

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Účinnost přírodních látek při regulaci mandelinky
bramborové v pásmech vodních zdrojů**

Diplomová práce

Bc. Luboš Petříček

Rostlinná produkce

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

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Účinnost přírodních látek při regulaci mandelinky bramborové v pásmech vodních zdrojů" jsem vypracoval 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 autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 23. července 2020

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Petrovi Dvořákovi, Ph.D. za vedení práce, poskytnutí odborné literatury, pomoc s realizací praktické části a zejména za jeho trpělivost při zodpovídání nejrůznějších dotazů.

Účinnost přírodních látek při regulaci mandelinky bramborové v pásmech vodních zdrojů

Souhrn

Mandelinka bramborová je jeden z nejvýznamnějších škůdců na porostech brambor, který má potenciál zcela poškodit výslednou úrodu. Ochrana proti ní je pro odpovídající výnos klíčová a díky rezistenci na řadu účinných látek je nutné si sestavit postřikový plán. To však je díky restrikcím či omezením (např. v ochranných pásmech vodních zdrojů) obtížné a je třeba hledat další možnosti a alternativy. Diplomová práce „Účinnost přírodních látek při regulaci mandelinky bramborové v pásmech vodních zdrojů“ se zabývá hypotézou, zda výskyt brouků a larev mandelinky bramborové lze v porostech brambor úspěšně regulovat dostupnými bio-pesticidy a zda je jejich účinnost srovnatelná s běžně používanými insekticidy. Pro tyto účely byly založeny maloparcelkové pokusy na dvou lokalitách – Praha Uhřetěves a Skoupý na Příbramsku. Na každé lokalitě byly vytvořeny čtyři pokusné varianty (způsoby ošetření). Dva z použitých přípravků na každé lokalitě (NeemAzal a Spintor) byly s obsahem přírodní látky. Jako kontrola pak byly použity klasické přípravky využívající se v konvenčním zemědělství (Coragen a Biscaya - Uhřetěves; Vaztak a Mospilan - Skoupý). Účinnost přípravků byla na obou lokalitách vyhodnocena podle stejných kritérií. Kromě účinnosti přípravků na jednotlivá vývojová stadia mandelinky bramborové, byl hodnocen i vliv na celkový výnos a kvalitu hlíz. Z hlediska účinku na výskyt mandelinky bramborové se jako nejúčinnější jevil přípravek Spintor (72,0% účinnost). NeemAzal dosahoval průměrného účinku 34,4 %. Spintor dosahuje srovnatelných výsledků jako čtyři konvenční přípravky, jejichž průměrná účinnost byla 65,3 %. Na obou lokalitách zaujímaly první místo v celkovém výnosu konvenční přípravky (20,8 t/ha a 19,4 t/ha). Biologický přípravek Spintor se na lokalitě Skoupý umístil na druhém místě (16,9 t/ha), na lokalitě Uhřetěves na třetím místě s výsledkem 17,4 t/ha. Další biologický přípravek NeemAzal obsadil na obou lokalitách poslední místo, na lokalitě Uhřetěves po jeho ošetření dosahovaly porosty výnosu 17,3 t/ha a 16,5 t/ha v lokalitě Skoupý. Jako nejracionálnější řešení pro biologicky šetrnou ochranu proti mandelince bramborové se z výsledků jevil přípravek Spintor. Toto tvrzení bylo ověřeno na obou lokalitách. Kromě uspokojivého účinku na jednotlivá stadia mandelinky bramborové a celkový výnos, je výhodou toho přípravku snadná dostupnost a cenová přijatelnost. Tvrzení je platné při aktuálních klimatických a půdních podmínkách, tlaku škůdce a intenzitě rezistence vůči insekticidům. Hypotézy byly z maloparcelkového pokusu potvrzeny částečně. Zatímco teze o možnosti úspěšné regulace biopesticidy byla potvrzena, nelze zcela přijmout tvrzení, že při použití doposud dvou registrovaných biologických insekticidů je možno dosáhnout srovnatelných účinků, tedy i produkčních. Toto tvrzení bylo potvrzeno jen v lokalitě Skoupý.

Klíčová slova: bio-pesticidy; insekticidy; mandelinka bramborová; výnos hlíz; pásma vodních zdrojů

Determination of efficacy of natural compounds in controlling Colorado Potato Beetle in water resources protection zones

Summary

The potato beetle is one of the most significant pests impacting potato crops and has the potential to completely damage a crop yield. Taking measures to protect against the beetle is critical for an adequate crop yield, and due to its resistance to a number of pesticides it is necessary to draw up an appropriate spray program. However, owing to restrictions or limitations (eg. inwater resource zones) such programs are hindered and so other possibilities and alternatives need to be identified. This diploma thesis "Determination of efficacy of natural compounds in controlling Colorado Potato Beetle in water resources protection zones" examines whether the occurrence of beetles and potato beetle larvae in potato stands can be successfully controlled with available biopesticides, and reflects on the their level of effectiveness when compared to other commonly used insecticides. Accordingly, experiments were carried out on small land plots in the two localities Prague Uhřetěves and in Skoupý close to Příbram. Four types of expirement each with different treatment methods were carried out in each location, two of which contained the natural substances NeemAzal and separately Spintor. Traditional methods used in agriculture for pest control were applied (Coragen and Biscaya in the case of Uhřetěves, and Vaztak and Mospilan in Skoupý). Their effectiveness was appraised in accordance with the same criteria at both locations assessing the stages of evolution of the potato beetle, the impact on the overall crop yield, and a qualitative assessment of the tubers. The application method with Spintor was the most effective in respect of the level of presence of the potato beetle with an efficacy of 72.0 %, compared to NeemAzal with an efficacy of only 34.4 %. The results for Spintor also compared well with the outcomes from the four conventional treatment methods which have an average efficacy of 65.3 %. In terms of total crop yield, traditional methods achieved the best results with 20.8 t/ha at Uhřetěves and 19.4 t/ha at Skoupý, albeit Spintor was the second most effective method at Skoupý with 16.9 t/ha and achieved third position in Uhřetěves with a total crop yield of 17.4 t/ha. NeemAzal achieved the poorest results overall with a total potato crop yield of 17.3 t/ha at Uhřetěves and 16.5 t/ha at Skoupý.

The out comes from the research at both locations demonstrate that Spintor is the most rational choice from those substances tested for a biologically friendly method of protection of potato crops against the potato beetle. Not only does it provide satisfactory results both in terms of its effectiveness on the stages of evolution of the potato beetle and also the total crop yield, but it also readily available and an affordable solution. The conclusions are however based upon current climatic and soil conditions, pest pressure and the intensity of insecticide resistance. Furthermore, these hypotheses are drawn from limited experiments on small land plots. Whilst the research underscores the possibility of the satisfactory regulation of the potato beetle through the application of biopesticides, the comparable analysis of biopesticides shows that the results of some products are not entirely satisfactory, this being particularly evident at Skoupý.

Keywords: biopesticides; insecticides; Colorado Potato Beetle; tuber yield; water resource zones

Obsah

1	Úvod	8
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	9
3	Literární rešerše	10
3.1	Ochrana rostlin v ochranných pásmech vodních zdrojů (OPVZ)	10
3.1.1	Klasifikace ochranných pásem vodních zdrojů	10
3.1.2	Klasifikace a omezení přípravků na ochranu rostlin	10
3.1.3	Znečištění vody	11
3.1.4	Insekticidy využitelné v ochraně brambor v OPVZ	13
3.2	Mandelinka bramborová	15
3.2.1	Anatomie a fyziologie	15
3.2.2	Způsob poškození a rozšíření	16
3.2.3	Brambor hlíznatý	17
3.3	Systémy ochrany proti mandelince bramborové	19
3.3.1	Konvenční způsob ochrany	19
3.3.2	Alternativní způsob ochrany	20
3.4	Výnos a produkce brambor	24
3.4.1	Produkce brambor v ČR	24
3.4.2	Produkce brambor ve světě	25
4	Materiál a metody	26
4.1	Charakteristika pokusného pozemku	26
4.1.1	Lokalita Uhříněves	26
4.1.2	Lokalita Skoupý	29
4.2	Statistické vyhodnocení	34
5	Výsledky	35
5.1	Lokalita Uhříněves	35
5.1.1	Účinnost použitých přípravků proti mandelince bramborové	35
5.1.2	Výnosová odezva na insekticidní ošetření	37
5.2	Lokalita Skoupý	37
5.2.1	Účinnost použitých přípravků proti mandelince bramborové	37
5.2.2	Výnosová odezva na insekticidní ošetření	39
6	Diskuze	41
6.1	Výskyt mandelinky	41
6.2	Výnosová odezva	42
6.3	Ekonomické hledisko	42
6.4	Možnosti dalšího zkoumání	42
7	Závěr	43
8	Literatura	44
9	Seznam použitých zkratk a symbolů	50

1 Úvod

Mandelinka bramborová je významným škůdcem v porostech brambor. Každoročně způsobuje výrazné škody na zemědělské produkci. Škůdce je rozšířený ve všech oblastech a regionech ČR. Vzhledem k rozšíření a kvantitě výskytu je nezbytné proti mandelince bramborové účinně bojovat. Mandelinka bramborová je zároveň škůdce, který je ve výrazné míře schopen rozvoje rezistence. Je proto potřeba přicházet s novými účinnými látkami. S přihlédnutím k ochranným pásmům vodních zdrojů, ve kterých je povoleno používat jen vybrané přípravky, je potřeba pracovat na vývoji nových účinných látek, které nebudou zatěžovat životní prostředí a v návaznosti s tím i lidské zdraví.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce je zhodnotit účinnost a využitelnost dostupných biopesticidů pro účinnou regulaci mandelinky bramborové v pásmech vodních zdrojů. Předložit praktická doporučení pro jejich využití v konvenční produkci či v podmínkách ekologického zemědělství.

Hypotéza 1: Výskyt brouků a larev mandelinky bramborové lze v porostech brambor úspěšně regulovat dostupnými bio-pesticidy a dosáhnout srovnatelného účinku jako při použití běžných insekticidů.

Hypotéza 2: Ošetřením brambor aplikací bio-pesticidů či pomocí dalších základních látek lze dosáhnout pozitivní výnosové odezvy.

3 Literární rešerše

Pěstování brambor v konvenčním systému, podobně jako u jiných zemědělských plodin, se dnes těžko obejde bez použití přípravků na ochranu rostlin (POR). Pěstitel je však postaven do situace, kdy použití POR je omezováno a dostupnost alternativ k cílené a účinné regulaci patogenů je omezená a v ČR oproti významným zahraničním pěstitelům zaostává. Jedním z limitujících příkladů je i u brambor vyloučení některých POR v ochranných pásmech vodních zdrojů a v bramborářské výrobní oblasti (BVO) se takových lokalit vyskytuje hned několik. Omezení použití pesticidů do brambor jsou poměrně výrazná. Největší omezení je zde při použití herbicidů (Venclová 2018).

3.1 Ochrana rostlin v ochranných pásmech vodních zdrojů (OPVZ)

Problematiku ochranných pásem vodních zdrojů upravuje vyhláška Ministerstva životního prostředí ze dne 10. června 1999. Jedná se o Vyhlášku č. 137/1999 Sb., která stanovuje seznam vodárenských nádrží zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů. Účinnosti vyhláška nabyla dne 1. srpna 1999 (Talich 2011).

Ochranná pásma se stanovují na základě odborného posouzení stavu. Tato odborná posouzení přihlížejí zejména k jakosti a zdravotní nezávadnosti vodního zdroje ve vztahu k jeho hydrologickému povodí nebo hydrogeologickému rajónu. Při začlenění vodního zdroje do ochranného pásma se sleduje několik parametrů. Mezi hlavní z nich patří geomorfologické poměry, klimatické a meteorologické poměry, hydrografické a hydrologické poměry a pedologické poměry. Ochranná vodní pásma jsou zakreslena v katastrální mapě a podléhají ochranným opatřením. Ta zahrnují nutná technická opatření, zákazy činností a omezení užívání nemovitostí (Nováková et al. 2019).

3.1.1 Klasifikace ochranných pásem vodních zdrojů

Ochranná pásma vodních zdrojů se dělí na dvě kategorie - ochranné pásmo prvního (OPVZ I) a druhého stupně (OPVZ II). Mezi OPVZ I. stupně jsou řazena území vodárenských nádrží určená výhradně pro zásobování pitnou vodou, ostatní nádrže s vodárenským využitím, některé vodní toky a zdroje podzemní vody. OPVZ I. stupně musí splňovat kritéria stanovená vyhláškou. OPVZ II. stupně je území vně OPVZ I. Takové území je tvořeno buď jedním souvislým, nebo více od sebe oddělenými územími v rámci jednoho hydrologického povodí nebo hydrogeologického rajónu. OPVZ II. stupně není stanoveno v případě, že území OPVZ I. stupně v daných místních podmínkách dostatečně zajišťuje ochranu vydatnosti, jakosti a zdravotní nezávadnosti vodního zdroje. Ochranná pásma jsou viditelně označena tabulemi s nápisem, že se jedná o OPVZ a na tabuli je též uvedeno, kterého stupně. OPVZ II. stupně je obvykle označeno pouze v případech, kdy hrozí zvýšené nebezpečí znečištění vodního zdroje a v místech, kde se hranice vodního zdroje kříží s komunikací (MŽP).

3.1.2 Klasifikace a omezení přípravků na ochranu rostlin

Během procesu registrace přípravku na ochranu rostlin jsou posuzovány jeho rizika. Z těchto hledisek přípravek může být následně vyloučen z aplikace v OPVZ II. Přípravek na

ochranu rostlin s platnou registrací může být označen některou z následujících vět (Talich 2011).

1 - Přípravek je vyloučen z použití v OPVZ II zdrojů podzemní anebo povrchové vody.

2 - Přípravek je vyloučen z použití v OPVZ II zdrojů podzemní anebo povrchové vody pro některé plodiny.

3 - Přípravek není vyloučen z použití v OPVZ II zdrojů podzemní a povrchové vody.

4 - Nezařazeno (tj. dosud neproběhlo přehodnocení přípravku z hlediska použití v OPVZ II).

5 - PHO 1 - Přípravek je vyloučen z použití ve vnitřní části OPVZ II zdrojů podzemních i povrchových vod. Není-li OPVZ II rozděleno na vnitřní a vnější část, platí omezení pro celé OPVZ II.

6 - PHO 2 - Přípravek je vyloučen z použití ve vnitřní části OPVZ II zdrojů podzemních vod. Není-li OPVZ II rozděleno na vnitřní a vnější část, platí omezení pro celé OPVZ II. Ve vnitřní části OPVZ II povrchových vodních zdrojů může být přípravek použit za těchto podmínek:

- mimo období, kdy lze očekávat do 24 hodin dešťové srážky,
- s výjimkou vnitřní části 2. PHO povrchového zdroje vod, který slouží přímo k odběru vodárnami,
- za předpokladu, že bude dodržen 50 m široký neošetřený pás směrem k vodnímu toku nebo 10 m směrem k nejbližšímu odvodňovacímu kanálu a vyloučení svažitých pozemků (nad 15 °), kde je riziko splachu do povrchových vod,
- je zajištěn zvýšený dozor, případně sledování reziduí v indikovaných případech,
- je důsledně zohledněn rozsah zaplevelení a nezbytnost ošetření daných pozemků.

7 - PHO 3 - Přípravek je vyloučen z použití ve vnitřní části OPVZ II zdrojů podzemních vod. Není-li OPVZ II rozděleno na vnitřní a vnější část, platí omezení pro celé OPVZ II).

8 - PHO 4 - Přípravek je vyloučen z použití ve vnitřní části OPVZ II zdrojů podzemních i povrchových vod. Není-li OPVZ II rozděleno na vnitřní a vnější část, je přípravek vyloučen z použití v celém OPVZ II. Přípravek se nesmí aplikovat v blízkosti míst zásobovaných studniční vodou (posuzuje místně příslušný vodohospodářský orgán).

9 - PHO 5 - Přípravek je vyloučen z použití v celém OPVZ II zdrojů podzemních i povrchových vod a v 3. pásmu hygienické ochrany vodárenských nádrží. Přípravek není dovoleno aplikovat v blízkosti míst zásobovaných studniční vodou (posuzuje místně příslušný vodohospodářský orgán) a nesmí být použit na pozemcích k pěstování surovin, určených pro výrobu dětské výživy a krmiv.

10 - PHO 6 - Přípravek je vyloučen z použití ve vnitřní části OPVZ II zdrojů podzemních i povrchových vod. Pokud není pásmo rozděleno na vnitřní a vnější část, je vyloučen z použití v celém OPVZ II. Přípravek je zakázáno používat jako celoplošný postřik v blízkosti vodotečí.

