

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv biopesticidu na defoliaci porostu brambor
v ekologickém zemědělství**

Diplomová práce

Bc. Josef Kořínek

Rozvoj venkovského prostoru

Ing. Jaroslav Tomášek, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv biopesticidu na defoliaci porostu brambor v ekologickém zemědělství" 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 14. 4. 2022

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Jaroslavu Tomáškoví, Ph.D. za jeho cenné rady, připomínky a odborné vedení při zpracování této diplomové práce. Také bych chtěl poděkovat pedagogům Katedry agroekologie a rostlinné produkce, pracovníkům Výzkumné stanice v Červeném Újezdě a studentům FAPPZ za pomoc při realizaci a vyhodnocení pokusu. Dále poděkování patří celé mé rodině a přátelům za podporu ve studiu a pomoc při vypracování této diplomové práce.

Vliv biopesticidu na defoliaci porostu brambor v ekologickém zemědělství

Souhrn

Tato diplomová práce byla zaměřena na téma „Vliv biopesticidu na defoliaci porostu brambor v ekologickém zemědělství.“ Práce byla rozdělena na dvě základní části, a to literární rešerši a praktickou část. V rámci literární rešerše byly řešeny zejména škodlivé organismy napadající brambory v různých fázích růstu a vývoje. Popsány byly nejvýznamnější choroby, škůdci, plevely a abiotická poškození včetně metod ochrany, které se k regulaci těchto patogenních organismů využívají. Důraz byl kladen především na objasnění vlivu různorodých biopesticidních přípravků a možnostem jejich alternativního využití při ochraně porostu brambor.

Praktická část vycházela z polního pokusu provedeného v simulovaných podmínkách ekologického zemědělství, jež byl založen na pozemcích Výzkumné stanice FAPPZ v Červeném Újezdě. Hodnocen byl vliv biopesticidních ošetření odrůdy Bernina na míru defoliace způsobené mandelinkou bramborovou (*Leptinotarsa decemlineata*) a plísní bramborovou (*Phytophthora infestans*). Na sklizených hlízách byl dále hodnocen stupeň napadení aktinobakteriální obecnou strupovitostí bramboru (*Streptomyces scabies*) a výskyt měkké hniloby hlíz bramboru (druhy rodu *Erwinia* spp.). Působení všech patogenních organismů bylo rovněž vztaženo k ovlivnění celkového výnosu brambor. Pokus byl založen v pěti variantách. Ve třech variantách byla posuzována účinnost provedeného namoření hlíz třemi biopesticidními přípravky (Baskus, FIX H+N, Kestom) proti bakteriálním a houbovým chorobám, ve čtvrté variantě byl hodnocen vliv přípravku NeemAzal T/S na snížení populace mandelinky bramborové a pátá neošetřená varianta byla kontrolní.

Z výsledků vyplývá, že NeemAzal T/S oproti kontrolní variantě prokazatelně snížil počet larev mandelinky bramborové, nicméně vliv jeho aplikace na zvýšení výnosu hlíz potvrzen nebyl. Účinek namoření hlíz přípravkem Baskus na snížení stupně napadení porostu *P. infestans* zjištěn nebyl, a výskyt patogena se tudíž významně neodlišoval od kontrolní varianty. Celkový výnos konzumních hlíz sklizených na jednotlivých variantách dosáhl ve všech případech relativně nízkých hodnot. Největší efekt na zvýšení produkce hlíz byl zaznamenán v případě namoření přípravkem Baskus (zvýšení výnosu o 9,7 %) a ošetření přípravkem NeemAzal T/S (zvýšení o 7,7 %). V případě výskytu strupovitosti nebyl mezi jednotlivými variantami napříč velikostními frakcemi hlíz pozorován zřejmý trend v rozvoji *S. scabies*. Z hlediska redukce počtu hlíz napadených bakteriemi rodu *Erwinia* spp. dosáhl prokazatelného účinku přípravek FIX H+N. Efektivitu použitých biopesticidních přípravků mohly ovlivnit půdní charakteristiky stanoviště, klimatické podmínky i maloparcelkový způsob pěstování. Pro potvrzení dosažených výsledků by proto bylo vhodné pokus opakovat.

Klíčová slova: mandelinka bramborová, plíseň bramborová, ochrana rostlin, ošetření, výnos, patogenní organismy

Influence of biopesticide on defoliation of potato crops in organic farming

Summary

This thesis was focused on the topic “Influence of biopesticide on defoliation of potato crops in organic farming.” The thesis was divided into two basic parts, literary research and practical part. The literary research dealt with mainly harmful organisms attacking potatoes at different stages of growth and development. The most important diseases, pests, weeds and abiotic damage were described, including methods of protection that are used to regulate these pathogenic organisms. Emphasis was placed mainly on clarifying the influence of diverse biopesticide preparations and possibilities of their alternative use in protecting potato growth.

The practical part was based on a field experiment carried out in simulated conditions of ecological agriculture, which was based on plots of the Research station FAPPZ in Červený Újezd. The influence of biopesticide treatments of the Bernina variety on the defoliation rate caused by colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) and late blight (*Phytophthora infestans*) was evaluated. On the harvested tubers, the degree of attack by the common scab of potato (*Streptomyces scabies*) and the occurrence of tuber soft rot of potato (species of the genus *Erwinia* spp.) were further evaluated. The action of all pathogenic organisms was also related to the influence of the overall potato yield. The experiment was based on five variants. In three variants, the effectiveness of the carried out seeding of tubers by three biopesticidal preparations (Baskus, FIX H+N, Kestom) against bacterial and fungal diseases was assessed, in the fourth variant, the influence of NeemAzal T/S on the reduction of the colorado potato beetle population was evaluated and the fifth untreated variant was a control variant.

The results show that NeemAzal T/S demonstrably reduced the number of colorado potato beetle larvae compared to the control variant, however the influence of its application on the increase of tuber yield was not confirmed. The effect of Baskus tuber infestation on the reduction of the degree of infestation of the *P. infestans* stand was not found and therefore the occurrence of the pathogen did not differ significantly from the control variant. The total yield of the potato tubers harvested on each variant was relatively low in all cases. The greatest effect on the increase in tuber production was observed in the case of Baskus infestation (9,7 % increase in yield) and NeemAzal T/S treatment (7,7 % increase). In the case of scab infestation, no clear trend in the development of *S. scabies* was observed between the variants across tuber size fractions. FIX H+N has been shown to have an effect on the reduction of the number of tubers infested with *Erwinia* spp. The soil characteristics of the habitat, climatic conditions and the small-scale cultivation method may have influenced the effectiveness of the biopesticide products used. It would therefore be advisable to repeat the experiment to confirm the results achieved.

Keywords: colorado potato beetle, late blight, plant protection, treatment, yield, pathogenic organisms

Obsah

1 Úvod	9
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	11
2.1 Cíle práce	11
2.2 Výzkumné hypotézy	11
3 Literární rešerše	12
3.1 Brambory a jejich význam	12
3.1.1 Původ brambor a rozšíření.....	12
3.1.2 Popis rostliny a složení	13
3.1.3 Produkce brambor.....	14
3.2 Ekologické zemědělství	16
3.2.1 Obecné zásady ekologického zemědělství.....	16
3.2.2 Pěstování brambor v systému ekologického zemědělství	17
3.2.3 Výhody a nevýhody ekologického pěstování brambor	20
3.3 Škodliví činitelé brambor	22
3.3.1 Virové choroby	22
3.3.1.1 Y virus bramboru (<i>Potato virus Y</i>)	22
3.3.1.2 Virová svinutka bramboru (<i>Potato leafroll virus</i>)	23
3.3.1.3 Virus kadeřavosti tabáku (<i>Tobacco rattle virus</i>)	23
3.3.2 Houbové choroby.....	24
3.3.2.1 Plíseň bramborová (<i>Phytophthora infestans</i>)	24
3.3.2.2 Fómová hniloba bramboru (<i>Phoma foveata</i>).....	26
3.3.2.3 Fusariová hniloba bramboru (<i>Fusarium solani</i> var. <i>coeruleum</i>)	26
3.3.2.4 Vločkovitost hlíz bramboru (<i>Rhizoctonia solani</i>).....	27
3.3.3 Bakteriální choroby	29
3.3.3.1 Aktinobakteriální obecná strupovitost bramboru (<i>Streptomyces scabies</i>)... 29	
3.3.3.2 Bakteriální hnědá hniloba bramboru (<i>Ralstonia solanacearum</i>)	29
3.3.3.3 Bakteriální černání stonku a měkká hniloba hlíz bramboru (<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>atroseptica</i>).....	30
3.3.4 Škůdci	31
3.3.4.1 Mandelinka bramborová (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>).....	31
3.3.4.2 Osenice polní (<i>Agrotis segetum</i>).....	36
3.3.4.3 Mšice (Aphididae)	36
3.3.4.4 Larvy kovaříkovitých (Elateridae).....	37
3.3.5 Plevelé.....	38
3.3.5.1 Merlík bílý (<i>Chenopodium album</i>)	38

3.3.5.2	Pýr plazivý (<i>Elymus repens</i>)	39
3.3.5.3	Laskavec ohnutý (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	39
3.3.5.4	Ježatka kuří noha (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	40
3.3.6	Abiotikózy	40
3.3.6.1	Fasciace	40
3.3.6.2	Abiotické zelenání hlíz bramboru	41
3.3.6.3	Ostatní abiotická poškození	41
3.4	Metody ochrany brambor proti škodlivým činitelům v ekologickém zemědělství	42
3.4.1	Preventivní a agrotechnická ochrana	42
3.4.2	Mechanická ochrana	45
3.4.3	Biologická ochrana pomocí biopesticidů	46
4	Metodika	51
4.1	Charakteristika pokusného stanoviště	51
4.2	Klimatické podmínky	51
4.3	Metodika pokusu	53
4.4	Varianty pokusu	55
4.5	Popis přípravků	55
4.5.1	Baskus	55
4.5.2	FIX H+N	56
4.5.3	Kestom	56
4.5.4	NeemAzal T/S	57
4.6	Popis odrůdy	57
5	Výsledky	58
5.1	Výskyt larev mandelinky bramborové	58
5.2	Napadení porostu <i>Phytophthora infestans</i>	59
5.3	Hodnocení výnosu	60
5.3.1	Hodnocení výnosu ve vztahu k výskytu mandelinky bramborové	60
5.3.2	Hodnocení výnosu ve vztahu k aplikaci biopesticidních přípravků	61
5.4	Hodnocení výskytu strupovitosti	62
5.5	Napadení bakteriálními chorobami (r. <i>Erwinia</i> spp.)	63
6	Diskuze	65
7	Závěr	68
7.1	Stanovisko k výzkumným hypotézám	68
7.2	Závěry a doporučení	68
8	Literatura	70
9	Seznam použitých zkratk	81
10	Seznam tabulek a grafických prvků	82

Seznam tabulek	82
Seznam grafů	83

1 Úvod

Brambory jsou považovány za jednu z nejdůležitějších zemědělských plodin a jejich význam z hlediska zajištění celosvětové potravinové bezpečnosti stále narůstá. V globálním měřítku se každoročně zvyšuje plocha zemědělské půdy osázené bramborami, jakož i výnosy hlíz, jež díky šlechtění výkonnějších odrůd a zdokonalování pěstebních postupů dosahují větší velikosti a lepších nutričních charakteristik. V závislosti na použité odrůdě a typu pěstování se brambory uplatňují zejména v potravinářství, kdy se mohou v návaznosti na typu kuchyňské úpravy využívat ke konzumaci nebo pro produkci škrobu a etanolu, které lze používat v různých průmyslových odvětvích.

Brambory lze pěstovat v různých systémech zemědělského hospodaření, nicméně je třeba brát v úvahu, že ač se brambory vyznačují relativně vysokými výnosy, mají také značné nároky na výživu a ošetření proti patogenním organismům. Z hlediska dostatečné produkce brambor je nejvhodnější jejich pěstování v systému konvenčního zemědělství, v současnosti však stále více narůstá význam ekologického zemědělství. Vzhledem k narůstajícím problémům týkajících se degradace přírodních stanovišť, znečišťování ekosystémů a různých složek životního prostředí se právě ekologické zemědělství do budoucna jeví jako udržitelný způsob hospodaření, jež dokáže optimálně vyvažovat smysluplné výnosy zemědělských plodin a ochranu přírody. V ekologickém zemědělství se nevyužívají chemické přípravky na ochranu rostlin a umělá minerální hnojiva, které v dlouhodobém měřítku snižují produkční schopnosti půd, biodiverzitu užitečných organismů a podílí se na degradaci a znečišťování zemědělských půd. Právě kvůli absenci těchto intenzifikačních faktorů, ale není ekologické zemědělství tak efektivní a v produkci zemědělských plodin tak výkonné. To je zapříčiněno zejména menším přísunem živin, který je zajišťován především aplikací organických statkových hnojiv, a také nedostatečnou ochranou proti škůdcům a dalším nežádoucím organismům, které při absenci chemických pesticidů významným způsobem ohrožují produkci brambor. Právě dostatečná ochrana je pro uspokojující výnos brambor nejdůležitější, neboť brambory jsou v různých stupních růstu a vývoje, ale i skladování napadány značným spektrem bakteriálních, houbových a virových chorob, ale ohrožovány jsou i plevelnými rostlinami a škůdci. Všechny tyto organismy mohou v různé míře snižovat jak výnos, tak kvalitativní znaky vypěstovaných hlíz. V ekologickém zemědělství se k jejich regulaci využívají metody ochrany spoléhající zejména na preventivní a agrotechnické zásahy, mezi něž se řadí např. výběr vhodné odrůdy, osevní postup či správně provedená sklizeň. Specifické a v případě brambor i velmi časté jsou mechanické zásahy prováděné během vegetace, jež činí z pěstování brambor relativně náročnou plodinu.

Z hlediska významnosti a nebezpečnosti jsou obecně porosty brambor nejvíce ohrožovány mandelinkou bramborovou a plísní bramborovou, které jsou schopny během poměrně krátké doby způsobit úplnou defoliaci porostu a zničit celou úrodu brambor. Možností pro omezení těchto, ale i mnohých dalších patogenů je využití biopesticidů, čili přípravků na ochranu rostlin, jež jsou založené na využití konkrétních živých organismů, které se vyznačují antagonistickými vztahy ke konkrétním patogenům či škůdcům. V mnoha případech představují účinnou alternativu pro dostatečnou eradikaci škodlivých činitelů, která sice

mnohdy nedosahuje takových účinků jako chemické přípravky na ochranu rostlin, ale je vhodnější ve vztahu k životnímu prostředí.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

2.1 Cíle práce

Cílem této práce bylo porovnat účinnost jednotlivých biopesticidních přípravků a posoudit jejich vliv vůči škůdcům a chorobám způsobujících defoliaci porostu brambor a vůči dalším škodlivým patogenům. Dalším cílem práce bylo zhodnotit vliv provedených ošetření na produkční potenciál brambor pěstovaných v systému ekologického zemědělství.

2.2 Výzkumné hypotézy

Hypotéza č. 1: Předpokládá se, že biopesticidy průkazně sníží abundanci larev mandelinky bramborové oproti neošetřené variantě.

Hypotéza č. 2: Žír larev, tedy průkazně vyšší defoliace porostu způsobena mandelinkou bramborovou na neošetřené variantě, se projeví v nižším výnosu konzumních hlíz.

3 Literární rešerše

3.1 Brambory a jejich význam

3.1.1 Původ brambor a rozšíření

Brambory pocházejí z Jižní Ameriky, ze které se postupem let rozšířily do celého světa. Brambory byly původně pěstované ve dvou hlavních oblastech. První se nacházela na území Peru a Bolívie na chladných horských pláních a v okolí jezera Titicaca. V těchto podmínkách se vyvinul druh bramboru *Solanum andigenum*, který se vyznačoval červenou slupkou a hlízami rohlíčkovitého tvaru. Po přestěhování původních pěstitelů brambor peruánských Inků se brambory začaly pěstovat v teplejší oblasti v okolí ostrova Chiloé a na pobřeží Chile. Zde důsledkem klimatických změn *Solanum andigenum* vytvořil varietu dnes známou jako lilek brambor, též jako brambor obecný (*Solanum tuberosum* L.), jehož slupka byla světlá a hlízy kulatého tvaru. V této době domorodé obyvatelstvo brambory využívalo pro přípravu pokrmů, léčivé účely, pro výrobu alkoholických nápojů a zřejmě sloužily i jako součást náboženského kultu (Exnerová 2017).

Na území Evropy se brambory dostaly až v průběhu 16. století, kdy byly nezávisle na sobě dovezeny do Španělska a Anglie. V té době se brambory využívaly zejména k léčebným účelům či jako cizokrajná okrasná rostlina do zahrad (Exnerová 2017). Na konci 16. století pak brambory ze Španělska pronikly do střední Evropy (Kutnar 2005). Jednalo se především o oblast Saska a Würtemberska, přičemž se na brambory stále pohlíželo pouze jako na botanickou zvláštnost (Diviš & Zlatohlávková 2007). V 17. století se již podzemní hlízy začaly postupně využívat i ke konzumaci (Exnerová 2017). Do českých zemí brambory pronikly z oblasti Braniborska, podle které také zřejmě dostaly svůj název. Během 17. století se v Čechách rozšířily zejména v klášterních a městských zahradách, kde se jako vzácná plodina využívaly jako doplňková potravina. Od poloviny 18. století se již brambory začaly pěstovat v polních podmínkách, přičemž sloužily zejména jako krmivo skotu. Od počátku 20. a 30. let 19. století se již využívaly jako zemědělská kultura i pro výživu lidí a staly se nedílnou součástí běžného evropského zemědělského hospodaření (Kutnar 2005).

Pěstování brambor od té doby mělo vzestupnou tendenci, na níž se podílel rozmach kapitalistického hospodářství v roce 1848 a průmyslová revoluce. Útlum v pěstování a produkci brambor způsobila 1. a 2. světová válka, po nichž se produkce znovu skokově navýšila (Bortel et al. 2008). Od svého rozšíření do Evropy a odtud na další kontinenty se brambory postupem času staly třetí nejpěstovanější plodinou po rýži a pšenici (Haverkort & Struik 2015). Ač tedy brambor vzhledem ke svému původu vyžaduje spíše mírné chladnější klima s dostatkem srážek, lze jej s úspěchem pěstovat v mnoha rozličných různých půdně-klimatických oblastech, ve kterých je jeho pěstění určeno hlavně použitou odrůdou, podnebím a konečným využitím plodiny (Cofas et al. 2020). Celosvětový význam brambor podtrhuje skutečnost, že byly označeny jako potravina 21. století a v současnosti se v širokém sortimentu různých druhů a odrůd pěstují takřka po celém světě kromě Arktidy a Antarktidy (Diviš & Zlatohlávková 2007).

3.1.2 Popis rostliny a složení

Brambor obecný je z hospodářského hlediska velmi důležitá hlíznatá plodina, která se využívá jako potravina, krmivo, ve farmacii či v různých průmyslových odvětvích po celém světě (Mashilo et al. 2021).

Obecně je brambor vytrvalá nebo jednoletá plodina z čeledi lilkovitých (*Solanaceae* Juss.), jenž se v podmínkách ČR rozmnožuje vegetativně pomocí hlíz (Dostálek et al. 2000). Rostlina bramboru je trsnatá a složena z nadzemní a podzemní části (Elzner & Jůzl 2014).

Nadzemní část se skládá ze stonku, listu, květenství a plodu (Elzner & Jůzl 2014).

Hlavní stonky vyrůstají z mateční hlízy, jsou přímé a dále se rozvětvují na vedlejší stonky. Od hlízy směrem vzhůru se pak stonek rozšiřuje, nejširší je pod listy, pod květenstvím se naopak znovu zužuje. Na příčném průřezu může být jeho tvar kulatý, trojúhelníkový, nebo hranatý (Elzner & Jůzl 2014).

Listy bramboru jsou přetřhaně lichozpeřené, jejich zbarvení může být tmavě či světle zelené i hnědozelené. Po celé délce řapíku pak mezi řadami lístků vyrůstají i drobné mezilístky, které se u některých odrůd nacházejí i na řapících samotných lístků, nebo v místě srůstu řapíků lístků s hlavním řapíkem – pak se jedná o úžlabní mezilístky (Elzner & Jůzl 2014).

Květenství je v případě bramboru dvojvijan (Elzner & Jůzl 2014), jež obsahuje více květních pupenů, tudíž se na každém květenství může současně vyvíjet a dozrávat jedno nebo více pupat. Vývoj květů následuje po dokončení vývoje pupat, ale nemusí tomu tak být vždy (Struik et al. 2020). Samotný květ se skládá z pěti kališních lístků, pěti korunních lístků a z pestíku (Elzner & Jůzl 2014). Barva květů je zpravidla bílá, případně nafialovělá, namodralá či žlutá (Dostálek et al. 2000). Brambor je rostlina samosprašná, ale může být opylena i cizím pylem přenášeným hmyzem (Elzner & Jůzl 2014).

Plodem je dvoupouzdrá bobule, jež obsahuje až 100 velmi malých semen oválného tvaru. Semena se používají při šlechtění nových odrůd brambor (Elzner & Jůzl 2014).

Podzemní část se skládá ze stolonů, na nichž se tvoří hlízy, dále z kořenů a podzemních částí stonků (Elzner & Jůzl 2014).

Stolony jsou obdobou stonků. Jedná se o podzemní výhony, které se málo větví a neobsahují fotosyntetické barvivo chlorofyl. Zduřením stolonů se na jejich koncích vytváří hlízy. Důležitá je délka stolonů, která rozhoduje o rozložení hlíz v zemi (Elzner & Jůzl 2014).

Hlíza je zdužnatělá část stolonu, která u rostliny zastává funkci zásobního orgánu a zároveň slouží k rozmnožování. Její tvar a barva se liší dle konkrétní odrůdy (Dostálek et al. 2000). Hlíza se dělí na dvě základní části: pupkovou část a korunkovou část. Místo, kde byla hlíza spojena se stolonem, se nazývá pupková část. Opačná část hlízy se nazývá korunková část

a nalézají se na ní očka (Elzner & Jůzl 2014). V očkách jsou shromážděné úžlabní pupeny, jež představují zárodky budoucí rostliny. Jednotlivá očka se nejčastěji skládají ze tří pupenů. Na hlíze jsou očka uspořádána v genetické spirále, kdy se většina z nich nachází právě na korunkové části. V dužnině hlízy jsou uloženy zásobní látky, z nichž nejvýznamnější jsou škrobová zrna. Těsně pod slupkou se zase nachází dusíkaté látky (Dostálek et al. 2000).

Zhruba 1–1,2 % z celkového obsahu hlízy zaujímají makroživiny a mikroživiny. Jedná se zejména o zdraví prospěšné minerální živiny (dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík, železo, zinek, sodík, síra), které v rostlině plní nezastupitelnou stavební a regulační funkci (Rychcik et al. 2020). Hlízy jsou dále cenným zdrojem fytonutrientů, vitamínů (zejména vitamín C, dále pak B3, B5, B6), vlákniny a bílkovin (Mashilo et al. 2021). Hlízy jsou bohaté i na sacharidy, zároveň však obsahují malé množství tuku. V hlízách je rovněž ukládán vysoce odolný škrob, který lze optimalizovat v závislosti na způsobu kuchyňské přípravy (Bonierbale et al. 2010).

Brambory jsou také významným zdrojem fenolických sloučenin, jako jsou fenolové kyseliny a flavonoidy, mezi které patří flavonoly, antokyany a také alkaloidy, jako jsou glykoalkaloidy, jež mají v optimálních koncentracích pozitivní vliv na lidské zdraví a vyznačují se antioxidačními a protirakovinnými účinky (Mashilo et al. 2021). V závislosti na typu konkrétní odrůdy jsou brambory také dobrým zdrojem antioxidantů, jako jsou karotenoidy a polyfenoly, které mohou přispět k prevenci degenerativních onemocnění a onemocnění spojených se stárnutím (Bonierbale et al. 2010). Odrůdy se sytější žlutou dužninou dále obsahují vysoké koncentrace karotenoidu zeaxantinu, jež preventivně působí proti vzniku makulární degenerace. Naopak hlízy s fialovou dužninou jsou zdrojem anthokyanů, tedy přírodních pigmentů s antioxidačními vlastnostmi (Bonierbale et al. 2010). Obecně jsou tedy brambory z hlediska výživy velmi důležité, neboť mají jedinečné nutriční hodnoty a pro člověka jsou jedním z hlavních zdrojů minerálních látek (Rychcik et al. 2020).

3.1.3 Produkce brambor

Jak již bylo zmíněno, brambor je celosvětově velmi důležitou plodinou. Více než 1 miliarda lidí konzumuje brambory jako základní potravinu a v otázce globálního zajišťování dostatečného množství potravin jsou stále významnější. Pro zabezpečení dostatečné produkce je potřebná důsledná ochrana brambor před širokým spektrem chorob, plevelů a škůdců. Předpokládá se, že bez ochrany brambor jen proti hmyzím škůdcům by roční ztráty brambor dosáhly až 75 % z celkového vypěstovaného množství (Balasko et al. 2020).

V celosvětovém měřítku je největším producentem brambor Čína, jež v roce 2019 vyprodukovala 91,8 milionu tun brambor. Dalším výrazným producentem je Indie s 50,2 mil. tun. Zhruba jedna třetina celosvětové produkce brambor se tak vyrábí v Číně a Indii. Mezi další významné producenty se řadí Rusko, Ukrajina a Spojené státy americké. Česká republika je v pořadí výrobců až na 55. místě s 623 tisíci tunami vypěstovaných brambor. V roce 2019 bylo celosvětově vyprodukováno více než 370,4 mil. tun brambor (Pieterse 2021). Při průměrném výnosu 17 t/ha tak hodnota všech globálně vypěstovaných hlíz dosahuje přibližně 50 miliard

USD (Balasko et al. 2020). Brambory bylo v roce 2019 zároveň celkově osázeno 17,3 mil. hektarů zemědělské půdy, kdy největší podíl plochy zabírala Čína, Indie, Ukrajina, Rusko a Bangladéš. Obecně se každoročně plocha osázená brambory, stejně tak i celosvětové výnosy zvyšují (Pieterse 2021).

V zemích Evropské unie (EU) bylo v roce 2020 vyprodukováno 55,3 mil. tun brambor, což je přibližně o čtvrtinu (27,4 %) méně než v roce 2000. Většina (73,1 %) z celkové produkce brambor v EU byla v roce 2020 sklizena v pěti členských státech (Belgie, Německo, Francie, Nizozemsko a Polsko) (Eurostat 2021).

V roce 2020 se brambory pěstovaly na celkové rozloze téměř 1,7 mil. ha, tedy zhruba na 1,7 % veškeré orné půdy v EU. Plocha, na níž se pěstují brambory, ale v EU dlouhodobě klesá. Celková obdělávaná plocha se mezi lety 2000 a 2020 zmenšila téměř o polovinu, přičemž mezi největšími producenty brambor došlo k výraznému snížení zejména v Polsku a Rumunsku. Naopak k navýšení produkce došlo ve Francii, Belgii a Dánsku (Eurostat 2021).

V EU produkují brambory především malé zemědělské podniky. V roce 2016 brambory pěstovalo zhruba 1,5 mil. zemědělských podniků, z toho téměř 90 % farem tak činilo na ploše menší než 1 ha. Přesto právě tyto malé zemědělské podniky v součtu představovaly pouze 16,3 % celkové plochy osázené brambory. Naopak počet podniků, které pěstovaly brambory na ploše větší než 10 ha, bylo velmi málo (2,6 %), avšak zároveň dosáhly relativně vysokého podílu plochy produkce brambor v EU (Eurostat 2021).

Ekologická produkce brambor byla v roce 2016 ve většině členských států relativně malým segmentem trhu. Pouze 20 000 podniků produkovalo brambory v podmínkách ekologického zemědělství, z nichž zhruba polovina se nacházela v Polsku (23,8 %), Rakousku (14,7 %) a Německu (14,0 %) (Eurostat 2021).

V ČR dosahuje roční produkce brambor od roku 2014 velmi podobných hodnot, eskalující kolem 690 tis. tun s výraznějšími výkyvy v roce 2015, 2018 a 2019. Výnos brambor z jednotky plochy je v ČR v průběhu let stabilní a pohybuje se okolo 29 t/ha. Podrobný vývoj vyprodukovaného množství brambor vyjadřuje Tabulka č. 1 (Český statistický úřad 2021a)

Tabulka č. 1: Produkce brambor v ČR 2014-2020 (tun)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Brambory celkem	697 539	504 955	699 605	688 970	583 560	622 600	696 220
Brambory mimo raných a sadbových	602 460	435 344	607 871	609 810	502 961	533 410	603 650

(Zdroj: Český statistický úřad 2021a)

Relativní neměnnost vykazuje i vývoj rozlohy zemědělské plochy, na níž se brambory pěstují. Celková výměra každoročně nabývá hodnot okolo 23-22 tis. hektarů, z nichž necelé 4 tis. ha zaujímají sadbové a rané brambory (Český statistický úřad 2021b).

