

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Přístupy a realizace ochrany porostů brambor v systému
ekologického zemědělství v oblasti ochrany proti
mandelince bramborové a plísni bramboru**

Bakalářská práce

Marie Machačová

Ekologické zemědělství

Vedoucí práce Ing. Petr Dvořák Ph.D.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Přístupy a realizace ochrany porostů brambor v systému ekologického zemědělství v oblasti ochrany proti mandelince bramborové a plísni bramboru" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 24. 4. 2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Petru Dvořákovi Ph.D. za jeho čas, vstřícnost, trpělivost, odborné rady a připomínky. Poděkování patří i mé rodině a přátelům, za podporu při studiu.

Přístupy a realizace ochrany porostů brambor v systému ekologického zemědělství v oblasti ochrany proti mandelince bramborové a plísni bramboru

Souhrn

Udržitelnost v zemědělství je spolu s problematikou klimatických změn, nedostatkem potravy a otázkou její nezávadnosti, jedním z globálních problémů světa. V kontextu růstu populace se tlak na stále vyšší výnosy neustále zvyšuje, a to vede k nadužívání chemických látek v zemědělství. Takový způsob hospodaření vede ke znehodnocování životního prostředí a poklesu biodiverzity živočišných i rostlinných druhů. V našem století je hlavním cílem v zemědělství nalézt rovnováhu mezi udržení zdravé přírody a dostatečnou produkcí potravin.

Tato práce se konkrétně zaměřila na ekologicky příznivé a do budoucna udržitelné možnosti ochrany porostů brambor v systému ekologického zemědělství před mandelinkou bramborovou (*Leptinotarsa decemlineata*) a plísni bramboru (*Phytophthora infestans*).

Zmapovány byly zaběhnuté přístupy prevence, přímých i nepřímých opatření a seznamuje s novými (v případě techniky mulčování staronovými) možnostmi ochrany. Neboť se regulace plísňe bramboru čistě přírodní cestou stále ukazuje jako nedostatečná, upozornila tato práce na důležitost vhodně zvolené lokality, agrotechniky, ošetření sadby (*Pythium oligandrum M1*) a její přípravu, prognózy a včasných přímých zásahů. Uvedla také možnost podpory imunity rostlin bramboru látkou chitosan hydrochloridu či využití přírodních fungicidů (např. *Azadirachta indica* A. Juss).

Z možností regulace mandelinky bramborové, lze vyzdvihnout spolehlivost biologické regulace za pomoci přirozených nepřátel z řad entomopatogenních mikroorganismů (např. *Bacillus thuringiensis* ssp. *tenebrionis* a *Beauveria bassiana*) a dravých ploštic (např. *Perillus bioculatus*). Z rostlinných extraktů je pak účinným nástrojem například přírodní pyrethrin (*Chrysanthemum cinerariifolium*) a azadirachtinu (*Azadirachta indica*). V ochraně před mandelinkou se jako velmi perspektivní řešení ochrany rostlin ukázaly kombinace jednotlivých přístupů. Například bioinsekticid *B. thuringiensis* subsp. *Tenebrionis* v kombinaci s mulčováním vykazoval stejně dobré výsledky jako chemická ochrana.

Klíčová slova: biopesticidy, bakterie, mykoparazitismus, odolnost odrůd, prognóza

Approaches and implementation of protection of potato crops in organic farming in the area of protection against Colorado beetle and Late blight

Summary

Sustainability in agriculture, together with climate change, famine and food safety belong to the greatest global challenges. In context of the population growth the pressure put on farmers to produce more and more food is greater than ever. This leads to the overuse of chemicals in agriculture causing degradation of our environment including loss of biodiversity. In this century the main goal of both – organic and conventional agriculture is to reach a balance between keeping the environment safe and producing enough food.

This bachelor thesis is focused on eco-friendly and sustainable approaches in potato plant protection against the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) and late blight (*Phytophthora infestans*) in terms of organic farming. Well-established direct and indirect approaches including prevention, mulching, and mechanical approaches together with new research on eco-friendly approaches were charted in this thesis.

Natural protection, when used against the late blight, has turned out not to be effective. Therefore, in this thesis, the emphasis is laid on the importance of the right choices when it comes to location and agricultural practices, seedling treatment (*Pythium oligandrum M1*) and its preparation, prognosis and well-timed direct approaches. Furthermore, the possibility to use an immunity booster chitosane hydroxide and a natural fungicides (e.g., *Azadirachta indica* A. Juss) have been introduced.

In this paper, the reliability of biological protection against the Colorado potato beetle has been emphasized. Protective biologically based measures such as the use of natural predators like entomopathogenic microorganisms (e.g., *Bacillus thuringiensis ssp. tenebrionis* and *Beauveria bassiana*) or from the Pentatomidae species *Perillus bioculatus*. As an example of effective plant extracts, this thesis has introduced the natural insecticides pyrethrin from the pyrethrum plant (*Chrysanthemum cinerariifolium*) and azadirachtin from the neem tree (*Azadirachta indica*). It has been reported, that when combined with mulching, the bioinsecticide *B. thuringiensis subsp. Tenebrionis* produces as good results as chemical insecticides do.

Keywords: biopesticides, bacteria, mycoparasitism, resistance of varieties, prognosis

Obsah

1 Úvod.....	7
2 Cíl práce.....	8
3 Literární rešerše.....	9
3.1 Ekologické zemědělství	9
3.2 Ochrana rostlin v ekologickém zemědělství	9
3.3 Brambor hlíznatý (<i>Solanum tuberosum</i> L.).....	10
3.4 Plíseň bramboru (<i>Phytophthora infestans</i>)	11
3.4.1 Ochrana před plísní bramboru EZ.....	13
3.4.1.1 Nepřímé metody ochrany.....	13
3.4.1.2 Přímé metody ochrany	18
3.4.2 Skládkové choroby způsobené plísní bramborovou.....	21
3.5 Mandelinka bramborová (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>)	21
3.5.1 Ochrana před Mandelinkou bramborovou EZ.....	23
3.5.1.1 Nepřímé metody ochrany.....	23
3.5.1.2 Přímé metody ochrany	24
3.5.1.3 Kombinace několika metod jako cesta k úspěchu.....	30
4 Závěr	32
5 Literatura.....	33

1 Úvod

Podle údajů ČSÚ u nás v roce 2021 zaujímala plocha pěstování brambor 22 824 ha. Porosty brambor jsou ohrožovány širokým spektrem různých škůdců a původců chorob od bakterií přes viry, houby, hlístice, měkkýše až po hmyz. Výnosové ztráty se v závislosti od choroby a škůdce pohybují mezi 5 % a 100 %. Mezi nejvýznamnější škůdce řadíme mimo jiné i mandelinku bramborovou (*Leptinotarsa decemlineata*) a nejobávanější chorobou brambor je plíseň bramborová (*Phytophthora infestans*). V tuzemsku je průměrná spotřeba brambor asi 62 kg na osobu a většina vyprodukovaných brambor pochází z konvenčních provozů (Kazda et al. 2003; Kazda et al. 2010; Diviš 2012).

Dle Jánského et al. (2008) si plané druhy brambor již dokázaly vytvořit odolnost vůči široké škále chorob i škůdců. Avšak prozatím se nepodařilo dokázat, zda bude někdy možné uskutečnit prognózu zdrojů rezistence dle biogeografických a taxonomických proměnných.

Protože u kulturních brambor se nám zatím rezistence vůči širšímu spektru chorob a škůdců nepodařilo dosáhnout, je důležité se zatím zaměřit na možnosti ochrany. Pokud možno, je třeba hledat co nejšetrnější opatření vůči přírodě a zároveň co nejefektivnější vůči patogenům a škůdcům, která budou udržitelná v čase.

2 Cíl práce

Cílem práce bylo porovnat a zhodnotit současný stav a možnosti efektivního pěstování a ochrany brambor v ekologickém zemědělství. Charakterizovat ekologický způsob pěstování brambor, zhodnotit nové možnosti ochrany proti mandelince bramborové a plísní bramboru.

3 Literární rešerše

3.1 Ekologické zemědělství

Jedná se o zákonem přesně definovanou metodu, která vznikla ve 20. století a kterou uznáváme a rozeznáváme jak v Evropě, tak i u nás. Mezi hlavní problémy konvenčního zemědělství, které se staly motivací pro vznik ekologického zemědělství (EZ) patřila především zhoršená kvalita potravin, poškození krajiny a životního prostředí a trvalá závislost zemědělství na dotacích. V neposlední řadě pak i snížení přímého odběru potravin od zemědělců a s tím vzrůstající poptávka po delší trvanlivosti, snižování výkupních cen (tlak na monokultury a zvětšování půdních celků) a ekonomická situace zemědělců. Suroviny, potraviny a produkty, vyprodukované v systému EZ mohou být jako jediné označovány BIO / EKO (Šarapatka & Urban 2006).

I přesto, že je Česká republika jednou z dvaceti zemí s největší výměrou půdy v systému ekologického zemědělství a na celkovou zemědělskou výměru z Evropských zemí zaujímá šesté místo, dosažený růst ploch v režimu ekologického zemědělství je za poslední rok nejnižší v celé EU (MZe 2022).

3.2 Ochrana rostlin v ekologickém zemědělství

Na rozdíl od konvenčního zemědělství si EZ dává za cíl regulovat patogeny, nikoliv je úplně vyhubit. Zachovává tedy vyšší biodiverzitu ekosystémů a často využívá přirozených predátorů. Ochrana rostlin v EZ zahrnuje jak nepřímé, tak přímé metody. Přímé metody zahrnují fyzikální (mechanické a termické) metody, biologickou ochranu, omezené množství preparátů na rostlinné a minerální bázi a přípravky na bázi jednoduchých sloučenin síry a mědi, kdy je celkové povolené množství také limitováno. Nepřímé metody se soustřeďují na odolnost rostlin, a především na preventivní opatření, která jsou pro ochranu rostlin v EZ naprosto zásadní. Mezi tyto metody řadíme například vyrovnanou výživu, péči o úrodnost půdy, správný výběr druhů a odrůd, správný pěstitelský postup a využívání vzájemných pozitivních vlivů mezi různými druhy rostlin (Šarapatka & Urban 2006).

K nejdůležitějším opatřením v systému EZ v ochraně rostlin patří především správný osevní postup, který je třeba přizpůsobit podmínkám dané lokality. Pro EZ jsou charakteristické pestré, mnohostranné a variabilní osevní postupy, které potlačují výskyt plevelů a škůdců. Obohacuje půdu o živiny a má zlepšující vliv na její strukturu, mikrobiální aktivitu a s tím spojený obsah humusu. Správné střídání plodin z velké části dokáže nahradit využívání chemických prostředků v konvenčním zemědělství (Dlouhý & Petr 1992).

3.3 Brambor hlíznatý (*Solanum tuberosum* L.)

Lilek brambor (*Solanum tuberosum* L.) z větve asteridů vyšších dvouděložných rostlin, patří společně s paprikou, rajčetem, lilkem, tabákem a petúnií do čeledi lilkovité (*Solanaceae*). Brambor je mezi zmíněnými rostlinami specifický tvorbou hlíz, vznikajících za vhodných podmínek tloušťnutím stolonů (podzemních stonků). Tyto hlízy jsou díky svému obsahu škrobu, bílkovin, vitamínů, minerálů a antioxidantů jedním z globálně nejvýznamnějších nutričních zdrojů. Brambor roste v trsech. Každý jeden trs je tvořen nadzemním prýtem (lodyhou s listy, květenstvím a květy, plody a semeny) a podzemní částí (bází stonku, matečnou hlízou, kořeny, stolony, dceřinými hlízami) (Vokál et al. 2013).

Dle údajů MZe (2022), je pěstování okopanin v EZ v České republice i nadále na nízké úrovni. Okopaniny se trvale pěstují pouze na 0,4 % orné půdy. Převážně se jedná o porosty brambor s celkovou výměrou asi 360 ha, která se oproti předešlému roku 2019 výrazně nezměnila. Navzdory tomu však byla ve sledovaném období dosažena vyšší produkce bio brambor, a to díky vyššímu výnosu hlíz. V roce 2020 se sklídilo o 20 % (tj. o 826 tun) biobrambor více a bylo dosaženo celkové 4 953 tun (Tabulka 1), oproti roku 2019. Naopak stejně jako v předešlých letech byla téměř celá produkce biobrambor (asi 86 %, tj. 4 517 tun) prodána a skoro 15 % bylo využito jinak (např. ke zkrmení či pro vlastní spotřebu zemědělců). Brambory patří k výrobkům, které se trvale uplatňují i v biokvalitě (80 %) a to hlavně při exportu do zahraničí. V České republice se v biokvalitě prodala pouze polovina z celkového prodeje.

