ľudovít ŠKULTÉTY, Olivier A.E. SPARAGANO a Eva ŠPITALSKÁ. The repellent efficacy of eleven essential oils against adult *Dermacentor reticulatus* ticks. *Ticks and Tick-borne Diseases* [online]. 2017, **8**(5), 780-786 [cit. 2022-04-23]. ISSN 1877959X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ttbdis.2017.06.003
- [45] HORÁKOVÁ, Renata. *Testy (potenciálních) biocidů účinných jako ochrana proti klíšťatům*. Brno, 2020. Diplomová práce. MASARYKOVA UNIVERZITA. Vedoucí práce RNDr. Helena Nejezchlebová, Ph.D.
- [46] JAENSON, Thomas G. T., Samira GARBOUI a Katinka PÅLSSON. Repellency of Oils of Lemon Eucalyptus, Geranium, and Lavender and the Mosquito Repellent MyggA Natural to *Ixodes ricinus*/I (Acari: Ixodidae) in the Laboratory and Field. *Journal of Medical Entomology* [online]. 2006, **43**(4), 731-736 [cit. 2022-04-23]. ISSN 00222585. Dostupné z: doi:10.1603/0022-2585(2006)43[731:ROOOLE]2.0.CO;2
- [47] TABANCA, Nurhayat, Mei WANG, Cristina AVONTO, Amar G. CHITTIBOYINA, Jon F. PARCHER, John F. CARROLL, Matthew KRAMER a Ikhlas A. KHAN. Bioactivity-Guided Investigation of Geranium Essential Oils as Natural Tick Repellents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2013, **61**(17), 4101-4107 [cit. 2022-04-23]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf400246a
- [48] SCHUBERT, Fredrik, Katinka PÅLSSON, Ellen SANTANGELO a Anna-Karin BORG-KARLSON. Sulfate turpentine: a resource of tick repellent compounds. *Experimental and Applied Acarology* [online]. 2017, **72**(3), 291-302 [cit. 2022-04-23]. ISSN 0168-8162. Dostupné z: doi:10.1007/s10493-017-0145-7
- [49] SOUTAR, Oliver, Freya COHEN a Richard WALL. Essential oils as tick repellents on clothing. *Experimental and Applied Acarology* [online]. 2019, **79**(2), 209-219 [cit. 2022-04-23]. ISSN 0168-8162. Dostupné z: doi:10.1007/s10493-019-00422-z
- [50] BENELLI, Giovanni a Roman PAVELA. Repellence of essential oils and selected compounds against ticks—A systematic review. *Acta Tropica* [online]. 2018, **179**, 47-54 [cit. 2022-04-23]. ISSN 0001706X. Dostupné z: doi:10.1016/j.actatropica.2017.12.025
- [51] TOURLES, Stephanie L. *Naturally bug-free: 75 nontoxic recipes for repelling mosquitoes, ticks, fleas, ants, moths & other pesky insects*. North Adams, MA: Storey Publishing, [2016]. ISBN 9781612125961.
- [52] DOHNAL, Radomír. Otestovali jsme domácí repelenty a nechali se poštípat za vás. <https://www.idnes.cz> [online]. Praha: Mafra a.s, 2022, 30. července 2014 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/hobby/domov/recepty-na-domaci-repelenty.A140728_131312_hobby-domov_mce
- [53] NOVÁČKOVÁ, Zdena. Nepusťte si klíšťata k tělu! 5 domácích receptů na přírodní repelenty. <https://zahradkarskaporadna.cz> [online]. Praha: Copyright ©, 2021, 5. 5. 2018 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://zahradkarskaporadna.cz/clanek-28876-nepustte-si-klistata-k-telu-5-domacich-receptu-na-prirodni-repelenty>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|------|---|
| ČHMÚ | Český hydrometeorologický ústav |
| SZÚ | Státní zdravotní ústav |
| ČR | Česká republika |
| KE | Klíštová encefalitida |
| RNA | Ribonukleová kyselina |
| TBEV | Virus klíšťové encefalidity (v angličtině často označovaný toutozkratkou) |
| CNS | Centrální nervová soustava |
| LB | Lymeská borelióza |
| Bbsl | <i>Borrelia Burgdorferi sensu lato</i> |
| EPA | americká Agentura pro ochranu životního prostředí |
| PMD | <i>p</i> -methan-3,8-diol |

SEZNAM OBRÁZKŮ

1. Klíšťák holubí při pohledu shora
2. Klíšťata: samička (vlevo) a sameček (vpravo) klíštěte obecného (*Ixodes ricinus*).
3. Hypostom samice klíštěte obecného; p – pedipalpy, hy – hypostom, cd – chelicery
4. Hypostom samice klíštěte obecného; hy – hypostom, cd – chelicery, bc – prodloužení hlavové části
5. Průběh sání a vývojový cyklus klíštěte
6. Vývojový cyklus klíštěte
7. Kopulace mezi samicí a samcem klíštěte
8. Erythema migrans
9. Kožní vřed v místě infekce
10. Promořenost vyšetřených klíšťat v procentech
11. Přítomnost dalších patogenů v klíšťatech pozitivní na borelie
12. Výskyt infikovaných klíšťat v jednotlivých krajích
13. Výskyt infikovaných klíšťat v jednotlivých krajích

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1 Seznam látek

Tabulka č. 2 Souvislost repelentosti a molekulární struktury

Tabulka č. 3 Rostliny, které vykazují repelentnost proti *I. Ricinus* a jejich taxonomické zařazení

Tabulka č. 4 Sloučeniny odpuzující klíšťata *I. ricinus* izolované z různých rostli