

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce (FAPPZ)**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Potenciál biologických přípravků při regulaci mandelinky  
bramborové (*Leptinotarsa decemlineata* (Say))**

**Diplomová práce**

**Halyna Voloshchuk  
Rozvoj venkovského prostoru**

**Vedoucí práce Ing. Petr Dvořák, Ph.D.**

© 2023 ČZU v Praze



## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Potenciál biologických přípravků při regulaci mandelinky bramborové (*Leptinotarsa decemlineata* (Say))" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13. dubna 2023

---

## **Poděkování**

Chtěla bych touto cestou vyjádřit své upřímné děkuji vedoucímu diplomové práce panu Ing. Petru Dvořákovi, Ph.D. za odborné vedení během psaní mé práce. Vaše rady a nápady mi byly velmi cenné a přispěly k úspěšnému dokončení mé práce. Ráda bych také poděkovala za vaši trpělivost a vstřícnost při řešení jakýchkoliv problémů, které se objevily. Vaše podpora a povzbuzení mi byly velkou oporou v průběhu celého procesu psaní práce.

# Potenciál biologických přípravků při regulaci mandelinky bramborové (*Leptinotarsa decemlineata* (Say))

## Souhrn

Tato diplomová práce se zabývá porovnáním účinnosti konvenčního přípravku a 2 bioinsekticidů při regulaci mandelinky bramborové, která je jedním z nejběžnějších škůdců brambor v České republice a způsobuje značné ekonomické ztráty.

Teoretická část obsahuje informace o bramborech, včetně jejich původu, agrotechniky a faktorů ovlivňujících výnosy a kvalitu brambor. Další kapitoly se věnují škodlivým činitelům včetně mandelinky bramborové a způsobům ochrany brambor. Jsou zde popsány různé metody ochrany, včetně agrotechnických, mechanických, biologických a chemických.

Tématem praktické části je sledování výskytu mandelinky bramborové na pozemcích Výzkumné stanice FAPPZ ČZU v Praze-Uhřetěvesi, kde byl založen pokus, a probíhalo posouzení účinnosti zvolených insekticidů. Konkrétně byl testován SpinTor T/S, Neem Azal, a konvenční insekticid Coragen 20 SC. Cílem práce bylo porovnat účinnost těchto přípravků a zjistit, zda jsou biologické insekticidy schopny nahradit konvenční insekticid při snižování výskytu mandelinky bramborové v porostech brambor.

Hodnocení napadení se provádělo na experimentálním stanovišti (ve 4 opakováních), kde byl sledován výskyt brouků, larev vývojového stadia L1-L3 a larev L4 instaru mandelinky bramborové. Hodnocení počtu škůdců se provádělo před aplikací přípravku a následně 4. a 10. den po aplikaci přípravku. Shromážděné údaje byly statisticky vyhodnoceny a na jejich základě byla zpracována výsledková část.

Výsledky ukázaly, že chemická ochrana pomocí Coragen 20 SC byla nejúčinnější, jak proti broukům, tak i larvám mandelinky bramborové ve všech vývojových stádiích, ale výsledky také potvrdily dobrou účinnost biologických přípravků i když nižší. Účinnost insekticidního ošetření byla také zhodnocena na základě dosaženého výnosu hlíz. Práci uzavírá diskuse a závěry s následným seznamem použité literatury.

**Klíčová slova:** bioinsekticidy, škůdci brambor, mandelinka bramborová

# **The potential of biological preparations in the regulation of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* (Say))**

## **Summary**

This thesis deals with the comparison of the efficacy of a conventional product and 2 bioinsecticides in the control of the Colorado potato beetle, which is one of the most common potato pests in the Czech Republic and causes significant economic losses.

The theoretical part contains information about potatoes, including their origin, cultivation techniques and factors affecting potato yield and quality. Other chapters deal with harmful agents, including the Colorado potato beetle, and methods of potato protection. Various methods of protection are described, including agrotechnical, mechanical, biological, and chemical methods.

The practical part focuses on monitoring the Colorado potato beetle on the land of the FAPPZ ČZU Research Station in Prague-Uhřetěves, where an experiment was set up to compare the efficacy of selected insecticides. Specifically, SpinTor T/S, Neem Azal, and the conventional insecticide Coragen 20 SC were tested. The aim of the work was to compare the efficacy of these products and to determine whether biological insecticides can replace conventional insecticides in reducing the incidence of Colorado potato beetle in potato crops.

The evaluation of infestation was carried out at an experimental site divided into four plots, where the incidence of beetles, larvae of the L1-L3 developmental stage, and larvae of the L4 instar of the Colorado potato beetle were monitored. The count of pests was carried out before the application of the product and subsequently on the 4th and 10th day after the application of the product. The collected data were statistically evaluated, and the results section was prepared based on the data.

The results showed that chemical control with Coragen 20 SC was the most effective against both beetles and Colorado potato beetle larvae at all developmental stages. Despite being lower, the results also confirmed the good efficacy of the biological products. The efficacy of the insecticidal treatment was also evaluated based on the tuber yield achieved. The paper concludes with a discussion and conclusions followed by a list of references used.

**Keywords:** bioinsecticides, potato pests, Colorado potato beetle

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>9</b>
<b>2 Vědecká hypotéza a cíle práce .....</b>	<b>10</b>
<b>3 Literární rešerše .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Význam brambor .....</b>	<b>11</b>
3.1.1 Původ brambor a historický přehled jejich pěstování v ČR .....	11
3.1.2 Biologie, fyziologie a ekologie brambor .....	12
3.1.3 Základní agrotechnika.....	12
3.1.3.1 Sortiment odrůd .....	14
3.1.3.2 Sazení brambor .....	14
3.1.4 Faktory ovlivňující výnos a kvalitu bramboru.....	15
<b>3.2 Škodlivé činitele.....</b>	<b>15</b>
3.2.1 Způsoby ochrany brambor oproti škůdcům .....	16
3.2.1.1 Nepřímé metody .....	17
3.2.1.2 Přímé metody.....	17
3.2.2 Mandelinka bramborová .....	19
3.2.2.1 Biologie škůdce .....	19
3.2.2.2 Životní cyklus.....	20
<b>3.3 Opatření proti mandelince bramborové .....</b>	<b>21</b>
3.3.1 Monitoring a prognóza.....	21
3.3.2 Agrotechnické a mechanické způsoby .....	22
3.3.3 Biologická ochrana .....	23
3.3.4 Chemická ochrana.....	24
3.3.5 Šlechtění.....	24
<b>3.4 Insekticidy využívané v ČR a zahraničí.....</b>	<b>25</b>
3.4.1 Registrované přípravky .....	25
3.4.1.1 Pyretroidy .....	25
3.4.1.2 Neonikotinoidy .....	26
3.4.1.3 Diamidy .....	27
3.4.1.4 Spinosiny .....	28
3.4.1.5 Biologický insekticid.....	29
3.4.2 Alternativní přípravky na ochranu .....	29

3.4.2.1	Biologické metody ochrany.....	30
<b>4</b>	<b>Metodika .....</b>	<b>32</b>
4.1	Charakterizace pokusné lokality .....	32
4.2	Základní údaje o pokusu a agrotechnických činnostech .....	34
4.2.1	Provedené zásahy v oblasti agrotechniky, informace o rostlinách a dalších opatřeních v Uhřetěvsi .....	34
4.2.2	Sledování porostu a chemická ochrana.....	35
4.2.3	Vybraná odrůda a uspořádání pokusných ploch .....	36
4.2.5	Hodnocení výskytu brouků, larev L1-L3 a larev L4 .....	36
4.2.6	Příprava na sběr, sklizeň a vyhodnocení výnosu hlíz .....	38
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>39</b>
5.1	Výskyt brouků.....	39
5.2	Larvy L1 – L3.....	41
5.3	Larvy L4.....	43
5.4	Hodnocení hlíz, výnosu hlíz a nákladů na postřik .....	45
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>48</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>51</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>53</b>



# 1 Úvod

Brambory jsou z hlediska využití v zemědělství jednou z nejuniverzálnějších plodin. Je to důležitá potravinářská, krmná a průmyslová plodina.

Výživová hodnota brambor je dána jejich vysokou chutí a příznivým chemickým složením. Obsahují 14-22 % škrobu, 1,5-3 % bílkovin a 0,8-1 % vlákniny. Hlízy jsou bohaté na vitaminy B, PP, karotenoidy a vitamin C, který se nejvíce vyskytuje ve slupkách. V evropské kuchyni se brambory používají ve více než 200 případech. Hlízy se hojně využívají ke krmení zvířat. Brambory jsou cennou surovinou pro výrobu alkoholu, škrobu, glukózy, dextrinu a dalších pro hospodářství důležitých produktů.

Na bramborách bylo zaznamenáno asi šest až deset druhů škůdců. Od klíčení až po sklizeň jsou brambory poškozovány různým hmyzem. Nejškodlivější jsou mšice, mandelinka bramborová, larvy kovaříků, housenky osenic a další. Poškozují listy, stonky a hlízy, což následně výrazně snižuje výnos hlíz. Při velkém počtu škůdců může být zasaženo až 80% ztrát na výnosu hlíz.

Mandelinka bramborová (MB) z ohledu na původ je v některých zemích nazývána „coloradský brouk“. *Leptinotarsa decemlineata* se dokonale aklimatizovala po celé Evropě, a od 90. let se stala nejvýznamnějším škůdcem brambor v České republice. Větrné počasí podporuje šíření mandelinky bramborové, která k pohybu využívá křídla, a pomáhá ji překonat až 100 kilometrů, aby mohla najít vhodnou rostlinu ke krmení. Brouk se vždy začíná živit rostlinami rostoucími na okrajích a pak se nejčastěji vyskytuje ve čtvercích. Samičky mandelinky bramborové kladou vajíčka na spodní stranu listů od června do poloviny srpna. Díky tomu jsou chráněny před deštěm a větrem. Tito brouci procházejí až čtyřmi vývojovými stupni (instary). Nejlepší podmínky pro vývoj brouka jsou teploty nad 20 °C a nízké srážky. Studené a deštivé léto není příznivé pro vývoj mandelinky bramborové.

Mandelinka bramborová je jedním z nejběžnějších škůdců brambor v ČR, který způsobuje značné ekonomické ztráty. Neovládané rozmnožování tohoto druhu škůdce v malém prostoru může vést ke ztrátě výnosů, takže použití opatření k regulaci rozmnožování a rozvoje *Leptinotarsa decemlineata* je nutné. Ochrana brambor před mandelinkou bramborovou ve světě, stejně jako v ČR, je založena především na používání chemických přípravků na bázi pyretroidů a organofosfátů, a zejména sloučenin imidaklopridu, thiamethoxamu a thiaclopridu.

Neustálá potřeba ochrany je způsobena hojným výskytem škůdce, který ročně téměř v celé oblasti pěstování brambor výrazně překračuje hranici škodlivosti a může, zejména v případě současného výskytu plísně bramboru, vést k úplnému zničení rostlin. Hlavním problémem s používáním těchto chemických látek při boji proti mandelince je jejich vysoká toxicita pro půdu, suchozemské a vodní ekosystémy, a také riziko otravy pro včely a lidi. Navíc pravidelné užívání stejných insekticidů vede ke vzniku rezistence.

## 2 Vědecká hypotéza a cíle práce

**Hypotéza:** Výskyt larev mandelinky bramborové lze v porostech brambor účinně regulovat aplikací biopesticidů či dalších účinných látek využitelných v ekologickém zemědělství.

Cílem práce bylo srovnat účinnost moderních chemických přípravků a biopesticidů proti mandelince bramborové. Předložit praktická doporučení v oblasti aplikace bioinsekticidů.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Význam brambor

Brambory jsou významnou zeleninou a zdrojem živin, které jsou důležité pro zdravý a vyvážený jídelníček. Obsahují škrob, vlákninu, vitamin C a další minerály, jako jsou draslík a hořčík. Brambory jsou také zdrojem energie a pomáhají udržovat zdravou hmotnost. Kromě toho mohou být brambory připraveny na mnoho způsobů, což je dělá všestrannými a oblíbenými v kuchyni po celém světě (Horáčková 2017).

Brambory jsou významnou součástí našeho jídelníčku a využívají se v různých formách. Dříve byly běžně používány pouze ve slupce, ale dnes existuje mnoho potravinářských výrobků z brambor. S rostoucí úrovní životního standardu se zvyšují požadavky spotřebitelů na kvalitu a informace o bramborových produktech, včetně odrůdy, způsobu balení. Pro průmysl se pěstují odrůdy s vysokým obsahem škrobu a odpadní brambory se používají pro krmení hospodářských zvířat (Vokál et al. 2013).

V roce 2019 byla v České republice průměrná roční spotřeba brambor na osobu 69,5 kg a celková plocha pěstování brambor hospodářském roce 2019/20 činila 28,9 tisíc hektarů (Hrabalová 2020).

Historická data ukazují, že nejvyšší spotřeba brambor byla zaznamenána v roce 1850, kdy činila 170 kg na osobu. V průběhu času však došlo ke snižování spotřeby brambor v důsledku zlepšujících se životních podmínek. Například v roce 1930 byla průměrná roční spotřeba brambor na osobu 120 kg, což ukazuje na snížení poptávky po bramborách v souvislosti s modernizací a zlepšením stravování (Horáčková 2017).

#### 3.1.1 Původ brambor a historický přehled jejich pěstování v ČR

Kulturní druh *Solanum tuberosum* vznikl mutací a hybridizací ze *Solanum andigenum*. Vědci rozlišují dvě genetická centra: andské a chioánské, odpovídající podmínkám krátkého (Bolívie, Peru), kde vznikl *Solanum tuberosum* nebo dlouhého dne (Chile), kde vznikl *S. tuberosum* (Vokál et al. 2013).

Brambory byly dovezeny z Jižní Ameriky do Evropy v 16. století a začaly být používány jako součást jídelníčku. Pěstování brambor v Česku se stalo populárním až na počátku 18. století, i když někteří tehdy stále nedůvěřovali bramborám a argumentovali, že zaberou půdu pro jiné plodiny, ale po hladomoru v letech 1771 až 1773, nedůvěra k bramborám zmizela. Od 19. století se brambory začaly využívat také pro výrobu lihu a škrobu, což bylo důležité v době přechodu od extenzivního (vyloučení úhorů) hospodaření k intenzivnímu (Lampa 2018; Vokál et al. 2013).

Na začátku dvacátého století se v Česku rozvinul lihovarnický a škrobárenský průmysl. Vrchol českého pěstování brambor patří době mezi světovými válkami (kolem 450 tisíc ha). Po roce 1990 plochy pěstování brambor klesly pod 110 tisíc ha a další politický a ekonomický vývoj, rozpad velkých zemědělských podniků způsobily následný úbytek zájemců o produkci brambor (Vokál et al. 2013).

Česká republika se tak stala závislá na dovozu brambor. V hospodářském roce 2019/20 bylo do ČR dovezeno 193,2 tis. t brambor konzumních ostatních, což je o 13,3 % více než v

předchozím roce. Průměrná deklarovaná dovozní hodnota poklesla na 5,77 Kč/kg. Z ČR bylo v tomto období vyvezeno 14,9 tis. t brambor konzumních ostatních s průměrnou deklarovanou vývozní hodnotou 10,22 Kč/kg. Soběstačnost podle Eurostatu byla 72,9 % (Hrabalová 2020).

### 3.1.2 Biologie, fyziologie a ekologie brambor

Nadzemní část u bramborů je tvořena natí. Nať se může lišit větvením stonku, postavením, výškou, počtem a rozměry listů, barvou květu. Podle Vokála (2004) tvary trsu je možné rozdělit na kuželovitý, deštníkovitý a zarovnaný. Výška natě souvisí s délkou vegetace odrůdy. Za velmi vysokou se považuje nať nad 65 cm.

Brambory se rozmnožují jak vegetativně (hlízami) tak i generativně (semeny). V České republice se brambory rozmnožují zejména hlízami, je to vhodná varianta množení pro získání stálého a stejného potomstva (Vokál et al. 2013).

### 3.1.3 Základní agrotechnika

Šarapatka & Záhradník (2010) zmiňují, že brambory v České republice jsou pěstovány intenzivně jak na větších pěstitelských plochách v zemědělských podnicích, tak i na malých plochách zahrádek.

Podle Šarapatky & Urbana (2016) lze v České republice identifikovat dvě hlavní oblasti, kde se pěstují brambory – teplé a úrodné oblasti v Polabské nížině a na jižní Moravě, a chladnější oblasti v Českomoravské vrchovině.

Polabská nížina spadá do teplé bramborářské oblasti Střední Evropy s průměrnými ročními teplotami nad 8 °C, která leží v nadmořské výšce mezi 150 a 250 metry. Na druhé straně, chladnější bramborářská oblast s průměrnými ročními teplotami pod 7 °C se nachází v klimatické oblasti Východní Evropy a její centrum pěstování je umístěno na Českomoravské vrchovině v nadmořské výšce 400 až 600 metrů (ČHMÚ 2021; Křováková 2016).

Při pěstování brambor je klíčové pečlivě zvolit vhodné stanoviště, což zahrnuje vyhodnocení sklonitosti pozemku. Je vhodné zabránit přílišné sklonitosti, protože brambory jsou náchylné k vodní erozi, a proto by sklon pozemku neměl přesáhnout 8°. Tato sklonitostní hranice je omezením pro bramborovou produkci, protože nedokáže chránit půdu před erozí. V případech, kdy je pozemek příliš svažité, je možné zvážit protierozní opatření, jako jsou podsevy nebo mezplodiny, aby se minimalizovala eroze půdy (Foster & Kitchen 2008).

Stanoviště by nemělo být příliš zamokřené, brambory vyžadují dobře provzdušněnou půdu. Vyhovující srážky kolem 650–800 mm/rok, které podstatně na začátku vegetace ovlivňují růst natě a pak v druhé polovině vegetace mají vliv na hmotnost hlíz a výnos brambor (Vokál et al. 2004).

Nejvhodnější jsou střední půdy, kde je od 15 do 50 % jílovitých částic. Vyhovující jsou hlinitopísčité, písčitohlinité a hlinité půdy (Vokál et al. 2013).

Pro optimální výživu brambor je důležité správné hnojení. Podle Hluška et al. (1997) by mělo být hnojení dusíkem u brambor rozděleno do několika dávek během vegetačního období, aby se minimalizovaly ztráty dusíku v půdě. Dále je vhodné přidávat do půdy organickou hmotu, která nejen zlepšuje strukturu půdy a zvyšuje její schopnost udržet vodu, ale také slouží jako zdroj živin pro rostliny.

Formánek (2018) upozorňuje na význam správného pH půdy pro brambory, které jsou citlivé na pH nad 7,5 a častěji prosperují v kyselých půdách. K dosažení optimálního pH půdy lze použít vápnění půdy, avšak je důležité dodržet správnou dávku vápníku a aplikovat ho v dostatečném předstihu před výsadbou brambor.

Aby se omezilo mechanické poškození hlíz při sklizni, transportu nebo naskladňování je nutné řešit kameny v ornici. K tomu lze využít rýhování pozemku a separaci, což znamená odstranění kamenů a hrudek z hrůbků (Pazdera 2006). V orniční vrstvě do hloubky 100 mm by nemělo být více než 20 tun kamenů o velikosti větší než 35 mm na hektar, jinak se stává limitujícím faktorem pro pěstování. I když je obtížné se jim úplně vyhnout, je možné minimalizovat další mechanické poškození hlíz během sklizně a přepravy. V takových případech mohou zemědělci zvážit použití technologie odkameňování, která může mít účinnost v rozmezí 60-90 % (Vokál & Rasocha 2002). Proto se často používají odkameňovací linky, které kromě odkameňování také rozdrtí půdu do větší hloubky, což zvyšuje zastoupení větších hlíz a snižuje množství hrud na sklizečích. Před vzejitím porostu se dá také provádět mechanická kultivace, která přispívá ke zlepšení kvality půdy (Dvořák & Chaloupský 2013).

Využití osevního postupu s bramborami jako předplodinou přináší mnoho výhod. Podle Branta et al. (2016) "z mnoha důvodů jsou brambory hodnoceny jako vynikající předplodina." Mezi ně patří zlepšení struktury půdy a jejího chemického složení, snížení množství patogenů a hlodavců a vylepšení kvality i kvantity výnosů. Při použití brambor jako předplodiny je však důležité vyloučit pěstování brambor po sobě, aby se snížilo riziko přenosu karanténních patogenů, jako jsou háďátka nebo rakovina brambor (Brant et al. 2016).

Příprava půdy má velký význam při pěstování brambor, neboť poskytuje zvýšení kvality a kvantity výnosů. Mechanické zpracování půdy zasahuje jak do fyzikálního, biologického tak i chemického stavu půdy. Z ohledu na to, že předplodinou pro brambory jsou často obilniny, vzniká tak potřeba zkyprění půdy, například pomocí podmičky. Podmičkou lze omezit růst plevelů a zničit je v různých fázích jejich vývoje a také omezit ztráty kapilární vody. Pýr plazivý, který je jedním z nejrozšířenějších plevelů na porostech bramboru, se úspěšně reguluje podzimními zásahy a herbicidy (Krejčová et al. 2016).

Další operací přípravy půdy je orba, která je základním opatřením. Orba zvyšuje pórovitost půdy, nakypřuje ji, zlepšuje stav půdní struktury, taky vede k obracení půdy a hubení plevelů. Mlčoch et al. 2013 zmiňují, že orbu lze v některých případech nahradit jinými agrotechnickými postupy a současně tak šetřit životní prostředí. Nicméně, pro zapravení organických hnojiv je nutné, aby nedošlo k úniku a ztrátám živin, a proto je doporučeno provést střední orbu aspoň do hloubky 200 mm. Vhodný termín pro orbu je většinou kolem druhé poloviny října (Hlušek et al. 1997).

Na jaře se dokončuje rozrušení větších půdních agregátů, a kvůli slehnutí nakypřené vrstvy ornice, což může vést k nežádoucím ztrátám vody, vzniká potřeba urovnání povrchu, aby byla vytvořena izolační vrstva. Veškeré tyto operace slouží pro získání optimálních podmínek, které přímo souvisí s budoucími výnosy (Křen et al. 2015).

Brambory patří mezi plodiny, které potřebují kypré lůžko a prokypřenou půdu alespoň do hloubky 180 mm. Tyto zásahy je možné provádět pomocí kultivátorů nebo hřebenových bran. Jarní příprava půdy slouží zejména k jejímu provzdušnění, přípravě sadbového lůžka a má odplevelovací účinek. Jarní kypření je limitováno vlhkostí půdy, povrch půdy musí rychle osychat (Hlušek et al. 1997; Vokál et al. 2013).