Tabulka 1 Struktura, produkce a výnos brambor na ekofarmách v roce 2020

Plodina	Počet ekofarem	Období konverze (ha)	Ekologický režim (ha)	Celkem (ha)	Ekologická produkce (t)	Ekologické výnosy (t/ha)
Okopaniny	248	40, 40	335, 77	376, 17	5114, 22	15, 23
Z toho brambory	243	34, 05	323, 98	358, 03	4952, 52	15, 29

(MZe 2022).

Systém, na jehož principu by měly biofarmy fungovat, pracuje s osevními postupy tak, aby jejich základ tvořily okopaniny a společně s leguminózami vytvářely vysokou předplodinovou hodnotu pro pšenici a podílely se tak na ekonomické stabilitě hospodářství.

Povětšinou ale tento postup a zastoupení plodin není plně praxí uplatňován. Důvodem je nezvládnutá agrotechnika okopanin do stavu, kdy by dokázala plnit své funkce (Dvořák & Bicanová 2007).

3.4 Plíseň bramboru (*Phytophthora infestans*)

Celých sto let (1750 – 1850) byly brambory hlavní plodinou Evropského zemědělství neboť na hektar poskytovaly dvakrát více kalorií nežli žito a pšenice. Roku 1844 tuto situaci změnil příchod *P. infestans*. Plíseň bramborová byla příčinou nejen známého hladomoru v Irsku, ale přispěla i k neúrodám v letech 1845 a 1846, jež v kontinentální Evropě zapříčinily asi 750 000 úmrtí hladem (Zadoks 2008). Objevení mikrobiálního původu této choroby (asi 15 let před Pasteurovou mikrobiální teorií nemocí), se stala významným milníkem pro vznik základů patologie rostlin jako vědecké disciplíny. Plíseň bramborová zůstává i nadále hlavní komplikací v produkci brambor, jako třetí nejvýznamnější plodiny světa, a je tak stálou hrozbou pro potravinovou bezpečnost (Haverkort et al. 2008; Fisher et al. 2012).

Plíseň bramboru, způsobená patogenní houbou *Phytophthora infestans* je celosvětově nejobávanější chorobou v konvenční i ekologické produkci brambor (*Solanum tuberosum* L.) a rajčat (*Solanum esculentum* L.). K jejímu potlačení je zapotřebí přesného plánování opatření. *P. infestans* je velmi snadno se množící patogen, který dokáže na málo rezistentních odrůdách vyprodukovat i 300 000 sporangií každé tři až pět dní. Z listů se při nepříznivých podmínkách smývají do půdy a mohou infikovat hlízy v půdě (Fry & Goodwin 1997; Mayton et al. 2001a, 2001b; Döring et al. 2006; Mayton et al. 2008), nebo jsou větrem odneseny až na vzdálenost několika kilometrů od ohniska nákazy, kde mohou infikovat další porosty (Aylor et al. 2001).

Jedná se o jeden z nejstudovanějších patogenů za posledních deset let a patří mezi deset nejstudovanějších patogenů za pomoci molekulární techniky (Kamoun et al. 2015). *P. infestans* je schopna se rozmnožovat jak pohlavní, tak nepohlavní cestou. Při pohlavním rozmnožování vznikají velmi odolné oospory, které zůstávají v půdě i mezi vegetačními obdobími (Fry & Goodwin 1997; Fry et al. 2013). Nepohlavní rozmnožování probíhá pomocí sporangií, která přežívají a přenášejí se přímo na hlízách bramboru. Šíření sporangií probíhá za pomoci větru a deště (Aylor et al. 2001). Odolné spory *P. infestans* dokáží v půdě přežít i několik let (Alkher et al. 2015). Tento organismus za jednu sezónu vytváří několik generací, velmi rychle se přizpůsobuje aktuálním podmínkám. Jeho populace selektuje kmeny, které dokáží překonat účinky fungicidů a překonává rezistentní bariéry svého hostitele (Vokál et al. 2013).

Zdrojem této choroby je zpravidla již napadená sadba, neboť její původce *P. infestans*, dokáže přežít zimu na hlízách, na kterých infekce nemusí být patrná. Již od chvíle, kdy rostlina vzchází, začne i mycelium patogenu prorůstat do nadzemních částí rostliny až k vzrostnému vrcholu. Za příznivých podmínek zde následně zraje. Rostliny vzešlé z infikované sadby,

označujeme za zdroj primární infekce. Původce se nadále šíří sporangii na okolní rostliny pomocí větru. Primární zdroj se v porostu projevuje tvorbou ohnisek, kolem primárně infikovaných rostlin. Při vhodných povětrnostních podmínkách dochází k propuknutí epidemie. Zdroje primární nákazy, mezi které patří i divoké skládky nebo i plevelné brambory, ztrácejí v následném období epidemie svůj význam. Plíseň je v této fázi větrem roznášena do velkých vzdáleností. Při dešťových srážkách se spory dostávají do půdy, kde dochází k infekci hlíz. Plíseň bramborová se dokáže rozmnožovat i oosporami, ty mohou díky své odolnosti vůči okolním vlivům přežít i v půdě. Oospory vznikají při relativně nově objeveném pohlavním rozmnožování, které probíhá při současné přítomnosti obou pohlavních typů *P. infestans* (Hausvater & Doležal 2014).

Podle ÚKZÚZ (2022a) se na rostlinách infikovaných primární nákazou z hlíz projevuje hnědnutím a odumíráním lístků, stonků i vzrostných vrcholů, přičemž systémově se infekce šíří po řapících. V případě sekundární infekce pozorujeme první příznaky ve spodních listových patrech a na špičkách mladých lístků, kde se nejvíce a nejdéle drží voda. V epidemické fázi se nákaza projevuje se žlutými rychle tmavnoucími skvrnami až do černých nekrotických a šíří po celé rostlině včetně stonků. Při vysoké vlhkosti v porostech se na rostlinách objevuje i šedobílý plísňový povlak (Obrázek 1), a to na spodní straně listů a na okrajích skvrn. Průměrná inkubační doba je jeden týden.



Obrázek 1: Plíseň bramboru na listech bramboru. (Zdroj: <https://www.apic.cz/9302-ukzuz-spustil-novou-prognozu-plisne.html>)

Pro šíření choroby jsou rozhodující tyto faktory: náchylnost zvolené odrůdy, množství infekčních zdrojů a povětrnostní podmínky ve vegetaci. Protože i při relativně slabé infekci může docházet k velkým výnosovým ztrátám, nelze stanovit práh škodlivosti. Ochranu tedy musíme provádět každoročně, a to již před infekcí porostů (Vokál et al. 2004). Mezi primární zdroje infekce řadíme i nevyorané, a tedy plevelné rostliny brambor, či infikovanou sadbu. Šíření plísně bramborové podporuje i vyšší zaplevelení nebo příliš velká hustota porostu (Kazda et al. 2003).

3.4.1 Ochrana před plísní bramboru EZ

V systému EZ klademe velký důraz především na prevenci vzniku a zavlečení choroby do porostu. Šarapatka a Urban (2006) uvádějí, že hlavním klíčem k úspěšné prevenci je dodržování alespoň čtyřletého odstupu v osevním sledu, volba rychle osychajících pozemků, výběr odolnějších odrůd, kvalitní sadba a její biologická příprava. Při vysazování dodržujeme optimální hustotu porostu – v nejlepším případě 40 000 trsů/ha a maximálně 45 000 trsů/ha. Během vegetace pak dbáme na dostatečnou regulaci zaplevelení porostů.

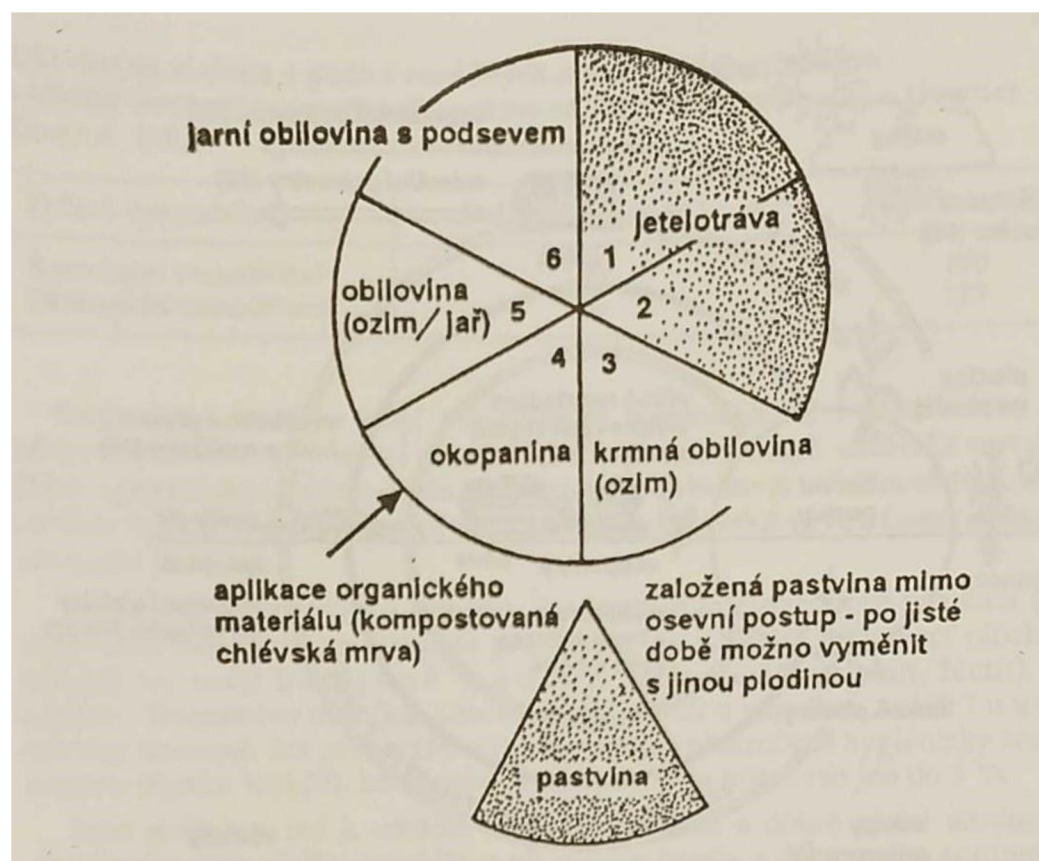
Dodáme-li rostlinám brambor správnou a vyváženou výživu, napomůžeme tak vyšší odolnosti a snížíme riziko napadení plísní. Zvláště je třeba se zaměřit na dostatečné zásobení půdy hořčíkem (ve formě pro rostliny přijatelné), který u brambor zvyšuje odolnost. Zároveň je nutné sledovat obsah dusíku v půdě, neboť při jeho nadbytku vznikají nevyzrálá, více náchylná pletiva (Hausvater et al. 2011).

3.4.1.1 Nepřímé metody ochrany

Mezi tato opatření řadíme výběr odolných odrůd, výběr správné lokality s odpovídajícími podmínkami pro pěstování dané plodiny, vyrovnanou výživu (především dostatek přijatelného hořčíku je stěžejní), biologickou přípravu a podporu rychlého vývoje porostů (narašení/naklíčení sadby), sázení a hrůbkování. V systému EZ mají rozhodující význam, z důvodu omezených možností přímé fungicidní ochrany (Vokál et al. 2004; Vokál et al. 2013). Hrůbkování, tedy nahrnutí vyšší vrstvy půdy nad hlízy, napomáhá omezení infekce – spory původce smyté z listů dešťovými srážkami tak přímo nekontaminují hlízy (Rasocha et al. 2004; Vokál et al. 2013). Dodržením vhodné hloubky sázení, přizpůsobené půdní struktuře a následného přihnutí hrůbků oblého tvaru, zajišťujeme, že dešťová voda ztéká do brázd a nevsakuje se do půdy k hlízám (Vokál et al. 2004). Chyby se v tomto opatření stávají obvykle v klasické technologii pěstování. Zapříčiněny bývají špatným seřízením hrobkovacích těles, nebo špatným časovým plánováním a opomenutím včasného zahrnutí (ještě před zapojením porostu). Seřízením sázecího zařízení je pak dán tvar hrůbků při technice odkamenění, ta se uplatňuje od devadesátých let a výrazně snižuje četnost a míru poškození hlíz při sklizni. Dnes je využívána v 90 % podniků v BVO. Díky zavedení této techniky došlo k významnému snížení (do té doby nejfrekventovanějších a nejzásadnějších problémů v ochraně brambor) skládkových chorob (Hausvater 2003; Hausvater & Doležal 2020).

Pro pěstování brambor vybíráme otevřenou lokalitu s častým prouděním vzduchu a s lehčí půdou, což snižuje opět riziko šíření plísně. Naopak nevhodné jsou pozemky v uzavřených údolích a v blízkosti lesů či vodních ploch a pozemky s vysokou hladinou spodní vody a s těžkou, pomalu vysychající půdou. Dlouhodobě vlhké prostředí vytváří vhodné mikroklima pro šíření plísně v porostu. Čím méně vhodné prostředí pro pěstování máme, tím odolnější odrůdy je nutné volit. Cílem agrotechnických opatření je oddálení vlastní infekce porostů, omezení šíření choroby a oddálení infekce samotných hlíz. Díky těmto opatřením můžeme zcela eliminovat potřebu chemické ochrany, nebo alespoň zvýšit její účinnost. Pro jednotlivé odrůdy ani užitkové směry se neliší přístupy agrotechnických opatření (Hausvater et al. 2011).