Tabulka č. 2: Osevní plocha brambor v ČR 2014-2020 (hektar)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Brambory celkem	23 992	22 681	23 414	23 418	22 889	22 894	23 877
Brambory mimo raných a sadbových	19 548	18 911	19 385	19 795	19 228	19 017	19 941

(Zdroj: Český statistický úřad 2021b)

Nicméně dle údajů z Tabulky č. 2 lze v porovnání s roky 1990 a 1999 pozorovat negativní tendenci v poklesu osevní plochy a vyprodukovaného množství brambor. Zatímco v roce 1990 čeští zemědělci pěstovali brambory na rozloze 109 299 ha (včetně raných brambor a sadby), v roce 1999 to bylo již 71 455 ha. Podobný trend lze sledovat i v případě produkce brambor, jež v roce 1990 dosahovala hodnoty 1,8 mil. tun, v roce 1999 už to bylo jen 1,4 tun. Pouze v případě průměrného hektarového výnosu došlo k výraznému navýšení z 16,06 t/ha (v roce 1990) respektive 19,69 t/ha (v roce 1999) na 29 t/ha v roce 2020. Tento nárůst lze přičítat zejména šlechtění odolných odrůd, modernější agrotechnice a lepší výživě a ochraně před škodlivými činiteli (zejména houbovým chorobám a hmyzím škůdcům) (Vokál et al. 2000).

3.2 Ekologické zemědělství

3.2.1 Obecné zásady ekologického zemědělství

Zemědělství má velký vliv na životní prostředí. Zemědělci, prodejci potravin, vědecká komunita a tvůrci zemědělských politik usilují o snížení tohoto negativního dopadu, aniž by byla ohrožena bezpečnost potravin. Nejdůležitější vliv má ale v tomto ohledu široká veřejnost, jež svou poptávkou po zdravých a nezávadných komoditách skrz maloprodejce, stimuluje zemědělskou výrobu a snižuje tak dopad zemědělského hospodaření na životní prostředí (Rutgers et al. 2013). Kromě produkce zdravých potravin je také stále více kladen důraz na zemědělskou krajinu prostou reziduí pesticidních látek a zbytků minerálních hnojiv ve vodě, půdě a živých organismech (Serefoglu & Serefoglu 2016). K zabezpečení těchto požadavků přispívá právě ekologické zemědělství (EZ), jemuž je vzhledem k rostoucímu významu a důležitosti dodržování environmentálních zásad v oblastech pěstování rostlin, chovu zvířat a ochraně krajiny věnována stále větší pozornost veřejnosti i akademické obce (Krause & Machek 2018).

Ekologickým zemědělstvím se rozumí šetrný způsob dlouhodobě udržitelného zemědělského hospodaření, jež dbá na ochranu životního prostředí a jeho jednotlivých složek stanovením určitých zákazů či omezení činností, jež životní prostředí ohrožují, či se podílí na kontaminaci potravinového řetězce. Hlavním principem ekologického zemědělství je produkovat dostatečné množství potravin v co možná nejvíce uzavřených cyklech koloběhu látek bez nadměrných stimulujících vstupů. Zároveň usiluje o maximální využívání místních zdrojů, zlepšování úrodnosti půdy, vyvarování se všech forem znečištění ze zemědělského hospodaření a minimalizaci ztrát a využívání neobnovitelných zdrojů energie. V ekologickém zemědělství se tedy při pěstování plodin upouští od použití umělých minerálních hnojiv a

dalších syntetických látek, jako jsou přípravky na ochranu rostlin (Šarapatka et al. 2006). Vzhledem k těmto restrikcím je pro uspokojivý výnos pěstovaných plodin nutné přísně dodržovat všechna opatření podporujících jejich optimální růst a vývoj po celou vegetační sezónu (Macák et al. 2012). Velmi důležitý je osevňovací postup, v němž je nutné správně střídání plodiny mělce a hluboce kořenící, ozimé a jarní, širokolisté a úzkolisté a dodržovat optimální druhovou pestrost s důrazem na zastoupení jetelovin a luskovin. Při vhodném střídání jednotlivých plodin pak dochází k udržení živin v půdě a zvyšování její úrodnosti. Z hlediska hnojení jsou nejdůležitější kvalitní statková hnojiva, jako hnůj, kejda či močůvka. V ekologickém zemědělství se na rozdíl od konvenčního zemědělství nevyužívají herbicidní přípravky, tudíž se plevele likvidují zejména preventivními (osevňovací postup, výběr odolných odrůd atd.) a mechanickými metodami (plečkování, vláčení, proorávky atd.). Ochrana rostlin proti chorobám a škůdcům je taktéž založena na preventivních zásadách, vhodně použité agrotechnice, povolených přípravcích na ochranu rostlin na bázi mědi (např. Champion 50 WP proti plísni bramborové) či přípravcích přírodního původu (např. bioinsekticid NOVODOR proti mandelice bramborové obsahující bakterii *Bacillus thuringiensis* Berliner, 1915). Ekologické zemědělství se dále vyznačuje i šetrnými postupy při zpracování a nakládání s vyprodukovanými komoditami (Šarapatka et al. 2006).

Ekologické zemědělství je zároveň důležitým činitelem v regulaci fyzikálně-chemické rovnováhy biosféry, zejména na úrovni produkce a recyklace uhlíku a kyslíku, dále přispívá k ochraně půdy, ke zvýšení retence vody v krajině a zamezení jejímu znečišťování (Roşu et al. 2020). EZ kromě environmentálních aspektů integruje i ekonomickou ziskovost zemědělců, tedy udržitelnost zemědělských podniků v náročnějších podmínkách ekologického hospodaření (Möller & Pawelzik 2014). Ekologické zemědělství tedy poskytuje příznivý rámec pro zachování biodiverzity tím, že využívá environmentálně, ekonomicky a sociálně efektivní, ale zároveň šetrné zemědělské postupy, skrz něž zlepšuje kvalitu života celé společnosti (Roşu et al. 2020). Do budoucna se tak ekologické zemědělství jeví jako základní pilíř odolnosti zemědělské krajiny vůči degračním vlivům, jež by její základní součásti, tedy půdu, vodu a biologickou rozmanitost, mohly ohrozit (Bargout 2014).

3.2.2 Pěstování brambor v systému ekologického zemědělství

Cílem pěstování brambor v ekologickém zemědělství je produkce hlíz s minimálními vnějšími vstupy a maximální udržitelností (Scherrer et al. 2008). Jak bylo zmíněno výše, v ekologickém zemědělství nejsou používány syntetické pesticidy a umělá minerální hnojiva, což pěstování brambor znesnadňuje a přináší celou řadu různých vnějších a vnitřních rizik, jež zahrnují především tlak škodlivých činitelů jako jsou plevele, choroby a škůdci (Zarzyńska & Pietraszko 2015). Pro uspokojivý výnos je tudíž nutné přísně dodržovat všechna opatření podporující optimální růst a vývoj rostlin, a to od výsadby až po sklizeň brambor (Macák et al. 2012).

Prvním a do jisté míry i klíčovým faktorem je zohlednění podmínek prostředí, v nichž brambory pěstujeme. Bramboru vyhovuje chladnější podnebí s rovnoměrně rozdělenými

srážkami během vegetace (Dostálek et al. 2000). Optimální průběh počasí je teplé sušší jaro, slunné léto s dostatečným množstvím srážek a slunný podzim pro správné dozrání hlíz (Dostálek et al. 2000). Bramborům dále vyhovují nejlépe středně těžké, hluboké a dostatečně prokypřené půdy s pH 5,5-6,5 a nízkým podílem kamení v ornici (Šarapatka et al. 2006).

Osevní postup

Brambory jsou zlepšující plodinou v osevním postupu, neboť díky intenzivnímu mechanickému ošetřování zanechávají ornici v dobrém kulturním stavu (Šarapatka et al. 2006). Zároveň jsou jednou z nejnáchylnějších plodin na dodržování správného osevního postupu kvůli tlaku chorob a škůdců (Möller & Pawelzik 2014). Z toho důvodu je třeba dodržovat nejméně čtyřletý odstup mezi jejich pěstováním. Vhodnými předplodinami jsou jetel, vojtěška, víceleté trávy či jednoleté krmné plodiny zanechávající v půdě dostatečné množství organické hmoty (Šarapatka et al. 2006).

Příprava sadby

Důležitá je i správná příprava sadby spočívající v mechanickém třídění hlíz na požadovanou velikost a zejména v biologické přípravě zahrnující předkličování a narašování. Předkličování se zahajuje 6 týdnů před výsadbou, dochází při něm k tvorbě 1,5-2 cm dlouhých klíčků. Prvních 10 dní se při teplotě 10 °C ve tmě narašuje na délku klíčků 3-5 mm, následně se postupně zvyšuje osvětlení (až na 12 hod. denně) za zvýšení teploty na 12-18 °C. Týden před výsadbou se snižuje teplota na 6-10 °C a hlízy se utužují provětráním. Výsadba se provádí sazeči pro předkličované brambory (Dostálek et al. 2000). Výhodami předkličování je zkrácení vegetace, dřívější a lepší dozrávání, zpevnění slupky a zvýšení výnosu (Šarapatka et al. 2006). Narašování je méně náročné. Tři týdny před výsadbou se hlízy skladované ve vrstvě 40-50 cm narašují na rozptýleném světle zvýšením teploty na 8 °C, což vede k tvorbě kratších klíčků (2-5 mm). Týden před výsadbou se hlízy utužují silným větráním (Dostálek et al. 2000).

Výsadba

Termín výsadby je důležitý z hlediska výnosu a škrobnatosti hlíz (Dostálek et al. 2000). Obecně k sázení dochází ve chvíli, kdy to půdní a klimatické podmínky dovolí (Finckh et al. 2006). Sázet by se měly naklíčené hlízy do dostatečně prohřáté půdy o teplotě minimálně 8 °C, obecně v dubnu až květnu (Hradil 2007). Správné a stejnoměrné uložení hlíz do půdy ovlivňuje vzcházivost a rovnoměrnost porostu. Hlízy se sází do hloubky 6-8 cm (Dostálek et al. 2000). Spon výsadby je různý a liší se dle účelu pěstovaných brambor. Vzdálenosti mezi řádky se tak mohou pohybovat v rozmezí 13-35 cm, mezirádková vzdálenost 62,5-90 cm (nejoptimálnější 75 cm) (Hradil 2007).

Zpracování půdy

Po sklizni předplodiny je možno provést podmítku půdy, která je doplněna dostatečně hlubokou orbou (až 30 cm) spojenou se zapravením posklizňových zbytků, hnoje či zeleného hnojení (Šarapatka et al. 2006). K jarnímu zpracování půdy se přistupuje ve chvíli, kdy je půda dostatečně oschlá, aby nedošlo k jejímu utužení. Pracovními operacemi je třeba vytvořit homogenní bezhrudovitou strukturu. Půda se postupně smykuje a vláčí, rovněž je možno využít i technologie odkameňování. Využívá se i kypření do hloubky 15-18 cm (Dostálek et al. 2000).

Výživa a hnojení

Výnosy v ekologickém zemědělství jsou z velké části určeny dostatečným přísunem živin (především na jaře a začátkem léta). Velmi důležitý je časný růst a vývoj hlíz a schopnost odrůdy efektivně využívat organické živiny (Finckh et al. 2006). Základní hnojení je v ekologické produkci brambor založeno na podzimní aplikaci dobře vyzrálého a uleželého hnoje v dávce max. 30 t/ha (Hradil 2007). Hnoj obsahuje značné množství dusíku, ale je zvláště prospěšný i pro půdy s nedostatkem fosforu nebo draslíku. Jeho aplikaci je nutné naplánovat tak, aby k maximální mineralizaci živin docházelo během letních měsíců při růstu hlíz (Wilson et al. 2019). Dále lze použít i kompost, kejdu, zelené hnojení či plodiny vázající vzdušný dusík (Finckh et al. 2006). Zelené hnojení zvyšuje množství uhlíku v půdě, snižuje půdní erozi a zvyšuje infiltraci vody (Wilson et al. 2019).

Závlaha

Závlaha je v porostech brambor důležitá po začátku dlouhivého růstu a především během růstu hlíz v prvních 3 týdnech po květu až do dozrání hlíz (rozhodující pro výnos). Pro podporu dozrávání a usnadnění sklizně lze provést závlahu i po zničení natě. V ČR se však závlahové sítě pro pěstování brambor mnoho nevyužívají (Hradil 2007). Nedostatek nebo nerovnoměrný přísun vody brzdí růst rostlin, což přímo ovlivňuje množství a velikost hlíz (Zarzyńska & Pietraszko 2015).

Mechanické ošetřování během vegetace

Po výsadbě hlíz se provádí vláčení, jehož cílem je kromě zničení klíčících plevelů prokypření půdy, provzdušnění a proteplení hrůbků a rozdrobení případných větších hrud. K tomuto účelu se využívají zejména různé druhy bran. Po vláčení je další operací tzv. proorávka naslepo (tedy proorávka před vzejitím plodin) hrobkovacími tělesy, jejímž účelem je další tvarování hrůbků, přihrnutí půdy na hlízy, prokypření meziřadí a regulace plevelů. Proorávky je možné dle potřeby několikrát opakovat. Poslední proorávka (tzv. hrůbkování nebo také nahrnutí) se provádí při výšce natě 30-50 cm, kdy se porost zapojil v řádku. Během růstu natě se kromě proorávek využívá i plečkování. Plečkováním se prokypřují meziřádky a ničí plevele, přičemž nesmí být poškozeny vzcházející rostliny (Dostálek et al. 2000).

Odstranění natě

Pro usnadnění sklizně je třeba 3-4 týdny předem nutno provést odstranění natě. Odstranění natě slouží k rovnoměrnému dozrávání hlíz a zpevnění slupky (Dostálek et al. 2000). Při obrostech je nutné toto opatření opakovat. Způsoby ničení natě zahrnují drtiče, termické přístroje a mechanizaci pro vytrhávání natě (Hradil 2007).

Sklizeň

Brambory se sklízí při optimální velikosti hlíz, obsahu škrobu, pevnosti slupky a míry napadení choroby a škůdci. Sklizeň se provádí za suchého počasí od srpna do října. Sklizené hlízy je třeba okamžitě vytřídit (odstranit shnilé hlízy) a zabránit dlouhému vystavení světla (abiotické zelenání hlíz) (Hradil 2007). Samotnou sklizeň lze provádět různými způsoby: přímá sklizeň dvouřádkovými sklízeči, dělená sklizeň atd. (Dostálek et al. 2000).

3.2.3 Výhody a nevýhody ekologického pěstování brambor

Z důvodu nevyužívání minerálních hnojiv a syntetických pesticidů se ekologická produkce brambor vyznačuje nižšími náklady na hektar než v případě konvenční produkce (menší náklady na hnojiva a přípravky na ochranu rostlin) (Hoffmann et al. 2011). Náklady na jednotku produkce jsou ale vzhledem k náročnějším zákonným požadavkům na výrobní procesy vyšší (Krause & Machek 2018). Celkové náklady ekologických farem jsou naopak obvykle zhruba o 10-25 % nižší (Macák et al. 2012). Nižších hodnot ale dosahují i výnosy sklizených hlíz (co do velikosti a počtu) (Zarzyńska & Pietraszko 2015). Ačkoli tedy obecně výnos brambor kolísá v závislosti na odrůdě, v ekologickém zemědělství je výrazně nižší než v případě konvenčního hospodaření (Viskelis et al. 2014). V Evropě nabývají výnosy ekologicky pěstovaných brambor pouze 75-80 % průměru konvenční produkce (Möller & Pawelzik 2014). Krause & Machek (2018) uvádějí snížení výnosů ekologicky pěstovaných brambor v ČR dokonce o 61 %. Viskelis et al. (2014) dále zmiňují, že výnos ekologicky pěstovaných hlíz se snižuje o 5-40 % v důsledku škůdců a chorob brambor. Zarzyńska & Pietraszko (2015) dodávají, že k poklesu výnosů dochází zejména v letech velmi nepříznivého počasí (pokles až o 70 %).

Hlavními důvody vysoké variability výnosového potenciálu je kromě neefektivní regulace škůdců, chorob, plevelných rostlin a klimatických podmínek také nižší přísun živin (důsledek čistě organického hnojení), neboť účinnost přeměny dusíku z organických hnojiv na formy dostupné pro rostliny dosahuje menší hodnoty než v případě minerálních hnojiv (Möller & Pawelzik 2014). Prodejní ceny hlíz ale v ekologickém zemědělství dosahují vyšších hodnot, protože se ekologická produkce brambor v konečném úhrnu vyznačuje lepší rentabilitou (ta je však významně podpořena dotacemi) (Hoffmann et al. 2011). Dle Krause & Machek (2018) jsou ekonomické výsledky českých ekologických farem lepší právě kvůli aktivnímu ovlivňování národními a evropskými dotacemi, jež zvyšují stabilitu ziskovosti ekologických zemědělců.

Plošná efektivita pěstování brambor je ale v ekologickém zemědělství nižší (Möller & Pawelzik 2014). Nízká je i klíčivost bramborových hlíz, naopak rychlost šíření a intenzita plísňe bramborové je vyšší (Viskelis et al. 2014).

Vzhledem k nemožnosti využívat v ekologickém zemědělství chemické přípravky na ochranu rostlin vykazují porosty brambor vyšší biologickou rozmanitost a početnost fauny (hmyz, půdní edafon, mikrobi, ptáci) a flóry, což se negativně projevuje na rozšíření plevelných rostlin (Zaharov et al. 2021). Méně hustý zápoj hlavní plodiny v důsledku nemožnosti využití intenzifikačních faktorů konvenčních zemědělských systémů navíc růst plevelů dále zvýhodňuje (Scherrer et al. 2008). Martinková & Honěk (2011) dodávají, že konkurence mezi hlavní plodinou a plevely je většinou závažnější pod povrchem půdy než na povrchu, což se negativně projevuje právě na tvorbě hlíz.

Udržitelná produkce brambor v EZ tedy kromě likvidace chorob a škůdců značně závisí i na dostatečně účinné alternativní regulaci plevelů (Scherrer et al. 2008). K tomuto účelu se

využívají především mechanické metody zpracování půdy, avšak nutnost častých zásahů především během vegetace je nákladné, časově náročné, stimuluje mineralizaci živin, zvyšuje riziko vyplavování dusíku a emise skleníkových plynů (Andersson et al. 2016). Z těchto důvodů se proto klade důraz na aplikaci kvalitních organických hnojiv a biologických přípravků na ochranu rostlin (biopesticidů), což však může vést k již zmíněným relativně vyšším výrobním nákladům na jednotku produkce (Krause & Machek 2018). Ochrana je ale nutná. Brambory pěstované bez dostatečného ošetření se proti vlivům chorob a škůdců brání zvýšenou koncentrací některých škodlivých látek. Těmi mohou být glykoalkaloidy a také polyfenoly, což jsou látky, jež zapříčiňují enzymatické hnědnutí brambor, ke kterému dochází při loupání, krájení nebo strouhání syrových hlíz brambor. Polyfenoly spolu s železitými kationty rovněž přispívají k tmavnutí brambor po jejich uvaření (Hamouz et al. 2005).

Rozdíly v kvalitě hlíz jsou více než systémem produkce ovlivněny odrůdou (Möller & Pawelzik 2014). Správně ekologicky vypěstované hlízy se však vyznačují zdravotní nezávadností, což má vliv na zvýšení poptávky spotřebitelů (Macák et al. 2012). Obecně obsahují vyšší obsah sušiny a škrobu, nižší množství kontaminantů cukrů a dusíkatých látek, mají lepší chuťové vlastnosti, vykazují snížené mechanické poškození a jsou lépe skladovatelné (Hamouz et al. 2005). Brambory pěstované v EZ tedy dosahují lepší kvality (Krause & Machek 2018).

Brambory patří k plodinám, které na podzim po sklizni v půdě zanechávají nejvyšší množství dusičnanů. Tento zbytkový obsah dusičnanů je v ekologickém zemědělství na rozdíl od konvenčního hospodaření nízký. Z pozemků s porosty brambor pěstovaných v systému EZ taktéž dochází k nižším plošným emisím N_2O (Möller & Pawelzik 2014).

Jelikož jsou brambory typickou širokořádkovou plodinou, zvyšují na svažitých pozemcích riziko vzniku eroze (vodní eroze, větrná eroze, eroze při zpracování půdy a sklizňová eroze). Na pozemcích v EZ byla průměrná ztráta půdy 3 t/ha, na konvenčních 8 t/ha. Sklizňová eroze (ztráta půdy nedokonalou separací půdy od hlíz během sklizně) byla rovněž vyšší v konvenčním hospodaření (7,6 t/ha) než v případě ekologického zemědělství (pouze 2,8 t/ha) (Möller & Pawelzik 2014).

Do budoucna je nutné v rámci ekologické produkce brambor zlepšit zejména hnojení a využití živin plodinou (např. aplikace účinnějších základních organických hnojiv na bázi dusíku) a strategií ošetřování plodin (např. správné předklíčení sadbových hlíz, využití efektivních biopesticidů atd.) (Möller & Pawelzik 2014).

Möller & Pawelzik (2014) dále dodávají, že pro posouzení efektivnosti a udržitelnosti ekologického pěstování brambor je třeba zohlednit všechny součásti širšího systému pěstování, (dlouhodobý plán pěstování, vztahy mezi předplodinou a následnou plodinou, výnos ostatních plodin, celková efektivita EZ atd.).

3.3 Škodliví činitelé brambor

3.3.1 Virové choroby

3.3.1.1 Y virus bramboru (*Potato virus Y*)

Y virus bramboru (PVY) z čeledi Potyviridae je hlavním virovým patogenem brambor (Kutnjak et al. 2020) a zároveň jedním z nejčastějších patogenů čeledi *Solanaceae* (Fesenko et al. 2021). Jedná se o jednovláknový RNA virus (Krüger et al. 2020).

Typickým symptomem je nekróza listů tzv. čárkovitost, především u starších listů a na rubu listů (Vokál et al. 2000). Dalším příznakem je tvorba chlorotických skvrn (mozaikovitost) na listech, které mohou být rozsáhlé, mírné či stěží zjištělné (Krüger et al. 2020). Na slupce hlíz se vytváří puchýřky nebo hnědé kroužky, dužnina na povrchu hnědne (Hradil 2007). Pro další šíření viru představují hrozbu zejména mírné symptomy u sadbových brambor, neboť rostliny bez viditelných příznaků choroby zůstávají neidentifikovány, tudíž nejsou eliminovány a slouží jako virové inokulum. Některé kmeny PVY způsobují i nekrotickou kroužkovitost hlíz brambor (Krüger et al. 2020).

PVY se může šířit primárně horizontálně pomocí mšic, mechanicky infikovanou šťávou pronikající přes rány či vertikálně infikovanou sadbou (Kutnjak et al. 2020). PVY se přenáší neperzistentně (vir se ve vektoru nerozmnožuje a je infekční po krátkou dobu). PVY může roznášet 65 druhů mšic, jež se buď množí na bramboru (kolonizující druhy; např. mšice broskvoňová *Myzus persicae* Sulzer, 1776), nebo jsou přechodnými druhy, které na rostlinách bramboru škodí, v jejich porostech se ale nerozmnožují (nekolonizující druhy; např. mšice střemchová *Rhopalosiphum padi* Linnaeus, 1758). Ač jsou přechodné druhy méně škodlivé, při přenosu PVY jsou velmi důležité, neboť se mohou vyskytovat ve velkém počtu (Krüger et al. 2020).

Přenos PVY a úspěšnost infekce rostlin je závislá zejména na šlechtění odrůd odolnějších vůči virovým chorobám a na teplotě (na rozdíl od ostatních virů se PVY hůře přenáší při teplotách vyšších než 25-30 °C) (Krüger et al. 2020).

Infekce PVY zvyšuje počet podměrečných hlíz, což má negativní dopad na kvalitu i kvantitu sklizně. Úroveň nákazy se zvyšuje sázením již infikovaných hlíz, což vede k vyššímu riziku výskytu choroby v dalších generacích. V případě, že jsou překročeny úrovně tolerance stanovené schématy certifikace sadbových brambor, může napadení virem PVY vést ke snížení klasifikace nebo odmítnutí sadbových hlíz (Krüger et al. 2020).

Galimberti et al. (2020) prokázali, že v případě sadby obsahující menší počet hlíz infikovaných PVY došlo na konci vegetace ke snížení celkové virové infekce. Dále bylo zjištěno, že nekolonizující mšice byly pro šíření PVY důležitější než kolonizující mšice. Nejvíce rostlin bylo nekolonizujícími druhy infikováno na počátku vegetace, zatímco v polovině a na konci vegetace došlo již k relativně malému šíření viru (Galimberti et al. 2020).

Ochranou proti vzniku a šíření PVY, ale obecně i všech virových chorob brambor je využívání uznané certifikované sadby, výběr odolných odrůd, odstraňování napadených rostlin a optimální výživa porostu (Vokál et al. 2000).

3.3.1.2 Virová svinutka bramboru (*Potato leafroll virus*)

Virová svinutka bramboru (PLRV) z čeledi Luteoviridae jsou společně s Y virem bramboru považovány za jedny z nejzávažnějších virových chorob brambor (Nath et al. 2022).

V rostlinách PLRV indukuje změny obranyschopnosti (Patton et al. 2021). Příznaky napadení se objevují zejména na mladých lístcích. Listy jsou světle zelené, vzpřímené a stáčejí se podél hlavního nervu. Sekundární symptomy zahrnují chlorózu rostliny, kornoutovité stáčení listů, inhibici růstu, někdy i nafialovělé zbarvení okrajů listů (Vokál et al. 2000). Nebezpečí PLRV spočívá i v jeho schopnosti podpory přenosu viroidové vřetenovitosti hlíz bramboru (*Potato spindle tuber viroid* – PSTVd). Původcem PSTVd je viroid, jenž je sám o sobě mšicemi nepřenositelný, ale v přítomnosti PLRV může být enkapsidován jeho kapsidovým proteinem a přenášen tak společně s PLRV i hmyzími vektory (Syller & Marczewski 2001).

PLRV přenáší výhradně mšice broskvoňová, sadbou ani mechanicky přenosná není (Vokál et al. 2000). Patton et al. (2021) zmiňují, že ačkoli je PLRV neperzistentní a ve hmyzích vektorech se tudíž nereplikuje, prokazatelně mění chování viruliferních mšic. PLRV totiž působí na fyziologické pochody hostitele, což následně ovlivní další šíření a inokulaci viru. PLRV tak ovlivňuje biologii mšic a má účinek i na jejich chování. Mšice přenášející PLRV se raději usazují na rostlinách infikovaných PLRV a současně dosahují větší reprodukční schopnosti, když se živí těmito rostlinami na rozdíl od neinfikovaných rostlin (Patton et al. 2021).

Ztráty na výnosu brambor v důsledku napadení PLRV jsou závažnější, pokud se infekce objeví na počátku vegetace, a mohou dosáhnout hodnoty až 80-90 %. Nebezpečím je zároveň i výrazné ohrožení kvality sadbových hlíz (Nath et al. 2022).

3.3.1.3 Virus kadeřavosti tabáku (*Tobacco rattle virus*)

Virus kadeřavosti tabáku (TRV) z čeledi Virgaviridae je důležitý půdní vir s významným ekonomickým dopadem na produkci brambor. TRV má široké hostitelské spektrum, napadá více než 400 dvouděložných a jednoděložných rostlin (např. brambory, řepu, salát, špenát, tabák, ale i některé okrasné rostliny a plevely) (Gray et al. 2021).

TRV způsobuje deformaci hlíz, v dužnině hlíz vytváří typické nekrotické či hnědé skvrny. Listy mohou být zakrslé, deformované či malformované a lze na nich pozorovat skvrnitost (žluté skvrnky). U některých rezistentních odrůd může být průběh onemocnění zcela bezpříznakový (Gray et al. 2021).

TRV je přenášen parazitickými háďátky rodů *Trichodorus* a *Paratrachodorus*, které se vyskytují zejména v lehkých písčitéch půdách (Gray et al. 2021).

Význam TRV spočívá zejména ve snížení kvality hlíz brambor a tím snížení prodejní ceny a odmítnutí prodeje (Gray et al. 2021).

3.3.2 Houbové choroby

3.3.2.1 Plíseň bramborová (*Phytophthora infestans*)

Plíseň bramborovou způsobuje oomyceta *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary z čeledi Pythiaceae (Liao et al. 2022). Je nejzávažnější houbovou chorobou a zároveň jedním z nejdůležitějších patogenů brambor způsobující významné škody na kvantitě i kvalitě sklizených hlíz. Nebezpečný je její vliv zejména v ekologickém zemědělství (Williams et al. 2015). V Evropě se plíseň bramborová objevila v roce 1840, kdy zničila veškerou úrodu brambor v Irsku a způsobila hladomor, při kterém zemřelo více než milion lidí (Ritter et al. 2021).

P. infestans je fakultativní biotrofní patogen, jež napadá rostliny z čeledi *Solanaceae*, významné hospodářské škody způsobuje ale pouze u brambor a rajčat. Hyfami intracelulárně prorůstá pletiva napadených rostlin, haustoriemi proniká do jejich buněk, pomocí nichž následně čerpá živiny pro svůj růst (Vokál et al. 2000). Toto onemocnění způsobuje vážné problémy v zemích, kde v letních měsících převládá vysoká relativní vlhkost vzduchu s teplými dny a chladnými nocemi. Poškození brambor se liší v závislosti na konkrétní lokalitě, způsobu pěstování, povětrnostních podmínkách během vegetačního období, době nástupu onemocnění, odolnosti odrůd a zvolených metod ochrany porostů (Viskelis et al. 2014).

