

Radek Aulický a kol.

Metodika ošetření skladovaného obilí rozmarýnovým olejem

Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i.

de Wolf GROUP s.r.o.

2025

Radek Aulický; Tomáš Vendl; Ondřej Douša; Jan Prokop;
Václav Stejskal

Metodika ošetření skladovaného obilí rozmarýnovým olejem

Metodika pro zemědělství a potravinářství

Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i.

de Wolf GROUP s.r.o.

2025

Designace výsledku na projekty:

Metodika vznikla za finanční podpory Národní agentury pro zemědělský výzkum Mze ČR a je výstupem řešení projektu QK21010064.

Poslání a uživatelé metodiky

Metodika přináší nové informace o možnosti využití rozmarýnového oleje jako dezinfekčního přípravku v oblasti ošetření napadeného skladovaného obilí hmyzími škůdci. Metodika je určena pro zemědělskou a potravinářskou praxi, která se zabývá skladováním obilí. Využití rozmarýnového oleje pro dezinfekci skladovaného obilí je možné využít také v oblasti ekologického zemědělství.

Metodika byla schválena ÚSTŘEDNÍM KONTROLNÍM A ZKUŠEBNÍM ÚSTAVEM ZEMĚDĚLSKÝM pod č. UKZUZ 191567/2025 ÚKZÚZ doporučuje tuto metodiku pro využití v praxi.

O uplatnění metodiky byla uzavřena smlouva o využití s firmou Czech Organics, s.r.o. dne 7.10.2025.

Prohlášení o podílu práce autorů metodiky:

Na vypracování metodiky se podílelo celkem 5 spoluautorů, jejich podíly činí: Ing. Radek Aulický, Ph.D. (20 %); Mgr. Tomáš Vendl, Ph.D. (20 %); Ing. Ondřej Douša, Ph.D. (20 %); Ing. Jan Prokop (20 %); doc. Ing. Václav Stejskal, Ph.D. (20 %).

Odborný oponent: Ing. Jan Trávníček - Czech Organics, s.r.o.

Oponent ze státní správy: Ing. Bc. Pavla Šenkeříková – ÚKZÚZ

Vydal: Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i. v Praze 2025

© Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i., 2025

ISBN 978-80-7427-448-0

OBSAH

I. CÍL METODIKY	6
II. VLASTNÍ POPIS METODIKY	7
1. ÚVOD	7
2. VYMEZENÍ POUŽITÍ METODIKY	10
2.1. Použitý zdroj rozmarýnového oleje v testech.....	10
2.2. Podmínky a způsob aplikace rozmarýnového oleje v testech	10
3. PŘÍPRAVA A OŠETŘENÍ NAPADENÉ KOMODITY.....	11
3.1. Příprava rozmarýnového oleje před aplikací	11
3.2. Ošetření, aplikace přípravku a odvětrání.....	11
4. BEZPEČNOSTNÍ POKYNY A ZDRAVÍ PŘI PRÁCI	13
5. OVĚŘENÍ VÝSLEDKŮ V PRAXI	18
5.1. Chemická analýza použitého rozmarýnového oleje.....	18
5.2. Laboratorní testy a validace letální koncentrace	19
5.3. Laboratorní testy a validace teploty na účinnost.....	25
5.4. Poloprovozní testy účinnosti.....	27
6. SOUHRN METODICKÝCH DOPORUČENÍ PRO PRAXI.....	33
III. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“	34
IV. EKONOMICKÉ ASPEKTY.....	35
V. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	36
VI. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	40
VII. PŘÍLOHY	42

Metodika ošetření skladovaného obilí rozmarýnovým olejem

Předložená nová metodika je souborem informací a postupů pro aplikaci rozmarýnového oleje, jako dezinfekčního přípravku pro ošetření napadeného skladovaného obilí skladištními škůdci. Metodika vychází z vědeckých poznatků, které byly získány v průběhu řešení výzkumného projektu s názvem „Využití biologicky aktivních látek rostlinného původu při skladování zemědělských produktů“. V současné době chybí alternativy k chemickým syntetickým přípravkům na ochranu skladovaného obilí. V souvislosti s rostoucí rezistencí k těmto přípravkům je nutné hledat nové postupy. Jednou z alternativ je využití rostlinných olejů a jejich esenciálních látek, které vykazují kromě repelentní účinnosti také dezinfekční účinnost za dodržení určitých podmínek. Této vlastnosti je možné využít nejen v konvenčním systému rostlinné výroby, ale zejména také v ekologickém systému, kde absence přípravků na ochranu skladovaného obilí je v současné době kritická.

Uplatněná metodika vznikla za finanční podpory NAZV a je výstupem řešení projektu QK21010064.

Methodology for treating stored grain with rosemary oil

The newly proposed methodology is a set of information and procedures for the application of rosemary oil as a disinsection agent for treating stored grain infested by storage pests. The methodology is based on scientific findings obtained during the research project entitled “*Application of biologically active natural compounds in storage of agricultural products.*” At present, alternatives to synthetic chemical products for the protection of stored grain are lacking. With the growing resistance to these products, it is necessary to develop new approaches. One alternative is the use of plant oils and their essential components, which, under specific conditions, exhibit not only repellent but also disinsection efficacy. This property can be utilized not only in conventional crop production systems but especially in organic farming systems, where the absence of effective grain protectants is currently a critical issue.

The applied methodology was developed with financial support from NAZV and is an output of project QK21010064.

I. CÍL METODIKY

Cílem této metodiky je:

- validace postupů a metod použití rozmarýnového oleje jako dezinfekčního přípravku na ošetření skladovaného obilí napadeného skladištními škůdci ve formě aerosolu.
- demonstrovat vzorová originální data ukazující použití rozmarýnového oleje jako dezinfekčního přípravku pro ošetření napadeného skladovaného obilí skladištními škůdci.

II. VLASTNÍ POPIS METODIKY

1. Úvod

Skladištní škůdci představují významnou hrozbu pro skladované obilí, kde mohou způsobovat značné ekonomické ztráty a tím ohrožovat potravinovou bezpečnost (Phillips a Throne, 2010). Ekonomický dopad sahá nad rámec přímého kvantitativního poškození skladovaného obilí a zahrnuje také náklady spojené s opatřeními na hubení těchto škůdců, sníženou kvalitu a potenciální zdravotní rizika (Hubert a kol., 2018). Celosvětově je asociováno se skladovaným obilím a moučnými produkty více než 1600 druhů škůdců, z nichž brouci patří nepochybně do nejvýznamnější skupiny (Hagstrum a Subramanyam, 2009). Některé druhy škůdců se vyvíjejí uvnitř zrna (interní škůdci), čímž vytvářejí podmínky pro růst plísní a následnou kolonizaci jinými druhy (externí škůdci) (Magan a kol., 2003; Shah a kol., 2021). Tyto dvě skupiny skladištních škůdců se zásadně liší v tom, jak obilí poškozují. U interních škůdců (nazývaných také primární škůdci) jsou dospělci schopni se prokousat povrchem zrna a uvnitř se živit obsahem obilky. Naproti tomu externí škůdci (nebo též sekundární škůdci) žijí výhradně v prostorech mezi zrny ve všech fázích svého vývoje. Pilous černý (*Sitophilus granarius*) (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae), pilous rýžový (*S. oryzae*) (Linnaeus, 1764) (Coleoptera: Curculionidae) a korovník obilní (*Rhyzopertha dominica*) (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Bostrichidae) patří mezi nejvýznamnější interní druhy škůdců, které se vyskytují ve skladech na území ČR. I když představují tito škůdci značnou hrozbu pro široké spektrum dlouhodobě skladovaných komodit, největší škody jsou působeny na obilovinách, jako je pšenice, ječmen, kukuřice a rýže. Podobně rozšířené a významné jsou i některé sekundární druhy škůdců, jako je lesák skladištní (*Oryzaephilus surinamensis*) (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Silvanidae) a druhy rodu potěmníků *Tribolium* spp., které často využívají počáteční škody způsobené na obilkách primárními škůdci k dalšímu napadení a znehodnocení skladovaných produktů (Gourgouta a kol., 2023). Poškození obilí v podobě prasklin, zlomků nebo výletových otvorů způsobených skladištními škůdci může navíc negativně ovlivnit účinnost reziduálních insekticidů (Vendl a kol., 2022). Pro zmírnění škod způsobených skladištními škůdci je pro bezpečnost skladovaného obilí nezbytné zavést robustní strategie ochrany proti škůdcům. Spolu s fyzikálními opatřeními hraje klíčovou roli v účinné ochraně proti škůdcům ve skladech obilí chemická ochrana, kterou představují přípravky na bázi plynů nebo syntetické kapalné insekticidy (Stejskal a kol., 2021). V

současné době jsou nejčastěji používanými látkami fosfin a organofosfátové sloučeniny (jako je pirimifos methyl, chlorpyrifos atd.) nebo pyrethroidy (jako je deltamethrin nebo cypermethrin). Opakované používání těchto látek však vedlo k rozvoji rezistence u mnoha populací škůdců (Aulicky a kol., 2019; Machuca-Mesa a kol., 2023; Sakka a Athanassiou, 2023). Dalším problémem spojeným s těmito látkami je jejich nepříznivý dopad na lidské zdraví a životní prostředí, zejména kvůli jejich pomalému rozkladu v prostředí a reziduálním zbytkům v produktech (Pathak a kol., 2022).

V posledních desetiletích proběhl rozsáhlý výzkum esenciálních olejů (EO) a jejich složek jako potenciálních insekticidů, který prokázal jejich účinnost a potenciál jako alternativy k syntetickým přípravkům (Isman, 2006; Athanassiou a kol., 2014; Benelli a kol., 2017). Esenciální oleje nabízejí výhodu minimalizace rizik pro necílové organismy rychlým rozkladem v prostředí a zároveň představují jedinečné a rozmanité mechanismy účinku, které snižují pravděpodobnost, že si populace škůdců vyvinou rezistenci (Isman, 2006). Vykazují širokou škálu biologických účinků, včetně antimikrobiálních, fungicidních, nematocidních, insekticidních, a dále v mnoha případech také repelentní vlastnosti (Pavela, 2016; Nazzaro a kol., 2017; Vendl a kol., 2021; Douda a kol., 2022). Díky svému insekticidnímu účinku s odlišným mechanismem účinku lze esenciální oleje (EO) použít k narušení mechanismů rezistence, které si škůdci vyvinou opakovaným vystavením k syntetickým insekticidům, a obnovit tak účinnost chemických ošetření. Zavedením těchto přírodních sloučenin do strategií integrované ochrany proti škůdcům je možné zpomalit vznik rezistence v populacích škůdců, což je v současnosti vážný problém (Aulicky a kol., 2019; Machuca-Mesa a kol., 2023). Rozmarýnový olej (*Rosmarinus officinalis* L., Lamiaceae) je EO s jedinečnými vlastnostmi, které fungují jako potravinářská přísada, ale také jako insekticidní činidlo. Bylo prokázáno, že rozmarýnový olej má fumigační mechanismus účinku na určité druhy skladištních brouků (Jahanian et al., 2022). Kromě svých insekticidních vlastností je rozmarýnový olej známý pro své specifické biologické aktivity, jako jsou antioxidační, antidiabetické, antimutagenní, antitoxigenní a antibakteriální účinky (Nieto a kol., 2018). Bezpečnost extraktů z rozmarýnu byla dále přezkoumána příslušnými orgány, jako je Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) (Aguilar a kol., 2008), a v současné době se v Evropské unii používá jako přísada do potravin a nápojů. Tato kombinace insekticidní aktivity a dalších prospěšných vlastností, jako je jeho použití jako potravinářské přísady, činí rozmarýnový olej mimořádně všestranným mezi esenciálními oleji a přírodními látkami. Jeho široké přijetí pro aplikace v oblasti bezpečnosti potravin i hubení škůdců zdůrazňuje potenciál pro praktické využití rozmarýnového oleje. I když EO nabízejí slibný potenciál jako insekticidy, jejich úspěšné

použití jako fumiganty pro ošetření obilí čelí několika výzvám. Jednou z významných nevýhod je potřeba relativně vysokých koncentrací pro účinnou ochranu skladovaného obilí před hmyzími škůdci. Tento požadavek může učinit aplikaci EO ekonomicky nepraktickou, zejména s ohledem na současné tržní ceny (Rozman a kol., 2008). Citlivost různých druhů hmyzu se navíc značně liší, což představuje problém pro dosažení konzistentních a spolehlivých výsledků u různých populací škůdců. Dalším faktorem, který je třeba zvážit, jsou podmínky obsazenosti skladovacího prostoru, jako je množství přítomných potravin nebo komodit, což může významně ovlivnit účinnost aplikace. Některé studie ukázaly, že v prostorech naplněných obilím mohou být zapotřebí vyšší koncentrace EO ve srovnání s prázdnými prostory (Shaaya a kol., 1997; Lee a kol., 2004; Rozman a kol., 2008; Liška a kol., 2011; Germinara a kol., 2017). Žádná ze studií však nezkoumala vliv obilí na účinnost rozmarýnového oleje. Tyto studie se navíc obvykle zaměřovaly pouze na jeden nebo dva druhy škůdců, což omezuje naše chápání toho, jak obilí ovlivňuje účinnost EO u různých škůdců.