Podle Petra a Dlouhého (1992) je pro správný chod ekologických farem vhodná kombinace živočišné a rostlinné produkce, spolu se zařazením pícnin do osevních sledů v každém podniku (Obrázek 2). Takovéto podniky mají větší šanci na vyvážený osevní postup. Na farmách, které do svých osevních sledů nezařazují trávy a leguminózy, je nutné zařazovat alespoň jednoleté rostliny pro zelené hnojení či meziplodiny. Tyto rostliny však nedokážou půdu obohatit stejným množstvím dusíku jako jeteloviny, nepotlačují plevelné rostliny ani tolik nezlepšují půdní strukturu.



Obrázek 2: Obvyklý osevní postup v systému ekologického zemědělství (Petr & Dlouhý 1992).

Jak Hausvater et al. (2011) dále uvádějí, byl ještě donedávna považován odstup pěstování brambor v osevních postupech za nedůležitý ve vztahu k ochraně porostů před plísní bramborovou. Po objevení a potvrzení pohlavního rozmnožování *P. infestans* však můžeme předpokládat možné zdroje infekce i přímo v půdě. Tří až čtyřletý odstup v pěstování brambor na témže pozemku zajistí, že oospory vzniklé pohlavním rozmnožováním již nebudou možným zdrojem nákazy nových porostů (Hausvater & Doležal 2014).

Plíseň bramboru můžeme regulovat i vhodným uspořádáním porostů (spon a směrování řádků). Sazením do širších řádků – od 80 do 90 cm či při dalším rozšíření mezi řádkové vzdálenosti na 90–120 cm zcela zamezíme zapojení porostu. To garantuje prodloužení času, kdy do porostu proudí vzduch a zajišťuje rychlejší vysychání porostů po dešti. Nevýhodou širokých řádků je však horší zastínění půdy a snížená konkurence schopnost brambor vůči plevelům. Řádky je vhodné také orientovat ve směru převládajícího proudění vzduchu (Dvořák et al. 2014).

Další opatření, pomocí kterého lze snížit riziko šíření plísně, je vytvoření bariéry vhodnou implementací dalších rostlin. Existují studie, uvádějící příznivý dopad intercroppingu brambor a pšenice. V takovém systému byly brambory vysázeny kolmo vůči převládajícímu proudění vzduchu a v pásech či brázdách byla zasetá pšenice (jak autoři uvádějí, vytvořená bariéra zabraňuje šíření spor). Mezi další alternativní postupy testované v projektu Blight – MOP patří s kladným výsledkem i pásové (střídavé) pěstování odolných a citlivých odrůd vůči plísní na jednom pozemku, či střídání více odrůd ve stejném řádku. Využití této metody sice dle autorů dokáže omezit působení patogenu, ale zároveň přináší praktické problémy při sklizni a oddělování jednotlivých odrůd (Leifert & Wilcockson 2005).

Ve fázi, kdy preventivní opatření nezafungovala na 100 % a plíseň je v porostu již jasně patrná, je možné alternativně přistoupit k mechanickému zničení postižených rostlin například pomocí propanbutanových hořáků, které se zaslouží o zničení spor *P. infestans*. Tím lze zastavit, či alespoň zpomalit šíření choroby na další rostliny v porostu. Při mechanické likvidaci již napadených rostlin, je zapotřebí odstranit i rostliny nejbližší ohnisku nákazy, které již mohou být, ač zatím bezpříznakově, infikovány. Nákaza se znatelně projeví asi za tři až sedm dní v závislosti na vnějších podmínkách. Součástí mechanického zničení primárně napadených rostlin je i likvidace mnoha na první pohled zdravých rostlin, obklopujících rostliny poškozené primární nákazou (Dvořák et al. 2014).

V posledních letech proběhlo několik výzkumů zabývajících se možností snížit výskyt plísně bramborové za pomoci kapkové závlahy. Olanya et al. (2007) ve svém výzkumu zaznamenali drobné rozdíly v rozvoji plísně bramborové v zavlažovaných porostech oproti porostům nezavlažovaným, nicméně tento způsob závlahy výrazně neovlivnil mikroklimatické parametry, které běžně spojujeme s rozvojem plísně. Dosažené výsledky tedy naznačují, že mikroklima vedoucí k rozvoji choroby bylo spíše ovlivněno makroklimatickými podmínkami než závlahou.

3.4.1.1.1 Výběr odrůd, šlechtění, prognóza

Při pěstování bio-brambor, je kvalita sadby a volba odrůdy jedním z nejvýznamnějších prvků. V systému ekologického zemědělství dáváme přednost odrůdám s krátkou vegetační dobou – tedy s rychlým počátečním růstem, dřívějším nasazováním hlíz, nižšími nároky na dusíkaté látky v půdě a s větší odolností vůči chorobám. Odrůdy s delší vegetační dobou, které jsou obvykle určeny pro uskladnění a podzimní konzum, je potřeba volit odrůdy s vyšší odolností k plísni bramboru. Polopozdní odrůdy, i přes svůj vyšší výnosový potenciál a vyšší odolnosti proti nákaze *P. infestans*, zhmotňují riziko nestabilního výnosu a výtěžnosti hlíz (Diviš & Valenta 2006).

Mezi různými odrůdami brambor, lze pozorovat významné rozdíly náchylnosti k plísni bramboru. O tom svědčí nejen firemní materiály, ale i výsledky ÚKZÚZ, který provádí odrůdové pokusy, výsledky jsou dostupné například v „Seznamu doporučených odrůd bramboru“. Ve vztahu k plísni bramborové, je v tuzemských podmínkách výběr odrůdy kritický především v systému EZ, kde jsou možnosti přímé ochrany silně omezeny. V zahraničí, jsou vůči plísni bramborové rezistentní odrůdy (Defender, Jacqueline Lee) a vysoce odolné odrůdy (Sapro Mira) již známé a lze je na tamním trhu bez větších obtíží získat. Pro české pěstitele jsou však tyto odrůdy špatně dostupné. Z odrůd s relativně vysokou odolností, pohybujících se i na českém trhu, můžeme uvést například odrůdu Bionta (Dvořák et al. 2014).

Při výběru odolné odrůdy můžeme omezit počet chemických ošetření, či volit levnější přípravky s nižší účinností, naopak velmi náročné na fungicidní ochranu jsou vždy odrůdy náchylné vůči této chorobě. V systému ekologické produkce je výběr odrůdy zcela zásadní (Hausvater & Doležal 2014).

V 18. a 19. století, kdy u nás byl zaznamenán největší rozmach produkce brambor určených k výrobě škrobu, lihu a ke krmení, vznikaly ve světě četné šlechtitelské stanice. Nejhodnotnější odrůdy přicházely od šlechtitelů z Anglie, Německa a Ameriky. Základem pro potřebu šlechtění byly katastrofální dopady způsobené plísni bramboru, kdy byly ze strachu před ztrátou sadby, brambory pěstovány ze semene. První doložená šlechtitelská stanice u nás fungovala ve Valečově nedaleko Havlíčkova Brodu. Již tehdy byly odrůdy brambor děleny na pozdní, polopozdní a rané i konzumní, průmyslové a krmné. Šlechtění bramboru se v ČR v současné době věnují: SATIVA Keřkov, a. s., SELEKTA Pacov, a.s., VESA Velhartice, a. s. a Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s. r. o. (Domkářová et al. 2020).

Dle ÚKZÚZ (2022d) jsou pro systém pěstování v EZ v ČR aktuálně dostupné pouze 3 odrůdy. Laura, poloraná odrůda s červenou slupkou a mimořádně sytě žlutou dužinou. Vysoce odolná proti plísni bramboru a s dlouhou dormancí hlíz, a tedy i možností dlouhého skladování. Varný typ B.

Marabel, raná odrůda se žlutou slupkou i dužinou. Středně až vysoce odolná proti plísni bramboru, středně dlouhá skladovatelnost a dormance. Varný typ B.

Red Sonia, velmi raná odrůda s červenou slupkou a světle žlutou dužinou. Středně odolná proti plísni bramboru a dlouhá skladovatelnost i dormanční doba. Varný typ B (Europlant 2022).

Prognóza plísně bramboru

Nově dostupná online prognóza pro výskyt plísně bramboru, byla spuštěna začátkem června roku 2020 na Rostlinolékařském portále ÚKZÚZ. Prognóza *P. infestas* stojí na metodě BLITECAST (Late Blight Forecast), která vyhodnocuje takzvané srážkově příznivé dny (úhrn srážek), které mají spolu s teplotou vzduchu přímý vliv na vývoj tohoto patogenu. Po 10 po sobě v řadě jdoucích příznivě srážkových dnech je pak předpovězen první výskyt choroby za jeden až dva týdny. Kromě teploty vzduchu a množství srážek pracuje BLITECAST i s hodnotami relativní vlhkosti vzduchu, díky čemuž dokáže předpovědět tzv. stupeň nebezpečí. Výstupem modelu je mimo doporučení prvního ošetření i zhodnocení rizika následného šíření patogenu a doporučení dalších ochranných intenzivních i extenzivních opatření (Pachlová 2020).

3.4.1.1.2 Mulčování

Mulčování, či hrůbkování (nahrnutí půdy k trsům) zastává funkci filtru a zamezuje přenosu spor plísně z natě k hlízám, ke kterému běžně dochází při dešťových srážkách. Snadněji jsou touto cestou napadány mělce uložené hlízy (nedostatečně přihnuté zeminou či mulčem) (Dvořák et al. 2014).

Pokusy provedené Dvořákem et al. (2013) testovaly mimo jiné i vliv využívání mulče na napadení porostu plísní bramborovou. Sledován byl výskyt choroby jak na nati, tak i stav napadení hlíz při sklizni. Na stanovišti v Leškovicích, v bramborářské výrobní oblasti, byla plíseň bramboru obecně větším problémem oproti stanovišti v Uhříněvsi v řepařské výrobní oblasti. V BVO bylo v letech 2011 a 2012 vyhodnoceno, že využití slaměného mulče na výskyt plísně na nati nemělo průkazný vliv. Po celou dobu trvání experimentu (2008 – 2012) bylo napadení hlíz plísní bramboru největší v porostech s aplikovaným travním mulčem před vzejitím porostu. Na stanovišti v ŘVO byl sledován trend nižšího napadení natě za podmínek aplikace rostlinného mulče před vzejitím porostu a za použití mulčovací fólie (zde však došlo k předchozímu poškození žírem larev mandelinky). V roce 2011 byl ze sledovaných materiálů jako nejúčinnější proti plísni bramboru na nati vyhodnocen slámový mulč. Při použití travního mulče až před vzejitím porostu byl výskyt nákazy nejnižší, zatímco při aplikaci mulče ihned po výsadbě bylo pozorováno největší napadení hlíz. Samotná aplikace mulče se tedy ukázala být pro ochranu hlíz před plísní bramboru nedostatečná. Monitorované výsledky ovšem nejsou statisticky průkazné, neboť se ve výsledcích experimentu výrazně promítly rozdílné srážkové podmínky v různých letech, které jsou pro průběh nákazy zpravidla rozhodující.

Jak uvádí Döring et al. (2006) ve své studii, aplikace mulče v porostech brambor, je jedním z možných přístupů k ochraně před půdní erozí, posklizňovou ztrátou dusíku a před virovými chorobami. V Severní Americe se ve 20. století mulč běžně při pěstování brambor

využíval. Postupem času z běžných komerčních produkcí vymizel úplně a dnes je využíván podstatně méně a obvykle pouze v podmínkách domácího zahradničení. Nicméně výsledky vědeckých pokusů říkají, že navrácení mulče do běžné faremní produkce brambor, by mohlo vylepšit ekologické i ekonomické aspekty komerční produkce. Nejen že byla prokázána snížená četnost erozních událostí půdy (Edwards et al. 2000; Döring et al. 2006), ale byly zaznamenány i lepší výsledky v boji proti plísni bramborové v produkci sadbových brambor (Döring et al. 2006). Dále bylo prokázáno, že využít mulč by bylo možné i za účelem snižování posklizňových ztrát dusíku z půdy (Christensen & Olsen 1998; Döring et al. 2006).

Před opětovným zařazením mulčovacích technik do praxe, je nutné prozkoumat možné vedlejší účinky mulče na zdraví a kvalitu hlíz. Zvláště je nutné se zaměřit na dvě nejobávanější choroby současné ekologické produkce – plíseň bramborová a kořenomorka bramborová. Účinky mulče byly sledovány při 20 pokusech, které probíhaly po dobu tří let na čtyřech ekologicky hospodařících farmách v Německu. Rozvoj plísně bramborové v porostu, je silně závislý na hodnotách vzdušné vlhkosti (Döring 2006). Proto, byl v provedených pokusech sledován účinek mulče na polní mikroklima včetně relativní vlhkosti. Velké rozdíly mezi výsledky jednotlivých experimentů byly způsobeny především rozličnými klimatickými podmínkami v daných letech i na daných stanovištích.