Na rostlinách vyrostlých z napadených hlíz (primární infekce) se příznaky projevují hnědnutím a postupným odumíráním vrcholových lístků a stonku. Symptomy sekundární infekce lze pozorovat již od poloviny června. Od okrajů listů se postupně šíří vodnaté nejprve žlutozelené, později hnědočerveně zbarvené nekrotické skvrny (Vokál et al. 2000). Na spodku listů se vytváří bělavý plísňový povlak. Během několika dnů nákaza přechází i na stonky a napadená rostlina rychle odumírá. Infekce plísní může být velmi rychlá. Za ideálních podmínek je schopna zlikvidovat porost během 10 dnů (Dostálek et al. 2000). Na povrchu napadených hlíz se tvoří nepravidelné olovnatě šedé zbarvené skvrny. Pod těmito skvrnami je dužnina často rezavě zbarvena, přičemž toto zbarvení stromečkovitě proniká do hloubky hlíz. Napadené hlízy často při skladování podléhají sekundární infekci jiných chorob (mokrý hniloba hlíz) (Vokál et al. 2000).

Primárním zdrojem onemocnění jsou infikované sadební hlízy, v nichž houba přezimuje. Po výsadbě mycelium postupně prorůstá do nadzemních částí, kde posléze za příznivých podmínek fruktifikuje (Vokál et al. 2000). Optimálního vývoje tedy *P. infestans* dosahuje při vlhkosti 90 % a teplotách vyšších než 20 °C tzn. při teplém a deštivém počasí

(Dostálek et al. 2000). K infekci plísně může dále dojít i dotekem spodních listů půdy, jež obsahuje sporangia, která se z napadených hlíz dostala na povrch působením kapilárních sil. Sporangia se z primárně napadených rostlin mohou šířit na neinfikované jedince i vzdušným prouděním. Příznaky se objevují zhruba týden po infekci (Vokál et al. 2000). Zdravé či nově vytvořené hlízy jsou infikovány smyvem sporangií z nadzemních částí do půdy (Hradil 2007). Stupeň napadení hlíz závisí na intenzitě dešťových srážek, vlhkosti a struktuře půdy, vrstvě zeminy kryjící hlízy a stupni napadení natě. Vzhledem k dlouhé životnosti sporangií mohou infikovat hlízy i při sklizni, případně může dojít k přenosu dotykem z hlízy na hlízu při skladování (Vokál et al. 2000).

Plíseň bramborová je považována za největší hrozbu pro udržitelnou produkci brambor. Dochází k výraznému snížení výnosu hlíz, které může v některých případech dosáhnout až 100 %. Způsobuje celosvětové roční přímé ekonomické ztráty v hodnotě až 6,7 miliardy USD, což odpovídá 15 % celkové produkce brambor. V důsledku toho je nezbytný rychlý vývoj dalších preventivních opatření a metod k regulaci plísně (Zhao & Li 2021).

K ochraně porostů brambor proti působení plísně bramborové lze využít přímé a nepřímé metody ochrany. Mezi nepřímá (preventivní) opatření se řadí pěstování méně náchylných odrůd. Právě odolnost daného kultivaru je jednoznačně nejdůležitější strategií proti plísni v ekologické produkci brambor (Finckh et al. 2006). *P. infestans* se však selekčním tlaku odolných odrůd rychle přizpůsobuje. Houba je schopna nepřetržitě vyvíjet mnoho různorodých kmenů, které se liší mírou virulence a agresivitou (Viskelis et al. 2014). Z hlediska ochrany je důležitý i časný vývoj hlíz (rané odrůdy) a schopnost kultivaru efektivně využívat organické živiny (Finckh et al. 2006). K urychlení vývoje hlíz je možné využít i předklíčování a narašování sadby (Dostálek et al. 2000). Důležitý je i osevnický postup (nejméně čtyřletý odstup v pěstování brambor) a volba vhodných vzdušných pozemků s nepříznivými podmínkami pro šíření (Šarapatka et al. 2006). Plodiny by se proto měly umístit na úzká (prostorově oddělená) pole kolmá na hlavní směr větru, jež jsou dostatečně vzdálená od dalších porostů brambor (Finckh et al. 2006). Dalšími metodami je regulace zapelevelení, spon výsadby (dostatečně vzdušný porost s max. 40 000 rostlin na hektar), včasné ukončení vegetace (mechanické zničení natě při výskytu plísně) a zamezení styku hlíz s napadenou natí při sklizni (Šarapatka et al. 2006). Mezi přímé metody ochrany se řadí užití přípravků na ochranu rostlin. Ač jsou v ekologickém zemědělství zakázané aplikace chemických (syntetických) přípravků na ochranu rostlin, dle nařízení komise (ES) č. 889/2008 o ekologické produkci, označování a kontrole je možné i v ekologickém systému hospodaření aplikovat až 6 kg mědi na hektar ročně (např. ve formě hydroxidu měďnatého). V případě *P. infestans* je ošetření porostu fungicidními přípravky na bázi mědi často nejdůležitějším prvkem ochrany. Rozhodující je správné načasování a frekvence postřiků, jakož i zvolený způsob aplikace. Nejeftektivnější je speciální aplikace měďnatých kontaktních fungicidů postřikem rovnoměrně na stonek a obě (tedy i spodní) strany listů. Při využití této techniky dochází k lepšímu (téměř 100%) pokrytí listů, čímž se významně snižuje rozvoj plísně (o 23-77 %) (Williams et al. 2015). Finckh et al. (2006) dodávají, že aplikací měďnatých fungicidů proti *P. infestans* došlo až k 25% zvýšení výnosu.

K ochraně lze využít i biopesticidy. Vhodný je např. biologický fungicidní přípravek Serenade, jehož účinnou látkou jsou metabolity produkované bakterií *Bacillus subtilis* (Ehrenberg, 1835) Cohn, 1872. Serenade se osvědčil zejména při preventivní aplikaci (Williams et al. 2015).

I přes zdokonalující se ochranu, preventivní postupy, použití odolných kultivarů a vysoké dávky povolených fungicidů, ale *P. infestans* stále způsobuje významné ztráty a v úhrnu všech škodlivých činitelů je u brambor pořád nejdůležitější (Ritter et al. 2021).

3.3.2.2 Fómová hniloba bramboru (*Phoma foveata*)

Fómová hniloba brambor je způsobena houbou (*Phoma foveata* Foister) z čeledi Leptosphaeriaceae, jež vyvolává suchou hnilobu hlíz bramboru. Místem původu této choroby jsou pravděpodobně jihoamerické Andy, odkud se rozšířila do celého světa. Fómová hniloba se vyskytuje převážně v Evropě, ale významně škodí také v severní Africe, na Novém Zélandu a v Austrálii. Hlavním hostitelem fómové hniloby je brambor, ale byla nalezena i na jiných rostlinných druzích (White et al. 2000).

V půdě přežívá houba pouze krátkodobě, při dodržení správného osevního postupu tudíž nebezpečí přenosu nehrozí. *P. foveata* se tak šíří pouze napadenou a kontaminovanou sadbou. Choroba se objevuje zejména při chladném a vlhkém počasí v závěru vegetace. Houba napadá nejprve stonky, na jejichž bázích se tvoří nekrotické skvrny s pyknidami, které se dostávají do půdy a za nízkých teplot mechanickým poškozením hlízy infikují. Na skladovaných hlízách se v listopadu až prosinci objevují propadlé nekrotické skvrny, jejichž povrch může být hladký nebo zvrásněný, někdy s tmavými pyknidami na povrchu. V dužnině se pod nekrotizací tvoří dutiny s fialovým až šedým myceliem. Při zvýšené vlhkosti při skladování mohou rozklad urychlovat bakterie (mokrý hniloba hlíz bramboru) (Vokál et al. 2000).

Pro produkci brambor nemá fómová hniloba velký význam, vyskytuje se především ve studených a vlhkých letech. Rozsah napadených hlíz je dán zejména stupněm mechanického poškození hlíz, které při dodržení správných sklizňových a posklizňových postupů obecně není velké (Vokál et al. 2000).

3.3.2.3 Fusariová hniloba bramboru (*Fusarium solani* var. *coeruleum*)

Fusariovou hnilobu bramboru (*Fusarium solani* var. *coeruleum* Sacc. 1881) způsobuje celá řada druhů hub rodu *Fusarium* spp. z čeledi Nectriaceae (Tong et al. 2021).

Po 3-4 týdnech po sklizni se na hlízách v místech poranění objevují mělké do hněda zbarvené nekrotické skvrny (Wang et al. 2017), později pokryté myceliem žluté, bílé nebo růžové barvy (Vokál et al. 2000). Následně dochází k rozkladu dužniny hlíz suchou hnilobou (Wang et al. 2017). Při vyšší vlhkosti ve skladu dochází k sekundárnímu napadení hlíz

bakteriemi a rozkladem mokrou hnilobou, při dostatečném větrání zase hlízy často mumifikují (Vokál et al. 2000).

Patogen je přenášen půdou a infikovanými hlízami (Tong et al. 2021). Spóry houby tzv. fusaria přežívají v půdě a do hlíz pronikají ranami způsobenými mechanickými poškozeními během sklizně či následné posklizňové úpravy (Wang et al. 2017). Tweddell et al. (2008) prokázali, že *F. solani* var. *coeruleum* přežije v půdě i 6 let.

Prakticky žádná odrůda brambor nedokáže odolat celému komplexu patogenů rodu *Fusarium* spp. (Tong et al. 2021). Některé z nich navíc produkují trichothecenové toxiny, které mohou kontaminovat hlízy a představují tak vážné zdravotní riziko pro následnou konzumaci či zkrmování (Wang et al. 2017). Fusariová hniloba je tak považována za nejvýznamnější posklizňovou chorobu brambor, jež ročně způsobuje ztráty ve výši 6-25 % (Tong et al. 2021), přičemž v některých případech je postiženo až 60 % hlíz (Wang et al. 2017).

Proti fusariové hnilobě lze využít preventivní ochranné metody jako střídání plodin, používání neinfikované sadby, postupy na minimalizaci poranění hlíz během sklizně a následné manipulace, optimální podmínky pro hojení ran již uskladněných brambor, avšak pro adekvátní snížení negativních dopadů sklizně jsou zapotřebí další jiné alternativní regulativní strategie (Tweddell et al. 2008). Jedním z nich je využití biopesticidů, jež obecně představují bezpečnější alternativu pro regulaci mnoha infekčních chorob (Wang et al. 2017). Cohen & Paris (2001) poukázali na preventivní opatření spočívající ve vlivu data sklizně na rozvoj fusariové hniloby (vyšší výskyt na hlízách sklizených v září než na hlízách sklizených v srpnu).

Další možností ochrany je metoda založená na principu světelné stimulace syntézy glykoalkaloidů, jež jsou ve větší koncentraci jedovaté. Zároveň se glykoalkaloidy vyznačují i významnými toxickými účinky pro široké spektrum houbových patogenů. Jelikož sadbové hlízy nejsou určeny pro konzumaci lidmi nebo zkrmování zvířaty, mohou tak obsahovat větší množství alkaloidů, které zvýší odolnost skladovaných hlíz vůči invazi patogenních hub a šíření fusariové hniloby brambor. Poněvadž je obsah glykoalkaloidů stimulován světlem a není tedy založen geneticky, nově vyrostlé hlízy v dalším roce již obsahují koncentrace glykoalkaloidů v rozmezí povoleném pro lidskou spotřebu (Percivala et al. 1998).

3.3.2.4 Vločkovitost hlíz bramboru (*Rhizoctonia solani*)

Vločkovitost hlíz bramboru je běžná choroba brambor vyskytující se po celém světě. Chorobu způsobuje polyfágní patogenní houba kořenomorka bramborová (*Rhizoctonia solani* Kühn, 1858) z čeledi Ceratobasidiaceae napadající kulturní i plané rostliny. Vločkovitost hlíz bramboru je závažným onemocněním, jež často způsobuje významné hospodářské ztráty (Tsror 2010).

Choroba je přenášena kontaminovanými hlízami a v půdě přežívá na infikovaných hlízách či rostlinných zbytcích v podobě mycelia či sklerocií (Tsror 2010).

Symptomy onemocnění se projevují nejprve na začátku vegetace na podzemních a nadzemních částech stonků. Na špičkách výhonků se tvoří nekrotické skvrny, které mohou bránit nebo zpomalovat vzcházení a způsobit nerovnoměrné porosty s mnoha oslabenými rostlinami. Hnědé, suché a obvykle vpadlé léze se mohou kromě stonků také vyvinout na stolonech a kořenech. Časté je zakrňení rostlin. Na listech je patrná chloróza. Na bázi stonku těsně nad půdou se může vytvořit povrchový bílo-šedý myceliový povlak. Později ve vegetačním období dochází k napadení hlíz s charakteristickou tvorbou černých různě velkých sklerocií na jejich povrchu. Při těžkých infekcích jsou hlízy nevyrovnané, deformované, popraskané, někdy i s dutinkami v dužnině (Tsror 2010).

Vločkovitost způsobuje snížení výnosu až o 30 %. Ne vždy ale dochází ke kvantitativním ztrátám: tvorba sklerocií přenášených hlízami snižuje zejména kvalitu hlíz, což způsobuje vývoj malformovaných hlíz (Tsror 2010).

Z hlediska ochrany je důležité využití neinfikované certifikované sadby bez sklerocií a odstup mezi pěstováním brambor nejméně tři roky. Výskyt choroby je také ovlivněn předplodinou – snížení výskytu při pěstování řepky, ječmene, kukuřice, naopak větší v případech luštěnin či cukrové řepy. Důležité je i načasování sklizně a ničení natě – při delším intervalu mezi zničením natě a sklizní se zároveň zvyšuje výskyt napadených hlíz. Po zničení natě dochází k úniku těkavých látek z hlíz a rozkládajících se kořenů a stolonů brambor, což se projeví ve vyšší tvorbě sklerocia. Důležitá je tak včasná sklizeň. K redukci rizika vločkovitosti lze dále využít postupy, které upřednostňují rychlé vzcházení (mělká výsadba), dále vyhýbání se výsadbě do studených, vlhkých, těžkých či špatně odvodněných půd. Rozvoji choroby dále svědčí vysoký obsah dusíku a fosforu v půdě, zatímco nízké hladiny draslíku, sodíku a vápníku zase symptomy onemocnění zvyšují. V oblastech, kde se zavlažují brambory, je doporučováno suché půdy před výsadbou dostatečně zavlažit. Další možností je využití rezistentních odrůd, žádné dostatečně odolné kultivary však neexistují (Tsror 2010).

Specifickým ochranným opatřením proti rozvoji vločkovitosti je využití živých organismů, jako jsou houby, bakterie či hlístice. Z hub má příznivý vliv na potlačování vločkovitosti např. *Verticillium biguttatum* Gams, 1982, jež působí jako biotrofní mykoparazit, který proniká do hyf *R. solani* a narušuje produkci sklerocií. Na snížení vločkovitosti se úspěšně projevila i společná aplikace houby *Trichoderma harzianum* Rifai, 1969 s kompostem z dobytčího hnoje. Z bakterií lze využít např. *Bacillus* spp., fluorescenční *Pseudomonas* spp. nebo některé druhy aktinomycet (Tsror 2010). Jako vhodné se osvědčily i extrakty z kůry a listů stromu *Toona ciliata* M. Roem, jež snížily napadení vločkovitostí až o 83 % (Bokhari et al. 2015).

Živé organismy lze úspěšně využít i v kombinaci s dalšími organismy či fungicidními látkami. Současné použití *Bacillus subtilis*, *Rhizoctonia zeae* Warcup & Talbot, 1962, *Stilbella aciculosa* (Ellis. & Everh.) Seifert, 1985 a aplikace fungicidů (azoxystrobin) snížily vločkovitost hlíz až o 40-49 %. Společné využití *B. subtilis* a *Trichoderma virens* Mill., Giddens & Foster, 1957 zredukovalo vločkovitost lépe než každý organismus samostatně. Vhodná je i aplikace vyzrálého kompostu, jež zvyšuje populační hustotu celulólytických a oligotrofních

aktinomycet, což se projeví na podpoření supresivity půd. Na rozvoj mykofágní půdní mezofauny má vliv i zelené hnojení (hořčice bílá, řepka a oves) a aplikace kvalitních statkových hnojiv (Tsrör 2010).

3.3.3 Bakteriální choroby

3.3.3.1 Aktinobakteriální obecná strupovitost bramboru (*Streptomyces scabies*)

Jedním z hlavních původců aktinobakteriální obecné strupovitosti bramboru je bakterie *Streptomyces scabies* (Thaxter, 1891), jež náleží do čeledi Streptomycetaceae (Bignell et al. 2001), rodu *Streptomyces*, což jsou půdní bakterie se saprofytickým životním cyklem (Lauzier et al. 2012).

S. scabies není hostitelsky specifická; kromě brambor tedy může způsobit strupovitost na dalších kořenových plodinách, jako je mrkev, ředkvička, řepa, tuřín atd. Strupovitost je globálně rozšířená choroba, která způsobuje významné ekonomické ztráty (Bignell et al. 2001).

Aktinobakteriální strupovitost se projevuje tvorbou povrchových, vyvýšených nebo mělkých strupovitých lézí na povrchu hlíz (Bignell et al. 2001). Skvrny jsou navrchu hnědé, rozpraskané, zkorovatělé (Hradil 2007).

S. scabies se běžně vyskytuje v půdě a do hlíz proniká lenticelami nebo mechanickými poraněními (Vokál et al. 2000). Bakterie produkuje několik fyto toxinů, které přispívají k rozvoji onemocnění (Bignell et al. 2001), jako jsou např. thaxtominy, jež způsobují hypertrofii a buněčnou smrt v tkáních hostitelské rostliny. Rozvoji strupovitosti brání v bramborové slupce obsažený polymer suberin (Lerat et al. 2014), jež působí jako fyzická bariéra proti průniku většiny patogenních mikroorganismů. *S. scabies* však může překonat tento obranný mechanismus produkcí tepelně stabilních esteráz, které suberin rozkládají (Poirier et al. 2008).

Napadení hlíz strupovitostí většinou nesnižuje výnos, ale negativně ovlivňuje kvalitu a ceny konzumních i sadbových brambor (Bignell et al. 2001).

Mezi postupy, které strupovitost alespoň částečně snižují, patří výsadba odolných odrůd, dostatečné zavlažování v době nasazování hlíz, vhodné hnojení (zelené hnojení), vyrovnaná výživa a udržování pH v rozmezí 6-6,5 (Vokál et al. 2000).

3.3.3.2 Bakteriální hnědá hniloba bramboru (*Ralstonia solanacearum*)

Původcem bakteriální hnědé hniloby bramboru je gramnegativní bakterie *Ralstonia solanacearum* (Smith, 1896) z čeledi Burkholderiaceae, jež je považována za jeden z nejničivějších bakteriálních patogenů brambor (Castillo & Greenberg 2007). Různorodé kmeny *R. solanacearum* napadají více než 450 rostlinných druhů po celém světě, mezi něž se řadí kulturní, zejména lilkovité plodiny, ale i okrasné rostliny, plevele, stromy a keře.

Rozmanitost *R. solanacearum* odráží značnou variabilitu bakterie dle hostitelské rostliny, použité odrůdy, klimatických podmínek, typu půd a způsobu pěstování (Nofel et al. 2021). Z hospodářsky významných plodin ohrožuje zejména brambory, ale i rajčata, banány, lilek a další (Castillo & Greenberg 2007).

R. solanacearum je patogenem zejména subtropických a tropických oblastí, ale významné škody je schopna činit i v mírných klimatických oblastech střední Evropy a Severní Ameriky (Castillo & Greenberg 2007). Obecně je *R. solanacearum* půdní bakterie (Huet 2014) šířící se zejména (latentně) infikovanou sadbou (Vokál et al. 2000). Ranami nebo přirozenými otvory (lenticely) proniká do kořenů rostlin a množí se ve vaskulárních tkáních (Zhao et al. 2019). Následně napadá xylémové cévy a cévním systémem se rychle šíří do nadzemních částí rostliny, kde po výrazném namnožení způsobuje vadnutí pletiv (Huet 2014). Ve stoncích se navíc vytváří bělavý bakteriální exudát. Cévní svazky v hlízách hnědnou a rovněž dochází k produkci krémového bakteriálního slizu (Vokál et al. 2000).

Bakterie je schopna přežívat po mnoho let v půdě a vytvářet latentní infekce v porostech plevelů, což přispívá k její obtížné eradikaci. Výskyt bakteriální hnědé hniloby brambor je výraznou hrozbou pro zemědělskou produkci, tudíž je *R. solanacearum* považována za karanténní škodlivý organismus (Huet 2014). Napadnutí porostu brambor *R. solanacearum* snižuje výnos o 33-90 % (Panferov et al. 2016).

Z metod ochrany proti hnědé hnilobě brambor se využívalo především šlechtění rezistentních odrůd. To se však ukázalo jako neúčinné, neboť rezistence konkrétních hostitelských rostlin se může lišit v závislosti na nadmořské výšce a teplotě prostředí. Rovněž byly aplikovány přípravky obsahující různé skupiny antibiotik (streptomycin, ampicilin, tetracyklin, penicilin atd.), i ty však v polních podmínkách vykazovaly malou účinnost a jejich použití bylo drahé. V poslední době se čím dál více rozmáhá postup založený na indukované systémové rezistenci rostliny pomocí biotických elicitorů, tedy látek, jež v rostlinách podněcují tvorbu jiných příznivých sloučenin. Jako biotické elicitory se využívají nepatogenní nekrotizující bakterie rodu *Rhizobacteria* spp., či některé druhy rodu *Streptomyces* spp. (Nofel et al. 2021). Hlavním ochranným opatřením tak zůstává důsledná kontrola a testování sadby na přítomnost patogenu (Vokál et al. 2000).

3.3.3.3 Bakteriální černání stonku a měkká hniloba hlíz bramboru (*Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*)

Bakteriální černání stonku a měkká hniloba hlíz bramboru nebo také mokrá či měkká hniloba je významnou chorobou brambor, jejímž původcem je zejména bakterie *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* van Hall, 1902 z čeledi Enterobacteriaceae. V případě měkké hniloby hlíz jsou primárními původci patogenity mnohočetné bakterie vylučované enzymy, které degradují stěnu rostlinných buněk (Evans et al. 2010).

E. carotovora subsp. *atroseptica* proniká do hostitelské rostliny ranami nebo přirozenými otvory a následně skrytě kolonizuje rostlinná pletiva, dokud nenastanou vhodné podmínky pro rozvoj choroby (Torres et al. 2021). Následně *E. carotovora* subsp. *atroseptica* degraduje rostlinné tkáně masivní produkcí extracelulárních lytických enzymů (Barbey et al. 2012). Při měkké hnilobě tak dochází u postižených rostlin k destrukci vnějších parenchymatických pletiv a napadení xylémových cév. Příznaky se projevují černáním stonků zejména u povrchu půdy a následným vadnutím a odumíráním rostlin. Hlízy se rozkládají mokrou hnilobou a značně zapáchají. Za optimálních podmínek (vyšší vlhkost) *E. carotovora* subsp. *atroseptica* způsobuje sekundární infekci hlíz původně napadených jiným patogenem; často plísní bramborovou, fusariovou a fómovou hnilobou hlíz bramboru (Gorshkov et al. 2021).

Patogen se šíří zejména kontaminovanými hlízami, mezi rostlinami pak hmyzem, vodním aerosolem a mechanizačními prostředky (Vokál et al. 2000). Rozvoj onemocnění závisí zejména na vhodných podmínkách prostředí (Evans et al. 2010). *E. carotovora* subsp. *atroseptica* nejvíce vyhovují nižší teploty, vyšší vlhkost a anaerobní podmínky prostředí (Barbey et al. 2012). Za anaerobních podmínek dochází k inhibici mechanismů rezistence hostitele závislých na kyslíku, jako je produkce fytoalexinu, volných radikálů či lignifikace buněčné stěny (Evans et al. 2010). Na schopnost *E. carotovora* subsp. *atroseptica* infikovat brambory má však největší vliv teplota. Bakterie vyžaduje relativně nízké teploty – optimální teplota půdy pro rozvoj choroby je 15-20 °C. U hnijících hlíz, tedy hlavních přenašečů choroby, převládá při teplotách <22 °C (Barbey et al. 2012).

E. carotovora subsp. *atroseptica* napadá brambory při růstu na poli, během přepravy, posklizňových úprav a skladování. Dokáže způsobit až 60 % ztrát výnosu brambor (Torres et al. 2021).

Ochrana spočívá v odstraňování napadených rostlin, využívání neinfikované certifikované sadby, naklíčení či narašení hlíz a sázení do sušších půd (Vokál et al. 2000).

3.3.4 Škůdci

3.3.4.1 Mandelinka bramborová (*Leptinotarsa decemlineata*)

Mandelinka bramborová (*Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824) je brouk z čeledi mandelinkovití (Chrysomelidae), jež společně s plísní bramborovou představuje nejzávažnější hrozbu pro pěstování brambor a zároveň je považována za nejdůležitějšího hmyzího škůdce brambor (Balasko et al. 2020). Kromě brambor je mandelinka schopna s úspěchem škodit až na dvanácti dalších rostlinách z čeledi lilkovitých, mezi nimiž jsou zastoupeny i další zemědělsky významné plodiny jako rajče, lilek, pepř či tabák (Cohen et al. 2020). Odhaduje se, že její populace v současnosti pokrývají v Severní Americe, Evropě a Asii plochu o rozloze přibližně 16 milionů km² (Balasko et al. 2020).

Mandelinka bramborová původně pochází z Mexika a jihozápadu USA (Alyokhin et al. 2008). První vážné poškození brambor, které způsobila, bylo pozorováno v roce 1874 v Coloradu. Již v prvních letech po svém prvním výskytu se projevila jako velmi ničivý škůdce, jenž významně redukoval úrodu pěstovaných brambor. V Evropě se první populace mandelinky objevila v roce 1877 v Německu a do konce 20. století se rozšířila takřka po celé Evropě, Asii a západní Číně (Balasko et al. 2020). Kromě toho se mandelinka dokázala etablovat i v náročných podmínkách, které se mnohdy velmi liší od podmínek prostředí jejího původního výskytu a rozšíření. Příkladem je její expanze do zemí severní Evropy, vyznačujících se chladnějším a humidnějším klimatem, ve kterém jedinci přizpůsobují svůj vývoj tak, aby dokázali přežít a snést chladné zimy a krátké fotoperiody slunečního záření (Cohen et al. 2020).

Od chvíle, kdy v 19. století mandelinka začala poprvé ve velké míře škodit, se jí dostalo enormní pozornosti vědecké komunity. Navzdory tomu dosud zůstává významnou hrozbou pro celý bramborový průmysl. Rozmanitá a velmi flexibilní životní historie z ní v kombinaci s výrazně vyvinutou schopností adaptability na rozsáhlou škálu stresorů činí velmi odolného škůdce (Alyokhin et al. 2013).

Životní cyklus mandelinky bramborové začíná u dospělého brouka po fázi přezimování. Dospělci se na podzim zahrabávají do půdy do hloubky od 10 až do 35 cm, kde ve fázi diapauzy přečkávají nepříznivé zimní období (Jacques Jr & Fasulo 2020). Počátek diapauzy je pak indukován fotoperiodou krátkého dne. Brouci se zavrtávají do půdy přímo na poli, častěji však k přezimování vyhledávají okraje polí a místa porostlá vyšší vegetací. Ve fázi diapauzy, během které jejich letové svaly procházejí významnou degenerací, zůstávají několik měsíců. Na jaře brouci reagují na zvýšení teplot, jež se dlouhodobě pohybují nad 10 °C. Obvykle v polovině května pak brouci vylézají z půdy a vyhledávají potravu (Alyokhin et al. 2008). Nejprve se 5-10 dní živí naklíčenými brambory a posléze se začínají pářit (Jacques Jr & Fasulo 2020). Samice přitom mohou být oplodněny již z podzimního období předchozího roku. V takovém případě ale mají méně potomků, než kdyby byly oplodněny až na jaře po přezimování (Alyokhin et al. 2008). Samice mandelinky následně po dobu 4-5 týdnů kladou vejce v seskupení po 5-100, nejčastěji však po 20-60 vejcích. Shluky vajec pak většinou ukládají na spodní stranu listu hostitelské rostliny tak, aby byla chráněná před přímým slunečním svitem. Vejce mandelinky jsou jasně oranžová, přibližně 1 mm dlouhá a 0,8 mm široká. Celková plodnost samice se může pohybovat v rozmezí 200–500 vajec, může to však být i více. Z vajec se za 4-10 dní v závislosti na okolní teplotě a vlhkosti líhnou larvy. Larvy prochází čtyřmi vývojovými stupni, tzv. instary, během nichž se intenzivně živí na listech brambor a způsobují tak velké škody. Larvy jsou načervenalé barvy, po stranách obvykle mají dvě řady černých skvrn. V posledním instaru svého vývoje dosahují délky okolo 13 mm. Celkový larvální vývoj trvá okolo 21 dní. Následně se již vyvinuté larvy zavrtávají do půdy do hloubky 2–5 cm a asi po dvou dnech se zakuklí. Kukly jsou oválné a oranžové barvy. Průměrná doba jejich vývoje se pohybuje okolo 5-10 dní (Jacques Jr & Fasulo 2020). Poté z půdy vylézají již dospělí brouci, kteří potřebují dalších 5-10 dní na dokončení vývoje letových svalů (Alyokhin et al. 2008). Dospělí zcela vyvinutí brouci dosahují délky okolo 8-12 mm a jsou zbarveni do žlutavě oranžových odstínů s 10 černými pruhy na krovkách. Při pohledu shora jsou brouci robustní a oválného tvaru. Na hlavě mají trojúhelníkovou černou skvrnu a na hrudi nepravidelné tmavé znaky. Stejně jako larvy se živí

na listech brambor nebo na exponovaných hlízách (Jacques Jr & Fasulo 2020). V závislosti na teplotě trvá vývoj od vejce po dospělého jedince až 56 dní. Nejrychlejší vývoj nastává v teplotním rozmezí 25-32 °C, přičemž se liší mezi populacemi z různých zeměpisných oblastí. Mandelinka v závislosti na zeměpisné šířce může dosahovat jednu až tři překrývající se generace ročně. Většina dospělých brouků umírá během druhého roku života. Určitý podíl brouků z minulého roku (až 25 % přezimované populace) ale může vstoupit i do druhé diapauzy, avšak úhyny při druhém přezimování a následná jarní úmrtnost je u těchto jedinců velmi vysoká (Alyokhin et al. 2008).