3.1.3 Znečištění vody

Množství závažných problémů, s kterými se lidstvo potýká v 21. století souvisí s kvalitou vody. Předpokladem je, že se tyto problémy budou ještě prohlubovat vlivem klimatických změn, intenzifikace zemědělství, průmyslu a všeobecně zvyšováním nároků na životní standard (Schwarzenbach et al. 2010). Výrazem znečištěná voda se rozumí taková voda, která v daném stavu nespĺňuje podmínky vyplývající z určitého účelu a před použitím

tak musí být upravena. Znečišťování může mít povahu biologickou, chemickou a fyzikální. Ke znečišťování s nejtěžšími následky dochází nejčastěji přímým nebo nepřímým vlivem člověka. Přímé znečištění člověkem se může realizovat buď přímo znečištěním vodních toků, vlivem polnohospodářství a odpadovými vodami z průmyslu a domácností (Juriš & Dudlová 2015). Chemické znečištění vody se v poslední době stalo hlavním veřejným zájmem téměř ve všech státech světa. Tento fakt souvisí s tím, že více než třetina přístupné obnovitelné sladké vody na Zemi je využívána pro zemědělské a průmyslové účely a pro účely domácností. Většina těchto činností vede ke kontaminaci vody chemikáliemi (Schwarzenbach et al. 2010).

3.1.3.1 Nejčastější kontaminanty vody nemikrobiálního původu

Nejčastější příklady kontaminantů nemikrobiálního původu, které jsou spojeny se zemědělskou činností, jsou způsobeny ve většině případů hnojením a používáním pesticidů. Přičemž ke kontaminaci dochází buď přímo, nebo prostřednictvím eroze půdy (Juriš & Dudlová 2019).

Dusičnany

Dusičnany jsou soli kyseliny dusičné a jsou konečným produktem rozkladu dusíkatých látek v přírodě. Hlavním zdrojem dusičnanů jsou dusíkatá hnojiva. Dusičnany samy o sobě nejsou pro organismus nebezpečné. Jejich riziko spočívá v tom, že se mohou v trávicím traktu člověka přeměnit bakteriální činností na nebezpečné dusitanů nebo nitrozamíny. Přítomnost dusitanů ve vodě může být příčinou methemoglobinémie. Je to stav, kdy se krevní barvivo hemoglobin přemění na methemoglobin, který ale není schopný plnit v organismu stejnou funkci. V důsledku toho vzniká cyanóza, tachykardie, křeče a riziko poškození srdečního svalu. Z toho důvodu by v kojenecké stravě měla být používána pouze balená kojenecká voda (Juriš & Dudlová 2019).

Těžké kovy

Patří mezi rozsáhlou skupinu znečišťujících látek, jejichž výskyt je kromě vody pozorován i v jiných složkách životního prostředí. Vyznačují se rozdílnými vlastnostmi, zdrojem původu i rozsahem a charakterem účinku na organismus. Mohou se vyskytovat v elementární formě nebo ve formě sloučenin a jednoduchých nebo komplexních iontů. Mezi nejčastější kontaminanty životního prostředí v podobě těžkých kovů lze zařadit rtuť, olovo, arzén a kadmium (Juriš & Dudlová 2015).

3.1.3.2 Vliv znečištění vody na lidské zdraví

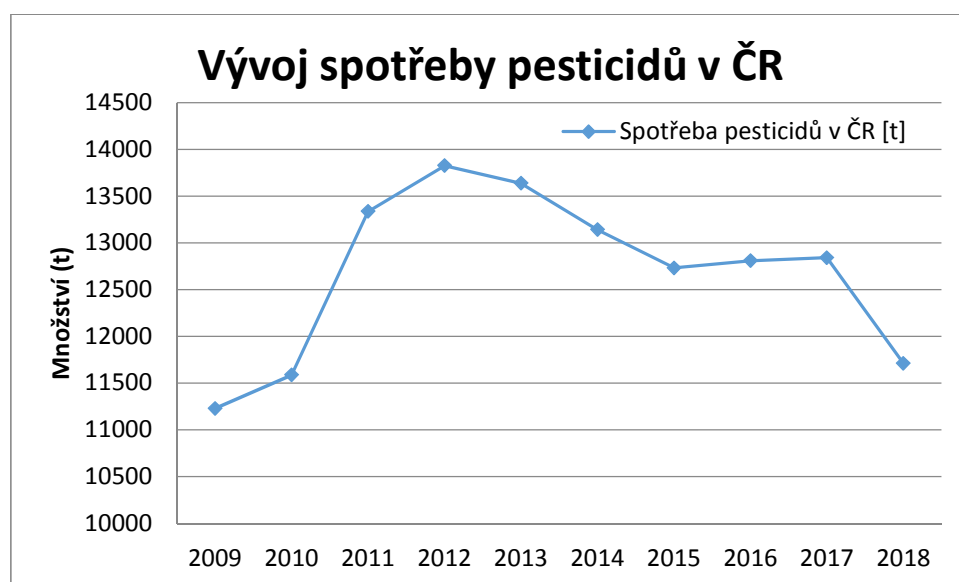
Vodní zdroje mohou být kontaminovány velkým množstvím různorodých látek a organismů. V případě kontaminace vody nemikrobiálního původu se nejčastěji jedná o kontaminanty, které se do vody dostaly v souvislosti s polnohospodářstvím, průmyslem, či z domácností. Jedná se o anorganické i organické chemické látky, případně radionuklidy (Juriš & Dudlová 2019). Znečišťující látky se dělí do dvou základních kategorií. První kategorie zahrnuje živiny na bázi dusíku a fosforu, do druhé kategorie se řadí složitější organické látky. Souhrnně se označují jako makropolutanty a vyskytují se ve vodě v řádech gramů na litr. Ve vodě se dále může vyskytovat množství stopových kontaminantů -

mikropolutantů, jejichž koncentrace se pohybuje okolo nanogramů až mikrogramů v jednom litru (Schwarzenbach et al. 2010). Tyto látky pak mohou na lidské zdraví působit toxicky, mutageně a teratogeně nebo karcinogeně (Juriš & Dudlová 2019). Velkým nebezpečím kontaminace vody je jeho latentnost. Oproti mikrobiálnímu znečištění, které vede k akutním zdravotním problémům, které přítomnost patogenních organismů vyvolá, chemické kontaminanty obvykle mají chronický účinek. Obzvláště pokud se ve vodě vyskytují ve stopovém množství. Lidský organismus je potom vlivům znečišťujících látek vystavován opakovaně a dlouhodobě. Často se vyskytují kumulativní účinky kontaminantů (Schwarzenbach et al. 2010).

3.1.3.3 Stav a vývoj spotřeby pesticidů

Ročně se vyprodukuje 3 až 7 milionů tun pesticidů. Odhadovaná roční spotřeba pesticidů na hektar orné půdy je 0,2 až 2 kg účinné látky. Míra spotřeby se liší v rozvojových a vyspělých zemích. Potřebné množství účinné látky je rozdílné u jednotlivých ošetřovaných plodin, závisí na typu pesticidu, technice aplikace a geografických a klimatických podmínkách (Schwarzenbach et al. 2010). Pod povrchem půdy, která je z velké části využívána jako zemědělská, je povodí říčního systému a tedy vše, co se s půdou děje ovlivňuje kvalitu sladkovodních toků (Moss 2008).

Vývoj spotřeby pesticidů v České republice je průběžně sledován zaměstnanci Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského a zjištěné údaje jsou zveřejňovány na webových stránkách www.e-agri.cz. Dostupné informace o vývoji spotřeby pesticidů v ČR v letech 2009 až 2018 jsou shrnuty do následujícího grafu (Musil 2019).



Graf č. 1: Vývoj spotřeby pesticidů v ČR

3.1.4 Insekticidy využitelné v ochraně brambor v OPVZ

V důsledku klimatické změny lze pozorovat zvýšenou aktivitu a škodlivost některých škůdců. V případě brambor je to jistě mandelinka bramborová, která od roku 2017 vyznačuje

vysokým výskytem v tradiční bramborářské výrobní oblasti (BVO), kde tento škůdce dokáže dokončit i 2. generaci. Tím je nutné přistoupit ke zvýšené ochraně proti tomuto škůdci, což znamená zvýšení spotřeby pesticidů v této oblasti. V roce 2017 museli zemědělci v BVO poměrně netradičně proti mandelince použít dvě i více aplikací.

Pro nadcházející sezónu bylo k lednu 2020 registrováno 32 insekticidních přípravků (Hausvater & Doležal, 2020). Registrované přípravky a jejich účinné látky jsou shrnuty v následující tabulce.

Tab. č. 1: Registrované insekticidy proti mandelince bramborové pro r. 2020

Účinná látka	Obchodní název	Použití v OPVZ II	Zjištěná rezistence
Deltamethrin	Decis Mega	ANO	
	Decis Protech	ANO	
	Delmetros	ANO	
	Dinastia	ANO	
	Demetrina		
	Koron	ANO	
	Scatto	ANO	
Thiacloprid	Calypso	ANO	ANO
	Bariard	ANO	
	Biscaya	ANO	
	Ecail Ultra	ANO	
Zeta-cypermethrin	Fury	ANO	
	Agrosales	ANO	
	AV Cyper	ANO	
	BEC Zetacyp	ANO	
Acetamiprid	Acetguard	ANO	ANO
	Gazelle	ANO	
	Mospilan	ANO	
Alpha-cypermethrin	Alfametrin	ANO	
	Bestseller	ANO	
	Vaztak	ANO	
Chlorpyrifos, cypermethrin	Nurelle	ANO	ANO
	Daskor	ANO	
	Nurelle D		
Tau-fluvalinate	Evure	ANO	
	Mavrik Smart	ANO	
Azadirachtin	NeemAzal	ANO	
Beta-cyfluthrin	Bulldock		
Cyantraniliprol	Benevia	NE	
Chlorantraniliprol	Coragen	NE	
Lambda-cyhalothrin	Karate	ANO	ANO
Spinosad	Spintor	ANO	

3.2 Mandelinka bramborová

Mandelinka bramborová (*Leptinotarsa decemlineata*) patří mezi zástupce hmyzí říše a představuje jednoho z nejzávažnějších škůdců na porostech brambor s výrazným dopadem na celkovou úrodu a výtěžnost pěstování. Řadí se do řádu brouci, čeledi mandelinkovití (Kazda 2014).

3.2.1 Anatomie a fyziologie

Mandelinka bramborová je invazivní hmyzí druh, který se vyznačuje vysokou mírou plodnosti a způsobuje významné poškození na porostech brambor. Během vegetačního období je schopna dosáhnout vysoké hustoty odlistění natě brambor (Blom & Fleischer 2001).

3.2.1.1 Vajíčka

Vajíčka mandelinky bramborové jsou zbarvena do různých odstínů žluté barvy v závislosti na délce vývoje. Mladší vajíčka, čerstvě nakladená mají sytě žlutooranžovou barvu, po čas vývoje tmavnou. Dosahují obvykle délky 0,8 - 1 mm. Jejich povrch je hladký a lesklý (Cagáň et al. 2010).

3.2.1.2 Larvy

Larva mandelinky bramborové má vyvinuté tři páry hrudních končetin, je oligopodní. Její velikost i barva se liší v průběhu vývoje. V počátcích vývoje má výrazné červené zabarvení, které se postupně mění na cihlově červené. Na konci larválního vývoje pak jedinec vykazuje okrově hnědou barvu a může dosahovat délky až 16 mm. Po stranách zadečkových článků a hrudníku se vyskytují tmavě zabarvené skvrny. Končetiny a hlava jsou taktéž tmavě zabarveny (Kazda et al. 2010).

3.2.1.3 Kukly

V případě kukly mandelinky bramborové se jedná o kuklu volnou, má neobalené a zřetelně viditelné končetiny. Je zbarvená červenožlutě a dosahuje délky 9 mm, šíře 6 mm (Cagáň et al. 2010).

3.2.1.4 Dospělci

Dospělí jedinci mandelinky bramborové jsou žlutě zabarvení brouci, kteří dosahují délky 8 - 16 mm. Mají hladké a lesklé tělo oválného tvaru. Krovky jsou silně vypouklé a na nich se vyskytuje typická kresba - deset podélných černě zabarvených pruhů. Žlutohnědě zbarvený štít škůdce je oproti krovkám užší a vyskytují se na něm černé skvrny, z nichž prostřední má podobu písmene V. Hlava je žlutohnědě zabarvená a v centrální oblasti má černou skvrnu (Cagáň et al. 2010). Dospělci mandelinky bramborové jsou velmi dobří letci, dokáží doletět i na velké vzdálenosti (Kazda et al. 2010). Vyvinuly se u nich citlivé čichové receptory, které jsou uzpůsobeny na rozpoznávání a vyhledávání chemických látek vyskytujících se v zelených částech rostlin brambor (Visser & Avé 1978). Při výběru

hostitelské rostliny se uplatňuje vliv větru. Vítr rozptyluje v atmosféře těkavé látky obsažené v nepoškozených částech rostlin čeledi *Solanaceae* a ty jsou následně rozpoznány hmyzem, který je naveden ke zdroji podnětu. Toto tvrzení bylo potvrzeno studií čichové orientace mandelinky bramborové u dospělých samic v laboratorních podmínkách (Visser & Nielsen 1977). Dospělé samičky mandelinky bramborové produkují feromony, které dlouhou dobu přetrvávají na listech rostliny brambor. Podle výsledků studie Webera et al. (2020) tyto feromony silně ovlivňují chování samců. Samci, kteří byli feromonům exponováni, přetrvávali déle na listech, zkoumali více listů a rychleji se v nich pohybovali. Tento poznatek by mohl do budoucna příznivě ovlivnit vývoj k životnímu prostředí šetrných insekticidů.

3.2.1.5 Fyziologie

Kromě vysoké rychlosti žíru se mandelinka bramborová vyznačuje také vysokou plodností. Jedna samička je schopna naklást 300 až 800 vajíček (Wang et al 2020). K uchycení využívá samička lepkavé tekutiny a vajíčka lepí na spodní stranu listů v různých velkých shlucích (hnízdech). Ve vajíčku dochází při příznivých klimatických podmínkách k embryonálnímu vývoji a po jeho ukončení se líhnou larvy. Larvy mandelinky bramborové, jejichž potravu tvoří listy, jsou již krátce po vylíhnutí velmi žravé a způsobují významné poškození porostů brambor. Ve stádiu čtvrtého instaru larva zalézá do půdy kvůli procesu zakuklení a její další vývoj se odvíjí od klimatických podmínek. Při příznivých klimatických podmínkách z půdy vylézají dospělí jedinci a zakládají druhou generaci. V opačném případě nastává diapauza (Cagáň et al. 2010). Rozhodnutí o dalším vývoji je řízeno hormonální činností a odvíjí se od délky slunečního svitu. Diapauza u mandelinky bramborové probíhá ve stádiu dospělce. Dochází při ní k degeneraci svalů umožňujících létání, přičemž tato degenerace je reverzibilní a odezní po ukončení fáze diapauzy (Stegwee et al. 1963). Za výjimečných podmínek mohou jedinci vstoupit do prodloužené diapauzy na více než rok, která umožní hmyzu přežít vysoce nepříznivé období. Prodloužená diapauza má vliv na plodnost samiček, plodnost samců se podle studií ukazuje být nezměněná. Prodloužená diapauza samic má také vliv na potomstvo, které vykazuje nižší přežití larev. Oproti tomu larvy samců, kteří prošli prodlouženou diapauzou, se z hlediska přežití v dospělce zdají být nepoznamenané (Margus & Lindström 2020). K přezimování v půdě dochází v hloubce 100 - 140 mm a dospělci z půdy následně vylézají v období jarního oteplování. Pro mandelinku bramborovou je obvyklé za jednu sezónu založit dvě generace. Pouze ve velmi chladných oblastech má v jednom roce pouze jednu generaci (Cagáň et al. 2010).

3.2.2 Způsob poškození a rozšíření

Studie odhadují, že distribuce mandelinky bramborové dosahuje 16 milionu km² plochy Země. Je rozšířena zejména v severní Americe, Evropě a Asii a dále expanduje (Zhu et al. 2010). Šíření hmyzu, poháněné proudem větru, může dosáhnout 100 až 200 km za rok (Wang et al. 2020). Mandelinka bramborová se vyskytuje zejména v příznivých klimatických podmínkách vyznačujících se teplým podnebím. V rámci České Republiky je rozšířena hlavně v jihovýchodních oblastech Moravy a v oblastech okolo řeky Labe (Kocmánková et al. 2008). Způsob jakým mandelinka bramborová poškozuje úrodu brambor, je žír. Škodí na nati brambor v různé závažnosti, obvykle hrubým žírem až holožírem. Škůdce se negativně

projevuje na porostech brambor ve stádiu larvy i dospělé. Žír larev je oproti dospělcům výraznější a závažnější (Kazda 2014). Larva spotřebuje během svého vývoje až 40 cm² plochy listové části rostliny denně, dospělý jedinec má spotřebu 10 cm² plochy listu za den (Zhu et al. 2010). Porosty brambor jsou na odlistění mandelinkou bramborovou nejcitlivější 60 dní po výsadbě. Nejzávažnější škody jsou způsobeny při poškození porostů na začátku kvetení. Tato doba se kryje s tvorbou hlíz (Sharif et al. 2007).