Po aplikaci mulče, byla vysledována jasná tendence k mírné redukci plísně bramborové. Vliv mulče na teplotu a vlhkost vzduchu nebyl velký, ale projevil se bezprostředně po aplikaci. Obecně je mulč známý snížením odparu vody, a tedy zadržováním vlhkosti v půdě. Pravděpodobně je tedy zodpovědný za následnou nižší vlhkost vzduchu a vyšší teplotu během dne v prvních týdnech po aplikaci, na druhou stranu ale způsobil i zvýšení teploty půdy v nočních hodinách. Bylo prokázáno, že funguje jako tepelná izolace. Zároveň bylo jasně prokázáno, že využívání mulče nezhoršuje průběh, ani nezpůsobuje šíření plísně bramborové (Döring et al. 2006).

3.4.1.2 Přímé metody ochrany

3.4.1.2.1 Použití fungicidů

V EZ je možnost využití chemických fungicidů u brambor omezena pouze na přípravky na bázi mědi s maximální dávkou 6 kg Cu/ha a rok na jednom pozemku. Například dříve hojně využívaný přípravek Kuprikol 50 (oxichlorid mědi), jeho celková dávka šla rozdělit do dvou až čtyř ošetření. Z dnes dostupných látek funguje na stejné bázi například Flowbix. První ošetření musí být naplánováno na období před infekčním stavem. Rozdělení celkové dávky je pak nutné upravit podle situace. V případě silného infekčního tlaku, je zapotřebí aplikovat dvě plné dávky. V případě slabého infekčního tlaku, je lepší povolené množství dělit do tří až čtyř postřiků. Při aplikaci měďnatých přípravků je ale nutné počítat s minimálně o padesát procent horšími výsledky, než při plné fungicidní ochraně a s možným rizikem snížení výnosu u některých odrůd brambor, a to především při časně infekci (Vokál et al. 2004; ÚKZÚZ 2022c).

Ošetření fungicidními látkami v systému ekologického zemědělství je stále možné především z důvodu, že se zatím nepodařilo vyšlechtit odrůdy rezistentní vůči plísni bramboru (Diviš 2004).

Podle ÚKZÚZ (2022c) je aktuálně pro použití proti plísni bramborové v systému EZ povoleno 21 fungicidních přípravků. Fungicidy můžeme dělit do skupin podle účinných látek.

Přípravky na bázi mědi (ve formách Hydroxidu měďnatého, Oxichloridu mědi, Síranu měďnatého) jsou nejpočetnější skupinou a patří mezi ně tyto přípravky: Airone SC, Badge WG, Cobran, Copac WG, Coprantol Duo, Cuproxat SC, Cuprozin Progress, Champion 50 WG, Defender, Defender dry, Flowbrix, Funguran PRO, Funguran progress a Grifon SC (ÚKZÚZ 2022c).

V dnešní době jsou přípravky na bázi mědi prakticky jedinou spolehlivou metodou k likvidaci plísňových a bakteriálních chorob. Fungují velmi spolehlivě ve formě kontaktních fungicidů. Nicméně jejich vedlejší účinky na životní prostředí (těžba mědi a toxický vliv na půdní prostředí především na vodní prostředí) jsou, především s přihlédnutím k principům organické produkce, nepřijatelné (Finckh et al. 2006).

Přípravky na bázi mykoparazitické řasovky *Pythium oligandrum* M1 (někdy lidově nazývána jako „chytrá houba“), jsou vhodné k ošetření sadby, a tedy k zamezení primární infekce. Do této skupiny patří: Green doctor, Polydresser, Polyversum, Polyversum – Biogarden a Polyversum – Polygandron (ÚKZÚZ 2022c).

P. Oligandrum je nepatogenní půdní oomycetní organismus, osidlující kořenové systémy různých druhů plodin. Zatímco většinu organismů z rodu *Pythium* řadíme mezi rostlinné patogeny, *P. Oligandrum* se od těchto liší nejen svou schopností chránit okupovanou rostlinu před biotickými stresy, ale i podporou jejího růstu (Benhamou et al. 2012). I přesto, že jsou oomycety morfologicky podobné houbám, vyvinul si tento organismus jedinečnou schopnost napadat mykotické patogenní organismy. V provedené studii byl pomocí fluorescenční mikroskopie pozorován mykoparazitismus stran *P. oligandrum* vůči *P. infestans* (Horner et al. 2012).

Aplikace fungicidů se provádí v pravidelných intervalech několikrát za sezónu a ve spojitosti s vývojem počasí. První ošetření provádíme, s přihlédnutím k fázi vývoje porostu, podle signalizace prognózy výskytu choroby. Mezi jednotlivými aplikacemi fungicidů je dán interval. Ten se vyhodnocuje na základě účinnosti daného přípravku a v závislosti na počasí. Při deštivém počasí se interval obvykle zkracuje na pět až sedm dní, ale za běžných podmínek se interval stanovuje mezi sedmi a deseti dny. Minimální postřiková dávka je 400l vody/ha (Kazda et al. 2010; Hausvater et al. 2011).

Chitosan hydrochlorid, je u nás registrován jako pomocná látka pro podporu zdraví rostlin (eAgri 2022). Jakožto elicitor, dokáže posílit imunitní systém brambor aktivací několika

důležitých obranných drah. Jeho aplikace na porosty zvýšila odolnost brambor a potlačila plíseň bramborovou nejen v laboratorních, ale i v polních podmínkách (Zheng et al. 2021).

Bylo prokázáno, že neemový strom (*Azadirachta indica* A. Juss), má insekticidní, antibakteriální, antimykotické i antivirotické účinky. Rashid et al. (2004) ve své studii prokázali až 100% potlačení růstu mycelia tohoto patogenu. Výsledky této studie naznačují, že neem obsahuje látky, které dokáží redukovat růst a množení plísně bramboru, které ale v praxi sami o sobě nedokáží chorobu zcela zastavit. Přípravky na bázi neemu by ale mohly být vhodným doplňkem a v kombinaci s dalšími opatřeními.

Za účelem snížení používání syntetických fungicidů v produkci brambor, zkoumali Olanya a Larkin (2006) účinnost esenciálních olejů a biopesticidů v potlačení růstu patogenu *P. infestans*. Společně s biopesticidem Serenade (*Bacillus subtilis* QST 723) byly použity esenciální oleje levandule, tymiánu, tymiánu borneolu a oregana. Nejlepších výsledků bylo dosaženo při použití kombinace Serenade a oleje z oregana, kdy se podařilo potlačit růst patogenu až na 90 %. Serenade i oregano ale působily ve vyšších dávkách fyto toxicky. Žádný z esenciálních olejů ani biologická ochrana se nedokázala vyrovnat výsledkům dosahovaným s chemickým přípravkem chlorothalonil, který byl použit v kontrolní skupině a jeho úspěšnost se pohybovala mezi 80 % a 98 %. Dosažené výsledky naznačují, že rostlinné oleje ani biologické přípravky nestačí k úplnému potlačení plísně bramborové. Pokud by se ovšem využívaly v kombinaci s jinými, již zaběhnutými, ochrannými opatřeními, mohly by tvořit lepší, integrovaný a udržitelný přístup k potlačení tohoto patogenu.

3.4.1.2.2 Ukončení vegetace

Předčasné, nebo také umělé ukončení vegetace porostů brambor, které provádíme před přirozeným odumřením natě, je tradičním technologickým prvkem. Toto opatření je vhodné jak pro velkovýrobu, tak pro malopěstitele (Hausvater et al. 2021). V EZ je žádoucí natě mechanicky zničit především proto, aby se za deštivého počasí plíseň nepřenesla na hlízy (Šarapatka & Urban 2006).

V případě napadení porostu od 1 % u nejnáchylnějších odrůd do 20 % u odrůd odolnějších (přičemž je nejrozumnější držet se nižší hranice) se doporučuje předčasné ukončení vegetace. Obzvláště nutné je ukončení vegetace, pokud se dá přepokládat další rychlé šíření plísně – například pokud jsou hlášeny četné a intenzivní dešťové srážky a porosty se nachází v lokalitě s těžkou půdou. Na rozdíl od konvenčního zemědělství, kde je možnost využití chemického způsobu, ekologické zemědělství využívá téměř výhradně mechanický způsob odstranění natě. Likvidace natě se sporami plamenem či parou, je z důvodu energetické a finanční náročnosti, využívána především v porostech na produkci sadby. Abychom předešli infekci při sklizni v důsledku mechanického poškození hlíz, je nutné dbát na šetrnou sklizeň (Vokál et al. 2004; Hausvater & Doležal 2014; Dvořák et al. 2014). Pokud pěstujeme odrůdy s vysokou odolností hlíz vůči plísni bramborové, můžeme k tomuto zákroku přistoupit, až když je napadeno mezi 30 % a 40 % listové plochy (Vokál et al. 2004).

K metodám ukončení vegetace patří v menším měřítku i odřezávání a trhání natě. Krom pokusů s ničením natě za pomoci tekutého dusíku či plamene, proběhly též pokusy o ukončení vegetace pomocí elektrických výbojů. Tyto metody se i nadále prozkoumávají, nicméně jejich energetická náročnost stále zůstává největší překážkou v jejich použití v praxi. Mezi v praxi využitelné metody pak řadíme například mechanické rozbíjení natě, kdy je ponechána část listové plochy i stonku a růst hlíz tak není zastaven. Při tomto postupu není zdroj nákazy zcela oddělen a zároveň může (v závislosti na okolních podmínkách) vegetace rychle obrůstat. Toto opatření je vhodné například v porostech konzumních brambor, v letech, kdy je riziko plísně minimální či nulové. V případě silně napadených porostů (kdy je nutný rychlý zásah) a v případě produkce sadbových brambor, kdy zásah probíhá v plné vegetaci, nelze tento způsob částečného odstranění natě doporučit (Hausvater et al. 2021).

Nechat nat' porostu přirozeně dozrát je doporučeno pouze v případech, kdy je porost zcela bez příznaků napadení. Při pěstování brambor na malých plochách, je v rizikovém období účinné a proveditelné nat' zcela zlikvidovat (Hausvater & Doležal 2014).

3.4.2 Skládkové choroby způsobené plísní bramborovou

Mechanické poškození hlíz při sklizni a následná špatná manipulace, jsou hlavní příčinou možné infekce hlíz plísní bramboru. Toto pak způsobuje i náchylnost k infekcím mokrou bakteriální hnilobou, suchou fusariózní hnilobou a suchou formovou hnilobou (Šarapatka & Urban 2006).

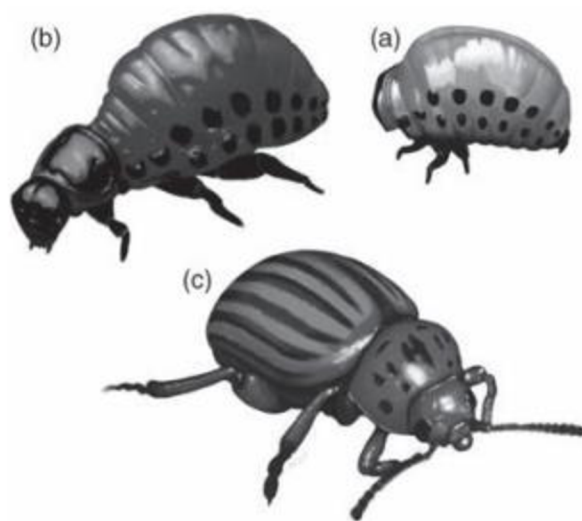
Nejběžnější skládkovou chorobou je fusariová hniloba, jejímiž jsou patogeny rodu *Fusarium*. Hlízy jsou infikovány prakticky pouze po mechanickém porušení či poškození jinými chorobami – nejčastěji plísní bramboru. Následkem mechanického poškození dochází i k nálezům fómovou hnilobou (Hausvater & Doležal 2020).

3.5 Mandelinka bramborová (*Leptinotarsa decemlineata*)

Již déle než 150 let je světově nejvýznamnějším škůdcem brambor mandelinka bramborová (*Leptinotarsa decemlineata*) (Sablon et al. 2013), která dokáže zlikvidovat i celý porost. Do Severní Ameriky, odkud se nadále rozšířila i do Evropy a Asie, se původně dostala z Mexika. Celosvětově se vyskytuje asi na 16 milionech km² porostů, a i nadále se šíří (Alyokhin et al. 2008). Za běžných podmínek se mandelinka bramborová specializuje pouze na rostliny z čeledi lilkovité (*Solanaceae*), v laboratorních podmínkách však byl zaznamenán i možný vývoj na jiných druzích rostlin (Hsiao & Fraenkel 1968).