Larvy i dospělci mandelinky tedy škodí jako významní defoliátoři, jež poškozují listy rostlin, v nichž po napadení vyžírají otvory různých velikostí, které se obvykle nejprve objevují kolem okrajů listů. Listové čepele jsou postupně zcela zkonsumovány a zůstává po nich jen žilnatina a řapík. Jeden jedinec dokáže během svého larválního stádia zkonsumovat až 40 cm² listů (Balasko et al. 2020). Dospělci poté mohou zkonsumovat dalších 10 cm² listové plochy (Alyokhin et al. 2008). Ve chvíli, kdy je rostlina zcela defoliována, se dospělí jedinci živí stonky i hlízami na povrchu půdy. Způsobená defoliace může rostlinu bramboru zcela zničit a významně snížit produkci hlíz (Balasko et al. 2020).

Kromě značných škod způsobovaných žírem na bramborech a dalších zemědělských plodinách mandelinka prokázala mimořádnou schopnost rychle vyvinout odolnost vůči různým chemickým přípravkům. Mandelinka se tak řadí mezi neadaptivnější hmyzí škůdce, u nichž se rychle vyvíjí rezistence i na další nově vytvářené insekticidy (Cohen et al. 2020).

Vysoká predispozice mandelinky k rozvoji výrazné odolnosti vůči negativním vlivům je způsobena celou řadou faktorů. Jedním z nich může být společná evoluce brouka a hostitelských rostlin. Listy rostlin čeledi *Solanaceae* obsahují vysoké koncentrace glykoalkaloidů (Alyokhin et al. 2008), což jsou sekundární metabolity, jež se kromě antimikrobiálních vyznačují i insekticidními vlastnostmi. Míra odolnosti brambor, jakožto hostitelských rostlin, proti mandelince závisí nejen na celkovém množství glykoalkaloidů naakumulovaných v listech, ale i na produkci specifických glykoalkaloidů. Např. běžné glykoalkaloidy jako α -chaconin a α -solanin jsou přítomny v listech většinou v nedostatečném množství, aby dokázaly inhibovat škůdce způsobujícího žír (Douches et al. 2020). Vzhledem ke schopnosti mandelinky přizpůsobit se konzumaci běžných toxických glykoalkaloidů tudíž mohlo dojít k rozvoji její fyziologické schopnosti detoxikovat nebo tolerovat nejen glykoalkaloidy, ale i ostatní pro ni nepříznivé látky (insekticidy) (Alyokhin et al. 2008).

Dalším faktorem majícím vliv na vysokou míru odolnosti mandelinky je její vysoká plodnost. Ta zvyšuje pravděpodobnost náhodných mutací, které se mnohdy projeví právě ve zvýšené míře rezistence proti škodlivým vlivům u nositelů těchto mutací. Samotní brouci mají také omezený rozsah možných hostitelských rostlin, a larvy i dospělci se proto mnohdy živí stejnými rostlinami. Tím dochází k redukci velikosti stanoviště a možného útočiště, ve kterém nemohou brouci senzibilních genotypů uniknout expozici přípravků na ochranu rostlin a jsou tak účinně selektovány (Alyokhin et al. 2008).

Z hlediska regulace mandelinky bramborové na pozemku je důležitá především prevence. Vhodné jsou odolnější odrůdy, předkličování sadby, neumisťování brambor na pozemcích vedle sebe (Dostálek et al. 2000) a dodržování vzdálenosti minimálně 500 m od plochy brambor z předešlého roku (Hradil 2007). Nejdůležitější z preventivních metod je ale správné střídání plodin spočívající v dodržení nejméně čtyřletého odstupu v pěstování brambor na pozemku (Diviš & Zlatohlávková 2007). Osevní postup byl pro boj proti mandelince poprvé doporučen již v roce 1872. Od té doby se tato metoda ukázala jako účinný a velmi jednoduchý způsob prevence výskytu brouků na pozemku. Bylo zjištěno, že na poli, na kterém byl aplikován doporučený bohatý a vyvážený osevní postup, dosahovala maximální hustota vajíček brouků 5-10 % hodnoty pole, na němž nedocházelo k rotaci pěstovaných plodin. Mezi pozemky, na nichž je správný osevní postup dodržován a na kterých se souběžně pěstují brambory, však musí být zachována dostatečná vzdálenost, neboť vzhledem k vysoké pohybové mobilitě mandelinky může dojít k výraznému napadení pěstovaných brambor i při respektování správné rotace plodin (Alyokhin et al. 2008).

Mezi další metody regulace mandelinky patří vhodně zvolená doba výsadby (časná výsadba), používání pastí, mulče, mechanické ničení larev, vajíček a zimních stanovišť (Alyokhin et al. 2008), využívání speciálních sběracích zařízení a na malých plochách ruční sběr brouků a larev (Hradil 2007). Přirozeně se vyskytující nepřátelé mandelinky (ptactvo, ploštice, střevlíci, sluněčka, škvoři) (Dostálek et al. 2000) mohou mít na její populaci také negativní dopad, avšak kvůli vysoké plodnosti brouků obvykle nemohou snížit jejich počty pod ekonomicky škodlivou úroveň (Alyokhin et al. 2008).

Jako další možný nástroj v boji proti škodlivým vlivům mandelinky byly testovány i vyšlechtěné odolné odrůdy geneticky modifikovaných brambor, jež byly pro mandelinku toxické, avšak od jejich pěstování bylo opuštěno v reakci na obavy spotřebitelů ohledně rizik GMO plodin (Alyokhin et al. 2008).

Nejen kvůli zvyšující se rezistenci mandelinky proti insekticidům, ale i kvůli rostoucím obavám o lidské zdraví a ochranu životního prostředí se proti mandelince ve stále větší míře využívají bioinsekticidy (především mikroorganismy), které jedince mandelinky mnohdy velmi účinně hubí (Roger et al. 2020).

Jako velmi efektivní se jeví např. bakterie *Bacillus thuringiensis* produkující spóry, které obsahují toxiny, jež se vyznačují účinnými insekticidními účinky a zároveň jsou bezpečné pro životní prostředí (Roger et al. 2020). Kmeny *B. thuringiensis* se aplikují ve formě postřiku na listy brambor, na nichž poté vytváří parasporální krystalický protein Cry3Aa, toxin, který mandelinku (larvální stádia) dokáže účinně eliminovat (Balasko et al. 2020). Samotná účinnost toxinů velmi závisí na faktorech vnějšího prostředí, což ovlivňuje obranyschopnost jedince. Bylo zjištěno, že imunitní reakce brouků se může významně lišit v závislosti na množství toxinů, ale také na potravě jedince a jeho střevní mikroflóře. Efektivita aplikace *B. thuringiensis* tedy závisí na molekulárních faktorech, jako je např. citlivost cílové populace mandelinky, či výživa brouka, která je důležitá pro přizpůsobení střevního mikrobiomu k negativním látkám (Roger et al. 2020).

Výhodou bioinsekticidů využívajících *B. thuringiensis* je, že obecně nejsou škodlivé pro člověka, divokou zvěř nebo půdě prospěšné organismy. Právě selektivita na cílové organismy a ojedinělý způsob působení činí z *B. thuringiensis* důležitou alternativu ke konvenčním chemickým insekticidům používaných v mnoha programech integrované ochrany rostlin. Postřík obsahující *B. thuringiensis* ale rostlinám poskytuje ochranu jen v omezené míře, neboť toxiny produkované *B. thuringiensis* jsou značně fotocitlivé a ve srovnání s většinou chemických insekticidů při expozici slunečnímu záření velmi rychle degradují (Balasko et al. 2020).

Jako další možný organismus využívaný coby účinný bioinsekticid lze jmenovat houbu *Beauveria bassiana* (Balsamo.-Criv.) Vuillemin, 1912, jež parazituje na různých druzích členovců, tedy i na mandelince bramborové. Houba produkuje spóry, které při styku s hostitelským organismem proniknou do jeho těla, kde rostou a do několika dní jej usmrtí. Schopnost jejího působení a míra účinnosti proti mandelince bramborové byly zkoumány při souběžném použití bioinsekticidu využívajícího již zmíněnou bakterii *B. thuringiensis* a přípravku obsahující právě houbu *Beauveria bassiana*. *B. thuringiensis* ve formě tekutého postříku a *B. bassiana* ve formě smáčitelného prášku byly aplikovány proti larválním stádiím mandelinky na pozemcích osázených bramborami i proti larvám druhého instaru na bramborech pěstovaných ve sklenících v prostředí nízké relativní vlhkosti a vyšších teplot. Každý patogen byl v obou případech aplikován samostatně i v kombinaci s druhým patogenem. V řízených podmínkách skleníkových testů bylo zjištěno, že za teplých a suchých podmínek dosahovala *B. bassiana* malé aktivity v porovnání s vysokou mírou aktivity u *B. thuringiensis*. Naopak v případě chladných a relativně vlhčích podmínek na polních pozemcích byla pozorována vyšší míra aktivity u *B. bassiana* oproti malé aktivitě *B. thuringiensis*. Observace tedy odhalila konstantní úroveň synergismu obou patogenů, jejichž vývoj se dle proměnlivých podmínek prostředí nepřímo úměrně měnil a při souběžné aplikaci obou organismů tak bylo ve výsledku dosaženo větší míry regulace mandelinky bramborové (úmrtnost vyšší než 20 % než původní předpoklad). Z toho lze seznat, že oba patogeny jsou za protichůdných podmínek nejvirulentnější. *B. bassiana* jako většina entomopatogenních hub dosahuje nejvyšší účinnosti v podmínkách nižších teplot a vysoké vlhkosti a *B. thuringiensis* je nejvíce virulentní za vyšších teplot a menší míry vlhkosti. Nízká aktivita jednoho patogenu je tak vyvážena vysokou aktivitou druhého, přičemž výsledkem je konzistentní úroveň doplňkového působení obou organismů jako důsledek vzájemné interakce. Zatímco rychle působící *B. thuringiensis* chrání rostliny brambor před přímou defoliací, pomalu působící *B. bassiana* naproti tomu snižuje schopnost přežití mandelinky do dospělého stádia (Ramos & Wraight 2017).

Konkrétní mechanismy působící na míru součinnosti obou patogenů nejsou známe, pravděpodobně se však jedná o soubor účinků na fyziologii hostitelského organismu. Bakteriální toxinóza způsobená *B. thuringiensis* přerušuje krmění larev mandelinky, což vede k jejímu zpomalenému vývoji. Tím se jedinci po delší časové období vystavují expozici plísňové infekce *B. bassiana* a stresu vyvolaného hladověním, čímž dojde ke zhoršení imunitní schopnosti larev bránit se negativním vlivům. Je ale třeba zdůraznit, že zjištěné úrovně synergismu obou patogenů, ačkoliv jsou konzistentní, nejsou příliš vysoké a dosud dosahují pouze nízké úrovně (Ramos & Wraight 2017).

Vysoká míra odolnosti mandelinky bramborové proti škodlivým vlivům dosud zůstává velkým problémem a výzvou pro vytvoření nových účinných přípravků či metod pro hubení škůdců. Je tedy nezbytné vyvinout značné úsilí k vytvoření dalších metod a technik k jejímu účelnému potlačení, aby byla i do budoucna zajištěna dostatečná a udržitelná produkce brambor (Alyokhin et al. 2008).

3.3.4.2 Osenice polní (*Agrotis segetum*)

Osenice se řadí do řádu motýli (Lepidoptera) čeledi můrovití (Noctuidae) a jedná se o polyfágní, kosmopolitní škůdce, kteří napadají široké spektrum hospodářsky významných plodin. Významné jsou zejména osenice rodu *Agrotis*, mezi něž se řadí právě i osenice polní (*Agrotis segetum* Denis & Schiffermüller, 1775) (Vokál et al. 2000). Osenice polní kromě brambor škodí i na cukrové řepě, zelí, květáku, rajčatech, cibuli, kukuřici, obilninách, ale i na plevelných společenstvech či okrasných rostlinách (Chandel et al. 2019).

Osenice polní je šedavě zbarvený motýl s rozpětím křídel 35-45 cm. Samička klade na rostliny vajíčka, z nichž se líhnou šedozelené až žlutohnědě zbarvené housenky, jež jsou velmi žravé a často hostitelsky nevyhraněné (Vokál et al. 2000). Vyznačují se především noční aktivitou, kdy žírem poškozují nejen listy a další nadzemní orgány, ale i podzemní hlízy. Housenky přitom většinu rostlin pouze překousnou, načež rostlina odumírá. V důsledku toho mají housenky velkou schopnost způsobovat škody. Porosty brambor napadají zejména v suchých obdobích v červnu, kdy jsou pletiva rostlin dostatečně měkká. Na hlízách je poškození patrné rovněž v sušších obdobích, kdy do nich larvy vykusují různě hluboké díry a chodby. Za výrazného napadení může poškození hlíz dosáhnout až 40 % (Chandel et al. 2019).

Jako ochranu lze zmínit orbu, včasnou výsadbu, ničení plevelů (hostitelských rostlin) (Vokál et al. 2000) a také aplikaci biopesticidů, využívajících antagonistického účinku entomopatogenních bakterií, virů, hlístů a hub. Využívány jsou zejména patogenní bakterie odebrané z napadeného hmyzu, následně namnožené a použité jako bioinsekticidy (Sevim et al. 2010).

3.3.4.3 Mšice (Aphididae)

Zástupci čeledi mšicovití (Aphididae) z řádu polokřídli (Hemiptera) představují početnou skupinu hmyzu, již jsou rozšířeni po celém světě a zemědělské produkci způsobují velké škody. Přestože je známo více než 4 000 druhů, pouze asi 400 z nich je považováno za významné škůdce (Patton et al. 2021). Porosty brambor jich napadá několik desítek druhů. Mšice mohou škodit dvojnásobem. Prvním je přímé poškození sáním na spodní straně listů, což rostliny oslabuje. Při náletu velkého množství jedinců mohou významně narušit zejména produkci vitálních sadbových hlíz. Mnohem nebezpečnější než snížení výnosu je nepřímé poškození brambor spočívající v přenosu patogenních virů (Vučetić et al. 2013), neboť mšice představují více než 50 % všech známých hmyzích přenašečů rostlinných virů (Patton et al. 2021).

Více než 50 druhů mšic, jež napadají porosty brambor, jsou přenašeči velkého počtu perzistentních a neperzistentních virů. Nejvýznamnějšími z nich jsou již zmíněný Y virus bramboru a virová svinutka bramboru (Vučetić et al. 2013). Zatímco PLRV patří do skupiny perzistentních virů a může být přenášena pouze mšicemi, jejichž hostitelskou rostlinou je brambor (tedy mšicemi, které se na bramboru živí a množí), Y virus bramboru patří do skupiny neperzistentních virů. Mšice mohou Y virus bramboru nasát z napadené rostliny během několika sekund nebo minut a následně ji okamžitě přenést do jiné rostliny (Vučetić et al. 2013).

Mšice jsou velmi efektivními škůdci také částečně proto, že kromě pohlavního rozmnožování se množí i partenogenezí. Mnoho druhů mšic navíc nejsou hostitelsky vyhrazeny a mohou se tak živit různými vzájemně nepříbuznými druhy rostlin. Zástupcem těchto polyfágních druhů je např. mšice broskvoňová, jež napadá více než 40 různých taxonů rostlin včetně čeledi lilkovitých (Patton et al. 2021). Jedná se o nejběžnější druh mšic vyskytující se v porostech brambor. Ztráty (často velmi vážné) způsobuje sáním na listech a přenosem virů (Wright et al. 2016), neboť je zároveň nejúčinnějším přenašečem původců virových onemocnění (PVY a PLRV) (Vučetić et al. 2013).

Produkce zdravých sadbových hlíz je tedy podmíněna počtem druhů mšic (potenciálních přenašečů rostlinných virů), počtem jedinců jednotlivých druhů, okamžikem příletu mšic na pole a dynamikou letu jednotlivých druhů. Porosty brambor jsou nejvíce napadené zejména v červnu a červenci. Monitorování letové aktivity mšice lze provádět pomocí různých lapačů či lepových desek (Vučetić et al. 2013).

Ochrana proti mšicím je v ekologickém zemědělství velmi omezená. Aplikace biologických přípravků není v případě mšic příliš účinná a ve většině případů se tak používají jen některé vybrané mikroorganismy či extrakty z rostlin (Wright et al. 2016).

3.3.4.4 Larvy kovaříkovitých (Elateridae)

Larvy kovaříkovitých neboli drátovci jsou vývojovým stádiem brouků z čeledi kovaříkovitých (Elateridae). V případě brambor se řadí spíše mezi sporadické, avšak stále častěji se vyskytující škůdce (zejména rod *Agriotes*) (Parker 1996). Drátovci jsou škůdci mnoha zemědělských plodin, včetně brambor, cukrové řepy a obilovin. V bramborách drátovci škodí žírem na vzcházejících rostlinách, kořenech, ale i ve vyvíjejících se hlízách, v nichž vykousávají otvory a chodbičky, čímž snižují kvalitu hlíz a činí je neprodejnými (Lojewski & Wenninger 2019). Více než výnos tak snižují kvalitu hlíz (Parker 1996). Drátovci mají tendenci být na pozemku nerovnoměrně prostorově rozmístěni, což znamená, že některé části pole jsou vystaveny vyššímu tlaku škůdců než jiné (Lojewski & Wenninger 2019).

Kromě střídání plodin a kultivace půdy je základní metodou ochrany proti drátovcům aplikace přípravků na ochranu rostlin (Lojewski & Wenninger 2019). V rámci biopesticidů se využívají zejména přirození nepřátelé larev kovaříkovitých. O těchto organismech je však zatím známo jen málo. Vhodné jsou tak především entomopatogenní houby, hlístice a bakterie, ale i

některé semiochemické látky, často v kombinaci s různými živými organismy. Z přirozených nepřátel lze využít predátory drátovců jako např. dravé larvy mušek z čeledi ostrožkovití (Therevidae). Larvy mušek jsou schopny se v půdě rychle pohybovat, pomocí jedu znehybňovat kořist a hubit různé druhy drátovců. Využití ostrožkovitých k regulaci drátovců ale není v současnosti příliš rozšířeno. Kromě ostrožkovitých lze s úspěchem uplatnit i některé druhy z řádu střevlíkovitých (Carabidae). Z mikroorganismů se nejvíce využívá *B. thuringiensis*, jenž při regulaci drátovců vykazuje největší účinnost. Příhodné jsou i některé druhy hub, jež se vyznačují snadnou aplikací a povrchovým způsobem účinku. Vysokou patogenitu proti drátovcům prokázal druh *Metarhizium brunneum* Petch, 1935, z čeledi paličkovicovité (Clavicipitaceae). *M. brunneum* je houba vyskytující se v mnoha typech půd, u níž byla prokázána vysoká patogenita proti drátovcům. Byla aplikována jako biopesticid v polních podmínkách. Z čeledi paličkovicovité se rovněž osvědčila i houba *Beauveria bassiana*. Svou účinnost v hubení drátovců projevily i některé druhy háďátek, naopak feromony se pro regulaci drátovců ukázaly jako nedostačující. Aplikace účinných mikroorganismů má však mnoho omezení spojených především s množstvím antagonistických organismů, velikostí jejich perzistence a rychlostí jejich působení. Předpokládá se, že účinnost a specifická aplikace těchto organismů by do budoucna mohla zlepšit jejich společná aplikace s vhodnými semiochemickými látkami (Forgia & Verheggen 2019).

3.3.5 Plevel

3.3.5.1 Merlík bílý (*Chenopodium album*)

Merlík bílý je (*Chenopodium album* L.) je jednoletý pozdně jarní širokolistý plevel z čeledi merlíkovitých (*Chenopodiaceae* Vent.). Společně s laskavcem ohnutým (*Amaranthus retroflexus* L.) je jedním z nejběžnějších a nejproblematictějších plevelů vyskytující se v porostech brambor mírného klimatického pásu (Mathiassen et al. 2021). Merlík je středně vysoká bylina rostoucí na rumišťích, kompostech a hnojištích. Rozmnožuje se pouze generativně. Je nejrozšířenějším plevellem v půdní zásobě semen plevelů a zapleveluje zejména širokořádkové plodiny (kromě brambor např. zelenina). Velkého rozvoje dosahuje po sklizni plodin (Kohout 1997).

Merlík se vyznačuje rychlým celoročním růstem, pročež ochuzuje rostliny brambor zejména o vodu a živiny. Je tedy významným faktorem inhibice výživy brambor, čímž v konečném důsledku způsobuje snížení výnosu hlíz (Schumann et al. 2021).

Merlík bílý rovněž může sloužit i jako zdroj různých chorob, zejména Y virusu bramboru, které na něj přenáší infikované mšice. Jak již bylo řečeno, mšice kromě kulturních plodin sají i na ostatních rostlinách, tedy i plevelných společenstvech rostoucích v porostech hospodářských plodin nebo v jejich blízkosti. Merlík tak může být významným virovým inokulem, který přispívá k šíření nebezpečných patogenů na kulturní plodiny (Pelletier et al. 2012).

Metody ochrany mohou být preventivní (čistota sadby, čistota aplikovaných statkových hnojiv, údržba hnojišť, pestrý osevní postup), nejúčinnější metody jsou ale mechanické (omezeně lze využít okopávky, více pravidelné plečkování meziřádků) (Kohout 1997).

3.3.5.2 Pýr plazivý (*Elymus repens*)

Pýr plazivý je vytrvalá, mělce kořenící vzrůstná tráva z čeledi lipnicovitých (*Poaceae* Barn.), jež způsobuje značné ztráty na výnosech v porostech různých hospodářských plodin po celém světě. Pýr je silně úporný plevel, který se rozmnožuje generativně semeny, ale i vegetativně podzemními oddenky, pročež je jeho regulace velmi náročná. Kromě toho vylučuje do půdy alelopatické látky, jež jsou pro ostatní, tedy i kulturní plodiny toxické. Pýr představuje potíže zejména v bezorebných systémech a v systémech hospodaření využívajících redukované zpracování půdy (Andersson et al. 2016).

Pro regulaci pýru je jedním z nejvhodnějších opatření důsledné zpracování půdy často prováděné v podzimním období po sklizni. Jedná se o opakovaně prováděnou posklizňovou podmínku s následnou hlubokou orbou. Kromě regulace plevele správně provedené zpracování půdy snižuje riziko výskytu chorob a současně představuje i přípravu půdy pro další plodinu. Je vhodné podmínku doplnit i vláčením, při němž dojde k vytažení oddenků plevele na povrch půdy, kde zaschnou. Vlácení lze efektivně využít zejména při předset'ové přípravě brambor či po jejich sklizni. Do doby vzejití rostlin k likvidaci pýru přispívá i správně a pravidelně prováděná proorávka, po vzejití klíčících plodin pak plečkování meziřádků či nahrnutí. Další možností je podzemní oddenky rozřezat (budou vznikat slabší, méně konkurenceschopné výhonky), nebo je orbou co nehlouběji zapravit do půdy tak, aby bylo omezeno jejich vzházení. Orbu je účinnější provádět na podzim, ale lze k ní přistoupit i v jarním období. Pro efektivnější regulaci je vhodné orbu doplnit o opakované podmítání diskovým (rozřeže oddenky na části) nebo radličkovým (vytáhnutí oddenků na povrch půdy) podmítačem. V případě likvidace pýru je nutné zvolit správný termín zásahu a frekvenci těchto mechanických operací. K podmítnutí pozemku by tedy mělo dojít vždy do fáze tří až čtyř listů plevele. Rostliny pýru se totiž po sklizni vyznačují rychlým růstem, a mohou tak během krátké doby vytvořit velké množství podzemních oddenků i nadzemní biomasy (Andersson et al. 2016).

Andersson et al. (2016) dále uvádí, že rostliny pýru jsou efektivněji redukovány podmínkou provedenou ihned po sklizni než kultivací, k níž dojde až 20 dní po sklizni. Časná regulace pýru učiněná neprodleně po sklizení hlavní plodiny se prokázala jako efektivnější než pozdější několikrát opakované zpracování půdy (Andersson et al. 2016).

3.3.5.3 Laskavec ohnutý (*Amaranthus retroflexus*)

Laskavec ohnutý je jednoletý pozdně jarní plevel z čeledi laskavcovité (*Amaranthaceae* Juss.) rostoucí zejména v mírných klimatických podmínkách (Mathiassen et al. 2021). Laskavec se rozmnožuje generativním způsobem, přičemž se vyznačuje produkcí značného

množství semen, pročež je v krátké době schopen zaplevelit rozsáhlé oblasti a vytvořit značnou pokrývnost povrchu (Kohout 1997). Zapleveluje zejména širokořádkové plodiny, které ochuzuje hlavně o vodu a živiny (Mathiassen et al. 2021). Dále škodí zastiňováním porostu a ztěžováním sklizně. Podobně jako merlík bílý i laskavec škodí přenášením virových chorob. Zaplevelení laskavcem lze předcházet zejména vhodně sestaveným osevním postupem a čistou kvalitní sadbou. Podobně jako u všech plevelů v porostech brambor jej lze likvidovat vláčením a během vegetace i proorávkami a meziřádkovou kultivací (Kohout 1997).

3.3.5.4 Ježatka kuří noha (*Echinochloa crus-galli*)

Ježatka kuří noha je jednoletá, teplomilná, pozdně jarní tráva z čeledi lipnicovité. Jedná se o celosvětově rozšířený plevel, který byl intenzivně chemicky regulován již od 50. let 20. století, což vedlo k silnému selektivnímu tlaku a vzniku značně rezistentních druhů. Ježatka se vyskytuje zejména v porostech širokořádkových plodin (brambory, kukuřice, cukrová řepa, zelenina atd.), ale i rýžovišť, sadů a vinic. Rozmnožuje se pouze generativně, vytváří však značné množství odnoží. Podstatně snižuje produkci plodin, její růst je ale silně ovlivněn teplotou prostředí (jedná se o teplomilný plevel) a délkou dne (světlomilný druh) (Martinková & Honěk 2011).

Ježatka zároveň obsahuje fytochemikálie, jež inhibují růst a vývoj jiných rostlin. Kromě toho mají tyto látky antagonistický vztah i proti potenciálním škodlivým patogenům (houby, bakterie či plevele). Ježatkou produkované alelopatické látky jsou vzhledem ke svým příznivým vlastnostem (krátký poločas rozkladu, bez schopnosti akumulovat se v půdě) a chemické struktúře (molekuly bohaté na kyslík a dusík s nízkým obsahem halogenových substituentů) šetrné k životnímu prostředí, a tudíž je lze využít jako možné biopesticidy při ochraně proti škůdcům bez účinku na necílové organismy (Alvarez et al. 2021). Z mechanických zásahů se obdobně jako u ostatních plevelů ježatka reguluje vláčením, plečkováním a proorávkami. Vzhledem k mohutně rozvinutému kořenovému systému je však k těmto operacím více odolnější (Kohout 1997).

3.3.6 Abiotikózy

3.3.6.1 Fasciace

Fasciace nebo také svazčitost je poškození zejména lodyh bramboru, při které dochází ke zploštění stonků, případně k jejich vzájemnému srůstu. Fasciace může být vyvolána mnoha rozličnými faktory. Způsobují ji choroby rostlin, může být ale podnícena i geneticky. Velmi často je iniciována nesprávnou aplikací pesticidů, zbytky reziduí těchto látek z předchozích let, použitím neregistrovaných pesticidů, či záměnou konkrétních přípravků. Doprovodnými příznaky jsou v takovém případě zkadeření či svinování listů a zploštění stonku. Ochranou proti vzniku fasciace je používání zdravé sadby, pěstování odrůd odolných vůči stresu, preventivní předcházení působení dalších abiotických vlivů na porost brambor a správná aplikace schválených přípravků na ochranu rostlin (Hausvater & Doležal 2015).