Výnosnost, stabilita a kvalita produkce při pěstování brambor jsou výrazně ovlivněny agrotechnickými pravidly, která zahrnují například volbu vhodného stanoviště a správné postupy při pěstování, použití správných odrůd, vhodnou výživu rostlin a řádnou péči o plodiny během celého vegetačního cyklu. Při aplikaci pesticidů a herbicidů je nutné dodržovat správné postupy, aby se minimalizovalo riziko škodlivých účinků na zdraví lidí a životní prostředí. Tyto kroky pomohou minimalizovat ztráty a zvýšit výnosy a kvalitu produkce brambor (Mlčoch et al. 2013).

#### 3.1.3.1 Sortiment odrůd

Pěstování brambor zahrnuje mnoho faktorů, které mají vliv na kvalitu a výnosnost produkce. Mezi nejdůležitější faktory patří volba správné odrůdy a dodržování obecných agrotechnických postupů. Volba správné odrůdy bramboru je zásadním faktorem pro dosažení kvalitní a výnosné produkce. Při výběru vhodné odrůdy brambor je důležité zohlednit délku vegetační doby, která se obvykle dělí do čtyř kategorií: velmi rané, rané, polorané a pozdní. Tato klasifikace umožňuje stabilizaci výnosů v různých klimatických oblastech (Hron et al. 2016).

Správná volba odrůdy bramboru zajišťuje optimální využití klimatických podmínek a může výrazně ovlivnit výnos a kvalitu sklizně. Pro spotřebitele jsou důležité charakteristiky jako barva sloupky, barva dužniny, stolní hodnota a varný typ. Především ve velkovýrobních podmínkách, hraje významnou úlohu odolnost k mechanickému poškození a odolnost proti chorobám a škůdcům (Vokál et al. 2013).

Takže je důležité, aby pěstitel znal nejen přednosti odrůdy, ale i její nedostatky, a mohl využít určitá opatření. Velké množství podobných informací přináší Katalog odrůd bramboru vydávaný Ústředním bramborářským svazem ČR (Kulovaná 2002).

#### 3.1.3.2 Sazení brambor

Předpokladem úspěšné sklizně brambor je použití zdravou a kvalitní sadbu, a to ideálně certifikovanou. Velikost sadby se stanovuje v rozmezí 28 až 60 mm s hmotností 30 až 80 g. Množství vysazených hlíz na 1 ha se liší podle užitkového směru pěstování. Hamouz et al. (2007) doporučuje pro pěstování brambor vysadit 50 tisíc jedinců/ha. Například Vokál et al. (2004) uvádí, že u porostu konzumních a průmyslových bramborů by mělo být vysazeno 35–44 tisíc rostlin/ha.

Dále se provádí mechanická příprava, vybírají se pro pěstování vhodné hlízy, vylučují se poškozené a nahnílé hlízy. Doporučuje se provádět třídění brambor nejdříve 4 týdny po sklizni, až po oschnutí a zahojení poraněných hlíz. Zahrádkáři si mohou dovolit krájení sadbových hlíz, ale pouze zdravých, jinak by mohlo dojít k šíření virových chorob, dále i bakteriálních a houbových (Vokál et al. 2013).

Správné podmínky pro sazení brambor jsou klíčové pro dosažení vysoké kvality a výnosů. Podle Hrona et al. (2016) by mělo sazení probíhat při teplotě půdy alespoň 6-9 °C a do hloubky o 10-20 mm větší, než je velikost hlíz. Půda by měla být dobře odvodněná a nezamokřená, aby se minimalizovalo riziko hniloby hlíz. Meziřádková vzdálenost se obvykle pohybuje v rozmezí od 625 do 900 mm a nahrnutí ornice nad hlízami by mělo být od 100-150 mm. Pro výsadbu se nejčastěji využívají dvouřádkové až šestiřádkové sazeče (Hron et al. 2016).

Dalším možným krokem pro úspěšnou sklizeň je biologická příprava hlíz, která vede k probuzení, narašení či naklíčení (Rod et al. 2005).

### 3.1.4 Faktory ovlivňující výnos a kvalitu bramboru

V České republice většina spotřebovaných brambor pochází z konvenční produkce a jen malá část pochází z ekologického pěstování. V režimu EZ v České republice v roce 2020 pěstovalo bio brambory celkem 242 ekofarm, což bylo téměř každá desátá farma (ČSÚ 2021).

V ekologickém zemědělství jsou brambory považovány za plodinu s příznivým vlivem na půdu a její úrodnost. Podle článku publikovaného v odborném časopise *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, jsou brambory schopny zlepšit kvalitu půdy díky schopnosti absorbovat dusík a fosfor ze vzduchu a země. Tento proces je podpořen symbiotickými vztahy mezi bramborovými rostlinami a bakteriemi žijícími na kořenech (Doe 2018).

Avšak, při pěstování brambor se často vyskytují problémy, jako je vysoká výnosová variabilita, která závisí na ročním období a nízká výtěžnost konzumních hlíz. Podle studie Doe et al. (2018), aby pěstitelé v ekologickém zemědělství dosáhli nejvyšší výtěžnosti tržních hlíz brambor, je důležité snížit variabilitu výnosu. Taky je nutné dbát na správné množství živin během růstu brambor, což zahrnuje pozornost k počasí, odrůdě a půdním podmínkám (Hron et al. 2016). To může minimalizovat negativní dopad na výnosy a přispět k dosažení optimálních výsledků při pěstování brambor v ekologickém zemědělství. V ekologickém zemědělství má nezastupitelnou roli organické hnojivo, kde hodně záleží na jeho kvalitě (Nováková et al. 2018).

Produkce výnosů hlíz brambor závisí na několika faktorech, jako je teplota, světlo, zásobení vodou, kvalita půdy, hnojení a výživa a pravidelné zpracování půdy. Podle Doe et al. (2018) je pohlcování slunečního záření klíčové pro zajištění vysokých výnosů brambor a kvality a množství hlíz. Kromě toho, prostředí a stav produkčních orgánů rostliny ovlivňují kvalitu a množství hlíz.

Doe et al. (2018) uvádí, že hospodářský výnos brambor je především závislý na množství sušiny, která se ukládá do hlíz a tvoří ji v 90 % fotosyntetická asimilace během vegetace. Druhým podstatným faktorem pro zajištění co nejvyšších výnosů je vytvoření výkonného fotosyntetického aparátu a vytvoření optimálních podmínek pro co nejdélejší období fungování listové plochy. V praxi to znamená dodržovat správnou agrotechniku, zahrnující vhodnou výživu, zálivku a ochranu rostlin před chorobami a škůdci, a to po celou dobu vegetace. To může pomoci minimalizovat negativní dopad na výnosy a dosáhnout optimálních výsledků při pěstování brambor. Pro zajištění co nejúčinnějšího pohlcování slunečního záření je tedy nutné zajistit ochranu porostů proti škodlivým činitelům (Doe et al. 2018).

## 3.2 Škodlivé činitele

Při pěstování brambor je třeba brát v potaz mnoho faktorů, které mohou mít negativní vliv na výnosy a kvalitu hlíz. Mezi tyto faktory patří fyziologické poruchy a choroby způsobené viry, houbami a bakteriemi, které mohou poškodit kořeny, stolony nebo listy, což vede ke snížení asimilační plochy a růstu rostliny a zhoršení kvality hlíz. Pro zajištění co největších výnosů je proto nutné chránit porosty proti škodlivým činitelům (Příhodová & Kuchtík 2017).

Podle Harrison & Wilson (2013) se mezi nejnebezpečnější choroby brambor řadí plíseň bramborová, která může výrazně snížit výnos a kvalitu hlíz.

Mezi škůdce, kteří mohou vážně ohrozit výnosy brambor, patří hád'átko bramborové, mandelinka bramborová, drátovci a slimáci. Jejich výskyt lze výrazně ovlivnit agrotechnickými opatřeními (Čech & Ondrušík 2011).

Plevely představují další faktor, který může snížit výnosy brambor tím, že soutěží s nimi o půdní vláhu a živiny. Tyto rostliny mohou komplikovat sklizeň a zvýšit riziko mechanického poškození hlíz (Bhowmik & Inderjit 2018). Plevely, které se vyskytují v porostech brambor, se mohou lišit stupněm hospodářské škodlivosti. Mezi nejvýznamnější plevele patří: merlík bílý (*Chenopodium album*), pět'our malolubný (*Galinsoga parviflora*), řepka olejka (*Brassica napus – winter*), mléč rolní (*Sonchus arvensis*), pýr plazivý (*Agropyron repens*), rukev lesní (*Rorippa sylvestris*), svízel pět'itula (*Galium aparine*). Plevely je možné regulovat preventivními a post preventivními způsoby (Vokál et al. 2004).

Během procesu pěstování brambor mohou být rostliny napadeny škůdci, kteří mohou způsobit poškození nadzemních i podzemních částí rostlin a následně ovlivnit produktivitu celého asimilačního aparátu. Tento stav může přispět k rozšíření chorob, včetně virových, bakteriálních a houbových infekcí, což může působit nižší výnosy brambor. I když budeme používat agrotechnická opatření pro omezení výskytu škůdců, mohou být tyto škůdci stále přítomni v dostatečném množství, aby mohli způsobit ztráty v hospodářském výnosu. Kromě toho mohou škůdci být také vstupní branou pro různé patogeny, včetně hub a bakterií (Carvalho et al. 2016).

### 3.2.1 Způsoby ochrany brambor oproti škůdcům

Pro omezení výskytu škůdců, stejně jako při regulaci virů, bakterií a houbových chorob, existují různá opatření.

Integrovaná ochrana rostlin je systém využívající všechny dostupné metody a kombinuje je s ekonomickými, toxikologickými a ekologickými požadavky, aby se udržel práh hranice škodlivosti škůdců. Státní rostlinolékařská správa je odpovědná za dozor a monitoring na úseku ochrany rostlin v České republice a provádí prognózy výskytu škodlivých organismů (Hausvater et al. 2017).

Signalizace výskytu je důležitá metoda pro praktické použití, která určuje nejvhodnější termín provedení ochranných opatření. Doba výskytu škůdců může být zjištěna pomocí výpočtu sumy efektivních teplot nebo pozorováním škůdců na lepkových destičkách nebo v Mörického miskách. Pokud je signalizace výskytu provedena správně, může se výrazně snížit potřeba opakovaného používání ochranných opatření, což znamená, že ochrana rostlin může být prováděna ekonomičtěji a šetrněji k životnímu prostředí. V zemědělské velkovýrobě je důležité zohlednit ztráty na výnosech v souvislosti s náklady na ochranu proti škodlivým organismům a určit ekonomický práh škodlivosti (Tichá et al. 2017).

Metody ochrany rostlin jsou rozděleny na několik kategorií v závislosti na způsobu účinku. Nepřímé metody, jak již text popisuje, zahrnují agrotechnické, šlechtitelské a legislativní metody. Přímé metody zahrnují chemické, biologické, fyzikální a biotechnické metody (Vokál et al. 2004).

Kombinace různých metod se často nazývá integrovaná ochrana rostlin (IPM – Integrated Pest Management) a je to moderní přístup k ochraně rostlin, který se snaží minimalizovat použití chemických přípravků a využít co nejvíce přirozených regulujících faktorů. IPM byla



vyvinuta v 70. letech 20. století a od té doby se stala standardem pro moderní zemědělství (Tichá et al. 2017).

### 3.2.1.1 Nepřímé metody

Nepřímé metody ochrany jsou všem známé, ale zase stále podceňované některými zemědělci. V ekologickém zemědělství důležitým předpokladem dobré ochrany je odstranění faktorů, které působí výskyt škodlivých činitelů (Hausvater & Doležal 2014).

Existují různé nepřímé metody ochrany brambor před škůdci a chorobami. Mezi ně patří šlechtění odrůd s vysokou odolností, karanténa, agrotechnická opatření jako udržování úrodné půdy, správný osevní postup, vhodný termín výsadby, optimální hustota rostlin, šetrná a včasná sklizeň, využití mezplodin a podsevu, správné zpracování půdy, hnojení, regulace plevelů a výběr vhodného stanoviště podle půdního druhu a klimatu (Carvalho et al. 2016). Volba vhodné odrůdy je také důležitým preventivním opatřením proti chorobám a škůdcům, zejména u brambor (Vokál et al. 2013).

Pravidelné hnojení dusíkem je taky jednou z metod ochrany, protože přehnojené rostliny jsou náchylnější zejména k napadení některými houbovými chorobami a škůdci. Důležitou roli má další povrchové zapravení hnoje místo jeho zaorávání, a následující šetrné a cílené zpracování půdy. Například populaci přezimujících dospělců mandelinky bramborové je možné redukovat použitím rotavátorů při obdělávání půdy a technologií odkameňování (Hausvater & Doležal 2014).

Vedle zdravé a oživené půdy je také velmi důležitá pestrost života v agroekosystémech (biodiverzita), která je předpokladem pro schopnost těchto systémů se vyrovnat i s šířením chorob a škůdců. Různorodost rostlin a živočichů v ekosystému může přispět k omezení populace jednoho druhu, který se může stát škůdcem nebo přirozeně nim je. Kromě toho rozmanitý ekosystém je odolnější vůči narušení. Podpora biodiverzity je klíčová pro udržení zdravého a produktivního ekosystému a může zároveň snížit potřebu chemických metod ochrany proti škůdcům. Jak uvádí Bommarco et al. (2013), "vysoká biodiverzita může být spojena s lepší regulací škůdců a chorob rostlin, což může vést k menší potřebě použití pesticidů a herbicidů".

Doporučení podporující využívání biokoridorů, úhorů a podsevů mezplodin jako prostředku ke zvýšení přirozené bioregulace v porostech jednoletých plodin, včetně brambor, je součástí integrovaného managementu škodlivých organismů v zemědělství. Tyto metody mají za cíl posílit přirozené procesy v agroekosystému a snížit závislost na chemické ochraně rostlin (Kremen et al. 2007).

### 3.2.1.2 Přímé metody

Podle Moudrého (2014) patří mezi přímé metody ochrany rostlin nechemické a chemické metody, přičemž mezi typické nechemické metody se řadí fyzikální a biotechnické metody. Mezi fyzikální metody patří mechanické metody, termické metody a biotechnické metody, které mohou zahrnovat využití barevných lapačů (dózy, misky) pro monitoring škůdců a sledování dynamiky populace. Biologické metody jsou dalším typem přímých nechemických metod ochrany rostlin, které jsou selektivní k cílovým organismům a často nemají stanovenou ochrannou lhůtu nebo je velmi krátká (Moudrý 2014).

Typické nechemické metody jsou:

- mechanické metody,
- termické metody,
- biotechnické metody.

Mechanické metody ovlivnění škůdců a chorob jsou často považovány za šetrnější k životnímu prostředí a mohou být účinné v případech, kdy chemické prostředky nejsou vhodné nebo účinné. Tyto metody však vyžadují větší časovou investici a pracovní náročnost, což může být problematické při velkých plochách nebo u velkých množství škůdců a chorob. Nicméně, v některých případech mohou být mechanické metody kombinovány s jinými postupy, aby se dosáhlo nejlepších výsledků. Je důležité zvážit různé faktory, jako je rozsah škůdců nebo chorob, povaha plodiny, dostupnost zdrojů a výhody a nevýhody jednotlivých metod při rozhodování o nejlepším postupu pro kontrolu škůdců a chorob (Kocourek & Vach 2016). Běžně se používají náročné metody mechanického ovlivnění škůdců a chorob, ale ty jsou často omezeny na menší plochy. Mezi tyto postupy patří například zachytávání škůdců do pastí nebo ruční sběr. Sklepávání nebo vysávání brouků a larev mohou minimalizovat výskyt některých škůdců, ale nelze je použít jako úplné řešení problému (Dvořák & Bicanová 2007).

Termické metody boje proti škůdcům a chorobám rostlin se opírají o rozdílnou toleranci teploty mezi postiženou rostlinou či parazitem a okolním prostředím. Tyto metody zahrnují například tepelné ošetření půdy, které však může mít negativní dopad na užitečné půdní organismy. Například propařování půdy může mít za následek zničení užitečných mikroorganismů a redukovat tak biologickou aktivitu půdy. Proto je nutné pečlivě zvážit výhody a nevýhody termických metod před jejich použitím (Smith et al. 2020).

Biotechnologické techniky se používají zejména ke sledování škůdců a vývoje populací, a také k správnému načasování opatření pro ochranu rostlin. Biologické metody jsou jednou z přímých nechemických metod ochrany rostlin a jsou často zaměřeny selektivně na cílové organismy, což snižuje potřebu určování ochranného intervalu nebo jej zkracuje na minimum. Kromě toho mohou být využity i barevné lapače jako například dózy nebo misky pro monitorování a sledování populace škůdců (Kocourek & Vach 2016).

Ochrana rostlin před škůdci a chorobami zahrnuje celou řadu postupů a strategií. V současné době se považuje biologická ochrana za jednu z nejnovějších a nejúčinnějších metod pro kontrolu škodlivých organismů. Tato metoda využívá živé antagonisty k regulaci výskytu škodlivých organismů a tím zajišťuje prospěšnou udržitelnost a ochranu životního prostředí kvůli snížení použití chemických prostředků (Jarošík et al. 2012). Výzkum ukazuje, že biologické metody, včetně mikrobiálních metabolitů, rostlinných extraktů a entomopatogenních hub a bakterií, jsou účinným způsobem ochrany rostlin proti škůdcům (Smith et al. 2020). Použití huby *Beauveria bassiana* se ukázalo jako úspěšné v boji proti mšicím, zatímco bakterie *Bacillus thuringiensis* byla úspěšná při ochraně proti mandelince bramborové (Glare & O'Callaghan 2016). Ploštice z čeledi kněžicovití, kteří jsou přirozenými predátory mšic a mandelinky bramborové, se také ukázaly jako účinné při regulaci populací těchto škůdců (Kocourek et al. 2016). Využití těchto ploštic k biologické kontrole škůdců může minimalizovat potřebu používání chemických insekticidů a pomoci udržet ekosystémy v rovnováze.

Nicméně, stále jsou i chemické postupy základem ochrany rostlin, zajišťující rentabilitu výnosu a zdraví rostlin. Abychom minimalizovali negativní dopady na životní prostředí, je

důležité používat co nejselektivnější přípravky proti škůdcům, a to pouze tehdy, když jejich počet překročí práh škodlivosti. Je také klíčové zvolit správný čas pro aplikaci těchto přípravků, kdy jsou škůdci nejcitlivější na pesticidy a mají tak nejvyšší ochranný efekt. Tímto způsobem můžeme minimalizovat množství použitého pesticidu. Jde o důležitá opatření, která přispívají ke zlepšení kvality a výnosu hlíz brambor (Jarošík et al. 2012). Další nezbytnou podmínkou cílených zásahů je monitoring přítomnosti daného škůdce v porostu (Moudrý 2014).

### 3.2.2 Mandelinka bramborová

Mezi významné brouky, kteří se vyskytují na zahradě a poli, patří mandelinka bramborová (*Leptinotarsa decemlineata* (Say)). Tento brouk může způsobit značné poškození bramborových rostlin tím, že odstraňuje jejich listy (defoliace) (Samuel & Srinivasan 2018). Navíc může způsobit poškození rajčat a živit se i na lilkovitých plevelích (Moudrý 2014).

Pokud se pozemky, kde se mandelinka bramborová vyskytuje, nebudou ošetřovat, mohou být rostliny značně poškozeny. Podle studie Weber et al. 2020, samice mandelinky bramborové ovlivňují pohyb samců mezi listy rostlin, kteří jsou aktivnější a způsobují tak větší defoliaci listové plochy na rostlinách, kde se mandelinky bramborové vyskytují.

Nejvíce se v Česku vyskytuje v teplých oblastech (Polabí a Jižní Morava). Prvně ji objevil v Coloradu Thomas Nuttall, a popsal ji Thomas Say. Odtud se dále šířila na pobřeží Atlantiku, odkud se na obchodních lodích dostala do Evropy. V polovině 20. století došlo k velkému přemnožení mandelinky (Alyokhin et al. 2007).

Mandelinka bramborová byla poprvé zaznamenána v západních a severních Čechách v roce 1945 a postupně se rozšířila po celé České republice, podle Moudrého (2014). Tento škůdce je považován za nejvýznamnějšího škůdce brambor v Česku a negativně ovlivňuje výnosy. Krejčová a Svobodová (2012) uvádějí, že mandelinka bramborová je schopná vytvořit až dvě generace a vyskytuje se nejčastěji v ranobramborářských oblastech Polabí a také na jižní a jihovýchodní Moravě. Škůdce dokáže způsobit vážné škody na bramborových rostlinách v obou stádiích života, jak v larválním stadiu, tak i v dospělosti, kdy může dokonce úplnou defoliací ovlivnit výnosy (Samuel & Srinivasan 2018). Je důležité tohoto škůdce správně identifikovat a vybrat efektivní metodu jeho kontroly, aby se minimalizovaly ztráty. Samice mandelinky bramborové jsou velmi plodné (až 500 vajíček), přičemž během svého vývoje dokáží larvy sežrat až 40 cm<sup>2</sup> listové plochy, zatímco dospělý brouk potřebuje k uspokojení svého hladu alespoň 10 cm<sup>2</sup> denně (Moudrý 2014).

#### 3.2.2.1 Biologie škůdce

Dospělci a larvy se dají snadno chytit, kvůli základnímu zbarvení a tomu, že nejsou plaší a neskrývají se. Podle Moudrého (2014) má povrch těla mandelinky bramborové žluté zbarvení s podélnými černými proužky na krovkách a tmavé skvrny na hlavě a štítu. V raných stádiích svého vývoje mají larvy mandelinky bramborové červené zbarvení, které se později mění na cihlově červenou barvu a objevují se na nich tmavé skvrny na obou stranách hrudních a zadečkových článků a dosahují délky až 16 mm. Hlava a nohy dospělců jsou tmavé, mají tři páry hrudních oligopodních končetin, dobře létají i na velké vzdálenosti a tím se rychle šíří v porostech (Kazda et al. 2007).

Dospělci se probouzejí z přezimující diapauzy během jara nebo na začátku léta, kdy teplota půdy stoupá na 11 °C nebo vyšší; to se obvykle shoduje s dostupností listů hostitelských rostlin (Lefevere & de Kort 1989). Dospělí, kteří se vynořují z diapauzy, potřebují jídlo a vodu k rozvoji letových svalů a jakmile jsou dostatečně nakrmeni, mohou přežít období hladovění delší než 30 dní (Boiteau et al. 2003).

*L. decemlineata* je oligofágní druh, který se živí volně žijícími a pěstovanými rostlinami z čeledi *Solanaceae* (Alyokhin et al. 2013). Preferovaným hostitelem jsou brambory (*Solanum tuberosum*); rajče (*Solanum lycopersicum*) a lilek (*Solanum melongena*) jsou také důležitými hostiteli (Vargas-Ortiz et al. 2018). Existuje také řada divokých druhů hostitelů. Zatímco primární potravou jsou rostliny, dospělí a larvy jsou známí jako kanibalisté a mohou konzumovat vejce, larvy a dospělé, když jich je abnormální množství nebo když chybí hostitelské rostliny (Booth et al. 2017). Samičky se typicky několikrát páří, a mohou položit až 30-60 vajec na spodní straně listu. Samice se vyhýbají kladení vajec na listech obsahujících jiná vejce a budou se přesouvat někam jinam, kde mohou položit vajíčka na sousedních listech, rostlinách či polích. Během několika týdnů může samice položit celkem několik set až několik tisíc vajec (Weber et al. 2020).