2. Vymezení použití metodiky

2.1. Použitý zdroj rozmarýnového oleje v testech

- Všechny testy uvedené v metodice byly realizovány na rozmarýnovém oleji z biologického zdroje rozmarýn lékařský (*Rosmarinus officinalis* L.), který byl zakoupený u firmy Sigma-Aldrich (Merck Life Science spol. s r. o.).
- Výsledky biologické účinnosti se mohou měnit v závislosti na vlastnostech jiných typů zdrojů rozmarýnového oleje.
- Stanovené letální koncentrace (LC) pro jednotlivé druhy škůdců se vztahují k použitému rozmarýnovému oleji v metodice.

2.2. Podmínky a způsob aplikace rozmarýnového oleje v testech

Pro použití rozmarýnového oleje pro dezinfekci hmyzích škůdců v uskladněném obilí je nutné dodržet některé specifické podmínky.

Podmínky uvedené v této metodice jsou specifické a byly ověřeny laboratorní praxí.

Účinnost na škůdce:

- Dospělé stádium potemníka skladištního (*Tribolium confusum*)
- Dospělé stádium lesáka skladištního (*Oryzaephilus surinamensis*)
- Dospělé stádium korovníka obilního (*Rhyzopertha dominica*)
- Dospělé stádium pilouse černého (*Sitophilus granarius*)
- Dospělé stádium pilouse rýžového (*Sitophilus oryzae*)

Objem ošetřované komodity:

- V testech byla ověřena účinnost na maximální hmotnost 60 kg zrna pšenice ozimé

Ošetřovaný prostor:

- Kontejner o objemu 240 litrů hermeticky uzavíratelný
- Nucený cirkulační systém oběhu vzduchu

Aplikace rozmarýnového oleje:

- Aplikace ve formě aerosolu do nuceného cirkulačního systému oběhu vzduchu pomocí trysky (systém fixírka).

Expoziční doba (délka ošetření):

- Expoziční doba (délka ošetření) pro ošetření napadené komodity je stanovena na 24 hodin, při použití cirkulačního systému oběhu vzduchu po celou dobu expozice.

3. Příprava a ošetření napadené komodity

3.1. Příprava rozmarýnového oleje před aplikací

Rozmarýnový olej je nutné před aplikací ve formě aerosolu upravit, tak aby byla snížena jeho viskozita.

Ředidlo:

- aceton

Poměr ředění:

- 1:33 (aceton : rozmarýnový olej)

3.2. Ošetření, aplikace přípravku a odvětrání

- Do kontejneru pro ošetření se vloží napadená komodita
- Kontejner se uzavře a zkontroluje se napojení cirkulačního systému oběhu vzduchu

- Zkontroluje se aplikační tryska aplikátoru – průchodnost atd.
- Nalije se aplikační přípravek do nádoby aplikátoru
- Zapne se cirkulační systém oběhu vzduchu
- Zapne se aplikátor a provede se aplikace přípravku
- Po naaplikování přípravku se aplikátor vypne
- Ponechá se v provozu cirkulační systém oběhu vzduchu po celou dobu ošetření (obvykle 24 hodin).
- Po uplynutí expoziční doby se vypne cirkulační systém oběhu vzduchu
- Otevře se kontejner a nechá se buď pasivně odvětrat, nebo se opět zapne cirkulační systém oběhu vzduchu pro rychlejší odvětrání.
- Po 24 hodinách odvětrání již není přípravek účinný na hmyzí škůdce.

4. Bezpečnostní pokyny a zdraví při práci

Tyto pokyny nenahrazují platnou legislativu ČR a EU
v oblasti bezpečnosti a zdraví při práci.

Uvedené bezpečnostní informace k látce jsou výňatkem z bezpečnostního listu Verze 8.7 / datum revize 11. 01. 2024. V případě použití stejného oleje nebo od jiného dodavatele je nutné vždy všechny informace aktualizovat na základě platného bezpečnostního listu nebo jiných obdobných dokumentů dodaných s danou látkou.

Uvedené informace se vztahují k výrobku: Rosemary oil

Dodavatel: Merck Life Science spol. s r. o.

Klasifikace látky nebo směsi

Hořlavé kapaliny, (Kategorie 3)	H226: Hořlavá kapalina a páry.
Dráždivost pro kůži, (Kategorie 2)	H315: Dráždí kůži.
Podráždění očí, (Kategorie 2)	H319: Způsobuje vážné podráždění očí.
Toxicita pro specifické cílové orgány - jednorázová expozice.	H335: Může způsobit podráždění dýchacích cest.

Standardní věty o nebezpečnosti

H226	Hořlavá kapalina a páry.
H315	Dráždí kůži.
H319	Způsobuje vážné podráždění očí.
H335	Může způsobit podráždění dýchacích cest.

Pokyny pro bezpečné zacházení

P210	Chraňte před teplem, horkými povrchy, jiskrami, otevřeným ohněm a jinými zdroji zapálení. Zákaz kouření.
P233	Uchovávejte obal těsně uzavřený.
P240	Uzemněte a upevněte obal a odběrové zařízení.
P241	Používejte elektrické/ ventilační/ osvětlovací zařízení do výbušného prostředí.
P303 + P361 + P353	PŘI STYKU S KŮŽÍ (nebo s vlasy): Veškeré kontaminované části oděvu okamžitě svlékněte. Opláchněte kůži vodou.
P305 + P351 + P338	PŘI ZASAŽENÍ OČÍ: Několik minut opatrně vyplachujte vodou. Vyjměte kontaktní čočky, jsou-li nasazeny, a pokud je lze vyjmout snadno. Pokračujte ve vyplachování.

Jiná rizika

Látka/směs neobsahuje složky považované buď za perzistentní, bioakumulativní a toxické (PBT), nebo za vysoce perzistentní a vysoce bioakumulativní (vPvB) v koncentraci 0,1 % či vyšší.

Ekologické informace:

Látka/směs neobsahuje složky, o nichž se má za to, že mají vlastnosti vyvolávající narušení endokrinní činnosti podle REACH článek 57(f) nebo nařízení Komise (EU) s delegovanou pravomocí 2017/2100 nebo nařízení Komise (EU) 2018/605 při hladinách 0,1 % nebo vyšších.

Toxikologické informace:

Látka/směs neobsahuje složky, o nichž se má za to, že mají vlastnosti vyvolávající narušení endokrinní činnosti podle REACH článek 57(f) nebo nařízení Komise (EU) s delegovanou pravomocí 2017/2100 nebo nařízení Komise (EU) 2018/605 při hladinách 0,1 % nebo vyšších.

Látka způsobující zčervenání kůže.

Pokyny pro první pomoc

Popis první pomoci

Všeobecné pokyny	Ošetřujícímu lékaři předložte bezpečnostní list.
Při vdechnutí	Po nadýchání: přejděte na čerstvý vzduch.
Při styku s kůží	Veškeré kontaminované části oděvu okamžitě svlékněte. Opláchněte kůži vodou/osprchujte.
Při styku s očima	Po zasažení očí: vypláchněte velkým množstvím vody. Vyhledejte očního lékaře. Odstraňte kontaktní čočky.
Při požití	Po požití: okamžitě nechejte postiženého vypít vodu (nejvýše dvě sklenice). Konzultujte s lékařem.

Osobní ochranné prostředky

Ochrana očí a obličeje

Použijte zařízení na ochranu očí testované a schválené příslušnými státními normami jako NIOSH (US) nebo EN 166(EU). Ochranné brýle

Ochrana kůže

Používejte ochranné rukavice. Rukavice je nutno před použitím prohlédnout. Používejte správnou techniku svlékání rukavic bez dotyku vnějšího povrchu rukavic, abyste zabránili kontaktu kůže s tímto produktem Po použití kontaminované rukavice zneškodněte podle SLP a platných zákonů. Ruce umyjte a osušte. Zvolené ochranné rukavice musí vyhovovat specifikacím nařízení EU 2016/425 a z něj odvozené normě EN 374.

Plný kontakt

Materiál: Nitrilový kaučuk

minimální tloušťka vrstvy: 0,4 mm

Doba průniku: 480 min

Materiál testovaný Camatril® (KCL 730 / Aldrich Z677442, Velikost M)

Postřikání

Materiál: Nitrilový kaučuk

minimální tloušťka vrstvy: 0,11 mm

Doba průniku: 30 min

Materiál testovaný Dermatril® (KCL 740 / Aldrich Z677272, Velikost M)

datum: KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Telefonní +49 (0)6659 87300, e-mail

sales@kcl.de, Estovací metoda: EN374

Při použití ve formě roztoku nebo směsi s jinými látkami a při podmínkách odlišných od podmínek uvedených v EN 374 se obraťte na dodavatele rukavic schválených EK.

Toto doporučení je pouze upozorněním a musí být zhodnocen průmyslovým hygienikem a bezpečnostním technikem obeznámeným se způsobem použití u zákazníka. Toto nemá být interpretováno jako schválení žádného specifického použití.

Ochrana těla

Antistatický oblek proti sálajícímu teplu.

Ochrana dýchacích cest

je nezbytné, když dojde k vytváření výparů/aerosolu.

Naše doporučení ohledně filtru respirační ochrany jsou založena na normách ČSN EN 143, ČSN EN 14387 a dalších norem, které se vztahují k systému respirační ochrany.

Doporučený typ filtru: Filtr typu ABEK

Úživatel musí zajistit, aby údržba, čištění a testování prostředků k ochraně dýchacích cest byly prováděny podle pokynů výrobce. Tato opatření musí být náležitě dokumentována.

Kontrola zatížení životního prostředí

Nenechejte vniknout do kanalizace. Nebezpečí výbuchu.

Doplňující informace k rizikům

Na základě publikovaných vědeckých publikací existují určitá rizika spojená s použitím rozmarýnového oleje.

Ve studii Zoral a kol., 2018 byly zkoumány účinky krmení kapra obecného vodným extraktem z rozmarýnu a bylo zjištěno, že extrakt způsobuje **poškození jater**, včetně **jaderné pyknózy a buněčné atrofie**, a také **poškození ledvin**, které se vyznačovalo pyknotickými buňkami s cytoplazmatickými vakuolami a tubulární nekrózou.

Ve studii Motaghi a kol., 2021 byl posuzován vliv esenciálního oleje z rozmarýnu na potkany kmene Wistar. Bylo zjištěno, že esenciální olej z rozmarýnu způsobuje degenerativní a atrofické změny v ledvinách a játrech a zvyšuje hladinu močovinového dusíku v krvi (BUN), AST a hepatocytů centrálně od distálního průměru žíl.

Na základě informací z publikovaných dat lze předpokládat, že chronická suplementace rozmarýnu vysokými dávkami by mohla mít nepříznivé účinky na játra a ledviny.

5. Ověření výsledků v praxi

5.1. Chemická analýza použitého rozmarýnového oleje

Analýza rozmarýnového oleje (*Rosmarinus officinalis*) byla provedena pomocí plynové chromatografie/hmotnostní spektrometrie. Rozmarýnový olej byl zakoupen od společnosti Sigma-Aldrich (Česká republika). Terpeny přítomné v esenciálním oleji *R. officinalis* byly analyzovány pomocí plynového chromatografu Trace GC Ultra (Thermo Fischer Scientific, San Jose, CA, USA). Přístroj byl vybaven kapilární kolonou z taveného oxidu křemičitého Restek, Rxi-5 ms, o rozměrech 30 mm × 0,25 mm × 0,25 μm (Restek Corporation, Bellefonte, PA, USA) a vložkou SKY, Splitless, o rozměrech 3 mm × 0,8 mm × 105 mm (Restek Corporation). Byl připojen k hmotnostně selektivnímu detektoru ISQ (Thermo Fischer Scientific) pracujícímu s ionizační energií 70 eV (Žabka a kol., 2021). Jako nosný plyn sloužilo hélium s průtokem 1,0 ml/min, s nástřikem 1 μl v režimu bez dělení při 250 °C. Po 1 minutě se průtok v režimu bez dělení zvýšil na 50 ml/min. Teplota pece se řídila naprogramovaným sledem: zpočátku udržována na 40 °C po dobu 5 minut, poté zvýšena na 150 °C rychlostí 3 °C/min, dále zvýšena na 250 °C rychlostí 10 °C/min, poté na 290 °C rychlostí 25 °C/min a nakonec udržována na 290 °C po dobu 2 minut. Teplota přenosové linky byla udržována na 250 °C a teplota iontového zdroje byla udržována na 200 °C. Skenování bylo zahájeno po 7 minutách v režimu TIC v rozsahu 50–450 m/z. Identifikace složek se opírala o porovnání hmotnostních spekter s autentickými standardy a retenční data byla ověřena společným vstříkáním dostupných standardů. Pro sloučeniny označené hvězdičkou byla použita knihovna NIST. Kvantifikace byla provedena metodou interního standardu s α -thujonem; Po korekci faktorem odezvy byla data vyjádřena v procentech, získaných poměrem korigované plochy píku k celkové ploše píků.