3.3.6.2 Abiotické zelenání hlíz bramboru

Abiotické zelenání hlíz je hlavní abiotickou příčinou zhoršení kvality sklizených brambor. Hlízy obsahují velké množství amyloplastů, v nichž se tvoří škrobová zrna. Po vystavení světlu se amyloplasty přemění na chloroplasty obsahující fotosyntetické pigmenty chlorofyl *a* a *b* schopné fotosyntetické aktivity. V hlízách se začne hromadit chlorofyl a zezelenají, což je spojeno s akumulací glykoalkaloidů (Taylor et al. 2020), jež způsobují hořkou chuť a zápach a ve vysokých koncentracích jsou pro konzumní účely nevhodné. Chlorofyl vytvořený v hlízách na rozdíl od chlorofylu běžně obsaženého v listech jen pomalu degraduje (Wilson et al. 2018). K zezelenání hlíz může dojít na poli, ale i při skladování, přepravě a zpracování hlíz nebo v obchodech s potravinami (Navarre et al. 2015). Výskyt nazelenalých hlíz je důvodem pro snížení kvalitativní klasifikace brambor (Taylor et al. 2020).

Na zelenání má vliv zvolená odrůda, zejména barva slupky, barva dužniny a tloušťka slupky (odrůdy s červenou slupkou vykazovaly menší změnu barvy ve srovnání s odrůdami s červenohnědou a bílou slupkou). Nejčastějším důvodem zelenání je jejich nedostatečné zahrnutí půdou v hrůbkách (nebo mělká hloubka výsadby), k čemuž mohou přispět další abiotické faktory jako sucho (praskliny v půdě) či eroze. K zelenání přispívají vyšší teploty (20 °C), vyšší intenzita osvětlení během skladování, kratší doba skladování či přehnojení dusíkem. Obecně jsou k zelenání více náchylné nezralé či rané odrůdy (Wilson et al. 2018).

Naopak rychlost zelenání úspěšně snižuje nízká koncentrace O₂ (8 %) a zvýšená koncentrace CO₂ (10 %), dále také vhodné obalové materiály a povrchové rostlinné olejové či voskové nátěry. Méně účinné je šlechtění na rezistenci (Wilson et al. 2018).

Zelenání hlíz se tak předchází zejména preventivními agronomickými zásahy – vhodná hloubka výsadby, dostatečně časté proorávky k udržování hrůbků během vegetačního období, optimální zavlažování ke snížení eroze, vysychání a praskání půdy (Wilson et al. 2018).

3.3.6.3 Ostatní abiotická poškození

Přehled dalších častých abiotických poškození brambor uvádí Tabulka č. 3.

Tabulka č. 3: Další abiotická poškození bramboru

Škodlivý činitel	Původci a příčiny	Příznaky napadení	Ochrana
Abiotická svinutka bramboru	nevyhovující růstové podmínky, nadbytek nebo nedostatek vody v půdě, pedokompakce	listy se svinují kolem středové žilky, většinou ve všech listových patrech	správná příprava půdy a kultivace, optimální vláhový režim
Poškození listů bramboru sluncem	silné sluneční záření	na listech se vytváří bronzové skvrny, které později nekrotizují a listy odumírají	v polních podmínkách není ochrana možná
Růstové rozprasky hlíz bramboru	nevyrovnané vláhové a živinné poměry v půdě, mechanické poškození hlíz	rozpraskání povrchu hlíz, trhliny různých tvarů a rozměrů	dostatečná výživa a závlaha, výběr vhodných odrůd, šetrná sklizeň, přeprava a skladování
Vadnutí natě a poškození porostů suchem	dlouhodobě vysoké teploty za současného nedostatku vody	pokles turgoru v listech a stoncích	dodatečná závlaha
Abiotická dutost hlíz bramboru	nadměrně rychlý nárůst hlíz, zejména v sušších obdobích nebo po přehnojení dusíkem	na různých místech uvnitř hlíz se tvoří dutiny různého tvaru, pletiva kolem nich hnědnou	vyrovnaná výživa porostu, dostatečná závlaha
Krupobitné poškození bramboru	krupobití	mechanické poškození listů (až naprostá defoliace) a stonků	přímá ochrana polních plodin prakticky není možná
Zmrznutí hlíz bramboru	teploty pod bodem mrazu	z hlíz se po rozmrznutí uvolňuje voda, šedohnědě zbarvená dužnina	včasná sklizeň, teploty nad bodem mrazu při skladování
Abiotické šednutí dužniny bramboru	nesprávná výživa, odklíčení, mechanické poškození hlíz doprovázené nízkými teplotami, otlaky	v dužnině hlíz se tvoří šedé až černé skvrny, v pozdějším stádiu dochází k propadání a nekróze slupky	třídění a manipulace s hlízkami při teplotě nad 10 °C, vyrovnaná výživa, správné skladování, zabránění klíčení hlíz

(Zdroj: Hausvater & Doležal 2015)

3.4 Metody ochrany brambor proti škodlivým činitelům v ekologickém zemědělství

3.4.1 Preventivní a agrotechnická ochrana

V rámci ochrany porostu brambor proti škodlivým činitelům (biotickým i abiotickým) jsou důležité především preventivní zásahy, kterými se rozumí zejména osevnický postup a volba vhodné odrůdy, ale i konkrétní agrotechnické zásahy týkající se samotného pěstování brambor (např. hnojení).

Osevní postup

Z hlediska regulace chorob a škůdců není vhodné pěstovat brambory dvakrát po sobě, doporučuje se rozestup 4-5 let (Dostálek et al. 2000). V opačném případě hrozí zvýšení tlaku plísně bramborové, vločkovitosti hlíz, aktinobakteriální strupovitosti atd. a zamoření porostu háďátkem bramborovým a mandelinkou bramborovou (Šarapatka et al. 2006). Dle Williams et al. (2015) má právě v případě mandelinky bramborové střídání plodin vliv na omezený počet vajíček a larev zejména v počátečních fázích růstu brambor. Naopak Alyokhin et al. (2005) uvádějí, že postupy střídání plodin proti mandelince měly malý nebo žádný účinek. Viskelis et al. (2014) doplňují, že správně sestavený osevní postup snižuje množství plevelů v půdě.

Vhodné je pěstování brambor po krmných meziplodinách (snižuje se riziko vzniku strupovitosti), naopak zařazování po trvalých travních porostech zvyšuje populace drátovců. (Šarapatka et al. 2006). Dostálek et al. (2000) dále zmiňují vhodnost pěstování brambor tzv. ve druhé trati (po hnojené předplodině), čímž se zvýší odolnost a skladovatelnost brambor.

Odrůda

Výběr vhodné odrůdy je jednou z neúčinnějších a k životnímu prostředí nejšetrnějších metod regulace patogenních organismů. Na celém světě je registrováno více než 500 odrůd brambor odolných vůči přirozeně se vyskytujícím polním chorobám. Výběr odrůd se řídí zejména náchylností vůči houbovým chorobám. Jednotlivé odrůdy se liší habitem, rychlostí růstu, raností a různým stupněm odolnosti vůči patogenním činitelům. Vůči plevelům mají největší konkurenční schopnost odrůdy vyznačující se časným vzcházením, rychlým růstem po vzejití a schopností vytvořit hustý listový zápoj (odrůdy s vyšším vzrůstem a širšími listy). Uplatňují se zejména odrůdy se silnými hlubokými kořeny, které jim umožňují lépe si osvojovat živiny z půdy, mají dobré fyziologické vlastnosti (jako je vhodnost pro místní podmínky, odolnost vůči stresovým faktorům a dobrá skladovatelnost), vyznačují se krátkou vegetační dobou (ranější odrůdy), dochází u nich k brzkému olistění, mají vyšší a stálou odolnost vůči chorobám a dosahují vysoké kvality sklizených hlíz a většího výnosu. Zvolená odrůda má vliv i na škůdce, jako jsou drátovci (Williams et al. 2015).

Sadba

Pro výsadbu by se měla používat pouze zdravá a certifikovaná sadba. Právě kvalitní sadba, pečlivé odstraňování napadených nebo abnormálních rostlin je hlavní metodou pro regulaci virových chorob (Y virus brambor, virová svinutka bramboru atd.) (Williams et al. 2015). Z hlediska výskytu viróz je nejnebezpečnější opakované přemnožení neuznané sadby, neboť se zvyšuje riziko výskytu nemocných rostlin v porostu. S rostoucí nadmořskou výškou se však „degenerace“ sadby ve vztahu k napadení virovými chorobami zpomaluje (Šarapatka et al. 2006).

Výsadba

Důležitý je i termín a spon výsadby a zohlednění půdně-klimatických podmínek při výsadbě. Meziřádková vzdálenost 75 cm zajistí v pozdějším období dostatečně vzdušný porost, což se projeví na nižší vlhkosti listů, čímž se sníží riziko výskytu plísňe bramborové (Šarapatka et al. 2006).

Vyvážené a správné hnojení

Pro pěstování brambor se z hlediska výživy rostlin využívají zejména statková hnojiva (hnůj), zelené hnojení, dusík vázající plodiny a komposty, což příznivě působí na odolnost porostu (např. vůči *P. infestans*). V případě aplikace hnoje však nesmí docházet k přehnojení, které podporuje rozvoj *R. solani* (Finckh et al. 2006). Přímé vápnění k bramborům zase zvyšuje riziko strupovitosti brambor (Dostálek et al. 2000). Williams et al. (2015) doplňují, že v případě aplikace statkových hnojiv (hnůj) došlo ke snížení počtu jedinců mandelinky bramborové a snížení míry defoliace porostu než v případě aplikace minerálních hnojiv. Nadměrné dávky statkových hnojiv však míru škodlivosti mandelinky zase naopak zvyšovaly. Finckh et al. (2006) dodávají, že při přehnojení dochází ke zvýšení množství dusíku v půdě, což se projeví v rychlém růstu stonků, ale zároveň i ve zpoždění iniciace a zrání hlíz. Nadměrný růst nadzemních částí se projeví ve zvýšené vlhkosti listů. To následně podporuje tvorbu a klíčení spor plísňe bramborové (Finckh et al. 2006).

Využití mulče

Aplikace mulče má pozitivní vliv zejména na pokles zaplevelení pozemků. Vhodná je aplikace travního mulče, velmi účinné je i použití černé tkané mulčovací polypropylenové textilie. Možné je i uplatnění slaměného mulče, k významné redukci plevelů je však zapotřebí značné množství slámy (Williams et al. 2015). Finckh et al. (2006) uvádí, že aplikace slaměného mulče snížila napadení porostu Y virem brambor a ke konci vegetačního období snížila vyplavování dusíku.

Kromě plevelů dokáže mulč s úspěchem omezovat i vliv hmyzích škůdců, neboť vytváří vhodné prostředí pro přirozené nepřátele škodlivého hmyzu. V případě populace mandelinky bramborové tak při aplikaci mulče docházelo ke zpomalení vývoje larev, většímu úhynu larev a vajíček, nižší míře defoliace porostů a až o 35 % vyššímu výnosu hlíz (Williams et al. 2015).

Zavlažování

Časté a nadměrné zavlažování může mít negativní dopad hlavně na rozvoj houbových chorob. Naopak správně provedená optimální závlaha má pozitivní vliv na snížení míry zaplevelení pozemku (Williams et al. 2015). Rebarz et al. (2006) uvádí, že v zavlažovaných porostech došlo k redukci biomasy plevelů (převládaly zejména merlík bílý a ježatka kuří noha).

Včasná a správně provedená sklizeň

Brzká sklizeň (především u odrůd s krátkým vegetačním obdobím) inhibuje převážně výskyt a stupeň závažnosti virových a houbových chorob, ale i škůdců (např. posunutí sklizně z poloviny září na polovinu srpna snižuje ztráty způsobené drátovci) (Williams et al. 2015).

Z ostatních opatření lze využít správnou biologickou přípravu sadby (předkličování a narašování), omezeně prostorovou izolaci jednotlivých porostů, likvidaci posklizňových zbytků a optimální skladování hlíz (Williams et al. 2015).

3.4.2 Mechanická ochrana

Mechanické způsoby ochrany proti škodlivým činitelům se v ekologickém zemědělství uplatňují ve velké míře, neboť při správném načasování a provedení představují takřka adekvátní náhradu za vykonání chemických zásahů. Slouží zejména k regulaci plevelů, omezeně i plísňě bramborové a některých škůdců. Mechanické metody zahrnují tradiční, pravidelně prováděné agrotechnické operace při pěstování plodin (podmítka, orba), ale především i zásahy během vegetace (vláčení, plečkování) typické právě pro ekologický způsob hospodaření (Šarapatka et al. 2006).

Podmítka a orba

Podmítka reguluje plevele, které nebyly zničeny při sklizni předcházející plodiny. Následně prováděná orba likviduje plevelné rostliny, které po podmítce dokázaly zregenerovat, a nově vzešlé nežádoucí druhy, jež se likvidují i při jarní předseťové přípravě půdy (Šarapatka et al. 2006).

Vláčení

Pro odstraňování plevelů je důležité především správné načasování a frekvence prováděných operací (Monteiro et al. (2012). Proto se hned do 10 dní po výsadbě k hubení vzházejících plevelů využívá vláčení, přičemž celkový počet přejezdů závisí na hustotě nežádoucích rostlin (Williams et al. 2015). Vhodné jsou především síťové brány, jež se dobře přizpůsobí nerovnému povrchu půdy a hrúbky příliš nepoškozují. Možno je použít i lehké prutové brány (Dostálek et al. 2000).

Proorávka

V období 7-10 dní po vláčení se provádí proorávka naslepo, kterou se taktéž ničí plevele nebo se omezuje jejich růst. Proorávku lze při silném zaplevelení kombinovat s vláčením. Počet kultivačních zásahů se vždy liší dle míry zaplevelení pozemku a druhu půdy (na těžších půdách je obecně nutné provést zásahů více) (Dostálek et al. 2000). Šarapatka et al. (2006) dodávají, že kombinace vláčení a proorávek je v EZ velmi vhodná a obě operace lze provádět až do vzejití plodin.

Po vzejití se regulace plevelů provádí plečkováním, v menší míře i dalšími proorávkami. Obě operace je nutné realizovat za optimální vlhkosti půdy a dostatečného slunečního svitu tak, aby došlo k zaschnutí poškozených plevelů. Proorávku lze opakovat 2-4x. Poslední možností likvidace plevelů před sklizní je konečná proorávka, tedy nahrnutí (Dostálek et al. 2000).

Plečkování

Plečkování je vhodné zejména proti větším a vytrvalým plevelům. Dochází však jen k částečné regulaci plevelů (pouze v meziřadí). Dle půdních podmínek volíme plečky s pasivním (poškozují kořenový systém plevelů), nebo aktivním (silně poškozují plevele a zapravují je do půdy) pracovním ústrojím (Šarapatka et al. 2006).

Dále se omezeně k likvidaci plevelů využívá sečení, případně mulčování (Šarapatka et al. 2006). Vzácně (většinou pouze na maloparcelkových porostech) se přistupuje i k ručnímu odstraňování plevelů pletím či za pomoci náradí (okopávání) (Dostálek et al. 2000).

Odstranění natě

Na regulaci plevelů má vliv i likvidace natě prováděná před sklizní brambor. Při silném zaplevelení je nutno rozbíjení natě zopakovat, aby nově vzrostlé plevele nestěžovaly sklizeň. Nať je nutno zničit i v případě výskytu plísňe bramborové (na 5-25 % nati prokazatelný výskyt *P. infestans*). Pokud je to možné, měla by se napadená nať z pozemku odstranit, aby nebyla zdrojem infekce (Dostálek et al. 2000).

Mezi další mechanické metody lze zařadit termické zásahy prováděné proti plevelným rostlinám v období před vzejitím brambor. Jedním z nich je tzv. solarizace, kdy se pozemek pokryje speciální fólií, pod níž vlivem slunečního záření dojde k nárůstu teploty dostatečně vysoké na to, aby zničila klíčící plevele a jejich semena. Další možností jsou tzv. plamenové plečky. V obou případech se však jedná o nepříliš využívané způsoby ochrany (Williams et al. 2015).

Alyokhin (2009) zmiňuje i využití pneumatických postupů spočívajících ve využití uměle vytvořeného proudu vzduchu, jež vytlačuje jedince mandelinky bramborové z porostu brambor. Brouci a larvy jsou následně nasávány do speciálního stroje připojeného k traktoru, který je schopen z porostu odstranit až 61 % larev a dospělců. Šarapatka et al. (2006) nicméně doplňuje, že tyto metody nejsou v ekologickém zemědělství příliš rozšířené.

3.4.3 Biologická ochrana pomocí biopesticidů

Biopesticidy jsou specifickým typem pesticidů, tedy látek přírodního (rostlinného či živočišného) původu (Butu et al. 2022). Jedná se tak o přípravky vyrobené z přirozeně se vyskytujících látek (živé organismy, případně sekundární metabolity mikroorganismů), které regulují škůdce netoxickými mechanismy a způsobem šetrným k životnímu prostředí. Využití biopesticidů narůstá zejména pro jejich výhody spojené s environmentální bezpečností

(nezávadné pro necílové organismy), cílovou specifitou a účinností ve velmi malých množstvích (koncentracích). Kromě toho se biopesticidy vyznačují přirozeným rozkladem v prostředí, vhodností pro ekologické zemědělství a relativní snadností registrace (Ortiz & Sansinenea 2022).

Copping & Menn (2000) zmiňují i potenciální nevýhody biopesticidů jako omezená doba skladovatelnosti, již zmíněná vysoká specifita (rovněž považována za výhodu), omezená perzistence v prostředí (v některých případech taktéž považována za výhodu), proměnlivá efektivita v polních podmínkách, většinou pomalejší účinek a často vyšší cena v porovnání se syntetickými chemickými přípravky.

Biopesticidy lze rozdělit do tří základních skupin: biochemické, což jsou přirozeně se vyskytující látky, které regulují škůdce netoxickými mechanismy (např. hmyzí pohlavní feromony, vonné rostlinné extrakty a regulátory růstu rostlin); mikrobiální, jež jako účinnou látku obsahují určitý mikroorganismus (např. bakterie, houba, virus nebo prvok) a geneticky odvozené, v jejichž případě se jedná o pesticidní látky (zvyšující odolnost proti napadení hmyzem, houbami či viry), jež rostliny produkují z genetického materiálu, který byl do nich uměle přidán (např. vložení genu pro tvorbu insekticidních proteinů do genetického materiálu rostliny) (Prange et al. 2006). Biopesticidy tak mohou např. hubit různá vývojová stadia hmyzu, lákat je do různých pastí či zasahovat do jejich páření nebo narušovat růst plevelů na zemědělských polích (Butu et al. 2022).

Značné pozornosti a vývoje se dostává biopesticidům tzv. třetí generace, jež narušují endokrinní systém, tudíž působí jako regulátory růstu hmyzu a jsou považovány za potenciální endokrinní disruptory. Zasahují tedy do hormonálního systému hmyzích škůdců a negativně ovlivňují jejich fyziologické funkce (Gesraha et al. 2019).

Efektivnost biopesticidů do velké míry záleží na jejich vlastnostech. Obecně by měly biopesticidy vykazovat stabilitu za skladovacích podmínek, dlouhodobou životaschopnost použitých organismů, odolnost proti extrémním environmentálním faktorům a proti expozici jiných látek. Ideální biopesticidy se dále vyznačují vysokou účinností, relativně jednoduchou výrobou, kompatibilitou s jinými agronomickými látkami a dlouhou skladovatelností. Pokud není splněna jedna z těchto podmínek, biopesticid ztrácí svůj komerční potenciál (Garcia-Riaño et al. 2022).

Pro likvidaci patogenních organismů jsou využívány především bakterie a houby.

Bakterie

Nejvýznamnější bioinsekticidy jsou založené na různých poddruzích bakterie *Bacillus thuringiensis* (Copping & Menn 2000), který je díky své specifitě proti cílovým škůdcům jedním z celosvětově nejvyužívanějších biopesticidních organismů (Ortiz & Sansinenea 2022). *B. thuringiensis* je široce se vyskytující grampozitivní půdní bakterie vytvářející spóry, jež během sporulace produkuje parasporální toxiny, které se po požití hmyzu dostávají do střev,

kde způsobují rozpad výstelky středního střeva. Hmyz ustává v žíru a mladé larvy po 2-48 hod. hynou hlady. Využívají se např. druhy *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki*, *B. thuringiensis* subsp. *israelensis* a především *B. thuringiensis* subsp. *tenebrionis*, jež vykazuje dobrou účinnost proti dospělcům a larvám z řádu hmyzu (Coleoptera), zejména proti populacím mandelince bramborové (Copping & Menn 2000), které nezničila preventivní agrotechnická a mechanická opatření (Finckh et al. 2006). *B. thuringiensis* rovněž lze (společně s bakterií *Pseudomonas fluorescens* Migula, 1895) očkovat i sadbové hlízy proti bakteriální kroužkovitosti bramboru a strupovitosti hlíz (Williams et al. 2015).

Pro ekologickou produkci brambor je dále vhodný druh *Bacillus subtilis*, který obsahuje přípravek Kartofin. Kartofin je polyfunkční biofungicid Kartofin, ve formulaci suspenzního koncentrátu, jenž je primárně určen k potlačení řady plísňových a bakteriálních chorob během vegetace a skladování hlíz. Kromě vysoké účinnosti pro snižování rozvoje chorob (50-100 %, v případě houbových chorob 81,2-92,1 %) významně zvyšuje výnos brambor (ekonomická efektivita pěstování vzrostla o 18,4–22,5 %), zlepšuje fytosanitární stav agrobiocenózy ekologicky pěstovaných brambor a snižuje prevalenci a rozvoj houbových chorob na nadzemních částech rostliny a hlízách (Zaharov et al. 2021).

Dalším přípravkem proti mandelince bramborové jsou půdní produkty fermentace aktinomycet druhu *Saccharopolyspora spinosa* Mertz & Yao, 1990, tzv. spinosyny, z nichž (směs spinosynu A a spinosynu D) vzniká účinná insekticidní látka spinosad. Mechanismus účinku spinosadu souvisí s aktivací nikotinových a acetylcholinových receptorů, jejímž výsledkem je narušení nervové soustavy hmyzu, paralýza a smrt. Kromě mandelinky rychle a účinně hubí zejména fytofágní škůdce. Spinosad obsahuje mnoho komerčních přípravků např. SpinTor (Copping & Menn 2000). Jurada et al. (2021) zmiňují další účinnou bioinsekticidní látku vyrobenou ze spinosynů – spinetoram využívající se v nízkých dávkách (5 %). Bylo zjištěno, že při společné aplikaci spinosadu a spinetoram a současném snížení dávky obou přípravků o 50 % došlo k velmi vysoké účinnosti (89–99 %) obou přípravků proti mandelince bramborové (Jurada et al. 2021).

Williams et al. (2015) prokázali vysokou účinnost spinosadu proti mandelince bramborové v systémech ekologické produkce brambor. Byla zjištěna vzájemná interakce mezi teplotami a aplikačními dávkami spinosadu (při 15 °C a koncentraci 0,2 % spinosadu byla úmrtnost dospělých brouků vyšší než při jiných teplotách a koncentracích) (Williams et al. 2015).

Proti plevelům se biopesticidy ve velké míře neužívají. Zmínit lze např. bilanafos, což je sloučenina produkovaná aktinomycetami druhu *Streptomyces hygroscopicus* (Jensen 1931) Yüntsen et al. 1956 a *Streptomyces viridochromeogenes* (Krainsky, 1914; Waksman & Henrici, 1948). Bilanafos je inhibitorem glutamin syntetázy způsobující akumulaci amoniaku a zastavení fotosyntetických reakcích, čímž dochází k rychlému ukončení fotorespirace. Bilanafos (ve formě rozpustného prášku) slouží k hubení jednoletých plevelů v porostech plodin a k hubení jednoletých a vytrvalých plevelů na neobdělávaných plochách v dávkách 0,5–1,0 kg/ha (Copping & Menn 2000).

Houby

Výhodou entomopatogenních hub je jejich přirozený výskyt v přírodních podmínkách a nulové riziko pro lidské zdraví (Garcia-Riaño et al. 2022). Jedním z nejúčinnějších biofungicidů jsou houby rodu *Trichoderma* spp. Jedná se o houby nacházející se ve všech typech půd tolerujících široký rozsah teplotních podmínek. V rámci ochrany porostu mohou *Trichoderma* spp. působit několika různými způsoby: parazitace na jiných houbách (tzn. napadá jiné houby, proniká do nich a hubí je, přičemž využívá jejich buněčný obsah jako živiny), vysoká konkurenceschopnost (vzhledem k rychlému růstu mohou snadno konkurovat ostatním rostlinným patogenům o živiny a prostor), produkce antimikrobiálních látek a schopnost vyvolat rezistenci rostlin vůči některým patogenům (Hausladen & Metz 2022). *Trichoderma* spp. dobře účinkují především proti půdním patogenům vyvolávajícím hnilobu (*R. solani*, *Fusarium* spp.) (Copping & Menn 2000). Coffin et al. (2020) dále dodávají, že houby rodu *Trichoderma* spp. taktéž dobře působí proti strupovitosti.

Houba *Verticillium biguttatum* při teplotách 15-20 °C účinně hubí sklerocia *R. solani* a efektivně snižuje příznaky onemocnění v prvních fázích růstu bramboru. Výrazně redukuje tvorbu sklerocií na rostoucích hlízách, symptomy na listech však dostatečně nesnižuje (Jager & Velvis 1983). Mezi populační dynamikou *V. biguttatum* a *R. solani* existuje úzká pozitivní korelace, kdy po nárůstu *R. solani* následuje nárůst *V. biguttatum*. Velikost korelace je závislá zejména na počáteční hustotě populace *R. solani* v půdě, teplotě půdy a typu půdy (Tsrör 2010). Proti *R. solani* je vhodné i očkování sadby třemi hyperparazitickými houbami *Gliocladium roseum* Bainier, 1907, *Trichoderma hamatum* (Bonord.) Bainier, 1906 a *Hormiactis fimicola* Sacc. & Marchal, 1885. Společné využití těchto hub je výhodné tím, že pokrývají celý teplotní rozsah, v němž je *R. solani* aktivní (např. *H. fimicola* inhibuje růst mycelia *R. solani* zejména v rozmezí nižších teplot, na konci vegetačního období zase převládá *G. Roseum*) (Jager & Van Den Boogert 1984).

Wraight & Ramos (2005) dále upozorňují na houbu *Beauveria bassiana*, jež vykazuje vysokou účinnost proti larvám raných instarů mandelinky bramborové.

Proti mandelince lze využít i rozprašovatelný biopesticid Ledprona s dvouvláknovou RNA využívající nový mechanismus účinku (snižování exprese messenger RNA a hladin proteinu PSMB5). Přípravek byl použit proti larvám druhého instaru, u nichž po 6 dnech od expozice způsobil 90% mortalitu (Alyokhin et al. 2021).

Lze využít i biopesticidy na bázi fosfitu, které se úspěšně využívají k regulaci plísně bramborové či stříbřitosti slupky bramboru *Helminthosporium solani* Durieu & Mont., 1849. Aplikace fosfitu indukují modifikace v hlízách (zvýšené ukládání suberinu a pektinu), což se projevuje zvýšením odolnosti vůči patogenům (Coffin et al. 2020).

Jak již bylo zmíněno, lze užívat i společné aplikace několika biopesticidů. Gesraha et al. (2019) zmiňují využití tří přípravků proti mûře bramborové (*Phthorimaea operculella* Zeller 1873) - *B. thuringiensis*, virus granulózy a extrakt z bazalky pravé (*Ocimum basilicum* L).

Aplikace těchto biopesticidů v jedné formulaci snižovala ztráty hlíz a nutnost aplikace chemických přípravků (Gesraha et al. 2019).

Cheng et al. (2021) zase zmiňují možnost aplikace užitečných mikroorganismů do půdy společně s organickými hnojivy. Některé organismy jako *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Azospirillum* sp. a endofytické aktinobakterie totiž mohou účinně zvyšovat odolnost rostlin vůči stresu a podporovat jejich růst, avšak bez zajištění dostatečné výživy (organických hnojiv) jejich efekt slábne. Z toho důvodu se tyto organismy slučují s organickými hnojivy. Vzniklá směs se nazývá bioorganické hnojivo, jež zlepšuje kvalitu a úrodnost půdy, činnost půdních enzymů, zvyšuje aktivitu prospěšných bakterií a účinně inhibuje rozvoj půdních chorob. Bioorganická hnojiva jsou schopna nahradit minerální hnojiva, podpořit růst brambor, zlepšit kvalitu hlíz a snížit diverzitu škodlivých hub, jako jsou *Fusarium* spp., *Verticillium* spp. a *Botryotrichum* spp. (Cheng et al. 2021).

Jako biopesticidy se osvědčily i různé druhy prvoků, hlístic a celá řada členovců. Např. slunéčko sedmítečné *Coleomegilla maculata* DeGeer, 1775 se živí vajíčky a larvami mandelinky bramborové. Mortalita jedinců mandelinky dosahuje 37,8 % u první generace a 58,1 % u druhé generace. Vajíčky a larvami mandelinky se rovněž živí střevlík *Lebia grandis* Hentz, 1830, parazitická vosa *Edovum putleri* Grissell, 1981 zase hubí vajíčka (mortalita 67-79 %) (Williams et al. 2015).

Z dalších biopesticidních látek lze zmínit i směs esenciálních olejů (např. citronelových olejů) chránících porost brambor proti mšicím (Copping & Menn 2000).