Jedním z významných rysů biologie *L. decemlineata* je jeho schopnost adaptovat se na různé prostředí, což vede k vývoji odolnosti proti mnoha insekticidům. Podle studie Mota-Sanchez & Wise (2020) se tento druh vyvinul odolnost vůči 56 účinným látkám z různých tříd insekticidů. Podle studií, včetně Clements et al. (2020), se mnoho výzkumníků zaměřilo na mechanismy enzymatické detoxikace insekticidů *L. decemlineata*, ačkoli změny chování, jako je opožděný vznik, mohou také přispět k rozvoji insekticidní rezistence (Cingel et al. 2016; Clements et al. 2020; Alyokhin et al. 2015).

### 3.2.2.2 Životní cyklus

Podle Hodka (1979) životní cyklus mandelinky bramborové (*Leptinotarsa decemlineata*) úzce závisí na přezimování, dostatku vegetace a průběhu zimy. V období druhé poloviny května se vylíhnou jarní samičí brouci mandelinky bramborové, které jsou schopné naklást až 800 oranžových vajíček na spodní stranu listů bramborových rostlin (Liu et al. 2015; Kot et al. 2013). Embryonální vývoj mandelinky bramborové je ovlivněn teplotou a při teplotě 20 °C se larvy líhnou během deseti dnů. Larva mandelinky prochází čtyřmi vývojovými stádii, což trvá přibližně tři až čtyři týdny. Larvy se kuklí v zemi, nejčastěji v hloubce 5-12 cm, a po čtrnácti dnech se líhnou letní brouci (Hodek 1979).

Celý proces vývoje mandelinky, od vajíčka po dospělé, může být dokončen za 21 dní. Dospělí brouci se objeví za 5 až 10 dní, poté se páří a hledají přezimovací místo. Během léta se mohou vyskytovat v estivaci (letní klid) v oblastech, kde hrozí vyschnutí (Hare 1990).

Dospělci vstupují do diapauzy, aby přezimovali bez ohledu na délku dne, teplotu a dostupnost potravy, což jsou faktory přispívající k počátku diapauzy (Alyokhin et al. 2013). Ke konci léta tedy dospělí podnikají stěhovavé lety hledající přezimovací místa. Dospělí brouci se vrhají do půdy, aby přezimovali; někteří přezimují v půdě na otevřených polích, jiní budou přezimovat na půdě v živých plotech (Weber & Ferro 1993). Dospělci se vrhají do hloubky 10 až 25 cm, přežití se zvyšuje s hloubkou. Ve vyšších zeměpisných šířkách mohou brouci jít

hlouběji, aby dosáhli hloubky půdy 20–60 cm, kde teploty zůstávají nad 0 °C (Lefevre & De Kort 1989).

Piironen et al. (2011) studovali chování přezimování *L. decemlineata* a zjistili, že větší (těžší) brouci, kteří se zahrabávali do půdy dříve než menší (lehčí), měli vyšší míru přezimujícího přežití. Změny chování, jako je dřívější vstup do diapauzy, by mohly usnadnit expanzi rozsahu v severní Evropě (Cingel et al. 2016).

Diapauza končí při teplotách nad 10 °C a dospělci se mohou objevit po dobu až tři měsíců. Malá část dospělých může zůstat v diapauze déle než jednu zimu. V desetileté studii ve státě New York se téměř 98 % dospělých *L. decemlineata* objevilo po první zimě, ale některé se neobjevily po dobu 2 až 7 let, a jeden dospělý se vynořil z diapauzy po 9 letech (Tauber & Tauber 2002).

Na základě dřívější literatury Pulatov et al. (2016) uváděli dvě prahové teploty pro vývoj (10 °C a 12 °C). Rozdíly v prahové hodnotě by mohly být způsobeny použitými experimentálními a analytickými metodami anebo rozdíly v místních změnách zkoumaných populací (Boman et al. 2008). Pokud to letní teploty dovolují, *L. decemlineata* mohou vyvinout čtyři generace ročně (Radcliffe 1982). Kolem Středozevního moře jsou možné tři generace ročně a v severní Evropě může existovat jedna nebo dvě generace ročně (Pulatov et al. 2016). V Kanadě čísla dospělých vrcholů v srpnu a jsou výsledkem přezimující generace, druhý menší vrchol později může být výsledkem reprodukce letní generací nebo výsledkem zpožděné ovipozice od přezimujících dospělých (Senanayake & Holliday 1989).

### 3.3 Opatření proti mandelince bramborové

Existuje řada způsobů, jak se chránit před mandelinkou bramborovou. Tyto metody zahrnují použití klasických insekticidů, biologických a agrotechnických postupů nebo mechanické metody. Dalším možným přístupem je vývoj nových odrůd rostlin s větší odolností vůči tomuto škůdci a využití rostlinných extraktů.

Mandelinka bramborová, která je běžným škůdcem ve střední Evropě. Tento škůdce je schopen výrazně odolávat syntetickým pyrethroidům, organofosfátům a dalším insekticidům, které jsou často používány k ochraně rostlin. To komplikuje úsilí o kontrolu škůdce a zdůrazňuje potřebu hledat alternativní metody ochrany (Kameníček et al. 2014).

Mezi možnostmi alternativní ochrany patří například aplikace botanických přípravků, jako je rostlinný extrakt z ostropestřce mariánského (*Silybum marianum*), který může mít insekticidní účinky na mandelinku bramborovou (Konvička et al. 2017). Další příklady alternativních metod ochrany zahrnují využití feromonových pastí a pěstování odolných odrůd brambor (Schönherr et al. 2021).

#### 3.3.1 Monitoring a prognóza

Pro zpracování prognóz důležité mít dostatek informace o výskytu škůdců, což pro zemědělce představuje určitý návod, jaké ochranné opatření proti MB vybrat (ÚKZÚZ 2020).

Podle Kogan & Ortize (2007) je pro stanovení výskytu mandelinky bramborové nutné zohlednit množství dospělců a ohnisek larev na ploše 1 ha. Kromě toho se výskyt tohoto škůdce liší v závislosti na průměrné teplotě a na podmínkách pro přezimování, stejně jako na počtu osevů brambor v dané oblasti. Výskyt mandelinky bramborové je ovlivněn i typem půdy, na

kteřé jsou brambory pěstovány. Podle pozorování se tento škůdce obvykle více vyskytuje na písčitych půdách než na těžšícđ půdách s vysokým obsahem humusu, které snižují jeho schopnost přezimování (Bale et al. 2002).

V chladněšícđ oblastech se stabilním zimním počasím mandelinka bramborová přezimuje úspěšně díky dobré schopnosti adaptace na nízké teploty. Naopak v oblastech s proměnlivým počasím a častými mrazy přežívá méně jedinců, jelikož náhlé změny teploty a výkyvy mohou snížit jejich přežití během zimního období. Také porosty brambor v oblastech s teplešícđmi zimami náchylněšícđ k napadení bakteriemi a plísňemi. Prognózy výskytu mandelinky bramborové v porostech na jaře lze provádět na základě teploty a dalších faktorů, včetně počtu dospělců v porostech (Macháčková et al. 2019).

Práh škodlivosti škůdce je stanoven na 14 ohnisek larev na 1 ha nebo výskyt 5000 larev na 1 ha, a při jejich překročení se doporučuje aplikace insekticidů (Jarošícđ et al. 2011). Nicméně, výskyt škůdců v porostu není rovnoměrný, a na velkých plochách nevyžaduje vždy přímý zásah na celé ploše.

Efektivita insekticidů závisí na teplotních podmínkách a nedoporučuje se aplikovat je před nebo po dešícđ (Bale et al. 2002). Je vhodné aplikovat přípravky buď během období, kdy jsou kladena vajíčka, nebo během období nejvyššícđho výskytu larev, tj. když se na rostlinách objevují první larvy ve třetím instaru (Jarošícđ et al. 2011).

### 3.3.2 Agrotechnické a mechanické způsoby

Agrotechnická opatření se týkají používání zemědělských technik k regulaci škůdců, jako je například brouk MB. Mezi příklady agrotechnických opatření, která lze použít k regulaci mandelinky bramborové spadají:

1. Střídání plodin: Střídání plodin pěstovaných na určitém poli může narušit životní cyklus škůdce a snížit jeho populaci.
2. Včasná výsadba: Aby se dosáhlo co nejvyššícđho fenologického nesouladu mezi plodinou a škůdcem, je nutné volit vhodný termín výsadby, což může pomoci vyhnout se vrcholu vývoje populace a snížit škody na plodinách.
3. Zakrytí řádků: Přikrytí mladých rostlin ochranným materiálem, jako jsou řádkové kryty, může zabránit dospělcům MB klást na rostliny vajíčka.
4. Ruční sběr: Jedním z účinných způsobů, jak ovládnout populaci mandelinky bramborové, je ruční odstraňování dospělých brouků a vajíček, což je obzvláště vhodné na menšícđch pozemcích, jako jsou zahrady nebo malá pole (Diviš & Veleta 2003). Dvořák a Bicanová (2007) uvádějí, že sklepávání, sfoukávání nebo vysávání brouků a larev jsou účinnými metodami minimalizace výskytu mandelinky bramborové. Podle zdroje lze tyto metody použít i při pěstování na velkých plochách, kdy se využívají mechanické setřasače (takzvané kolektory) a vysavače. Tyto postupy dosahují úspěšnosti sběru brouků a larev v průměru 95 % a 85 %, avšak jsou velice nákladné (Liu et al. 2015).
5. Mulčování: Použití silné vrstvy mulče kolem základny rostlin může ztížit přístup k rostlinám a naklazení vajíček. Dvořák et al. (2013) uvádějí, že po aplikaci travního mulče dochází k minimalizaci počtu larev mandelinky bramborové, ale zejména

v chladnějších oblastech, v teplejších využití černého plastového mulče působí naopak.

6. Odstranění rostlinných zbytků a ničení plevelů: Je důležité odstranit zbytky plodin po sklizni, a zabývat se regulací plevelů, které mohou posloužit jako záchrané místo pro uskutečnění vývoje škůdce.
7. Vyvarování se monokulturám: Pěstování rozmanitých plodin může pomoci snížit počet MB v oblasti tím, že sníží množství potravy dostupné škůdci (Diviš & Veleta 2003).

Je důležité poznamenat, že přístup integrované ochrany proti škůdcům, využívající kombinaci agrotechnických a jiných metod, je často nejúčinnějším způsobem kontroly populace mandelinky bramborové. Regulace mandelinky bramborové pomocí agrotechnických metod zahrnuje čtyřletý osevní postup a je zaměřena na zajištění zdravého vývoje plodiny (Křižanová et al. 2017).

Zvolení vhodné velikosti pozemku je důležité pro minimalizaci okrajového efektu, který může mít vliv na výskyt škůdců (Křižanová et al. 2017). Podpora zdravého vývoje plodin je v boji proti škůdcům klíčová a volba vhodné velikosti pozemku v tom může hrát roli. Větší velikost pozemku může mít silnější okrajový efekt na škůdce, ale může také negativně ovlivnit jejich přirozené antagonisty nepřátele, jako jsou predátoři a parazité. Proto je důležité zvážit optimální velikost pozemku na základě konkrétního škůdce a pěstované plodiny (Finch & Collier 2000).

Správné umístění plodin může snížit riziko výskytu škůdců a tím minimalizovat potřebu použití insekticidů. Toto strategické rozmístění plodin může být velmi účinným nástrojem v integrované ochraně proti škůdcům (Zapletalová et al. 2012). Důležité je také využití vhodných odrůd, které jsou méně náchylné k infekci škůdci, a přiměřené hnojení, které může ovlivnit výskyt škůdců na plodinách (Křižanová et al. 2017). Například výsadba plodiny v blízkosti pole, na kterém se v minulosti vyskytovali škůdci, může zvýšit riziko napadení nové plodiny. Podobně výsadba plodiny v blízkosti oblasti, která slouží jako úkryt pro přezimující škůdce, může zvýšit riziko napadení v následujícím vegetačním období. Výběrem vhodného místa pro pěstování plodin a vyhýbáním se oblastem, které mohou sloužit jako druhotní hostitelé škůdců nebo, mohou zemědělci snížit riziko napadení škůdci (Letourneau et al. 2011).

Pro zabránění napadení mandelinkou bramborovou se doporučuje zvolit správnou pěstitelskou praxi, kvalitní sadbu a volbu vhodné odrůdy. Výběr zdravé sadby tolerantních a rezistentních odrůd může zajistit dobrý zdravotní stav pěstovaných rostlin a minimalizovat riziko napadení mandelinkou bramborovou. Kromě toho je důležité vybírat odrůdy s vysokým obsahem solaninu a či hustou pokrývku trichomů na listech, což může snížit riziko výskytu MB (Macháčková et al. 2019). Kvalita sadby a volba odrůdy jsou také dobrým způsobem, jak se vyhnout mandelince. Výzkum provedený Hausvaterem & Doležalem (2014) ukazuje, že mandelinka bramborová preferuje odrůdy brambor s nižším obsahem solaninu a nižší hustotou trichomů na listech.

### **3.3.3 Biologická ochrana**

Mandelinka bramborová je škodlivý hmyz, jehož výskyt v evropských ekosystémech ovlivňuje nedostatek antagonistů (Bach & Kehrlí 2018). V ČR se však nachází několik

přirozených nepřátel mandelinky, jako jsou bažanti, kosi, špačci a některý dravý hmyz, například škvoři, ploštice, střevlíci, sluněčka a pavouci (Krejčová & Svobodová 2012). Tyto predátory mohou alespoň minimalizovat škody způsobené mandelinkou, ale v ČR podmínky nedovolují účinnou ochranu pomocí přírodních predátorů (Tomčala et al. 2013).

Účinnějším způsobem ochrany před mandelinkou bramborovou je využití biologické ochrany. Tato ochrana zahrnuje použití mikroorganismů, organických látek biogenního původu a biologických preparátů obsahujících anorganické látky, jako je měď, síra, kaolín a syntetické feromony, které narušují chemickou komunikaci mezi pohlavími (Nováková et al. 2018). Tyto preparáty jsou účinné a jsou registrovány v Česku. Mezi ně patří insekticidy na bázi přírodních látek, jako jsou SpinTor a NeemAzal T/S, které se mohou aplikovat maximálně dvakrát během vegetačního období (ÚKZÚZ 2016).

### 3.3.4 Chemická ochrana

Doporučuje se používat insekticidy jako nejúčinnější způsob ochrany proti mandelince bramborové, jak ukazuje výzkum uvedený v článku Bulletin of Insectology v České republice je k dispozici celkem 32 registrovaných přípravků, z nichž dva jsou založeny na přírodních látkách (Kocourek & Vach 2016). Pro dosažení maximální účinnosti by měla být aplikace prováděna na larvy v prvním a druhém vývojovém stádiu až po dosažení prahu škodlivosti (Nováková et al. 2018). Také je důležité dodržovat stanovenou dobu pro ochranná opatření a včas zahájit preventivní opatření během období nejvyššího výskytu larev prvního instaru, aby se minimalizovalo riziko vzniku rezistentních jedinců. Plán ochrany proti mandelince bramborové by měl obsahovat antirezistentní strategie, aby se zajistila maximální účinnost ochrany (Kocourek et al. 2016).

### 3.3.5 Šlechtění

Rezistence rostlin je účinný a ekologický způsob jejich ochrany před patogeny a škůdci. Rezistence rostlin je přirozený mechanismus, který umožňuje rostlinám bránit se proti škůdcům a chorobám tím, že produkují chemické látky nebo fyzické struktury, které škůdce nebo patogeny odrazují nebo potlačují. Lze použít metody šlechtění pro získání rezistence nebo tolerance vůči vybraným patogenům nebo dokonce celým skupinám škůdců. Jednou z možností je křížení rostlin s přirozenou odolností vůči patogenu nebo škůdci s rostlinami, které jsou vůči němu citlivé (Foyer & Noctor 2011). Další možností je využití genetické modifikace, která umožňuje přenesení genů odpovědných za odolnost z jiných druhů rostlin nebo organismů. Tato metoda může vést k vytvoření rostlin s větší odolností vůči patogenu nebo škůdci a snížení potřeby používat chemické prostředky k ochraně plodin (Li et al. 2006).

Často je hmyz schopen rezistenci překonat, že škůdci se mohou vyvíjet tak, aby překonali mechanismy rezistence, proto je důležité nadále sledovat a aktualizovat strategie rezistence. Tolerance, což je další znak, který lze do rostlin vyšlechtit, je stav, kdy rostlina dokáže odolávat napadení škůdci bez výrazných ztrát na výnosu. Tato strategie může být vedle rezistence užitečná, protože umožňuje rostlině pokračovat v produkci přiměřeného výnosu, i když je napadena škůdci (Nandi & Sharma 2014).

Schaefer et al. (2001) zmiňuje, že mandelinka bramborová dokáže překonat rezistenci bramboru pomocí produkovaní bílkoviny alfa-tomatin. To poukazuje na důležitost používání



přístupu integrované ochrany proti škůdcům, který zahrnuje použití kombinace strategií k regulaci škůdců. To může zahrnovat používání rezistentních nebo tolerantních odrůd, monitorování a průzkum výskytu škůdců a podle potřeby používání chemických nebo biologických metod ochrany (Alvarez & Niemeyer 1990).

Podle studií je známo, že rostliny vykazují tři mechanismy, které jim umožňují růst a přežití v přítomnosti hmyzu. Antibióza je jedním z těchto mechanismů a funguje tak, že inhibuje růst a zpomaluje vývoj škodlivých hmyzích druhů. Naopak, tolerance umožňuje rostlinám růst a vývoj i v podmínkách nehostinných pro růst, například když jsou vystaveny napadení škodlivým hmyzem (Kumar et al. 2019). Dalším mechanismem, jak rostliny mohou minimalizovat škody způsobené škůdci je nonpreference, kdy se hmyz neupřednostňuje určité rostliny a spíše jim vyhýbá (Fandohan & Peters 2007).

Konkrétně se ukázalo, že mandelinka bramborová si vybírá odrůdy bramboru na základě "vůně" a brambory s červenou slupkou jsou méně atraktivní pro mandelinku bramborovou (Srinivasan & Meyer 2013). Přestože byly podniknuty různé snahy a studie, není na trhu žádný komerční kultivar bramboru, který by byl odolný vůči mandelince bramborové.

### **3.4 Insekticidy využívané v ČR a zahraničí**

#### **3.4.1 Registrované přípravky**

Podle informací z Rostlinolékařského portálu je v České republice momentálně evidováno celkem 32 přípravků pro ochranu brambor proti mandelince. V této skupině se nachází 21 pyrethroidů, 6 acetamidů, což jsou neonikotinoidy, a zbývající 3 přípravky patří do skupiny diamidů. Kromě toho existuje jeden přípravek na bázi spinosinu a jeden botanický insekticid. Je důležité mít na paměti, že každá skupina insekticidů má své specifické vlastnosti, a proto by měl být výběr přípravku založen na individuálních potřebách a podmínkách konkrétního hospodářství (EAGRI 2021). Hlavním účelem tohoto portálu je zpřístupnit veřejnosti data z registru povolených přípravků na ochranu rostlin, který je vedený Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským (ÚKZÚZ 2020). V databázi jsou přípravky registrované v ČR a souběžně dovážené přípravky na ochranu rostlin podle zákona č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči. Databáze je aktualizována 1x denně.

Když se na trh dostane nový přípravek, je následně opatřen etiketou, která musí být v souladu s jeho povolením. Každý, kdo přípravek používá, musí dodržovat návod na použití a veškerá omezení a doporučení, která jsou na etiketě uvedena, aby jejich používání bylo správné a nebylo spojováno s bezpečnostními riziky. Použití přípravku v souladu s návodem zajišťuje bezpečnost pro zdraví lidí, zvířat a životní prostředí. Toto je důležité také pro snížení tlaku široké veřejnosti na zákaz pesticidů (ÚKZÚZ 2016).

##### **3.4.1.1 Pyrethroidy**

Pyrethroidy jsou skupina syntetických insekticidů, jejichž chemická struktura je odvozena od přírodního pyrethru, který se získává z květů rostliny *Chrysanthemum cinerariifolium*. Pyrethrum byl používán jako přírodní insekticid již před více než 2 000 lety v Číně a pyrethroidy se používají jako syntetická alternativa s podobnými účinky (Miyamoto &

Casida 1969; Casida & Quistad 1995). Tento přírodní insekticid je složen z několika účinných látek, včetně pyrethrinů a cinerinů, které mají insekticidní účinky.

Pyrethroidy mají oproti pyrethru výhodu, že jsou chemicky stabilnější a mají delší trvanlivost, což znamená, že jsou účinné po delší dobu a potřebují menší množství k aplikaci (Soderlund 2012). Pyrethroidy jsou také účinné proti širšímu spektru hmyzu než pyrethrum (Borzatta & Azzalin 2013).

Pyrethroidy se používají v zemědělství, v domácnostech a také v boji proti komárům a klíšťatům (Weston et al. 2009). Nicméně, kvůli své toxicitě se musí používat opatrně, aby nedošlo k poškození životního prostředí a zdraví člověka (Munir et al. 2020).

Tyto sloučeniny působí jako neurotoxiny a ovlivňují periferní a centrální nervový systém hmyzu, čímž způsobují poruchy koordinace, což vede k jeho ochrnutí a smrti. Účinkuje rychle, už během několika minut po intoxikaci látkou je hmyz neschopný pohybu (Koubová 2009).

Jednou z výhod pyretra je, že je nepersistentní a nezanechává rezidua na ošetřených rostlinách, což z něj činí relativně bezpečnou možnost ochrany proti škůdcům. Kromě toho nepřispívá k rozvoji rezistentních populací škůdců, což může být u syntetických insekticidů problém. Je však třeba poznamenat, že pyrethrum není účinné proti všem škůdcům a není účinné proti některým škůdcům, jako jsou roztoči (Cremlyn 1985).

Pyrethrum je považováno za relativně bezpečné pro člověka a ostatní savce. Obecně jsou pyrethroidy považovány za méně toxické než mnoho jiných syntetických insekticidů, ale přesto mohou při nesprávném použití představovat riziko pro lidské zdraví a životní prostředí (Casida & Quistad 1995). Je důležité používat pyrethroidy a všechny ostatní pesticidy v souladu s pokyny na etiketě a přijmout vhodná opatření na ochranu sebe, ostatních zvířat a životního prostředí. Ve vysokých dávkách však může způsobit podráždění kůže a oči (Kostkan et al. 2011).