Je třeba upozornit, že složení esenciálního oleje se může značně lišit v závislosti na geografickém původu rostlin, podmínkách jejich pěstování či sklizně, ale také na způsobu extrakce a zpracování oleje. Z tohoto důvodu je detailní uvedení složení důležité nejen pro přesnou charakteristiku zkoumaného materiálu, ale také pro zajištění reprodukovatelnosti výsledků. Výsledky chemické analýzy použitého rozmarýnového oleje prokázaly, že dominantní složkou je 1,8-cineol, který tvoří přibližně polovinu jeho celkového obsahu. Podrobné zastoupení jednotlivých identifikovaných látek je uvedeno v Tabulce 1.

Sloučenina	RI	Relativní zastoupení [%]
Monoterpeny		
α -Thujen	1024	0,15
α -Pinen	1032	0,12
Camphen	1076	6,9
β -Pinen	1118	1,8
Myrcen	1174	1,1
α -Terpinen	1188	1,9
Limonen	1203	1,5
1,8-Cineol	1213	49,7
Ocimen	1232	0,2
γ -Terpinen	1255	0,3
p-Cymen	1280	0,8
Celkem		64,47
Ketony		
Camphor	1532	5,1
Celkem		5,1
Alkoholy		
Linalool	1536	0,5
Terpinen-4-ol	1607	1,2
α -Terpineol	1696	3,3
Borneol	1719	12,8
Celkem		17,8
Seskviterpeny		
Linalyl acetát	1565	2,1
Geranyl acetát	1765	2,1
β -Caryophyllen	1612	2,5
α -Humulen	1684	0,9
Caryophyllen oxid	2018	0,8
Celkem		8,4

Tabulka 1: Chemická analýza rozmarýnového oleje použitého k ošetření skladovaného obilí. RI - Retenční index.

5.2. Laboratorní testy a validace letální koncentrace

Účinnost EO na skladištní škůdce může být ovlivněna celou řadou vnějších faktorů. Studie byla zaměřena na validaci letální koncentrace rozmarýnového oleje na dospělé pěti vybraných druhů významných skladištních brouků, a dále na vliv absence nebo přítomnosti obilí v ošetřovaných vzorcích na finální letální koncentraci pro jednotlivé druhy.

Materiál a metoda

Testované druhy škůdců

Letální koncentrace rozmarýnového oleje byla validována celkem u pěti druhů dospělců skladištních škůdců: pilous černý (*Sitophilus granarius*), pilous rýžový (*S. oryzae*), korovník obilní (*Rhyzopertha dominica*), potěmník skladištní (*Tribolium confusum*) a lesák skladištní (*Oryzaephilus surinamensis*). Pro testy byly použity laboratorní kmeny citlivé na insekticidy, které pocházely z chovů Národního centra zemědělského a potravinářského výzkumu (CARC). Všichni testovaní brouci byli dospělí jedinci stáří do dvou týdnů. Jedinci potěmníka skladištního a lesáka skladištního byli chováni na dietě složené ze směsi mletých pšeničných zrn, ovesných vloček a kvasnic (10:10:2) při 75% relativní vlhkosti a 26 °C. Pilous černý byl chován na dietě složené ze samotné pšenice, která byla před aplikací přesušena a znovu navlhčena na 15 % a chov probíhal při teplotě 25 °C. Pilous rýžový a korovník obilní byli chováni na stejné dietě jako pilous černý, ale při vyšší teplotě ve 27 °C. Kmeny všech druhů byly chovány v termokomorách bez světelného režimu.

Vlastní test

Pro posouzení potenciálního vlivu přítomnosti obilí (pšenice) na fumigační aktivitu rozmarýnového oleje byly provedeny experimenty s použitím uzavíratelných skleněných lahvíček o objemu 210 ml. Byly založeny dvě varianty experimentu. Pro první nastavení byly použity uzavíratelné skleněné lahvičky bez obilí. Na vnitřní stranu víčka každé lahvičky byl připevněn filtrační papír o průměru 55 mm (Whatman č. 3). Do každé lahvičky bylo vloženo třicet jedinců příslušného druhu škůdce, přičemž pro každý druh byly provedeny samostatné testy. Pomocí mikropipety (Eppendorf, SRN) byl na filtrační papír nanesen čistý rozmarýnový olej v předem stanovených koncentracích. Předběžné testy byly provedeny na všech druzích s použitím dávek 9, 12, 18, 24 a 30 µl. Na základě výsledků, které se u jednotlivých druhů lišily, byly stanoveny konečné koncentrace, aby bylo možné přesně vypočítat letální koncentrace. Pro pilouse černého a rýžového a potěmníka skladištního byly použity dávky 3; 6; 9; 12 a 15 µl. Výsledné přepočtené koncentrace byly 14,29; 28,57; 42,86; 57,14 a 71,43 µl/l v porovnání s objemem lahvičky (210 ml). Pro korovníka obilního byly použity dávky 0,1; 0,6; 1,2; 3; 6 a 9 µl, což vedlo ke konečným koncentracím 0,48; 2,86; 5,71; 14,29; 28,57 a 42,86 µl/l. Pro lesáka skladištního byly aplikovány dávky 1,2; 1,8; 2,4; 3; 6 a 9 µl, což vedlo k finálním koncentracím 5,71; 8,57; 11,43; 14,29; 28,57 a 42,86 µl/l. Kontrolní

brouci byli chováni za stejných podmínek bez aplikace esenciálního oleje. Pro každý test bylo použito šest opakování. Ve druhém testu byly použity uzavíratelné skleněné lahvičky obsahující 50 g pšenice (odrůda Bohemia CPG; Selgen, a.s, Česká republika). Před aplikací byla pšeničná zrna vysušena a znovu navlhčena na 15 %. Byla použita stejná konfigurace filtračního papíru a experimentální postupy. Vzhledem k nižší toxicitě EO v přítomnosti obilí však byly použité dávky odpovídajícím způsobem upraveny. Pro pilouse černého a rýžového a potemníka skladištního byly použity dávky 9; 12; 18; 24 a 30 μl . Výsledkem byly konečné koncentrace 42,86; 57,14; 85,71; 114,29 a 142,86 $\mu\text{l/l}$ v porovnání s objemem lahvičky. U korovníka obilního byla vystavena dávám 0,6; 1,2; 3; 6; 9 a 12 μl , což vedlo k konečným koncentracím 2,86; 5,71; 14,29; 28,57; 42,86 a 57,14 $\mu\text{l/l}$. U lesáka skladištního byly aplikovány dávky 1; 3; 6; 9; 12 a 15 μl , což vedlo k finálním koncentracím 4,76; 14,29; 28,57; 42,86; 57,14 a 71,43 $\mu\text{l/l}$.

Lahvičky byly uzavřeny a umístěny do inkubátoru při konstantní teplotě 25 °C a relativní vlhkosti 75 (± 5) %. Mortalita byla zaznamenána po 72 hodinách ošetření a korigována pomocí Abbottova vzorce (Abbott, 1925): $MC(\%) = 100 \times \frac{M - Mt}{100 - Mt}$, kde: MC – korigovaná míra úmrtnosti; M – míra úmrtnosti v ošetřených sériích; Mt – míra úmrtnosti pozorovaná v kontrolních sériích.

Statistická analýza

Rozdíly v korigované mortalitě mezi druhy a podmínkami (s přítomností a bez přítomnosti zrn) byly porovnány pomocí obousměrné ANOVA na 5% hladině pravděpodobnosti, následované Tukeyho post hoc testem. Výsledky jsou vyjádřeny jako průměr \pm SE. Vyhodnocení letální účinnosti (LC_{50} a LC_{99}) bylo provedeno pomocí logistického regresního modelu mortality (χ^2 test) ve statistickém programu XLSTAT. Statistické rozdíly v hodnotách LC_{50} a LC_{99} mezi stavem s přítomností nebo nepřítomností zrn byly posouzeny stanovením intervalů spolehlivosti pro relativní medián účinnosti (RMP). Rozdíly byly považovány za statisticky významné, když hodnoty v 95% intervalu spolehlivosti analýz relativní mediánu účinnosti byly $\neq 1,0$ (Bedini et al., 2019).

Výsledky

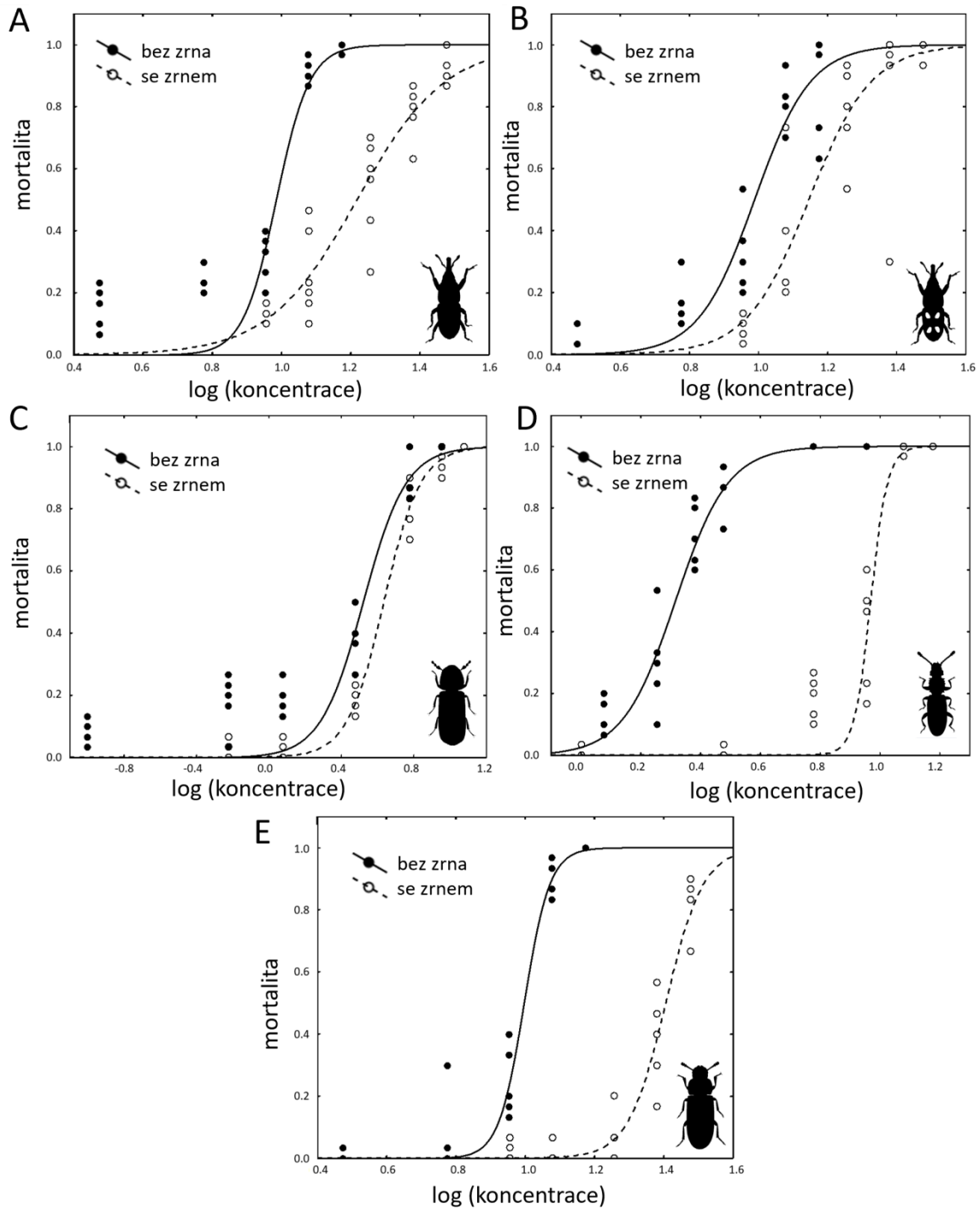
Rozmarýnový esenciální olej (*Rosmarinus officinalis*) vykázal toxický účinek proti všem testovaným druhům skladištních brouků. Citlivost jednotlivých druhů se však výrazně lišila.

Nejcitlivějším druhem byl *Oryzaephilus surinamensis*, následovaný *Rhyzopertha dominica*. Naopak nejnižší citlivost projevily druhy *Sitophilus granarius*, *S. oryzae* a *Tribolium confusum*, mezi nimiž nebyl zaznamenán významný rozdíl v účinnosti oleje (Tab. 2).

Druh	Přítomnost zrní	LC ₅₀ (95% CL*) [μL^{-1}]	LC ₉₉ (95% CL*) [μL^{-1}]
<i>Sitophilus granarius</i>	NE	46,44 (43,93-48,33)	69,86 (64,83-79,18)
	ANO	80,14 (74,44-85,45)	217,38 (188,00-266,84)
<i>Sitophilus oryzae</i>	NE	45,19 (42,51-47,72)	105,37 (92,39-127,23)
	ANO	68,78 (65,02-72,52)	159,39 (143,21-183,14)
<i>Tribolium confusum</i>	NE	47,74 (46,22-49,20)	65,64 (62,04-71,17)
	ANO	120,45 (114,42-127,69)	263,53 (228,34-322,89)
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	NE	9,82 (9,23-10,36)	21,58 (18,91-26,35)
	ANO	39,18 (37,10-41,26)	85,91 (77,32-98,62)
<i>Rhyzopertha dominica</i>	NE	16,07 (14,51-17,41)	35,88 (30,73-46,33)
	ANO	20,77 (19,10-22,38)	51,33 (45,17-61,00)

Tabulka 2: Letální koncentrace (LC₅₀ a LC₉₉) rozmarýnového esenciálního oleje (*Rosmarinus officinalis*) proti pěti druhům skladištních brouků a jejich srovnání při aplikaci s přítomností pšeničných zrn a bez nich. Ve všech případech byla hodnota $p < 0,001$.

