

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Účinnost dostupných biofungicidů při regulaci plísně  
bramboru v EZ**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Magdaléna Kuklová  
Obor studia: Ekologické zemědělství**

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

© 2022 ČZU v Praze



## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci Účinnost dostupných biofungicidů při regulaci plísně bramboru v EZ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14. 4. 2022

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Petru Dvořákovi, Ph.D. za odbornou pomoc a trpělivost při vedení mé diplomové práce.

# Účinnost dostupných biofungicidů při regulaci plísně bramboru v EZ

## Souhrn

Diplomová práce se věnovala problematice účinnosti dostupných biofungicidů při regulaci plísně bramboru v ekologickém zemědělství. Literární rešerše shrnuje informace o významu pěstování brambor v ekologickém zemědělství, integrované ochraně rostlin, pěstitelské technologii. Dále byla literární rešerše zaměřena na problematiku plísně bramboru a vybraných biologických přípravků pro ochranu rostlin.

Praktická část diplomové práce zhodnotila pokus, který byl proveden na pozemcích Výzkumné stanice v Uhřetěvsi ČZU v Praze. Obsahem byla charakteristika lokality pozemku, popis odrůdy Ditta a dílčí metodika pokusu, jako je hodnocení rozsahu napadení plísně bramboru, hodnocení velikosti, počtu, hmotnosti hlíz a účinnost použitých přípravků.

Sadba brambor byla rozdělena do šesti variant po čtyřech opakováních, na pět variant s biologickou ochranou a jednu kontrolní.

Mezi zkoumané přípravky byly vybrány Polyversum, Polyversum + Serenade ASO, Chitosan 1 %, Chitosan 0,5 %, Chitosan 0,25 %. Jedná se o přípravky, které jsou založené na různých účinných látkách. Biofungicid Polyversum obsahuje oospory houbového mikroorganismu *Pythium oligandrum*, přípravek Serenade ASO je směsí spor a lipopeptidů poměrně běžné bakterie *Bacillus subtilis* a Chitosan je látka získávaná z chitinu (ze schránek mořských živočichů/bezobratlých). Během vegetace byl sledován vývoj plísně bramboru v porostu a zhodnocen před každou aplikací postřiku biofungicidů. Což bylo následně zhodnoceno pomocí hodnot AUDPC. Pro hodnocení vlivu plísně na hlízy a výnosy, byl sklizen jeden řádek z každého opakování (4x25 trsů). Poté bylo provedeno hodnocení počtu a hmotnosti hlíz z každé varianty a zjištěny celkové výnosy a výnosy konzumních hlíz. Pro každou variantu byla také určena průměrná hmotnost jedné konzumní hlízy. Výsledky byly následně statisticky zhodnoceny.

Nejvyšší účinnost vykazovala kombinace přípravků Polyversum + Serenade ASO. Jejich aplikace nejvíce snižovala výskyt plísně bramboru v porostu a dosáhla nejnižší hodnoty AUDPC (3525) proti neošetřené variantě (3674). Napadení porostu plísní bramboru ovlivnilo výnosy konzumních hlíz z 80,9 %.

Statisticky významné rozdíly v hodnocení počtu a hmotnosti hlíz byly zjištěny ve frakci 55-60 mm u přípravku Chitosan 0,5 %, kde bylo zjištěno nejvíce hlíz, které vykazovaly největší hmotnost oproti neošetřené kontrole. Největší hmotnostní hlíz celkem zajistilo ošetření u varianty Polyversum + Serenade ASO. Frakci hlíz 40-55 mm, tedy hlíz konzumních, s výrazným přesahem nad 350 g/trs tuto kategorii ovládla také tato kombinace. Na druhém místě se v této frakci umístilo samotné Polyversum. Nejhorší výsledky, dle předpokladů, měla neošetřená kontrolní parcela. Nejvyšší přepočtený výnos hlíz byl tedy u kombinace přípravků Polyversum + Serenade ASO s 28,7 t/ha. Druhým nejúspěšnějším přípravkem s hodnotou 26,7 t/ha, byl samostatný postřik Polyversum. Chitosan ve svých procentuálních koncentracích nevykazoval až takové rozdíly ve výnosech, nejlepších výsledků však dosáhl 1 % roztok s výnosem 25,9 t/ha. V důsledku výskytu plísně bramboru byla vegetace u biologických variant zkrácena o přibližně 25 dní, což v kombinaci i s vyšším výskytem larev mandelinky

bramborové, znamenalo výrazně nižší výnosovou úroveň. Předčasné ukončení vegetace neumožnilo upokojivý nárůst hlíz, a proto pod trsem byla přítomna téměř pouze nejmenší frakce konzumních hlíz 40-55 mm.

**Klíčová slova:** ekologické zemědělství, plíseň bramboru, ochrana rostlin, biofungicidy

# Efficacy of available biofungicides in the control of potato blight in organic farming

## Summary

The thesis dealt with the effectiveness of available biofungicides in the control of potato blight in organic farming. The literature search summarizes information on the importance of potato cultivation in organic farming, integrated plant protection, cultivation technology. Furthermore, the literature search focused on potato blight and selected biological products for plant protection.

The practical part of the thesis evaluated the experiment, which was carried out on the land of the Research Station in Uhřetěves ČZU in Prague. The content was the characterization of the plot location, description of the variety Ditta and partial methodology of the experiment, such as evaluation of the extent of potato blight infestation, evaluation of the size, number, weight of tubers and the effectiveness of the products used.

The potato seedlings were divided into six treatments of four replications each, five biological control treatments and one control.

The investigated products included Polyversum, Polyversum + Serenade ASO, Chitosan 1 %, Chitosan 0.5 %, Chitosan 0.25 %. These are preparations that are based on different active ingredients. The biofungicide Polyversum contains oospores of the fungal microorganism *Pythium oligandrum*, Serenade ASO is a mixture of spores and lipopeptides of the relatively common bacterium *Bacillus subtilis* and Chitosan is a substance derived from chitin (from the shells of marine animals/invertebrates). The development of potato blight in the crop was monitored during the growing season and assessed before each spray application of biofungicides. Which was subsequently assessed using AUDPC values. One row from each replicate (4x25 clusters) was harvested to assess the effect of the fungus on tubers and yield. The number and weight of tubers from each replicate were then evaluated and total yield and yield of edible tubers were determined. The average weight per edible tuber was also determined for each variant. The results were then statistically evaluated.

Polyversum + Serenade ASO showed the highest efficiency. Its application reduced the incidence of potato blight in the crop the most. It showed the lowest AUDPC value (3525) against the untreated variant (3674). Potato blight infestation of the crop affected the yield of edible tubers by 80.9 %.