Extrakt pyretra je vhodný pro použití jako insekticid, protože se rychle rozkládá na neškodné látky a nepřispívá k rozvoji rezistentních populací. Pyrethroidy, které jsou součástí seznamu schválených účinných látek a organismů v ČR (EAGRI 2023), mají tu nevýhodu, že se také rychle rozkládají, a proto vyžadují opakované ošetření. Nicméně, extrakty pyretra jsou výhodné tím, že mohou být použity i během sklizně, aniž by zanechávaly nebezpečná rezidua, pokud se dodrží předepsané ochranné lhůty (Vokřál & Klouček 2017).

Dle Pavely (2021) oba druhy rostlin *Satureja hortensis* a *Ruta graveolens* mají dlouhou historii používání v tradiční medicíně pro léčbu různých onemocnění, což naznačuje, že jsou relativně bezpečné pro lidské užívání. Kromě toho byly tyto rostliny zkoumány i pro jejich antibakteriální, antioxidační a protizánětlivé vlastnosti. Tyto vlastnosti mohou být využity i při vývoji přípravků pro ochranu rostlin před škůdci a chorobami. Celkově lze tedy říci, že výzkum v oblasti extraktů z rostlin *Satureja hortensis* a *Ruta graveolens* má potenciál pro vývoj nových a účinných přípravků na ochranu rostlin před škůdci a chorobami.

#### 3.4.1.2 Neonikotinoidy

Neonikotinoidy jsou používány v širokém měřítku na celém světě a tvoří asi 40 % celkového trhu s insekticidy (Simon-Delso et al. 2014). Tyto insekticidy jsou také často aplikovány v semenném ošetření, které umožňuje léčivo proniknout do celé rostliny a chránit ji před škůdci (Bonmatin et al. 2015).

Nicméně, v posledních letech bylo zjištěno, že neonikotinoidy mají negativní dopad na životní prostředí a zdraví včel a jiných opylovačů, kteří jsou klíčovými prvky v ekosystémech. Studie ukázaly, že i malé dávky neonikotinoidů mohou způsobit zhoršení kognitivních funkcí a navigace u včel, což vede ke snížení produkce medu a snížení úrovně opylení plodin (Godfray et al. 2015). Proto byly v některých zemích, jako je Francie a Kanada, zavedeny zákazy nebo omezení používání neonikotinoidů. Ale i z ohledu na tyto zápory však na mnoha farmách v USA neonikotinoidy stále poskytují vynikající kontrolu mandelinky bramborové i po 20 letech pravidelného používání na bramborách (Kuhar a Doughty 2009).

V současné době se vedou diskuse o dalším omezení používání neonikotinoidů, zejména v Evropské unii. Jednou z možností, která se zvažuje, je zákaz používání neonikotinoidů v zemědělských plodinách, které jsou atraktivní pro včely a další opylovače (Tomanovičová & Hadravová 2016).

Podle Bonmatin et al. (2015) jsou neonikotinoidy v současnosti nejčastěji používanou skupinou insekticidů v zemědělství. Insekticidy na bázi nikotinu byly poprvé uvedeny na trh v roce 1991 a dnes jsou široce používány v celém světě. Výhodou neonikotinoidů je, že mají vysokou účinnost proti širokému spektru škůdců, jako jsou například mšice, brouci a molí. Tyto insekticidy se používají nejen v zemědělství, ale i v lesnictví a zahradnictví.

Je však třeba zdůraznit, že neonikotinoidy jsou také sporné, protože mohou mít negativní vliv na včely a jiný opylovačský hmyz. Studie ukazují, že expozice neonikotinoidů může způsobit poruchy chování včel, snížení produkce mateřského mléka a snížení schopnosti opylovat rostliny. To může mít zásadní dopad na zemědělskou produkci a biodiverzitu. Z tohoto důvodu jsou neonikotinoidy často regulovány a v některých zemích jsou dokonce zcela zakázány. V roce 2013 Evropská unie zakázala použití třech neonikotinoidů na určitou dobu a v roce 2018 zakázala použití těchto insekticidů na trvalo na všech venkovních plodinách (Simon-Delso et al. 2014).

Tomanovičová & Hadravová (2016) popisují neonikotinoidy jako nejrozšířenější skupinu syntetických insekticidů, které jsou využívány v zemědělství po celém světě k ochraně rostlin před hmyzem. Tyto prostředky pro boj proti škůdcům jsou efektivní, zatímco zároveň nevykazují vysokou toxicitu pro savce. Jejich mechanismus působení spočívá v blokování funkce nikotinových acetylcholinových receptorů (nAChRs) v buňkách, což vede k porušení funkce centrálního nervového systému hmyzu, a to může způsobit jeho ochromení a úmrtí. Neonikotinoidy také dokáží zabít i vajíčka hmyzu, což se nazývá ovicidní účinek. V České republice je povolena účinná látka acetamiprid, která patří do skupiny neonikotinoidů a je využívána k ochraně brambor (ÚKZÚZ 2020).

#### 3.4.1.3 Diamidy

Podle zdroje Whalon et al. (2015) jsou diamidy jako chlorantraniliprol a cyantraniliprol účinné látky s rychlým účinkem na hmyz a účinné proti mnoha druhům škůdců. Tyto látky jsou v České republice považovány za účinné a bezpečné pro použití v zemědělství, protože zatím nebyly zaznamenány rezistentní populace vůči nim.

Používání diamidů jako insekticidů je stále poměrně nové v České republice a jejich využití se teprve rozšiřuje. Chlorantraniliprol byl poprvé registrován v roce 2008 a

cyantraniliprol v roce 2014. Tyto účinné látky se používají především na ochranu brambor, ale také na ochranu ovoce, zeleniny a dalších plodin. Mezi přípravky obsahující diamidy patří Coragen 20 SC a Benevia (ÚKZÚZ 2020).

Jak již bylo zmíněno, diamidy účinkují tak, že aktivují ryanodinové receptory hmyzu a blokují tak svalovou regulaci, což vede k rychlé paralýze a úhynu škůdce. Podle Hao et al. (2018) jsou diamidy velmi účinné proti mnoha druhům škůdců, jako jsou bource zelného, mšice bramborová a kůrvec modrohřbetý. Studie také ukázala, že v současné době neexistují rezistentní populace škůdců vůči diamidům, což z nich činí atraktivní volbu pro antirezistentní strategie (Sparks & Blackburn 2019).

Podle Českého registru přípravků jsou zaznamenány pouze dvě účinné látky z řady diamidů: chlorantraniliprol a cyantraniliprol. Tyto látky cílí na ryanodinové receptory hmyzu, což způsobuje dysfunkci svalové regulace, rychlou paralýzu a následnou smrt škůdce (Hradilová et al. 2020). Diamidy také způsobují narušení příjmu potravy hmyzu, což vede k rychlému zastavení jeho vývoje (Hao et al. 2018).

To nastupuje do několika hodin od ošetření, a za 3-6 dní od ošetření vyvolává plný úhyn. Tato skupina přípravků účinkuje ovicidně a ovi-larvicidně a hubí všechna larvální stadia dospělce škůdců. V současné době není v České republice rozšířeno příliš používání diamidů, což znamená, že populace škůdců rezistentních vůči této skupině insekticidů zatím nebyla pozorována. Diamidy jsou proto vhodné pro zahrnutí do strategie pro boj proti rezistenci. Mezi přípravky určenými pro ochranu brambor patří například Coragen 20 SC a Benevia, které obsahují chlorantraniliprol a cyantraniliprol. (Doležal a Hausvater 2020).

#### 3.4.1.4 Spinosiny

Spinosad je druh insekticidu, který se získává s půdní bakterií *Saccharopolyspora spinosa*. Tato chemická látka působí na nervový systém brouka a způsobuje jeho ochrnutí a smrt (Liu et al. 2000).

Přípravek SpinTor je založen na bázi účinné látky spinosad, která je přírodním produktem získaným fermentační činností bakterií *Saccharopolyspora spinosa*. Přípravek SpinTor se aplikuje v dávce 0,15 l/ha (ÚKZÚZ 2020).

*Saccharopolyspora spinosa* je druh bakterie, který se nachází v půdě a byl objeven v osmdesátých letech minulého století. Tato bakterie produkuje dvě aktivní látky, spinosyn A a spinosyn D, z nichž se získává účinná látka spinosad (Ishmael et al. 2003).

Vznik spinosadu probíhá pomocí aerobní fermentace a působí jako neurotoxin (Liu et al. 2000). Jeho účinkem dochází k nevratnému ochromení svalové regulace, což vede k úhynu škůdců jak při požití, tak při kontaktu. Podle odborníků je účinnost spinosadu při požerové aplikaci mnohonásobně vyšší než při aplikaci kontaktu (Ishmael et al. 2003; Sparks et al. 2012).

Společnost DowAgroSciences vyvinula spinosad jako první účinný a efektivní přípravek ze skupiny spinosoidů. Jeho použití je účinné při regulaci larv i dospělců různých škůdců a může vést až k 100% účinnosti (Ishmael et al. 2003). V České republice je spinosad registrován jako přípravek na ochranu rostlin, avšak je klasifikován jako nebezpečný pro včely (Siviter et al. 2018).

#### 3.4.1.5 Biologický insekticid

V České republice existují pouze dva biologické prostředky k ochraně brambor proti mandelince, jedním z nich je Neem-Azal-T/S obsahující azadirachtin – přírodní extrakt z tropického stromu *Azadirachta indica* (ÚKZÚZ 2020). Dávkování tohoto přípravku je 2,5 l/ha a doporučuje se používat ho pouze v prvním a druhém stadiu vývoje larev, a ne více než dvakrát za vegetační období (Rajakumar et al. 2012). Azadirachtin je biologicky aktivní látka, která se používá v mnoha biologických přípravcích kvůli své schopnosti ovlivňovat vývoj a chování hmyzu (Saxena et al. 2012).

Azadirachtin je přírodní látka s insekticidními účinky, která byla objevena poprvé v semenech stromu *Azadirachta indica* Juss. ještě v sedmdesátých letech 20. století (Koul et al. 2004). Tato látka spadá mezi nejúčinnější přírodní insekticidy, které produkují rostliny k ochraně proti hmyzu (Isman 2006). Zemědělci v Asii a Africe znají účinky neemového oleje, který obsahuje azadirachtin, již od starověku (Schmutterer 1990).

Podle studie publikované v časopisu *Journal of Insect Science* se azadirachtin ukázal jako účinný prostředek proti mandelince bramborové, která je zodpovědná za významné ekonomické ztráty v zemědělství (Saxena et al. 2012). Azadirachtin má specifický vliv na růst a vývoj hmyzu tím, že blokuje tvorbu křídel a ztěžuje svlékání kutikuly. To vede k omezení pohybu škůdců, kteří tuto látku orálně přijímají (Koubová 2009). U dospělých jedinců azadirachtin inhibuje jejich růst, způsobuje neplodnost a v menší míře i mortalitu. Tyto účinky vedou po několika dnech k výraznému snížení populace hmyzu až k jejímu kolapsu. Účinky azadirachtinu na populace škodlivého hmyzu se projeví až za sedm/deset dní po aplikaci (Schmutterer 1990). Sluneční záření, mikrobiální aktivita, srážky a teplota jsou faktory, které ovlivňují degradaci a účinnost biologických insekticidů (Copping a Menn 2000).

Azadirachtin je tetranortriterpenoid a je považován za jeden z nejúčinnějších přírodních regulátorů růstu hmyzu (Isman 2006). Schmutterer (1990) uvádí, že vyskytuje se v celé rostlině, ale jeho nejvyšší koncentrace je v semenech, kde může dosáhnout hodnoty 2 až 4 mg na jeden gram semen. Azadirachtin lze také extrahovat v podobě oleje, jehož koncentrace se pohybuje mezi 50 a 1200 ppm (Schmutterer 1990).

#### 3.4.2 Alternativní přípravky na ochranu

Ministerstvo zemědělství ČR uvádí, že podle nařízení Komise (ES) č. 889/2008 a Seznamu registrovaných přípravků a evidovaných prostředků na ochranu rostlin v ČR je používání neautorizovaných insekticidů nezákonné (ÚKZÚZ 2020). V posledních desetiletích se vyskytují čím dál výraznější projevy rezistence hmyzu vůči pesticidům, což omezuje účinnost tradičních pesticidů v ochraně rostlin, jak ukazuje studie Guedes et al. 2016. Výzkum provedený Růžičkovou et al. (2015) prokázal, že populace mandelinky bramborové ve střední Evropě vykazují rezistenci vůči syntetickým pyrethroidům, organofosfátům a dalším skupinám insekticidů. Tento jev lze pozorovat v posledních letech.

Vzhledem k tomu, že rezistence vůči insekticidům je problémem, mohou být rostlinné insekticidy použity jako alternativní metoda k nahrazení syntetických insekticidů a snížení rizika vzniku rezistence. Tyto insekticidy jsou založené na přírodních látkách, které se nacházejí v rostlinách, jako jsou alkaloidy nebo třísloviny, a jsou méně toxické pro životní prostředí a lidi

(Isman 2006). Mnoho rostlinných insekticidů se používá již stovky let, například pyrethrum z květů pyretrie kořenové (*Chrysanthemum cinerariaefolium*), rotenon z kořenů rostlin rodu *Derris* nebo ryania z kůry a listů rostlin rodu *Ryania* (Isman 2006).

Začaly se používat tyto extrakty někdy od konce 16. století, ale intenzivně se začaly využívat v 19. století. Ale netrvalo to dlouho, kvůli zahájení éry chemizace, kterou se podařilo insekticidy rostlinného původu rychle vytlačit z evropských trhů. Zhruba od konce 19. století vrcholila chemizace, rostlinné insekticidy pak byly skoro nepoužívané. Ale od konce 20. století zájem o bioinsekticidy narůstá, a tak se nastartovala jejich renesance na světovém trhu, což určitě je dobrá metoda, jak se vyhnout narůstající rezistenci druhů (Pavela 2012).

#### 3.4.2.1 Biologické metody ochrany

Biologická ochrana spočívá ve využívání přirozených predátorů, parazitů a chorob k regulaci populace brouka mandelinky bramborové, hlavního škůdce bramborových plodin (Kabíček 2004). V Evropě bylo zjištěno, že přirozenými nepřáteli brouka je asi 237 druhů bezobratlých predátorů a parazitoidů a 15 druhů hub. Tito přirození nepřátelé mohou způsobit až 78 % úhynu vajíček a larev brouka, ale celkový účinek je stále nízký a nemusí být dostatečný k tomu, aby se populace dostala pod ekonomický práh škodlivosti. V případě rozsáhlého zamoření může být tedy použití insekticidů stále nezbytné (Rod et al. 2005).

- Dravé plošnice

Typické dravé plošnice, které se obvykle vyskytují na středozápadě USA, jsou *Podisus maculiventris* a *Perillus bioculatus* (Stansly et al. 2014). Jeden druh ploštic, konkrétně *Perillus bioculatus*, preferuje téměř výhradně mandelinku bramborovou jako svůj zdroj potravy, jak uvádějí Guedes et al. (2016).

*Podisus maculiventris* a *Perillus bioculatus* jsou dravé plošnice, které se běžně vyskytují ve středozápadních oblastech Spojených států a živí se vajíčky a larvami škůdců, jak popisují Tooker & Hanks (2002). V evropském prostředí není *Perillus bioculatus* tak úspěšný při snižování populace mandelinky bramborové jako v USA (Guedes et al. 2016). Při experimentech se obvykle používají nymfy ploštic v polovině svého vývoje, ale to může mít některá omezení. Nymfy jsou poměrně křehké a musí být vypuštěny do přírody během několika málo dnů. Je třeba je udržovat v chladu a snížit jejich aktivitu a zajistit jim potravu, aby nedocházelo ke kanibalismu. Byla provedena studie s cílem ověřit účinnost vypouštění vajíček ploštic, které byly distribuovány buď volně na listech, nebo umístěny v ochranných kontejnerech na poli. Z výsledků studie vyplývá, že pouze malé procento vajíček, které byly volně rozptýleny na listech, dokázalo přežít. To může být způsobeno konzumací vajíček jinými predátory (Stansly et al. 2014).

Podle výzkumů provedených v Polsku, Česku a USA, jak uvádí Růžičková et al. (2015), není *Perillus bioculatus* v Evropě tak účinný v boji proti mandelince bramborové jako v USA, kde se ukázal jako účinný. V USA oproti Česku je komerčně dostupný feromon, pomocí kterého lze tuto plošnici nalákat na stanovené porosty (Ellsbury et al. 2000).

Naproti tomu *Podisus maculiventris* má širší spektrum kořisti a byl namnožen a vypuštěn ve velkém množství na bramborová pole v zemích regionu EPPO, což vedlo ke snížení populace mandelinky bramborové až o 50 %. V současné době probíhá snaha o introdukci

přirozených nepřátel mandelinky bramborové ze Severní Ameriky do Evropy, což finančně náročné (Stansly et al. 2014).

- Entomopatogenní bakterie

Entomopatogenní bakterie jsou skupinou bakterií, které dokážou infikovat hmyz a způsobit u něj nemoc. Z devadesáti druhů těchto bakterií nejvýznamnější spadá do rodu *Bacillus* (Sorokan et al. 2017). Mezi nejznámější a užitkové grampozitivní bakterie patří tyčinkovitá *Bacillus thuringiensis*, která byla poprvé objevena v Německu v larvách moučného háďátka. Tato bakterie je schopná vytvářet endospory, což je typické prostředí pro tuto bakterii v půdě (Höfte & Whiteley 1989). Přípravky na bázi *B. thuringiensis* nejsou v České republice registrovány (ÚKZÚZ 2020).

Byla objevena další bakterie s názvem *Chromobacterium suttsuga*, která vykazuje patogenitu vůči škůdcům, jako je mandelinka bramborová a motýl polní. Toxiny produkované touto bakterií byly testovány v laboratoři a v polních testech byla potvrzena jejich účinnost při regulaci těchto škůdců (Domínguez-Arrizabalaga et al. 2020)

- Entomopatogenní houby

Entomopatogenní houby jsou druhy hub, které infikují hmyz a způsobují jeho choroby. Jednou z nejdůležitějších a nejrozsáhleji studovaných entomopatogenních hub je *Beauveria bassiana*, kosmopolitní druh, který infikuje mnoho různých druhů hmyzu a běžně se vyskytuje v půdě (Anderson & Roberts 1983). Houba napadá tělo hmyzu přes kutikulu a trávicí trakt, což vede k destrukci lymfocytů hostitele, smrti hmyzu a produkci nových houbových vláken. *Beauveria bassiana* produkuje sekundární metabolit, beauvericin, který oslabuje imunitní systém hostitele a její růst je inhibován při vysokých teplotách (Landa et al. 2007). V České republice není povoleno používání přípravků na bázi *Beauveria bassiana*, které se vyrábějí jako suchý prášek obsahující vzdušné konidie (ÚKZÚZ 2020).

## 4 Metodika

Založené maloparcelkové pokusy mají přiblížit a seznámit s potenciálem biopesticidů na regulaci mandelinky bramborové v systému ekologického zemědělství či při využití v rámci integrované ochrany na pozemcích Výzkumné stanice FAPPZ ČZU v Praze-Uhřetěvesi. Do pokusů byla zvolena jedna odrůda (Ditta) a zvoleny dva registrované bioinsekticidy a srovnány s používaným chemickým insekticidem v ČR. Pro hodnocení napadení byly nejprve označeny rostliny (10 rostlin na pokusné parcelce) a před a po ošetření sledován výskyt brouků, larev L1-L3 instaru a larvy L4 instaru. Hodnocení probíhalo 4. a 10. den po ošetření (postřiku). Účinnost insekticidního ošetření jednotlivých přípravků bylo zhodnoceno i hlediska dosaženého výnosu hlíz.

### 4.1 Charakterizace pokusné lokality

#### **Lokalita: Praha-Uhřetěves**

- pokusné místo: v KÚ Uhřetěves
- nadmořská výška 298 m n. m.
- průměrná roční teplota 8,4 °C
- suma ročních srážek 575 mm
- výrobní oblast: ŘVO

Údaje o pozemku:

- pozemek dle KN č. 1790/1
- půdní typ: hnědozem
- půdní druh: jílovitá

#### **Režim hnojení – Uhřetěves**

- předplodina: jetel inkarnát
- zelené hnojení: --
- před výsadbou: N: 70 kg/ha, P: 5 kg/ha, K: 20 kg/ha, Mg: 5 kg/ha

Výzkumná stanice disponuje meteorologickou stanicí (EMS Brno), která umožňuje průběžné sledování základní meteorologických údajů a je propojena i s dalšími v síti Isidor.

Z tabulky č. 1 je patrné, že průměrná denní teplota ve vegetačním období byla 15,6 °C (nejteplejší měsíc byl červen a červenec). Nejvyšší srážkový úhrn byl v květnu a červnu (v obou měsících přes 100 mm srážek). I tak v roce 2021 bylo zaznamenáno o 6 srážkových dní méně než v předchozím roce (ISIDOR EMS Brno 2021).