Přítomnost obilí v testovacím prostředí významně snížila účinnost oleje u všech druhů (Obr. 1). Letální koncentrace (LC₅₀ a LC₉₉) byly vždy vyšší v přítomnosti zrna než bez něj. Tento pokles účinnosti byl nejvýraznější u druhů *T. confusum* a *O. surinamensis*, u nichž byla LC₅₀ v přítomnosti obilí více než dvakrát (až čtyřikrát) vyšší než bez obilí. Naopak u *S. oryzae* a zejména *R. dominica* byl vliv přítomnosti zrna méně výrazný – koncentrace se zvýšily jen přibližně 1,3–1,5×.



Obrázek 1: Úmrtnost dospělců (A) *Sitophilus granarius*, (B) *S. oryzae*, (C) *Rhyzopertha dominica*, (D) *Oryzaephilus surinamensis* a (E) *Tribolium confusum* po aplikaci různých dávek rozmarýnového esenciálního oleje (*Rosmarinus officinalis*) za přítomnosti nebo nepřítomnosti zrna. Zobrazeny jsou logistické regresní křivky.

Tyto výsledky ukazují, že přítomnost obilí může snižovat účinnost esenciálního oleje, pravděpodobně v důsledku jeho adsorpce na povrch zrn nebo sníženého kontaktu se škůdci.

Diskuse a závěry

Laboratorní pokusy ukázaly, že esenciální olej z rozmarýnu lékařského (*Rosmarinus officinalis*) má významný insekticidní účinek vůči dospělcům skladištních škůdců, a to i při nízkých dávkách. Mezi testovanými druhy se však objevily výrazné rozdíly v citlivosti – zatímco *O. surinamensis* a *R. dominica* reagovaly na fumigaci olejem velmi citlivě (s nízkými hodnotami LC₅₀ a LC₉₉), druhy *S. granarius*, *S. oryzae* a *T. confusum* vykazovaly výrazně vyšší toleranci. Tyto rozdíly odpovídají i některým předchozím studiím, i když mezi nimi existují určité rozpory. Jednou z pravděpodobných příčin těchto odchylek může být variabilita ve složení samotného oleje – obsah účinných látek, zejména 1,8-cineolu a α -pinenů, se může výrazně lišit v závislosti na původu rostliny, použitých částech, podmínkách pěstování i metodě extrakce. Chemické složení oleje tak může zásadně ovlivnit výslednou účinnost přípravku.

Důležitým zjištěním bylo, že přítomnost zrna v ošetřovaném prostoru významně snižuje účinnost oleje u všech testovaných druhů. Letální koncentrace potřebné k dosažení stejného účinku se v prostředí se zrnem zvyšují přibližně 1,5× až 4× v závislosti na druhu. Nejvýraznější pokles účinnosti byl zaznamenán u druhů *O. surinamensis* a *T. confusum*, které jsou považovány za sekundární škůdce, přičemž u druhů primárních (*R. dominica*, *S. granarius*, *S. oryzae*), jejichž larvy se vyvíjejí uvnitř zrn, byl tento efekt méně patrný. To je překvapivé zjištění, neboť by se dalo očekávat, že primární škůdci budou vůči působení těkavých látek chráněnější. Možným vysvětlením je schopnost esenciálního oleje pronikat do vnitřní struktury zrna, kde může působit i na larvální stadia. Tato hypotéza je v souladu s některými dřívějšími pracemi, které prokázaly účinek esenciálních olejů i na vývojová stadia uvnitř zrna nebo na plísně kolonizující vnitřní části obilovin.

Výsledky naznačují, že rozmarýnový olej má potenciál stát se součástí integrované ochrany skladovaných produktů (IPM), zejména v ekologickém zemědělství nebo v provozech, kde je výskyt rezistence vůči běžným insekticidům. Při praktickém využití je však třeba brát v úvahu vliv zrna na účinnost přípravku a podle toho upravit dávkování.

5.3. Laboratorní testy a validace teploty na účinnost

Materiál a metoda

Pro vyhodnocení vlivu teploty na účinnost rozmarýnového esenciálního oleje byl proveden laboratorní experiment za použití skleněných lahviček o objemu 210 ml. Testy byly provedeny na dospělých všech pěti testovaných druhů s použitím koncentrace odpovídající dříve zjištěné hodnotě LC₉₉ pro *T. confusum* (=nejméně citlivý druh) v přítomnosti obilí (55,32 µl oleje na lahvičku).

Do každé lahvičky bylo vloženo 10 dospělců daného druhu a na vnitřní stranu víčka byl pomocí mikropipety nanesen uvedený objem esenciálního oleje na kruhový filtrační papír (Whatman č. 3, průměr 55 mm). Lahvičky byly ihned hermeticky uzavřeny.

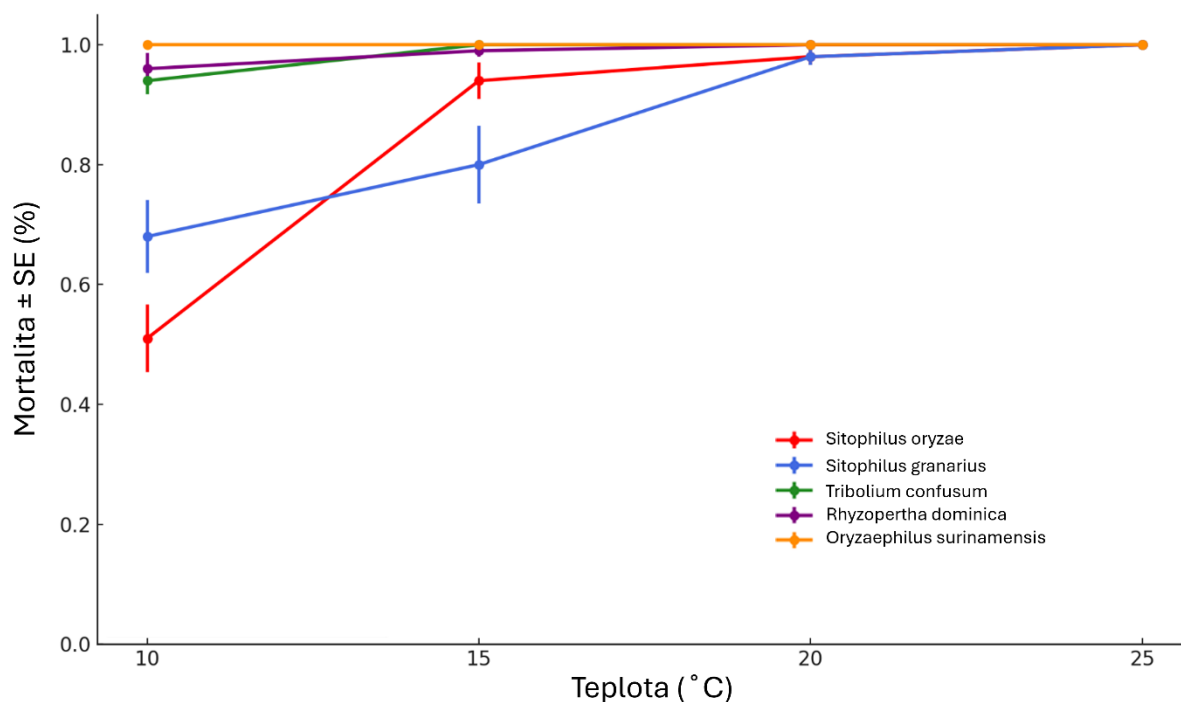
Testované varianty zahrnovaly čtyři různé teploty: 10, 15, 20 a 25 °C. Lahvičky byly po aplikaci EO umístěny do klimatizovaných komor s uvedenými teplotami a relativní vlhkostí 75 % (±5 %). Doba expozice činila 24 hodin.

Po uplynutí expozice byla zaznamenána mortalita jedinců. Pro každou teplotní variantu bylo provedeno deset opakování. Kontrolní série bez aplikace EO byla testována paralelně při každé teplotě.

Výsledky

V souladu s výsledky testu účinnosti byly i v tomto testu nejcitlivějšími druhy *Oryzaephilus surinamensis* a *Rhyzopertha dominica*, které vykazovaly téměř 100% mortalitu napříč všemi testovanými teplotami (10–25 °C). Naopak nejnižší účinnost byla opět zaznamenána u *S. granarius*, *S. oryzae* a *T. confusum*, jejichž mortalita rostla s teplotou – typický termodependentní účinek. Tito tři zástupci vykazovali nízkou mortalitu při 10 °C, s postupným nárůstem na maximum při 25 °C.

Použití jednotné koncentrace oleje umožnilo efektivně srovnat teplotní citlivost mezi druhy. Výsledky potvrzují, že rozmarýnový olej má silný a konzistentní toxický účinek na vysoce citlivé druhy, zatímco jeho účinnost vůči méně citlivým druhům může být výrazně ovlivněna teplotními podmínkami (Obr. 2).



Obrázek 2: Vliv teploty na mortalitu skladištních škůdců po expozici rozmarýnovému oleji po 24 hodinách.

Diskuse a závěry

Výsledky tohoto pokusu potvrzují vysokou toxicitu rozmarýnového esenciálního oleje (*Rosmarinus officinalis*) vůči skladištním škůdcům, přičemž míra účinku se významně liší mezi jednotlivými druhy i v závislosti na teplotních podmínkách. Nejvyšší mortalita byla zaznamenána u druhů *Oryzaephilus surinamensis* a *Rhyzopertha dominica*, které byly vysoce citlivé napříč všemi teplotami. Naopak *Sitophilus granarius*, *S. oryzae* a *Tribolium confusum* vykazovaly výrazně nižší mortalitu, zejména při nižších teplotách.

Zajímavým zjištěním bylo, že při 10 °C vykazovali pilouši (*S. granarius* a *S. oryzae*) nižší mortalitu než *T. confusum*, přestože právě *T. confusum* byl v předchozím testu určen jako nejodolnější druh na základě hodnot LC_{50} a LC_{99} . Tento výsledek naznačuje, že relativní citlivost k esenciálním olejům může být teplotně závislá a že druhy reagují různě v závislosti na svých fyziologických vlastnostech a adaptacích (Isman, 2006).

Na rozdíl od předchozího testu účinnosti, kde byla expozice hmyzu vůči oleji tři dny, v tomto experimentu trvala pouze 24 hodin. Tato metodická odlišnost mohla ovlivnit dynamiku úmrtnosti a částečně vysvětlit některé rozdíly ve výsledcích mezi oběma testy. Je pravděpodobné, že některé druhy hmyzu reagují na toxickou látku rychleji než jiné. Rychlost

nástupu mortality tak může být dalším důležitým rysem biologické citlivosti, který není zachycen, pokud se sleduje pouze konečný stav po pevně daném čase.

Celkově výsledky ukazují, že účinnost botanických pesticidů závisí nejen na chemické povaze účinné látky, ale také na délce expozice, okolní teplotě a biologických vlastnostech cílového druhu. Tato zjištění mají přímý význam pro aplikaci přípravků v reálné praxi, kde může být doba expozice omezená a teploty značně kolísavé.

5.4. Poloprovozní testy účinnosti

Materiál a metoda

Ověření účinnosti rozmarýnového esenciálního oleje (*Rosmarinus officinalis*) v podmínkách blízkých reálnému skladování proběhlo v kontejnerech o objemu 240 litrů. Tyto kontejnery simulují reálné prostředí skladů zemědělských komodit a umožňují testování aplikace oleje v uzavřeném prostoru s ventilací a přítomností zrna.

Každý kontejner obsahoval 60 kg pšenice a směs dospělců všech pěti testovaných druhů skladištních škůdců (*Sitophilus granarius*, *S. oryzae*, *Tribolium confusum*, *Oryzaephilus surinamensis* a *Rhyzopertha dominica*). Škůdci byli před expozicí umístěni do prodyšných nylonových sáčků s obilím, které byly rovnoměrně rozmístěny v objemu kontejneru.

Rozmarýnový olej byl aplikován ve formě aerosolu do ventilačního systému kontejneru, který zajišťoval cirkulaci vzduchu a rovnoměrné rozptýlení účinné látky. Aby nedocházelo k ucpávání trysek, byl olej naředěn acetonem v poměru 2 ml acetonu na 66 ml oleje.