Velmi významný je z hlediska biopesticidů i strom Neem (*Azadirachta indica* Juss, 1830). Neem je na stanoviště nenáročný strom tropických oblastí rostoucí zejména v Asii, který se vyznačuje dobrými insekticidními účinky. Extrakty z tohoto stromu, především ze semen, obsahují azadirachtin-A, což je sekundární metabolit, jenž má významné repelentní účinky na fytofágní hmyz (snížení plodnosti), ale vykazuje antagonistické účinky i proti fytopatogenním houbám, jako je padlí. Komerčně prodávané produkty (např. přípravek Neemix) obsahují přibližně 1 % azadirachtinu s doporučeným dávkováním 100-500 g/ha. Časté aplikace jsou účinnější než jednotlivé postřiky (Copping & Menn 2000).

Vzhledem k rostoucí rezistenci patogenních druhů hmyzu a chorob vůči chemickým přípravkům se poptávka po biopesticidech zvyšuje. Odhaduje se, že celosvětový trh s biopesticidy vzroste z 3,3 miliardy USD v roce 2020 na 7,4 miliardy USD do roku 2027 s ročním nárůstem o 12,4 % (Garcia-Riaño et al. 2022). V současnosti se však biopesticidy celosvětově podílejí pouze na 5 % trhu s přípravky na ochranu rostlin (Basnet et al. 2022).

Coffin et al. (2020) ale dodávají, že vývoj biopesticidů se v posledních desetiletích neustále zvyšuje, neboť tyto přípravky dokáží úspěšně regulovat velké množství rostlinných patogenů, často na úrovni, které činí jejich použití jako ekonomicky rentabilní.

4 Metodika

4.1 Charakteristika pokusného stanoviště

Pokus probíhal na Výzkumné stanici FAPPZ v Červeném Újezdě. Stanice byla založena roku 1974 a v současnosti slouží jako experimentální pracoviště kateder Fakulty agrobiologie potravinových a přírodních zdrojů ČZU v Praze. Kromě řešení pokusů bakalářských, diplomových a doktorských prací jsou zde prováděné i komerční výzkumy a praktická výuka některých studijních oborů. Stanice zahrnuje cca 30 ha pozemků, přičemž plocha na pokusy činí zhruba 6 ha (Fakulta agrobiologie potravinových a přírodních zdrojů 2021).

Stanice se nachází v obci Červený Újezd, jež náleží do okresu Praha-západ. Rozkládá se na 50° 04' severní šířky a 14° 10' východní délky. Průměrná nadmořská výška samotné stanice dosahuje hodnoty 398 m.n.m., v rámci pokusných pozemků potom 405 m.n.m. Dle půdně-klimatických charakteristik spadají pozemky do řepařské výrobní oblasti. Z hlediska dlouhodobého průběhu klimatu je oblast spíše mírně teplá a suchá s mírným průběhem zimních období (Fakulta agrobiologie potravinových a přírodních zdrojů 2021).

Území je součástí Bělohorské plošiny s lehce zvlněným terénem. Pokusné pozemky se vyznačují především jižní expozicí a rovinným reliéfem, jakož i dobrou retenční schopností a vodivostí vody v půdě. Půdotvorný substrát tvoří vápnité opuky překryté sprašemi a sprašovými pokrivy, tvořící zejména hnědozemě. Převažujícím půdotvorným procesem je ilimerizace při níž dochází k vyluhování vrchních půdních horizontů a posunu koloidních částic do spodních vrstev. Obecně dosahují půdy na pokusných plochách nízkého až středního obsahu humusu, dostatečné zásoby fosforu a draslíku a povětšinou nabývají neutrálních hodnot pH reakce (Fakulta agrobiologie potravinových a přírodních zdrojů 2021).

4.2 Klimatické podmínky

Průběh klimatických podmínek v lokalitě Červený Újezd byl hodnocen ve vztahu k dlouhodobému normálu období let 1991-2020. Přehled hlavních klimatických charakteristik zobrazují Tabulka č. 4 a Tabulka č. 5.

Tabulka č. 4: Průběh a hodnocení teplot na pokusné ploše Výzkumné stanice Červený Újezd v roce 2021

Rok 2021	Teplotní normál (°C)	Prům. teplota (°C)	Odchylka od normálu	Hodnocení
Leden	-0,7	-0,31	0,4	<i>normální</i>
Únor	0,3	0,19	-0,2	<i>normální</i>
Březen	4,0	4,60	0,6	<i>normální</i>
Duben	9,2	6,26	-3,0	<i>podnormální</i>
Květen	13,6	11,25	-2,4	<i>podnormální</i>
Červen	17,0	19,86	2,9	<i>mimořádně nadnormální</i>
Červenec	18,9	19,75	0,8	<i>normální</i>
Srpen	18,7	16,98	-1,7	<i>silně podnormální</i>
Září	13,9	15,75	1,8	<i>nadnormální</i>
Říjen	8,7	8,82	0,1	<i>normální</i>
Listopad	3,8	-	-3,8	
Prosinec	0,4	-	-0,4	
Rok	9,0	10,3	1,3	

Tabulka č. 5: Průběh a hodnocení srážek na pokusné ploše Výzkumné stanice Červený Újezd v roce 2021

Rok 2021	Srážkový normál (mm)	Srážky (mm)	% normálu	Hodnocení
Leden	21	42,5	204	<i>silně nadnormální</i>
Únor	18	36,2	201	<i>silně nadnormální</i>
Březen	28	24,2	85	<i>normální</i>
Duben	27	9,3	34	<i>silně podnormální</i>
Květen	60	101,9	169	<i>nadnormální</i>
Červen	71	83,1	117	<i>normální</i>
Červenec	77	82,1	107	<i>normální</i>
Srpen	66	101,9	155	<i>nadnormální</i>
Září	39	8,4	22	<i>silně podnormální</i>
Říjen	34	16,4	48	<i>normální</i>
Listopad	29	-	0	
Prosinec	26	-	0	
Rok	495,1	506,0	102	

V celkovém úhrnu lze seznat, že rok 2021 z hlediska vývoje srážek a průměrných teplot dosahoval v průběhu jednotlivých měsíců velmi podobných hodnot v porovnání s dlouhodobým normálem. Vliv obou klimatických faktorů na růst a vývoj brambor se projevil zejména v pozdním nástupu jarního období. Jednotlivé fenologické fáze brambor byly opožděny, což zapříčinily zejména nízké teploty panující v měsíci květnu. Vysazené hlízy tudíž

neměly optimální podmínky pro svůj vývoj, pročež pomaleji klíčily a na povrch půdy vylézaly se zpožděním. Naopak přísun vláhy byl více než dostatečný a to po celé vegetační období, kdy se od května do srpna množství srážek pohybovalo na úrovni normálu či nadnormálu.

4.3 Metodika pokusu

Pokus probíhal na pozemku Výzkumné stanice FAPPZ v Červeném Újezdě. Bylo založeno pět variant (jedna kontrolní a čtyři ošetřené biopesticidy) v pěti pásech, jež byly rozděleny na 16 opakování (parcelek) v rámci každé varianty. Použitou předplodinou z minulého roku byla řepka olejná. Po sklizni řepky na podzim roku 2020 byla na pozemku provedena středně hluboká orba k dostatečnému prokypření půdy. Poté na jaře roku 2021 proběhla standardní předseťová příprava půdy pro pěstování brambor. Pro výsadbu byla zvolena odrůda Bernina. Sazení kontrolních a namořených hlíz bylo provedeno 5. 5. 2021. Meziřádková vzdálenost byla zvolena ve standardní délce 75 cm. Vzdálenost mezi uložením jednotlivých sadbových hlíz činila 33 cm. Jedna sklizňová parcelka dosahovala 10 m délky a 0,75 m šířky. Rozměr plochy každé jednotlivé parcelky tak dosahoval 7,5 m².

Brambory byly pěstovány ekologickým způsobem, čili pro jejich ošetření nebyly použity chemické přípravky na ochranu rostlin (pesticidy). K redukci plevelných rostlin bylo během vegetace dvakrát použito plečkování a ruční okopávání. Snížení škodlivého účinku mandelinky bramborové bylo docíleno ručním sběrem dospělých brouků a také aplikací bioinsekticidu NeemAzal T/S v dávce 3 l/ha ve dnech 18. 6. a 10. 7. 2021 při zjištění výskytu brouků.

Výskyt mandelinky bramborové byl hodnocen na kontrolní variantě a variantě ošetřené přípravkem NeemAzal T/S ve dnech 24. 6., 1. 7., 9. 7. a 16. 7. 2021, přičemž byl zjišťován počet nalezených larev. Na každé variantě bylo při jednotlivých evaluacích podrobeno hodnocení osm sklizňových parcelek.

V průběhu vegetace byl dále hodnocen stupeň napadení porostu *Phytophthora infestans*. V případě *P. infestans* proběhl monitoring ve dnech 9. 6., 16. 7., 1. 8. a 10. 8. 2021. Výskyt *P. infestans* byl posuzován na variantě ošetřené biopesticidem Baskus a na kontrolní neošetřené variantě. V rámci jednotlivých pozorování byly na obou variantách hodnoceny vždy čtyři sklizňové parcelky, každá za vegetaci průměrně třemi osobami. Na jedno pozorování varianty Kontrola i varianty Baskus tudíž připadalo průměrně 12 získaných hodnot, tedy 3 hodnoty na jednu parcelku, z nichž se při vyhodnocení vypočítal aritmetický průměr. Stupeň napadení *P. infestans* byl hodnocen pomocí metodiky ÚKZUZ vycházející z jejího ohniskového šíření (viz Tabulka č. 6). Proto se vždy hodnotil stupeň napadení porostu *P. infestans* v ohnisku. V případě, že se na parcelce vyskytlo dvě nebo více ohnisek, se tedy uváděl nejvyšší zjištěný stupeň napadení.

Tabulka č. 6: Stupnice k hodnocení *Phytophthora infestans*

Stupeň napadení	Výskyt <i>P. infestans</i> na stoncích, listech nebo ploše parcely (%)
9	bez napadení
7	do 10 % rostlin na parcele napadeno až 5 % listové plochy nebo stonků
5	v ohnisku na parcele je napadeno až 15 % listové plochy nebo stonků
3	téměř všechny rostliny na parcele mají napadeno až 35 % listové plochy nebo stonků
1	všechny rostliny na parcele mají napadeno více jak 35 % listové plochy nebo stonků

Skližeň brambor proběhla 16. 9. 2021. Vyhodnocení sklizených hlíz z jednotlivých variant bylo provedeno téhož dne. Předmětem hodnocení byla míra a rozvoj napadení chorobami a celkový výnos hlíz. Odděleně se posuzoval průměrný výnos konzumních hlíz (tedy hlíz větších než 35 mm) z kontrolní varianty a varianty ošetřené NeemAzalem T/S pro zjištění vlivu aplikace zmíněného bioinsekticidu na zvýšení výnosu. Kromě toho se dále hodnotily hlízy ze sklizňových parcel variant Baskus, FIX H+N, Kestom a Kontrola, a to vždy odděleně od ostatních. V rámci každé parcelky se tak na hlízách hodnotilo napadení bakteriálními chorobami (rod *Erwinia* spp.) a míra napadení aktinobakteriální strupovitostí (*S. scabies*). Tato hodnocení byla provedena současně. Ze sklizených hlíz z každé parcelky byly nejprve vytríděny hlízy napadené bakteriózami (rod *Erwinia* spp.), které se nejdříve zvážily a následně se zaznamenal jejich počet.

V případě strupovitosti byly zbylé hlízy nejprve roztříděny do tří velikostních kategorií. První kategorii tvořily hlízy menší než 35 mm, druhá obsahovala hlízy o rozměrech 35-59 mm a třetí zahrnovala zbytek hlíz s velikostí nad 60 mm. Hlízy každé této velikostní frakce byly nejprve zváženy a následně byl na každé jednotlivé hlíze posuzován stupeň výskytu *S. scabies*. K určení míry rozvoje strupovitosti byla použita metoda autorů Wenzl & Demel (1967) využívající k hodnocení podrobnou devítibodovou stupnici. Tato škála je tvořena přesně charakterizovanými stupni od 1 (zcela zdravá hlíza) až po 9 (maximálně napadená hlíza). Přesnou podobu stupnice uvádí Tabulka č. 7.

Tabulka č. 7: Stupnice k hodnocení strupovitosti

Stupeň napadení	Výskyt strupovitosti (% povrchu slupky pokryto strupy)
1	0
2	0,1-0,8
3	0,9-2,8
4	2,9-7,9
5	8,0-18,0
6	18,1-34,0
7	34,1-55,0
8	55,1-77,0
9	nad 77,0

(Zdroj: Wenzl & Demel 1967)

Dále byl hodnocen vliv ošetření na průměrný výnos jednotlivých variant hlíz a přínos provedené aplikace přípravku na zvýšení produkce v %. Výnos každé varianty byl následně hodnocen i v rámci všech tří výše zmíněných velikostních frakcí zvlášť.

Ke statistickému zhodnocení byl použit program STATISTICA, verze 12.1, konkrétně statistická metoda ANOVA. Pro podrobnější vyhodnocení a porovnání mezi vypočítanými průměry byl použit HSD Tukey test o hladině významnosti 95 % ($\alpha = 0,05$). Průměry označené odlišnými písmeny potom vyjadřují průkazné rozdíly na hladině významnosti 95 % ($\alpha = 0,05$) podle Tukeyho metody.

4.4 Varianty pokusu

Celkově bylo založeno pět variant pokusu pro zjištění vlivu použitých biopesticidních přípravků na výnos a vitalitu hlíz brambor pěstovaných v systému ekologického zemědělství.

Jednotlivé varianty pokusu

1. Baskus
2. FIX H+N
3. Kestom
4. NeemAzal T/S
5. Kontrola

V případě první varianty byl použit přípravek Baskus v dávce 2 l/ha (1 l přípravku na jednu tunu hlíz), jež byl aplikován před sázením na hlízy. Moření hlíz proběhlo i v případě druhé varianty, ve které byl použit přípravek FIX H+N v dávce 1 l/ha, a nakonec v rámci třetí varianty, u níž byl aplikován přípravek Kestom v dávce 2 kg/ha. Na čtvrtou variantu byl dvakrát během vegetace aplikován bioinsekticidní přípravek NeemAzal T/S v dávce 3 l/ha. Poslední pátá varianta byla ponechána bez ošetření a sloužila ke kontrole a posouzení účinnosti aplikovaných látek.

4.5 Popis přípravků

Pro ošetření sledovaných variant brambor byly použity tři biopesticidní přípravky firmy Monas technology, s. r. o., a bioinsekticid NeemAzal T/S.

4.5.1 Baskus

Baskus je suspenze vícedruhové kultury užitečných mikroorganismů. Jedná se o přípravek ve formě rozpustného koncentráту složeného ze směsi 7 probiotických mikroorganismů, zahrnujících bakterie a houby (*Trichoderma harzianum*), které podporují přirozenou obranyschopnost rostlin a aktivně potlačují patogenní druhy. Baskus tedy slouží k ochraně plodin (především brambor a zeleniny) před bakteriálními chorobami a rovněž

pozitivně působí na zdraví rostlin při jejich vystavení environmentálním stresovým faktorům. Účinný je zejména proti bakteriálním patogenům rodů *Pseudomonas* spp., *Erwinia* spp., *Xanthomonas* spp., *Clavibacter* spp., *Bacterium* spp., *Agrobacterium* spp., *Bacillus* spp., ale i proti některým houbovým chorobám (zejména *Phytophthora infestans*). Přípravek lze aplikovat různými způsoby. Je možné jej použít po vzejití plodin ve formě postřiku či kapkové závlahy na mladé plodiny, ale i před vzejitím – aplikace při výsadbě, případně moření hlíz. Během vegetace je nutné jej aplikovat nejpozději do objevení prvních příznaků bakteriálních chorob. Dávkování je 1-2 l/ha, přičemž dle potřeby lze aplikaci každých 3-10 dní opakovat. Při vyšším dávkování 2 l/ha přípravek dosahuje konzistentnějšího účinku a vede k vyšším výnosům plodin (Monas technology 2022b).

4.5.2 FIX H+N

Jedná se biologický přípravek určený k aplikaci v porostech kukuřice, brambor a zeleniny. Při použití přípravku dochází k vytvoření volného symbiotického vztahu mezi kořeny rostlin a bakteriemi volně se vyskytujícími v půdách. Tyto bakterie kolonizují kořeny rostlin a pomáhají plodinám překonat nepříznivé životní podmínky (nízké pH, dostupnost živin, patogenní organismy atd.). Preparát se skládá ze dvou hlavních složek FIX-H a FIX-N, z nichž každá je založena na bázi různých druhů bakterií. Složka FIX-H obsahuje bakterie rodu *Pseudomonas* spp., zejména druh *Pseudomonas fluorescens*. Tyto bakterie napomáhají vyvažování pH v okolí kořenů, chrání kořeny rostlin proti houbovým chorobám (*Fusarium* spp., *Colletotrichum* spp.) a produkcí fungistatických metabolitů vytlačují z půdy další patogenní druhy (*Sclerotinia* spp., *Verticillium* spp.). Dále zlepšují příjem živin rostlinami a zpřístupňují obtížně přijatelné formy živin. Složka FIX-N zahrnuje bakterie rodu *Paenibacillus* spp. (*Paenibacillus polymyxa* Prazmowski, 1880). Tyto bakterie za anaerobních podmínek vážou vzdušný N (15-40 kg N/ha) přímo ke kořenům, zlepšují odolnost rostlin a podílí se na produkci cytokininů, pomocí nichž dochází k podpoře růstu a zvýšení výnosu pěstovaných plodin. Obě složky přípravku se míchají v dávkách 0,5 l/ha složky FIX-H a 0,5 l/ha složky FIX-N až v postřikovači, výsledná celková dávka je tudíž 1 l/ha FIX H+N. Samotnou aplikaci lze provést při výsevu na pole (moření) až po vzejití rostlin, či až po výsadbě v průběhu celého roku (Monas technology 2022c).

4.5.3 Kestom

Přípravek Kestom je biofungicid obsahující antagonistickou houbu *Trichoderma atroviride* Karst. 1892. *T. atroviride* působí proti patogenním houbám rodů *Fusarium* spp., *Phoma* spp., *Sclerotium* spp., *Sclerotinia* spp. nebo *Thielaviopsis* spp., kterým konkuruje odnímáním živin a zabíráním životního prostoru, rovněž je schopna snižovat jejich životaschopnost produkcí sekundárních metabolitů atroviridinů s fungistatickými účinky. Působí i mykoparaziticky, kdy ostatní houby aktivně napadá a produkcí endochitinázy a exochitinázy narušuje jejich chitinovou stavbu – výrazným způsobem tak všechny ostatní houby přerůstá. Zároveň pozitivně působí na zlepšování půdní mikroflóry. Přípravek Kestom je ve formě prášku s doporučenou dávkou 2 kg/ha. Kestom lze použít různými způsoby. Jako

samostatné dezinfekční činidlo aplikované a zapravené do půdy po sklizni či v součinnosti s bakteriálními přípravky. Aplikaci lze provést před setím či sázením nebo během těchto operací, případně lze přistoupit k moření hlíz (Monas technology 2022a).

4.5.4 NeemAzal T/S

NeemAzal T/S je bioinsekticidní přípravek vyrobený z vysoce koncentrovaného a standardizovaného extraktu z jader semen již zmíněného tropického stromu *Azadirachta indica*. Hlavní účinnou látkou NeemAzalu T/S je triterpenická látka azadirachtin-A. NeemAzal T/S se využívá ve formulaci emulgovatelného koncentrátu obsahujícího rostlinný olej a povrchově aktivní látky vyrobené z obnovitelných zdrojů. Obsah azadirachtinu-A je 1 % (Marčí & Meďo 2015). Přípravek je možné použít v porostech brambor na zelenině, ovocných stromech a okrasných dřevinách. NeemAzal T/S se na porost aplikuje postřikem při zjištění prvních příznaků napadení nebo výskytu škůdců. Přípravek reguluje savý a žravý hmyz (mandelinka bramborová) i minující škůdce. Azadirachtin proniká do listů plodin, kde po požití interaguje s endokrinním systémem hmyzu a negativně ovlivňuje jeho metamorfózu, vývoj a oogenezi. Škůdci během několika hodin postupně ukončují žír a rostlinám tak nadále neškodí. Kromě inhibice požerové aktivity azadirachtin působí i jako repelentní látka, jež další škůdce odpuzuje. Dále účinně snižuje vitalitu hmyzu, negativně ovlivňuje trávení škůdců, jejich dlouhověkost, rozmnožování, kladení vajíček a celkovou aktivitu. Mezi přednosti NeemAzalu T/S patří jeho relativní bezpečnost vůči prospěšnému hmyzu, nízká toxicita pro obratlovce a rychlá degradace v prostředí (několik dnů). NeemAzal T/S se na porost aplikuje postřikem při zjištění prvních příznaků napadení nebo výskytu škůdců. Používá se v dávce do 3,5 l/ha (Wagenhoff et al. 2016).

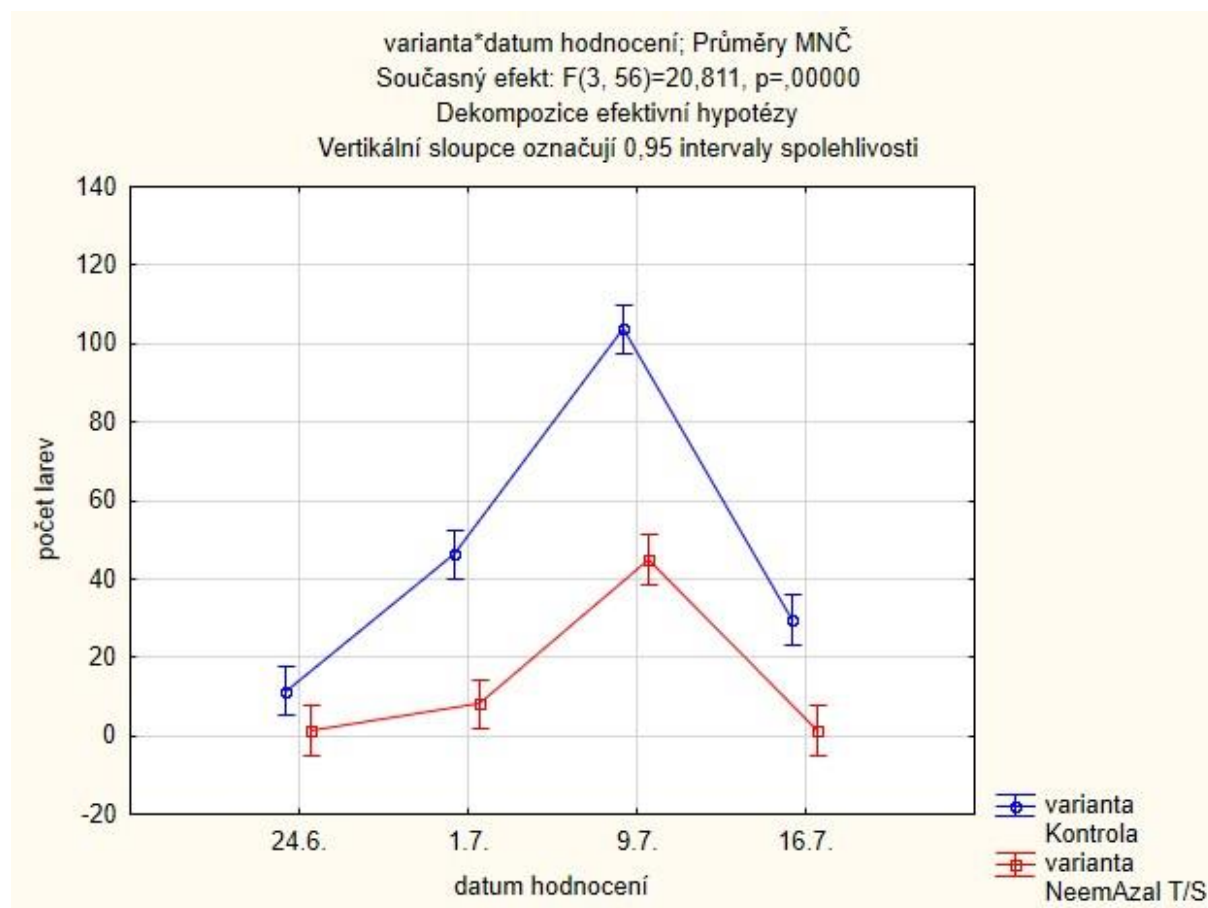
4.6 Popis odrůdy

Na pokusném pozemku byla použita odrůda Bernina registrovaná v roce 2012. Jedná se o poloranou salátovou i přílohovou odrůdu varného typu A určenou primárně ke konzumu. Odrůda má dobrou kvalitu, chuť a pevnou konzistenci, je vhodná na loupání. Hlízy jsou dlouhého oválného tvaru s hladkou žlutou slupkou, mělkými očky a žlutě zbarvenou dužninou. Odrůdu lze skladovat až do pozdního jara, po zasazení má plynulý počáteční vývoj. Bernina při optimálním pěstování dosahuje vysokých výnosů s vyšším podílem hlíz vhodných k balení. Z hlediska nároků na prostředí jí vyhovují středně kvalitní půdy s dobrou zásobou živin v půdě, během vegetace nevyžaduje závlahu a dobře snáší i suchá období. Odrůda se dále vyznačuje vyšší odolností vůči virovým chorobám, *P. infestans* a *S. Scabies* (Europlant šlechtitelská s. r. o. 2022).

5 Výsledky

5.1 Výskyt larev mandelinky bramborové

Na variantách NeemAzal T/S a Kontrola byla hodnocena početnost larev mandelinky bramborové.



Graf č. 1: Vývoj počtu larev mandelinky bramborové na variantách NeemAzal T/S a Kontrola

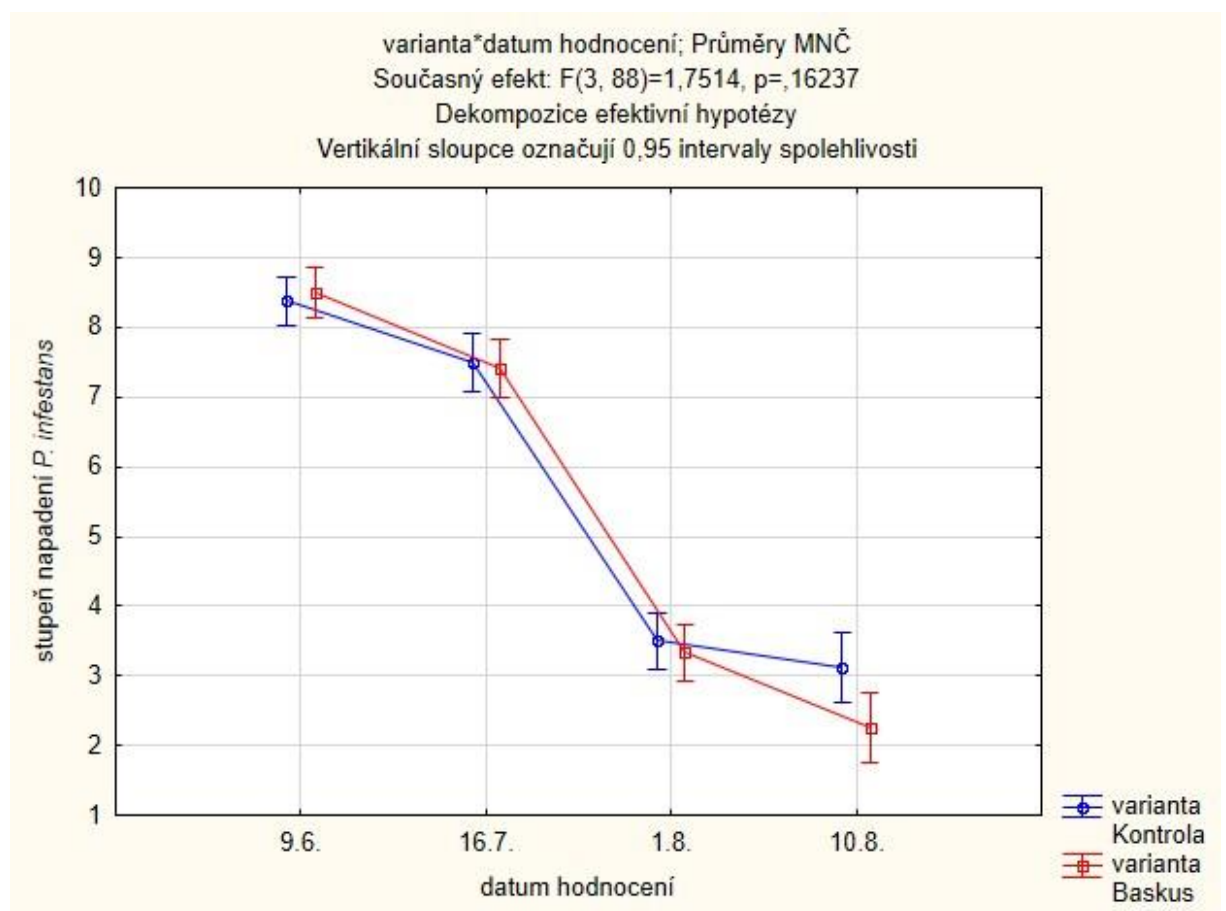
Tabulka č. 8: Vývoj počtu larev mandelinky bramborové na variantách NeemAzal T/S a Kontrola

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná počet larev (Ostatní data) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = 79,346, sv = 56,000						
	Varianta	Datum hodnocení	Počet larev - průměr	1	2	3	4
5	NeemAzal T/S	24.6.	1,3750	****			
8	NeemAzal T/S	16.7.	1,3750	****			
6	NeemAzal T/S	1.7.	8,1250	****			
1	Kontrola	24.6.	11,3750	****			
4	Kontrola	16.7.	29,6250			****	
7	NeemAzal T/S	9.7.	45,0000		****		
2	Kontrola	1.7.	46,2500		****		
3	Kontrola	9.7.	103,7500				****

Ze znázornění v Grafu č. 1 a hodnot z Tabulky č. 8 je zřejmé, že mezi oběma sledovanými variantami byly v jednotlivých měřeních pozorovány zřetelné rozdíly v průměrném počtu larev vyskytujících se na hodnocených parcelkách. Kromě prvního provedeného měření (24. 6. 2021) jsou tak mezi hodnotami z neošetřené kontrolní varianty a varianty ošetřené bioinsekticidním přípravkem NeemAzal T/S statisticky významné rozdíly. Z Grafu č. 1 je dále patrná tendence ve zvyšování početnosti larev mandelinky u obou posuzovaných variant od prvního (24. 6. 2021) do třetího (9. 7. 2021) měření. V rámci čtvrtého měření (16. 7. 2021) došlo k výraznému poklesu početnosti larev u kontrolní i ošetřené varianty. V případě varianty NeemAzal T/S dosáhlo čtvrté hodnocení zcela stejné hodnoty jako u prvního měření (1,375 larev). U varianty Kontrola byl již rozdíl mezi prvním a čtvrtým hodnocením patrný (11,375 oproti 29,625), ale i tak se jednalo o dvě nejnižší naměřené hodnoty v rámci této varianty. Nejvyšší průměrný počet larev za všechna pozorování u obou variant byl zjištěn u kontrolní varianty ze dne 9. 7. 2021 a dosáhl hodnoty 103,750.