V biologické klasifikaci ji řadíme do čeledi *Chrysomelidae* (mandelinkovití), která je třetí největší skupinou řádu *Coleoptera* (brouci) (Alyokhin et al. 2013). Dospělí jedinci, jejichž tělo je vypouklé a oválné, mohou měřit až 10 mm a jsou širší až 7 mm. Tělo mandelinky je

zbarvené od světle žluté do žlutooranžové barvy. Má pět výrazných podélných pruhů hnědé až černé barvy na každé krovce a na hřbetní části předohrudi skvrny téže barvy. Na tělo nasedá malá hlava se složenýma očima na stranách hlavy a s růžencovými, dvanácti článkovými tykadly. Tento škůdce běžně přezimuje v zemi v hloubce mezi 10 a 40 cm. Oválná vajíčka tohoto brouka, kterých může samička vyprodukovat 300-800 za život, jsou kladena ve shlucích po 20-40 kusech na spodní straně listů a jejich délka je 0,8-1,5 mm. Čerstvě po naklazení mají žlutou barvu a před vylíhnutím ztmavnou do oranžova. Z vajíček se líhnou larvy, které dosahují velikosti 15 mm. Vývoj embryí závisí na teplotě, při 20 °C se larvy líhnou průměrně za 10 dní. Larvy jsou oranžově až červeně zbarvené s devítičlenným zadečkem, malou černou hlavou, nožičkami a dvouřadou černých teček po stranách tělíčka (Obrázek 3). Procházejí 4 vývojovými stádii (instary). Na konci čtvrtého instaru zalézají larvy do půdy do hloubky asi 5-12 cm, kde dochází k zakuklení. Stádium kukly trvá zhruba 14 dní, následně se líhnou dospělí jedinci tzv. letní brouci, kteří jsou za příznivých podmínek základem pro druhou generaci (Capinera 2001; Weber 2003; Wale a kol. 2008; Alyokhin et al. 2013; Waters & Jensen 2014; ÚKZÚZ 2022b).



Obrázek 3: Mandelinka bramborová: mladá larva 1.-2. instar (a), starší larva 3.- 4. instar (b), dospělý brouk (c) (Waters & Jensen 2014).

Přemnožení tohoto škůdce zapříčiňuje holoříry porostů brambor a výrazně snižuje jejich výnosy. Nejohroženější jsou ranobramborářské oblasti (u nás jižní Morava a Polabí), kde během sezóny mohou vytvořit i dvě generace (Vokál et al. 2004; ÚKZÚZ 2022b). Schopnost mandelinky bramborové vyvinout rezistenci proti insekticidům, činí ochranu porostů brambor proti ní velmi náročnou. Vytvořila si odolnost vůči téměř čtyřiceti různým typům konvenčních pesticidů. I přes možnost předcházení výskytu mandelinky správnými agrotechnickými postupy, zůstane nejspíše i do budoucna konvenční zemědělství především u regulace insekticidy (Alyokhin 2009; Opatrný 2012).

3.5.1 Ochrana před Mandelinkou bramborovou EZ

Dodnes neznáme žádnou metodu, díky které bychom byli schopni zcela zabránit škodám způsobeným tímto škůdcem. Nejefektivnějším řešením se ukázala být kombinace dostupných opatření a jejich vhodná kombinace s přihlédnutím k dopadům na životní prostředí (Alyokhin 2009).

Včasné zakrytí záhonů ochrannými sítěmi či mulčovací textilí, znemožňuje mandelince migraci mezi zeminou a vegetačními orgány bramboru, toto opatření lze v menších provozech kombinovat se systematickou kontrolou a sběrem larev. Pro podporu přirozených nepřátel se v permakulturním systému doporučuje brambory vysazovat např. společně s kedlubnem, špenátem, křenem či fazolem (Anonym 2015).

Při regulaci mandelinky bramborové je vhodné zařazovat i mnoho nepřímých metod. Mezi ty patří například likvidace plevelných brambor a dodržování čtyřletého odstupu brambor v osevním postupu. K přímým metodám, které byly testovány ale nakonec se jejich využití v praxi neuchytilo patří například strojové sfoukávání, vysávání a sklepávání brouků a larev. Na malých plochách porostu lze zařadit ruční sběr brouků, jehož cílem je vysbírat tzv. „jarního brouka“ a nedopustit páření a kladení vajíček. Tato metoda je však náročnější na ruční práci (Dvořák & Bicanová 2007).

3.5.1.1 Nepřímé metody ochrany

V rámci prevence, je vhodné předkličování sadby, včasná výsadba a cílená podpora přirozených nepřátel (např. sluněčka, ploštic, škvorů, kosů, bažantů, koroptví). Vzdálenost mezi jednotlivými bramborovými poli musí být alespoň 500 m, aby se tak zabránilo migraci dospělých brouků. Na základě pokusů s odrůdami, se zjistilo, že některé odrůdy jsou pro mandelinku atraktivnější než jiné. Mezi rozhodující faktory patří třeba obsah alkaloidů či množství trichomů (ochlupení) na listech (Diviš 2012; Dvořák et al. 2014).

Populaci přezimujících dospělců redukuje použití rotavátorů při obdělávání půdy a technologie odkameňování (Hausvater & Doležal 2013).

3.5.1.1.1 Monitoring, šlechtění

Při monitoringu larev je zjišťována četnost ohnisek na jednom hektaru. Kritickou hranicí je 14 ohnisek/ha. Prognóza pro napadení mandelinkou bramborovou může být provedena na základě počtu dospělců v mladém porostu – v jarním období za teplého a slunného počasí. Potřeba ošetření nastává v případě, kdy po jarním náletu brouků do porostu, nalezneme 100 a více dospělců (Diviš 2012; ÚKZÚZ 2022b).

Alyokhiun (2009) ve své práci uvádí, že se zatím nepodařilo vyšlechtit odrůdu brambor, odolnou vůči mandelince, která by byla k dostání na běžném trhu. V podmínkách konvenčního zemědělství se v roce 1995 pokusila nadnárodní americká společnost Monsanto company

uvést na trh první geneticky modifikovanou (GM) odrůdu bramboru Russet Burbank, odolnou k tomuto škůdci. Odolnost zajistilo vložení BT genů typu Cry 3A a odrůda byla na trh uvedena s názvy variet New Leaf Potato či New Leaf Plus, které byly rezistentní vůči virovým nákazám. Pro malý zájem farmářů byly však tyto GM variety z trhu staženy a GM programy bramboru zůstávají i nadále pozastaveny (Opatrný 2012).

3.5.1.1.2 Mulčování

Mulčování je jednou z alternativních metod v boji s mandelinkou bramborovou Brust (1994) ve svých pokusech prokázal snížení populace i menší škody v mulčovaných porostech brambor, které bylo zapříčiněno především vytvořením vhodných podmínek pro přirozené predátory tohoto škůdce (Brust 1996).

Přestože využití mulče dokáže snížit škody způsobené tímto hlavním škůdcem brambor, často nedokáže mulčování samo o sobě dostatečně potlačit škody natolik, aby se zcela předešlo ekonomickým ztrátám (Zehnder & Hough-Goldstein 1990; Brust 1994).

V pokusech prováděných v letech 2008–2012 Dvořákem et al. (2013), byl mimo jiné sledován efekt rozdílných typů mulče na mandelinku bramborovou. Na stanovišti v BVO bylo prokázáno, že při použití mulčovací fólie nebo travního mulče, docházelo k mírnému zvyšování výskytu brouka i larev. Statisticky ale toto zjištění nebylo průkazné. Na tomtéž stanovišti byl v letech 2011 a 2012 prokázán trend nejnižšího výskytu tohoto škůdce při aplikaci slaměného mulče, přičemž po celou dobu pokusu slaměný mulč vykazoval nejlepší výsledky ve srovnání s travním mulčem a nezamulčovanou kontrolou. Na teplejším stanovišti v ŘVO, kde je výskyt mandelinky významným limitujícím faktorem, došlo ve většině let k masivnímu náletu brouků a následnému výskytu larev. To mělo na neošetřených variantách za následek holožír natě, předčasné ukončení vegetace a následně vysoké výnosové ztráty. Při použití mulčovací fólie v této oblasti došlo k dalšímu zvýšení počtů larev v porostu. V roce 2011 byl kromě travního mulče v ŘVO využit i mulč slaměný, který vykazoval lepší výsledky než v BVO a potvrdil tak předešlá pozorování a zjištění.

3.5.1.2 Přímé metody ochrany

3.5.1.2.1 Biologická ochrana

V posledních letech se zájem o vývoj biopesticidů výrazně zvýšil i u velkých chemicky založených zemědělských společností. Jejich hlavní motivací je rozšířit nabídku přípravků proti škůdcům a chorobám využitelných v udržitelném hospodaření. Minimálně 586 druhů hmyzu si vyvinulo rezistenci vůči ≥ 1 z 325 chemických insekticidů a na 5 insekticidních vlastností GMO rostlin (Sparks & Nauen 2014). Běžně užívané insekticidy s obsahem chlóru a fosforu jsou zpravidla perzistentní a mají toxické účinky na vyšší organismy včetně člověka (Casida 1980). Obavy z chemických pesticidů prohloubil i nepříznivý dopad neonikotinoidů na populace včel (van der Sluijs et al. 2013), což potvrdilo potřebu vývoje dalších biologických opatření proti škůdcům. Mimoto se vývoj nových syntetických pesticidů stává čím dál tím náročnější a dražší.

Vývoj nových chemických postřiků vyžaduje investice a trvá minimálně deset let, než je možné přípravky uvést na trh (Mascarin & Jaronski 2016). Oproti tomu celkové investice do vývoje mikrobiálních pesticidů by mohly být nižší a na trhu by se mohly objevit za kratší dobu (již za 3 – 5 let) (Glare et al. 2012; Marrone 2014).

Mikrobiální biopesticidy v současnosti celosvětově zažívají velkou dynamiku, a to především díky společenskému, politickému a v neposlední řadě i tržnímu tlaku. Ten je poháněn poptávkou po potravinách bez chemických reziduí a snížení závislosti na chemických pesticidech. Dalším faktorem ovlivňující poptávku po mikrobiálních pesticidech je rozvoj a expanze EZ a rozvoj a upevňování pozice integrované ochrany rostlin v zemědělství (Ravensberg 2011; Mascarin & Jaronski 2016).

Dalším směrem v této formě ochrany je k hubení škůdce využít přirozených nepřátel a antagonistických organismů. Ve společenstvech vyskytujících se na zemědělsky obdělávaných půdách v ČR, jsou nejčastějšími predátory tohoto brouka pavouci, sluněčka, ploštice, střevlíci, škvoři a ptáci. Tyto organismy bohužel mandelinku nelikvidují natolik dostatečně, abychom mohli zahrnout další ochranná opatření (Hausvater & Doležal 2013).

3.5.1.2.1.1 *Bacillus thuringiensis ssp. tenebrionis (Btt)*

Je účinnou látkou přípravku Novodor v EU schváleného pro používání v systému EZ. O použití jednotlivých biologických přípravků pro ochranu rostlin ovšem rozhoduje každý členský stát EU dle svých vlastních právních předpisů, a tak u nás registrace Novodoru skončila v roce 2000 (Šarapatka & Urban 2006; Dvořák & Bicanová 2007).

Btt je proti mandelince bramborové hojně využíván například v Německu a je vhodnou alternativou syntetických fungicidů. Při pravidelné aplikaci poskytuje tato entomopatogenní bakterie uspokojivé výsledky v boji proti tomuto škůdci. Vzhledem k tomu, že při aplikaci na dospělé jedince dochází pouze k několikadennímu omezení příjmu potravy a kladení vajíček, je vhodné jej aplikovat již na larvy. Mandelinka je v larválním stádiu (především na jeho počátku v 1. a 2. instaru) vůči tomuto patogenu až tisíckrát citlivější než dospělí jedinci (Brust 1996; Kühne et al. 2006; Lacey et al. 2015).

3.5.1.2.1.2 *Beauveria bassiana*

Tato entomopatogenní houba byla objevena roku 1835 entomologem Antoni Bassim, po kterém získala jméno, jako původce choroby bource morušového (*Bombyx mori*) – Pebrina. Tato choroba se vyznačuje pokrytím mrtvolek bílým práškem, proměňuje tak larvy v bílé mumie. Jeden z prvních a zároveň nejvýznamnějších pokusů o využití *B. bassiana* byl proveden již v polovině devatenáctého století ve středozápadní USA pro likvidaci *Blissus leucopterus*. Tato entomopatogenní houba je dobře známá i pro své široké spektrum hostitelů. Dokáže infikovat přes 700 druhů členovců včetně různých druhů roztočů a hmyzu (Inglis et al. 2001; Lord 2005; Zimmermann 2007).