V každém jednotlivém měření byly paralelně testovány tři kontejnery:

1× kontejner s dávkou odpovídající LC₉₉ pro nejodolnější druh (*T. confusum*) – tj. 66 ml oleje,

1× kontejner s dvojnásobnou dávkou (2× LC₉₉) – tj. 132 ml oleje,

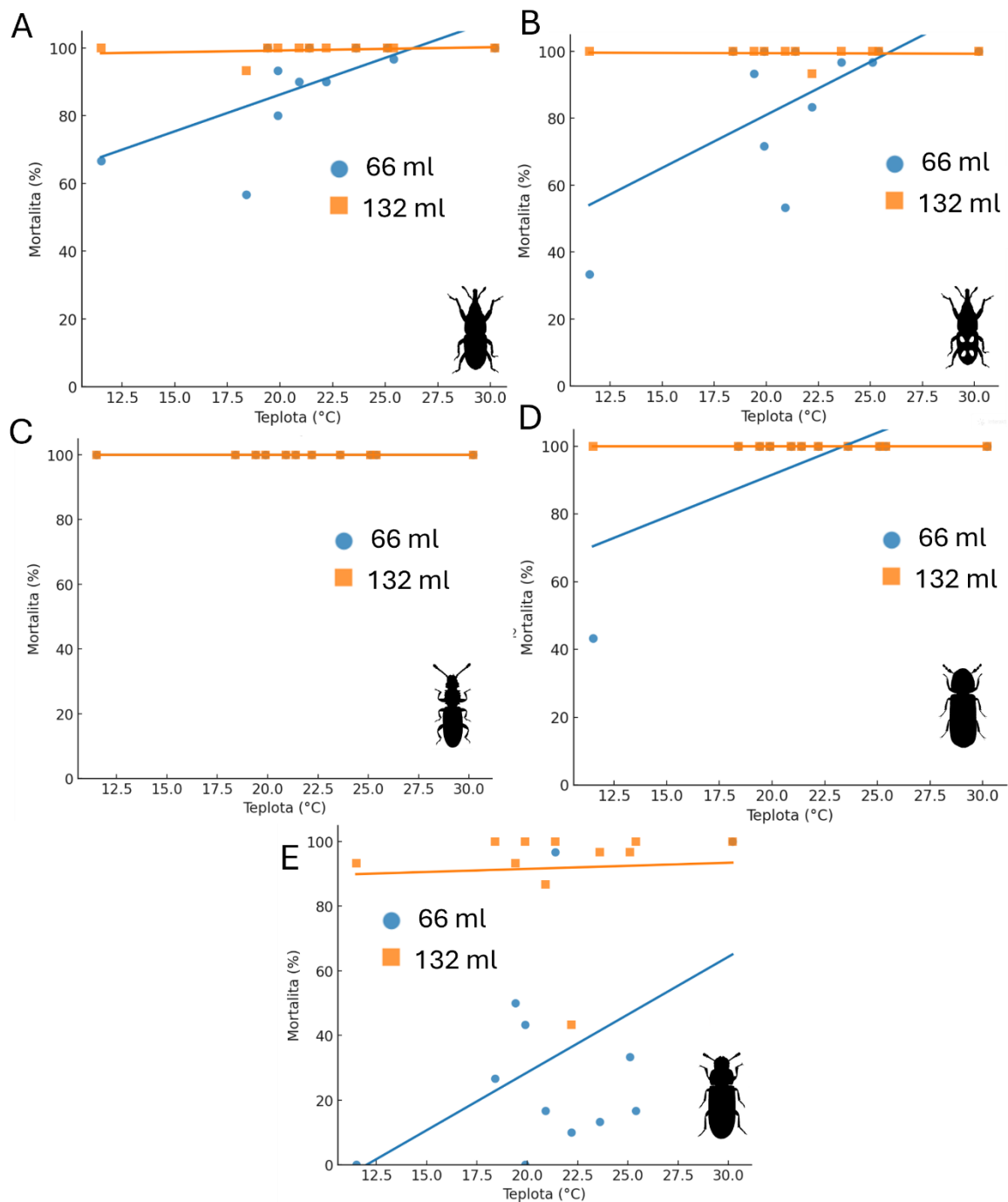
1× kontrolní kontejner bez aplikace oleje.

Expozice trvala 24 hodin, po jejímž uplynutí byly nádoby se škůdci vyjmuty a pro každý druh zvlášť byla zaznamenána mortalita jedinců, včetně jedinců s příznaky intoxikace (např. tremor).

Testování bylo prováděno ve venkovní, netemperované garáži, kde byla teplota závislá na aktuálních venkovních podmínkách. Na rozdíl od předchozích laboratorních testů tedy nebyla teplota řízeně nastavena, ale přirozeně kolísala podle okolního prostředí. Díky tomu bylo možné získat údaje o účinnosti oleje v širokém spektru teplot, které odpovídají reálným podmínkám skladování v průběhu roku. Teplota uvnitř kontejnerů byla kontinuálně monitorována pomocí dataloggeru, který v intervalu 60 minut zaznamenával teplotní profil po celou dobu expozice. Hodnoty teplot odpovídají průměrné teplotě za celou dobu měření (tj. 24 hodin).

Výsledky

Testování účinku rozmarýnového esenciálního oleje v poloprovozních podmínkách ukázalo, že mortalita všech pěti druhů skladištních škůdců závisela na teplotě prostředí i aplikované dávce EO. Obecně platilo, že vyšší dávka (132 ml) vedla k vyšší mortalitě než dávka odpovídající dříve stanovené LC₉₉ pro *T. confusum* (66 ml). Také vyšší teploty obvykle zvyšovaly účinnost oleje, i když citlivost k těmto proměnným se mezi druhy lišila (Obr. 3).



Obrázek 3: Mortalita dospělců skladištních škůdců v závislosti na teplotě a dávce rozmarýnového esenciálního oleje. (A) *Sitophilus granarius*, (B) *S. oryzae*, (C) *Rhyzopertha dominica*, (D) *Oryzaephilus surinamensis* a (E) *Tribolium confusum*. Spojité barevné čáry představují lineární regresní modely, které znázorňují trend závislosti mortality na teplotě pro každou dávku zvlášť.

Nejcitlivějším druhem byl *Oryzaephilus surinamensis*, u kterého byla mortalita 100 % ve všech variantách bez ohledu na teplotu a dávku. Také u druhu *Rhyzopertha dominica* dosahovala mortalita téměř vždy 100 %, s výjimkou nejnižší teploty (11,5 °C) při dávce 66 ml, kde klesla na 43,3 %.

Naopak u *Tribolium confusum* (nejodolnějšího druhu z předchozích laboratorních testů) se mortalita výrazně zvyšovala s dávkou a méně průkazně i s teplotou. Zatímco při dávce 132 ml dosahovala téměř 100 % již od cca 18 °C, při dávce 66 ml byla mortalita proměnlivá a výrazně závislá na teplotě.

Druhy *Sitophilus granarius* a *S. oryzae* vykazovaly střední citlivost – mortalita se zvyšovala s teplotou i dávkou, i když průběh nebyl vždy lineární. U *S. oryzae* se při dávce 132 ml objevila nižší mortalita při některých středních teplotách (např. 20–22 °C), což naznačuje nelineární vztah mezi teplotou a účinností.

Výsledky lineární regrese ukázaly statisticky významný vliv dávky EO na mortalitu u všech druhů kromě *R. dominica* (Tabulka 3). Vliv teploty byl statisticky významný u všech druhů kromě *T. confusum*, kde byl efekt patrný, ale nepřekročil hladinu významnosti ($p = 0,139$). U *O. surinamensis* nebylo možné regresní model aplikovat kvůli konstantní 100% mortalitě.

Druh	R ²	Teplota (p)	Dávka (p)	Významné vlivy
<i>Tribolium confusum</i>	0,60	0,139	<0,001	dávka
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	–	–	–	mortalita 100 % vždy
<i>Rhyzopertha dominica</i>	0,27	0,021	0,316	teplota
<i>Sitophilus granarius</i>	0,40	0,018	0,021	dávka i teplota
<i>Sitophilus oryzae</i>	0,34	0,031	0,038	dávka i teplota

Tabulka 3: Výsledky lineárního regresního modelu vlivu teploty (°C) a dávky rozmarýnového esenciálního oleje (66 nebo 132 ml) na mortalitu (%) dospělců pěti druhů skladištních škůdců. Pro druh *Oryzaephilus surinamensis* nebylo možné model smysluplně aplikovat, protože mortalita byla ve všech případech 100 %, tedy bez variability.

Diskuse a závěry

Tato studie navazovala na předchozí laboratorní testy a jejím cílem bylo ověřit účinnost rozmarýnového esenciálního oleje (*Rosmarinus officinalis*) ve větším měřítku a realističtějších podmínkách, které lépe simulují praktické využití v ochraně zásob. Testy probíhaly v poloprovozních kontejnerech (objem 240 l) obsahujících 60 kg pšenice a směs

pěti druhů běžných skladištních škůdců. Olej byl aplikován jako aerosol prostřednictvím ventilačního systému, který zajišťoval distribuci účinné látky v prostoru.

Získané výsledky potvrdily, že rozmarýnový olej je účinný i v přítomnosti zrna a většího objemu vzduchu, tedy v podmínkách, které se více blíží reálnému skladovacímu prostředí. Nicméně na rozdíl od předchozích laboratorních testů, kde bylo možné přesně kontrolovat teplotu, probíhaly tyto testy ve venkovní netemperované garáži, kde teplota závisela na aktuálních klimatických podmínkách. Expozice navíc trvala pouze 24 hodin, což může vysvětlit rozdíly mortality oproti laboratorním testům.

Dalším faktorem, který může ovlivnit výsledky, je technická realizace aplikace EO. V počátečních fázích experimentu jsme zaznamenali problémy s těsností kontejnerů, které mohly vést k úniku par EO a snížení účinné koncentrace ve vnitřním prostoru. Ačkoli byly podmínky postupně vylepšeny a systém utěsněn, nelze zcela vyloučit únik účinné látky, což mohlo vést k nižší mortalitě škůdců. Na druhou stranu tento jev může do určité míry reflektovat reálné provozní podmínky, kde také nelze zaručit dokonalou těsnost prostoru.

Statistická analýza ukázala, že účinnost oleje byla ovlivněna především teplotou prostředí a aplikovanou dávkou. Nejcitlivějším druhem byl *O. surinamensis*, který vykazoval 100% mortalitu napříč všemi variantami. Podobně i *R. dominica* byla mimořádně citlivá, ačkoli při nejnižší teplotě (11,5 °C) a nižší dávce došlo k mírnému poklesu účinnosti. U ostatních druhů byla mortalita silně závislá na dávce i teplotě. Statisticky významný vliv dávky EO nebyl prokázán právě u *R. dominica*, pravděpodobně kvůli nízké variabilitě dat, kdy i nižší dávka vedla ve většině případů k 100% mortalitě, což modelu znemožnilo odhalit rozdíl.

U druhů *S. oryzae* a *T. confusum* byl pozorován nelineární vztah mezi teplotou a mortalitou, což naznačuje, že účinnost EO není u všech druhů čistě lineárně závislá na teplotě. V některých případech byla mortalita vyšší při středních teplotách (např. 18–20 °C) než při vyšších teplotách, což může souviset s rozdíly v teplotní toleranci a fyziologické aktivitě druhů. Například *S. granarius* je ekologicky adaptován na chladnější prostředí, zatímco druhy jako *T. confusum* preferují vyšší teploty. Kombinace těchto faktorů může ovlivnit rychlost příjmu a metabolizace účinných látek a tím i výslednou mortalitu.

Celkově lze říci, že výsledky potvrzují vysoký potenciál rozmarýnového esenciálního oleje jako alternativního prostředku pro ochranu zásob, a to i při realističtějších podmínkách, než jaké poskytují laboratorní testy.

6. Souhrn metodických doporučení pro praxi

- Rozmarýnový olej aplikovaný ve formě aerosolu do systému cirkulačního oběhu vzduchu je účinný jako dezinsekční přípravek na dospělé vybraných druhů skladištních škůdců v napadených skladovaných komoditách.
- Délka ošetření (expozice) je stanovena na 24 hodin.
- Předpokladem dobré účinnosti je maximálně hermetizovaný (vzduchotěsný) skladovací prostor, kde se provádí ošetření.
- Vyšší teploty zvyšují významně účinnost na vybrané druhy škůdců.
- Doporučená minimální teplota komodity pro ošetření je 20 °C.
- Některé druhy škůdců jsou citlivější a je u nich dosahována při stejných podmínkách vyšší účinnost – např. dospělci lesáka skladištního nebo korovníka obilního.
- Některé druhy škůdců jsou odolnější a je u nich dosahována při stejných podmínkách nižší účinnost – např. potemník skladištní nebo pilous rýžový.
- Vždy je nutné používat předepsané ochranné pomůcky při práci s rozmarýnovým olejem.

III. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“

Skladované komodity jsou napadány celou řadou druhů skladištních škůdců ze skupiny hmyzu a roztočů. Jejich přítomnost sebou přináší celou řadu problémů od kvantitativních škod působených žírem nebo poškozením klíčivosti až po kvalitativní škody, kdy dochází ke kontaminaci alergeny, karcinogeny nebo škůdci slouží jako rezervoár různých druhů skladištních plísní produkující mykotoxiny. V posledních letech se stává velkým tématem také reklamace komodit z důvodu nálezu živých škůdců. To způsobuje nemalé ekonomické ztráty prodávající straně. Největším problémem se ukazují v praxi zejména škůdci ze skupiny brouci, jako jsou pilousi, korovníci, potemníci nebo lesáci. Zejména jejich dospělá vývojová stádia jsou velmi pohyblivá a mohou snadno migrovat a způsobovat infestaci nově naskladněných komodit. Také jsou snáze detekovatelní než jiné skupiny škůdců (např. pisivky nebo roztoči) nebo jejich další vývojová stádia (vajíčka, larvy, kukly), a z tohoto důvodu jsou také častým důvodem reklamací.

Aby se zabránilo rizikům spojených s výskytem skladištních škůdců ve skladovaných komoditách, využívají se různé nástroje pro jejich ochranu. Většina těchto nástrojů je postavena na syntetických insekticidních přípravcích. Mezi tyto metody patří například preventivní aplikace insekticidů nástřikem přímo na komoditu, které účinkují dlouhodobě, ale zanechávají rezidua v ošetřené komoditě. Z těchto důvodů nelze tyto metody využít například v ekologickém systému hospodaření. Další používanou metodou je tzv. plynování neboli fumigace. Jedná se o restriktivní metodu, při které se využívají přípravky uvolňující plynný fosforovodík, který hubí škůdce nejen v mezi-zrnovém prostoru, ale také vývojová stádia uvnitř zrn. Ani tuto metodu nelze využít v ekologickém systému hospodaření. Dále se rozvíjejí další metody, které jsou ekologicky přijatelné, ale mají mnoho technologických překážek, což brání jejich rychlému rozvoji a implementaci do praxe. Patří sem například aplikace řízených atmosfér s dusíkem nebo oxidem uhličitým, teplené ošetření nebo ošetření pomocí mražení atd. Všechny tyto metody mají své nedostatky ať už je to délka expozice nebo energetická náročnost na ošetření.

Předložená metoda použití rozmarýnového oleje pro ošetření skladovaných komodit napadených skladištními škůdci se vyznačuje krátkou dobou ošetření s expozicí 24 hodin, ale také relativně snadnou přípravou a aplikací, kdy se využívá cirkulační systém oběhu vzduchu v daných skladovacích technologiích.

IV. EKONOMICKÉ ASPEKTY

A) Potenciální možnosti využití metodiky

V České republice se ročně vyprodukuje kolem 8 miliónů tun obilí, které může být ve skladech napadáno skladištními škůdci. Z této produkce je něco přes 133 tis. tun obilovin vyprodukováno v ekologickém systému hospodaření (zdroj: Ročenka ekologické zemědělství v České republice 2023). Toto skladované ekologické obilí včetně osiv je v současné době velmi obtížné ošetřit na farmách proti skladištním škůdcům. Technologie, které by to umožnily, jsou velmi nákladné buď na pořízení, nebo na samotný provoz v souvislosti s nízkými objemy skladovaných komodit na ekologických farmách. Předložená metodika nabízí možnost ošetření skladovaného obilí napadeného skladištními škůdci pomocí rozmarýnového oleje, jehož aplikace se přibližuje běžným postupům ošetření v konvenčním systému hospodaření při dosažení dobré účinnosti.

B) Snížení rizika rezistence

Současným celosvětovým problémem je rezistence populací skladištních škůdců k používaným přípravkům při ošetření nebo preventivní ochraně skladovaných komodit. Tento fenomén byl prokázán již také pro přípravky na bázi fosforovodíku, což významně ovlivňuje nejen účinnost dezinsekčních zásahů, ale také má vliv na mezinárodní obchod s komoditami. Z tohoto důvodu se hledají vhodné alternativy, kterými by bylo možné nahradit stávající přípravky nebo alespoň doplnit a zajistit tak vhodnou anti-rezistentní strategii. Data publikovaná v metodice ukazují, že rozmarýnový olej má potenciál pro účinnou dezinsekci napadeného skladovaného obilí skladištními škůdci a z tohoto důvodu by bylo možné využít tento postup ošetření právě v anti-rezistentní strategii při ošetřování napadených komodit.

C) Ekonomická kalkulace ošetření

Ekonomická kalkulace ošetření vychází z aktuálních informací o ceně dostupného rozmarýnového oleje na Českém trhu v roce 2025. Aktuální cena rozmarýnového oleje je velmi variabilní a pohybuje se od 1 000 Kč za kg výše. Cenové náklady syntetického rozmarýnového oleje v laboratorní čistotě se pohybují kolem 650 Kč za 100 ml přípravku nebo 2 000 Kč za 500 ml přípravku (P-LAB a.s.).

V případě ošetření skladovaného obilí maximální dávkou používanou v našich testech by byla spotřeba rozmarýnového oleje na 1 t obilí v objemu 2 200 ml. Celková cena nákladů na

použitý přípravek by se pohybovala v rozmezí od 2 200 Kč do 8 800 Kč.

V. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

Abbott, W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18, 265–267. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>.

Aguilar, F., Autrup, H., Barlow, S., Castle, L., Crebelli, R., Dekant, W., Engel, K.H., Gontard, N., Gott, D., Grilli, S., et al., 2008. Use of rosemary extracts as a food additive—scientific opinion of the panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food. EFSA J. 721, 1–29.

Athanassiou, C.G., Rani, P.U., Kavallieratos, N.G., 2014. The use of plant extracts for stored product protection. In: Singh, D. (Ed.), Advances in Plant Biopesticides. Springer, New Delhi, pp. 131–147. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2006-0_8.

Aulicky, R., Stejskal, V., Frydova, B., 2019. Field validation of phosphine efficacy on the first recorded resistant strains of *Sitophilus granarius* and *Tribolium castaneum* from the Czech Republic. J. Stored Prod. Res. 81, 107–113. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.02.003>.

Bedini, S., Flamini, G., Cosci, F., Ascricchi, R., Echeverria, M.C., Gomez, E.V., Guidi, L., Landi, M., Lucchi, A., Conti, B., 2019. Toxicity and oviposition deterrence of essential oils of *Clinopodium nubigenum* and *Lavandula angustifolia* against the myiasis-inducing blowfly *Lucilia sericata*. PLoS One, e0212576. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212576>.

Benelli, G., Pavela, R., Maggi, F., Petrelli, R., Nicoletti, M., 2017. Commentary: making green pesticides greener? The potential of plant products for nanosynthesis and pest control. J. Cluster Sci. 28, 3–10. <https://doi.org/10.1007/s10876-016-1131-7>.

Douda, O., Zouhar, M., Maňasová, M., 2022. Effect of plant essential oils on the mortality of *Ditylenchus dipsaci* (Kühn, 1857) nematode under in vitro conditions. Plant Soil Environ. 68, 410–414. <https://doi.org/10.17221/92/2022-PSE>.

Germinara, G.S., Di Stefano, M.G., De Acutis, L., Pati, S., Delfine, S., De Cristofaro, A., Rotundo, G., 2017. Bioactivities of *Lavandula angustifolia* essential oil against the stored grain pest *Sitophilus granarius*. Bull. Insectol. 70, 129–138.

Gourgouta, M., Morrison III, W.R., Hagstrum, D.W., Athanassiou, C.G., 2023. Saw-toothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis*, an internationally important stored product pest. J. Stored Prod. Res. 104, 102165. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2023.102165>.

Hagstrum, D.W., Subramanyam, B., 2009. Stored-Product Insect Resource. AACC International, Saint Paul, MN, USA.

Howe, R. W., 1956. The biology of the stored products insects. Biological Reviews, 31, 145–176.

Hubert, J., Stejskal, V., Athanassiou, C.G., Throne, J.E., 2018. Health hazards associated with arthropod infestation of stored products. Annu. Rev. Entomol. 63, 553–573. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043218>.

Isman, M.B., 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annu. Rev. Entomol. 51, 45–66. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>.

Jahanian, H., Kahkeshani, N., Sanei-Dehkordi, A., Isman, M.B., Saeedi, M., Khanavi, M., 2022. *Rosmarinus officinalis* as a natural insecticide: a review. Int. J. Pest Manag. 1–46. <https://doi.org/10.1080/09670874.2022.2046889>.

Lee, B.H., Annis, P.C., Tumaalii, F., Choi, W.S., 2004. Fumigant toxicity of essential oils from the Myrtaceae family and 1, 8-cineole against 3 major stored-grain insects. J. Stored Prod. Res. 40, 553–564. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2003.09.001>.

Liška, A., Rozman, V., Kalinovič, I., Eđed, A., Mustač, S., Perhoč, B., 2011. Bioactivity of 1, 8-cineole against red flour beetle *Tribolium castaneum*. (Herbst). Poljoprivreda 17, 58–63.

Locatelli, D. P., Limonta, L., 1998. Influence of temperature and humidity on development of *Tribolium confusum*. J. Stored Prod. Res., 34, 157–165.

Machuca-Mesa, L.M., Turchen, L.M., Guedes, R.N.C., 2023. Phosphine resistance among stored product insect pests: a global meta-analysis-based perspective. J. Pest. Sci. 97, 1–14. <https://doi.org/10.1007/s10340-023-01713-6>.

Magan, N., Hope, R., Cairns, V., Aldred, D., 2003. Post-harvest fungal ecology: impact of fungal growth and mycotoxin accumulation in stored grain. Eur. J. Plant Pathol. 109, 723–730. https://doi.org/10.1007/978-94-017-1452-5_7.

Motaghi, S., Shohreh, B., Nazem, M., Ahmadusefi, N. 2021. Effects of long-term administration of *Rosemarinus officinalis* essential oil on blood factors and liver and kidney cells in adult rats. Anat Sci J 18:23 – 30

Nazzaro, F., Fratianni, F., Coppola, R., De Feo, V., 2017. Essential oils and antifungal activity. Pharmaceuticals 10, 86. <https://doi.org/10.3390/ph10040086>.

Nieto, G., Ros, G., Castillo, J., 2018. Antioxidant and antimicrobial properties of rosemary (*Rosmarinus officinalis*, L.): a review. Medicines 5, 98. <https://doi.org/10.3390/medicines5030098>.

Pathak, V.M., Verma, V.K., Rawat, B.S., Kaur, B., Babu, N., Sharma, A., Dewali, S., Yadav, M., Kumari, R., Singh, S., Mohapatra, A., Pandey, V., Rana, N., Cunill, J.M., 2022. Current status of pesticide effects on environment, human health and it's eco- friendly management as bioremediation: a comprehensive review. Front. Microbiol. 13, 962619. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.962619>

Pavela, R., 2016. History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects-a review. Plant Protect. Science 52, 229–241. <https://doi.org/10.17221/31/2016-PPS>.

Phillips, T.W., Throne, J.E., 2010. Biorational approaches to managing stored-product insects. Annu. Rev. Entomol. 55, 375–397. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.54.110807.090451>.

Rozman, V., Korunić, Z., Kalinović, I., 2008. Effect of different quantities of wheat on the effectiveness of the essential oil cineole against stored grain insect pests. Proceedings of the 8th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, pp. 503–506. Chengdu, China, September 21-26, 2008.

Sakka, M.K., Athanassiou, C.G., 2023. Evaluation of phosphine resistance in three *Sitophilus* species of different geographical origins using two diagnostic protocols. Agriculture 13, 1068. <https://doi.org/10.3390/agriculture13051068>

Shaaya, E., Kostjukovski, M., Eilberg, J.E., Sukprakarn, C., 1997. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. J. Stored Prod. Res. 33, 7–15. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(96\)00032-X](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(96)00032-X).

Shah, J.A., Vendl, T., Aulicky, R., Stejskal, V., 2021. Frass produced by the primary pest *Rhyzopertha dominica* supports the population growth of the secondary stored product pests *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum*, and *T. confusum*. Bull. Entomol. Res. 111, 153–159. <https://doi.org/10.1017/S0007485320000425>.

Stejskal, V., Vendl, T., Li, Z., Aulicky, R., 2019. Minimal thermal requirements for development and activity of stored product and food industry pests (Acari, Coleoptera, Lepidoptera, Psocoptera, Diptera and Blattodea): a review. Insects 10, 149.

Stejskal, V., Vendl, T., Aulicky, R., Athanassiou, C., 2021. Synthetic and natural insecticides: gas, liquid, gel and solid formulations for stored-product and food- industry pest control. Insects 12, 590. <https://doi.org/10.3390/insects12070590>.

Vendl, T., Shah, J.A., Aulicky, R., Stejskal, V., 2022. Effect of grain excavation damages by *Sitophilus granarius* on the efficacy of grain protectant insecticides against *Cryptolestes ferrugineus* and *Tribolium castaneum*. J. Stored Prod. Res. 99, 102022. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.102022>.

Vendl, T., Stejskal, V., Kadlec, J., Aulicky, R., 2021. New approach for evaluating the repellent activity of essential oils against storage pests using a miniaturized model of stored-

commodity packaging and a wooden transport pallet. Ind. Crop. Prod. 172, 114024. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114024>.