Výsledky studie prostorového strukturování mandelinky bramborové na ploše pozemku by mohly být využity k efektivní ochraně porostů brambor. Výzkum byl prováděn na čtyřech neošetřených polích, každém o rozloze 1,5 ha během dvou vegetačních období. Byl zaměřen na sledování dospělých jedinců a larev třetího a čtvrtého instaru. Přítomnost a povaha prostorového strukturování se lišila v závislosti na ontogenetickém vývoji. Zatímco přistěhovalí dospělci dosahovali průměrných hodnot hustoty výskytu, které svědčí pro jejich disperzní rozmístění v rámci pozemku, a také u nich nebyla detekována prostorová závislost, larvy a dospělci F1 generace prokazovali specifičtější závislost. Tento fakt naznačuje jejich menší mobilitu v rámci pole během reprodukční fáze populačního cyklu (Blom & Fleischer 2001).

3.2.2.1 Spektrum hostitelských rostlin

Mandelinka bramborová poškozuje rostliny z čeledi lilkovité (*Solanaceae*). Mezi hlavní plodiny z této čeledi patří brambory (*Solanum tuberosum*), rajčata (*Solanum lycopersicum*) a baklažán (*Solanum melongena*) (Kazda 2014).

3.2.3 Brambor hlíznatý

Brambory (*Solanum tuberosum*) představují jednu z hlavních plodin pěstovaných v rámci světového zemědělství. Jsou čtvrtou nejvýznamnější plodinou ve výživě člověka (Haas et al. 2009). Konzumují se hlízy, ty obsahují velmi hodnotné rostlinné bílkoviny, vitamíny rozpustné ve vodě i v tucích (zejména vitamíny skupiny B, vitamin C a vitamin A) a anorganické látky, např. draslík, vápník a soli železa. Charakteristický pro brambory je vysoký obsah škrobu v hlízách. Škrob jako polysacharid přispívá k velkému sytícímu účinku a dodává lidskému tělu významný přísun energie. V potravinářství mají brambory nezastupitelnou úlohu a rozmanitý způsob použití. Kromě potravinářského průmyslu se díky vysokému obsahu škrobu využívají i v dalších odvětvích, například papírnictví, kosmetickém a strojírenském průmyslu. V neposlední řadě jsou brambory využívány v zemědělství pro krmné účely (Žák & Lehocká 2005). Brambory patří do skupiny okopanin, které se množí vegetativně pomocí hlíz nebo generativně ze semen. Generativní množení se využívá zejména při šlechtění nových odrůd. V praxi se využívá množení ze sadby. Bramborový porost je složen z nadzemní a podzemní části (Jůzl & Elzner 2014).

3.2.3.1 Morfologie nadzemní části

Nadzemní část je tvořena ze stonku, listu, květenství a plodu. Výška a tloušťka průřezu stonku je znakem konkrétní odrůdy. Na průřezu může mít tvar nepravidelně trojboký, hranatý nebo kulatý. Tloušťka se zvětšuje směrem od hlízy k vrcholu. Hlavní stonky se rozvětvují na

vedlejší. Počet hlavních stonků je jedním z ukazatelů výnosu. Typ listu bramboru je lichozpeřený. Čepel listu je tvořena z párů lístků, které jsou seřazeny podél hlavního nervu listu. Na vrcholu hlavního nervu je jeden vrcholový lístek, po celé délce se nacházejí drobnější mezilístky. Barva listu může být hnědozelená, tmavě zelená až světle zelená. Květy bramboru jsou místěny na vrcholu stonku. Skládají se z pěti kališních lístků, pěti korunních lístků a pěti tyčinek a z pestíku. Mohou být různě zbarvené - od modré, přes fialovou i bílé. Množství květů bývá odlišné u různých odrůd a závisí také na klimatických podmínkách. Brambor hlíznatý patří mezi samosprašné plodiny, ale může být prostřednictvím hmyzu opylen i cizím pylem. Plod bramboru hlíznatého představuje bobule, která je tvořena dvěma pouzdry. Každá bobule obsahuje semena vejčitého tvaru v množství 50 až 100 kusů (Jůzl & Elzner 2014).

3.2.3.2 Morfologie podzemní části

Podzemní část rostliny je tvořena z hlíz, podzemních částí stonků a ze stolonů. Hlíza je z hospodářského hlediska nejcennější částí rostliny. Vzniká přeměnou stonku, zachovává si charakter stonku s redukovanými listy. Každá hlíza je složena z pupkové a korunkové části. Pupková část představuje tu část, kterou byla hlíza spojena se stolonem, zbytek stolonu bývá na hlíze často patrný. Korunková část je část vrcholová, vyskytuje se na ní většina oček. Na průřezu hlízou lze rozlišit slupku, korovou vrstvu, kruh cévních svazků, dužninu a srdéčko (Jůzl & Elzner 2014). Tvorba bramborových hlíz probíhá společně s dalšími růstovými nebo vývojovými procesy v rostlině, jako je kvetení, rozšiřování listů a vývoj porostů. Fyziologické procesy v rostlině brambor jsou umožněny díky vysokému stupni propojení distribuce uhlíku a fotosyntézy. Rozdělení uhlíku je dynamický proces, který je třeba přísně regulovat, aby se přizpůsobil energetickým požadavkům různých tkání rostliny. Na distribuci uhlíku mají vliv faktory životního prostředí, zejména negativně se v tomto ohledu projevuje stres ze sucha. V období sucha je uhlík soustředěn do kořenů na úkor ostatních částí rostliny a výnosu hlíz (Aliche et al. 2020). Během uskladnění brambor po sklizni se hlízy vyskytují ve fázi dormance. Délka dormance se u jednotlivých kultivarů liší a je ovlivněna faktory působícími před a po sklizni. Hlavní význam mají teplotní podmínky během růstu a skladování. Během dormance je nezbytné zamezit klíčení, protože to ve hlízách vede ke změnám hmotnosti, zvýšení dýchání, změnám textury a nutriční hodnoty, změkčení, smršštění a tvorbě toxických glykoalkaloidů. Během klíčení dochází také k rychlému hromadění rozpustných cukrů a ke zvýšení aktivity oxidačních enzymů. Výsledkem těchto procesů je pak nižší kvalita brambor a výrobků z nich. Doba od sklizně po klíčení se prodlužuje snížením teploty skladování. Inhibice klíčení je také možné docílit pomocí chemických přípravků. V posledních letech probíhají studie přírodních látek, které by mohly tyto přípravky v potlačení klíčení nahradit a zároveň by byly šetrné k životnímu prostředí. V rámci toho se uvažuje o využití vlastností máty peprné, hřebíčku a dalších extraktů z bylin (Sousa Santos et al. 2020). Míra vývoje výhonků při výsadbě určuje biologickou životaschopnost hlíz a může mít silný dopad na rychlost a uniformitu vzniku výhonků a konečný výnos. Mezi faktory ovlivňující kvalitu výhonků a sadby patří nadmořská výška (Poštić et al. 2016). Stolony vyrůstají z podzemních částí stonků. Jsou to výhony, na nichž se tvoří hlízy brambor. Jejich tloušťka je přibližně stejná po celé délce. Mohou být různě dlouhé podle odrůdy a málo se větví. Podle délky

stolonu jsou pod porostem rozloženy hlízy. Vzhledem k riziku poškození hlíz při sklizni a agrotechnických opatřeních jsou vhodnější odrůdy s kratšími stolonami (Jůzl & Elzner 2014).

3.3 Systémy ochrany proti mandelince bramborové

Ochrana brambor proti mandelince bramborové je většinou založena na kombinaci agrotechnických opatření a chemické ochrany. K opatřením se přistupuje obvykle při výskytu 14 ohnisek larev na jednom hektaru orné půdy, případně 5000 larev na 1 ha (Kazda 2014). Plánování správného načasování ochranných opatření má významný vliv na zvýšení jejich účinnosti. Zejména velký význam při plánování má znalost biologických vlastností škůdce v závislosti na klimatických podmínkách (Kocmánková et al. 2008).

3.3.1 Konvenční způsob ochrany

Konvenční způsob ochrany porostů brambor proti mandelince bramborové v praxi běžně používaný při velkoprodukcí zahrnuje agrotechnická opatření a chemickou ochranu (Kazda et al. 2010).

3.3.1.1 Agrotechnická opatření

Pro eliminaci v půdě přezimujících jedinců mandelinky bramborové má význam zejména střídání plodin v osevním postupu. Tímto způsobem dojde k vymizení populace tím, že jí nebude poskytnuta hostitelská rostlina. Ze stejného důvodu je potřeba likvidovat plevelné brambory z předchozího roku pěstování. Přezimující dospělce lze eliminovat také zpracováním půdy před jejich jarním vylézáním (Tomášek & Dvořák 2009).

3.3.1.2 Chemická ochrana

Chemickou ochranu proti mandelince bramborové je zpravidla nutné provádět vždy, jinak hrozí fatální zlikvidování úrody. Obvykle je postřik zaměřen na larvy mandelinky bramborové, které ze všech vývojových stádií způsobují největší škody. V rámci chemické ochrany je nezbytné brát v úvahu možnost rozvoje rezistence, kterému lze předejít střídáním účinných látek postřiků (Kazda et al. 2010).

3.3.1.2.1 Rezistence

Mandelinka bramborová je zástupce hmyzí říše, který má velký potenciál pro rychlé vytvoření rezistence proti různým insekticidním přípravkům a to i proti nedávno registrovaným. Na snadném rozvoji rezistence se spolupodílí tři hlavní důvody. Prvním z nich je vysoká schopnost intenzivního růstu populace ve velmi krátkém časovém období. Dále je rozvoj rezistence ovlivněn vystavením všech aktivních stádií mandelinky bramborové insekticidům při jednom postřiku s následným přežitím některých jedinců, kteří pak zakládají další, již rezistentní generaci. V neposlední řadě hraje významnou roli rozvoj zkřížené rezistence na několik rozdílných insekticidů v důsledku jediného rezistenčního mechanismu nebo koexistence několika rezistenčních mechanismů vedoucích k vícenásobné rezistenci na několik insekticidů (Sharif et al. 2007). V zásadě se u mandelinky bramborové vyskytují dva hlavní mechanismy rozvoje rezistence. První z nich je označován jako typ kdr (knock down

resistence) a je podmíněn bodovou genovou mutací v genu pro protein, který slouží na membráně škůdce jako receptor pro danou účinnou látku. Druhým mechanismem je metabolicky podmíněná rezistence (Kocourek & Stará 2018). Mandelinka bramborová je druhem škůdce, který velmi rychle vytváří rezistenci na široké spektrum účinných látek. Díky predispozicím je schopná detoxikovat řadu účinných látek obsažených v insekticidních přípravcích (Stará & Kocourek 2019). Od poloviny 20. století je celosvětově znám rozvoj rezistence vůči více než 50 účinným látkám. Toto číslo se neustále zvyšuje. Rezistence může být rozvinuta vůči látkám ze stejné skupiny, ale škůdce může být také rezistentní vůči dvěma i více skupinám účinných látek. Vyhnout se vzniku rezistence lze pouze dodržováním antirezistentní strategie. Základem je střídání účinných látek různých skupin, resp. látek s odlišným mechanismem účinku. Aplikovat insekticid je třeba, dosáhne-li výskyt prahu škodlivosti. Za takový je považován výskyt 14 ohnisek larev na 1 ha nebo výskyt 5000 larev na 1 ha (Doležal & Hausvater 2018). Součástí antirezistentní strategie je také rotace skupin účinných látek aplikovaných na každou následující generaci škůdce. V roce 2017 byl v ČR zahájen plošný monitoring rezistence za podpory ministerstva zemědělství (Stará & Kocourek 2019).

3.3.2 Alternativní způsob ochrany

Alternativní způsob hospodaření s ornou půdou je založen na principech ekologického zemědělství. Cílem je zaměřit se na šetrný způsob nakládání s vodou a půdou, které nebude zatěžovat biologickou diverzitu a lidské zdraví. Takový způsob hospodaření má vést k dlouhodobému udržení úrodnosti půdy bez použití pesticidů a průmyslových hnojiv (Diviš et al. 2012). Z inovativních technologií se v posledních letech jako budoucí slibná metoda jeví ošetření s využitím dsRNA, které poskytuje vysoce specifickou a ekologicky přijatelnou možnost ošetření porostů proti mandelince bramborové. Ve srovnání s chemickými pesticidy mají dvouvláknové RNA (dsRNA) výhodu vysoké selektivity vůči cílovému organismu a rychlé degradace. Proto má tento nový přístup k ochraně před škůdci potenciál snížit rozsáhlé používání konvenčních insekticidů (Petek et al. 2020).

3.3.2.1 Nestandardní agrotechnické postupy

K eliminaci mandelinky bramborové lze využít mulčování. Principem je zvýšení výskytu přirozených nepřátel mandelinky bramborové na pozemku po použití mulče. Na malých pozemcích a zahrádkách je s dobrými výsledky v praxi proveditelný ruční sběr s následnou likvidací mandelinky bramborové. Stejně tak na menších plochách lze použít ochrannou textilii propustnou pro vodu, která zabrání pronikání škůdce do porostů brambor. Zakrývání má ale své využití pouze v malém měřítku, pro velké pozemky je pro svou finanční náročnost nevhodná (Tomášek & Dvořák 2009). Mezi další možnosti patří použití speciálních strojů určených ke sklepávání, vysávání a sfoukávání larev a brouků mandelinky bramborové (Dvořák & Bicanová 2007).

3.3.2.2 Extrakty z rostlin a hub

Extrakty z rostlin a hub jsou přírodní produkty různé chemické struktury. Některé rostliny přitom obsahují biologicky aktivní látky, které mají schopnost odpuzovat hmyz nebo působit insekticidně. Z chemického hlediska se jedná většinou o triterpeny, alkaloidy a fenoly. Pokud je účinný extrakt v rostlině objeven, může být izolován, přečištěn a po potvrzení účinnosti v praxi použit v ochraně proti mandelince bramborové. Zejména extrakty z rostlin, které se v přírodě běžně a hojně vyskytují, by mohly být vhodnou a ekonomicky výhodnou alternativou, která navíc nezatěžuje životní prostředí a lidské zdraví. Vzhledem k současnému postoji společnosti a uvědomění si důrazu na bezpečnost agrochemikálií pro životní prostředí by bylo vhodné, aby se další studie zaměřili na výzkum rostlinných extraktů účinných v ochraně polních plodin. Tím by se mohlo docílit objevení nových zástupců světové flóry, kteří by mohli být pro tyto účely masivněji použity (Erfürk & Uslu 2007).

Piperaceae:

V odborných studiích byla sledována účinnost extraktů ze dvou druhů rostlin z čeledi *Piperaceae*. Jednalo se o rostliny *Piper nigrum* a *Piper tuberculatum*. Jejich účinek proti mandelince bramborové byl sledován jak na larvách různého stádia vývoje, tak na dospělých jedincích. Výzkum ukázal, že mladé larvy čerstvě po vylíhnutí, jsou na látky obsažené v extraktu nejcitlivější. Oproti tomu starší larvy byly na extrakty méně citlivé. Výsledky studie ukazují, že tyto extrakty lze efektivně využívat jako kontaktní insekticidní přípravek. Dobrých výsledků bylo také dosaženo v případě ochrany proti rezistentním populacím mandelinky bramborové, zejména v kombinaci s jinými strategiemi běžně využívanými v konvenčním zemědělství (Scott et al. 2003).

Limonin

Limonin a některé jeho deriváty byly s ohledem na výsledky studie vyhodnoceny jako látky, která vykazují potlačující účinek na žír, růst a vývoj mandelinky bramborové. Deriváty byly extrahovány ze semen grapefruitu. Nejúčinnější ze zkoumaných derivátů byly epilimonol a limonindiofenol. Naopak jako neúčinné se ukázaly být deoxylimonol, tetrahydrolimonin a limonol. Primárním způsobem účinku epilimonolu a limonindiofenolu je inhibice příjmu potravy. Působí na larvy čtvrtého instaru (Liu et al. 1990).

Macrocyпин

Macrocyпинy jsou biologicky aktivní látky izolované z plodnic stopkovýtrose houby bedly vysoké (*Macrolepiota procera*). Jedná se o skupinu látek bílkovinné povahy. Jejich funkce je založena na inhibici cysteinových proteáz a tedy má vliv na průběh proteosyntézy. U macrocyпинů byl zjištěn negativní účinek na růst a vývoj larvy mandelinky bramborové (Patočka 2018).

Pumpava obecná (*Erodium cicutarium* L.)