V polovině šedesátých let minulého století byl v SSSR vyroben Boverin. První přípravek proti mandelince bramborové u nás na bázi hub, konkrétně na bázi *B. bassiana*. Jeho sériová výroba pak započala na přelomu šedesátých a sedmdesátých let (Ravensberg 2010). Ústřední továrna Sovětského svazu dokázala vyrobit 22 tun Boverinu ročně (Mascarin & Jaronski).

EZ nabízí výjimečnou příležitost pro využívání mikrobiálních biologických prostředků pro boj s rostlinnými škůdci. Bylo prokázáno, že *Beauveria bassiana* je velmi důležitým patogenem mandelinky bramborové, a to především v systému ekologické produkce brambor. Společně s dalšími přirozenými nepřáteli, dokáže výrazně snížit škody způsobené tímto škůdcem (Crowder et al. 2010). Existují studie, které prokazují možné vzájemné doplňování účinnosti a kombinace s jinými přirozenými nepřáteli. Těmi mohou být kromě predátorů i parazitoidní vosy a mikrobiální patogeny hmyzu (Wraight & Ramos 2005).

3.5.1.2.1.3 Přirození predátoři *Leptinotarsa decemlineata* z řad členovců

Ektoparazitický roztoč mandelinky bramborové *Chrysomelobia labidomerae*, který je rozšířen především v Mexiku, brouka přímo nehubí, ale snižuje jeho schopnost expanze. Bylo vyzorováno, že mandelinky postižené více než 20 jedinci tohoto parazita, nedokázaly pořádně vzlétnout a hynuly dříve než nenapadení brouci. Bohužel v takovémto množství se roztoč v přirozených podmínkách objevuje jen zřídka (Hough-Goldstein et al. 1993).

Dalším ektoparazitickým roztočem obávaného škůdce brambor je *Pyemotes tritici*, tento parazituje především na larvách druhého až čtvrtého instaru. Nezvratnou paralýzu způsobuje již do čtyř hodin od napadení, larvy pak do týdne hynou. Dospělí jedinci mandelinky bramborové jsou vůči tomuto roztoči imunní (Drummond & Casagrande 1989). Pro cílené využívání v boji proti mandelince bramborové je však nevhodný pro své široké spektrum hostitelů – není možné se vyvarovat napadení prospěšného hmyzu (Cross et al. 1975; Treat 1975).

Z řad dravých ploštic, se k užití v biologické ochraně proti mandelince bramborové, těší největší oblibě dva druhy – *Perillus bioculatus* (F.) a *Podisus maculiventris* (Say.) a to především ve Spojených státech amerických. *P. bioculatus*, se v polních podmínkách živí hlavně larvami mandelinkovitých a dokonce se jeví být specifickým predátorem *L. decemlineata*, nicméně v laboratorních podmínkách se tato ploštice živila vícero druhů hmyzu. Tento predátor dokáže za jednu sezónu vytvořit až čtyři generace. Během svého vývoje dokáže každý jeden jedinec zkonzumovat i více než 300 vajíček či 3 larvy čtvrtého instaru (Knight 1923, 1952; Tamaki & Butt 1978; Froescher 1988; Heimpel 1991). I přes rozsáhlou distribuci se v Evropě zřejmě tato ploštice nikdy nestala součástí běžně využívaných přístupů k ochraně před *L. decemlineata*. Přesto bylo přezimování této ploštice zaznamenáno například v hornatých regionech jižní Itálie (Franz & Szmidt 1960; Franz 1967; Jeremy 1980; Ziskind & Mityakina 1991).

Na malých pokusných polích bylo v Evropě, Delaware a Washingtonu provedeno testování vlivu *P. Bioculatus* na mandelinku bramborovou. Predátoři značně poškodili

populace mandelinky bramborové za dodržení následujících podmínek: (1) když bylo použito dostatečné množství jedinců; (2) když pozorování proběhlo na larvách druhého a třetího instaru; (3) když byly přítomny larvy a vajíčka pouze mandelinky bramborové (Hough-Goldstein et al. 1993).

Tamaki a Butt (1978) uvádějí, že efektivita této ploštiny jako parazita se může jevit jako neefektivní, neboť „nikdy neplývají potravou“ a nenapadnou další kořist, dokud předešlou kompletně nevysají. Toto chování ovšem může být výhodné, pokud se nabízená potrava skládá spíše z vajíček nežli z larev – tedy na počátku sezóny, před vylíhnutím larev. Na rozdíl od mandibulárních predátorů, kteří vajíčka často pouze poškodí, což nemusí nutně zamezit dalšímu vývoji, likvidují ploštiny vajíčka celá (Hough-Goldstein et al. 1993).



Obrázek 4: *Perillus bioculatus* likvidující larvu mandelinky bramborové
(Zdroj: https://ukrbin.com/show_image.php?imageid=67721)

Podisus maculiventris, je druhou parazitující ploštinou mandelinky bramborové pocházející z USA. Bylo vyzkoušeno, že spektrum jejích potencionálních kořistí je podstatně širší než u výše zmíněné ploštiny, i tak byly v polních podmínkách pozorovány uspokojivé výsledky v likvidaci *L. decemlineata*. Její plodnost o něco vyšší nežli u *P. bioculatus* (Tamaki & Butt 1978; Hough-Goldstein et al. 1993). Při srovnávacím testování těchto dvou ploštic v jejich schopnosti redukce mandelinky bramborové v porostu, byla ve stejném čase zjištěna likvidace zhruba stejného množství škůdce. V prvním sledování, co se týče uchránění porostu před holořírem, byla *P. bioculatus* úspěšnější nežli *P. maculiventris*. To je nejpravděpodobněji zapříčiněno specializací *P. bioculatus* na mladší vývojová stádia. Při dalších sledováních byla pozorována vyšší hustota *P. bioculatus* oproti *P. maculiventris*, nicméně i přesto obě ploštiny byly obdobně úspěšné v redukcí způsobených škod na listových plochách (Biever & Chauvin 1992a, 1992b).

3.5.1.2.2 Rostlinné extrakty

I přes účinné repelentní a toxikační účinky rostlinných metabolitů, které byly v zemědělství empiricky využívány, s objevením chemických pesticidů byly tyto látky upozaděny a jejich vlastnostmi se přestala zabývat i většina výzkumů. Intenzivní znečišťování životního prostředí, které probíhalo posledních dvacet let a potřeba snížit ničivé následky aplikace chemických pesticidů v neuváženém množství déle než šest desetiletí, však přivedlo vědce zpět k tomuto rozsáhlému poli výzkumu (Bratu 2006).

Dnes rostlinné insekticidy přitahují stále větší pozornost malých a ekologicky hospodařících farmářů, jako vhodná a dostatečná alternativa k syntetickým postřikům. Využívání pesticidů na přírodní bázi, by mohlo vést k většímu rozšíření EZ, jehož výhodou je zvyšování biodiverzity (Shahrajabian et al. 2020).

Jak dokazuje množství studií, sekundární rostlinné metabolity zaznamenaly za poslední roky velký rozvoj v použití k boji s rostlinnými škůdci. Mnoho zemí s dlouhou a obdivuhodnou tradicí využívání botanických zdrojů (jako třeba Japonsko, Indie, Čína, Írán atd.), rozšířili své výzkumy právě tímto směrem. Výzkumy provedené na různých organismech u některých rostlinných druhů prokázaly specifický toxický účinek k jednomu druhu patogenu či škůdce, zatímco u jiných druhů byl pozorován smíšený toxický účinek na vícero druhů patogenů i škůdců – jako například Azadirachtin (Bratu 2006).

3.5.1.2.2.1 *Chrysanthemum cinerariifolium*

Rostlina s českým názvem kopretina starčkolistá z čeledi hvězdicovité (*Asteraceae*), rodu listopadka (*Chrysanthemum*). Tyto kopretiny obsahují tzv. pyrethriny, ty jsou lokalizovány v sekrečních kanálcích nažek (každá rostlina obsahuje 3-4 mg pyrethrinu). Toxické účinky na hmyz tak neohrožují jejich opylovatele (Casida 1980; BioLib 2022).

Pyrethriny, obsaženy v *Chrysanthemum cinerariifolium*, jsou přírodní neperzistentní insekticidy s nízkou toxicitou pro savce, ptáky a plazy (Casida 1980). K jejich dalším přednostem patří okamžitý účinek a vysoká efektivita. Pyrethriny se na slunečním UV záření za přístupu vzduchu velmi rychle rozkládají (v řádu hodin). Působí na hmyzí nervový systém a způsobuje udušení. Zatím co při vyšších dávkách jsou pyrethriny pro hmyz smrtelně jedovaté, při nižších dávkách mají repelentní účinky. Obecně jsou považovány za bezpečné insekticidy. Nejčastěji jsou dostupné jako stabilizované extrakty v alkoholu či jiných rozpouštědlech (Pavela 2006; Shahrajabian 2020; BioLib 2022).

Přírodní pyrethriny bývají kombinovány s antioxidanty, a to za účelem zvýšení jejich perzistence. Insekticidy na bázi pyrethrinu jsou obvykle doplněny o látky, které zpomalují detoxifikaci v organismech škůdců (Weinzierl 2000).

Výrobní oblasti kopretiny starčkolisté jsou soustředěny do okolí rovníku v nadmořských výškách od 1 800 do 4 000 metrů a s dostatečnými dešťovými srážkami

alespoň 7 měsíců v roce. Za dodržení těchto podmínek trvá doba květu sedm až jedenáct měsíců každý rok. Jen v Keni, která zajišťuje přes 50 % celosvětové produkce, se pěstováním tohoto druhu kopretin živí přes 85 000 rodin. Celosvětově se pak na jejím pěstování podílí asi 200 000 farem. Při současném systému hospodaření je průměrné množství rostlin na jeden hektar 560 kg (po usušení). Odhaduje se, že ve světě se ročně vyprodukuje kolem 15 000 tun sušených rostlin (s průměrným obsahem asi 1,3 % pyrethrinu) *Ch. cinerariifolium*, což je asi jen polovina potřebného množství. Celková produkce pyrethrinu je tedy asi 150 – 200 tun za rok. Při lepším výběru rostlin a kultivačních technik, by ale bylo možné ročně produkovat i 900 kg sušených rostlin s obsahem pyretrinů 1,8 %, v některých výrobních oblastech i více (Casida 1980).

Člověkem vyvinuté Pyretroidy jsou strukturálními modifikacemi Pyretrinů – jedněch z nejstarších a nejefektivnějších přírodních insekticidů. Byly vyvinuty v 70. letech minulého století. Zachovávají si mnoho ceněných vlastností a účinků přírodních Pyrethrinů, ale jsou foto stabilnější (doba rozkladu se zvýšila na jeden až dva dny). Tyto látky tvoří hlavní podíl mnoha veterinárních i komerčních insekticidů a repelentů. Při dodržení doporučeného dávkování zůstávají pro člověka zpravidla neškodné. Ve veterinární oblasti bývají hojně využívány k boji s parazity savců, ptáků i plazů. Jejich nevýhodou jsou toxické účinky na ryby. Pyretroidy je nutné aplikovat za nižších teplot (Casida 1980; ÚKZÚZ 2022b; BioLib 2022).

Studie provedená v Rumunsku Bratu (2006), se zabývá potenciálem, účinností a spektrem účinku několika různých rostlinných druhů proti významným škůdcům. *Chrysanthemum cinerariifolium* vykazovalo v tomto experimentu relativně nízkou toxicitu vůči mandelince bramborové, pouhých 37,5%.

3.5.1.2.2.2 *Azadirachta indica*

Jiným názvem zederach indický nebo nimbový strom, ve všech částech svého rostlinného těla obsahuje látku zvanou azadirachtin. Získává ze semen, kde je jeho obsah nejvyšší. Azadirachtin je nejúčinnějším známým regulátorem růstu hmyzu. Narušuje vyrovnanost hmyzích hormonů. V období vývoje larev zapříčiňuje nevratné poruchy a následnou smrt. U dospělých jedinců zapříčiňuje poruchy při páření a neplodnost. Pro tyto své účinky se využívá jako ekologický, přírodní insekticid (Pavela 2006).

Azadirachtin je hlavní účinnou látkou biologického, selektivního insekticidu Neem Azal. Tento je dostupný jako emulgovaný koncentrát a je využíván pro regulaci mšic v produkci zelenin a zejména k regulaci mandelinky bramborové v porostech brambor. Přípravek se aplikuje na listy, skrze něž částečně proniká do zbytku rostliny. Mandelinka se intoxikuje požerem. Způsob aplikace, dávka a doba působení zásadně ovlivňují účinek insekticidu (Tomášek & Dvořák 2009; Eagri 2022).

Na rozdíl od výše zmíněného *Ch. cineraruifolium*, byl Azaridachtin v této studii podstatně účinnější, prokázal 100% úspěšnost v boji nejen s mandelinkou bramborovou, ale i s dalšími testovanými škůdci (Bratu 2006).

3.5.1.2.2.3 *Pimpinella anisum* L.