Zoral, M.A., Ishikawa, Y., Ohshima, T., Futami, K., Endo, M., Maita, M., Katagiri, T. 2018. Toxicological effects and pharmacokinetics of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract in common carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture 495:955 – 960

Žabka, M., Pavela, R., Kovaříková, K., Tříška, J., Vrchotová, N., Bednář, J., 2021. Antifungal and insecticidal potential of the essential oil from *Ocimum sanctum* L. against dangerous fungal and insect species and its safety for non-target useful soil species *Eisenia fetida* (Savigny, 1826). Plants 10, 2180. <https://doi.org/10.3390/plants10102180>.

VI. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

Aulicky R., Vendl T., Douđa O, Pavela R., Stejskal V. (2025). Insecticidal activity of rosemary essential oil against primary and secondary storage beetles in the presence and absence of grain. Journal of Stored Products Research 111, 102498

Shah, J.A., Vendl, T., Aulicky, R., Bozik, M., Stejskal, V. 2024. Odourless vegetable oils as insect pest repellents for short-term protection of various food packaging materials. Journal of Plant Diseases and Protection, 131, 1549–1559 (2024). <https://doi.org/10.1007/s41348-024-00965-3>

Vendl T., Aulicky R., Stejskal V. 2024. Effect of grain mass on insecticidal activity of rosemary essential oil against storage beetles. Integrated Protection of Stored Products IOBC-WPRS Bulletin, 16.-20.9.2024, Novi Sad, Serbia.

Vendl T., Stejskal V., Douđa., Aulicky R. 2023. Fumigační potenciál esenciálních olejů proti pilousům v mezizrnovém prostoru pšenice DDD (Dezinfekce, dezinfekce, deratizace), 32 (1) 17-19.

Vendl T., Aulicky R., Prokop J., Stejskal V. 2022. Esenciální oleje jako alternativa k syntetickým insekticidům na skladištní škůdce. XIV. Konference DDD 2022 Přívorovy dny, Poděbrady, 25.-27. 4. 2022. Eds.: Davidová, P.; Rupeš, V. Sdružení DDD, Praha, 2022. pp. 39.

Vendl T., Aulicky R., Stejskal V. 2022. Using of botanical repellent extracts for protection of food packaging. IOBC-WPRS Bulletin Vol. 159, 2022 pp. 194-198.

VII. PŘÍLOHY

Bezpečnostní list



Sigma-Aldrich®

www.sigmaaldrich.com

BEZPEČNOSTNÍ LIST

podle Nařízení (ES) č. 1907/2006

Verze 8.7
Datum revize 11.01.2024
Datum vytištění 04.08.2025

ODDÍL 1: Identifikace látky/směsi a společnosti/podniku

1.1 Identifikátory výrobku

Název výrobku : Rosemary oil

Číslo produktu: : W299200
Značka : Aldrich
č. REACH : Registrační číslo není pro tuto látku k dispozici, protože tato látka a její použití nepodléhá registraci, roční objem nevyžaduje registraci nebo se registrace předpokládá později.
Č. CAS : 8000-25-7

1.2 Příslušná určená použití látky nebo směsi a nedoporučená použití

Určená použití : Laboratorní chemikálie, Výroba látek

1.3 Podrobné údaje o dodavateli bezpečnostního listu

Firma : Merck Life Science spol. s r. o.
Na Hřebenech II 1718/10
CZ-140 00 PRAGUE

Telefon : +420 246 003-251
E-mailová adresa : TechnicalService@merckgroup.com

1.4 Telefonní číslo pro naléhavé situace

Číslo nouzového telefonu : +420 228880039(CHEMTREC)
+420 224919293/224915402
(Toxikologické informační středisko)

ODDÍL 2: Identifikace nebezpečnosti

2.1 Klasifikace látky nebo směsi

Hořlavé kapaliny, (Kategorie 3)	H226: Hořlavá kapalina a páry.
Dráždivost pro kůži, (Kategorie 2)	H315: Dráždí kůži.
Podráždění očí, (Kategorie 2)	H319: Způsobuje vážné podráždění očí.
Toxicita pro specifické cílové orgány - jednorázová expozice,	H335: Může způsobit podráždění dýchacích cest.

Aldrich - W299200

Strana 1 z 11

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada



(Kategorie 3), Dýchací systém

2.2 Prvky označení

Značení podle Nařízení (ES) č.1272/2008

Piktogram



Signálním slovem Varování

Standardní věty o nebezpečnosti

H226	Hořlavá kapalina a páry.
H315	Dráždí kůži.
H319	Způsobuje vážné podráždění očí.
H335	Může způsobit podráždění dýchacích cest.

Pokyny pro bezpečné zacházení

P210	Chraňte před teplem, horkými povrchy, jiskrami, otevřeným ohněm a jinými zdroji zapálení. Zákaz kouření.
P233	Uchovávejte obal těsně uzavřený.
P240	Uzemněte a upevněte obal a odběrové zařízení.
P241	Používejte elektrické/ ventilační/ osvětlovací zařízení do výbušného prostředí.
P303 + P361 + P353	PŘI STYKU S KŮŽÍ (nebo s vlasy): Veškeré kontaminované části oděvu okamžitě svlékněte. Opláchněte kůži vodou.
P305 + P351 + P338	PŘI ZASAŽENÍ OČÍ: Několik minut opatrně vyplachujte vodou. Vyjměte kontaktní čočky, jsou-li nasazeny a pokud je lze vyjmout snadno. Pokračujte ve vyplachování.

Doplňkové údaje o nebezpečí žádný

Omezené označení (<= 125 ml)

Piktogram



Signálním slovem Varování

Standardní věty o nebezpečnosti žádný

Pokyny pro bezpečné zacházení žádný

Doplňkové údaje o nebezpečí žádný

2.3 jiná rizika

Látka/směs neobsahuje složky považované buď za perzistentní, bioakumulativní a toxické (PBT), nebo za vysoce perzistentní a vysoce bioakumulativní (vPvB) v koncentraci 0,1 % či vyšší.

Ekologické informace:

Látka/směs neobsahuje složky, o nichž se má za to, že mají vlastnosti vyvolávající narušení endokrinní činnosti podle REACH článku 57(f) nebo nařízení Komise (EU) s delegovanou

pravomocí 2017/2100 nebo nařízení Komise (EU) 2018/605 při hladinách 0,1 % nebo vyšších.

Toxikologické informace:

Látka/směs neobsahuje složky, o nichž se má za to, že mají vlastnosti vyvolávající narušení endokrinní činnosti podle REACH článku 57(f) nebo nařízení Komise (EU) s delegovanou pravomocí 2017/2100 nebo nařízení Komise (EU) 2018/605 při hladinách 0,1 % nebo vyšších.

Látka způsobující zčervenání kůže.

ODDÍL 3: Složení/informace o složkách

3.1 Látky

Synonyma : Rosmarinus officinalis

Č. CAS : 8000-25-7

Složku	Klasifikace	Koncentrace
Rosemary absolute		
Č. CAS 8000-25-7	Flam. Liq. 3; Skin Irrit. 2; Eye Irrit. 2; STOT SE 3; H226, H315, H319, H335	<= 100 %

Plný text H-údajů uvedených v tomto oddíle viz oddíl 16.

ODDÍL 4: Pokyny pro první pomoc

4.1 Popis první pomoci

Všeobecné pokyny

Ošetřujícímu lékaři předložte tento bezpečnostní list.

Při vdechnutí

Po nadýchání: přejděte na čerstvý vzduch.

Při styku s kůží

Při styku s kůží: Veškeré kontaminované části oděvu okamžitě svlékněte. Opláchněte kůži vodou/ osprchujte.

Při styku s očima

Po zasažení očí: vypláchněte velkým množstvím vody. Vyhledejte očního lékaře. Odstraňte kontaktní čočky.

Při požití

Po požití: okamžitě nechejte postiženého vypít vodu (nejvýše dvě sklenice). Konzultujte s lékařem.

4.2 Nejdůležitější akutní a opožděné symptomy a účinky

Nejdůležitější známé symptomy a účinky jsou popsány na štítku (viz sekce 2.2) a/nebo v sekci 11

4.3 Pokyn týkající se okamžité lékařské pomoci a zvláštního ošetření

Údaje nejsou k dispozici

ODDÍL 5: Opatření pro hašení požáru

5.1 Hasiva

Vhodná hasiva

Pěna Oxid uhličitý (CO₂) Suchý prášek

Nevhodná hasiva

Pro tuto látku/směs neplatí žádné omezení hasiv.

5.2 Zvláštní nebezpečnost vyplývající z látky nebo směsi

Struktura produktů rozkladu není známa.

Hořlavý/á.

Páry rozpouštědla jsou těžší než vzduch a mohou se šířit po podlaze.

Při zvýšené teplotě vytváří se vzduchem výbušné směsi.

V případě požáru může dojít k vytváření nebezpečných hořlavých plynů nebo výparů.

5.3 Pokyny pro hasiče

Nezůstávejte v ohrožené oblasti bez dýchacího přístroje s vlastním okruhem. Zabraňte kontaktu s pokožkou, držte se v patřičné vzdálenosti a noste ochranné pracovní oděvy.

5.4 Další informace

Nádobu přemístěte z nebezpečné oblasti a ochladte ji vodou. Zabraňte kontaminaci systému povrchových nebo podzemních vod vodou použitou k hašení požáru.

ODDÍL 6: Opatření v případě náhodného úniku

6.1 Opatření na ochranu osob, ochranné prostředky a nouzové postupy

Pokyny pro pracovníky kromě pracovníků zasahujících v případě nouze Nevdechujte páry/aerosol. Zamezte kontaktu s látkou. Zajistěte přiměřené větrání. Neponechávejte v blízkosti zdrojů tepla a ohně. Vyklidte zasaženou oblast, postupujte dle nařízení pro nouzové situace, kontaktujte odborného poradce.
Osobní ochrana viz sekce 8.

6.2 Opatření na ochranu životního prostředí

Nenechtejте vniknout do kanalizace. Nebezpečí výbuchu.

6.3 Metody a materiál pro omezení úniku a pro čištění

Zakryjte kanalizační vpusť. Rozlitý přípravek posbírejte, zavažte a zbytek vysajte čerpadlem. Dodržujte pokyny (viz. Sekce 7 a 10) týkající se možného omezení materiálu. Vysušte sorbentem kapalin (např. Chemisorb®). Předejte k likvidaci. Očistěte potřísněné plochy.

6.4 Odkaz na jiné oddíly

Zneškodnit podle kapitoly 13.

ODDÍL 7: Zacházení a skladování

7.1 Opatření pro bezpečné zacházení

Pokyny k ochraně proti požáru a výbuchu

Neponechávejte v blízkosti plamenů, horkých povrchů a zápalných zdrojů. Proveďte preventivní opatření proti výbojům statické elektřiny.

Hygienická opatření

Kontaminovaný oděv ihned vysvlěčte. Používejte ochranný krém. Po práci se substancí si umyjte ruce a obličej.

Prevence viz sekce 2.2.

7.2 Podmínky pro bezpečné skladování látek a směsí včetně neslučitelných látek a směsí

Skladovací podmínky

Nádoby skladujte dobře uzavřené na suchém, dobře větraném místě. Neponechávejte v blízkosti zdrojů tepla a ohně.

Třída skladování

Německá třída skladování (TRGS 510): 3: Vznětlivé kapaliny

7.3 Specifické konečné / specifická konečná použití

Část použití zmíněných v sekci 1.2 žádná další použití nejsou vyhrazena.

ODDÍL 8: Omezování expozice / osobní ochranné prostředky

8.1 Kontrolní parametry

Složky s parametry pro kontrolu pracoviště

Neobsahuje žádné látky s mezními hodnotami expozice na pracovišti.

8.2 Omezování expozice

Osobní ochranné prostředky

Ochrana očí a obličeje

Použijte zařízení na ochranu očí testované a schválené příslušnými státními normami jako NIOSH (US) nebo EN 166(EU). Ochranné brýle

Ochrana kůže

Používejte ochranné rukavice Rukavice je nutno před použitím prohlédnout. Používejte správnou techniku svlékání rukavic bez dotyku vnějšího povrchu rukavic, aby jste zabránili kontaktu kůže s tímto produktem Po použití kontaminované rukavice zneškodněte podle SLP a platných zákonů Ruce umyjte a osušte

Zvolené ochranné rukavice musí vyhovovat specifikacím nařízení EU 2016/425 a z něj odvozené normě EN 374.

Plný kontakt

Materiál: Nitrilový kaučuk

minimální tloušťka vrstvy: 0,4 mm

Doba průniku: 480 min

Materiál testovanýCamatril® (KCL 730 / Aldrich Z677442, Velikost M)

Postříkání

Materiál: Nitrilový kaučuk

minimální tloušťka vrstvy: 0,11 mm

Doba průniku: 30 min

Materiál testovanýDermatril® (KCL 740 / Aldrich Z677272, Velikost M)

datum: KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Telefonní +49 (0)6659 87300, e-mail

sales@kcl.de, Estovací metoda: EN374

Při použití ve formě roztoku nebo směsi s jinými látkami a při podmínkách odlišných od podmínek uvedených v EN 374 se obraťte na dodavatele rukavic schválených EK.