Statistically significant differences in the number and weight of tubers were found in the 55-60 mm fraction for Chitosan 0.5 %, where most tubers were found to have the highest weight compared to the untreated control. Polyversum + Serenade ASO variant presented the highest tuber weight distribution for each fraction. The 40-55 mm fraction, i.e. consumable tubers, dominated this category with a significant overlap of over 350 g. In second place in this fraction was Polyversum alone. The worst results, as expected, were in the untreated control plot. The highest converted tuber yield was for Polyversum + Serenade ASO at 28.7 t/ha. The second most successful product, with 26.7 t/ha, was the single spray Polyversum. Chitosan did not show such a difference in yields in its percentage concentrations, but the best results were achieved by the 1 % solution with a yield of 25.9 t/ha. Due to the presence of potato blight, the growing season was shortened by approximately 25 days for the biological variants, which,

combined with the higher incidence of potato mandolin larvae, resulted in a significantly lower yield level. premature termination of vegetation did not allow satisfactory tuber growth and therefore almost only the smallest tuber fraction of 40-55 mm was present under the cluster.

**Keywords:** organic farming, biofungicides, plant protection, potato blight



# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>Integrovaná ochrana rostlin</b>	<b>13</b>
3.1.1	Historie	13
3.1.2	Současnost	14
3.1.3	Význam a postavení IOR v ekologickém zemědělství	14
<b>3.2</b>	<b>Ekologické zemědělství a význam pěstování brambor v EZ</b>	<b>14</b>
<b>3.3</b>	<b>Plíseň bramboru</b>	<b>15</b>
3.3.1	Původce	15
3.3.2	Výskyt a příznaky	17
<b>3.4</b>	<b>Prvky pěstitelské technologie omezující výskyt plísně bramboru</b>	<b>17</b>
3.4.1	Výběr vhodného stanoviště	17
3.4.2	Výběr odrůd	18
3.4.3	Příprava pozemku a sadby	18
3.4.4	Založení porostů	19
3.4.4.1	Spon výsadby	19
3.4.4.2	Hloubka sázení	19
3.4.4.3	Termín výsadby	19
3.4.5	Prognóza a signalizace	20
<b>3.5</b>	<b>Biologická regulace hub</b>	<b>20</b>
3.5.1	Optimální působení bioprepátů	22
3.5.2	Aplikace	22
<b>3.6</b>	<b>Vybrané účinné látky biologických přípravků na ochranu rostlin</b>	<b>22</b>
3.6.1	Pythium oligandrum	22
3.6.2	Bacillus subtilis	22
3.6.3	Olej z rostliny Pongamia pinnata	23
3.6.4	Chitosan	24
<b>3.7</b>	<b>Botanické pesticidy v EZ a jejich legislativa</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>Materiál a metody</b>	<b>27</b>
<b>4.1</b>	<b>Charakteristika pokusného stanoviště</b>	<b>27</b>
4.1.1	Charakteristika meteorologických podmínek	28
<b>4.2</b>	<b>Příprava pozemku, založení a mechanické ošetření</b>	<b>28</b>
<b>4.3</b>	<b>Metodika vlastního pokusu</b>	<b>28</b>
4.3.1	Vybraná odrůda – Ditta	29

4.3.2	Aplikace biofungicidů .....	30
4.3.2.1	Polyversum .....	30
4.3.2.2	Chitosan hydrochlorid .....	30
4.3.2.3	Serenade ASO .....	30
4.3.2.4	Aplikační a hodnotící postup .....	30
4.3.3	Statistické vyhodnocení .....	31
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>32</b>
<b>5.1</b>	<b>Hodnocení rozsahu napadení plísní bramboru .....</b>	<b>32</b>
<b>5.2</b>	<b>Hodnocení velikosti, počtu a hmotnosti hlíz .....</b>	<b>33</b>
5.2.1	Hodnocení počtu hlíz.....	33
5.2.2	Hodnocení hmotnosti hlíz.....	35
<b>5.3</b>	<b>Hodnocení výnosů a korelace s výskytem choroby.....</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>40</b>
<b>6.1</b>	<b>Vliv vybraných biofungicidů na výskyt choroby v porostu .....</b>	<b>40</b>
<b>6.2</b>	<b>Vliv vybraných biofungicidů a jejich aplikace na tvorbu hlíz .....</b>	<b>41</b>
<b>6.3</b>	<b>Vliv biofungicidů na výnos tržních (konzumních hlíz) .....</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>44</b>
<b>8</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>46</b>

# 1 Úvod

Pěstování brambor ve světě i v České republice je důležitou součástí zemědělské výroby a brambory jako potravinová surovina hrají důležitou roli v potravinové skladbě obyvatelstva. V současné době je hojně diskutované téma ekologické zemědělství, z hlediska tlaku Evropské unie na omezování pesticidů při pěstování rostlin, ale i z hlediska ochrany životního prostředí a zdraví lidí.

Plochy biobrambor zaznamenávají výrazné výkyvy a projevuje se zde celá řada problémů. Především je to náročná pěstitelská technologie a vysoká výnosová variabilita s nízkou výtěžností konzumních hlíz. S tím souvisí i způsob uplatnění produkce, kdy většina biopěstitelů uplatní svou produkci lokálně ze dvora, za pro ně přijatelnou cenu (Diviš et al. 2011).

Napadení porostů brambor plísní bramboru patří mezi největší problémy při pěstování, které mohou ovlivnit výnos a kvalitu hlíz. Z tohoto důvodu je důležité se zabývat výzkumem a ověřením nových postupů ochrany porostů brambor pomocí biologických přípravků, které jsou v ekologickém zemědělství povoleny.

## **2 Cíl práce**

Zhodnotit účinnost a využitelnost biofungicidů v porostech brambor. Předložit praktická doporučení v oblasti jejich použití a postupu aplikace.

Hypotéza: Výskyt plísně bramboru na nati lze v porostech brambor účinně snížit aplikací biofungicidů či dalších účinných látek využitelných v ekologickém zemědělství.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Integrovaná ochrana rostlin

Integrovaná ochrana rostlin (IOR) je systém regulace škodlivých organismů, který využívá všechny ekonomicky, ekologicky i toxikologicky přijatelné metody pro udržení škodlivých organismů pod prahem ekonomické a hospodářské škodlivosti s přednostním využitím přirozených omezujících faktorů, což jsou antagonistické mikroorganismy, predátoři nebo parazitoidi živočišných škůdců. Ekonomický práh škodlivosti vyjadřuje intenzitu výskytu škodlivých organismů, při které je pokles hodnoty produkce větší než náklady vynaložené na ochranná opatření (Hrudová et al. 2006).