Českým názvem Bedrník anýz nebo také anýz vonný, byl ve studii Skruhovce et al. (2016) ve formě esenciálního oleje využit jako přírodní insekticid k hubení 1. a 2. instaru larev mandelinky bramborové. Hypotéza studie se potvrdila, olej měl vysoce toxický účinek na mladé larvy. Výsledek naznačuje možné využití *P. anisum* k vývoji nových přírodních insekticidů.

3.5.1.3 Kombinace několika metod jako cesta k úspěchu

Použití syntetických pesticidů společně se slaměným mulčem by mohlo být kontraproduktivní, neboť tyto nejsou selektivní a hubily by i přirozené nepřátele mandelinky. Avšak výše zmíněný *B. thuringiensis subsp. tenebrionis* by mohl v kombinaci s mulčovým systémem dobře fungovat. Přesto, že je pro mandelinku bramborovou smrtelný, není nebezpečný jejím přirozeným nepřátelům. Provedená studie testovala efekt na výskyt mandelinky v podmínkách mulčovaných a nemulčovaných porostů s použitím syntetických Pyretroidů (Esfenvalerate, Asana XL), bioinsekticid *B. thuringiensis subsp. Tenebrionis* a kontrolního porostu bez opatření. Počty dospělých brouků se v mulčovaných a nemulčovaných porostech výrazně nelišily. V porostech ošetřených pyretroidem Asana XL bylo pozorováno méně dospělců i vajíček než v porostech ošetřených bioinsekticidem *B. thuringiensis* (M-track) a v neošetřeném porostu. Výrazně méně larev všech instarů bylo pozorováno v zamulčovaných porostech oproti těm bez mulče i v porostech ošetřených Asanou XL oproti kontrolnímu porostu a M-track ošetřenému porostu. Nicméně larev 3. a 4. instaru bylo v M-track ošetřeném porostu výrazně méně než v neošetřeném porostu. Poškození holožírem bylo podstatně horší v nezamulčovaných porostech. V porostech ošetřených Asanou bylo detekováno výrazně menší poškození listů nežli v porostech ošetřených M-track a v kontrolních porostech. Mezi ošetřením mulčem a M-track, byla zaznamenána výrazná interakce. Kombinací těchto dvou opatření se dosáhlo stejně dobrých výsledků co do snížení počtu larev, poškození listů i úrody, jako při použití přípravku Asana XL. Ošetření přípravkem M-track mělo nejlepší efekt na nejmladší larvy (1. instaru) a zároveň nijak neohrozilo přirozené nepřátele mandelinky (Brust 1996).

Barčić et al. (2006) se zabývali kombinací několika biologických insekticidů, především kvůli schopnosti rychlého vývinu rezistence mandelinky bramborové. V experimentu byly testovány kombinace těchto přípravků: extrakt z neemu, přírodní pyrethrin, *Btt* a spinosad. Uspokojivých výsledků v hubení larev bylo dosaženo aplikací jedné dávky spinosadu i při aplikaci snížené dávky tohoto přípravku, což značí vysokou biologickou aktivitu. Neem, pyrethrin ani *Btt* při aplikaci pouze jedné dávky nedosáhli požadovaných výsledků. Jedna aplikace kombinované dávky složené ze snížené dávky spinosadu, snížené dávky *Btt* a

pyrethrinu dosáhly dobrých výsledků v hubení larev mandelinky bramborové což vedlo k dostatečné ochraně listů a výraznému zvýšení výnosu. Kombinace těchto přípravků je výhodná jak svou efektivitou, tak i ekologickými, biologickými a ekonomickými aspekty.

4 Závěr

V této práci bylo potvrzeno, že plíseň bramboru a mandelinka bramborová jsou velmi odolné organismy, které si rychle dokáží vytvořit rezistenci na nové přípravky. V systému EZ tak i nadále zůstává důležitá znalost podmínek obhospodařované lokality, podpoření přirozené biodiverzity a správná kombinace přímých a nepřímých opatření.

Bylo zjištěno, že plíseň bramboru zatím ještě nejsme schopni spolehlivě regulovat pouze přírodními přípravky. Mohou být ovšem využity společně s již zaběhnutými postupy při nižší intenzitě napadení.

Nadále bylo zjištěno, že biologická ochrana by mohla být velmi spolehlivou cestou k regulaci mandelinky bramborové, neboť jejich efektivita, především v kombinaci s preventivními opatřeními je často srovnatelná s chemickou ochranou, a to i v polních podmínkách, nejen v laboratoři. Pro potlačení kolonií tohoto brouka se také dobře prokázalo mulčování a s ním spojený nárůst populací přirozených predátorů.

Spektrum přípravků, dostupných a povolených pro ochranu rostlin v tomto systému hospodaření, není příliš široké a je proto potřeba stále hledat nové šetrné a zároveň efektivní metody. Zařazení aktuálně testovaných rostlinných látek se jeví jako perspektivní cesta dalšího výzkumu. V současné době je nevýhodou variabilní množství účinných látek v rostlinách a jejich těkavost.

Mezi nesporné výhody biologických přípravků a nepřímých opatření, patří jejich šetrnost k životnímu prostředí.

5 Literatura

- Alkher H, Islam MR, Wijekoon C, Kalischuk M, Kawchuk LM, Peters RD, Al-Mugharbi KI, Dobison KF, Waterer D, Daayf F. 2015. Characterization of *Phytophthora infestans* populations in Canada during 2012, Canadian Journal of Plant Pathology **37**(3): 305-314, DOI: [10.1080/07060661.2015.1053987](https://doi.org/10.1080/07060661.2015.1053987).
- Alyokhin A, Baker M, Mota-Sanchez D, Dively G, Grafius E. 2008. Colorado Potato Beetle Resistance to Insecticides. American Journal of Potato Research **85** (6): 395-413.
- Alyokhin A. 2009. Colorado potato beetle management on potatoes: current challenges and future prospects. Friut, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology **3** (1): 10-19.
- Alyokhin A, Udalov M, Benkovskaya G. 2013. The Colorado potato beetle. Pages 11–29 in Insect pests of potato: global perspectives on biology and management. Academic Press. Oxford.
- Anonym. 2015. Broschüre Pflanzenschutz im HKG. 2015. Pflanzenschutzamt Berlin. Berlin. Available from: <https://www.isip.de/isip/servlet/resource/blob/178660/457fab891efd3423e3f3ac1a0c7e2143/ps-broschuere-huk-data.pdf> (accessed april 2022).
- Aylor DE, Fry WE, Mayton H, Andrade-Piedra JL. 2001. Quantifying the Rate of Release and Escape of *Phytophthora infestans* Sporangia from a Potato Canopy. Phytopathology **91**(12): 1189-1196.
- Barčić JI, Bažok R, Bežjak S, Čuljak TG, Barčić J. 2006. Combinations of several insecticides used for integrated control of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*, Say., coleoptera: Chrysomelidae). Journal Pest of Science **79**: 223-232.
- Benhamou N, le Floch G, Vallance J, Gerbore J, Grizard D, Rey P. 2012. Pythium oligandrum: an example of oppurtunistic succes. Mikrobiology **158**: 2679-2694. DOI: 10.1099.
- Biever KD, Chauvin RL. 1992a. Suppression of the Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) with Augmentative Releases of Predaceous Stinkbugs (Hemiptera: Pentatomidae). Journal of Economic Entomology **85**: 720-726.
- Biever KD, Chauvin RL. 1992b. Timing of Infestation by the Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) on the Suppressive Effect of Field Released Stinkbugs (Hemiptera: Pentatomidae) in Washington. Environmental Entomology **21**: 1212-1219.
- BioLib. 2022. kopretina starčkolistá *Chrysanthemum cinerariifolium* (Trevir.) Vis. BioLib.cz. Available from: <https://www.biolib.cz/cz/taxon/id213408/> (accessed april 2022).
- Bratu E. 2006. Effect of different plant extracts on some vegetable pests. Studii și Comunicări, Compl. Muz. Șt. Nat. „Ion Borcea” **21**: 484-494.
- Brust GE. 1996. Interaction of mulch and *Bacillus thuringiensis* subsp. tenebrionis on Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) populations and damage in potato. Entomological Society of America **89**(2): 467-474.
- Brust GE. 1994. Natural enemies in straw mulch reduce Colorado potato beetle populations and damage in potato. Biological Control **4**(2): 163-169.
- Capinera JL. 2001. Handbook of vegetace pests. Academic Press. San Diego.

- Casida JE. 1980. Pyrethrum Flowers and Pyrethroid Insecticides Environmental Health Perspectives **34**: 189-202.
- Christensen BT, Olsen JE. 1998. Nitrogen mineralisation potential of organomaterial size separates from soils with annual straw incorporation. European Journal of Soil Science **49**: 25–36.
- Cross WH, McGovern WL, Cross, EA. 1975, Insect hosts of the parasitic mites called *Pyemotes ventricosus* (Newport). Journal of the Georgia Entomological Society **10**(1): 1-8.
- Crowder DW, Northfield TD, Strand MR, Snyder WE 2010. Organic agriculture promotes evenness and natural pest control. Nat Lett **466**: 109–113.
- Diviš J. 2004. Jak pěstovat biobrambory. Zemědělec **8**: 34.
- Diviš J, Valenta V. 2006. Která odrůda bramboru je vhodná. Zemědělec **7**: 42.
- Diviš J. 2012. Brambory v ekologickém zemědělství. Zemědělec **20**: 25.
- Drummond FA Casagrande RA. 1989. Effect of the straw itch mite on larvae and adults of the Colorado potato beetle. Am. Potato J. **66**: 161-163.
- Domkářová J, Krejča V, Kopačka V, Štefánek F, Vokál B. 2020. České odrůdy konzumních brambor 2019. 1. vydání, Havlíčkův Brod: ČMŠSA a Poradenský svaz „Bramborářský kroužek“ z.s., Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s. r. o.
- Dvořák P, Bicanová E. 2007. Brambory v systému ekologického zemědělství. Pages: 131-133 in Sborník Ekologické zemědělství 2007. ČZU Praha.
- Dvořák P, Tomášek J, Hamouz K, Mičák L. 2013. Začlenění systému povrchového mulčování do technologie pěstování brambor. ČZU v Praze, katedra rostlinné výroby FAPPZ, Praha.
- Dvořák P, Tomášek J, Hamouz K. 2014. Brambory. Pages 121-166 in Pěstování vybraných plodin v ekologickém zemědělství. Typodesign s.r.o, České Budějovice.
- Döring T, Heimbach U, Thieme T, Finckh M, Saucke H. 2006. Aspects of straw mulching in organic potatoes I. Effects on microclimate, *Phytophthora infestans* and *Rhizoctonia solani*. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz **58** (3): 73-78.
- Eagri-Ministerstvo zemědělství. 2022. Přípravky na ochranu rostlin. Available from: <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/Vyhledavani.aspx> (accessed april 2022).
- Edwards L, Burney RJ, Richter G, MacRae AH. 2000. Evaluation of compost and straw mulching on soil-loss characteristics in erosion plots of potatoes in Prince Edward Island, Canada. Agriculture, Ecosystems & Environment **81**(3): 217-222.
- Europlant. 2022. Katalog odrůd brambor. Available from: <https://europlant.cz/katalog-odrud> (accessed march 2022).
- Finckh MR, Schulte-Geldermann E, Bruns C. 2006. Challenges to Organic Potato Farming: Disease and Nutrient Management. Potato Research **49**: 27–42.
- Fisher MC, Henk DA, Briggs CJ, Brownstein JS, Madoff LC, McCraw SL, Gurr SJ. 2012. Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. Nature **484**: 186–194.