Extrakty z rostlin z čeledi kakostovité (*Geraniaceae*) vykazují účinek na vitalitu mandelinky bramborové. Byla zaznamenána inhibice žíru brouků i larev po vystavení účinku vybraným extraktům. V polních podmínkách nejlepších účinků při pokusech dosahovala pumpava obecná (Lamparski & Wawrzyniak 2004).

Nikotin

Jedná se o alkaloid extrahovaný z rostlin tabáku, konkrétně lze využít tabák virginský (*Nicotiana tabacum*), tabák selský (*Nicotiana rustica*) a tabák lesní (*Nicotiana sylvestris*). Nikotin je vysoce toxický a má insekticidní účinky. Vyznačuje se rychlým nástupem účinku už při nízkých dávkách. Na hmyz působí jako tzv. srdeční (nervový) jed. Vzhledem ke své vysoké stabilitě vůči okolnímu prostředí po postřiku vykazuje relativně dlouhodobý reziduální účinek. Funguje na larvy mandelinky bramborové (Pavela 2006).

Vratič obecný

Extrakt z běžně rostoucí rostliny vratiče obecného (*Tanacetum vulgare*) byl ve studiích vyhodnocen jako látka s negativním účinkem na vitalitu mandelinky bramborové. Při testu zahynulo 25 % larev po konzumaci extraktem ošetřených rostlin. Účinek byl zaznamenán i ve zpomalení růstu larev (Ploomi et al. 2006).

Pelyněk

Vodní extrakt toxických látek izolovaných z pelyňku černobýlu (*Artemisia vulgaris*) ve studiích vykazoval jen mírný inhibiční účinek na larvy mandelinky bramborové. Nepříznivých výsledků bylo pravděpodobně docíleno inaktivací toxických látek ve vodě. Při testu zahynulo pouze 16 % larev, které konzumovaly ošetřené listy (Ploomi et al. 2006). Po použití alkoholového extraktu pelyňku pravého (*Artemisia absinthium*) nebylo docíleno toxického účinku na dospělce, ale přípravek vykazoval výrazný toxický účinek na larvy instaru 1 - 4 (Erfürk & Uslu 2007).

Neem

Neem je synonymum pro tropický strom zederach indický (*Azadirachta indica*) a je na vrcholu seznamu rostlin využívaných na výrobu ekologicky šetrných biopesticidů. Hlavními aktivními složkami, které jsou z neemu izolovány jsou azadirachtin a tetranortritarpinoid. Jsou to látky, které mají schopnost narušovat metamorfózu hmyzu. Kromě nezávadnosti pro životní prostředí je výhodou používání přípravků obsahujících extrakty z jader zederachu indického fakt, že nebyl prokázán rozvoj rezistence při opakované aplikaci. Jedná se o přípravky systémové povahy, které zajišťují dlouhodobou ochranu rostlin před hmyzími škůdci (Mazid et al. 2011).

Kaleda lysá (*Pongamia pinnata*)

Pongamový olej vykazuje insekticidní účinky spíše preventivní než kurativní. Dobrých výsledků bylo docíleno v kombinaci s jinými insekticidy (např. NeemAzal), kdy synergicky navyšuje jejich biologickou účinnost. Kombinace s přípravkem NeemAzal je kromě jiného výhodná i z ekonomických důvodů. Pongamový olej je obsažen v přípravku Rock Effect (Pavela et al. 2017).

Ambroň východní (*Liquidamber orientalis*)

Alkoholový extrakt vykazuje negativní účinek na nakladená vajíčka mandelinky bramborové. Ty se po kontaktu s ním rozpadají (Erfürk & Uslu 2007).

Řebříček (*Achillea coarctata*)

Studie prokázaly výrazný repelentní účinek na zástupce mandelinky bramborové. Jedinci hmyzího škůdce se rostlinám brambor ošetřených extraktem z řebříčku vyhýbali (Erfürk & Uslu 2007).

Zimostráz obecný (*Buxus sempervirens*)

Alkoholový extrakt zimostrázu obecného ve studii vykazoval výrazný odpuzující účinek na larvy mandelinky bramborové všech čtyř instarů i na dospělé jedince. Zároveň se u jedinců, kteří zkonzumovali listy ošetřených rostlin, projevil výrazný pokles tělesné hmotnosti (Erfürk & Uslu 2007).

Jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*)

Alkoholový extrakt stromu jírovec maďal vykazuje vysoký toxický účinek na larvy mandelinky bramborové ve všech stádiích (instar 1-4). Nebyl ale pozorován účinek na dospělé (Erfürk & Uslu 2007).

Pěnišník měkký (*Rhododendron molle*)

Látka rhodojaponin III je hlavní účinnou složkou. Jde o diterpen izolovaný ze sušených květů čínské rostliny *Rhododendron molle*. U rhodojaponinu III jsou pozorovány insekticidní účinky proti larvám mandelinky bramborové, inhibice růstu a celkové snížení jejich aktivity (Klocke et al. 1991).

Saponiny

Saponiny patří do skupiny sekundárních rostlinných metabolitů. Mají složitou chemickou strukturu a vykazují antibiotickou a toxickou aktivitu proti mnoha organismům. Jejich princip účinku může posloužit jako inspirace při vyvíjení nových syntetických insekticidů. Saponiny mohou být extrahovány z více rostlin, příkladem takových rostlin je tollice vojtěška (*Medicago sativa* L.), mydlice lékařská (*Saponaria officinalis* L.), konvalinka vonná (*Convallaria majalis* L.) a průtržník lysý (*Herniaria glabra* L.). Zejména zajímavé účinky na mandelinku bramborovou vykazují saponiny získané z kůry stálezeleného stromu mydlokor tupolistý (*Quillaja saponaria*) (Waligóra 2006).

3.3.2.3 Produkty mikroorganismů

Spinosad

Spinosad je látka, která vzniká v přirozených podmínkách fermentační činností bakterie běžně se vyskytující v půdě – *Saccharopolyspora spinosa*. Obsahuje dva hlavní komponenty – spinosyn A a spinosyn D (Zhao et al. 2002). Ty působí toxicky na nervový systém hmyzu včetně mandelinky bramborové. Expozice má za následek pozastavení žíru a přibližně po 24 hodinách od expozice následuje paralýza a smrt. Po chemické stránce je spinosad směs tetracyklických makrolidových sloučenin (Cisneros et al. 2001).

Bacillus thuringiensis

Bacillus thuringiensis je klasifikován mezi gram-pozitivní bakterie. Běžně se vyskytuje mezi půdními mikroorganismy (Höfte & Whiteley 1989). Insekticidy na bázi *Bacillus thuringiensis* jsou vysoce specifické a nevykazují škodlivé vlivy na životní prostředí. Během tvorby spor produkuje *Bacillus thuringiensis* krystalické inkluze. Při použití je tento krystalický protein

solubilizován a enzymaticky přeměněn na aktivní toxin. Toxin se následně naváže na specifické receptory na povrchu buněk larvy mandelinky bramborové, naruší jejich osmotickou rovnováhu a buňky podléhají lýze. *Bacillus thuringiensis* je účinný na celou škálu zástupců hmyzí říše (Wang et al. 2008).

Beauveria bassiana

Beauveria bassiana je zástupcem mikroorganismů z říše Fungi, který je typickým entomopatogenním představitelem půdní mikroflóry. Na povrchu infikovaného hostitele tvoří husté bílé mycelium a je šířen pomocí konidií. Konidie ulpívají na povrchu hostitele a za vhodných podmínek klíčí. *Beauveria bassiana* slouží jako bioagens k biologické ochraně proti mandelince bramborové. Mikroorganismus není schopný klíčit při vysokých teplotách, proto jeho účinek nelze očekávat v krajinách s vysokými letními teplotami. Dobrých výsledků bylo docíleno při použití v Polsku a České republice (Koubová 2009).

3.4 Výnos a produkce brambor

Zájem o brambory v posledních letech klesá i díky popularitě potravin s nízkým obsahem sacharidů. Je známo asi 200 druhů brambor, které se dále člení na varné typy (Elsharif et al. 2019). Podle Organizace spojených národů pro výživu a zemědělství odpovídá celková vysázená plocha brambor na světě 19,1 milionu hektarů s celkovou produkcí 382 milionů tun (Sousa Santos et al. 2020).

3.4.1 Produkce brambor v ČR

Z dlouhodobého hlediska je v rámci České republiky pozorován trend poklesu osázených ploch brambor. Průměrný výnos na hektar orné půdy a celková produkce kolísá vlivem mnoha faktorů. V roce 2018 činila podle Českého statistického úřadu osázená plocha brambor téměř 29 tisíc hektarů. Do této celkové plochy je zahrnuta produkce brambor v zemědělském sektoru i předpokládaná plocha samozásobení domácností s plochou do 1 ha. Týká se produkce veškerých brambor, včetně sadbových a raných. Celková produkce brambor dosáhla 713 tisíc tun. V porovnání s rokem 2017 se jednalo o celkový meziroční pokles o 106,4 tisíc tun, což činí 13 %, Průměrný hektarový výnos v roce 2018 činil 24,69 t/ha oproti 27,85 t/ha v roce 2017. V roce 2019 byla osázená plocha brambor srovnatelná, údaje o průměrném hektarovém výnosu nejsou v době vypracování práce zveřejněny. Během roku 2018 bylo do ČR dovezeno celkem 160,5 tisíc tun konzumních brambor a vyvezeno bylo celkem 20,4 tisíc tun konzumních brambor. Ve výrobcích a polotovarech z brambor (kromě bramborového škrobu) bylo v hospodářském roce 2017/18 dovezeno po přepočtu na syrové brambory 223,9 tisíc tun brambor. Vyvezeno bylo ve stejném období 76,1 tisíc tun bramborových výrobků přepočtených na syrové brambory. Z hlediska cen byl v porovnání s rokem 2017 pozorován pokles. Průměrná cena zemědělských výrobců konzumních brambor za rok 2017/18 dosáhla 4,12 Kč/kg, což je pokles proti roku 2016/17 o 4,7 %. Průměrná spotřebitelská cena roku 2017/18 dosáhla 14,50 Kč/kg. Proti roku 2016/17 činil cenový pokles 6,3 %. Roční spotřeba brambor kolísá v rozmezí 65 až 70 kg/osobu. V roce 2017 dosáhla spotřeba brambor 68,5 kg na obyvatele za rok. Při provedených kontrolách jakosti a

označení v roce 2018 bylo 15,3 % vyhodnoceno jako nevyhovující. Kontroly byly prováděny u 105 osob. Do uznávacího řízení bylo v roce 2018 přihlášeno 198 odrůd brambor (MZe).

3.4.2 Produkce brambor ve světě

Světová produkce brambor se v současné době přibližuje 400 milionů tun, za posledních 50 let byl pozorován nárůst produkce o 31 %. Celková plocha, na které jsou brambory po celém světě pěstovány, je téměř 20 milionů hektarů, během posledního půlstoletí celková výměra klesla téměř o 10 % (Wasilewska-Nascimento et al. 2020). Produkce brambor je typická pro mírná pásma Evropy a Severní Ameriky, ale v posledních letech se rozšiřuje i do tropických a subtropických oblastí světa. Pěstování brambor se rychle rozvíjí v Asii i Africe, což sebou přináší i nově vznikající problémy se zvládnutím ochrany proti chorobám brambor (Kreuze et al. 2020). Za požadavek k vysoké produktivitě brambor je celosvětově považováno používání kvalitní sadby. Sadba by měla být certifikovaná, aby se zabránilo šíření chorob brambor, které mají významný vliv na celkový výnos. Zatímco ve vyspělých zemích převažuje používání certifikované sadby, v méně vyspělých zemích je běžnou praxí používání neformální sadby s často proměnlivou kvalitou. To má následně vliv na výkyvy ve výnosech brambor, které jsou pro tyto země charakteristické. Pozornost vlád a úřadů by se z tohoto důvodu měla mimo jiné soustředit na rozvoj sektoru semenářství (Forbes et al. 2020). V současné době je pozorován trend poklesu nebo stagnace produkce brambor ve vyspělých zemích. Výsledkem toho je zvyšování produkce v zemích rozvinutých, kde je zvyšující trend pozorován od šedesátých let minulého století. Rostoucí produkce brambor může v těchto zemích přispět k úsilí o zmírnění nedostatku potravin, zlepšení příjmů na venkově a snížení chudoby. Ve většině rozvojových zemí jsou brambory komoditou produkovanou malými zemědělci s méně než 3 až 4 hektary pěstované plodiny. Producenti ve vyspělých zemích mají ve většině případů větší rozlohu pěstované plochy brambor (Scott 2002). Jeden z důvodů vzrůstající produkce brambor v rozvojových zemích je potřeba zajištění potravy pro stále narůstající světovou populaci. Trend nárůstu počtu obyvatel je zaznamenávám zejména v afrických zemích. Podle studií je predikce nárůstu světové populace do roku 2050 na 10 miliard lidí, nárůst na africkém kontinentu se očekává o 1,3 miliardy lidí (Mulugeta et al. 2020). Celosvětová průměrná produkce brambor je 17,4 t/ha. Vzhledem k výše uvedeným důvodům k potřebě navyšování produkce brambor je v současné době snaha uvést do praxe alternativní metody pěstování. Na snahu o rozvoj těchto metod má vliv i zhoršující se kvalita půdy a vyšší tlak škůdců a chorob. Jednou v současné době zmiňovanou možností je aeroponická kultivace (Tunio et al. 2019). Hmyzí škůdci jsou jedním z hlavních příčin snižující celosvětovou produkci brambor, mají negativní dopad na výnos a kvalitu hlíz. Nadměrné a často neuvážené používání insekticidů vede k obavě o zdraví lidí a životního prostředí. Pokud se současná situace se spotřebou pesticidů nezmění, očekává se významný dopad na změnu klimatu. To pravděpodobně povede k rozšíření mandelinky bramborové do oblastí, kde dosud pro její výskyt nebyly optimální podmínky (Kroschel et al. 2020). Je předpoklad, že se v průběhu následujících 40 let zvýší průměrná teplota na planetě o 2,1 až 3,2 °C. Globální oteplování bude vést k posunutí doby výsadby a přesunu míst produkce brambor (Hijmans 2003).

4 Materiál a metody

4.1 Charakteristika pokusného pozemku

Polní pokus probíhal na dvou lokalitách a to na Výzkumné stanici FAPPZ ČZU v Praze Uhříněvsi a v okrese Příbram ve Středočeském kraji v katastrálním území Skoupý.

4.1.1 Lokalita Uhříněves

Pokus probíhal na výzkumné stanici v Praze – Uhříněvsi, která spadá pod Katedru agroekologie a rostlinné produkce (FAPPZ ČZU v Praze). Její nadmořská výška činí 295 m nad mořem. Stanice náleží do řepařské výrobní oblasti a jsou zde zastoupeny především jílovité půdy. Podle geneticko-agronomické charakteristiky zde převažuje hnědozem. Pokusný pozemek je charakteristický hloubkou ornice 32 cm a obsahem humusu 1,3 – 2,5 % (tj. nízký až střední obsah).

K založení maloparcelkového pokusu byl použit pozemek na DPB 9004/11 (720-1050) na Výzkumné stanici v Praze-Uhříněvsi. Dne 24. dubna 2019 byl založen maloparcelkový pokus.



Obr. č. 1: Pokusný pozemek DPB 9004/11 (720-1050) v Praze-Uhřetěvesi

Poté následovala slepá proorávka (6. května 2019) a herbicidní postřik (17. května 2019 Sencor Liquid). Plně vzešlý porost byl 30. května 2019.

Na základě klimatických podmínek bylo dle doporučení přistoupeno k preventivnímu postřiku přípravkem Polyversum ještě před výskytem plísně bramboru (28. června 2019) a

následnou infekcí, která byla prvně monitorována 22. července 2019. První postřik proti plísni bramboru (PLB) byl proveden 28. června 2019, další postřiky proti PLB následovaly v termínech 22. července, 31. července, 8. srpna, 14. srpna a 22. srpna.

4.1.1.1 Charakteristika meteorologických podmínek

Výzkumná stanice je vybavena automatickou meteorologickou stanicí (EMS Brno) <http://www.emsbrno.cz/p.axd/cs/VSUHR.CZUKRV.html>, která je napojena do sítě dalších univerzitních a provozních meteorologických stanic.

Přehled povětrnostních podmínek za období III. – VIII. 2019 je uveden v Tab. č. 2 – je patrné, že teplotně bylo hodnocené období nadnormální s výjimkou května a srážkově podnormální, opět s výjimkou května. Podmínky během vegetace umožnily projev obou hlavních sledovaných škodlivých činitelů. Proto byl následně monitorován a hodnocen výskyt patogenů.