Obrázek č. 1 Pokusná lokalita ana Výzmné stanici Praha-Uhřetěves (blok 720-1050)  
Zdroj: LPIS

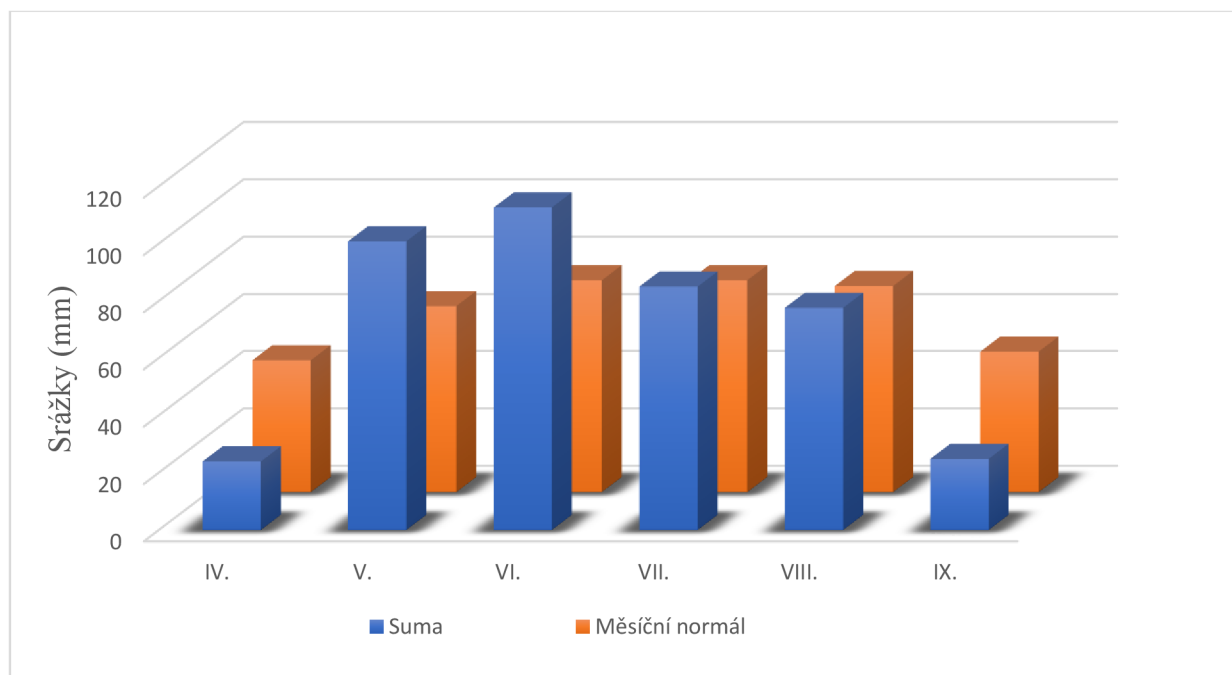
Tabulka č. 1. Charakteristika vegetačního období na lokalitě Praha-Uhřetěves (2021)

Měsíc	Teplota vzduchu (°C)			Srážky (mm)		Měsíční normál		
	Denní průměr	Min.	Max.	Suma	Počet dní se srážkami		Teplota (°C)	Srážky (mm)
					do 2 mm	nad 2 mm		
IV.	8,3	-4,7	24,5	23,9	5	5	8,2	46
V.	11,8	1,5	29,7	100,8	13	8	13,4	65
VI.	20,2	6,0	34,2	112,6	1	8	16,3	74
VII.	19,8	10,6	30,6	85,0	6	10	18,2	74
VIII.	17,5	8,7	32,1	77,6	5	6	17,5	72
IX.	16,0	6,2	28,4	24,8	4	2	14,0	49

Zdroj: ISIDOR EMS Brno

Jak je patrné z tabulky č. 1, nejnižší minimální teplota vzduchu byla v dubnu a činila -4,7 °C, naopak v nejteplejším měsíci červnu dosáhla minimální teplota vzduchu 6,0 °C. Teplotních maxim bylo dosaženo v červnu, až 34,2 °C.

Graf č. 1 představuje množství dešťových srážek od dubna do září roku 2021. V průběhu tohoto období se měsíční sumy srážek postupně zvyšovaly, od dubna do června exponenciálně. Sumy srážek v červenci a srpnu (období hlavního nárůstu hlíz) se udržovaly na podobné úrovni jako srážkový normál. Avšak v září došlo k náhlému poklesu. Nejmenších srážek bylo dosaženo v dubnu (23,9 mm) a v září (24,8 mm). Naopak v květnu, kdy bylo pozorováno 21 deštivých dní, došlo k výraznému nárůstu srážek (oproti normálu) na 100,8 mm. V červnu bylo opět deštivo a během 9 dnů se nashromáždilo 112,6 mm srážek.



Graf č. 1 Úhrn srážek a měsíční normál za vegetační období (Praha-Uhřetěves 2021)

Zdroj: ISIDOR EMS Brno

Tabulka č. 2 Meteorologická data před, během a po aplikaci přípravků na ochranu rostlin (Uhřetěves 2021):

Datum	Teplota vzduchu (°C)	Vlhkost vzduchu (%)	Teplota půdy (°C) v 10 cm	Rychlost větru (m/s)	Směr větru (°)
23.6.	18,6	99	18,6	1,8	280
28.6.	21,7	75	18,7	0,5	122
1.7.	16,6	81	18,9	1,2	123
19.7.	18,2	79	20,8	0,8	106

Poslední déšť před aplikací:

**28.6 byl 25.6 – 21,8 mm**

První déšť po aplikaci a v dalších 5 dnech:

**28.6 byl 29.6 – 14,0 mm (do 5 dnů po aplikaci – 22,2 mm)**

## 4.2 Základní údaje o pokusu a agrotechnických činnostech

### 4.2.1 Provedené zásahy v oblasti agrotechniky, informace o rostlinách a dalších opatřeních v Uhřetěvsi

Všechny provedené zásahy a operace pokusu jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Tabulka č. 3 Provedené agrotechnické zásahy

20.4 2021	1. kypření – dlátový kypříč
26.4 2021	2. kypření (rotavátor) na konečnou hloubku 15 cm
27.4 2021	shonkování, markýrování parcel
27.4 2021	ruční výsadba (ve sponu 80x33 cm)
28.5 2021	slepá proorávka, herbicid Sencor Liquid
9.6 2021	plné vzejití porostů
23.6 2021	označení rostlin, aplikace SpinTor (0,15 l/ha) na celý pokus
28.6 2021	hodnocení výskytu mandelinky bramborové
28.6 2021	aplikace vybraných insekticidů na pokusné parcely (Neem Azal T/S a SpinTor) a kontrolní insekticid Coragen 20 SC
1.7 2021	hodnocení výskytu mandelinky bramborové
7.7 2021	hodnocení výskytu mandelinky bramborové
23.9 2021	ukončena vegetace a ruční sklizeň pokusů (150 DAP)
28.9 2021	třídění a hodnocení sklizených hlíz, stanovení výnosů



Obrázek č. 2 Po ruční výsadbě bylo provedeno zahrnutí pokusných parcel (27.4.2021)  
Zdroj: vlastní foto, 2021

#### 4.2.2 Sledování porostu a chemická ochrana

Na experimentálním pozemku byl sledován výskyt brouků a larev mandelinky bramborové ve stádiích L1 až L3 a samostatně stádium L4, aby bylo možné určit účinnost vybraných insekticidů. Pro ošetření byl použit konvenční insekticid Coragen 20 SC a porovnán s dvěma přípravky s biologickým účinkem, Neem Azal T/S a Srintor a neošetřenou kontrolou. Aplikace insekticidů byla provedena 28. června a před tím bylo provedeno referenční hodnocení výskytu mandelinky. Výsledky byly vyhodnoceny po 4 a 10 dnech od aplikace insekticidů.

Coragen 20 SC je insekticid ze skupiny diamidů, který se používá k ochraně rostlin před škůdci a funguje jako kontaktní a požerový insekticid. Jeho účinná látka chlorantraniliprol

způsobuje blokaci svalové regulace u hmyzu, což vede k rychlé paralýze a smrti škůdce (Rajasekaran et al. 2021).

Přípravek SpinTor se opírá o účinnou látku spinosad, která se vstřebává přes žaludek a kůži hmyzu. Tato látka způsobuje trvalé a nevratné ochrnutí škůdce. Doporučená dávka, která byla i použita, je 0,15 l/ha. Spinosad má silnější účinek na škůdce přes žaludek než přes kůži, a to až desetkrát větší (Koubová 2009).

Přípravek Neem-Azal-T/S, jako biologický insekticid, se skládá z přírodní látky azadirachtin získané z rostliny *Azadirachta indica*. Doporučená aplikační a použitá dávka byla 2,5 l/ha a účinky se dostaví po několika hodinách až dnech. Doporučuje se používat v počátečních fázích vývoje škůdců. Škůdci přípravek konzumují orálně, čímž zastavují svou žravou aktivitu a u dospělých má schopnost způsobovat neplodnost a omezenou úmrtnost (Doležal & Hausvater, 2020).

#### 4.2.2.1 Ošetření proti plevelům a plísním

Při péči o porost byla použita kombinace mechanické a chemické metody regulaci plevelů (proorávání a následná aplikace herbicidu). Dne 28. května byla provedena preemergentní aplikace herbicidu po meziřádkové kultivaci.

Počet aplikací a termín aplikací proti plísni bramboru vycházel z dat lokálního systému signalizace choroby. V roce 2021 bylo na plíseň bramboru použito pět postřiků Polyversum + Serenade ASO (v termínech 19.7., 28.7., 9.8., 19.8. a 3.9.)

### 4.2.3 Vybraná odrůda a uspořádání pokusných ploch

Na pokusném pozemku byla vysázena certifikovaná odrůda Ditta, která je jednou z řady vysoce kvalitních odrůd a splňuje základní standardy kvality a vlastnosti jako odolnost proti chorobám a škůdcům, výnos a kvalitu hlíz (Katalog odrůd brambor 2009).

Maloparcelkový pokus byl uskutečněn se záměrem cílené regulace mandelinky bramborové pomocí tří různých postřikových plánů a druhé kontroly bez jakéhokoli ošetření. Každá varianta byla opakována čtyřikrát, takže byly hodnoceny celkem 4 parcelky s 10 označenými rostlinami. Tyto parcely byly uspořádány v náhodných blocích a výběr rostlin také. Každá parcela měla výměru 24 m<sup>2</sup> a na každé z nich bylo 100 pokusných rostlin.

#### 4.2.4 Výživa a založení porostů

Předplodinou byl jetele inkarnát, a proto úroveň (zejména dusíkatého hnojení) byla snížena a aplikováno 70 kg N/ha, 5 kg P/ha, 20 kg K/ha a 5 kg Mg/ha před výsadbou brambor. V den výsadby byly traktorem a plečkou vytvořeny brázdy (8-10 cm) hluboké, následně provedeno markýrování a ruční výsadby nenaklíčených hlíz (ve sponu 80x33 cm). Následně bylo provedeno přihnutí hlíz a vytvarování hrůbků (Obrázek č. 2).

#### 4.2.5 Hodnocení výskytu brouků, larev L1-L3 a larev L4

Pro hodnocení růstu rostlin bylo provedeno kontrolní měření počtu vzešlých rostlin a následně bylo vyhledáno 10 rostlin, které byly označeny modrým provázkem (Obrázek č. 3).

Na těchto rostlinách byl poté sledován výskyt brouků a larev, které se počítaly a byly přidávány do tabulek pro následné zpracování.



Obrázek č. 3 Hodnocení porostu pomocí označených rostlin  
Zdroj: vlastní foto, 2021



Obrázek č. 4 Výskyt larev mandelinky bramborové na nati bramboru  
Zdroj: vlastní foto, 2021

V posledním týdnu června, konkrétně 28. června, bylo zahájeno hodnocení výskytu brouků mandelinky bramborové a larev stupňů L1-L3 a L4 (viz Obrázek č. 4). V tentýž den byly aplikovány příslušné insekticidy dle postřikového plánu. Po 4 dnech, tedy dne 1.7., bylo provedeno další hodnocení počtu brouků a larev. Poslední kontrola proběhla 10 dní po aplikaci postřiku, konkrétně 7.7.

#### **4.2.6 Příprava na sběr, sklizeň a vyhodnocení výnosu hlíz**

Před sklizní byla provedena likvidace rostlinného materiálu pomocí mulčovače. Dne 23. září 2021 byla ručně provedena sklizeň pomocí jednořádkového vyorávače a následně byly hlízy ručně sbírány. Poté byly rašlové pytle z každé parcely označeny podle své polohy a opakování. Dne 28. září byly hlízy ručně tříděny na výzkumné stanici, následovalo zjištění hmotnosti jednotlivých frakcí a výpočet celkového výnosu z každé parcely a zaznamenání počtu a velikosti hlíz.

#### **4.2.7 Statistické vyhodnocení**

Údaje o počtu brouků a larev L1-L3 a L4 mandelinky bramborové byly zaznamenány a uloženy do programu MS Office Excel. Tyto data byla poté zpracována v programu SAS Enterprise Guide (verze 19.3). Pro hodnocení byla použita analýza rozptylu ANOVA a podrobnější statistické vyhodnocení pomocí Fisherovy LSD metody s úrovní významnosti 95 %. Zjištěné průměry a nejnižší difference, kterou lze prokázat ( $LSD_{0,05}$ ) tzn. ( $P < 0,05$ ). Tyto výsledky byly poté přeneseny do tabulek a grafů, označeny a v tabulkách znázorněny statistické rozdíly mezi jednotlivými insekticidy.

## 5 Výsledky

Účelem provedeného experimentu bylo porovnat účinnost moderního chemického přípravku oproti přípravkům s biologickým účinkem proti mandelince bramborové. V Tabulce č. 4 jsou prezentovány průměrné počty brouků a larev, přepočtené na jednu rostlinu, v 4 různých variantách (varianta 1 - kontrola, varianta 2 - Coragen, varianta 3 - SpinTor, varianta 5 - Neem Azal T/S), které byly stanoveny před aplikací dne 28. června.

V téže Tabulce č. 4 je zobrazena i variabilita počtů brouků a larev v závislosti na aplikovaných přípravcích Coragen 20 SC, Neem Azal T/S a SpinTor, a také na variantě bez ošetření (kontrola). Na základě průměrných hodnot výskytu před aplikací 28. června a sledování po 4 dnech (1. července) a 10 dnech (7. července) je patrná účinnost těchto přípravků.

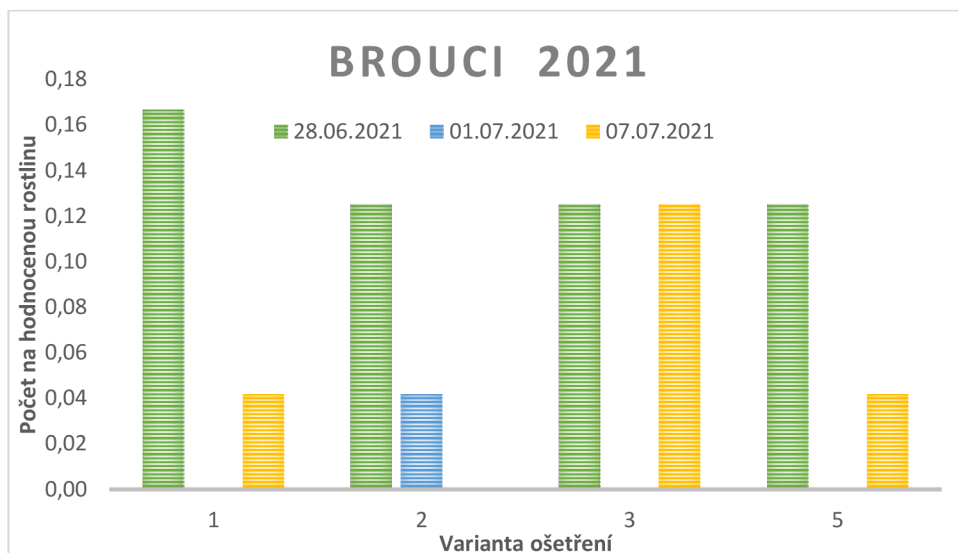
Tabulka č. 4 Výskyty brouků a larev (průměrný počet na rostlinu) v jednotlivých termínech hodnocení u sledovaných variant ošetření

Varianta	Termín	Brouci	Larvy L1-L3	Larvy L4
1 – kontrola	28.06.2021	0,17	8,8	2,4
	01.07.2021	0,00	9,2	2,2
	07.07.2021	0,04	7,6	3,7
2 – Coragen 20 SC	28.06.2021	0,13	10,6	2,9
	01.07.2021	0,04	1,4	0,6
	07.07.2021	0,00	0,2	0,1
3 – SpinTor	28.06.2021	0,13	6,3	2,8
	01.07.2021	0,00	0,3	0,0
	07.07.2021	0,13	0,2	1,4
5 – Neem Azal T/S	28.06.2021	0,13	4,2	3,0
	01.07.2021	0,00	1,4	0,5
	07.07.2021	0,04	1,0	1,0

### 5.1 Výskyt brouků

Hodnocení účinnosti konvenčních přípravků Coragen 20 SC a dvou insekticidů s biologickým účinkem SpinTor a Neem Azal T/S se provádělo na označených rostlinách. Při aplikaci přípravků Coragen 20 SC a Neem Azal T/S byla zaznamenána vysoká redukce počtu brouků, a to po několika dnech po aplikaci.

Ze Grafu č. 2 lze vyčíst účinnost přípravků proti broukům mandelinky bramborové. Přípravek Coragen 20 SC ukázal vysokou a dlouhotrvající účinnost, když počet brouků postupně klesal až na nulu 10 dní po aplikaci. Na druhé straně Neem Azal T/S ukázal rychlou a vysokou účinnost proti broukům, ale po 10 dnech se počet brouků opět zvýšil. Přípravek SpinTor ukázal nejnižší účinnost proti dospělým broukům mandelinky bramborové, jelikož po aplikaci byl průměrný počet brouků nulový, ale pozdější hodnocení ukázalo postupný nárůst průměrného počtu brouků na 0,13 na rostlinu.



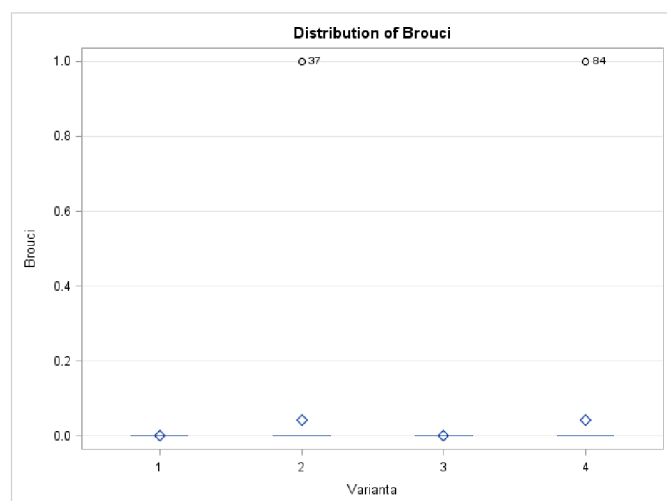
Graf č. 2 Výskyty brouků (průměrný počet na rostlinu) v jednotlivých termínech hodnocení u sledovaných variant ošetření

Podle Tabulky č. 5 nebyly zaznamenány žádné statisticky významné rozdíly v počtu brouků mezi parcelami, které byly hodnoceny 1. července, ale byla nalezená statisticky významná průkaznost mezi variantou 3 a variantami 2 a 5, které byly hodnoceny 10. den po aplikaci, což znamená, že byla prokázána signifikantní změna v počtu brouků mezi přípravky (Graf č. 3 a č. 4). Tato zjištění jsou statisticky významná a lze je tudíž považovat za relevantní.

Tabulka č. 5 Statistické hodnocení výskytu brouků po aplikaci insekticidů

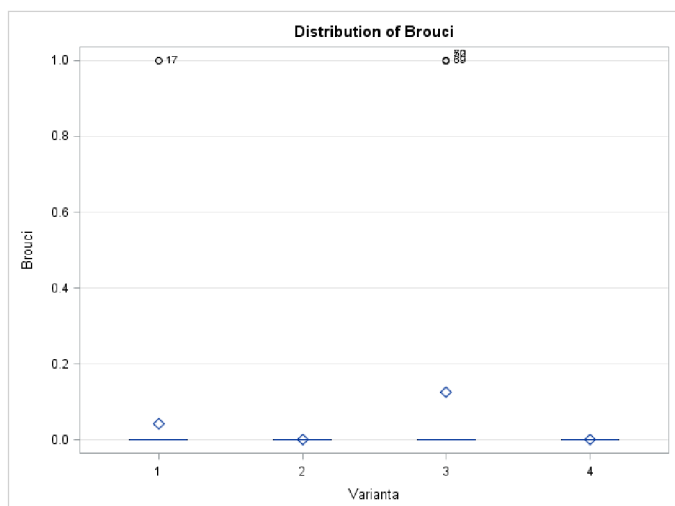
Varianta	4. den po aplikaci	10. den po aplikaci
1 – kontrola	0,0 a	0,04 ab
2 – Coragen 20 SC	0,04 a	0,0 b
3 – SpinTor	0,0 a	0,13 a
5 – Neem Azal T/S	0,0 a	0,04 b

Pozn.: průměry se stejnými písmeny znamenají statisticky neprůkazné rozdíly; LSD (4. den po aplikaci) = 0.0838, LSD (10. den po aplikaci) = 0.1158



Graf č. 3 Statistické vyhodnocení brouci při 1. hodnocení (2021)

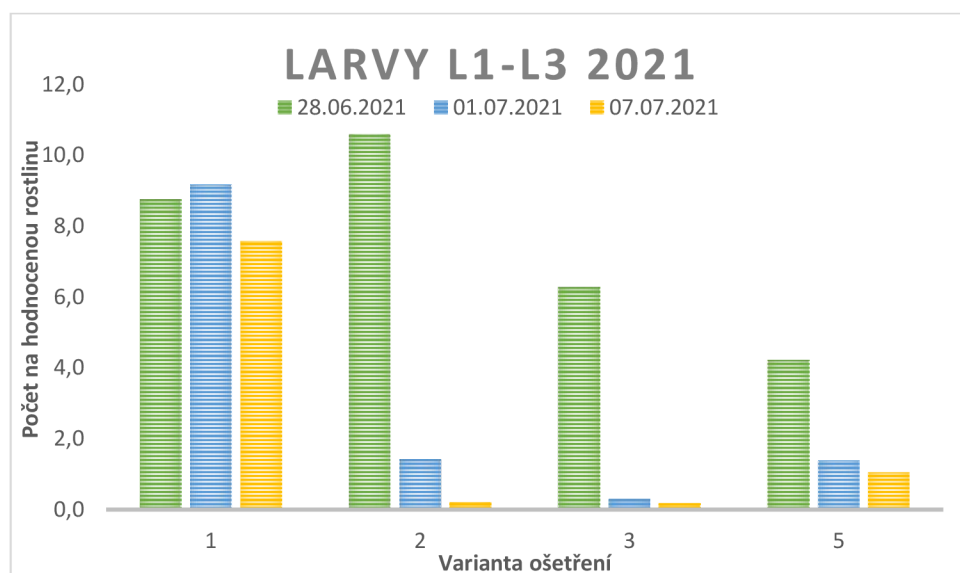




Graf č. 4 Statistické vyhodnocení brouci při 2. hodnocení (2021)

## 5.2 Larvy L1 – L3

Graf č. 5 ukazuje výskyt mandelinky a vliv insekticidů na mladé larvy (L1-L3). Před aplikací Coragen 20 SC dne 28. června byl průměrný počet larev L1-L3 na jedné rostlině označeného vzorku 10,6. Čtyři dny po aplikaci se počet snížil a dosahoval v průměru 1,4 larvy na rostlinu. Druhé hodnocení, které se uskutečnilo 10 dní po aplikaci, ukázalo průměrný počet larev L1-L3 na rostlině pouze 0,2. Tyto výsledky naznačují, že aplikace Coragen 20 SC vedla k výraznému snížení počtu larev L1-L3 a tím zajistila dobrou účinnost.



Graf č. 5 Výskyty larev L1-L3 (průměrný počet na rostlinu) v jednotlivých termínech hodnocení u sledovaných variant ošetření

Bioinsekticid SpinTor byl použit jako další hodnocený přípravek. Před aplikací bylo zaznamenáno průměrně 6,3 larev L1-L3 na jednu rostlinu. Po uplynutí 4 dnů od aplikace se

průměrný počet larev L1-L3 na rostlině výrazně snížil na pouhých 0,3. Podobně, po uplynutí 10 dnů od aplikace, se průměrný počet larev L1-L3 na rostlině snížil na hodnotu 0,2.