Přesná definice dle nové směrnice FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations) popisuje IOR takto: Pečlivé zvažování veškerých dostupných metod ochrany rostlin a následná integrace vhodných opatření, která potlačují rozvoj populací škodlivých organismů a udržují používání přípravků na ochranu rostlin jiných forem zásahu na úrovních, které lze z hospodářského a ekologického hlediska odůvodnit a které snižují či minimalizují ohrožení lidského zdraví nebo životního prostředí. Systém integrované ochrany rostlin klade důraz na růst zdravých plodin při co nejmenším narušení zemědělských ekosystémů a podporuje mechanismy přirozené ochrany proti škodlivým organismům (Falta 2019).

#### 3.1.1 Historie

První reference o používání přímých prostředků proti škodlivým živočichům najdeme např. již v indické literatuře z období 2000 let př. Kr., kde byly k hubení škůdců používány některé jedovaté rostliny. Obdobným způsobem řešili problémy v zemědělství nejen staří Egypťané, ale i Římané. Ti např. používali k hubení hlodavců rostliny rodu *Helleborus* (čemeřice). Homér (1000 př. Kr.) se zmiňuje o fumigacích prostřednictvím síry. Arabský učenec Abu Mansur sice již v roce 970 po Kr. popisuje kolem 450 rostlin s ověřenými toxickými či farmaceutickými účinky, ale rozvoj metod ochrany značně stagnoval až do konce 15. století. K tomuto datu lze také vztáhnout i počátek systematictějšího rozvoje „ochrany rostlin“ v Evropě, který byl spojen s cestami Kryštofa Kolumba k břehům amerického kontinentu (1492–1503). Vývoj urychlil nejen export nových plodin z Ameriky do Evropy, ale také skutečnost, že s intenzivní námořní dopravou byly postupně importovány i škodlivé druhy organismů (včetně predátorů). Je zajímavé, že inspiraci pro některé v dnešní době „moderní“ postupy v ochraně dali původní obyvatelé Nového světa. Venezuelští indiáni využívali v ochraně insekticidních účinků rostliny *Sabadilla officinarum*, obyvatelé Střední Ameriky dřevinu *Quassia amara* a severoameričtí indiáni znali zoocidní účinky nikotinu z tabáku (Falta 2019).

Pojem „integrovaná kontrola“ (integrated control) byl poprvé použit v 50. letech na univerzitě v Kalifornii. Hlavním cílem bylo najít ideální kombinaci chemické a biologické kontroly pro daný typ škůdce. Již v této době byl vyzorován ekologický dopad využívání chemických insekticidů na ekosystém. Dalším cílem byla snaha o redukci používání těchto chemikálií a navržení způsobu jako je použít, aby měly co nejméně rušivý efekt na biologickou ochranu. V únoru 1972 integrovaná kontrola stala ve Spojených státech součástí národní

politiky. Tehdejší prezident Richard Nixon se zasloužil o prosazení koncepce a aplikace IOR ve všech příslušných odvětvích. V roce 1979 založil prezident Jimmy Carter výbor pro rozvoj a zavádění nových postupů IOR (Hrudová et al. 2006).

V České republice se IOR začalo postupně rozšiřovat až na začátku 90. let, a i v této době byla využívána pouze ze strany drobných zemědělců (Falta 2019).

### **3.1.2 Současnost**

Dle Eagri (2020) se v ČR v současné době systémy IOR využívají zejména v rámci systémů integrované produkce (IP) u vytrvalých kultur – v ovocných sadech a ve vinicích, částečně také při pěstování zeleniny. V polních systémech se zásady IOR uplatňují jen velmi obtížně a neexistuje žádný ucelený koncept IOR pro jednoleté kultury. V současnosti se rozvíjí koncepce demonstračních farem, která by mohla do budoucna prezentovat dílčí oblasti IOR v praxi.

### **3.1.3 Význam a postavení IOR v ekologickém zemědělství**

Ochrana rostlin v ekologickém zemědělství se opírá o prevenci napadení rostlin škůdci, původci chorob a prevenci nadměrného výskytu plevelů. Jedná se převážně o nepřímé způsoby ochrany, jejímž cílem je omezení vzniku vhodných podmínek pro škodlivý výskyt patogenů nebo škůdců. Prevence ochrany rostlin v ekologickém zemědělství je postavena na těchto čtyřech základních pilířích: správná agrotechnika rostlin, fytosanitární opatření, použití rezistentních nebo tolerantních odrůd rostlin a podpora biodiverzity včetně podpory výskytu přirozených přátel. V případě neúčinné prevence mají ekologičtí zemědělci možnost užití přípravků na ochranu rostlin registrovaných pro ekologické zemědělství a látek stimulujičích činnost vlastních obranných mechanismů rostliny. Podmínky použití těchto přípravků se řídí platnými právními předpisy dané země (Hrudová et al. 2006).

## **3.2 Ekologické zemědělství a význam pěstování brambor v EZ**

Ekologické zemědělství je dnes v Evropě a ČR uznávanou alternativou k intenzivnímu – konvenčnímu zemědělství. Vývoj ekologického zemědělství, od svého počátku na začátku 90. let minulého století, prošel dynamickým rozvojem. Z alternativního zemědělského systému vznikla státem uznávaná a zákonem definovaná produkce, která má přísná pravidla respektující životní prostředí. Vzniklo z iniciativy zemědělců jako alternativa ke konvenčnímu zemědělství (Diviš et al. 2011).

Základem ekologického hospodaření je zdravá půda. Udržení a zlepšování úrodnosti půdy se provádí organickým hnojením, zeleným hnojením, pestrými osevními postupy a šetrným zpracováním půdy. Díky střídání plodin a mnohotvárné kulturní krajině v jeho okolí se vytváří biologická rovnováha, která posiluje schopnost rostlin se bránit proti chorobám a škůdcům (Bioinstitut 2015).

Pro označení produktů ekologického zemědělství pod značkou „BIO“ či „EKO“ jsou podmínkou kontroly, které provádí soukromé kontrolní subjekty KEZ o.p.s., ABCert AG,

Biokont s.r.o. a Burea Veritas Czech Republic, spol. s.r.o. Od 1.1.2010 byl vedle stávajících soukromých subjektů pověřen kontrolou také ÚKZÚZ (Diviš et al. 2011).

Pěstování brambor v systému ekologického zemědělství klade na pěstitele značné požadavky. Pěstitelé se musí, podobně jako u jiných plodin, vypořádat s absencí chemických přípravků na ochranu rostlin, syntetických hnojiv, dosažením přijatelného výnosu, dobré kvality hlíz a s nutností uplatňovat všechna opatření k vytvoření vyhovujících podmínek pro růst a vývoj rostlin (Vokál et al. 2004).