- Franz J, Szmidt A. 1960. Beobachtung beim züchten von *Perillus bioculatus* (Fabr.) (Heteropt., Pentatomidae), einem aus Nordamerika importieren räuber des kartoffers. *Entomophaga* **5**: 87-110.
- Franz JM. 1967. Beobachtung über das verhalten der raubwanze *Perillus bioculatus* (Fabr.) (pentatomidae) gegenüber ihrer beute *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Chrysomelidae) *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* **73**: 1-13.
- Froeschner RC. 1988. Family Pentatomidac. Pages 544-597 in: *Catalog of the Heteroptera, or True Bugs, of Canada and the Continental United States*, (Ed. by T. J. Henry and R. C. Froeschner) E. J. Brill, New York.
- Fry WE, Goodwin S. 1997. Re-emergence of potato and tomato late blight in the United States. *Plant Disease* **81**: 1349–1357.
- Fry WE, McGrath MT, Seaman A, Zitter, TA, McLeod A, Danies G, Small IM, Myers K, Everts K, Gevens AJ, Gugino BK, Johnson SB, Judelson H, Ristaino J, Roberts P, Secor G, Seebold K, Snover-Clift K, Wyenandt A, Grünwald NJ, Smart CD. 2013. The 2009 late blight pandemic in the eastern United States—causes and results. *Plant Disease* **97**: 296–306.
- Glare TR, Caradus J, Gelernter W, Jackson T, Keyhani N, Kohl J, Marrone P, Morin L, Stewart A. 2012. Have biopesticides come of age? *Trends Biotechnol* **30**: 250–258.
- Hausvater E. 2003. Plíseň bramborová. Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod.
- Hausvater E, Doležal P, Mazáková J, Táborský V. 2011. Metodika ochrany proti plísní bramboru podle náchylnosti odrůd., Vydání 1. Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod.
- Hausvater E, Doležal P. 2013. Ochrana proti mandelince bramborové. Vydání 5., aktualiz. Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod.
- Hausvater E, Doležal P. 2014. Integrovaná ochrana proti plísní bramboru. Vydání 1. Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod.
- Hausvater E, Doležal P. 2020. Skládkové choroby u brambor a ochrana proti nim. Vydání 1. Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod.
- Hausvater E, Doležal P, Baštová P. 2021. Předčasné ukončení vegetace u brambor. *Agromanuál*. Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/sklizen-a-skladovani/sklizen-1/predcasne-ukonceni-vegetace-u-brambor> (accessed april 2022).
- Haverkort A, Boonekamp P, Hutten R, Jacobsen E, Lotz L, Kessel G, Visser R, and van der Vossen E. 2008. Societal costs of late blight in potato and prospects of durable resistance through cisgenic modification. *Potato Research* **51**: 47–57.
- Heimpel GE. 1991. Searching Behavior and Functional Response of *Perillus bioculatus*, a Predator of the Colorado Potato Beetle. [MSc. Thesis]. University of Delaware, Newark, Delaware, USA.
- Horner NR, Greenville-Briggs LJ, van West P. 2012. The oomycete *Pythium oligandrum* expresses putative effectors during mycoparasitism of *Phytophthora infestans* and is amenable to transformation. *Fungicidal biology* **116**(1): 24-41. DOI: 10.1016/j.funbio.2011.09.004.

- Hough-Goldstein JA, Heimpel GE, Bechmann HE, Mason CE. 1993. Arthropod natural enemies of the Colorado potato beetle. *Crop Protection* **12**(5): 324 – 334.
- Hsiao TH, Fraenkel G. 1968. Selection and specificity of the Colorado potato beetle for solanaceous and nonsolanaceous plants. Department of Entomology, University of Illinois, Urbana. *Annals of the Entomological Society America* **61**(2): 493-503
- Inglis GD, Goettel MS, Butt TM, Strasser H. 2001. Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests. In: Butt TM, Jackson C, Magan N (eds) *Fungi as biocontrol agents. Progress, problems and potential*. Pages 23–69. CABI Publishing, Wallingford.
- Jánský J, Žvělová I, Poláčková J. 2008. Ekonomika rostlinné výroby v ekologickém zemědělství. *Farmář* 2007 **13**(1): 23-26.
- Jeremy T. 1980. The introduction of *Perillus bioculatus* into Europe to control the Colorado beetle. *Bulletin OEPP/EPPO* **10**(4): 475-479.
- Kamoun et al. 2015. The Top 10 oomycete pathogens in molecular plant pathology. *Molecular plant pathology* **16**(4): 413-434. DOI: 10.1111/mpp.12190.
- Kazda J, Jindra Z, Kabíček J, Prokinová E, Ryšánek P, Stejskal V. 2003. *Choroby a škůdci polních plodin, ovoce a zeleniny*, 3. dopl. vydání. Zemědělec, Praha.
- Kazda J, Mikulka J, Prokinová E. 2010. *Encyklopedie ochrany rostlin*. Profi press s. r. o, Praha.
- Knight HH. 1923. Studies on the life history and biology of *Perillus bioculatus* (Fabricius), including observations on the nature of the color pattern. 19th Report of the State Entomologist of Minnesota, Pages 50-96. Minnesota Agricultural Experiment Station, St Paul, Minnesota, USA.
- Knight HH, 1952. Review of the genus *Perillus* with description of a new species. *Annals of the Entomological Society America* **45**: 229-232.
- Kühne S, Burth U, Marx P. 2006. *Biologischer Pflanzenschutz im Freiland: Pflanzengesundheit im ökologischen Landbau*. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Lacey LA, Grzywacz D, Shapiro-Ilan DI, Frutos R, Brownbridge M, Goettel MS. 2015. Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. *Journal of Invertebrate Pathology* **132**:1-41.
- Leifert C, Wilcockson SJ. 2005. Blight-MOP: Development of a systems approach for the management of late blight (caused by *Phytophthora infestans*) in EU organic potato production. University of Newcastle, UK.
- Lord JC. 2005. From Metchnikoff to Monsanto and beyond: the path of microbial control. *J Invertebr Pathol* **89**: 19–29.
- Marrone PG. 2014. The market and potential for biopesticides. In: Gross AD, Coats JR, Duke SO, Seiber JN (eds) *Biopesticides: state of the art and future opportunities*. **1172**: 245–258. ACS Symposium Series, Washington,
- Mascarin GM, Jaronski ST. 2016 The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. *World J Microbiol Biotechnol* **32**:177. DOI 10.1007/s11274-016-2131-3.
- Mayton H, Myers K, Fry WE. 2008. Potato late blight in tubers – The role of foliar phosphonate applications in suppressing pre-harvest tuber infections. *Crop Protection* **27**: 943–950.

- Mayton H, Forbes GA, Mizubuti ESG, Fry WE. 2001a. The Roles of Three Fungicides in the Epidemiology of Potato Late Blight. *Plant Disease* **85**(9): 1006-1012.
- Mayton H, Andrade-Piedra JL, Cianchetti J, Aylor DE, Fry WE. 2001b. Quantitative assesment of sporangial production of *Phytophthora infestans* within a potato canopy. *Phytopatology* **91**(12): 1189-96. DOI: 10.1094/PHYTO.2001.91.12.1189.
- MZe. 2022. Ekologické zemědělství v České republice: Ročenka 2020. 1. vydání. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from: https://eagri.cz/public/web/file/697723/Rocenka_ekologickeho_zemedelstvi_2020_web.pdf (accessed march 2022).
- Olanya OM, Larkin RP. 2006. Efficacy of essential oils and biopesticides on *Phytophthora infestans* suppression in laboratory and growth chamber studies, *Biocontrol Science and Technology* **16**(9): 901-917. DOI: [10.1080/09583150600827918](https://doi.org/10.1080/09583150600827918).
- Olanya OM, Starr GC, Honeycutt CW, Griffin TS, Lambert DH. 2007. Microclimate and potential for late blight development in irrigated potato. *Crop protection* **26**(9): 1412-1421. DOI.2006.12.002.
- Opatrný Z. 2012. GM brambor: naděje, riziko, zbytečnost? *Zemědělec*. Profi press. Available from: <https://zemedelec.cz/gm-brambor-nadeje-riziko-zbytecnost/> (accessed april 2022).
- Pachlová V. 2020. ÚKZÚZ spustil novou prognózu plísně. APIC. vailable from: <https://www.apic.cz/9302-ukzuz-spustil-novou-prognozu-plisne.html> (accessed march 2022).
- Pavela R. 2006. Rostlinné insekticidy. Pages 7-26 in Grada publishing. První vydání. Praha.
- Petr J, Dlouhý J. 1992. Ekologické zemědělství. 1. vydání. Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha.
- Rashid A, Ahmad I, Iram S, Mirza I, Rauf CA. 2004. Efficiency of different neem (*Azadirachta indica* A. Juss) products against variou life stages of *Phytophthora infestans* (Mont.) De Barry. *Pakistan Journal of Botany* **36**(4): 881-886.
- Rasocha V, Hausvater E, Doležal P. 2004. Choroby, škůdci a abionózy bramboru. Výzkumný ústav bramborářský. Havlíčkův Brod.
- Ravensberg WJ. 2010. The development of microbial pest control products for control of arthropods: a critical evaluation and a roadmap to success. Wageningen University, Ede.
- Ravensberg WJ. 2011. A roadmap to the successful development and commercialization of microbial pest control products for control of arthropods. Springer, Dordrecht.
- Sablon L, Dickens JC, Haubruge É, Verheggen FJ. 2013. Chemical Ecology of the Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae), and Potential for Alternative Control Methods. *Insects* **4**(1): 31-54.
- Shahrajabian MH, Sun W, Cheng Q. 2020. Chinese star anise (*Illicium verum*) and pyrethrum (*Chrysanthemum cinerariifolium*) as natural alternatives for organic farming and health care – a review. *Australian Journal of Crop Science* **14**(3): 517-523.
- Sparks TC, Nauen R. 2014. IRAC: mode of action classification and insecticide resistance management. *Pestic Biochem Physiol* **121**:122–128.

- Skruhovec J, Douda O, Pavela R, Klouček P, Božik M, Zouhar M. 2017. The Effects of *Pimpinella anisum* Essential Oils on Young Larvae *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). *American Journal of Potato Research* **94**:64–69. DOI 10.1007/s12230-016-9549-x.
- Šarapatka B, Urban J. 2006. Ekologické zemědělství v praxi. Pro-Bio, Svaz ekologických zemědělců, Šumperk.
- Tamaki G, Butt BA. 1978. Impact of *Perillus bioculatus* on the Colorado Potato Beetle and Plant Damage. USDA, Washington DC. USDA Tech. Bull. **1581**(9): 1-11.
- Tomášek J, Dvořák P. 2009. Alternativní ochrana brambor v systému ekologického zemědělství. *Úroda* **57**: 164 – 168.
- Treat AE. 1975. Mites of Moths and Butterflies. Cornell Press, Ithaca, New York.
- ÚKZÚZ. 2022a. Plíseň bramboru. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from: https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%22c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c2720e7%22#rhp|so|choroby|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c2720e7|p opis (accessed march 2022).
- ÚKZÚZ. 2022b. Mandelinka bramborová. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from: https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%22c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c263e14%22#rhp|so|skudci|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c263e14|p opis (accessed march 2022).
- ÚKZÚZ. 2022c. Přípravky na ochranu rostlin. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from: https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#rhp|so|choroby|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c2720e7|prip (accessed march 2022).
- ÚKZÚZ. 2022d. Databáze ekologických osiv. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from: <https://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/osivo-a-sadba/ekologicke-osivo/vyjimky-na-pouziti-konvencniho-osiva-v-prehled-eko-osiv.html> (accessed april 2022).
- Vokál B, Čepel J, Čížek M, Domkářová J, Hausvater E, Rasocha V, Diviš J, Hamouz K. 2004. Technologie pěstování brambor (Rozhodovací systémy pro optimalizaci pěstitelských technologií u jednotlivých užitkových směrů brambor). Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.
- Vokál et al. 2013. Brambory – šlechtění, pěstování, užití, ekonomika. Profi Press s.r.o. Praha.
- Van der Sluijs JP, Simon-Delso N, Goulson D, Maxim L, Bonmatin JM, Belzunces LP. 2013. Neonicotinoids, bee disorders and the sustainability of pollinator services. *Curr Opin Environ Sustain* **5**(3–4): 293–305.
- Wale SJ, Platt HW, Cattlin ND. 2008. Diseases, Pests and Disorders of Potatoes: A Colour Handbook. Manson Publishing. London.
- Waters TD, Jensen AS. 2014. Insect Pests of Potato. Pages 133-147 in *The potato: botany, production and uses.*, Washington State University Extension, Pasco, Washington, USA; 2 Potato Commissions of Idaho, Oregon, and Washington, Eagle, Idaho, USA.
- Weber D. 2003. Colorado beetle: pest on the move. *Pesticide outlook* **14**: 256-259.

- Weinzierl RA. 2000. Botanical insecticides, soaps, and oils. Pages 101 – 121 in: Rechcigl JE, Rechcigl NA (eds) Biological and biotechnological control of insect pests. CRC Press LLC, Boca Raton.
- Wraight SP, Ramos ME. 2005. Synergistic interaction between *Beauveria bassiana* – and *Bacillus thuringiensis tenebrionis* based biopesticides applied against field populations of Colorado potato beetle larvae. *J Invertebr Pathol* **90**: 139–150.
- Zadoks JC. 2008. The potato murrain on the European continent and the revolutions of 1848. *Potato Research* **51**: 5-45.
- Zehnder GW, Hough-Goldstein J. 1990. Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) population development and effects on yield of potatoes with and without straw mulch. *Journal of Economic Entomology* **83**(5): 1982-1987.
- Zheng K, Lu J, Li J, Yu Y, Zhang J, He Z, Ismail OM, Wu J, Xie X, Li X, Xu G, Dou D, Wang X. 2021. Efficiency of chitosan application against *Phytophthora infestans* and the activation of defence mechanisms in potato, *International Journal of Biological Macromolecules* **182**: 1670-1680. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.05.097>.
- Zimmermann G. 2007. Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. *Biocontrol Sci Technol* **17**: 553–596.
- Ziskind LA, Mityakina ON. 1991. *Edovum puttleri* (Hymenoptera, Eulophidae) - an introduced entomophage of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera, Chrysomelidae). *Entomol. Roy.* **70**(1), 142-148.