5.2 Napadení porostu *Phytophthora infestans*

Varianty Baskus a Kontrola byly v průběhu vegetace podrobeny hodnocení pro zjištění výskytu a stupně rozvoje *P. infestans*.



Graf č. 2: Vývoj stupně napadení variant Baskus a Kontrola *P. infestans*

Tabulka č. 9: Vývoj stupně napadení variant Baskus a Kontrola *P. infestans*

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná stupeň napadení <i>P. infestans</i> (Ostatní data) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = ,51941, sv = 88,000					
	Varianta	Datum hodnocení	Stupeň napadení <i>P. infestans</i> - průměr	1	2	3
8	Baskus	10.8.	2,250000		****	
4	Kontrola	10.8.	3,125000	****	****	
7	Baskus	1.8.	3,333333	****		
3	Kontrola	1.8.	3,500000	****		
6	Baskus	16.7.	7,416667			****
2	Kontrola	16.7.	7,500000			****
1	Kontrola	9.6.	8,375000			
5	Baskus	9.6.	8,500000			

Z Grafu č. 2 a Tabulky č. 9 je patrné, že v rámci jednotlivých hodnocení nejsou mezi variantami Baskus a Kontrola statisticky významné rozdíly v míře napadení listové plochy brambor *P. infestans*. Při každém pozorování dosahoval průměrný stupeň napadení porostu u obou variant velmi podobných hodnot kromě posledního měření provedeného 10. 8. 2021 - 2,250 (Baskus) a 3,125 (Kontrola). Od prvního (9. 6. 2021) do posledního (10. 8. 2021) měření lze pozorovat zřetelný stoupající trend v míře napadení listové plochy, jenž dosáhl největších průměrných hodnot právě při posledním pozorování.

5.3 Hodnocení výnosu

5.3.1 Hodnocení výnosu ve vztahu k výskytu mandelinky bramborové

Hodnocen byl vliv přípravku NeemAzal T/S na výnos konzumních hlíz – tzn. hlíz rozměrově větších než 35 mm. Byl porovnáván výnos hlíz sklizených na variantě NeemAzal T/S (tedy varianta s nižším výskytem a tím i nižším vlivem mandelinky bramborové) a s výnosem z kontrolní varianty.

Tabulka č. 10: Hodnocení ošetření NeemAzal T/S na výnos konzumních hlíz (>35 mm)

Varianta	Průměrný výnos t/ha	Přínos aplikace v %
Kontrola	8,03 a	0,0
NeemAzal T/S	8,65 a	7,7

Z Tabulky č. 10 vyplývá, že varianta ošetřená přípravkem NeemAzal T/S dosahovala zřetelně vyšších výnosů (8,65 t/ha) než neošetřená varianta (8,03 t/ha), nicméně mezi oběma hodnotami neexistuje statisticky významný rozdíl. Vliv aplikace bioinsekticidu NeemAzal T/S na zvýšení průměrného výnosu sklizených hlíz tudíž nelze považovat za průkazný.

5.3.2 Hodnocení výnosu ve vztahu k aplikaci biopesticidních přípravků

Dále byl samostatně hodnocen výnos hlíz ošetřených biopesticidními přípravky FIX H+N, Baskus, Kestom v porovnání s neošetřenou kontrolní variantou.

Tabulka č. 11: Hodnocení dosaženého výnosu konzumních hlíz (>35 mm) dle ošetření

Varianta	Průměrný výnos t/ha	Přínos aplikace v %
Kontrola	8,03	0,0
Kestom	8,22	2,4
FIX H+N	8,49	5,7
Baskus	8,81	9,7

Z Tabulky č. 11 lze seznat, že výnos konzumních hlíz, tedy hlíz rozměrově větších než 35 mm, se lišil v závislosti na provedeném ošetření respektive moření. Všechna tři provedená ošetření přitom byla posuzována ve vztahu k základní hodnotě z varianty Kontrola, vůči které se ostatní varianty porovnávaly. Tato hodnota činila 8,03 t/ha. Nejvýraznějšího vlivu na zvýšení výnosu hlíz dosáhla varianta mořená přípravkem Baskus, u níž byl zaznamenán nárůst produkce hlíz o 9,7 % oproti Kontrolě na průměrný výnos 8,81 t/ha. FIX H+N dosáhl výnosové hodnoty ve výši 8,49 t/ha (nárůst +5,7 %). Nejnižšího výnosu ze všech ošetření bylo dosaženo v případě přípravku Kestom 8,22 t/ha (+2,4 %). Z Tabulky č. 11 tudíž vyplývá, že všechna moření měla do určité míry vliv na vyšší produktivitu porostu.

Tabulka č. 12: Hodnocení výnosu – hlízy <35 mm (počet a hmotnost)

Varianta	Počet hlíz <35 mm	Průměrná hmotnost 1 hlízy (g)
FIX H+N	13,0 a	15,69
Kontrola	14,8 a	14,39
Baskus	15,4 a	16,84
Kestom	18,6 a	16,12

Dle Tabulky č. 12 byl nejnižší počet malých hlíz zaznamenán v případě moření FIX H+N (13 ks), naopak nejvyššího počtu malých hlíz bylo dosaženo u varianty ošetřené Kestom (18,6 ks) - statisticky průkazné rozdíly mezi jednotlivými variantami nebyly v tomto hodnocení potvrzeny. Z hlediska hodnocení hmotnosti této velikostní frakce bylo zjištěno, že nejlehčí hlízy se vyskytovaly u kontrolní varianty (14,39 g), naopak jako nejtěžší se projevíly hlízy ošetřené přípravkem Baskus.

Tabulka č. 13: Hodnocení výnosu – hlízy 35-59 mm (počet a hmotnost)

Varianta	Počet hlíz 35-59 mm	Průměrná hmotnost 1 hlízy (g)
Kontrola	39,0 a	53,0
Kestom	39,4 a	53,5
Baskus	47,4 a	54,4
FIX H+N	32,9 a	62,0

V případě hodnocení hlíz střední velikosti (Tabulka č. 13) dosáhla nejvyššího průměrného počtu hlíz varianta Baskus (47,4 ks). Varianty Kontrola a Kestom zaznamenaly téměř shodné hodnoty (39,0 a 39,4 ks). Naopak k nejnižšímu počtu vyprodukovaných hlíz došlo v případě ošetření FIX H+N, ačkoliv tato varianta dosáhla výrazně vyšších hodnot v průměrné hmotnosti 1 hlízy v porovnání s ostatními variantami (62 g ve srovnání s 53 g Kontroly, 53,5 g Kestom a 54,4 g Baskus). Mezi jednotlivými variantami nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly.

Tabulka č. 14: Hodnocení výnosu – počet hlíz >60 mm (počet a hmotnost)

Varianta	počet hlíz nad 60 mm	průměrná hmotnost 1 hlízy (g)
Baskus	30,9 a	120,8
FIX H+N	30,8 a	124,5
Kestom	27,6 a	128,3
Kontrola	28,3 a	131,3

V hodnocení počtu velkých (>60 mm) hlíz (Tabulka č. 14) nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly, ačkoliv jsou zde pozorované zřejmé trendy vyššího počtu hlíz u varianty Baskus a FIX H+N. V obou případech je však naopak hmotnost hlíz nejnižší ze všech variant. Nejvyšší průměrné hmotnosti pak dosáhly hlízy z varianty Kontrola.

5.4 Hodnocení výskytu strupovitosti

V Tabulce č. 15, Tabulce č. 16 a Tabulce č. 17 jsou znázorněna data týkající se počtu hlíz v rámci sledovaných variant a jednotlivých velikostních kategorií, na nichž byl zaznamenán různý stupeň napadení strupovitostí. Výskyt strupovitosti byl hodnocen po sklizni hlíz.

Tabulka č. 15: Výskyt strupovitosti u malých hlíz <35 mm

Varianta	počet hlíz strupovitost stupeň 1	počet hlíz strupovitost stupeň 2	počet hlíz strupovitost stupeň 3
Kontrola	12,31 a	2,12 ab	0,25 a
Kestom	15,50 a	2,94 a	0,13 a
FIX H+N	15,06 a	0,94 b	0,25 a
Baskus	12,69 a	1,94 ab	6,69 a

Nejlepší výsledek v redukci strupovitosti u malých hlíz (Tabulka č. 15) vykazovala varianta Kontrola, jež dosáhla nejnižšího počtu hlíz s napadením strupovitostí stupněm 1. Přípravek FIX H+N zase nejefektivněji snížil napadení strupovitostí 2. stupně. Za zmínku stojí i relativně vysoký počet hlíz se strupovitostí stupně 3 v případě přípravku Baskus, jež se v porovnání s ostatními variantami výrazně lišil. Statisticky se však jedná o neprůkazný vliv.

Tabulka č. 16: Výskyt strupovitosti u středních hlíz 35-59 mm

Varianta	počet hlíz strupovitost stupeň 1	počet hlíz strupovitost stupeň 2	počet hlíz strupovitost stupeň 3
Kontrola	31,19 a	7,13 a	0,63 a
Kestom	31,80 a	7,13 a	0,38 a
FIX H+N	27,50 a	5,19 a	0,31 a
Baskus	33,44 a	7,63 a	1,06 a

V případě hlíz střední velikosti (Tabulka č. 16) se jako nejúčinnější ve snížení strupovitosti projevil přípravek FIX H+N, jenž stejně jako v případě malých hlíz dosáhl nejnižšího počtu hlíz s výskytem strupovitosti stupně 2, zároveň však u něho byly zaznamenány nejnižší hodnoty i v případě strupovitosti stupně 1 a 3. Naopak nejvyšší počet hlíz se strupovitostí v rámci všech sledovaných stupňů vykázal přípravek Baskus, který stejně jako v případě Tabulky č. 15 znovu registroval nejvyšší počet hlíz se stupněm strupovitosti 3.

Tabulka č. 17: Výskyt strupovitosti u velkých hlíz >60 mm

Varianta	počet hlíz strupovitost stupeň 1	počet hlíz strupovitost stupeň 2	počet hlíz strupovitost stupeň 3
Kontrola	21,38 a	5,94 a	0,88 a
Kestom	21,19 a	5,69 a	0,69 a
FIX H+N	26,88 a	6,50 a	1,13 a
Baskus	22,75 a	6,00 a	0,75 a

U velkých hlíz (Tabulka č. 17) nejvíce snížil riziko vzniku strupovitosti přípravek Kestom, u něhož byl zaznamenán nejnižší počet hlíz u všech tří stupňů strupovitosti. Jako nejméně efektivní se projevil přípravek FIX H+N, který měl všechny tyto hodnoty naopak nejvyšší. Přípravek Baskus dosáhl velmi podobných hodnot jako ostatní varianty, což se nejvíce projevilo v případě strupovitosti stupně 3. V rámci všech pozorovaných stupňů se jednalo o statisticky neprůkazné rozdíly.

5.5 Napadení bakteriálními chorobami (r. *Erwinia* spp.)

Hodnoceny byly hlízy u variant ošetřených biopesticidními přípravky FIX H+N, Baskus, Kestom a hlízy u neošetřené kontrolní varianty.

Tabulka č. 18: Vliv ošetření na výskyt bakterióz na hlízách

Varianta	počet hlíz s bakteriózou (ks)	hmotnost hlíz s bakteriózou (g)
FIX H+N	9,06 b	1058 a
Baskus	12,69 ab	1172 a
Kontrola	18,44 a	1852 a
Kestom	18,50 a	1776 a

Z Tabulky č. 18 vyplývá, že provedená ošetření měla statisticky významný vliv na počet hlíz napadených rodem *Erwinia* spp. Konkrétně jde o hodnotu hlíz varianty ošetřené

přípravkem FIX H+N, u níž byl zjištěn průkazně nižší počet napadených hlíz, který se výrazně lišil zejména od variant Kontrola a Kestom. Současně u varianty FIX H+N byla zjištěna i nejmenší hmotnost napadených hlíz, statisticky významná vzhledem k ostatním variantám ale nebyla. Nižší napadení bakterióz vykazoval i přípravek Baskus (nižší počet a hmotnost napadených hlíz), ale tato čísla stejně jako v předcházejícím případě nebyla průkazná.

6 Diskuze

Přípravek NeemAzal T/S po své první aplikaci provedené 18. 6. 2021 prokazatelně snížil počet larev mandelinky bramborové v porovnání s kontrolní variantou, a to v dlouhodobém časovém horizontu zahrnujícím první tři měření. Mezi druhým a třetím měřením ale početnost larev na porostu vzrostla, tudíž bylo přistoupeno k druhé aplikaci (10. 7. 2021). Při posledním čtvrtém měření došlo k výraznému poklesu počtu larev na ošetřené, ale i na kontrolní variantě. Tento pokles tudíž nelze, alespoň v případě kontrolní varianty, přikládat pouze vlivu NeemAzalu T/S. Snížení výskytu počtu larev na pozemku bylo zřejmě způsobeno ukončením čtvrtého vývojového stádia mandelinky a zavrtáním se již vyvinutých larev do půdy k dokončení vývoje. V celkovém úhrnu lze seznat, že NeemAzal T/S v rámci všech měření snížil abundanci larev mandelinky bramborové průměrně o 70,8 % oproti kontrolní variantě. Ve studii Tomáška & Dvořáka (2009a) dosáhla redukce počtu larev nižší hodnoty, a to 52,8 %.

Z hlediska výnosu dosáhla varianta ošetřená NeemAzalem T/S vyšší hodnoty (8,65 t/ha) oproti kontrolní variantě (8,03 t/ha), nejednalo se však o statisticky významný rozdíl, protože nelze usuzovat na významný přínos NeemAzalu T/S pro zvýšení výnosu hlíz. Výrazně větších, avšak vzájemně taktéž velmi podobných hodnot bylo dosaženo ve studii Tomáška & Dvořáka (2009a), kdy varianta ošetřená NeemAzalem T/S dosáhla výnosu dokonce 44 t/ha a kontrolní varianta 45 t/ha. Nicméně v mnoha jiných výzkumech a pokusech je pozitivní vliv NeemAzalu T/S na zvýšení výnosu pěstovaných hlíz a současně snížení počtu larev mandelinky bramborové dobře prokázán, jak dokazují např. pokusy Atanasova & Vasilev (2020) či Zabel et al. (2002). Vyšší výnos hlíz ošetřených NeemAzalem T/S byl zřejmě dán snížením početnosti mandelinky bramborové, což se projevilo v nižším žíru a tím i ve vyšší hodnotě indexu listové pokryvnosti LAI (poměr plochy asimilačních orgánů a povrchu půdy) oproti neošetřené kontrolní variantě. Pozitivní vliv ošetření NeemAzalu T/S na zvýšení hodnoty LAI (2,07 oproti 2,47 u kontrolní varianty) ve svém výzkumu prokázali Kołodziejczyk & Ropek (2019). Dle studie Tomáška & Dvořáka (2009b) je obecně použití extraktů z rostlin k biopesticidním účelům vhodné a v ekologickém zemědělství může do určité míry snížit inhibici larev a brouků mandelinky bramborové, nicméně ke zvýšení jejich účinnosti je nutný další výzkum a vývoj.

V případě napadení porostu *Phytophthora infestans* nebyly mezi kontrolní variantou a variantou ošetřenou přípravkem Baskus (*T. harzianum*) nalezeny statisticky významné rozdíly. Baskus, jenž měl snížit vliv *P. infestans*, naopak u tří měření (16. 7., 1. 8. a 10. 8. 2021) prokázal větší míru napadení, jež se nejvýrazněji projevila u posledního provedeného hodnocení 10. 8. 2022 – průměrný stupeň napadení 2,25 oproti 3,125 u kontrolní varianty. Nízkou účinnost *T. harzianum* na míru napadení brambor *P. infestans* ve svém výzkumu uvádí i Stephan et al. (2005). Přesto Baskus dosáhl nejvyššího výnosu ze všech založených variant, a to 8,81 t/ha, zatímco kontrolní varianta naopak výnosu nejnižšího ve výši 8,03 t/ha. Přesto se oba tyto výnosy mezi sebou významně neliší. Jak uvádějí Valeta & Diviš (2006), u konzumních odrůd brambor sklízených na podzim je důležité vybírat kultivary, jež tlak *P. infestans* lépe snášejí. Relativně vysoký výnos neošetřené kontrolní varianty v porovnání s ostatními je tedy nejspíše určen i použitou odrůdou Bernina, jež se vyznačuje odolností proti rozsáhlé škále chorob, mezi něž se řadí i *P. infestans*.

Z použitých biopesticidů určených k ochraně brambor proti houbovým a bakteriálním chorobám dosáhl Baskus jako jediný přípravek vyššího výnosu než varianta ošetřená NeemAzalem T/S, což poukazuje i na pozitivní efekt aplikace NeemAzalu T/S na snížení škodlivého vlivu *P. infestans*. Hamouz et al. (2014) uvádí, že regulace mandelinky na porostu ekologicky pěstovaných brambor má příznivý vliv na pokles výskytu plísně, neboť dojde ke snížení žíru listů, a tím ke zhoršení šíření patogena, neboť dochází ke zmenšení plochy (vstupních otvorů) pro jeho nerušený vstup do rostliny. To se v konečném důsledku může projevit právě i zvýšením výnosu hlíz.

Celkový výnos hlíz v rámci všech sledovaných variant dosáhl relativně nízkých hodnot, což je vzhledem k výnosovému potenciálu odrůdy Bernina a její odolnosti vůči některým bakteriálním a virovým chorobám a provedenému moření překvapivé. Tuto skutečnost lze nejspíše přičítat pěstování brambor v systému ekologického zemědělství, v jehož rámci nebylo možné využít intenzifikační faktory ve formě průmyslových minerálních hnojiv a chemických přípravků na ochranu rostlin, které by odpovídajícím způsobem snížily tlak škodlivých činitelů. Dalším možným faktorem je samotná sklizeň, při níž mohlo dojít k určitým ztrátám (nevyorání všech hlíz a jejich ponechání v půdě). Na výnosu hlíz se zřejmě negativně projevil i výrazný tlak *P. infestans* v červenci a srpnu.

Hodnocení aktinobakteriální obecné strupovitosti (stupně napadení *S. scabies*) bylo provedeno v rámci jednotlivých velikostních frakcí variant Baskus, Kestom, FIX H+N a Kontrola. Namoření hlíz biopesticidy výskyt strupovitosti oproti kontrolní variantě nesnížilo, ve všech případech tudíž nebyly mezi posuzovanými variantami zjištěny statisticky významné rozdíly. Toto mohlo být způsobeno několika rozličnými faktory jako pH půdy, zvolená odrůda či průběh teplot během vegetace. Avšak v případě počtu hlíz, jejichž napadení strupovitostí bylo hodnoceno stupněm 1, lze vysledovat nižší hodnoty v kontrolní variantě. Dle Bignell et al. (2001) je ochrana proti strupovitosti do značné míry nedostatečná a nekompaktní, tudíž je možno nekonzistentnost zjištěných výsledků a neprokázaný vliv ošetření vysvětlit náročnou a do jisté míry i značně specifickou ochranou proti vzniku strupovitosti. Antagonistický vliv biopesticidů na rozvoj strupovitosti je nicméně potvrzený, jak ve své studii zmiňuje Singhai et al. (2011) a Han et al. (2005). Z hlediska rozsahu výskytu na hlízách dosáhla nejvyšší míra napadení strupovitostí hodnocení stupně 3 (tedy 0,9-2,8 % povrchu slupky pokryto strupy). V celkovém úhrnu tak byl výskyt strupovitosti nízký, jak dokládá srovnání se studií Tomáška & Dvořáka (2009a), ve které dosáhl průměrný výnos hlíz s výskytem strupovitosti nad 30 % povrchu v rámci kontrolní neošetřené varianty hodnoty 2,5 t (stupeň výskytu strupovitosti 6-9), zatímco v námi řešeném pokusu nebyly takto zasažené hlízy vůbec detekovány. Rovněž Poirier et al. (2015) ve svém výzkumu zmiňuje značný rozvoj *S. scabies* – 5,7 t/ha hlíz s výskytem strupovitosti na >5 % povrchu hlízy u kontrolní varianty. Hlízy ošetřené biopesticidním přípravkem obsahujícím *B. subtilis* potom tuto hodnotu (5,7 t/ha) snížily na 2,5 t/ha. Nulový výskyt významně napadených hlíz v našem pokusu mohl být způsoben dostatečným množstvím srážek během vegetace, jež zvýšily vlhkost půdy a podpořily tak rozvoj antagonistických mikroorganismů, jak uvádí Vokál et al. (2000).

Vliv biopesticidního ošetření na výskyt bakterií rodu *Erwinia* spp. bylo statisticky prokazatelně zjištěno u varianty FIX H+N. I přes optimální teploty pro rozvoj bakteriálních druhů rodu *Erwinia* spp., které v průběhu vegetace panovaly, tak přípravek zabránil rozvoji těchto bakterií. To bylo nejspíše způsobeno aktivitou bakterií rodu *Paenibacillus* spp. Tabacchioni & Lal (2009) zmiňují pozitivní účinek výše zmiňovaných bakterií na růst, vývoj a odolnost rostlin spočívající ve fixaci vzdušného N, solubilizaci půdního fosforu, produkci hydrolytických enzymů a rostlinných hormonů cytokininů stimulujičích růst a oddalujících senescenci.

7 Závěr

Cílem studia diplomové práce bylo porovnat účinnost jednotlivých biopesticidních přípravků a posoudit jejich vliv vůči škůdcům a chorobám způsobujících defoliaci porostu brambor a vůči dalším škodlivým patogenním organismům napadajících nadzemní a podzemní orgány brambor. Dalším cílem práce bylo zhodnotit účinnost provedených ošetření na produkční potenciál brambor pěstovaných v systému ekologického zemědělství.

7.1 Stanovisko k výzkumným hypotézám

Hypotéza č. 1: Předpokládá se, že biopesticidy průkazně sníží abundanci larev mandelinky bramborové oproti neošetřené variantě.

- **Tato hypotéza byla přijata.**

Z Grafu č. 1 je patrné, že aplikace bioinsekticidu NeemAzal T/S prokazatelně snížila počet larev mandelinky bramborové oproti kontrolní neošetřené variantě. Ze čtyř provedených měření byly ve třech zjištěny statisticky významné rozdíly v počtu nalezených larev.

Hypotéza č. 2: Žír larev, tedy průkazně vyšší defoliace porostu způsobena mandelinkou bramborovou na neošetřené variantě, se projeví v nižším výnosu konzumních hlíz.

- **Tato hypotéza byla vyvrácena.**

Z Tabulky č. 10 je zřejmé, že mezi výnosy varianty ošetřené NeemAzalem T/S a kontrolní neošetřené varianty neexistují statisticky významné rozdíly. V případě ošetření NeemAzalem T/S byl však zjištěn trend vyššího výnosu konzumních hlíz.

7.2 Závěry a doporučení

Z naměřených hodnot provedeného pokusu lze vyvodit níže uvedené závěry.

- Vliv přípravku NeemAzal T/S na snížení počtu larev mandelinky bramborové byl potvrzen, na zvýšení výnosu konzumních hlíz nikoliv.
- Vliv biopesticidního přípravku Baskus na snížení míry napadení porostu *P. infestans* nebyl potvrzen.
- Celkový výnos konzumních hlíz byl nízký.
- Největší vliv na zvýšení produkce hlíz měl přípravek Baskus (zvýšení výnosu o 9,7 %), NeemAzal T/S (7,7 %), FIX H+N (5,7 %) a Kestom (2,4 %).

- Nebyl zjištěn statisticky významný vliv aplikace biopesticidů na snížení míry strupovitosti.
- Počet hlíz se stupněm strupovitosti 1 byl nejnižší na neošetřené kontrolní variantě.
- Přípravek FIX H+N vykázal nejnižší napadení strupovitostí stupně 2.
- Přípravek Baskus měl nejvyšší počet hlíz hodnocených stupněm 3 a nejvyšší napadení strupovitostí u středních hlíz.
- Přípravek FIX H+N statisticky průkazně snížil napadení hlíz bakteriálními chorobami rodu *Erwinia* spp.

Závěrem je nutno podotknout, že všechny zjištěné hodnoty vycházejí z jednoletého pokusu, který byl do jisté míry ovlivněn specifickými půdními podmínkami a průběhem klimatických podmínek na daném stanovišti, ale i svým maloparcelkovým založením, tudíž výsledné hodnoty nelze považovat za zcela objektivní a pro potřeby pěstování brambor v ekologickém zemědělství by nemělo docházet k jejich generalizaci. Z uvedených měření lze doporučit použití NeemAzalu T/S proti mandelince bramborové a zčásti i proti *P. infestans* a přípravku FIX H+N pro potlačení bakteriálních chorob způsobených druhu rodu *Erwinia* spp. V případě přípravků Baskus a Kestom je nutné přistoupit k provedení dalších pokusů pro ověření jejich účinnosti na snížení výskytu a stupně rozvoje bakteriálních a houbových chorob.

8 Literatura

Alvarez MR, Castrosanto MA, Salamanez KC, Nacario RC, Completo GC. 2021. Barnyard grass [*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv] leaves extract against tomato pests. *Journal of the Science of Food & Agriculture* **101**:6289-6299.

Alyokhin A. 2009. Colorado potato beetle management on potatoes: current challenges and future prospects. *Fruit, Vegetable, and Cereal Science and Biotechnology* **3**:10-19.

Alyokhin A, Baker M, Mota-Sanchez D, Dively G, Grafius, E. 2008. Colorado potato beetle resistance to insecticides. *American Journal of Potato Research* **86**:395-413.

Alyokhin A, et al. 2021. First Sprayable Double-Stranded RNA-Based Biopesticide Product Targets Proteasome Subunit Beta Type-5 in Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata*). *Frontiers in plant science* **12**:728652.

Alyokhin A, Porter G, Groden E, Drummond F. 2005. Colorado potato beetle response to soil amendments: A case in support of the mineral balance hypothesis? *Agriculture, Ecosystems & Environment* **109**:234-244.

Alyokhin A, Udalov M, Benkovskaya G. 2013. The Colorado Potato Beetle. Pages 11-29 in Alyokhin A, Giordanengo P, Vincent Ch, editors. *Insect Pests of Potato: Global Perspectives on Biology and Management*. Elsevier, San Diego.

Andersson L, Ringselle B, Bergkvist G, Aronsson H. 2016. Importance of timing and repetition of stubble cultivation for post-harvest control of *Elymus repens*. *Weed Research* **56**:41-49.

Atanasova D, Vasilev P. 2020. Efficacy of some bioinsecticides against the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae) under laboratory conditions. *Journal of BioScience and Biotechnology* **9**:61-64.

Balasko MK, Mikac KM, Bazok R, Lemic D. 2020. Modern Techniques in Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata*Say) Control and Resistance Management: History Review and Future Perspectives. *Insects* **11**:581.

Barbey C, Crépin A, Cirou A, Tannières M, Orange N, Feuilleley M, Dessaux Y, Burini J-F, Faure D, Latour X. 2012. Biological control of pathogen communication in the rhizosphere: A novel approach applied to potato soft rot due to *Pectobacterium atrosepticum*. *Plant and Soil* **358**:27-37.

Bargout NR. 2014. Ecological agriculture and sustainable adaptation to climate change: a practical and holistic strategy for Indian smallholders. *Consilience* **12**:95-122.