Tab. č. 2: Měsíční údaje za období březen – srpen 2019 v Praze-Uhřetěvesi

Měsíc	Teplota vzduchu (°C)			Srážky (mm)		
	Průměr	Dlouhodobý průměr	Rozdíl	Suma	Dlouhodobý průměr	Rozdíl
III.	7,34	3,4	3,9	24,8	31	-6,2
IV.	10,7	8,2	2,5	38,8	46	-7,2
V.	12,0	13,4	-1,4	66,0	65	1,0
VI.	22,0	16,3	5,7	46,4	74	-27,6
VII.	20,3	18,2	2,1	33,0	74	-41,0
VIII.	19,5	17,5	2,0	66,6	72	-5,4

4.1.1.2 Metodika pokusu

Dne 24. dubna 2019 byl pokusný pozemek rozměřen a následně provedena ruční výsadba. Pokusné varianty byly standardně založeny ve čtyřech opakováních (velikost pokusné parcelky 24 m²). Na tyto plochy byly dále aplikovány konvenční a botanické pesticidy a sledována jejich účinnost na brouky, larvy (L1-L3) a larvy L4 mandelinky bramborové. V pokusu byla použita jedna odrůda Ditta. Odrůda Ditta byla vyšlechtěna v Rakousku. Jedná se o poloranou odrůdu vhodnou ke konzumu se žlutou slupkou a žlutou barvou dužiny. Varný typ odrůdy je AB. Vyznačuje se oválným až dlouze oválným tvarem hlíz (VÚBHB).

Na základě monitoringu výskytu mandelinky bramborové (první výlez brouků mandelinky bramborové (MB) na tomto stanovišti díky velmi teplému dubnu pozorován již 2. května 2019) bylo 18. června 2019 provedeno hodnocení výskytu MB a proveden postřik přípravky Coragen, Biscaya a dostupnými přípravky biologického charakteru NeemAzal T/S a Spintor. Hodnocení výskytu mandelinky bramborové (brouků a larev L1-L3 a larev L4) bylo provedeno třetí a desátý den po aplikaci (Obr. č. 2).

Coragen

Coragen 20 SC je postřikový insekticid ve formě suspenzního koncentrátu určený k ochraně proti žravým škůdcům. Účinná látka v přípravku je chlorantraniliprol přítomná v množství 200 g/l. Jedná se o kontaktní a požerový insekticid. Účinkuje translaminárně a rovněž může být přijímán půdou do kořenů a rozváděn xylémem. Ovlivňuje receptory pro kalciové kanály hmyzu, blokuje svalovou regulaci a způsobuje paralýzu a úhyn. Expozice toxické dávky vede

v důsledku ochrnutí k bezprostřednímu zastavení příjmu potravy s plným účinkem za 2-4 dny od ošetření. Účinkuje i ovicidně a hubí všechna larvální stádia a dospělé citlivých druhů hmyzu. Ošetření přípravkem je možné maximálně 1× za vegetaci v dávce 50-60 ml/ha. Ochranná lhůta je 14 dní (DuPont).

Biscaya

Biscaya 240 OD je insekticidní přípravek ve formě olejové disperze. Přípravek obsahuje účinnou látku thiaklopid v množství 240 g/l. Působí jako kontaktní požerový jed, má systémový účinek. Způsob účinku spočívá v narušení přenosu impulsů uvnitř nervového systému hmyzu. Mechanismus účinku je obdobný jako u inhibitorů acetylcholinesterázy, avšak thiaklopid je pouze pomalu inaktivován. Jeho trvalé působení vede k celkové dysfunkci nervového systému a následně k usmrcení zasaženého cílového organismu. Přípravek lze aplikovat 3× za vegetaci dle signalizace v dávce 0,2 l/ha. Ochranná lhůta je 14 dní (Bayer).



Obr. č. 2: Hodnocení mandelinky bramborové probíhalo na označených rostlinách

4.1.1.3 Pokusné varianty insekticidní ochrany

Standardní ochrana proti mandelince bramborové je na tomto stanovišti zastoupena použitím přípravku Coragen (KON). Insekticidní ochranu lze s omezením v ochranných pásmech vodních zdrojů (OPVZ) provést např. zvoleným přípravkem Biscaya a jako alternativa pro OPVZ či ekologický způsob hospodaření byly vybrány dva biologické přípravky NeemAzal a Spintor (stejně jako na druhé lokalitě Skoupý).

Tab. č. 3: Přehled pokusných variant a přípravků na lokalitě Uhříněves

Varianta	Přípravek	Dávka	Termín aplikace
KON	Coragen	0,06 l/ha	18.6. 2019
OPVZ	Biscaya 240 OD	0,2 l/ha	
EKO 1	NeemAzal T/S	2,5 l/ha	
EKO 2	Spintor	0,15 l/ha	

4.1.2 Lokalita Skoupý

Parcelní číslo pozemku je 133/2, cena dle BPEJ dosahuje hodnoty 3,90 Kč. Výměra použitého pozemku je 0,2 ha. Pozemek se vyskytuje v klimatickém regionu 5, který se vyznačuje mírnou teplotou a mírnou vlhkostí. Průměrná roční teplota je typicky v rozmezí 5 až 7 °C. Průměrný roční úhrn srážek je v rozmezí 550 až 650 mm. Pedologické vlastnosti půdy splňují podmínky pro kambizem. Půda je hluboká až středně hluboká, mírně svažité, středně skeletovitá. Pozemek byl rozdělen do několika parcel o dvaceti rostlinách brambor, na nichž byl zkoumán účinek jednotlivých přípravků. Parcelky byly vždy přerušeny neošetřeným pozemkem pro zabránění úletu postřiků, jehož vlivem by mohly být výsledky polního pokusu zkresleny.



Obr. č. 3: Pokusný pozemek 133/2 v Katastrálním území v Skoupý

Brambory pro polní pokus byly zařazeny po úhoru. Ladem pozemek ležel po dobu jednoho roku. V předešlém období byl využit pro pěstování ovsa, jehož výdrol byl zaorán jako zelené hnojení.

Hnojení

Ke hnojení pokusného pozemku byl použit hnůj skotu. Množství použitého hnoje bylo 6 tun. Toto množství představuje dávku 30 t/ha. Hnůj byl následně zaorán tříradličným neseným pluhem. K hnojení i zaorání hnoje došlo 3. listopadu 2018. Další hnojení se uskutečnilo při výsadbě s použitím sazeče Akpil s aplikátorem hnojiva. Hnojivo bylo dodáno ve formě NPK v množství 80 kg, přepočteno na dávku 400 kg/ha. Společně s aplikací postřiků během vegetace byl dávkován 3% roztok močoviny.

Jarní příprava půdy

Jarní příprava půdy byla provedena opakovaně kultivátorem se šíří záběru 2,5 m. Opakované zpracování kultivátorem bylo provedeno s cílem většího prokypření půdy. Zároveň bylo docíleno rozbití hrud. Jarní příprava půdy byla provedena 13. dubna 2019.

Použité odrůdy a výsadba

Certifikovaná sadba odrůdy Antonia byla dodaná firmou Europlant šlechtitelská společnost, s.r.o. Jedná se o poloranou salátovou odrůdu varného typu A s vysokým výnosovým potenciálem. Tvar hlíz je oválný se žlutou slupkou a žlutou barvou dužiny. Slupku mají hlízy hladkou s mělkými očky. Odrůda je odolná proti háďátku bramborovému, vysokou odolnost vykazuje také proti virovým chorobám, plísni bramborové a strupovitosti. Hlízy jsou středně velké. Odrůda byla vyšlechtěna z odrůdy Belana. Oproti odrůdě Belana vykazuje větší výnos a větší odolnost vůči suchu. Odrůda Antonia byla na českém trhu registrována v roce 2008 (Europlant).

Sadba byla uskutečněna prostřednictvím dvouřádkového sazeče značky Akpil s přihnojováním. K sadbě došlo 20. dubna 2019 za suchých půdních podmínek. Sadba nebyla narašena ani nakličena. Obsluha na sazeči prováděla kontrolu řádného chodu a dávkování sadbových hlíz a minerálního vícesložkového hnojiva NPK.

Ošetření během vegetace

K meziřádkové kultivaci došlo pomocí proorávacího stroje 4. května 2019. Proorávkou bylo docíleno žádoucího prokypření půdy a mechanické likvidace vzcházejících plevelů. Optimální teplotní podmínky zamezily znovuzakořenění plevelů. Došlo k úpravě tvaru řádků.

Ošetření herbicidními přípravky a přípravky proti plísni bramborové bylo uskutečněno prostřednictvím neseného postřikovače o záběru 12 m. Během vegetace byl porost opakovaně ošetřen herbicidními přípravky. K první aplikaci došlo 1. června 2019 s využitím přípravku Sencor Liquid v dávce 1 l/ha preemergentně. Aplikace byla namířena proti dvouděložním plevelům. Další ošetření proběhlo 22. června 2019 společně s postřikem proti mandelince bramborové a plísni bramborové. K ošetření byl využit přípravek Pantera QT v dávce 1,5 l/ha postemergentně, přípravek je účinný na trávovité plevele.

Nízký tlak plísně bramborové umožnil pozdější prvotní aplikaci fungicidu, která proběhla 22. června 2019. Následné ošetření fungicidním přípravkem bylo uskutečněno 19. července 2019. K ošetření byl v obou případech použit přípravek Criterium WP v dávce 2,5 kg/ha.

Příprava na sklizeň a sklizeň

K rozbíjení bramborové natě došlo po zaschnutí natě. Nať byla zmulčována pro docílení snadnější sklizně. Rozbíjení bylo uskutečněno prostřednictvím drtiče bramborové natě

17. září 2019. Následně byla rozbitá nať se vzešlými plevely ponechána k doschnutí do sklizně.

Samotná sklizeň byla provedena 28. září 2019. Byla uskutečněna pomocí ručního náradí za optimálních teplotních a vlhkostních podmínek. Výnos z každé pokusné parcelky byl ukládán do samostatného pytle.

Třídění sklizených hlíz bylo prováděno ručně. Kromě celkového výnosu z jednotlivých parcelek byla hodnocena i velikost hlíz a jejich celková vitalita.

4.1.2.1 Charakteristika meteorologických podmínek

Meteorologické podmínky byly hodnoceny na základě údajů z meteorologické stanice Tábor, která je pokusnému pozemku v lokalitě Skoupý nejbližší. Údaje jsou dostupné z webových stránek ČHMÚ.

Tab. č. 4: Měsíční údaje za období březen – srpen 2019 na lokalitě Skoupý

Měsíc	Teplota vzduchu (°C)			Srážky (mm)		
	Průměr	Dlouhodobý průměr	Rozdíl	Suma	Dlouhodobý průměr	Rozdíl
III.	5,5	3,5	2	50	45	5
IV.	9,5	8	1,5	13	36	-23
V.	10,5	13,5	-3	74	63	11
VI.	20,5	16	4,5	75	73	2
VII.	19	18	1	100	79	21
VIII.	19,5	17,5	2	84	72	12

4.1.2.2 Metodika pokusu

Porosty byly ošetřovány při prvotním výskytu mandelinky bramborové různými insekticidními přípravky. K aplikaci insekticidních přípravků došlo 22. června 2019.

Proti mandelince bramborové byly jednotlivé pokusné parcelky ošetřovány různými přípravky pomocí zádového postřikovače. K aplikaci všech přípravků na ochranu porostu došlo v pozdních odpoledních hodinách, za mírného slunečního svitu. Během vegetace byla opakovaně hodnocena a porovnávána kvalita porostu z jednotlivých parcelek. Zároveň byl hodnocen výskyt jednotlivých vývojových stádií mandelinky bramborové a počítání jedinci.

NeemAzal T/S

Jedná se o postřikový přípravek s insekticidním působením proti volně žijícím savým a žravým škůdcům. Přípravek obsahuje výtažek z tropické rostliny *Azadirachta indica* ve formě emulgovatelného koncentrátu. Účinná látka po aplikaci proniká do listů a následně je distribuována v rostlině. Přípravek zastavuje požerovou aktivitu hmyzu, škůdce několik hodin po aplikaci přestává být aktivní. Larvy reagují na kontakt s přípravkem kromě inhibice žíru i inhibicí vývoje a následnou mortalitou. Kolonie škůdců jsou ještě několik dní po aplikaci viditelné, ale larvy se již dále nevyvíjí. Ochranná lhůta po aplikaci není stanovena. Přípravek je volně prodejný, určený pro neprofesionální uživatele. Přípravek je kromě mandelinky bramborové určený na ošetření proti mšicím, housenkám bělásků, píďalek, mūr zelných, třásněnkám, smutnicím, mšici jabloňové a dalších druhů mšic.

Před samotnou aplikací byl postřik připraven dle pokynů výrobce. 5 ml přípravku bylo doplněno do 1000 ml vody, byl tak připraven doporučený 0,5% roztok. Aplikace proběhla ve vegetačním období, při prvních viditelných příznacích (ÚKZÚZ).

Spintor

Jedná se o kontaktní postřikový přípravek proti škůdcům. Je řazen do kategorie přírodních přípravků. Účinnou látkou přípravku je spinosad v koncentraci 240 g/l, obsahuje směs 50-95 % spinosynu A a 5-50 % spinosynu D. Spinosad je látka získaná fermentační činností bakterie *Saccharopolyspora spinosa*, která se běžně vyskytuje v půdě. Přípravek je šetrný k životnímu prostředí, vyznačuje se nízkou toxicitou vůči člověku a teplokrevným živočichům. Zajímavostí je, že byl vyznamenaný cenou prezidenta USA za vynikající vlastnosti produktu, které jsou šetrné k životnímu prostředí. Přípravek je na trh dodáván ve formě suspenzního koncentrátu pro ředění vodou. Přípravek působí jako požerový kontaktní insekticid. Obsahuje inhibitory chitinu, které nepůsobí přímo, ale mají kumulativní účinek. Po nahromadění v těle hmyzu působí negativně při přeměně larev v dospělce. Larvy si nejsou schopné při svlékání vytvořit novou vnější kostru a hynou. Působí jen na svlékající se stádia hmyzu, tzn. na larvy. Účinek nastává již po několika hodinách od aplikace. Přípravek účinkuje proti škůdcům brambor, révy vinné, jabloní, kvěťáku, hlávkového zelí, růžičkové kapusty, brokolice, póru, cibule, papriky a rajčat. Není účinný na mšice a jiný savý hmyz. Při přípravě postřiku bylo dodrženo doporučení výrobce 1,5 ml do 3000 ml vody (ÚKZÚZ).

VaztakActive

VaztakActive je insekticidní postřikový přípravek, který obsahuje účinnou látku alfa-cypermethrin v koncentraci 50 g/l. Jedná se o mikroemulzi na bázi světlostabilního syntetického pyrethroidu. Účinkuje na žravý i savý hmyz, na larvy i vajíčka. VaztakActive není systémový přípravek, vykazuje toxický účinek jako dotykový a požerový jed. Při aplikaci na listy porostů brambor je potřeba dostatečné množství vody pro zabezpečení dostatečného krycího účinku. Přípravek je stabilní na denním světle a je málo rozpustný ve vodě, proto má dobrý reziduální účinek na povrchu listů. Povlak postřiku je odolný vůči dešťové vodě za předpokladu, že postřiková kapalina zaschne dříve, než začne pršet. VaztakActive má široký rozsah působení. Lze ho kromě brambor použít na ošetření řepky a hořčice, bobu a hrachu na zrno, obilovin, brukvovité zeleniny a porostů jehličnanů. Přípravek je určen jen pro profesionální použití a jeho prodej je podmíněn předložením průkazu Osvědčení o odborné způsobilosti.

Postřik byl připraven v souladu s pokyny výrobce v dávce 0,25 l/ha. Lze použít dvakrát za vegetaci a je nutné dodržet ochrannou lhůtu 14 dní (ÚKZÚZ).

Mospilan 20 SP

Mospilan 20 SP je insekticid dodáváný ve formě vodou rozpustného prášku. Jako účinná látka působí acetamiprid. Jedná se o systémově působící neurotoxický jed. Blokuje receptory postsynaptické membrány nezbytné pro nervosvalový přenos. Působí již ve velmi nízkých dávkách, má rychlý nástup účinku po aplikaci. Vyznačuje se dlouhodobým a vyrovnaným reziduálním účinkem. Působí proti všem vývojovým stádiím hmyzích škůdců. Přípravek lze použít k ochraně rostlin proti širokému spektru škůdců. Kromě mandelinky bramborové,

v jejímž případě je zejména účinný, je použitelný také k hubení mšic, molic a obalečů. Mimo porostů brambor lze přípravek použít také na ochranu skleníkové zeleniny a okrasných rostlin. V souladu s doporučením výrobce byla dodržena dávka 60 g/ha. Ochranná lhůta po aplikaci je 7 dní a přípravek lze použít jedenkrát za vegetaci (ÚKZÚZ).



Obr. č. 4: Hodnocení výskytu škůdce – lokalita Skoupý

4.1.2.3 Pokusné varianty insekticidní ochrany

Standardní ochrana proti mandelince bramborové je zastoupena použitím přípravku Mospilan 20 SP, s omezením pro ochranná pásma vodních zdrojů (OPVZ) byl zvolen přípravek VaztakActive a jako alternativa pro OPVZ či ekologický způsob hospodaření dva biologické přípravky NeemAzal a Spintor.