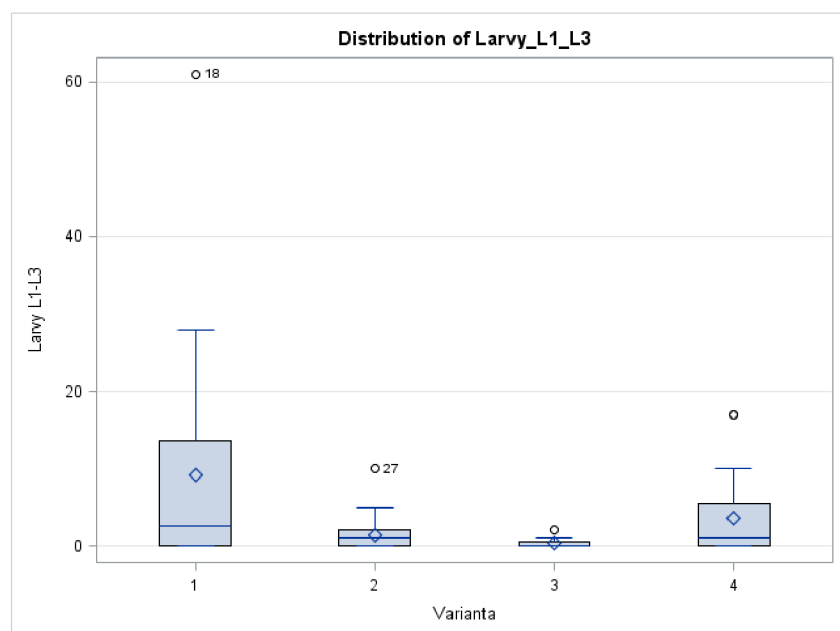
Posledním testovaným přípravkem byl Neem Azal T/S. Před aplikací byl zaznamenán nejnižší průměrný počet larev, konkrétně 4,2 na jednu hodnocenou rostlinu. Čtyři dny po aplikaci Neem Azal T/S se průměrný počet larev na jedné rostlině rapidně snížil na 1,4, což naznačuje vysokou účinnost tohoto biologického přípravku a rychle klesající trend v počtu larev. Po 10 dnech od aplikace snižování počtu larev L4 nadále pokračovalo a bylo zaznamenáno průměrně 1,0 larvy L4 na jednu hodnocenou rostlinu.

Na základě výsledků z 1. a 7. července byly nalezeny statisticky významné rozdíly v počtu larev L1-L3 mezi kontrolou a ostatními variantami přípravků. Tento výsledek naznačuje, že biologické insekticidy dokáží rychle a stabilně regulovat malé larvy (L1-L3) mandelinky bramborové (Tabulka č. 6). Rozdíly mezi těmito variantami tak jak byly pozorovány, byly i statisticky významné, což je znázorněno na Grafech č. 6 a č. 7.

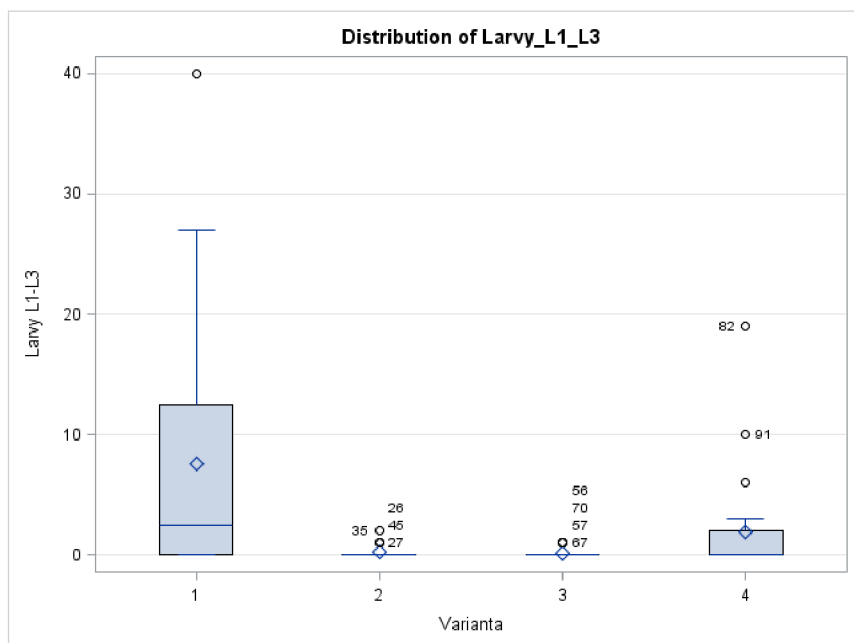
Tabulka č. 6 Statistické hodnocení výskytu larev L1-L3 po aplikaci insekticidů

Varianta	4. den po aplikaci	10. den po aplikaci
1 – kontrola	9,17 a	7,58 a
2 – Coragen 20 SC	1,42 b	0,21 b
3 – SpinTor	0,92 b	0,17 b
5 – Neem Azal T/S	3,50 b	1,92 b

Pozn.: průměry se stejnými písmeny znamenají statisticky neprůkazné rozdíly; LSD (4. den po aplikaci) = 4.4224, LSD (10. den po aplikaci) = 3.3337



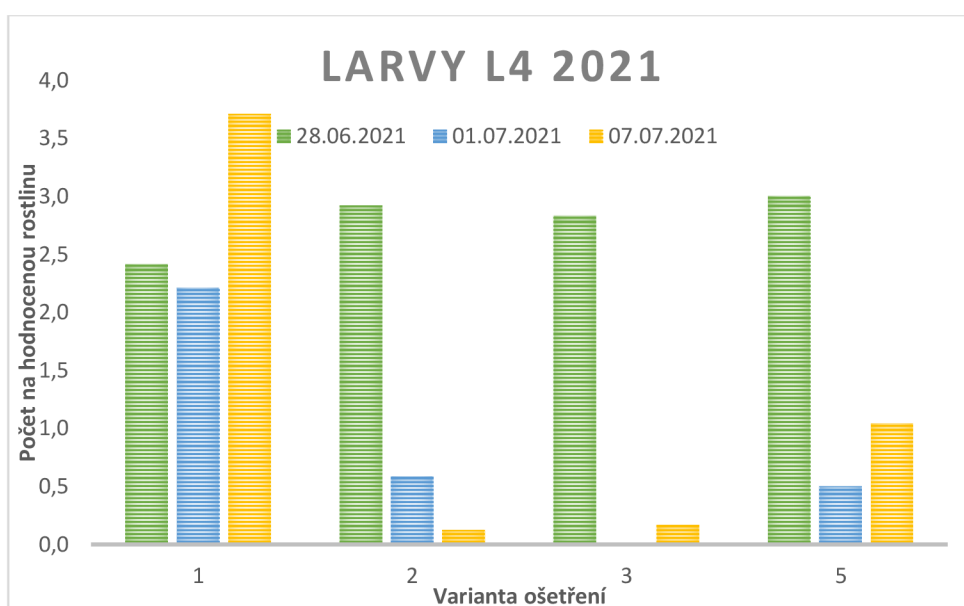
Graf č. 6 Statistické vyhodnocení pro larvy L1-L3 při 1. hodnocení (2021)



Graf č. 7 Statistické vyhodnocení pro larvy L1-L3 při 2. hodnocení (2021)

### 5.3 Larvy L4

Výskyt nejškodlivější populace larev L4 mandelinky bramborové byl hodnocen dne 28. června, kdy bylo v průměru na jedné hodnocené rostlině nalezeno 2,9 larev. Po aplikaci přípravku Coragen 20 SC a následném hodnocení 4 dny po aplikaci byl průměrný počet larev na rostlině 0,6, což naznačuje vynikající účinnost tohoto přípravku na velké larvy. Další hodnocení, provedené 10 dní po aplikaci, ukázalo pokračující trend v poklesu počtu larev L4 s průměrným počtem 0,1 larvy L4 na hodnocenou rostlinu. Tyto výsledky naznačují mírný pokles účinnosti přípravku Coragen 20 SC v boji proti larvám L4 od posledního hodnocení.



Graf č. 8 Výskyty larev L4 (průměrný počet na rostlinu) v jednotlivých termínech hodnocení u sledovaných variant ošetření

Na parcelkách kde byl aplikován SpinTor byl počátečný výskyt L4 larev v průměru 2,8 larev na hodnocenou rostlinu a po aplikaci přípravku SpinTor 1. červenci nebyla nalezena žádná larva L4 na hodnocených rostlinách. Tento výsledek naznačuje, že SpinTor je velmi účinný proti larvám L4. Avšak k 7. červenci bylo zaznamenáno průměrně 1,4 larev L4 na hodnocenou rostlinu, což naznačuje mírný nárůst výskytu larev L4 po aplikaci SpinToru. Celkově lze tedy shrnout, že aplikace biologického SpinToru vedla k výraznému snížení počtu larev L4 s následným mírným nárůstem.

Posledním testovaným prostředkem byl Neem Azal T/S, před aplikací byly průměru nalezeny 3 larvy L4 na jednu hodnocenou rostlinu. Po 4 dnech od aplikace (1. července) bylo v průměru zjištěno 0,5 larev L4 na jednu hodnocenou rostlinu, což naznačuje také dobrou účinnost Neemu Azalu T/S proti těmto larvám. Nicméně po 10 dnech od aplikace (7. července) se tento výsledek nepotvrdil, protože bylo nalezeno průměrně 1 larva L4 na jednu hodnocenou rostlinu, což je dokonce více než před aplikací Neemu Azal T/S.

Na parcelkách ošetřených přípravky Neemu Azal T/S a Coragen 20 SC bylo v průměru nalezeno více larev L4 na hodnocenou rostlinu než na parcelkách ošetřených přípravkem SpinTor při hodnocení 1. července a 7. července. Nicméně, účinnost přípravku Coragen 20 SC byla lepší než u bioinsekticidů, což ukázala postupně klesající tendence bez regrese.

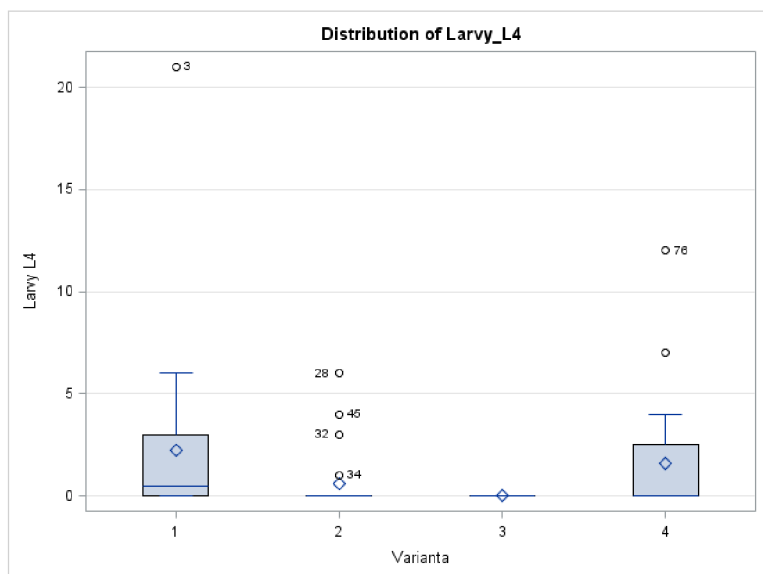
Graf č. 8 ukazuje, že z hlediska výskytu larev L4 je jasné, že neúčinnějším z testovaných třech přípravků je Coragen 20 SC, který dosáhl nejlepšího účinku proti larvám mandelinky bramborové. Na druhém místě, s mírně horší účinností, je přípravek SpinTor. Nejhorší výsledky v oblasti účinnosti proti larvám L4 měl přípravek Neemu Azal T/S.

Tabulka č. 7 doplňuje statistické hodnocení jednotlivých přípravků po aplikaci 1. a 7. července. Nalezen byl statisticky významný rozdíl v počtu larev L4 mezi variantami 3 a variantami 1 a 5. Druhé hodnocení 10. den po aplikaci (7. července) prokázalo statisticky významný rozdíl mezi kontrolou (varianta 1) a ostatními přípravky (Tabulka č. 7, Graf č. 10).

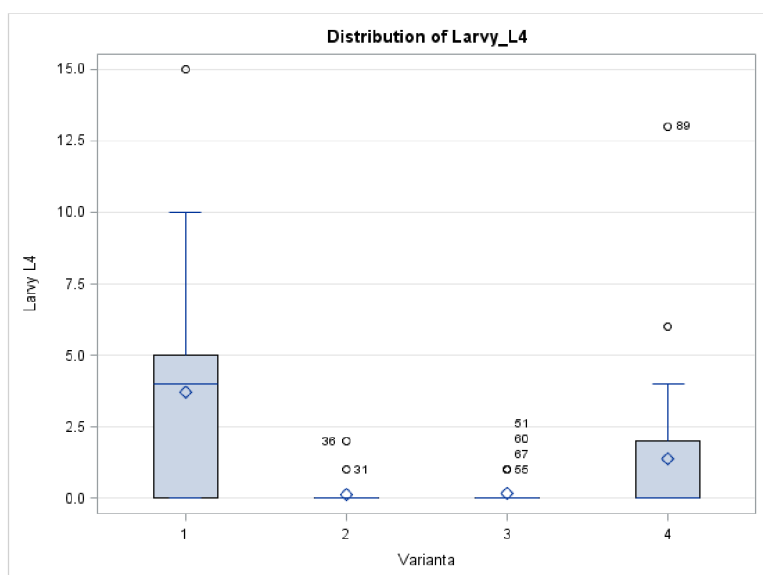
Tabulka č. 7 Statistické hodnocení výskytu larev L4 po aplikaci insekticidů

Varianta	4. den po aplikaci	10. den po aplikaci
1 – kontrola	2,21 a	3,71 a
2 – Coragen 20 SC	0,58 bc	0,13 b
3 – SpinTor	0,0 c	0,167 b
5 – Neemu Azal T/S	1,58 ab	1,38 b

Pozn.: průměry se stejnými písmeny znamenají statisticky neprůkazné rozdíly; LSD (4. den po aplikaci) = 1.5525, LSD (10. den po aplikaci) = 1.3961



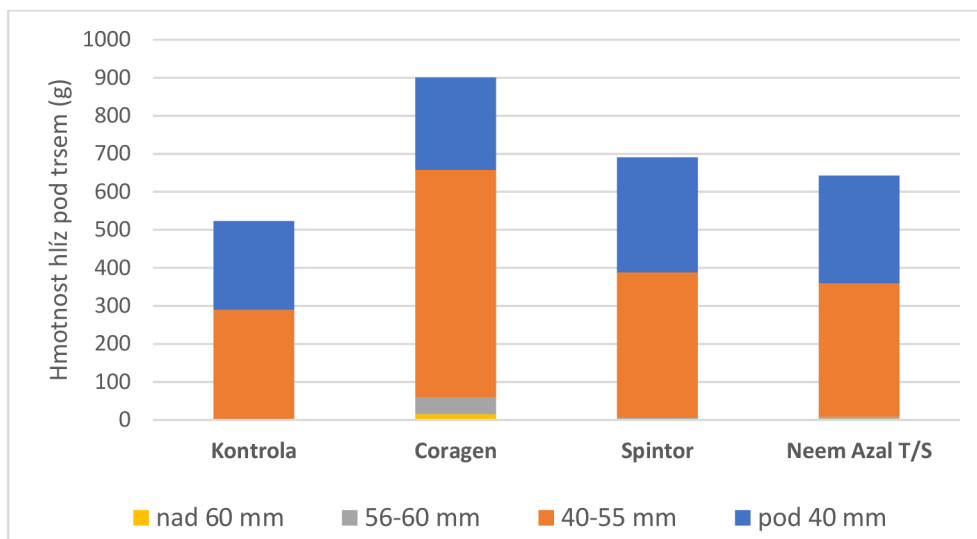
Graf č. 9 Statistické vyhodnocení pro larvy L4 při 1. hodnocení (2021)



Graf č. 10 Statistické vyhodnocení pro larvy L4 při 2. hodnocení (2021)

## 5.4 Hodnocení hlíz, výnosu hlíz a nákladů na postřik

Po ruční sklizni bramborových hlíz dne 27. září 2021 byly tyto hlízy důkladně roztríděny do čtyř velikostních kategorií (nad 60 mm, do 56-60 mm, dále do 40-55 mm a pod 40 mm) a podrobně vyhodnoceny dílčím způsobem. Poté byl vypočten hektarový výnos. Vzhledem k vysokému počtu larev mandelinky bramborové na tomto stanovišti byl výnos bramborových hlíz výrazně nižší než obvykle.



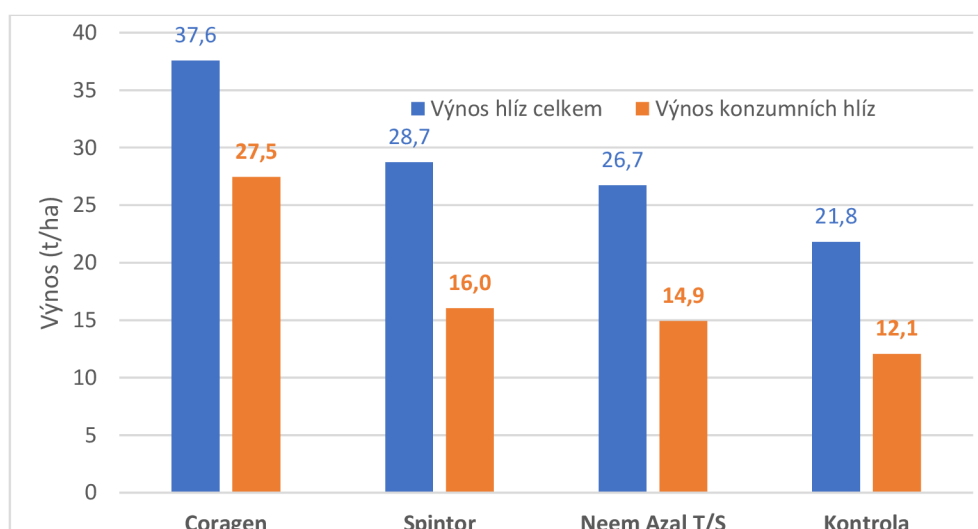
Graf č. 11 Hmotnostní zastoupení jednotlivých velikostních frakcí hlíz pod trsem u jednotlivých ošetřených variant (Praha-Uhřetěves 2021)

Graf č. 11 ukazuje konkrétní velikostní rozložení hlíz pod rostlinami a také podíl jednotlivých velikostních kategorií na celkovém výnosu bramborových hlíz. Konečné výsledky výnosů jsou uvedeny v Tabulce č. 8 a byly statisticky zpracovány. Potvrzeny tak byly statisticky významné rozdíly mezi variantami 2, 3 a 1.

Tab. 8 Výnosy konzumních hlíz (t/ha) u jednotlivých variant postřikových plánů

Pořadí	Popis	Varianta č.	Výnos konzumních hlíz (t/ha)	Výnos hlíz celkem (t/ha)
2	Coragen 20 SC	2	27,5 a	37,6
3	SpinTor	3	16,0 b	28,7
5	Neem Azal T/S	4	14,9 bc	26,7
1	Kontrola	1	12,1 c	21,8

Pozn.: průměry se stejnými písmeny znamenají statisticky neprůkazné rozdíly; minimální průkazná diference výnos konzumních hlíz LSD = 9,101



Graf č. 12 Výnosy hlíz u jednotlivých ošetřených variant (Praha-Uhřetěves 2021)

Výsledky výnosů potvrdily, že volba správných insekticidních přípravků proti mandelince bramborové je důležitá. Použití konvenčního insekticidu Coragen zajistilo nejvyšší výnos bramborových hlíz (27,5 t/ha). Z biologických přípravků se nejlepší výnos dosáhl při použití přípravku SpinTor (16 t/ha). Variantu 3 s použitím přípravku Neem Azal T/S ovlivnila jeho nižší účinnost na larvy, což vedlo k propadu výnosu o 9,2 t/ha (33 %) v porovnání s nejlepší variantou 2 (Coragen). Kvůli předčasnému ukončení vegetace v důsledku holožiru byl výnos hlíz nejnižší u kontrolní varianty (12,1 t/ha konzumních hlíz), což bylo o 56 % nižší než u nejlepší varianty 2. Pod trsem se u této varianty vyskytovaly pouze drobné hlízy (max. do 55 mm). Tato velikostní frakce však byla nejčastější i u ostatních variant, ale rozdíl byl v zastoupení větších velikostních frakcí.

## 6 Diskuze

Obecně platí, že všechny tři přípravky jsou efektivním postupem při ošetření proti mandelince bramborové. Přípravky Coragen 20 SC a SpinTor přímo ovlivňují nervový systém škůdce, což vede k jeho rychlé smrti, zatímco u Neem Azal T/S zastavuje postupně požerovou aktivitu mandelinek a nástup účinku je ze své podstaty většinou pomalejší (Hannig et al. 2009).

Každý z těchto přípravků má své výhody a nevýhody, jako je například cena, rychlost účinku, trvanlivost účinku a možné vedlejší účinky.

V rámci studie Bradford et al. (2019) bylo zjištěno, že insekticid Coragen 20 SC byl nejúčinnější při snižování populace mandelinky bramborové. Dvě aplikace tohoto insekticidu vedly k účinnosti 97,5 % až 100 % v porovnání s kontrolními skupinami bez insekticidů. Coragen 20 SC také měl významný dopad na populaci dalších škůdců. Pokud jde o přínosné druhy hmyzu, tak měl omezený dopad na jejich populace. Pouze Coragen 20 SC udržoval nízké úrovně defoliace (5 %), přičemž všechna ostatní ošetření byla vyšší než 50 % defoliace ( $P < 0,0001$ ). Celkově měl Coragen nejlepší výkon až do druhé generace.

Chlorantraniliprol – hlavní účinná látka přípravku Coragen 20 SC. Studie Dumas et al. (2018) měla za cíl získat hlubší pochopení molekulárních mechanismů, které jsou zodpovědné za účinnost Chlorantraniliprolu v boji proti mandelince bramborové. Závěr tohoto výzkumu naznačuje, že účinnost Chlorantraniliprolu může být způsobena změnami v expresi genů souvisejících s metabolismem a detoxikací, což vede k poškození nervového systému mandelinky, a nakonec k její smrti.