Brambory patří mezi nejdůležitější plodiny ekologického zemědělství vzhledem k příznivému působení na půdu, zlepšující funkci v osevním postupu, k omezení zaplevelení vlivem kultivace i k možnosti ekonomické stabilizace podniku. Existuje řada povolených odrůd, které mají předpoklad pro využití v ekologickém pěstování – kvalita hlíz, rychlý počáteční růst, nižší náročnost na dusík, vyšší odolnost plísní bramboru, virózám a obecné strupovitosti. Především zpracování půdy a vytvoření vhodných vzdušných, vlhkostních a teplotních podmínek pro kvalitní a rychlý růst vytváří předpoklady vyšší odolnosti rostlin vůči chorobám a škůdcům a současně má i vliv na jejich nižší výskyt (Diviš 2011).

### 3.3 Plíseň bramboru

*Phytophthora infestans* je nejvýznamnější chorobou této plodiny vůbec. Při souhře vhodných podmínek je pro rostliny brambor likvidačním faktorem a bez intenzivní ochrany mohou ztráty dosahovat desítek procent. Výskyt choroby je v našich podmínkách téměř každoroční, ročníky bez plísně nebo škodlivého výskytu se objevují pouze 1 – 2x za deset let. Zničením listové plochy dochází ke snížení výnosů a napadány jsou i hlízy, které po infekci hnijí již na poli, nebo až ve skladech a jejich rozklad je obvykle dále urychlován dalšími mikroorganismy, především bakteriemi (Vokál et al. 2013).

#### 3.3.1 Původce

Původcem plísně bramboru je biotrofní parazit *Phytophthora infestans*, který patří k nejvýznamnějším patogenům brambor a rajčat. Tento zástupce třídy *Oomycetes*, kam řadíme další důležité patogeny způsobující plísně na jiných kulturních plodinách, může zapříčinit rozsáhlé škody na výnosu i kvalitě na poli i ve skladovacích prostorech. V důsledku napadení natě je snížena fotosyntetická aktivita rostliny, infikované hlízy jsou snadno napadnutelné dalšími původci skládkových chorob jako jsou bakterie (*Erwinia carotovora*) nebo *Fusarium spp.*, původce suché hniloby hlíz (Mazáková & Táborský 2005).

Stálou hrozbou je rezistence tohoto patogenu k některým fungicidům hlavně díky vysokému procentu genetické obměny v populaci, která má za následek větší množství epidemií. Proto je tato choroba stále při pěstování brambor velice závažná (Hausvater et al. 2011).

Patogena *P. infestans* můžeme taxonomicky zařadit na základě různých přístupů k začlenění tohoto organismu a dalších dříve nazývaných pravých plísní. Kazda et al. (2003) zařazuje *P. infestans* takto:

Říše: *Chromista*

Oddělení: *Oomycota*

Řád: *Pythiales*

Čeleď: *Pythiaceae*

Rod: *Phytophthora* spp.

Čeleď *Pythiaceae* zahrnuje dva nejvýznamnější rody *Phytophthora* a *Pythium*. Rod *Pythium* se vyznačuje mnohem širším hostitelským spektrem, než je tomu u rodu *Phytophthora*, je jedním z původců padání klíčnic rostlin, mezi jeho hostitele patří i živočichové, řasy a houby. Zástupci rodu *Phytophthora* parazitují na různých hostitelských rostlinách. Některé druhy jsou velice úzce specializované, jiní mají široké hostitelské spektrum. Identifikace jednotlivých druhů je založena na různých morfologických vlastnostech a druhy rodu *Phytophthora* jsou rozděleny do 6 skupin dle morfologických charakteristik sporangia, oogonia, antheridia, oospory, hyfy, homothalie či heterothalie. V kombinaci s morfologickými daty lze využít pro určení mezidruhových genetických rozdílů i podrobností molekulární techniky založené na analýze proteinů, izozymů a metodu RFLP (polymorfismus restriktivně štěpené DNA) (Mazáková 2006).

#### 3.3.1.1.1 Pohlavní rozmnožování

*P. infestans* je heterothalický organismus se dvěma pohlavními typy, které označujeme jako A1 a A2. Dojde-li k interakci hyf obou pohlavních typů, dochází k pohlavnímu rozmnožování a tvorbě oospor. Možnost pohlavního rozmnožování a tvorby pohlavně vzniklých populací vychází především ze sledování genetické diverzity, která významně vzrostla po zjištění výskytu pohlavního typu A2 (Mazáková 2006).

Setkání hyf opačných pohlavních typů vznikají samčí pohlavní gametangia antheridia a samičí pohlavní gametangia oogonia. Rozmnožování je označeno jako oogametangiogamie (Kalina & Váňa 2005).

#### 3.3.1.1.2 Nepohlavní rozmnožování

Největší vliv na rozvoj a šíření původce plísně bramboru má nepohlavní rozmnožování. K tomu, aby původce mohl realizovat nepohlavní fázi cyklu je nutná přítomnost hostitelské rostliny. Mimo vegetaci patogen přežívá především na infikovaných hlízách uložených v bramborárně. *P. infestans* prezimuje v infikovaných hlízách bramboru v podobě mycelia, které se prorůstá pletivem hlízy až do klíčku. Z klíčku se mycelium rozrůstá po vnější části stonku a je příčinou diskolorace a odumírání buněk. V pozdější fázi mycelium roste mezi dřevnými buňkami stonku a pomocí stonku se dostává na povrch půdy (Mazáková 2006).

Na rostlině se následně začnou vytvářet sporangiofory (konidiofory), které vyrůstají z intercelulárního mycelia. Sporangia se vytvářejí při vysoké vlhkosti a průměrných teplotách 10-24 °C a na okolní rostliny jsou přenášena vzdušnými proudy a odstříkujícími dešťovými kapkami (Voželníková 2007).

Za vysokých teplot okolo 16-25 °C sporangium vyklíčí přímo v infekční hyfu, která se vytváří na apikálním konci sporangia. Při nižších teplotách 8-16 °C klíčí sporangium nepřímo tvorbou zoospor. Plazmatický obsah sporangia se diferencuje v zoospory (Mazáková 2006).

Infekční vlákna sporangií i zoospor pronikají kutikulou do pletiva průduchy a vytvářejí mycelium, které se rozrůstá intercelulárními prostory a do centra buněk vniká pomocí haustorií, odkud odčerpává potřebné živiny. Buňky následně podléhají zkáze. Po několika dnech z průduchů na spodní straně listů vyrůstají nové sporangiofory nesoucí sporangia, které jsou



schopné infikovat další rostliny, nebo mohou být dešťovými srážkami smyta na povrch půdy, odkud při nedostatečném zahrnutí země, mohou infikovat hlízy (Mazáková & Táborský 2005).