Tab. č. 5: Přehled pokusných variant a přípravků na lokalitě Skoupý

Varianta	Přípravek	Dávka	Termín aplikace
KON	Mospilan 20 SP	60 g/ha	22.6.2019
OPVZ	VaztakActive	0,25 l/ha	22.6.2019
EKO 1	NeemAzal T/S	2,5 l/ha	22.6.2019
EKO 2	Spintor	0,15 l/ha	22.6.2019

4.2 Statistické vyhodnocení

Zjištěné parametry byly průběžně ukládány do programu MS Office Excel a následně byly připravovány ke statistickému zpracování v programu Statgraphics Centurion 18. Pro hodnocení byla použita nejprve analýza rozptylu ANOVA, a poté probíhalo podrobné statistické vyhodnocení pomocí Fisherovi LSD metody na hladině významnosti 95 %. Zjištěné průměry a minimální průkazná diference ($LSD_{0,05}$) byly přeneseny zpět do MS Office Excel. V tabulkách a grafech byly poté vyznačeny statisticky průkazné rozdíly.

5 Výsledky

Výsledky pro jednotlivé lokality (Uhříněves a Skoupý) byly hodnoceny z hlediska výnosu a kvality hlíz a z hlediska vlivu použitého přípravku na porosty brambor. Byl hodnocen výskyt jednotlivých vývojových stádií mandelinky bramborové po aplikaci pokusných variant insekticidních přípravků a celková vitalita rostlin.

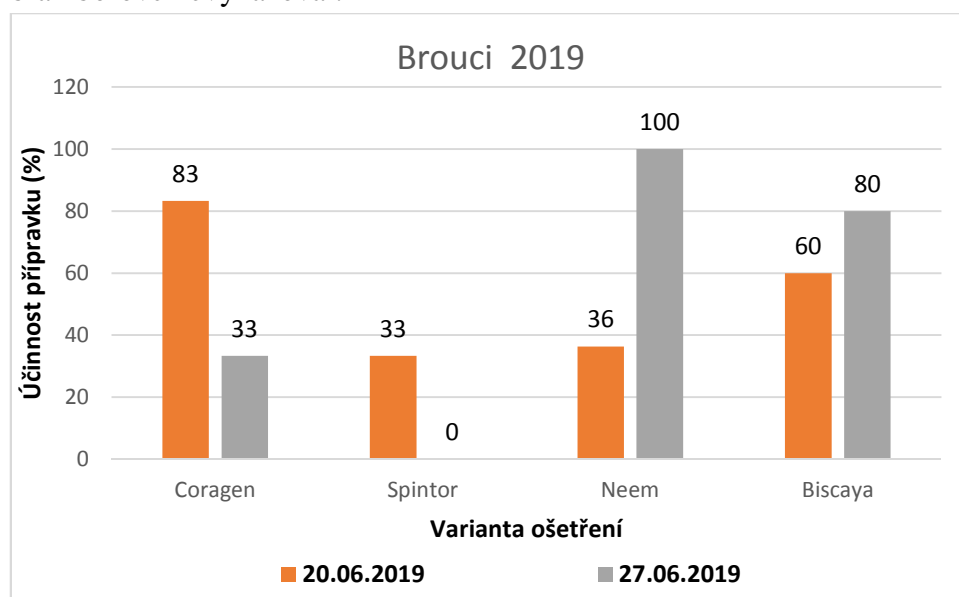
5.1 Lokalita Uhříněves

Výnosy z lokality Uhříněves byly celkově hodnoceny jako lepší z hlediska množství, velikosti a kvality hlíz než v lokalitě Skoupý. To bylo z velké části ovlivněno příznivějšími půdně-klimatickými podmínkami. Z hlediska vitality natě byly výsledky srovnatelné jako v lokalitě Skoupý. Výskyt mandelinky bramborové byl taktéž srovnatelný.

5.1.1 Účinnost použitých přípravků proti mandelince bramborové

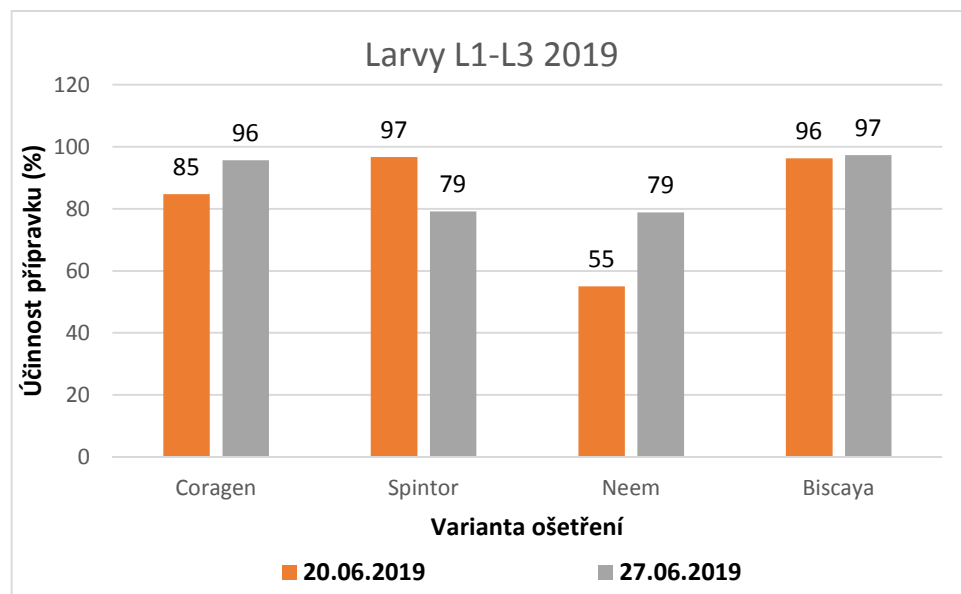
Účinnost přípravků na mandelinku bramborovou byla hodnocena pomocí posouzení výskytu jednotlivých vývojových stádií škůdce na pokusných parcelkách. Vývojová stádia byla rozčleněna do 3 kategorií. Byl tak hodnocen výskyt brouků, larev instaru 1 až 3 a larev instaru 4. Posuzování bylo provedeno opakovaně – 20. června 2019 a 27. června 2019, tedy 2 dny a 9 dní po aplikaci insekticidů. Výsledky byly graficky znázorněny.

Výskyt brouků dva dny po aplikaci insekticidních přípravků byl nejvíce potlačen při použití přípravku Coragen. Nejhorších výsledků dva dny po aplikaci bylo dosaženo v případě přípravku Spintor. Při hodnocení účinnosti 9 dní po aplikaci byly nejlepší výsledky pozorovány u přípravku NeemAzal, dobrých výsledků bylo dosaženo i v případě aplikace přípravku Biscaya. Naopak přípravek Spintor požadované výsledky na brouky mandelinky bramborové nevykazoval.



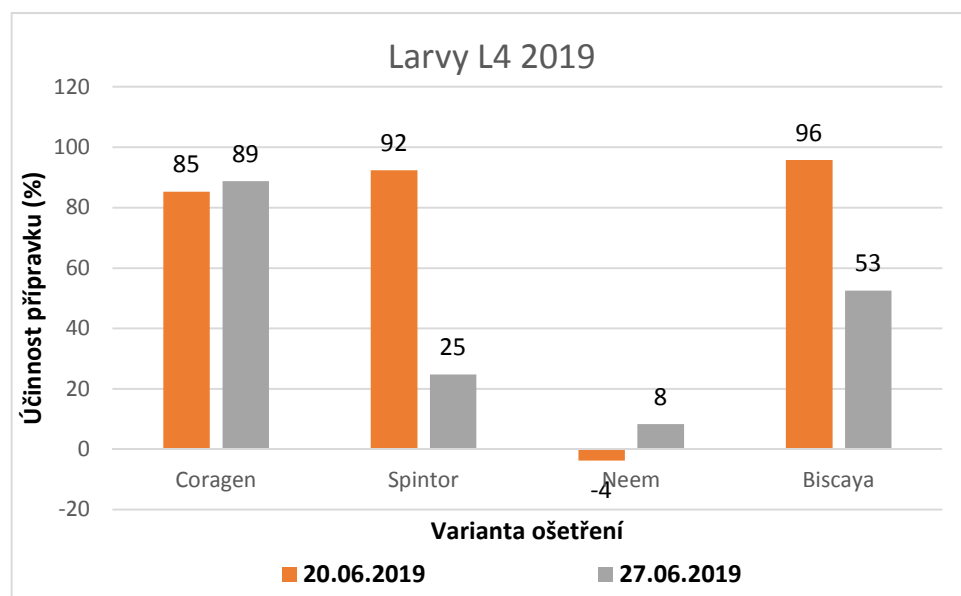
Graf č. 2: Účinnost přípravků na brouky – lokalita Uhříněves

Larvy prvního až třetího instaru vykazovaly největší odpověď na aplikaci Spintoru a Biscaya při prvním pozorování. V případě druhého pozorování byly nejlepší účinky pozorovány přibližně srovnatelně u přípravků Coragen a Biscaya.



Graf č. 3: Účinnost přípravku na L1 – L3 – lokalita Uhříněves

Jak je patrné z následujícího grafu č. 4, přípravek NeemAzal byl téměř neúčinný na larvy čtvrtého instaru po dvou i devíti dnech od aplikace. Při prvním pozorování byly jako nejúčinnější přípravky na larvy L4 vyhodnoceny Spintor a Biscaya, při druhém pozorování nejlepších výsledků dosahoval insekticid Coragen.



Graf č. 4: Účinnost přípravku na L4 – lokalita Uhříněves

5.1.2 Výnosová odezva na insekticidní ošetření

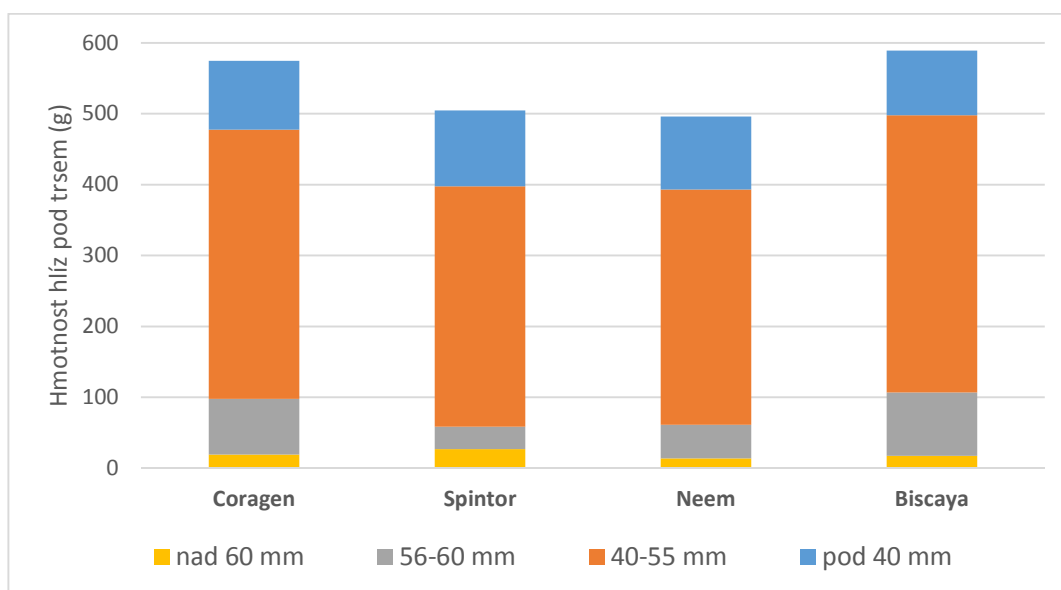
Po sklizni byl vyhodnocen výnos konzumních hlíz v závislosti na použití jednotlivých pokusných přípravků. Zároveň byla hodnocena i jejich kvalita a velikost. Výsledky jsou shrnuty v následující tabulce č. 6 a grafu č. 5.

Tab. č. 6: Výnosy konzumních hlíz (t/ha) u jednotlivých variant postřikových plánů – lokalita Uhřetěves

Pořadí	Popis	Výnos konzumních hlíz (t/ha)
1	Biscaya	20,8 a
2	Coragen	19,8 a
3	Spintor	17,4 a
4	NeemAzal	17,3 a

Pozn.: průměry se stejnými písmeny jsou statisticky neprůkazné, minimální průkazná diference $LSD_{0,05} = 4,028$

Konkrétní velikostní zastoupení hlíz pod trsem dokumentuje graf č. 5, kde je detailně znázorněno i velikostní zastoupení a podíl jednotlivých frakcí na konečném výnosu hlíz. Největšího výnosu a průměrného velikostního zastoupení bylo dosaženo při použití přípravku Biscaya.



Graf č. 5: Velikostní zastoupení hlíz pod trsem – lokalita Uhřetěves

5.2 Lokalita Skoupý

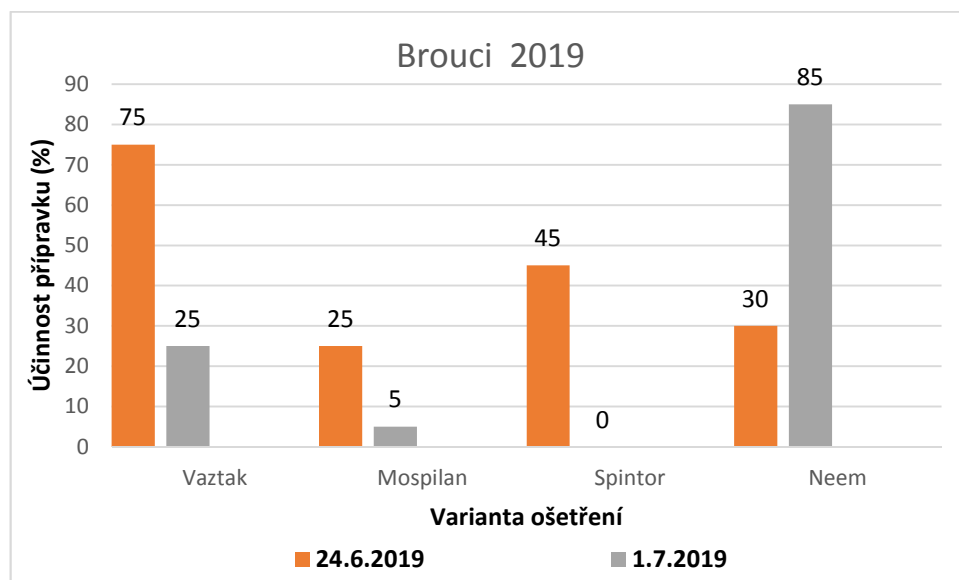
V lokalitě Skoupý byl v roce 2019 pozorován extrémně vysoký tlak škůdce.

5.2.1 Účinnost použitých přípravků proti mandelince bramborové

Účinnost přípravku v lokalitě Skoupý byla hodnocena podle stejných kritérií jako na pokusných parcelkách v lokalitě Uhřetěves. Posouzení odpovědi jednotlivých vývojových

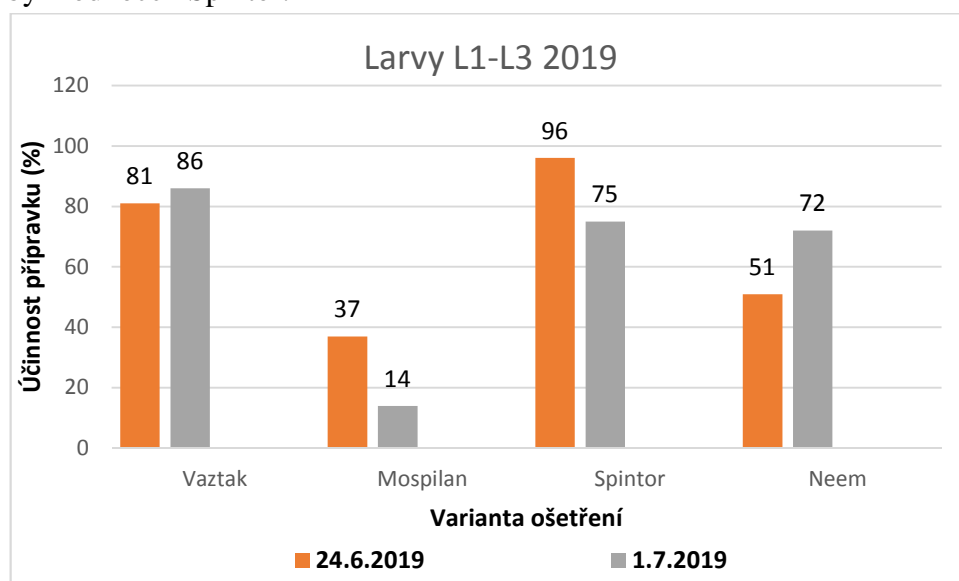
stádií mandelinky bramborové na varianty insekticidů bylo provedeno dva dny po aplikaci přípravků (24. června) a devět dní po aplikaci (1. července). Výsledky jsou shrnuty v následujících grafech č. 6 až 8.