Toto doporučení je pouze upozorněním a musí být zhodnocen průmyslovým

hygienikem a bezpečnostním technikem obeznámeným se způsobem použití u zákazníka. Toto nemá být interpretováno jako schválení žádného specifického použití

Ochrana těla

Antistatický oblek proti sálajícímu teplu.

Ochrana dýchacích cest

je nezbytné, když dojde k vytváření výparů/aerosolu.

Naše doporučení ohledně filtru respirační ochrany jsou založena na normách ČSN EN 143, ČSN EN 14387 a dalších normách, které se vztahují k systému respirační ochrany.

Doporučený typ filtru: Filtr typu ABEK

Entrepreneur musí zajistit, aby údržba, čištění a testování prostředků k ochraně dýchacích cest byly prováděny podle pokynů výrobce. Tato opatření musí být náležitě dokumentována.

Kontrola zatížení životního prostředí

Nenechejte vniknout do kanalizace. Nebezpečí výbuchu.

ODDÍL 9: Fyzikální a chemické vlastnosti

9.1 Informace o základních fyzikálních a chemických vlastnostech

- | | |
|---|--|
| a) Skupenství | kapalný |
| b) Barva | Údaje nejsou k dispozici |
| c) Zápach | Údaje nejsou k dispozici |
| d) Bod tání / bod tuhnutí | Údaje nejsou k dispozici |
| e) Počáteční bod varu a rozmezí bodu varu | 176 °C |
| f) Hořlavost (pevné látky, plyny) | Údaje nejsou k dispozici |
| g) Horní/dolní meze zápalnosti nebo meze výbušnosti | Údaje nejsou k dispozici |
| h) Bod vzplanutí | 49 °C - uzavřený kelímek |
| i) Teplota samovznícení | Údaje nejsou k dispozici |
| j) Teplota rozkladu | Údaje nejsou k dispozici |
| k) pH | Údaje nejsou k dispozici |
| l) Viskozita | Kinematická viskozita: Údaje nejsou k dispozici
Dynamická viskozita: Údaje nejsou k dispozici |
| m) Rozpustnost ve vodě | Údaje nejsou k dispozici |
| n) Rozdělovací koeficient: n-oktanol/voda | Údaje nejsou k dispozici |

- | | |
|--------------------------|-----------------------------------|
| o) Tlak páry | Údaje nejsou k dispozici |
| p) Hustota | 0,908 g-cm ³ při 25 °C |
| Relativní hustota | Údaje nejsou k dispozici |
| q) Relativní hustota par | Údaje nejsou k dispozici |
| r) Velikost částic | Údaje nejsou k dispozici |
| | |
| s) Výbušné vlastnosti | Údaje nejsou k dispozici |
| t) Oxidační vlastnosti | Údaje nejsou k dispozici |

9.2 Další bezpečnostní informace.

Údaje nejsou k dispozici

ODDÍL 10: Stálost a reaktivita

10.1 Reaktivita

Směsi par se vzduchem jsou při silnějším zahřátí výbušné.

10.2 Chemická stabilita

Tento produkt je stabilní při teplotě okolního prostředí (pokojová teplota).

10.3 Možnost nebezpečných reakcí

Údaje nejsou k dispozici

10.4 Podmínky, kterým je třeba zabránit

Zahřívání.

10.5 Neslučitelné materiály

Silná oxidační činidla

10.6 Nebezpečné produkty rozkladu

V případě požáru: viz sekce 5

ODDÍL 11: Toxikologické informace

11.1 Informace o toxikologických účincích

Akutní toxicita

LD50 Orálně - Potkan - 5.000 mg/kg

Vdechnutí: Údaje nejsou k dispozici

LD50 Kožní - Králík - > 10.000 mg/kg

Žíravost/dráždivost pro kůži

Kůže - Králík

Vážné poškození očí / podráždění očí

Poznámky: Údaje nejsou k dispozici

Senzibilizace dýchacích cest / senzibilizace kůže

Údaje nejsou k dispozici

Mutagenita v zárodečných buňkách

Údaje nejsou k dispozici

Karcinogenita

Aldrich - W299200

Strana 7 z 11

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada



Údaje nejsou k dispozici

Toxicita pro reprodukci

Údaje nejsou k dispozici

Toxicita pro specifické cílové orgány - jednorázová expozice

Vdechnutí - Může způsobit podráždění dýchacích cest.

Toxicita pro specifické cílové orgány - opakovaná expozice

Údaje nejsou k dispozici

Nebezpečnost při vdechnutí

Údaje nejsou k dispozici

11.2 Další informace

Vlastnosti vyvolávající narušení činnosti endokrinního systému

Výrobek:

Hodnocení

Látka/směs neobsahuje složky, o nichž se má za to, že mají vlastnosti vyvolávající narušení endokrinní činnosti podle REACH článku 57(f) nebo nařízení Komise (EU) s delegovanou pravomocí 2017/2100 nebo nařízení Komise (EU) 2018/605 při hladinách 0,1 % nebo vyšších.

RTECS: VL0445000

Dermatitida, Dle našich nejlepších znalostí nebyly chemické, fyzikální a toxikologické vlastnosti úplně prozkoumány.

ODDÍL 12: Ekologické informace

12.1 Toxicita

Údaje nejsou k dispozici

12.2 Perzistence a rozložitelnost

Údaje nejsou k dispozici

12.3 Bioakumulativní potenciál

Údaje nejsou k dispozici

12.4 Mobilita v půdě

Údaje nejsou k dispozici

12.5 Výsledky posouzení PBT a vPvB

Látka/směs neobsahuje složky považované buď za perzistentní, bioakumulativní a toxické (PBT), nebo za vysoce perzistentní a vysoce bioakumulativní (vPvB) v koncentraci 0,1 % či vyšší.

12.6 Vlastnosti vyvolávající narušení činnosti endokrinního systému

Výrobek:

Hodnocení

: Látka/směs neobsahuje složky, o nichž se má za to, že mají vlastnosti vyvolávající narušení endokrinní činnosti podle REACH článku 57(f) nebo nařízení Komise (EU) s delegovanou pravomocí 2017/2100 nebo nařízení Komise (EU) 2018/605 při hladinách 0,1 % nebo vyšších.

12.7 Jiné nepříznivé účinky

Údaje nejsou k dispozici

ODDÍL 13: Pokyny pro odstraňování

13.1 Metody nakládání s odpady

Výrobek

Odpad musí být likvidován v souladu se národními a místními předpisy. Uch jiným odpadem. Při manipulaci s kontaminovaným obalem postupujte stejným způsobem jako při manipulaci s danou chemikálií. Směrnice o odpadech 2008/98 / EC note.

ODDÍL 14: Informace pro přepravu

14.1 UN číslo

ADR/RID: 1993

IMDG: 1993

IATA: 1993

14.2 Oficiální (OSN) pojmenování pro přepravu

ADR/RID: LÁTKA HOŘLAVÁ, KAPALNÁ, J.N. (Rosemary absolute)

IMDG: FLAMMABLE LIQUID, N.O.S. (Rosemary absolute)

IATA: Flammable liquid, n.o.s. (Rosemary absolute)

14.3 Třída/ třídy nebezpečnosti pro přepravu

ADR/RID: 3

IMDG: 3

IATA: 3

14.4 Obalová skupina

ADR/RID: III

IMDG: III

IATA: III

14.5 Nebezpečnost pro životní prostředí

ADR/RID: ne

IMDG Látka znečišťující
moře: ne

IATA: ne

14.6 Zvláštní bezpečnostní opatření pro uživatele

Kód omezení průjezdu : (D/E)
tunelem

Další informace : Údaje nejsou k dispozici

ODDÍL 15: Informace o předpisech

15.1 Předpisy týkající se bezpečnosti, zdraví a životního prostředí/ specifické právní předpisy týkající se látky nebo směsi

Tento bezpečnostní list splňuje požadavky Nařízení (ES) č. 1907/2006.

Vnitrostátní právní předpisy

Seveso III: Směrnice Evropského
parlamentu a Rady 2012/18/EU o

P5c HOŘLAVÉ KAPALINY

kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek.

Jiné předpisy

Všimněte si poznámky ve směrnici 94/33/EK, týkající se ochrany mladých lidí v zaměstnání.

15.2 Posouzení chemické bezpečnosti

Pro tento produkt nebylo prováděno hodnocení chemické bezpečnosti.

ODDÍL 16: Další informace

Plný text H-prohlášení

H226	Hořlavá kapalina a páry.
H315	Dráždí kůži.
H319	Způsobuje vážné podráždění očí.
H335	Může způsobit podráždění dýchacích cest.

Plný text jiných zkratk

ADN - Evropská dohoda o mezinárodní říční přepravě nebezpečných věcí; ADR - Dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí; AIIC - Australský seznam průmyslových chemických látek; ASTM - Americká společnost pro testování materiálů; bw - Tělesná hmotnost; CMR - Karcinogen, mutagen či reprodukčně toxická látka; DIN - Norma z německého institutu pro normalizaci; DSL - Národní seznam látek (Kanada); ECx - Koncentrace při odpovědi x %; ELx - Intenzita zatížení při odpovědi x %; EmS - Havarijní plán; ENCS - Seznam stávajících a nových chemických látek (Japonsko); ErCx - Koncentrace při odpovědi ve formě růstu x %; GHS - Globálně harmonizovaný systém; GLP - Správná laboratorní praxe; IARC - Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny; IATA - Mezinárodní asociace leteckých dopravců; IBC - Mezinárodní předpis pro stavbu a vybavení lodí hromadně přepravujících nebezpečné chemikálie; IC50 - Polovina maximální inhibiční koncentrace; ICAO - Mezinárodní organizace civilního letectví; IECSC - Seznam stávajících chemických látek v Číně; IMDG - Mezinárodní námořní doprava nebezpečného zboží; IMO - Mezinárodní organizace pro námořní přepravu; ISHL - Zákon o bezpečnosti a ochraně zdraví v průmyslu (Japonsko); ISO - Mezinárodní organizace pro normalizaci; KECI - Seznam existujících chemických látek - Korea; LC50 - Smrtelná koncentrace pro 50 % populace v testu; LD50 - Smrtelná dávka pro 50 % populace v testu (medián smrtelné dávky); MARPOL - Mezinárodní úmluva o zabránění znečišťování z lodí; n.o.s. - Jinak nespecifikováno; NO(A)EC - Koncentrace bez pozorovaného nepříznivého účinku; NO(A)EL - Dávka bez pozorovaného nepříznivého účinku; NOELR - Intenzita zatížení bez pozorovaného nepříznivého účinku; NZIoC - Novozélandský seznam chemických látek; OECD - Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj; OPPTS - Úřad pro chemickou bezpečnost a prevenci znečištění; PBT - Perzistentní, bioakumulativní a toxická látka; PICCS - Filipínský seznam chemikálií a chemických látek; (Q)SAR - (Kvantitativní) vztah mezi strukturou a aktivitou; REACH - Nařízení Evropského parlamentu a Rady o registraci, hodnocení, povolování a omezení chemických látek (ES) č. 1907/2006; RID - Předpisy o mezinárodní železniční přepravě nebezpečného zboží; SADT - Teplota samourychlujícího se rozkladu; SDS - Bezpečnostní list; TCSI - Tchajwanský seznam chemických látek; TECI - Seznam existujících chemických látek - Thajsko; TSCA - Zákon o kontrole toxických látek (Spojené státy); UN - Organizace spojených národů; UNRTDG - Doporučení OSN k přepravě nebezpečného zboží; vPvB - Vysoce perzistentní a vysoce bioakumulativní

Další informace

Předpokládá se, že výše uvedené informace jsou správné. Neznamena to však, že jsou kompletní a měly by sloužit jen jako vodítko. Společnost Sigma-Aldrich Co. a její dceřinné společnosti nenesou zodpovědnost za škody způsobené manipulací nebo stykem s uvedenými chemikáliemi. Proto Vás žádáme, abyste se řídili obchodními podmínkami uvedenými na stránkách www.sigma-aldrich.com a/nebo na zadní straně faktur a příbalových letáků.

Copyright 2020 Sigma-Aldrich Co. LLC. Licence poskytnuta k výrobě libovolného množství papírových kopií pro vnitřní použití.

Vzhled značky v záhlaví anebo zápatí tohoto dokumentu se nemusí dočasně shodovat se značkou na zakoupeném produktu, protože v současné době probíhá změna naší značky. Nicméně všechny informace v dokumentu týkající se výrobku zůstávají beze změny a shodují se s objednaným výrobkem. Více informací si můžete vyžádat na e-mailu: mlsbranding@sial.com.

POZNÁMKY

Autoři: Ing. Radek Aulický, Ph.D., Mgr. Tomáš Vendl, Ph.D.; Ing. Ondřej Douša, Ph.D.; Ing. Jan Prokop; doc. Ing. Václav Stejskal, Ph.D.

Název: **Metodika ošetření skladovaného obilí rozmarýnovým olejem**

Vydal: Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i., Drnovská 507, 161 00 Praha 6 - Ruzyně, ve spolupráci se společností de Wolf GROUP s.r.o.

Metodika je veřejně přístupná na adrese www.carc.cz

Vyšlo v Praze v roce 2025

Kontakt na autora: radek.aulicky@carc.cz

© Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i., 2025

ISBN 978-80-7427-448-0