### 3.3.2 Výskyt a příznaky

Výskyt a šíření plísně v porostu ovlivňuje hlavně průběh počasí či odolnost odrůd. Nejlepší podmínky pro rozvoj patogenu jsou trvalejší ovlhčení listů a teploty minimálně 10 °C a optimálně 18 °C. Při optimálních podmínkách a 90% vlhkosti vzduchu je tlak infekce nejsilnější (Rasocha et al. 2008).

Ideální podmínky pro šíření infekce v porostu jsou dle Rybáčka et al. (1988) při dosažení 13 °C a relativní vzdušné vlhkosti blížíci se 100 %. Pro klíčení spor jsou pak optimální podmínky při teplotách nad 12 °C podpořené deštěm či mlhou a denními teplotami 16-24 °C.

Příznaky výskytu se při primární infekci (tj. u rostlin, které vyrostly z infikovaných hlíz) objevují na vegetačních vrcholech, kde dochází k hnědnutí a odumírání vrcholových lístků a stonků. Infekce se šíří ve vrcholové části rostliny po řapících. Sekundární infekce, tj. z rostliny na rostlinu, se objevuje v porostech brambor obvykle u raných odrůd od poloviny června, polorané a pozdní odrůdy jsou napadány později (Rasocha et al. 2008).

Na spodní straně listů, na okrajích skvrn, se při vysoké vlhkosti (nejčastěji v ranních hodinách) objevuje šedobílý plísnový povlak tvořený sporangiofory. V pozdějších stadiích epidemie je napadena celá rostlina, tj. listy i stonky a celá nať rychle odumírá (Rasocha et al. 2008).

Infikované hlízy mají na slupce olovnatě šedé, nepravidelné skvrny. Z napadeného místa na povrchu hlízy se mycelium rozrůstá do buněk a mezibuněčných prostorů, skvrny se zvětšují a spojují (Mazáková 2006).

Příznaky se objevují nejdříve za 5-6 dní po infekci, ale obvykle později v závislosti na teplotě a vlhkosti. Na řezu pod těmito skvrnami je dužnina rezavě zbarvená a zbarvení stromečkovitě proniká do hloubky. Někdy je dužnina napadena jen těsně pod slupkou. Velmi časté jsou sekundární infekce bakteriemi a houbami rodu *Fusarium*. Působením těchto patogenů je dokončován rozklad hlízy (Rasocha et al. 2008).

## 3.4 Prvky pěstitelské technologie omezující výskyt plísně bramboru

Při ekologickém pěstování brambor je velmi důležité věnovat pozornost výběru stanoviště, přípravě pozemku a kvalitě sadby. Dodržení optimálních agrotechnických termínů a kvalita provedených zásahů v porostu vedou k prodloužení doby vegetace. Pokud tyto podmínky v ekologickém způsobu pěstování nejsou splněny, tak dochází k výnosovým a kvalitativním ztrátám (Vodička & Diviš 2001).

### 3.4.1 Výběr vhodného stanoviště

Brambory mají značné nároky na provzdušnění půdy ve sféře kořenové soustavy. Významně se projevuje vyšší obsah humusu. Jsou relativně nenáročné na klimatické podmínky, snášejí mírně teplé, vlhké až mírně chladné podnebí nížin i podhorských oblastí. Konzumní

brambory určené pro nejranější spotřebu (od konce května) vyžadují teplejší, úrodnější oblasti a pěstitele vybavené závlahou s možností použít netkané textilie. Při pěstování ostatních konzumních brambor výrobní oblast nerozhoduje. Přesto však nejdůležitějším faktorem ovlivňující jejich pěstování je stanoviště.

Dle Hausvatera et al. (2011) je pro dané stanoviště vhodné, aby bylo co nejvíce otevřené s častým prouděním vzduchu. To pomáhá při osychání porostu po vydatnějších srážkách, a tím preventivně působí proti napadení houbovými patogeny. Orientace pozemku by měla být volena jihovýchodním až jižním směrem.

Dále je vhodné vymezit oblasti pro pěstování brambor na základě očekávané průměrné denní teploty a srážek v rozhodujících měsících (Vokál et al. 2004).

V České republice teplotní a srážkové požadavky nejlépe splňuje klimatický region mírně teplý, vlhký, s průměrnou roční teplotou 6–7 °C a průměrným úhrnem ročních srážek 650–750 mm. Hlavní bramborářskou oblastí je kraj Vysočina, kde se nachází zemědělská výrobní oblast bramborářská. Zde jsou ideální podmínky pro pěstování této okopaniny (Vokál 2013).

### 3.4.2 Výběr odrůd

Zarzynska (2006), popisuje kritéria výběru odrůd pro ekologické pěstování brambor. Prvním kritériem je délka vegetačního období (zajištění 75 % výnosu co nejdříve před výskytem plísně bramboru). Druhým kritériem je rezistence k plísni – co nejvíce rezistentní odrůdy pro pěstování bez chemické ochrany, nebo pouze s omezenou chemickou ochranou. Hlavními znaky odrůd pro obě kritéria jsou rychlá akumulace tržního výnosu, rychlý vývoj v počátečních stádiích růstu, vysoká rezistence k plísni, dobrá kvalita, vysoká výnosová úroveň, nízké požadavky na půdu a hnojení, vysoká rezistence k virovým chorobám a dobrá skladovatelnost.

### 3.4.3 Příprava pozemku a sadby

Zpracování půdy patří zvláštní místo, neboť zde úspěch pěstování závisí na příznivých procesech v půdě více než v zemědělství konvenčním, kde lze mnohé vyrovnat hnojením minerálním dusíkem, ošetřováním rostlin a užíváním herbicidů. Navíc musí být nalezeny kompromisy mezi ekologickými a ekonomickými požadavky (Vokál et al. 2004).

S tím také souvisí to, aby byla daná výživa vyrovnaná a nevznikaly nedostatky nějaké živiny či její nadbytky, ani jedno není příznivé. Nesprávná volba hnojení jak z hlediska dávky, tak i doby zapravení může způsobovat různé poruchy růstu či snižovat odolnost vůči chorobám (Vokál et al. 2004).

Brambory jsou řazeny v osevním postupu ke zlepšujícím a odplevelujícím plodinám. V osevním postupu z pohledu chorob, škůdců a i plevelů je nutné dodržovat odstup řazení brambor po sobě alespoň 4 roky. U brambor je na tvorbu výnosu vysoká potřeba živin. Ty by měly být k dispozici již krátce po vzejití rostlin. Proto jsou vhodné předplodiny, které podporují půdní strukturu a zanechávají po sobě velké množství dobře rozložitelné organické hmoty. Za velmi dobré předplodiny jsou považovány jetelotrávy, jetel a luskoviny. U jetelotrav a jetele je však zaznamenán nárůst výskytu drátovce (Diviš et al. 2011).