V případě výskytu brouků byly nejlepší výsledky dva dny po aplikaci postřiku pozorovány u přípravku Vaztak, ostatní přípravky měly výskyt brouků přibližně srovnatelný. Při druhém pozorování (9. den po aplikaci) vykazoval výrazně nejlepší účinek přípravek NeemAzal.



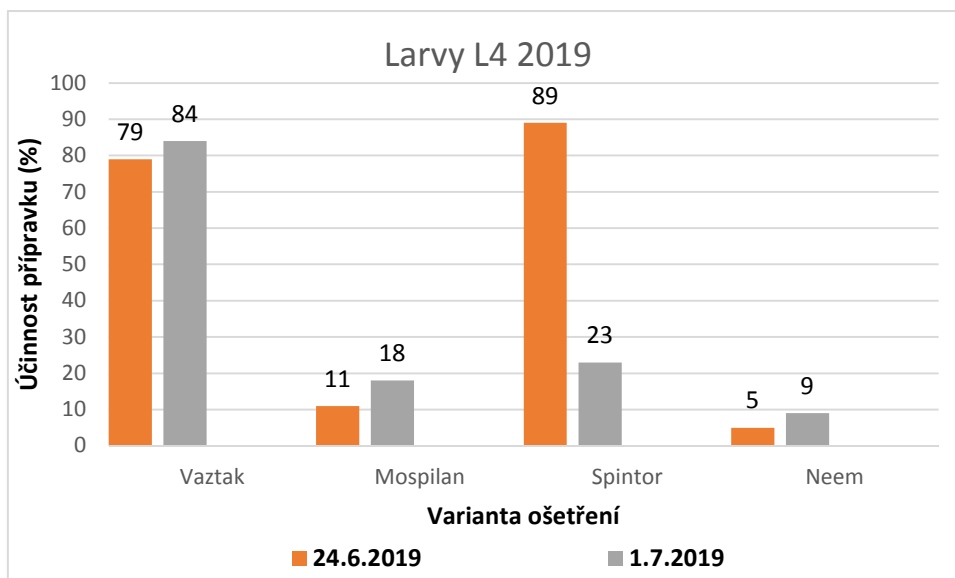
Graf č. 6: Účinnost přípravku na brouky – lokalita Skoupý

Z prvního pozorování larev prvního až třetího instaru bylo patrné, že nejlepších výsledků bylo dosaženo při použití přípravku Spintor. V prvním hodnocení nejhůře dopadl přípravek Mospilan. Při druhém pozorování Mospilan také dosahoval podprůměrných výsledků, ostatní přípravky měly účinek přibližně srovnatelný, z grafu je patrné, že nejlépe byl hodnocen Spintor.



Graf č. 7: Účinnost přípravku na L1 – L3 – lokalita Skoupý

Nejvýraznější odpověď na postřik vykazovaly při obou pozorování larvy čtvrtého instaru na přípravek Vaztak. Přípravek Spintor dosahoval výborných výsledků při prvním pozorování, naopak při druhém pozorování byly výsledky spíše podprůměrné. Přípravek NeemAzal na larvy čtvrtého instaru téměř nepůsobil.



Graf č. 8: Účinnost přípravku na L4 – lokalita Skoupý

5.2.2 Výnosová odezva na insekticidní ošetření

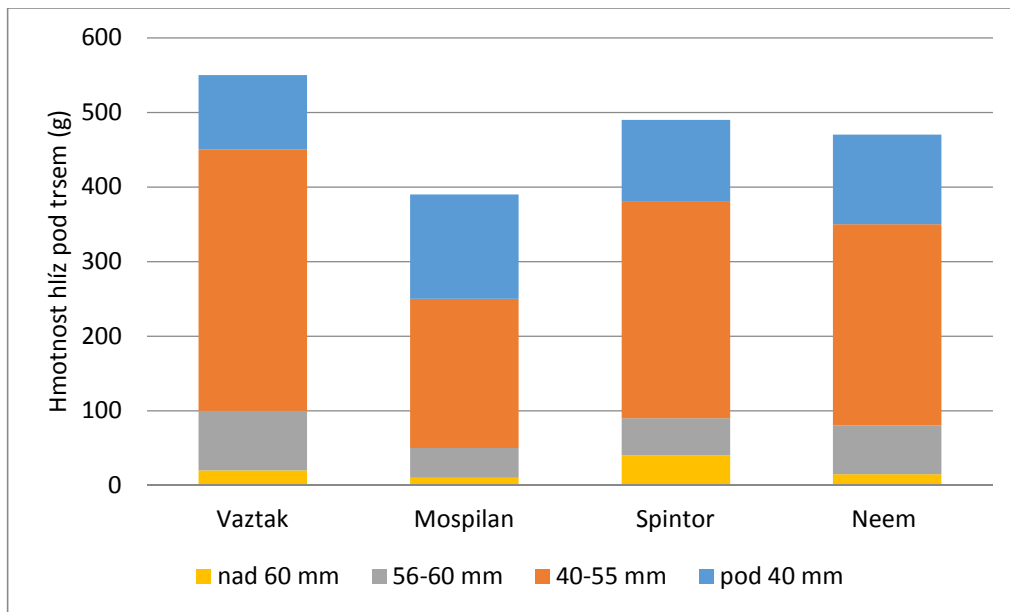
Stejně jako na lokalitě Uhříněves, byla i zde hodnocena výnosová odezva v případě použití pokusných variant přípravků. Pro lepší možnost porovnání byly výsledky přepočteny na výnos z 1 ha.

Tab. č. 6: Výnosy konzumních hlíz (t/ha) u jednotlivých variant postřikových plánů – lokalita Skoupý

Pořadí	Popis	Výnos konzumních hlíz (t/ha)
1	Vaztak	19,4 a
2	Spintor	16,9 a
3	NeemAzal	16,5 ab
4	Mospilan	13,8b

Pozn.: průměry se stejnými písmeny jsou statisticky neprůkazné, minimální průkazná diference $LSD_{0,05} = 3,077$

Velikostní zastoupení hlíz pod trsy ošetřenými jednotlivými přípravky je znázorněno v následujícím grafu č. 9.



Graf č. 9: Velikostní zastoupení hlíz pod trsem – lokalita Skoupý.

6 Diskuze

Mandelinka bramborová je škůdce, který dokáže během vegetace zničit celou úrodu a mít významný negativní dopad na celkový výnos (Rod et al. 2005). Je proto nezbytné, použít účinný insekticid. Insekticidů je na trhu dostupné široké spektrum. Problematiku výběru vhodného přípravku zhoršuje fakt, že mandelinka se postupně stává rezistentní vůči mnoha účinným látkám. Rezistence se vyskytuje v závislosti na použití účinných látek na konkrétním stanovišti v minulých letech. Povolených účinných látek v každém roce postupně ubývá. V ochranných pásmech vodních zdrojů je navíc situace ještě složitější kvůli platným nařízením a omezením. V jednotlivých letech je navíc situace s výskytem mandelinky bramborové rozdílná. Rok 2019, ve kterém byla praktická část práce provedena, se vyznačoval extrémně vysokým tlakem škůdce a optimálními klimatickými podmínky pro jeho přezimování a výskyt.

6.1 Výskyt mandelinky

Výsledky experimentální části ukazují, že je možné dosáhnout srovnatelných výsledků v odpovědi mandelinky bramborové na biologický postřik, jako při použití konvenčních přípravků. Výskyt jednotlivých vývojových stádií škůdce byl při hodnocení rozdílný v závislosti na termínu hodnocení a použitém přípravku. Potvrdil se tak účinek a efekt obou biologických přípravků podobně jako uvádí Doležal & Hausvater (2020). I zde při hodnocení jedinců po dvou dnech po aplikaci dosahoval z biologických přípravků lepšího účinku přípravek Spintor, po devíti dnech od aplikace NeemAzal. Tato skutečnost je dána principem účinku jednotlivých přípravků. Zatímco přípravek Spintor vykazuje čistě kontaktní účinek a působí téměř okamžitě na aktuálně se vyskytující jedince. Přípravek NeemAzal nepůsobí přímo na škůdce, ale zastavuje jejich žír (Doležal & Hausvater 2020), a proto má NeemAzal nejvyšší úbytek larev tj. účinek až několik dní po aplikaci. To je zejména dobře patrné z grafu č. 4, kdy se v případě použití přípravku NeemAzal počty jedinců v grafu dostávají při prvním hodnocení po dvou dnech dokonce do záporných hodnot účinnosti. Při tomto termínu hodnocení není ještě zcela možné stanovit účinnost u přípravku NeemAzal, neboť v prvních dnech působí jako antifeedant (zastavuje žír), larvy zůstávají na listech a až později u nich dochází k úhynu (Doležal & Hausvater 2018) v důsledku vyhladovění. Jedinců se zde při prvním pozorování vyskytovalo více než při hodnocení před termínem aplikace insekticidů. Účinek se začal projevovat až při druhém hodnocení. To je v souladu i s tvrzením Giglioti et al. (2011), který ve své práci vysvětluje účinek extraktů semen *Azadirachta Indica* jako snížení reprodukčních parametrů spojený s prudkým poklesem výskytu nakladených vajíček. K tomu je vhodné přihlížet v praxi při rozhodování, který přípravek by bylo nejvhodnější zvolit. Rozhodování by mělo záviset na tom, jestli se již škůdce vyskytuje v tak masivní míře, že je potřeba ho zregulovat bez prodlevy, nebo očekáváme kulminaci až po několika dnech. K tomuto by mohlo napovědět i hodnocení výskytu hnízd s vajíčky před aplikací. Rozdílnost v účinku na larvy a dospělce je dána principem působení účinných látek na fyziologické vlastnosti jednotlivých vývojových stádií. Insekticidní přípravky rozdílně účinkují na jednotlivá vývojová stadia. Nejlepších výsledků v rámci hodnocení účinnosti bylo dosaženo u nejmladších larválních stádií (L1 až L3). Tvrzení je v souladu s výsledky práce Osmana

(2010), který se zabýval účinkem Spinosadu na mandelinku bramborovou. Autor zaznamenal nejvyšší úmrtnost u nejmladších instarů.

6.2 Výnosová odezva

Z výsledků je patrné, že druhá hypotéza, která předpokládá srovnatelnou výnosovou odezvu při použití biologických přípravků, jako při použití přípravků konvenčních, byla potvrzena částečně. Zatímco v lokalitě Skoupý se hypotéza potvrdila a v případě přípravku Spintor bylo docíleno dokonce většího výnosu v porovnání s ostatními přípravky, v lokalitě Uhřetěves srovnatelných výsledků dosaženo nebylo. Rozdílné výsledky v obou lokalitách mohou být ovlivněny rozdílnými půdně-klimatickými podmínkami. Dalším faktorem, který mohl konečný výnos ovlivnit, je rozdílné použití agrotechnologických opatření a termínů zásahů. V neposlední řadě měl jistě vliv rozdílný tlak škůdce v jednotlivých lokalitách a použití různých konvenčních přípravků, které sloužily k porovnání účinku. Boiteau et al. (2008) dospěl k podobnému závěru. Jeho výsledky naznačují, že stejného výnosu v konvenčním a ekologickém zemědělství s použitím bio-insekticidů lze dosáhnout, ale účinek se liší vlivem ročníku a tlaku škůdce. Podle dostupných studií není ovlivněn výnos z hlediska obsahu dusičnanů v hlízách při použití biologických přípravků proti mandelince bramborové (Barmaki et al. 2008). Účinek biologického přípravku Spintor potvrzuje i celosvětová masivní poptávka po látce spinosad (Tao et al. 2018).

6.3 Ekonomické hledisko

V případě použití biologických přípravků v praxi je potřeba přihlídnout nejen k účinku, ale i k ekonomické náročnosti takového ošetření. Biologické přípravky použité pro účely práce se v cenách výrazně liší. Dostupné informace o cenách byly přepočítány dle pokynů výrobců souvisejících s ředěním přípravku na 100 m² ošetřované plochy. Ze získaných dat vyplývá, že ošetření běžně používaným bio-přípravkem Spintor lze provést za cca 11 Kč na 100 m². Oproti tomu použití druhého biologického přípravku NeemAzal dosahuje hodnoty až 95 Kč na 100 m² plochy.

6.4 Možnosti dalšího zkoumání

Zajímavou možností dalšího výzkumu by bylo zaměření na extrakty z rostlin, které nejsou komerčně dodávány jako přípravky určené k postřiku. Zejména by bylo vhodné se soustředit na rostliny běžně se vyskytující na území ČR, které pokud by se jejich účinek osvědčil, by mohly být cenově přijatelnou alternativou k chemickému ošetření, šetrnou k životnímu prostředí. Takový výzkum by ale vyžadoval technické zázemí a finanční podporu. Přesahoval by rámec diplomové práce. Vzhledem k rostoucí globální poptávce po látce spinosad, by bylo užitečné věnovat se alternativním možnostem její izolace a urychlení technického procesu (Tao et al. 2018).

7 Závěr

V maloparcelkovém pokusu na lokalitě Uhříněves i Skoupý dosahovaly oba použité bio-pesticidy odlišných výsledků. A tak v průměru obou lokalit byla účinnost na larvy 34,4 % u NeemAzalu a 72,0 % u Spintoru (v porovnání s průměrnou účinností čtyřech konvenčních přípravků 65,3 %). Tyto bio-pesticidy lze bezpečně použít v ochranných pásmech vodních zdrojů. Z ochranných pásem vodních zdrojů II. stupně není vyloučen ani přípravek Vaztak, který vykazoval ještě lepší výsledky než výše jmenované bio přípravky. Jako neúčinnější a z hlediska výnosu neoptimálnější řešení se jevil také přípravek Biscaya na lokalitě Uhříněves.

Výnosová odezva na aplikaci bio-přípravků byla na jednotlivých stanovištích také odlišná, kdy průměrný výnos hlíz byl u bio-pesticidů o 14,5 % nižší v Uhříněvsi a o 0,6 % vyšší na lokalitě Skoupý v porovnání s porosty ošetřenými konvenčními přípravky.

Použití přípravků Vaztak a Biscaya však sebou nese jistá rizika negativního účinku na životní prostředí. Nejracionálnějšího výsledku z hlediska zhodnocení výnosové odezvy a šetrnosti k životnímu prostředí vykazoval přípravek Spintor.

Účinnost jednotlivých přípravků nelze zobecňovat na každoroční použití, ale záleží na vlivu lokality, ročníku a konkrétních rezistenčních vlastností mandelinky bramborové. Je na uvážení každého zemědělce, jak vyhodnotí ekologické dopady a ekonomické parametry, a pro jaký přípravek se rozhodne.

Odpověď na výzkumné hypotézy:

Hypotéza 1: Výskyt brouků a larev mandelinky bramborové lze v porostech brambor úspěšně regulovat dostupnými bio-pesticidy a dosáhnout srovnatelného účinku jako při použití běžných insekticidů.

Výzkumná hypotéza potvrzena. Oba použité biologické přípravky (Spintor a NeemAzal) jsou schopné dle svých vlastností úspěšně regulovat larvy mandelinky bramborové. Na obou stanovištích Uhříněves (UH) a Skoupý (SK) použití přípravku Spintor již po dvou dnech zajistilo účinnost 97 % (UH) a 96 % (SK) v porovnání s insekticidy Biscaya (UH) 96 % a Vaztak (SK) 81 %. Podobně i druhý bio-pesticid NeemAzal v pozdějším termínu hodnocení vykazoval uspokojivý účinek jako přípravky povolené v ochranných pásmech vodních zdrojů (OPVZ). Zjištěná účinnost přípravku NeemAzal po 9 dnech po aplikaci byla 79 % (UH) a 72 % (SK) v porovnání s přípravky Biscaya (UH) 97 % a Vaztak (SK) 86%.

Hypotéza 2: Ošetřením brambor aplikací bio-pesticidů či pomocí dalších základních látek lze dosáhnout pozitivní výnosové odezvy.

Na lokalitě Uhříněves byla výzkumná hypotéza zamítnuta, neboť použití bio-pesticidů nezjistilo kladnou výnosovou odezvu. Při použití přípravku Spintor byl výnos hlíz o 3,4 t/ha nižší a u NeemAzalu o 3,5 t/ha nižší než u parcelek ošetřených přípravkem Biscaya (20,8 t/ha).

Na lokalitě Skoupý lze výzkumnou hypotézu přijmout, neboť zde bylo dosaženo kladné výnosové odezvy u obou biologických přípravků. Přírůstek výnosu hlíz činil 3,1 t/ha u přípravku Spintor a 2,7 t/ha u přípravku NeemAzal v porovnání s konvenčním přípravkem Mospilan (13,8 t/ha).