- Basnet P, Dhital R, Rakshit A. 2022. Biopesticides: a genetics, genomics, and molecular biology perspective. *Biopesticides* **2**:107-116.
- Bignell DRD, Liu J, Nothias L-F, Dorrestein PC, Tahlan K. 2001. Genomic and Metabolomic Analysis of the Potato Common Scab Pathogen *Streptomyces scabiei*. *American Chemical Society* **6**:11474-11487.
- Bokhari NA, Siddiqui I, Perveen K, Siddique I, Soliman, DWA. 2015. Mycocidal ability of toona ciliata against rhizoctonia solani. *Journal of Animal & Plant Sciences* **25**:1477-1481.
- Bonierbale M, Zapata GB, Felde TZ, Sosa P. 2010. Composition nutritionnelle des pommes de terre. *Cahiers de Nutrition et de Diététique* **45**:28-36.
- Bortel R, Kubásková L, Láznická J, Malovický V, Novák P, Steinová Š, Strnadová D. 2008. Brambory – skrytý poklad. Národní zemědělské muzeum, Praha.
- Butu M, Rodino S, Butu A. 2022. Biopesticide formulations – current challenges and future perspectives. *Biopesticides* **2**:19-29.
- Castillo JA, Greenberg JT. 2007. Evolutionary dynamics of *Ralstonia solanacearum*. *Applied and environmental microbiology* **73**:1225-1238.
- Cofas E, Dragomir V, Chiurciu I. 2020. Study on the production and marketing of potatoes in the European Union. *Romanian Agricultural Research* **37**:243-251.
- Coffin RH, et al. 2020. Assessing the suppressive effects of biopesticides and phosphite on common scab development in potatoes. *Biocontrol Science & Technology* **30**:1133-1149.
- Cohen S, Paris HS. 2001. The effect of date of haulm destruction and harvest on the development of dry rot caused by *Fusarium solani* var. *Coeruleum* on potato tubers. *Annals of Applied Biology* **139**:209-216.
- Cohen ZP, Brevik K, Chen YH, Hawthorne DJ, Weibel, BD, Schoville, SD. 2020. Elevated rates of positive selection drive the evolution of pestiferousness in the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*, Say). *Molecular Ecology* **30**:237-254.
- Copping LG, Menn JJ. 2000. Biopesticides: a review of their action, applications and efficacy. *Pest Management Science* **56**:651-676.
- Český statistický úřad. 2021a. Vývoj ploch, hektarových výnosů a sklizní vybraných zemědělských plodin. Český statistický úřad. Available from https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&f=TABULKA&z=T&skupId=386&filtr=G%7EF_M%7EF_Z%7EF_R%7EF_P%7E

[S%7E U%7E301_null_&katalog=30840&pvo=ZEM02R&pvo=ZEM02R&evo=v2627_!_ZEM02G-sklizen1_1&u=v2630_VUZEMI_97_19](https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&z=T&f=TABULKA&skupId=386&filtr=G%7EF M%7EF Z%7EF R%7EF P%7E S%7E U%7E301_null_&katalog=30840&pvo=ZEM02R&pvo=ZEM02R&evo=v2627_!_ZEM02G-sklizen1_1&u=v2630_VUZEMI_97_19) (accessed December 2021).

Český statistický úřad. 2021b. Vývoj ploch, hektarových výnosů a sklizní vybraných zemědělských plodin. Český statistický úřad. Available from https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&z=T&f=TABULKA&skupId=386&filtr=G%7EF M%7EF Z%7EF R%7EF P%7E S%7E U%7E301_null_&katalog=30840&pvo=ZEM02R&pvo=ZEM02R&evo=v2627_!_ZEM02G-plocha1_1&u=v2630_VUZEMI_97_19 (accessed December 2021).

Diviš J, Zlatohlávková M. 2007. Poradenské listy pro ekologické zemědělce: Brambor hlíznatý (*Solanum tuberosum*). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská univerzita, České Budějovice.

Dostálek P, Hradil R, Křišťan F, Škeřík J. 2000. Brambory. PRO-BIO, Šumperk.

Douches D, Manrique-Carpintero NC, DiFonzo C, Coombs J. 2020. Mapping *Solanum chacoense* mediated Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) resistance in a self-compatible F2 diploid population. *Theoretical and Applied Genetics* **133**:2583-2603.

Elzner P, Jůzl M. 2014. Pěstování okopanin. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Brno.

Europlant šlechtitelská s. r. o. 2022. Bernina. Europlant šlechtitelská s. r. o. Available from <https://europlant.cz/bernina> (accessed March 2022).

Eurostat. 2021. The EU potato sector - statistics on production, prices and trade. Eurostat. Available from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=The_EU_potato_sector_-_statistics_on_production_prices_and_trade#Potato_production_in_the_EU_is_highly_concentrated (accessed December 2021).

Evans TJ, Coulthurst SJ, Komitopoulou E, Salmond GPC. 2010. Two mobile *Pectobacterium atrosepticum* prophages modulate virulence. *FEMS Microbiology Letters* **304**:195-202.

Exnerová J. Brambory tak jak je neznáme – historie brambor. 2017. Zpravodaj pro školní a dietní stravování **23**:77-79.

Fakulta agrobiologie potravinových a přírodních zdrojů. 2021. Výzkumná stanice Červený Újezd. Fakulta agrobiologie potravinových a přírodních zdrojů. Available from <https://www.af.czu.cz/cs/r-6779-katedry-a-soucasti/r-8736-ostatni-pracoviste/r-8759-vyzkumna-stanice-cervenyy-ujezd> (accessed March 2022).

- Fesenko I, Spechenkova N, Mamaeva A, Makhotenko AV, Love AJ, Kalinina NO, Taliansky M. 2021. Role of the methionine cycle in the temperature-sensitive responses of potato plants to potato virus Y. *Molecular Plant Pathology* **22**:77-91.
- Finckh MR, Bruns C, Schulte-Geldermann E. 2006. Challenges to organic potato farming: disease and nutrient management. *Potato research* **49**:27-42.
- Forgia D, Verheggen F. 2019. Biological alternatives to pesticides to control wireworms (Coleoptera: Elateridae). *Agri Gene* **11**:100080.
- Galimberti A, Alyokhin A, Qu H, Rose J. 2020. Simulation modelling of potato virus Y spread in relation to initial inoculum and vector activity. *Journal of Integrative Agriculture* **19**:376-388.
- Garcia-Riaño JL, Torres-Torres LA, Santos-Díaz AM, Grijalba-Bernal EP. 2022. *In vitro* compatibility with soybean agrochemicals and storage stability studies of the *Beauveria bassiana* biopesticide. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* **39**:102275.
- Gesraha MA, Sharaby AMF, Fallatah SAB. 2019. Integration of some biopesticides against potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zell.), during storage with reference to histopathological changes detected by a transmission electron microscope in the endocrine system. *Bulletin of the National Research Centre* **43**:1-16.
- Gorshkov V, Islamov B, Petrova O, Mikshina P, Kadyirov A, Vorob'ev V, Gogolev Y. 2021. The Role of *Pectobacterium atrosepticum* Exopolysaccharides in Plant-Pathogen Interactions. *International journal of molecular sciences* **22**:12781.
- Gray S, Moyo L, Raikhy G, Hamid A, Mallik I, Gudmestad NC, Pappu HR. 2021. Phylogenetics of tobacco rattle virus isolates from potato (*Solanum tuberosum* L.) in the USA: a multi-gene approach to evolutionary lineage. *Virus Genes* **58**:1-11.
- Hamouz K, Dvořák P, Tomášek J. 2014. Brambory (*Solanum tuberosum* L.). Pages 123-166 in Konvalina P, editor. *Pěstování vybraných plodin v ekologickém zemědělství*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- Hamouz K, Lachman J, Dvořák P, Pivec V. 2005. The effect of ecological growing on the potatoes yield and quality. *Plant, soil and environment* **51**:397-402.
- Han JS, Cheng JH, Yoon TM, Song J, Rajkarnikar A, Kim WG, Yoo ID, Yang YY, Suh JW. 2005. Biological control agent of common scab disease by antagonistic strain *Bacillus* sp. Sunhua. *Journal of Applied Microbiology* **99**:213-221.
- Hausladen H, Metz N. 2022. *Trichoderma* spp. As potential biological control agent against *Alternaria solani* in potato. *Biological control* **166**:104820.

Hausvater E, Doležal P. 2015. Abiotikózy bramboru – fyziologické vady a poruchy. Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod s.r.o., Havlíčkův Brod.

Haverkort AJ, Struik PC. 2015. Yield levels of potato crops: recent achievements and future prospects. *Field crops research* **182**:76-85.

Hoffmann A, Koch KK, Urfifi P. 2011. The Comparative Cost and Profit Analysis of Organic and Conventional Farming. *Studies in Agricultural Economics* **113**:67-84.

Hradil R. 2007. Biobrambory: jak ekologicky vypěstovat kvalitní brambory. Bioinstitut, o.p.s., Olomouc.

Huet G. 2014. Breeding for resistances to *Ralstonia solanacearum*. *Frontiers in plant science* **5**:715.

Chandel RS, Kumar R, Verma KS, Baloda AS. 2019. Biology of greasy cutworm, *Agrostis segetum* Schiff. (Lepidoptera: Noctuidae) on potato in Himachal Pradesh. *Potato Journal* **46**:101-106.

Cheng H, Liu H, Zhang F, Li W, Cui G, Wang Y, Yang J, Zhang L. 2021. Effects of bio-organic fertilizer on soil fertility, microbial community composition, and potato growth. *Science Asia* **47**:347-356.

Jacques Jr RL, Fasulo TR. 2020. Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), and False Potato Beetle, *Leptinotarsa juncta* (Germar) (Insecta: Coleoptera: Chrysomelidae). University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences. Available from <https://edis.ifas.ufl.edu/in303> (accessed November 2020).

Jager G, Van Den Boogert PHJE. 1984. Biological control of *Rhizoctonia solani* on potatoes by antagonists. 3. Inoculation of seed potatoes with different fungi. *Netherlands Journal of Plant Pathology* **90**:117-126.

Jager G, Velvis H. 1983. Biological control of *Rhizoctonia solani* on potatoes by antagonists. 1. Preliminary experiments with *Verticillium biguttatum*, a sclerotium-inhabiting fungus. *Netherlands Journal of Plant Pathology* **89**:113-123.

Jurada I, Bažok R, O'keeffe J, Drmić Z, Balaško MK, Čačija M. 2021. Low-dose insecticide combinations for Colorado potato beetle control. *Agriculture* **11**:1181.

Kohout V. 1997. Plevelle polí a zahrad. Agrospoj, Praha.

Kołodziejczyk M, Ropek D. 2019. Efficacy of Selected Insecticides and Natural Preparations Against *Leptinotarsa decemlineata*. *Potato Research* **62**:85-95.

- Krause J, Machek O. 2018. A comparative analysis of organic and conventional farmers in the Czech Republic. *Agricultural economics – Czech* **64**:1-8.
- Krüger K, van der Waals JE. 2020. Potato virus Y and Potato leafroll virus management under climate change in sub-Saharan Africa. *South African Journal of Science* **116**:37-43.
- Kutnar F. 2005. *Malé dějiny brambor*. Nová tiskárna Pelhřimov s.r.o., Výzkumný ústav hospodářský Havlíčkův Brod, Etnologický ústav AV ČR, Pelhřimov.
- Kutnjak D, Xu Y, da Silva W, Xu Y, Giovannoni J, Elena SF, Gray S. 2020. Transmission modes affect the population structure of potato virus Y in potato. *PLoS Pathogens* **16**:1-23.
- Lauzier A, Lerat S, Forest M, Grondin G, Lacelle S, Beaulieu C. 2012. Potato Suberin Induces Differentiation and Secondary Metabolism in the Genus *Streptomyces*. *Microbes and Environments* **27**:36-42.
- Lerat S, Komeil D, Padilla-Reynaud R, Simao-Beaunoir A-M, Beaulieu C. 2014. Comparative secretome analysis of *Streptomyces scabiei* during growth in the presence or absence of potato suberin. *Proteome Science* **12**:1-24.
- Liao Z, Xinyi H, Hodén KP, Åsman A, Dixelius Ch. 2022. *Phytophthora infestans* Ago1-associated miRNA promotes potato late blight disease. *New Phytologist* **233**:443-457.
- Lojewski JA, Wenninger EJ. 2019. Comparison of Two Different Statistical Methods for Assessing Insecticide Efficacy in Small Plot Trials Targeting Wireworms, *Limonium californicum* (Mannerheim) (Coleoptera: Elateridae), in Potato. *American Journal of Potato Research* **96**:578-587.
- Macák M, Žák Š, Polláková N. 2012. Yield and technological quality of ecological and low-input production of potatoes. *Journal of Central European Agriculture* **13**:588-603.
- Marči D, Međo I. 2015. Sublethal effects of azadirachtin-A (NeemAzal-T/S) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Systematic & Applied Acarology* **20**:25-38.
- Martinková Z, Honěk A. 2011. Asymmetrical intraspecific competition in *Echinochloa crus-galli* is related to differences in the timing of seedling emergence and seedling vigour. *Plant Ecology* **212**:1831-1839.
- Mashilo J, Odindo A, Magwaza LS, Mditshwa A, Mthembu SG. 2021. Drought tolerance assessment of potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes at different growth stages, based on morphological and physiological traits. *Agricultural water management* **261**:107361.
- Mathiassen SK, Alebrahim, MT, Majd R, Abdollahi F, Zangouejad R, Dayan FE, Kudsk P. 2021. Absorption and Metabolism of Foliar-Applied Rimsulfuron in Potato (*Solanum*

tuberosum L.), Common Lambsquarters (*Chenopodium album* L.) and Redroot Pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). *Potato Research* **64**:635-648.

Möller K, Pawelzik E. 2014. Sustainable potato production worldwide: the challenge to assess conventional and organic production systems. *Potato research* **57**:273-290.

Monas technology. 2022a. KESTOM®. Monas technology. Available from <http://monastechnology.cz/index.php/produkty/?kestom> (accessed March 2022).

Monas technology. 2022b. BASKUS®. Monas technology. Available from <http://monastechnology.cz/index.php/produkty/?baskus> (accessed March 2022).

Monas technology. 2022c. FIX-H+N®. Monas technology. Available from <http://monastechnology.cz/index.php/fix-hn> (accessed March 2022).

Monteiro A, Henriques I, Moreira I. 2012. Critical period for weed control in potatoes in the Huambo province (Angola). *Planta daninha* **29**:351-362.

Nath PD, Halabi MH, Oladokun JO. 2022. Rapid detection of *Potato leafroll virus* and *Potato virus Y* by reverse transcription loop-mediated isothermal amplification method in north-east India. *Journal of Virological Methods* **300**:114363.

Navarre R, Bamberg J, Suriano J, Moehninsi. 2015. Variation for Tuber Greening in the Diploid Wild Potato *Solanum Microdontum*. *American Journal of Potato Research* **92**:435-443.

Nofel MM, Attia MS, Balabel NM, Ababutain IM, Osman MS, Abd EM, Elkhatib WF, El-Sayyad GS, El-Batal AI. 2021. Protective Role of Copper Oxide-Streptomycin Nano-drug Against Potato Brown Rot Disease Caused by *Ralstonia solanacearum*. *Journal of Cluster Science: Including Nanoclusters and Nanoparticles* **28**:27577-27592.

Ortiz A, Sansinenea E. 2022. *Bacillus thuringiensis* based biopesticides for integrated crop management. *Biopesticides* **2**:1-6.

Panferov VG, Safenkova IV, Varitsev YA, Drenova NV, Kornev KP, Zherdev AV, Dzantiev BB. 2016. Development of the sensitive lateral flow immunoassay with silver enhancement for the detection of *Ralstonia solanacearum* in potato tubers. *Talanta* **152**:521-530.

Parker WE. 1996. The development of baiting techniques to detect wireworms (*Agriotes* spp., Coleoptera: Elateridae) in the field, and the relationship between bait-trap catches and wireworm damage to potato. *Crop Protection* **15**:521-527.

Patton MF, Hansen AK, Casteel CL. 2021. Potato leafroll virus reduces *Buchnera aphidicola* titer and alters vector transcriptome responses. *Scientific Reports* **11**:1-13.

- Pelletier Y, Giguère M-A, Nanayakkara U, Nie X, Zhang J. 2012. *Chenopodium album* L. as a Host for Potato Virus Y (PVY) in New Brunswick, Canada. *American Journal of Potato Research* **89**:245-247.
- Percivala GC, Karimb MS, Dixon GR. 1998. Influence of light-enhanced glycoalkaloids on resistance of potato tubers to *Fusarium sulphureum* and *Fusarium solani* var. *Coeruleum*. *Plant Pathology* **47**:665-670.
- Pieterse L. 2021. Latest global potato statistics now updated. Potato news today. Available from <https://www.potatonewstoday.com/2021/07/27/latest-global-potato-statistics-now-updated/> (accessed December 2021).
- Poirier GG, Lauzier A, Simao-Beauvoir A-M, Bourassa S, Talbot B, Beaulieu C. 2008. Effect of potato suberin on *Streptomyces scabies* proteome. *Molecular plant pathology* **9**:753-762.
- Poirier R, Vikram A, Jayasuriya K, Moreau G, Al-Mughrabi KI. 2015. Management of common scab of potato in the field using biopesticides, fungicides, soil additives, or soil fumigants. *Biocontrol Science and Technology* **26**:125-135.
- Prange RK, Ramin AA, Daniels-Lake BJ, DeLong JM, Braun PG. 2006. Perspectives on Postharvest Biopesticides and Storage Technologies for Organic Produce. *HortScience* **41**:301-303.
- Ramos ME, Wraight SP. 2017. Characterization of the synergistic interaction between *Beauveria bassiana* strain GHA and *Bacillus thuringiensis morrisoni* strain tenebrionis applied against Colorado potato beetle larvae. *Journal of Invertebrate Pathology* **144**:47-57.
- Rębarz K, Borówczak F, Grześ S. 2006. Weed infestation of potatoes depending on irrigation and cultivation system. *Progress in Plant Protection* **46**:219-222.
- Ritter E, Alvarez-Morezuelas A, Alor N, Barandalla L, de Galarreta JIR. 2021. Virulence of *Phytophthora infestans* isolates from potato in Spain. *Plant Protection Science* **57**:279-288.
- Roger I, García-Robles I, De Loma J, Capilla M, Boix-Montesinos P, Carrión P, Vicente M, López Galiano MJ, Real MD, Rausell C. 2020. Proteomic insights into the immune response of the Colorado potato beetle larvae challenged with *Bacillus thuringiensis*. *Developmental & Comparative Immunology* **104**:103525.
- Roşu E, Florian V, Rusu M. 2020. Ecological agriculture and biodiversity-relationships, congruences, objective conditions and perceptions of local actors. *Agrarian Economy and Rural Development – Realities and Perspectives for Romania* **11**:211-218.

Rutgers B, van Evert FK, de Ruijter EJ, Conijin JG, Haverkort AJ. 2013. Worldwide sustainability hotspots in potato cultivation. 2. areas with improvement opportunities. *Potato research* **56**:355-368.

Rychcik B, Wierzbowska J, Kaźmierczak-Pietkiewicz M, Światły A. 2020. Impact of crop production system on the content of macronutrients in potato tubers. *Acta Agriculturae Scandinavica: Section B, Soil & Plant Science* **70**:349-359.

Serefoglu C, Serefoglu S. 2016. Consumer fair prices for less pesticide in potato. *Italian Journal of Food Science* **28**:107-120.

Sevim A, Demirbağ Z, Demir İ. 2010. A new study on the bacteria of *Agrotis segetum* Schiff. (Lepidoptera: Noctuidae) and their insecticidal activities. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry* **34**:333-342.

Scherrer C, Hiltbrunner J, Streit B, Jeanneret P, Zihlmann U, Tschachtli R. 2008. Long-term weed community dynamics in Swiss organic and integrated farming systems. *Weed Research* **48**:360-369.

Schumann AW, Hussain N, Farooque AA, Abbas F, Acharya B, McKenzie-Gopsill A, Barrett R, Afzaal H, Zaman QU, Cheema MJM. 2021. Application of deep learning to detect Lamb's quarters (*Chenopodium album* L.) in potato fields of Atlantic Canada. *Computers and Electronics in Agriculture* **182**:106040.

Singhai PK, Sarma BK, Srivastava JS. 2011. Biological management of common scab of potato through *Pseudomonas* species and vermicompost. *Biological Control* **57**:150-157.

Stephan D, Schmitt A, Carvalho SM, Seddon B, Koch E. 2005. Evaluation of biocontrol preparations and plant extracts for the control of *Phytophthora infestans* on potato leaves. *European Journal of Plant Pathology* **112**:235-246.

Struik PC, Kacheyo OC, van Dijk LCM, de Vries ME. 2020. Augmented descriptions of growth and development stages of potato (*Solanum tuberosum* L.) grown from different types of planting material. *Annals of applied biology* **178**:549-566.

Syller J, Marczewski W. 2001. Potato leafroll virus-assisted aphid transmission of potato spindle tuber viroid to potato leafroll virus-resistant potato. *Journal of phytopathology* **149**:195-201.

Šarapatka B, et al. 2006. *Ekologické zemědělství v praxi. PRO-BIO, Šumperk.*

Tabacchioni S, Lal S. 2009. Ecology and biotechnological potential of *Paenibacillus polymyxa*: a minireview. *Indian Journal of Microbiology* **49**:2-10.

- Taylor MA, Okamoto H, Ducreux LJM, Allwood W, Hedley PE, Wright A, Gururajan V, Terry MJ. 2020. Light Regulation of Chlorophyll and Glycoalkaloid Biosynthesis During Tuber Greening of Potato *S. tuberosum*. *Frontiers in Plant Science* **11**:753.
- Tomášek J, Dvořák P. 2009a. Alternativní ochrana brambor v systému ekologického zemědělství. *Úroda* **12**:164-168.
- Tomášek J, Dvořák P. 2009b. Alternative protection of biopotatoes in organic farming. *Lucrari Stiintifice, Scientific papers, series A Agronomy* **52**:133-135.
- Tong Z, et al. 2021. Elucidation of potato tuber response to fusarium solani var. Coeruleum infection transcriptome analysis. *Journal of Animal & Plant Sciences* **31**:468-479.
- Torres C, Padilla-Gálvez N, Luengo-Urbe P, Mancilla S, Maurin A, Ruiz P, France A, Acuña I, Urrutia H. 2021. Antagonistic activity of endophytic actinobacteria from native potatoes (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* L.) against *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* and *Pectobacterium atrosepticum*. *BMC Microbiology* **21**:1-17.
- Tsrer L. 2010. Biology, Epidemiology and Management of *Rhizoctonia solani* on Potato. *Journal of phytopathology* **158**:649-658.
- Tweddell RJ, Mecteau MR, Arul J. 2008. Effect of different salts on the development of *Fusarium solani* var. *coeruleum*, a causal agent of potato dry rot. *Phytoprotection* **89**:1-6.
- Valeta V, Diviš J. 2006. Která odrůda bramboru je vhodná. *Zemědělec* **7**:42.
- Viskelis P, Brazinskiene V, Asakaviciute R, Miezeliene A, Alencikiene G, Ivanauskas L, Jakstas V, Razukas A. 2014. Effect of farming systems on the yield, quality parameters and sensory properties of conventionally and organically grown potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. *Food chemistry* **145**:903-909.
- Vokál B, et al. 2000. *Brambory*. Agrospoj, Praha.
- Vučetić A, Jovičić I, Petrović-Obradović O. 2013. The pressure of Aphids (Aphididae, Hemiptera), vectors of potato viruses. *Archives of Biological Sciences* **65**:659-666.
- Wagenhoff E, Blum R, Delb H. 2016. Sublethal effects of NeemAzal®-T/S on cockchafers, *Melolontha* spp. (Col., Scarabaeidae), with a special focus on application timing and beetles' recovery capabilities. *Phytoparasitica* **44**:125-138.
- Wang W, et al. 2017. *Dryopteris crassirhizoma* Dryocrassin ABBA for Postharvest Control of the Potato Dry Rot Pathogen *Fusarium solani* var. *coeruleum*. *Journal of Phytopathology* **165**:367-379.

Wenzl H, Demel J. 1967. Bildskalen für die Beurteilung von Kartoffelschorf und Rhizoctonia-Pocken. Pflanzenerzt **20**:77-78.

White GP, Macdonald JE, Côté M-J. 2000. Differentiation of *Phoma foveata* from *P. exigua* using a RAPD Generated PCR-RFLP Marker. European Journal of Plant Pathology **106**:67-75.

Williams IH, Olle M, Tsahkna A, Tähtjärv T. 2015. Plant protection for organically grown potatoes – a review. Biological Agriculture & Horticulture **31**:147-157.

Wilson C, Tegg R, Eyles A, Tanios S. 2018. Potato Tuber Greening: a Review of Predisposing Factors, Management and Future Challenges. American Journal of Potato Research **95**:248-257.

Wilson R, Culp D, Peterson S, Nicholson K, Geisseler D. 2019. Cover crops prove effective at increasing soil nitrogen for organic potato production: Organic crops command high wholesale prices, but organic management of nutrient deficiencies and pests can be a challenge. California Agriculture **73**:79-89.

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. Journal of Invertebrate Pathology **90**:139-150.

Wright DJ, Ali A, Tariq K. 2016. Resistance to Peach-potato Aphid, *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae) in Potato Cultivars. Gesunde Pflanzen **68**:213-219.

Zabel A, Manojlovic B, Rajkovic S, Stankovic S, Kostic M. 2002. Effect of Neem extract on *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae) and *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of pest science **75**:19-25.

Zaharov AM, Novikova II, Minin VB, Titova JA, Krasnobaeva IL, Perekopsky AN. 2021 Biological effectiveness of a new multifunctional biopesticide in the protection of organic potatoes from diseases. Agronomy Research **19**:1617-1626.

Zarzyńska K, Pietraszko M. 2015. Influence of Climatic Conditions on Development and Yield of Potato Plants Growing Under Organic and Conventional Systems in Poland. American Journal of Potato Research **92**:511-517.

Zhao C, et al. 2019. A quick and efficient hydroponic potato infection method for evaluating potato resistance and *Ralstonia solanacearum* virulence. Plant Methods **15**:1-11.

Zhao D, Li Y. 2021. Transcriptome analysis of scions grafted to potato rootstock for improving late blight resistance. BMC Plant Biology **21**:272.

9 Seznam použitých zkratek

ČR	-	Česká republika
ČZU	-	Česká zemědělská univerzita
EU	-	Evropská unie
EZ	-	ekologické zemědělství
FAPPZ	-	Fakulta agrobiologie potravinových a přírodních zdrojů
GMO	-	geneticky modifikované organismy
ha	-	hektar
kg	-	kilogram
l	-	litr
LAI	-	leaf area index (index listové pokrývnosti)
mil	-	milion
PLRV	-	Potato leafroll virus (virová svinutka bramboru)
PSTVd	-	Potato spindle tuber viroid (viroidová vřetenovitost hlíz bramboru)
PVY	-	Potato virus Y (Y virus bramboru)
RNA	-	ribonucleic acid (ribonukleová kyselina)
t	-	tuna
TRV	-	Tobacco rattle virus (virus kadeřavosti tabáku)
USA	-	United States of America (Spojené státy americké)
USD	-	United states dollar (americký dolar)
ÚKZUZ	-	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

10 Seznam tabulek a grafických prvků

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Produkce brambor v ČR 2014-2020 (tun)

Tabulka č. 2: Osevní plocha brambor v ČR 2014-2020 (hektar)

Tabulka č. 3: Další abiotická poškození bramboru

Tabulka č. 4: Průběh a hodnocení teplot na pokusné ploše Výzkumné stanice Červený Újezd v roce 2021

Tabulka č. 5: Průběh a hodnocení srážek na pokusné ploše Výzkumné stanice Červený Újezd v roce 2021

Tabulka č. 6: Stupnice k hodnocení *Phytophthora infestans*

Tabulka č. 7: Stupnice k hodnocení strupovitosti

Tabulka č. 8: Vývoj počtu larev mandelinky bramborové na variantách NeemAzal T/S a Kontrola

Tabulka č. 9: Vývoj stupně napadení variant Baskus a Kontrola *P. infestans*

Tabulka č. 10: Hodnocení ošetření NeemAzal T/S na výnos konzumních hlíz (>35 mm)

Tabulka č. 11: Hodnocení dosaženého výnosu konzumních hlíz (>35 mm) dle ošetření

Tabulka č. 12: Hodnocení výnosu – hlízy <35 mm (počet a hmotnost)

Tabulka č. 13: Hodnocení výnosu – hlízy 35-59 mm (počet a hmotnost)

Tabulka č. 14: Hodnocení výnosu – počet hlíz >60 mm (počet a hmotnost)

Tabulka č. 15: Výskyt strupovitosti u malých hlíz <35 mm

Tabulka č. 16: Výskyt strupovitosti u středních hlíz 35-59 mm

Tabulka č. 17: Výskyt strupovitosti u velkých hlíz >60 mm

Tabulka č. 18: Vliv ošetření na výskyt bakterióz na hlízách

Seznam grafů

Graf č. 1: Vývoj počtu larev mandelinky bramborové na variantách NeemAzal T/S a Kontrola

Graf č. 2: Vývoj stupně napadení variant Baskus a Kontrola *P. infestans*