Pro vlastní přípravu půdy se dnes využívá převážně aktivní nářadí (půdní frézy, aktivní brány). Cílem kypření je prokypřit půdu dostatečně hluboko pro dobrou výsadbu, provzdušnit,

prohřát půdu, ničit plevely a další patogeny. Kypříme ihned, jakmile je půda dobře zpracovatelná (Hamouz et al. 2007).

Odolnost rostliny také souvisí s tím, v jaké růstové fázi rostlina dané chorobě či škůdci čelí, tj. je vhodné klíčení sadby urychlit. Jestliže tedy zemědělec použije narašenou či naklíčenou sadbu, tak zvyšuje rostlině „šance“ na lepší zvládnutí případného napadení danými patogeny (Wohlleben 2018).

Příprava vhodné sadby začíná již na podzim při sklizni sadbových porostů a naskladňování hlíz. V této fázi se provádí tzv. mechanická příprava sadby. Sklizené partie je potřeba zbavit mechanických příměsí, odstranit hlízy matečné, podrozměrné, mechanicky poškozené, deformované, zjevně napadené chorobami nebo jinak vadné hlízy (Vokál 2001).

Z pohledu plísně bramboru se jako nutnost v EZ ukazuje biologická příprava sadby (narašením, či lépe předklíčením). Následný růst kořenů a vitalitu porostů lze také podpořit ošetřením sadbových hlíz před výsadbou či aplikací při výsadbě (Dvořák et al. 2014). Dle autorů lze počáteční růst rostlin také stimulovat použitím bílé netkané textilie (nakrytím porostu), která zvyšuje výnos konzumních hlíz při časných termínech sklizně.

### **3.4.4 Založení porostů**

#### **3.4.4.1 Spon výsadby**

Spon je významným regulačním faktorem velikosti a vyrovnanosti hlíz. V současné době je u nás nejpoužívanější spon 750 x 210-310 mm (podle užitkového směru pěstování nižší vzdálenost pro množitelské porosty, vyšší pro konzumní). Optimální počet trsů na hektar je dán především užitkovým směrem pěstování a souvisí i s vlastnostmi použité odrůdy, tj. schopností vytvářet menší či větší hlízy (Vokál 2001). Vokál (2001), dále uvádí v rámci jedné odrůdy a totožné přípravy půdy a dalších faktorů má trs u sponů s menší vzdáleností hlíz v řádku nižší počet hlíz, avšak tyto hlízy jsou vyrovnané a je zde vysoký podíl velikostní frakce 35–60 mm. V případě sponů s větší meziřádkovou vzdáleností je vyšší nasazení hlíz o vyšší průměrné hmotnosti, avšak hlízy jsou méně vyrovnané s vyšším podílem velikostní frakce nad 60 mm.

Pro pěstování brambor v ekologickém zemědělství je optimální hustota porostu asi 40 tisíc rostlin na hektar. Vytváří se vhodné mikroklima porostu, které snižuje výskyt plísně bramborové. Podle velikosti sadby se pohybuje spotřeba sadby zpravidla v rozmezí 2,5 – 3,0 t/ha (Škeřík 2002).

#### **3.4.4.2 Hloubka sázení**

Vokál (2001) uvádí hloubku sázení při optimálních půdních a klimatických podmínkách rovnu velikosti hlíz nebo maximálně o 5 cm větší. Všeobecně by se měla dodržovat zásada „mělce sázek, vysoko nahrnovat“. Škeřík (2002) uvádí hloubku sázení od 6–8 cm s ornici nahrnutou do minimální výšky 10 cm nad hlízami.

#### **3.4.4.3 Termín výsadby**

Termín sázení závisí na vlhkosti půdy, v žádném případě nesázíme brambory do mokré půdy, kde dojde k tzv. „zamazání hlíz“ (Neuberg & Padel 1994).

Minimální teplota půdy, která ještě podporuje klíčení sadbových hlíz je 6–9 °C. Důležitější je však vlhkost půdy než teplota. Čím teplejší je oblast, tím dříve je možno kvalitně připravit půdu a termín výsadby brambor se urychluje. Sazení by mělo být ukončeno nejpozději 5. května, protože po tomto termínu se začíná snižovat výnos hlíz a mohou nastat další problémy vedoucí k nižšímu výnosu a horší kvalitě hlíz (Vokál 2004).

### 3.4.5 Prognóza a signalizace

Do systému ochrany proti plísni je také zařazeno monitorování prvního výskytu, a to jak přímým sledováním na pozorovacích bodech s citlivou odrůdou bramboru, tak i systémem prognózy prvního výskytu vhodných meteorologických podmínek pro vznik a šíření dalších vln infekcí v porostech. Údaje o prognóze výskytu jsou veřejně dostupné (Táborský et al. 2004).

Prognóza plísně bramborové musí vzhledem k délce inkubace choroby umožnit pěstitelům stanovit termín prvního ošetření minimálně 5–7 dní před prvním výskytem choroby (Hrubý 2002).

Výskyt plísně bramboru a způsobené ztráty nelze dlouhodobě předpovídat. Prognóza je možná pouze s určitým předstihem v dané sezóně podle vývoje počasí s přihlédnutím k podmínkám lokality, termínu výsadby, vývoji porostu, odrůdě aj.

Pro zpracování prognózy byla vyvinuta celá řada metod, více nebo méně náročných na zpracování výchozích interaktivních vztahů mezi patogenem, odrůdami bramboru, vlivem vnějších podmínek a pěstitelskými aktivitami člověka (Táborský & Doležal 2006).

Při hodnocení prognózy nelze akceptovat ani předpověď, která stanoví termín možného nebezpečí první infekce s příliš velkým předstihem před skutečným prvním výskytem plísně. V tomto případě udělá pěstitel většinou stejné množství ošetření jako při ochraně zahájené dle dosažené růstové fáze porostů. Ochranu bramboru dle prognózy nelze uplatňovat u porostů, na kterých v důsledku napadení sadby vzniklo větší množství tzv. Primárních ohnisek plísně bramborové. Pro stanovení termínu prvního ošetření se prognóza zpracovává s využitím následujících metod: Negativní prognóza (Ullrich, Schrödter), Blitecast (Krause) a Signalizace SRS.