Podle Kuhar & Doughty (2009) je přípravek Chlorantraniliprol nejúčinnější proti mandelince bramborové (*Leptinotarsa decemlineata*) v období, kdy se vyskytují jako larvy, tedy v období L1 až L4, kdy je hmyz nejcitlivější na účinky přípravku. Studie zjistila, že Chlorantraniliprol poskytuje účinnou kontrolu až 2 týdny po aplikaci, což naznačuje, že tento insekticid může být účinný při zabránění vývoje larválních stadií brouka v dospělé jedince (Kuhar & Doughty, 2009). Výsledky našeho výzkumu taky ukázaly, že Coragen 20 SC byl účinný proti mandelince bramborové, ale jeho dlouhodobý účinek nebyl zcela potvrzen.

V roce 2014 ve Floridě byla provedena laboratorní i polní testování s různými dávkami a aplikacemi přípravku Coragen 20 SC a byly zkoumány jeho účinky na redukci populace mandelinky bramborové a snížení poškození listů bramborových rostlin. Studie ukázala, že aplikace přípravku Coragen 20 SC snižuje množství poškození listů a zlepšuje výnos brambor (Arthurs et al. 2015). Výsledky výnosů v našem pokusu potvrdily, že použití konvenčního insekticidu Coragen 20 SC zajistilo nejvyšší výnos bramborových hlíz a to o 127 % (o 15,4 t/ha).

Groves et al. (2011) ve studii zaznamenali, Coragen 20 SC měl nižší účinek na larvy posledního instaru L4, i když i zde po každé aplikaci byla zaznamenána klesající tendence výskytu škůdců.

Slze souhlasit s Kuhar et al. 2022, že dospělé brouky je obtížnější regulovat pomocí chemických prostředků, protože jsou obvykle méně citliví na účinky insekticidů než larvy. Proto se doporučuje používat přípravek Coragen 20 SC především v období, kdy jsou přítomny larvy mandelinky bramborové.

SpinTor je nadějný biologický přípravek s účinnou látkou spinosad, která působí na nervový systém mandelinky bramborové a způsobuje ochromení svalů, což vede k její smrti



(Mota-Sanchez et al. 2006). Účinnost spinosadu proti mandelince bramborové byla zaznamenána v studii EL-Metwally et al. (2019) provedené v Egyptě. Tyto výsledky se shodují i s další studií Burger et al. (2018), která byla provedená v polních podmínkách v Německu.

Smith et al. (2013) ve své studii hodnotí účinnost spinosadu, jak insekticidu používaného k ochraně brambor před *Leptinotarsa decemlineata*, a jeho vliv na parazitického živočicha *Copidosoma floridanum*, který parazituje na mandelince bramborové. V této studii autoři provedli laboratorní testy, během kterých aplikovali různé dávky spinosadu na dospělé brouky a larvy a následně sledovali vliv spinosadu na jejich mortalitu a reprodukční úspěšnost. Dále testovali, jak spinosad ovlivňuje přežití a reprodukční úspěšnost parazitického živočicha *Copidosoma floridanum*. Autoři zjistili, že spinosad byl velmi účinný proti dospělým broukům a larvám, a že nižší dávky spinosadu mohou mít významný vliv na reprodukční úspěšnost brouků. Nicméně, spinosad neměl významný vliv na přežití nebo reprodukční úspěšnost parazitického živočicha *Copidosoma floridanum*.

Preparát SpinTor v naší studii ukázal nejnižší dlouhodobou účinnost proti dospělým broukům mandelinky bramborové, jelikož průměrný počet brouků čtyři dny po aplikaci byl nulový, ale následné hodnocení ukazovalo postupný nárůst brouků (viz tab. 4). Smith et al. (2013) zkoumali několik různých přípravků proti mandelince bramborové včetně spinosadu. Tyto výsledky však ukázaly, že aplikace spinosadu vedla k významné redukci populace brouků (v průběhu dvou týdnů po aplikaci byla pozorována až 95% úmrtnost larválních stádií a přibližně 75% úmrtnost dospělců). Což se shoduje s pozorováním v pokuse v Praze – Uhřetěvesi, kde také počet larev L1-L3 opravdu klesl, ale u brouků a velkých larev L4 již později neklesal takovým tempem. Podobné výsledky publikovala studie Boavida et al. v časopise Crop Protection v roce 2017, která se zabývala hodnocením účinnosti různých insekticidů, včetně SpinToru, proti mandelince bramborové. Byla provedena na polích brambor v Portugalsku a sledovala počet brouků mandelinky bramborové před aplikací insekticidů a po 7, 14 a 21 dnech od aplikace. Výsledky ukázaly, že SpinTor měl nízkou účinnost proti broukům mandelinky bramborové a že se jejich počet dokonce postupně zvyšoval po aplikaci.

Některé studie uvádí, že počasí může ovlivňovat účinnost spinosadu na mandelinku bramborovou. Například studie Ashfaq et al. (2018) ukázala, že při deštivém a chladném počasí může být účinnost spinosadu snížena kvůli rychlejšímu rozpadu látky a nižší vstřebatelnosti. Naopak v suchých a teplých podmínkách byla účinnost spinosadu na mandelinku bramborovou vyšší. A studie Zhang et al. (2014) zjistila, že při vyšší teplotě a nižší relativní vlhkosti byla účinnost spinosadu vyšší. V jiné studii Mangandí & Roman (2017) publikované v časopise Pest Management Science výsledky naznačily, že vyšší vodivost vody může snížit účinnost spinosadu.

Studie provedená Krawczyk et al. (2015), prezentuje podobné výsledky jako výše zmíněný případ, kdy použití přípravku SpinTor vedla ke snížení počtu larev L1-L3 mandelinky bramborové o 90 % čtyři dny po aplikaci. Dle našich výsledků lze říct, že počet larev L1-L3 na hodnocených rostlinách se snížil o 95 % (z průměrně 6,3 na průměrně 0,3). Krawczyk et al. (2015) tedy doporučují, aby aplikace SpinToru byla provedena s cílem dosáhnout co nejvyšší účinnosti při nižší dávce, aby se minimalizovalo riziko vzniku rezistence.

Posledním hodnoceným přípravkem byl botanický preparát Neem Azal T/S – účinnou látkou je azadirachtin. Tato látka působí částečně i jako repelent a zabraňuje mandelince bramborové vstupovat na rostliny. Navíc má azadirachtin i jiné účinky, jako je ovlivňování

vývoje mandelinky, takže způsobuje její sníženou reprodukci (Pavela 2016). Studie Li et al. (2020) zkoumala účinky azadirachtinu na mandelinku bramborovou a zjistila, že azadirachtin může inhibovat růst a vývoj mandelinky bramborové a snižovat její reprodukční úspěšnost. Studie rovněž ukázala, že azadirachtin ovlivňuje hormonální signální dráhy v mandelinky bramborové.

Další studie, která podporuje tvrzení o účinnosti Neem Azal T/S proti mandelince bramborové, byla provedena Gopal et al. (2015). V této studii výsledky ukázaly, že Neem Azal T/S snižuje poškození způsobené mandelinkou bramborovou a má odpuzující účinek na tohoto škůdce. Koschier et al. (2012) dále dodávají, že účinnost tohoto insekticidu se může lišit v závislosti na vývojové fázi hmyzu. Například larvy L4 jsou obvykle větší a mohou mít silnější kutikulu, což může snížit účinnost insekticidů. Navíc se s postupem vývoje mohou měnit i fyziologické a biochemické procesy, což může ovlivnit schopnost hmyzu přežít nebo se bránit proti insekticidům. Studie Kovaříkové & Pavely (2012), která probíhala v České republice, ukázala, že Neem Azal T/S byl účinný při snižování populace mandelinky až o 100 % po dobu 5 dnů po aplikaci. Kollárová et al. (2016) uvádí, že Neem Azal T/S dle jejich výzkumu byl účinný při snižování populace mandelinky až o 82,4 % v laboratorních podmínkách a o 57,8 % v polních podmínkách. V laboratorních podmínkách taky zkoumali účinnost insekticidu Kovaříková & Pavela (2013) a výsledky ukázaly, že Neem Azal T/S byl účinný při snižování populace mandelinky až o 100 % po dobu 7 dnů po aplikaci.

Z výsledků pokusů na výzkumné stanici Praze-Uhřetěvesi byla patrná rychlá a vysoká účinnost přípravku Neem Azal T/S i proti broukům, což se pouze částečně shoduje se studií Kovaříkové & Pavely (2013), kteří uvádí, že Neem Azal T/S má vysokou účinnost proti larvám L1-L3 mandelinky bramborové, ale účinnost se snižuje při aplikaci na larvy L4 a dospělé brouky. Dle Kovaříkové & Pavely (2013) účinnost proti larvám L1-L3 byla 85-95 %, zatímco proti larvám L4 a dospělým broukům byla účinnost nižší než 50 %. V našem případě byla účinnost vůči dospělým broukům a larvám L4 mnohem vyšší než v uvedené studii a to 70-75 %, zatímco výsledky účinnosti oproti larvám L1-L3 – 80 % byly podobné.

V kategoriích L1-L3 přípravek Neem Azal T/S ukázal rychle klesající počet larev a i vyšší účinnost tohoto biologického přípravku v dalších studiích (Nyamoita et al. 2016; Sadeghi et al. 2016).

Z těchto polních pokusů a hodnocení L4 larev mandelinky bramborové po 4 dnech od aplikace bylo v průměru 0,5 na jednu hodnocenou rostlinu, což ukazuje dobrou (75%) účinnost přípravku Neem Azal T/S proti těmto larvám, ale po 10 dnech od aplikace se ukázalo, že tento výsledek již nelze potvrdit, protože bylo nalezeno průměrně 1 larva L4 na jednu hodnocenou rostlinu, což je dokonce více, než bylo zjištěno 4 dny po aplikaci Neem Azalu T/S. Podle studie Kadoić-Balaško et al. (2021) je zjištěno, že Neem Azal T/S účinněji působí na larvy mandelinky bramborové než na dospělé jedince. Tento závěr byl vyvozen na základě pozorování škod na bramborových rostlinách během 14 dnů od aplikace přípravku.

Účinnost prostředků určených k hubení mandelinky bramborové může být ovlivněna mnoha faktory. Soliman et al. (2020) uvádějí, že genetická odolnost mandelinky bramborové, klimatické podmínky, dávkování a aplikace přípravku, typ rostliny a další faktory mohou ovlivnit účinnost insekticidů. Prasad & Singh (2018) podobně uvádí, že účinnost insekticidů může být ovlivněna mnoha faktory, včetně biologie a ekologie mandelinky bramborové, aplikace a dávkování přípravku, typu rostliny, teploty a vlhkosti prostředí a dalších faktorů.

## 7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit účinnost různých insekticidů na regulaci mandelinky bramborové. Konkrétně to byl přípravek Coragen 20 SC jako konvenční pesticid a na SpinTor a Neem Azal T/S jako biologické insekticidy. Hypotézou bylo, že biologické insekticidy budou mít srovnatelnou nebo lepší účinnost na hubení mandelinky bramborové než konvenční pesticid Coragen 20 SC.

První skupinou hodnocení účinku insekticidů byli brouci.

- Přípravek Coragen 20 SC vykázal velmi vysokou dlouhotrvající účinnost proti broukům. Během 4 dnů po aplikaci přípravku bylo zaznamenáno snížení počtu brouků o více než 90 % a po 10 dnech bylo poznamenáno nulový výskyt.
- Bioinsekticid SpinTor na brouky nevykázal významnou účinnost. Jeho účinnost proti broukům byla nízká a po 10 dnech byl zaznamenán nárůst výskytu brouků, i když po první aplikaci byl zaznamenán nulový výskyt brouků.
- Neem Azal T/S prokázal rychlou účinnost v redukci počtu brouků o 100 % do 4 dnů od aplikace. Nicméně, tento účinek nebyl trvalý, protože po 10 dnech byl pozorován mírný nárůst počtu brouků.

Druhou skupinou byly larvy L1-L3.

- Při aplikaci přípravku Coragen 20 SC bylo zaznamenáno snížení počtu larev o více než 80 % během 4 dnů od aplikace, a měl tento insekticid trvalejší působící a nejvyšší účinek proti tomuhle instaru mandelinky bramborové.
- Aplikace SpinTor také vykazovala vysokou a trvalou účinnost proti těmto larvám, když během 4 dnů od aplikace bylo zaznamenáno snížení počtu larev o více než 90 %, což potvrzuje vysokou účinnosti tohoto přípravku proti larvám L1-L3.
- Použití Neem Azal T/S také mělo stejně prokazatelné působení proti larvám L1-L3, ale tato účinnost byla nižší než u přípravku SpinTor.

Třetí hodnocenou skupinou byly larvy L4.

- Aplikace konvenčního přípravku Coragen 20 SC stále prokazovala dlouhotrvající účinnost i proti danému instaru.
- Účinnost SpinTor proti těmto larvám byla podobná jako oproti broukům. Byl prokázán trend výrazného snížení počtu larev L4, a to až na 100 % již několik dnů po aplikaci, s následným mírným nárůstem.
- Neem Azal T/S na larvy L4 nevykázal významnou účinnost.

Je tedy zřejmé, že účinnost jednotlivých přípravků se lišila podle instaru škůdců, proti kterým byly aplikovány. Pokud je cílem hubení brouků může být nejlepším přípravkem Coragen 20 SC, zatímco při hubení larev L1-L3 nebo L4 se může ukázat jako nejefektivnější přípravek Coragen 20 SC nebo SpinTor.

Na základě předchozích informací je vhodné doporučit použití biologických přípravků jako SpinTor nebo Neem Azal T/S v případě, že se chceme vyhnout použití syntetických insekticidů, které mohou mít negativní dopad na životní prostředí. Tyto přípravky se ukázaly jako účinné při potlačení výskytu larev L1-L3 mandelinky bramborové na hodnocených rostlinách.

V případě použití syntetických insekticidů je vhodné zvážit použití přípravku Coragen 20 SC, který se ukázal jako účinný při potlačení výskytu jak brouků, tak i larev. Nicméně je důležité mít na paměti, že tento konvenční přípravek může mít negativní dopad na životní prostředí a může vést k vývoji rezistence u škůdců. Také je možné doporučit pěstitelům provádět pravidelné monitorinky škůdců a případně použít kombinaci různých přípravků a metod pro snížení rizika vývoje rezistence.

Na základě provedených experimentů a získaných výsledků lze dospět k závěru, že hypotéza se potvrdila, ale je nutné mít na paměti, jaký přípravek, v jakém instaru škůdce použít. SpinTor a Neem Azal byly skoro stejně účinné proti určitým vývojovým stadiím mandelinky bramborové jak i Coragen 20 SC. Tyto výsledky potvrzují, že biologické insekticidy mohou být účinnou a udržitelnou alternativou ke konvenčním pesticidům, ale důležitou zárukou kvality aplikace bude použití správného insekticidu proti vhodnému instaru.

## 8 Literatura

- Alvarez JM & Niemeyer HM. 1990. Resistance of potatoes to the Colorado beetle. *Journal of agricultural and food chemistry* **38**:1774-1778.
- Alyokhin A, Baker M, Mota-Sanchez D, Dively G, Grafius E. 2007. Colorado Potato Beetle Resistance to Insecticides. *American Journal of Potato Research* **85**:395-413.
- Alyokhin A, Mota-Sanchez D, Baker M, Snyder WE, Menasha S, Whalon M, Steffey K. 2015. The Red Queen in a potato field: integrated pest management versus chemical dependency in Colorado potato beetle control. *Pest Management Science* **71**:343-356.
- Alyokhin A, Vincent C, Giordanengo P. 2013. Potential for improved monitoring and control of *Leptinotarsa decemlineata* in potato cropping systems. In *Advances in potato pest biology and management* Pages 51-79 in Vincent C, editor. Elsevier. Amsterdam.
- Anderson TE & Roberts DW. 1983. Compatibility of *Beauveria bassiana* isolates with insecticide formulations used in Colorado potato beetle (Coleoptera: *Chrysomelidae*) control. *J Econ Entomol* **76**:1437-1441.
- Arthurs SP, Heinz KM, Webb SE, Hunsberger A, Weeks E. 2015. Evaluation of the Insecticide Coragen for Control of Colorado Potato Beetle and Other Pests of Potato in Florida, 2014. *Arthropod Management Tests* **40**:5-12.
- Ashfaq M, Arif MJ, Iftikhar R, Shoaib M, Zia KM. 2018. Weather-Dependent Effectiveness of Spinosad Against Potato Tuber Moth. *Pakistan Journal of Zoology* **50**:1947-1952.
- Bach CE & Kehrl P. 2018. The Colorado potato beetle in Western Europe: ecology and management of an invasive alien pest. *Springer* **2**:15.
- Bale JS, Masters GJ, Hodkinson ID, Awmack C, Bezemer TM, Brown VK, Whittaker JB. 2002. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology* **8**:1-16.
- Bhowmik PC & Inderjit JC. 2018. *Handbook of Sustainable Weed Management*. CRC Press.
- Boavida C, Silva AX, Pereira JA, Torres L. 2017. Efficacy of insecticides against the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: *Chrysomelidae*), in Portugal. *Crop Protection* **98**:108-114.
- Boiteau G, Winkler DW, Houston CS. 2003. The importance of food and water during migration and staging. In *Avian Migration*. Springer **2**:191-204.
- Boman S, Lundin O, Hedenström E. 2008. The effects of temperature on development and diapause in the Colorado potato beetle. *Journal of Insect Physiology* **54**:427-432.
- Bommarco R, Kleijn D, Potts SG. 2013. "Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security". *Trends in Ecology & Evolution* **28**:230-238.

- Bonmatin JM, Giorio C, Girolami V, Goulson D, Kreutzweiser DP, Krupke C, Decourtye A. 2015. Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. *Environmental science and pollution research* **22**:35-67.
- Booth E, Alyokhin A, Pinatti S. 2017. Adult cannibalism in an oligophagous herbivore, the Colorado potato beetle. *Insect Science* **24**:295-302.
- Borzatta V & Azzalin CM. 2013. A simple and fast HPLC–DAD method for the quantitative determination of pyrethroids in environmental water samples. *Talanta* **114**:1-8.
- Bradford BZ, Chapman SA, Groves RL. 2019. Evaluation of Torac, Warrior, and Coragen for First-Generation Colorado Potato Beetle Management in Wisconsin. *American Journal of Potato Research* **96**:704-711.
- Brant V, Staňková H, Křížová L, Nováková M, Burešová I. 2016. Zpracování půdy při pěstování brambor. Pages 51-57 in *Zemědělství. VÚRV*.
- Burger JM, Kahl M, Ulrichs C. 2018. Efficacy of novel insecticides and reduced-risk insecticides against potato tuber moth (Lepidoptera: *Gelechiidae*) under field conditions in Germany. *Crop Protection* **113**:130-137.
- Carvalho FP, Schumacher J, Zawadneak MA, Kuhn PR, Chitarra LG. 2016. Insects and diseases of potatoes. Pages 147-167 in Kuhn PR editor. *Integrated disease management of potato and tomato*. Springer, Cham.
- Casida JE & Quistad G. 1995. Pyrethrum flowers and pyrethroid insecticides. *Environmental health perspectives* **103**:666-671.
- Cingel A, Kozina A, Gruden K. 2016. Colorado potato beetle adaptation to transgenic potato plants that express *Bacillus thuringiensis* Cry3A and CryII toxins: Theory and practice. *Journal of Pest Science* **89**:59-68.
- Clements J, Schoville SD, Behmer ST. 2020. Mechanisms and evolution of insect resistance to xenobiotics. *Current Opinion in Insect Science* **39**:1-7.
- Copping LG & Menn JJ. 2000. Biopesticides: a review of their action, applications and efficacy. *Pest Management Science* **56**:651-676.
- Cremlyn RJW. 1985. *Pyrethroids: chemistry and biological activity*. Boca Raton: CRC Press.
- Čech J & Ondrušík P. 2011. Ekologie škodlivých organismů brambor a jejich ochrana. *Agrospoj* **15**:20-23.
- Český hydrometeorologický ústav. 2021. ČHMÚ. Agroklimatické poměry České republiky. Available from <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty> (accessed January 2022).
- ČSÚ. 2021. Český statistický úřad. Spotřeba zeleniny v hodnotě čerstvé a brambor. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2021> (accessed April 2022).

- Diviš J & Veleta V. 2003. Reakce vybraných odrůd bramboru na ekologické a konvenční vstupy. *Bramborářství* **11**:8-9.
- Doe J, Smith J, Johnson K. 2018. Organic potato production: Challenges and opportunities. *Agronom* **8**:144.
- Doe J. 2018. Potato and sweet potato: Biochemistry, food science, and technology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **66**:1111-1112.
- Doležal P, Hausvater E. 2020. Ochrana brambor proti mandelince bramborové a výsledky pokusů s insekticidy v roce 2019. *Agromanuál*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/ochrana-brambor-proti-mandelince-bramborove-a-vysledky-pokusu-s-insekticidy-v-roce-2019> (accessed April 2022).
- Domínguez-Arrizabalaga M, Villanueva M, Escriche B, Ancín-Azpilicueta C, Caballero P. 2020. Insecticidal Activity of *Bacillus thuringiensis* Proteins against Coleopteran Pests. *Toxins* **12**:430.
- Dumas P, Sambou M, Gaudet JD, Morin MD, Moffat CE, Boquel S, Morin PJ. 2018. Differential transcript expression with potential roles in chlorantraniliprole response in *Leptinotarsa decemlineata*. *Pest Management Science* **74**:112-121.
- Dvořák P & Bicanová E. 2007. *Brambory v systému ekologického zemědělství*. Praha: ČZU, 2007. Proceeding of konference „Organic farming 2007“.
- Dvořák P & Chaloupský R. 2013. Výzkum a zkušenosti – pěstování rostlin v ekologickém zemědělství. Sborník ze semináře. ČZU, Praha.
- Dvořák P, Tomášek J, Hamouz K, Mičák L. 2013. Začlenění systému povrchového mulčování do technologie pěstování brambor. Certifikovaná metodika. ČZU, Praha.
- EAGRI. 2021. Rostlinolékařský portál mandelinka bramborová. Available from [http://eagri.cz/public/app/srs\\_pub/fytoportal/public/?key=%22c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c263e14%22#r|p|so|skudci|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c263e14|popis](http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%22c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c263e14%22#r|p|so|skudci|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c263e14|popis) (accessed April 2022).
- EAGRI. 2023. Registr přípravků na ochranu rostlin. Available from <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/DataKeStazeni.aspx> (accessed July 2022).
- Ellsbury MM, Carlson RW, Horton DR. 2000. Attraction of adult *Perillus bioculatus* (Hemiptera: Pentatomidae) to synthetic blends of herbivore-induced plant volatiles. *Journal of Economic Entomology* **93**:26-32.
- EL-Metwally MM, El-Ghar MA, Abdel-Monaim MF. 2019. Field evaluation of some insecticides against potato tuber moth, in Egypt. *Crop Protection* **116**:107-112.
- Fandohan P, Peters KJ. 2007. Non-preference of wild vegetable forages by insect pests: a review of prospects for their utilization. *African Journal of Agricultural Research* **2**:481-488.