8 Literatura

- Aliche EB, Theeuwens TPJM, Oortwijn M, Visser RGF, Linden CG. 2020. Carbon partitioning mechanisms in potato under drought stress. *Plant physiology and biochemistry* **146**: 211-219.
- Barmaki M, Khoei FR, Salmasi SZ, Moghaddam M, Ganbalani GN. 2008. Effect of organic farming on yield and quality of potato tubers in Ardabil. *Journal of Food, Agriculture & Environment* **6**: 106-109.
- Bayer. 2016. Přípravek na ochranu rostlin - insekticid Biscaya® 240 OD. Bayer s.r.o, Praha. Available from https://www.agromanual.cz/download/pdf_etiketa/e_biscaya_240_od.pdf (accessed March 2020).
- Blom, PE, Fleischer SJ. 2001. Dynamics in the Spatial Structure of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology* **30**: 350-364.
- Boiteau G, Lynch DH, Martin RC. 2008. Influence of Fertilization on the Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, in Organic Potato Production. *Environmental Entomology* **37**: 575-585.
- Cagán L, Praslička J, Huzsár J, Šrobárová A, Roháčik, Hudec K, Tancik J, Bokor P, Tóth P, Tóthová M, Barta M, Eliašová M. 2010. Choroby a škodcovia poľných plodín. Slovenská poľnohospodárska univerzita, Nitra.
- Cisneros J, Goulson D, Derwent LC, Penagos DI, Hernández O, Williams T. 2001. Toxic Effects of Spinosad on Predatory Insects. *Biological Control* **23**: 156-163.
- Český hydrometeorologický ústav. 2020. Měsíční přehledy pozorování - Tábor 2019. ČHMÚ - Resort životního prostředí. Available from <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data> (accessed May 2020).
- ČÚZK. 2017. E-katalog BPEJ. Český úřad zeměměřičský a katastrální. Available from <https://bpej.vumop.cz/index.php?value=53214> (accessed March 2018).
- Diviš J, Bárta J, Bártová J. 2012. Ekologické pěstování brambor a kvalita hlíz. *Úroda* **60**: 40-42.
- Doležal P, Hausvater E. 2018. Mandelinka bramborová - nejvýznamnější škůdce bramborové natě. Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod s.r.o., Havlíčkův Brod. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/mandelinka-bramborova-nejvyznamnejsi-skudce-bramborove-nate> (accessed March 2020).
- Doležal P, Hausvater E. 2020. Ochrana brambor proti mandelince bramborové 2020. Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod s.r.o., Havlíčkův Brod. Available from <https://www.vubhb.cz/cs/knihovna/prakticke-informace/ochrana-brambor-proti-mandelince-bramborove-2020>(accessed July 2020).
- DuPont. 2017. Přípravek na ochranu rostlin CORAGEN® 20 SC. E.I. DuPont de Nemours and Co. (Inc.). Available from

- https://www.agromanual.cz/download/pdf_etiketa/e_coragen_20_sc.pdf (accessed March 2020).
- Dvořák P, Bicanová E. 2007. Brambory v systému ekologického zemědělství. Česká zemědělská univerzita. Praha. Available from http://organicfarming.agrobiology.eu/proceedings_pdf/42_dvorak_bicanova_s131-133.pdf (accessed July 2020).
- Elsharif AA, Dheir IM, Mettleq ASA, Abu-Naser SS. 2019. Potato classification using deep learning. International journal of academic pedagogical research **12**: 1-8.
- Erfürk Ö, Uslu U. 2007. Antifeedant, growth and toxic effects of some plant extracts on *Leptinotarsa decemlineata* (say.) (Coleoptera, Chrysomelidae). Fresenius Environmental Bulletin **16**: 602-608.
- Europlant. 2018. Antonia. Europlant šlechtitelská s. r. o. Available from <https://europlant.cz/antonia> (accessed February 2020).
- Forbes GA, Charkowski A, Andrade-Piedra J, Parker ML, Schulte-Geldermann E. 2020. Potato Seed Systems. The Potato Crop. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_12
- Giglioti R, Forim MR, Oliveira HN, Chagas ACS, Ferrezini J, Brito LG, Falcoski TORS, Albuquerque LG, Oliveira MCS. 2011. In vitro acaricidal activity of neem (*Azadirachta indica*) seed extracts with known azadirachtin concentrations against *Rhipicephalus microplus*. Veterinary parasitology **181**: 309-315.
- Haas BJ, Kamoun S, Nusbaum Ch. 2009. Genome sequence and analysis of the Irish potato of amine pathogen *Phytophthora infestans*. Nature **461**: 393-398.
- Hausvater E, Doležal P. 2020. Integrovaná ochrana pro pěstování brambor. Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod s.r.o., Havlíčkův Brod. Available from http://eagri.cz/public/web/file/645299/Hausvater_IOR_brambory_2020.pdf (accessed March 2020).
- Hijmans RJ. 2003. The effect of climate change on global potato production. American journals of potato research **80**: 271-280.
- Höfte H, Whiteley HR. 1989. Insecticidal Crystal Proteins of *Bacillus thuringiensis*. Microbiological Reviews **53**: 242-255.
- Juriš P, Dudlová A. 2015. Environment a ochrana verejného zdravia. Harlequin. Košice.
- Juriš P, Dudlová A. 2019. Zdravotné rizika stravovania. Graphics studio, s.r.o. Košice.
- Jůzl M, Elzner P. 2014. Pěstování okopanin. Mendelova univerzita v Brně, Brno. Available from https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/23/23-pestovani_okopanin_-_juzl,_elzner.pdf (accessed November 2019).
- Kazda J, Mikulka J, Prokinová E. 2010. Encyklopedie ochrany rostlin. ProfiPress s.r.o. Praha.
- Kazda J. 2014. Škůdci polních plodin. ProfiPress s.r.o. Praha.

- Klocke JA, Hu MY, Chiu SF, Kubo I. 1991. Grayanoid diterpene insect antifeedants and insecticides from *Rhododendron molle*. *Phytochemistry* **30**: 1797-1800.
- Kocmánková E, Trnka M, Semerádová D, Žalud Z, Dubrovský M, Možný M, Juroch J, Šefrnová H. 2008. Změna potenciálního rozšíření mandelinky bramborové (*Leptinotarsa decemlineata*, say 1824) v ČR během první poloviny 21. století. *Sborník Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně*. **56**: 87-94.
- Kocourek F, Stará J. 2018. Rostoucí rezistence mandelinky bramborové vůči insekticidům v ČR. *Agromanuál, České Budějovice*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/rostouci-rezistence-mandelinky-bramborove-vuci-insekticidum-v-cr> (accessed April 2020).
- Koubová D. 2009. Využití hub v biologické ochraně rostlin proti škůdcům. ÚZEI. Available from http://www.bio-info.cz/uploads/download/Vyuziti_hub_v_biologicke_ochrane_rostlin.pdf (accessed March 2020).
- Kreuze JF, Souza-Dias JAC, Jeevalatha A, Figueira AF, Valkonen JPT, Jones RAC. 2020. Viral diseases in potato. *The Potato Crop*. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_11
- Kroschel J, Mujica N, Okonya J, Alyokhin A. 2020. Insect Pests Affecting Potatoes in Tropical, Subtropical, and Temperate Regions. *The Potato Crop*. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_8
- Lamparski R, Wawrzyniak M. 2004. Effect of water extracts from *Geraniaceae* plants of feeding and development of Colorado potato beetle. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universitas*. Available from <http://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.agro-article-dd856577-cf49-43f7-ac77-ee51716da27b/tab/summary> (accessed June 2020).
- Liu JB, Alford AL, Rajab MS, Bentley MD. 1990. Effects and modes of action of citrus limonoids against *Leptinotarsa decemlineata*. *Physiological Entomology* **15**: 37-45.
- Margus A, Lindström L. 2020. Prolonged diapause has sex-specific fertility and fitness costs. *Evolutionary Ecology* **34**: 41-57.
- Mazid S, Kalita JCh, Rajkhowa RCh. 2011. A review on the use of biopesticides in insect pest management. *International Journal of Science and Advanced Technology*. **7**: 169-178.
- Ministerstvo životního prostředí. 1999. Vyhláška č. 137 ze dne 10. června 1999, kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů. *Sbírka zákonů České republiky, 1999, částka 49*. Česká republika.
- Ministerstvo zemědělství. 2019. Základní statistické údaje komodity brambory. *Portál eAGRI*. Available from http://eagri.cz/public/web/file/630905/Zakladni_statisticke_udaje_komodity_Brambory_a_skrob_za_2018.pdf (accessed April 2020).
- Moss B. 2008. Water pollution by agriculture. *The Royal Society publishing* **363**: 659-666.

- Mulugeta T, Muhinyuza JB, Gouws-Meyer R, Matsaunyane L, Andreasson E, Alexandersson E. 2020. Botanicals and plant strengtheners for potato and tomato cultivation in Africa. *Journal of integrative agriculture* **19**: 406-427.
- Musil B. 2019. Česká republika - Spotřeba POR a PP v letech 2009-2018 (kg, l). ÚKZÚZ, Brno. Available from http://eagri.cz/public/web/file/626676/Spotreba_pripravku_na_ochranu_rostlin_POR_a_pomocnych_prostredku_PP_v letech_2009_2018_ceska_verze.pdf (accessed March 2020).
- Nováková H, Fojtík T, Zbořil A. 2019. Databáze ochranných pásem vodních zdrojů v České republice. VTEI, Praha. Available from <https://www.vtei.cz/2019/04/databaze-ochrannych-pasem-vodnich-zdroju-v-ceske-republice/> (accessed July 2020).
- Osman MAM. 2010. Biological efficacy of some biorational and conventional insecticides in the control of different stages of the Colorado potato beetle. *Plan protect* **46**: 123-134.
- Patočka J. 2018. Bioaktivní látky bedly vysoké (*Macrolepiota procera*): Macrocytopy. Toxicology. Available from <http://www.toxicology.cz/modules.php?name=News&file=print&sid=1050> (accessed August 2019).
- Pavela R et al. 2017. Možnosti využití botanických pesticidů a rostlinných extraktů v ochraně porostů fenyklu obecného, máty peprné a tymiánu obecného. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha. Available from https://www.vurv.cz/sites/File/2017_certifikovana_metodika_Biopesticidy.PDF (accessed March 2020).
- Pavela R. 2006. Rostlinné insekticidy. GradaPublishing, a.s. Praha.
- Petek M, Coll A, Ferenc R, Razinger J, Gruden K. 2020. Validating the potential of double-stranded RNA targeting Colorado potato beetle mesh gene in laboratory and field trials. bioRxiv DOI: <http://doi.org/10.1101/2020.02.13.945097>
- Ploomi A, Luik A, Metspalu L, Hiisaar K. 2006. Plant extracts as biopesticides against pests. Estonian University of Life Sciences. Tartu.
- Poštić D, Momirović N, Bročić Z, Stanisavljević R, Štrbanović R, Dokić D, Jovović Z. 2016. Effects of the origin of potato planting material on morphological characteristics of seed tuber. *Journal on Processing and Energy in Agriculture* **20**: 125-127.
- 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.
- Rostlinolékařský portál. 2020. Přípravky na OR. ÚKZÚZ, Brno. Available from http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#rlp|prip|taxony (accessed March 2020).
- Scott GJ. 2002. Maps, models, and muddles: World trends and patterns in potatoes revisited. *Potato Research* **45**: 45-77.

- Scott IM, Jensen H, Scott JG, Isman MB, Arnason J., Philogène BJR. 2003. Botanical Insecticides for Controlling Agricultural Pests: Piperamides and the Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). Archives of Insect Biochemistry and Physiology **54**: 212-225.
- Sharif MM, Hejazi MJ, Mohammadi A, Rashidi MR. 2007. Resistance status of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, to endosulfan in East Azarbaijan and Ardabil provinces of Iran. *Journal of Insect Science* **7**: 31.
- Schwarzenbach RP, Egli T, Hofstetter TB, Gunten U, Wehrli B. 2010. Global Water pollution and human health. Annual Reviews **35**: 109-136.
- Sousa Santos MN, Araujo FF, Lima PCC, Costa LC, Finger FL. 2020. Changes in potato tuber sugar metabolism in response to natural sprout suppressive compounds. Acta Scientiarum. Agronomy 42. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v42i1.43234>
- Stará J, Kocourek F. 2019. Řízení hmyzí rezistence – mandelinka bramborová, obaleč jablečný a mera skvrnitá. Agromanuál, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/rizeni-hmyzi-rezistence-mandelinka-bramborova-obalec-jablecny-a-mera-skvrnita> (accessed April 2020).
- Stegwee D, Kimmel EC, De Boer JA, Henstra S. 1963. Hormonal control of reversible degeneration off light muscles in the Colorado potato beetle. The journal of cell biology **19**: 519-527.
- Talich P. 2011. Používání přípravků na ochranu rostlin v ochranných pásmech vodních zdrojů. Agromanuál, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/management-a-legislativa/legislativa/pouzivani-pripravku-na-ochranu-rostlin-v-ochrannych-pasmech-vodnich-zdroju> (accessed March 2020).
- Tomášek J, Dvořák P. 2009. Alternativní ochrana brambor v systému ekologického zemědělství. Úroda **12**: 164-168.
- Tao H, Zhang Y, Deng Z, Liu T. 2018. Strategies for enhancing the Yield of the potent insecticide Spinosad in Actinomycetes. Biotechnology Journal DOI: <http://doi.org/10.1002/biot.201700769>
- Tunio MH, Gao J, Shaikh SA, Lakhari IA, Qureshi WA, Solangi KA, Chandio FA. 2019. Potato production in aeroponics: An emerging food growing system in sustainable agriculture for food security. Chilean journal of agricultural research **80**: 118-132.
- Venclová B. 2018. Použití herbicidů u brambor v ochranných pásmech vodních zdrojů. Úroda. Available from <https://www.uroda.cz/pouziti-herbicidu-u-brambor-v-ochrannych-pasmech-vodnich-zdroju/> (accessed March 2020).
- Visser JH, Avé DA. 1978. General green leaf volatiles in the olfactory orientation of the Colorado beetle. Entomology Experimentalis et Applicata **24**: 538-549.
- Visser JH, Nielsen JK. 1977. Specificity in the olfactory orientation of the Colorado beetle, *Lepinotarsa decemlineata*. Ent. exp. & appl **21**: 14-22.

- Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod s.r.o. 2020. Varný typ A, AB. VÚB Havlíčkův Brod. Available from <https://www.vubhb.cz/cs/zahradkari-a-spotrebitele/varny-typ-a-ab> (accessed March 2020).
- Waligóra D. 2006. Activity of the saponin extract from the bark of *Quillaja saponaria* Molina, against Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* say). Journal of plant protection research 46: 199-206.
- Wang C, Xu H, Pan X. 2020. Management of Colorado potato beetle in invasive frontier areas. Journal of integrative Agriculture **19**: 360-366.
- Wang G, Zhang J, Song F, Gu A, Uwais A, Shao T, Huang D. 2008. Recombinant *Bacillus thuringiensis* strain shows high insecticidal activity against *Plutella xylostella* and *Leptinotarsa decemlineata* without affecting nontarget species in the field. Journal of Applied Microbiology **105**: 1536-1543.
- Wasilewska-Nascimento B, Boguszewska-Mańkowska D, Zarzyńska K. 2020. Challenges in the Production of High-Quality Seed Potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in the Tropics and Subtropics. Agronomy **260**: 1-15.
- 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 pests science **93**: 595-604.
- Zhao JZ, Li YX, Collins HL, Gusukuma-Minuto L, Mau RFL, Thompson GD, Shelton AM. 2002. Monitoring and Characterization of Diamondback Moth (Lepidoptera: *Plutellidae*) Resistance to Spinosad. Journal of Economic Entomology **95**: 430-436.
- Zhu F, Xu J, Palli R, Ferguson J, Palli SR. 2010. Ingested RNA interference form anaging the populations of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. Society of Chemical Industry **67**: 175 - 182.
- Žák Š, Lehocká Z. 2005. Ekologické zemiaky. Farmář **11**: 27-29.

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

BVO	bramborářská výrobní oblast
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
ČZU	Česká zemědělská univerzita
DPB	dílčí půdní blok
EKO	ekologický přípravek
FAPPZ	fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
KDR	knock down resistance
KON	konvenční přípravek
L1	larvální stadium 1. instaru
L2	larvální stadium 2. instaru
L3	larvální stadium 3. instaru
L4	larvální stadium 4. instaru
LSD	Least Significant Difference
MB	mandelinka bramborová
OPVZ I	ochranné pásmo vodních zdrojů – stupeň 1
OPVZ II	ochranné pásmo vodních zdrojů – stupeň 2
PHO	pásma hygienické ochrany
PLB	plíseň bramborová
POR	přípravek na ochranu rostlin
dsRNA	dvouvláknová RNA