Negativní prognóza stanoví délku období od začátku vegetace bramboru, ve kterém se nevyskytuje plíseň bramborová. Pro zpracování předpovědi vyžaduje tato metoda hodinová měření teploty vzduchu, vlhkosti vzduchu a srážek v období od vzejití porostu brambor. Metoda Blitecast umožňuje zpracovat jak prognózu prvního výskytu plísně bramborové, tak předpověď dalšího šíření během vegetace. Tato metoda vyžaduje měření teploty vzduchu, vlhkosti vzduchu a srážek v hodinových intervalech v období od vzejití porostu u brambor. Signalizace prvního ošetření bramboru proti plísni bramborové je vydána na základě dosažených růstových fází bramboru a týdenních úhrnů srážek, vyhodnocených vzhledem k příslušnému srážkovému normálu (Hrubý 2002).

## 3.5 Biologická regulace hub

Za jednu z prvních metod biologické regulace houbových chorob u rostlin lze považovat i systém zavlažovacích kanálů a každoroční nánosy říčního bahna, které navodily dočasné aerobní podmínky na polích a negativně tak ovlivnily rozvoj populací patogenů. Obdobně

v roce 1785 bylo doporučováno ošetření ran stromů čerstvým bahnem jako ochranu proti infekci houbami. V roce 1970 bylo prokázáno v pokusu demonstrujícím účinnost půdních mikroorganismů jako antagonistů, že aplikace bahna má za následek snížení infekce stromů houbou *Chondrostereum purpureum* – pevník nachový až o 70 % (Mendelu 2020).

Antifugální vlastnosti nejrůznějších druhů hub *Trichoderma spp.*, *Cladosporium spp.*, *Gliocladium spp.*, *Coniothyrium spp.*, a z říše Chromista *Pythium Oligandrum* jsou známy od 30. let 20. století. V letech 1920–1940 byly prováděny také první pokusy s přímou aplikací antagonistických mikromycetů jako ochrany proti fytopatogenům – od této doby tedy počínají snahy využít houby k biologické ochraně rostlin proti houbovým patogenům. C. Hartley v roce 1921 inokuloval půdu lesní školky 13 antagonistickými bakteriemi ve snaze dosáhnout ochrany proti padání semenáčků (Mendelu 2020).

V roce 1927 získal C.B. Taylor pozitivní výsledky při zapravení aktinomycety *Streptomyces praecox* do půdy jako ochrany proti *Streptomyces scabies* – původci obecné strupovitosti brambor (Mendelu 2020).

V letech 1931–1934 publikoval R. Weindling práce zabývající se antagonistickým účinkem houby *Trichoderma sp.* na kořenomorku bramborovou (*Rhizoctonia solani*) (Mendelu 2020).

V roce 1960 vědci zejména ze Sovětského Svazu používali bakterie ke zvýšení úrodnosti. Jako bakteriální hnojiva aplikovali *Azotobacter* a *Bacillus spp.* Domnívali se, že ke zvýšení úrodnosti dochází kvůli asociativní fixaci dusíku a rozpuštění fosfátů. Bylo již také známo, že antagonistické mikroorganismy mohou konkurovat patogenům, zvláště pomocí produkce antibiotických složek tak, že v půdě tato antibiotika mohou zasahovat do vývoje patogenů, například během klíčení spor nebo na počátku kořenové infekce. Další výzkum se rozvíjel v souvislosti s rozvojem laboratorní techniky a poznání biologie dalších mikroorganismů a jeho intenzita byla značně ovlivněna rozvojem chemie a vývojem chemických přípravků na ochranu rostlin. Především v 50. a 60. letech došlo k velkému rozvoji chemických metod ochrany rostlin a výzkum v oblasti biologické ochrany ustoupil do pozadí. Přesto vývoj neustal úplně, ale pokračoval v závislosti na dalším rozvoji poznání v oboru ochrany rostlin zejména v souvislosti s rostoucí potřebou ochrany životního prostředí (Mendelu 2020).

V České republice má praktická biologická ochrana více než sedmdesátiletou tradici. Experimentálně byla prověřována účinnost řady entomofágních hub (např. *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*) a probíhaly intenzivní výzkumy některých mykoparazitických hub a chromist (*Trichoderma harzianum*, *T. viride*, *Phythium oligandrum*) (Mendelu 2020).

Základní mikrobiologickou metodou pro biologickou ochranu, se kterou se v praxi počítá, je inokulace. Vychází z předpokladu, že inokulovaný mikroorganismus se v daném prostředí namnoží. Avšak v přírodních podmínkách, kde se inokulovaný organismus dostává do kompetice s nativní mikroflórou, jsou problémy s dostatečnou účinností, nemusí vést inokulace k potřebnému efektu. Z hlediska praktického se využívá zejména inokulace semen, sadby nebo postřiky nadzemní části rostliny biopreparáty.

Využívané jsou zejména dva typy inokulace:

- a) Bakterizace – biopreparáty tvoří bakterie
- b) Fungizace – biopreparáty tvoří mykromycety (Mendelu 2020).

### 3.5.1 Optimální působení bioprepátů

Obecně podmínky pro optimální účinnost lze navodit úpravou teploty na 15–25 °C, vyšší relativní vlhkostí vzduchu, pH substrátu nižší než 6,5 pro *Trichoderma harzianum* a pH neutrální pro *Phytium oligandrum* (Mendelu 2020).

Nejlepší výsledky jsou docíleny při preventivních aplikacích. Nenahradí nedostatky ve výživě nebo nedodržení pěstitelské technologie. Při vysokém infekčním tlaku choroby je účinnost nižší stejně u konvenčních pesticidů. Trh nabízí široké spektrum účinnosti biopreparátů, proto je nutná znalost původce onemocnění (Prokinová 2020).

### 3.5.2 Aplikace

Aplikace je náročnější než u chemických přípravků. Nutno sledovat nejen patogena, ale i podmínky pro užitečný mikroorganismus. Odlišné může být použití pro různé pěstitelské technologie. Vyšší účinnost můžeme zajistit úpravou podmínek, do kterých je biofungicid aplikován. Samostatná aplikace je podobná jako u chemických přípravků na ochranu rostlin (Mendelu 2020).