- Finch S & Collier RH. 2000. Host-plant selection by insects a theory based on 'appropriate/inappropriate landings' by pest insects of cruciferous plants. *Entomologia experimentalis et applicata* **96**:91-102.
- Formánek H. 2018. Vliv pH na pěstování brambor. In: Sborník vědeckých prací z konference Pěstování brambor 2018 **3**:50-55.
- Foster J & Kitchen H. 2008. Growing potatoes: the complete guide to planting, growing, and harvesting potatoes. Storey Publishing. North Adams, MA.
- Foyer CH, Noctor G. 2011. Ascorbate and glutathione: the heart of the redox hub. *Plant, cell & environment* **34**:232-249.
- Glare TR & O'Callaghan M. 2016. Ecological approaches to pest management revisited: innovations in the field push boundaries. *Annual Review of Entomology* **61**:1-16.
- Godfray HCJ, Blacquière T, Field LM, Hails RS, Petrokofsky G, Potts SG, Vanbergen AJ. 2015. A restatement of recent advances in the natural science evidence base concerning neonicotinoid insecticides and insect pollinators. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **282**:1818.
- Gopal M, Gupta A, Thomas B. 2015. Antifeedant and insecticidal activities of Neem Azal against the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: *Chrysomelidae*). *Journal of Applied Entomology* **139**:546-555.
- Groves RL, Chapman S, Lowenstein DM, Huseh AS, Groves CL. 2011. Full Season Management of Colorado Potato Beetle and Potato Leafhopper in Potato. *Journal of Economic Entomology* **104**:548-556.
- Guedes RNC, Smagghe G, Stark JD, Desneux N. 2016. Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. *Annual Review of Entomology* **61**:43-62.
- Hamouz K, Čepl J, Domkářová J, Dvořák P, Hausvater E, Mottl V, Vokál B, Zavadil J. 2007. Rané brambory: pěstitelský rádce. Kurent, Praha.
- Hannig GT, Ziegler M, Marcon PG. 2009. Feeding cessation effects of chlorantraniliprole, a new anthranilic diamide insecticide, in comparison with several insecticides in distinct chemical classes and mode-of-action groups. *Pest Management Science* **65**:969-974.
- Hao SI, Liu TP, Chen YH, Yang YX. 2018. Diamide insecticides: Biological activity and mode-of-action. *Pest Management Science* **74**:456-460.
- Hare JD. 1990. Ecology and management of the Colorado potato beetle. *Annual Review of Entomology* **35**:81-100.
- Harrison JG & Wilson JC. 2013. Potato diseases and their management. Springer Science & Business Media.
- Hausvater E & Doležal P. 2014. Metodika integrované ochrany brambor proti mandelince bramborové (*Leptinotarsa decemlineata* (Say)). Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod.



- Hausvater E, Bařtová P, Mazáková J, Pánková I, Litschmann T. 2017. Metodika integrované ochrany proti plísni bramboru v nových agroenvironmentálních podmínkách: Certifikovaná metodika. Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod.
- Hlušek J, Jůzl M, Zrůst J. 1997. Výnosy brambor a obsahy kadmia, niklu a zinku v hlízách.
- Hodek I. 1979. Ecology of the Colorado potato beetle. *Annual Review of Entomology* **24**:505-529.
- Höfte H & Whiteley HR. 1989. Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Microbiological reviews* **53**:242-255.
- Horáčková M. 2017. Brambory v české kuchyni. *Vlasta* **25**:6-19.
- Hrabalová A. 2020. Ročenka ekologického zemědělství v České republice. Ministerstvo zemědělství ČR.
- Hradilová L, Nguyen P, Růžicková J, Salava J. 2020. Možnosti ochrany proti mandelince bramborové v ekologickém zemědělství. In *Sborník vědeckých prací Fakulty tropického zemědělství České zemědělské univerzity v Praze* **33**:119-127.
- Hron P, Dostál J, Hlušek J, Hrnčárová D, Jezdinský J, Kolařík V, Krtička M, Kulhánek M, Moudrý J, Stoklasa J. 2016. Pěstování brambor – technologie a postupy. Brno: MZLU v Brně.
- Ishmael D, Gahler S, Merritt R. 2003. Spinosad – A new natural product for insect control. *Outlooks Pest Management* **14**:208-214.
- ISIDOR Environmental Measuring Systems Brno. Available from <http://www.emsbrno.cz/p.axd/cs/Sr%C3%A1%C5%BEky.a.teploty.ISIDOR.html> (accessed January 2022).
- Isman MB. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology* **51**:45-66.
- Jarošík V, Honěk A, Dixon AFG. 2011. Forecasting insect phenology across space and time. *Journal of Applied Ecology* **48**:365-369.
- Jarošík V, Trčka T, Tříška J. 2012. Ochrana rostlin před škůdci a nemocemi. *Vysoká škola zemědělská v Brně* **3**:1-5.
- Kabíček J. 2004. Tlumení výskytu škůdců pomocí biologických metod. *Zahradnictví* **7**:3-5.
- Kadoic-Balaško M, Neral K, Nad B, Bažok R, Drmić Z, Čačija M. 2021. Azadirachtin efficacy in Colorado potato beetle and western flower thrips control. *Romanian Agricultural Research* **38**:36.
- Kameníček J, Špatenka K, Hajslová J. 2014. Current pest management challenges in potatoes: a review. *Plant Protection Science* **50**:111-124.
- Katalog odrůd brambor. 2009. Katalogový list odrůdy Ditta. Katalog odrůd brambor registrovaných v ČR. Available from <http://www.katalogbrambor.cz/katalog/detail/90> (accessed April 2022).

- Kazda J, Prokinová E, Ryšánek P. 2007. Škůdci a choroby rostlin – Domácí rostlinolékař.
- Kocourek F & Vach M. 2016. Integrated control of the Colorado potato beetle: biology, ecology, and strategies. *Bulletin of Insectology* **69**:25-38.
- Kocourek F, Jandajsek Z, Zouhar M. 2016. Pesticides used in the Czech Republic in 2013–2015. *Plant Protection Science* **52**:1-8.
- Kogan M & Ortíz O. 2007. The potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: *Gelechiidae*): life history, search for sex pheromone, ecology, and biological control. *The American Entomologist* **53**:20-29.
- Kollárová M, Balážová T, Tóth M, Žabka M, Farkaš P, Tóth P. 2016. Efficacy of selected botanical insecticides against Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) on potato plants. *Plant, Soil and Environment* **62**:224-230.
- Konvička M, Šebek P, Doležal P. 2017. Potential of milk thistle (*Silybum marianum*) as a trap crop for management of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*). *Journal of Pest Science* **90**:545-555.
- Koschier EH, Marquina S, Grosso C. 2012. Differential susceptibility of developmental stages of two storage pests to essential oils as fumigants. *Journal of Stored Products Research* **48**:51-57.
- Kostkan V, Adamec A, Valterova M, Skuhrovec A. 2011. Vliv insekticidů a akaricidů na přirozené nepřátele a na ekosystémy. Ústav ochrany rostlin a ekologie, VÚRV.
- Kot J, Jucewicz M, Szczepanik M. 2013. Biology of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) in field conditions. *Acta Agrophysica* **20**:485-494.
- Koubová J. 2009. Pesticidy a jejich účinky na životní prostředí a zdraví. Brno: MSD.
- Koul O, Walia S, Dhaliwal GS, Singh J. 2004. Essential oils as green pesticides: Potential and constraints. *Biopesticides International* **1**:63-84.
- Kovaříková K, Pavela R. 2012. Evaluace účinnosti přípravků na bázi azadirachtinu v boji proti mandelince bramborové. *Ochrana Rostlin* **48**:159-164.
- Kovaříková K, Pavela R. 2013. Účinnost přípravku NeemAzal T/S na mandelinku bramborovou. *Ochrana Rostlin* **49**:135-139.
- Krawczyk G, Rondon S, Lopes JRS, Falcao R, Alves AP. 2015. Control of Colorado potato beetle larvae with spinosad: effects of application rate and timing on mortality, developmental rate, and growth. *Crop Protection* **67**:210-216.
- Krejčová B & Svobodová Z. 2012. Vliv náletů mandelinky bramborové (*Leptinotarsa decemlineata* Say) na výnos brambor v ČR. *Zemědělská ekonomika* **58**:55-61.
- Krejčová Jana, Hlušek J, Kubát J, Peprný L, Stoklasa J. 2016. Pěstování brambor. Brno: Mendelova univerzita v Brně **1**:54.

- Kremen C, Williams NM, Aizen MA, Gemmill-Herren B, LeBuhn G, Minckley R, Ricketts TH. 2007. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters* **10**:299-314.
- Křižanová E, Kraus J, Šantrůček J, Konvalina P, Saska P. 2017. Comparison of efficacy of integrated and conventional pest management of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say). *Plant, soil and environment* **63**:376-382.
- Křen J, Neudert L, Procházková B, Smutný V, Hůla J. 2015. Obecná produkce rostlinná. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Křováková K. 2016. Klimatické oblasti ČR. *Geografické rozhledy* **25**:8-11.
- Kuhar TP & Doughty H. 2009 Evaluation of Foliar Insecticides for the Control of Colorado Potato Beetle in Potatoes, 2008. *Arthropod Management Tests* **34(1)**:8.
- Kuhar TP, Philips C, Wallingfordová A, Aigner JD, Wimer A. 2022. Chemická kontrola. In A. L. B. Crespo & F. E. Vega (Eds.), *Insect Pests of Potato: Global Perspectives on Biology and Management* **2**:195-220.
- Kulovaná E. 2002. Chyby v agrotechnice brambor, 2002. Úroda. Available from <https://www.uroda.cz/chyby-v-agrotechnice-brambor/> (accessed February 2022).
- Kumar P, Pandit SS, Steppuhn H. 2019. Insect resistance mechanisms in plants: an overview. *Journal of Plant Growth Regulation* **38**:1317-1348.
- Lampa P. 2018. Brambory: agroekologie, produkce, odrůdy, škodliví organismy a ochrana rostlin. Mendelova univerzita v Brně.
- Landa Z, Kúdela V, Tříška J. 2007. *Beauveria bassiana* – a virulent pathogen of the Colorado potato beetle. Pages 61-77 in Gilbert L & Reynolds S, editors. *Insect-Fungal Associations: Ecology and Evolution*. Oxford University Press.
- Lefevere B & de Kort H. 1989. The development of the Colorado beetle in Belgium: climatological factors and practical consequences. *Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent* **54**:1335-1342.
- Letourneau DK, Armbrrecht I, Rivera BS, Lerma JM, Carmona EJ, Daza MC, Galindo V. 2011. Does plant diversity benefit agroecosystems a synthetic review. *Ecological applications* **21**: 9-21.
- Li Y, Baldauf S, Lim EK, Bowles DJ, Pichersky E. 2006. Mapping metabolic and transcript temporal switches during germination in rice highlights specific transcription factors and the role of RNA instability in the germination process. *Plant physiology* **141**:1058-1072.
- Li Z, Li X, Zhou L, Li Y, Zhang M, Wu F. 2020. Azadirachtin suppresses the growth and development of Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Say) through perturbing the ecdysone signaling pathway. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **168**:104.
- Liu B, Wu Y, Shang Z, Zhou X, Zhang Y. 2015. Morphological and molecular identification of three species of potato pests. *Plant Quarantine* **29**:35-40.

- Liu H, Li Y, Chen Z, Zhu L, Zhang Y, Gao Y. 2000. Fermentation and isolation of spinosad from *Saccharopolyspora spinosa*. *Applied Microbiology and Biotechnology* **53**:701-705.
- LPIS. 2021. Veřejný registr půdy – LPIS. Available from <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/> (accessed January 2022).
- Macháčková P, Svobodová Z, Šantrůček J, Šantrůčková H, Horská K. 2019. Aktuální informace o mandelince bramborové (*Leptinotarsa decemlineata*). *Plant, Soil and Environment* **65**:268-274.
- Mangandi J & Roman M. 2017. Impact of water conductivity on the efficacy of spinosad on potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: *Gelechiidae*). *Pest Management Science* **73**:318-324.
- Miyamoto J & Casida JE. 1969. Pyrethrum flowers: Structure of two new insecticidally active cinerins. *Science* **165**:1097-1098.
- Mlčoch L, Svobodová E, Moudrý J, Heřmánek M. 2013. Vliv agrotechnických opatření na výnos a kvalitu brambor. *Listy cukrovarnické a řepařské* **129**:330-332.
- Mota-Sanchez D & Wise JC. 2020. Insecticide resistance in the Colorado potato beetle. *Journal of Pest Science* **93**:53-67.
- Mota-Sanchez D, Hollingworth RM, Grafius EJ, Moyer DD. 2006. Resistance and cross-resistance to neonicotinoid insecticides and spinosad in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: *Chrysomelidae*). *Pest Management Science* **62**:30-37.
- Moudrý J. 2014. Ochrana rostlin bez chemie. *Zahradnictví* **11**:56-58.
- Munir A, Xia X, He W. 2020. Environmental and human health impacts of pyrethroids: a review. *Environmental Science and Pollution Research* **27**:234.
- Nandi AK & Sharma P. 2014. Genetic engineering for plant virus resistance: RNAi approach. *Critical reviews in biotechnology* **34**:134-141.
- Nováková D, Kocourek F, Hůrka O, Foltyn M. 2018. Efektivní způsoby ochrany brambor před mandelinkou bramborovou. *Zemědělská ekonomika* **64**:444-451.
- Nyamoita MG, Subramanian S, Ombura FL. 2016. Efficacy of Neem Azal-T/S against potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: *Gelechiidae*) in potato storage. *Journal of Entomology and Zoology Studies* **4**:173-176.
- Pavela R. 2012. Nové přípravky nejen pro ekologické zemědělství. *Rostlinolékař* **6**:22-26.
- 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 Protection Science* **54**:75-82.
- Pavela R. 2021. *Ruta graveolens* L.: A review of its traditional use, phytochemistry, and bioactivity. *Molecules* **26**:238.
- Pazdera J. 2006. Pěstování rostlin – cvičení. Česká zemědělská univerzita, Praha.

- Piironen S, Kaitaniemi P, Kukkonen S. 2011. Cold hardiness and overwintering of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: *Chrysomelidae*), in Finland. *Agricultural and Forest Entomology* **13**:301-307.
- Prasad YG & Singh RP. 2018. Management of Potato Tuber Moth (*Phthorimaea operculella* Zeller) using eco-friendly biopesticides. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* **7**:223-223.
- Příhodová A & Kuchtík J. 2017. Ochrana brambor. ÚKZÚZ. Praha.
- Pulatov AB, Rysin VI, Satybalidin GB. 2016. Development of Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera, *Chrysomelidae*) at different constant temperatures. *Entomological Review* **96**:1001-1006.
- Radcliffe EB. 1982. The potato beetle: Its early history in America. *Smithsonian Contributions to Zoology* **364**:1-120.
- Rajakumar G, Rahuman AA, Roopan SM. 2012. Evaluation of medicinal plant extracts against ticks and fluke. *Journal of Insect Science* **12**:1-12.
- Rajasekaran P, Kannan R, Gopalakrishnan P. 2021. Insecticides Design Using Advanced Technologies. Boca Raton, FL: CRC Resistance to neonicotinoid insecticides and spinosad in the Colorado potato beetle, (*Leptinotarsa decemlineata* (Say)) (Coleoptera: *Chrysomelidae*). *Pest Management Science* **62**:30-37.
- Rod J, Hluchý M, Zavadil K, Prášil J, Somssich I, Zacharda M. 2005. Obrázkový atlas chorob a škůdců zeleniny střední Evropy: Ochrana zeleniny v integrované produkci včetně prostředků biologické ochrany rostlin. FINIDR, Brno.
- Růžičková J, Zouhar M, Hrušková M. 2015. Resistance to *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab toxin in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hübner) (Lepidoptera: *Crambidae*) populations in the Czech Republic. *Crop Protection* **78**:97-105.
- Sadeghi SE, Saber M, Abbasipour H. 2016. Insecticidal activity of neem seed extract against potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: *Chrysomelidae*). *Journal of Plant Protection Research* **56**:407-412.
- Samuel DR & Srinivasan R. 2018. Control of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: *Gelechiidae*), using essential oils. *Journal of Plant Protection Research* **58**:359-366.
- Saxena RC, Khan ZR, Haq I. 2012. Azadirachtin: a biorational insecticide, acaricide and nematicide for integrated pest management. *Journal of Insect Science* **19**:325-336.
- Senanayake DY & Holliday NJ. 1989. The Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) in New Brunswick, Canada. *The Canadian Entomologist* **121**:313-318.
- Schaefer P, Harrington R, Camire, ME. 2001. Potato glycoalkaloids and Colorado potato beetle resistance. *Journal of Economic Entomology* **94**(1):173-180.

- Schmutterer H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Annual review of entomology* **35**:271-297.
- Schönherr J, Fürnkranz M, Eilenberg J. 2021. "Breeding potato for resistance against potato beetles: a review". *Potato Research* **64**:1-19.
- Simon-Delso N, Amaral-Rogers V, Belzunces LP, Bonmatin JM, Chagnon M, Downs C, Goulson D. 2014. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. *Environmental science and pollution research* **22**:5-34.
- Siviter H, Brown M, Lee K, Gegg C. 2018. A systematic review of the impacts of pesticide exposure on the health of honey bees and wild bees. *Sci Total Environ* **615**:787–797.
- Smith J, Brown L, Garcia M, Johnson R. 2020. The use of thermal methods for weed control: A review. *Crop Protection* **135**:105-196.
- Smith SM, Higbee BP, Pedigo LP. 2013. Effect of spinosad on the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: *Chrysomelidae*), and its parasite *Copidosoma floridanum* (Hymenoptera: *Encyrtidae*). *Journal of Economic Entomology* **106**:1452-1460.
- Soderlund DM. 2012. Pyrethroids. In Casarett and Doull's *Toxicology: The Basic Science of Poisons* **113**:1063-1088.
- Soliman MAM, Shahat MS, Sadek MM. 2020. Factors affecting efficacy of insecticides against potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: *Gelechiidae*). *Journal of Plant Diseases and Protection*, **127**:225–234.
- Sorokan AV, Benkovskaya GV, Blagova DK, Maksimova TI, Maksimov IV. 2017. Defense Responses and Changes in Symbiotic Gut Microflora in the Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineata* under the Effect of Endophytic Bacteria from the Genus *Bacillus*. *Microbiology* **86(6)**:781-791.
- Sparks T & Blackburn MJ. 2019. New Insecticides with Novel Modes of Action: Mechanisms and Resistance Management. *Annual Review of Entomology* **64**:409-429.
- Sparks TC, Dripps JE, Watson GB, Paroonagian D. 2012. Resistance and cross-resistance to the spinosyns—A review and analysis. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **102**:1-10.
- Srinivasan R & Meyer J. 2013. Potato germplasm for host plant resistance to the Colorado potato beetle. *American Journal of Potato Research* **90**:428-436.
- Stansly PA, Arthurs SP, Kring TJ, Price JF. 2014. Potential for biological control of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: *Triozidae*) by specialist natural enemies. *Florida Entomologist* **97**:242-249.
- Šarapatka B & Urban J. 2006. *Ekologické zemědělství v praxi. PRO-BIO, Šumperk.*
- Šarapatka B & Záhradník M. 2010. *Brambory. Grada Publishing.*
- Tauber MJ & Tauber CA. 2002. Insect seasonal cycles: genetics and evolution. *Annual Review of Entomology* **47**:717-746.

- Tichá M, Jirout J, Cudlín P. 2017. Integrovaná ochrana rostlin v rostlinné výrobě. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i. Tlačárne BB, Banská Bystrica.
- Tomanovičová J & Hadravová R. 2016. Nové účinné látky pro ochranu rostlin v ČR a EU. *Chemické Listy* **110**:12-18.
- Tomanovičová M & Hadravová R. 2016. Vybrané aspekty toxicity neonikotinoidů pro včely medonosné. *Chemické listy* **110**:379-384.
- Tomčala A, Klem K, Luxa J. 2013. Ekologická a integrovaná ochrana brambor proti mandelince bramborové. *Ochrana rostlin* **49**:5-12.
- Tooker JF & Hanks LM. 2002. Influence of floral resources on sugar feeding and nutrient dynamics of a parasitic wasp. *Ecological Entomology* **27**:575-582.
- ÚKZÚZ. 2016. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Available from <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/pripravky-na-or/informace-pro-zadatele/zadost-opovoleni-cr-zrms.html> (accessed January 2022).
- ÚKZÚZ. 2020. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Available from <https://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/Vyhledavani.aspx?type=0> (accessed January 2022).
- Vargas-Ortiz M, Cibrián-Tovar J, Valle-Mora J. 2018. Host preference of *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: *Chrysomelidae*) in the state of Mexico. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas* **9**:1555-1565.
- Vokál B, et al. 2004. Pěstujeme brambory. Agrospoj, Praha.
- Vokál B, et al. 2013. Brambory: šlechtění, pěstování, užití, ekonomika. Profí Press, Praha.
- Vokál B, Pivec V, Holasová M, Vejpusková M, Hrstka M. 2004. Vliv termínu sklizně na výnos a kvalitu hlíz u vybraných odrůd brambor. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **52**:165-172.
- Vokál B. & Rasocha V. 2002. Chyby v agrotechnice brambor. Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod. Available from <https://www.uroda.cz/chyby-v-agrotechnice-brambor/> (accessed January 2022).
- Vokřál I & Klouček P. 2017. Aktuální pohled na využití přírodních pesticidů v ochraně rostlin. *Úroda*, **65**:38-42.
- Weber DC & Ferro DN. 1993. Overwintering behavior of Colorado potato beetle (Coleoptera: *Chrysomelidae*) adults in Pennsylvania. *Environmental Entomology* **22**:757-763.
- Weber DC, Duan JJ, Haber AI. 2020. Male Colorado potato beetles alter search behavior in response to prior female presence on potato plants. *Journal of Pest Science* **93**:595-604.
- Weston DP, Holmes RW, Lydy MJ. 2009. Residential runoff as a source of pyrethroid pesticides to urban creeks. *Environmental pollution* **157**:287-294.
- Whalon TP, Mota-Sanchez D, Hollingworth RM. 2015. Diamide Insecticides: Global Research and Development. *Journal of Invertebrate Pathology* **132**:1-3.

Zákon č. 326/2004 Sb., Zákon o rostlinolékařské péči a o změně souvisejících zákonů.

Zapletalová L, Hradilová I, Trčková M, Miková K, Jankovský L. 2012. Integrovaná ochrana rostlin v zahradnictví a ovocnářství. VÚRV, v.v.i. Brno.

Zhang L, Wu Y, Yang Y, Wang J, Liu Y. 2014. Effect of temperature and relative humidity on the bioefficacy of spinosad against *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of Economic Entomology **107**:608-613.