## 3.6 Vybrané účinné látky biologických přípravků na ochranu rostlin

### 3.6.1 *Pythium oligandrum*

*Pythium Oligandrum* je mikroorganismus z říše *Chromalveolata*, jež bývá označován jako chytrá houba a je prodáván pod obchodní značkou Polyversum, který obsahuje spory tohoto organismu. Hlavním způsobem účinku je mykoparazitismus, při němž *Pythium oligandrum* patogena aktivně vyhledá a obrostle jeho mycelium či generativní orgány a enzymaticky je rozloží na jednoduché složky, které pak využívá pro svou výživu a stavbu vlastního mycelia. Kromě mykoparazitismu se na účinku přípravku Polyversum projevuje indukce rezistence rostliny vůči chorobám nadzemních částí. Průkazné jsou také efekty růstové stimulace, jejichž výslednicí je rozvoj kořenové soustavy i nadzemních částí rostliny. Rostliny takto lépe překonávají nepříznivé podmínky prostředí a růstová stimulace je i jedním z předpokladů vyššího výnosu. Výhodou přípravku je dlouhodobá skladovatelnost (životnost oospor přesahuje dvouletou skladovatelnost preparátu). Vzhledem k biologickému účinku nelze přípravek škodlivě předávkovat (Biopreparáty 2012).

### 3.6.2 *Bacillus subtilis*

*Bacillus subtilis* je grampozitivní sporulující aerobní, nepatogenní bakterie žijící v půdě. Fungicidní účinnost je dána stavbou a vlastnostmi skupiny lipopeptidů produkovaných *B. subtilis* (agrastatin, iturin, surfactin), které na základě vodního gradientu penetrují buněčnou stěnu cílového houbového patogena (Havlíček & Vošlajer 2019).

V tomto případě mikroorganismus sám o sobě neničí plíseň, nýbrž jeho metabolity. Tři skupiny lipoproteinů spolupracují při potlačení chorobami způsobenými patogeny. Zastavují klíčení spor, ničí zárodky bakterií a zastavují růst mycelia a zabraňují přichycení patogenu k povrchu (Stephan et al. 2005).

V zemědělství je možné lipopeptidy nebo přímo produkční kmeny *B. subtilis* využívat k ochraně plodin proti patogenním mikroorganismům, a omezit tak používání méně šetrných chemických přípravků (Ongena & Jacques 2008).

Společnost Bayer představila a od roku 2018 zajistila dostupnost přípravku Serenade® ASO pro české zemědělce. Jedná se vyselektovaný specifický kmen QST 713 poměrně běžné bakterie *Bacillus subtilis*, který má oproti jiným kmenům *B. subtilis* odlišné vlastnosti vhodné pro použití v ochraně rostlin.

Neméně důležitým způsobem účinku přípravku Serenade® ASO je podpora zdravotního stavu a celkové obranyschopnosti rostlin. Při foliární aplikaci mikrobiální částice stimulují metabolismus některých fytohormonálních látek (peroxidáza, kyselina salicylová a gibberelinová), čímž se zvyšuje přirozená odolnost rostlin jak vůči houbovým patogenům, tak i abiotickým stresům. Při aplikaci přípravku do půdy mikrobiální částice kolonizují povrch kořenů, kde stimulují především produkci auxinu, který podporuje celkový růst rostliny. Bakteriální částice rovněž produkují degradační enzymy, které usnadňují příjem organických látek kořenovým systémem rostlin. Velkým přínosem pro zdravotní stav rostlin je i fakt, že aplikace přípravku Serenade® ASO napomáhá zvýšit úroveň metabolismu do takové míry, že rostlina je schopna rychleji odbourávat rezidua z předchozích aplikací klasických pesticidů (Havlíček & Vošlajer 2019).

### 3.6.3 Olej z rostliny *Pongamia pinnata*

Přípravky na bázi extraktů z listů a plodů nebo oleje lisovaného ze semen stromu nazývaného *Pongamia pinnata* (L.) Pierre, jsou oblíbené především v Indii a USA, kde jich najdeme hned několik typů a mnoho způsobů aplikací. Na českém trhu je již několik let přípravek „Rock Effect“, který byl vyvinut ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby a který obsahuje jako účinnou látku olej z této rostliny. *P. pinnata* pocházející z oblasti dnešní Indie, Srí Lanky, Bangladěše a Malajsie, kde patří mezi velmi oblíbené léčivé rostliny. Celá rostlina obsahuje mnoho látek, které vykazují biologickou aktivitu, využitelnou také v ochraně rostlin. Nicméně, nejčastější uplatnění našel olej ze semen. Pongamový olej (zvaný také jako karanj oil) tvoří karboxylové mastné kyseliny (z 40–75 % olejová, 8–30 % stearová a asi 10–18 % palmitová). Kromě mastných kyselin obsahuje olej velké množství polyfenolických látek. Nejvíce jsou zastoupeny flavonoidy, především pak furanoflavonoidy – karanjin a pongamosides A–C, kterých je v oleji okolo 2 %. Tyto látky mají významné pesticidní účinky. Kromě nich najdeme v oleji nejen další flavonoidy jako je demathoxykaguin, isopongaflavone, kanjone, pinatin nebo pongone, dále chalkony (např. glabrachalcone, glabrachromene) a některé steroidy (Pavela 2017).

Všechny tyto výše uvedené látky vykazují významné fungicidní (fungistatické), insekticidní a inhibiční účinky na hmyz (např. *Tetranychus urticae*, *Plutella xylostella*, mšice) a různé patogeny (např. *Bacillus anthracis*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus pumilus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas mangiferae*, *Salmonella typhi*, *Sarcina lutea*, *Staphylococcus albus*, *Staphylococcus aureus*, *Xanthomonas campestris*, *Fusarium sp.* *Penicillium sp.*, *Botrytis cinerea*).

Obecně lze říci, že přípravky na bázi pongamového oleje jsou fungicidně-insekticidní, a že mají spíše preventivní než kurativní účinky. Nicméně, při správném a včasném použití lze velmi účelně zabránit šíření chorob a škůdců v porostech rostlin (Pavela 2017).

### 3.6.4 Chitosan

Chitosan patří mezi přírodní polymery a je druhým nejrozšířenějším polysacharidem po celulóze. Je získáván z hmyzu, buněčné stěny hub a mořských korýšů (krabi, humři, sépie, krevety, chobotnice). Ulity korýšů se skládají z 30 až 40 % bílkovin, 30 až 50 % uhličitanu vápenatého, 20 až 30 % chitinu a dále obsahují pigmenty (astaxanthin, kanthaxanthin, lutein a  $\beta$ -karoten) (Gopal 2015).

Celková příprava je však velmi náročná. Schránky se rozemelou až na prášek. K výrobě 1 kg 70 % deacetylovaného chitosanu je zapotřebí 6,3 kg kyseliny chlorovodíkové, 1,8 kg hydroxidu sodného, 500 kg procesní vody a 900 kg vody na chlazení. Přípravou a modifikací chitosanu za účelem optimalizace jeho koagulačních schopností se zabývá celá řada studií. Tyto studie byly nejčastěji prováděny s uměle zakalenou vodou, chitosan byl vyroben z různě koncentrované kyseliny octové, kyseliny chlorovodíkové a s různě upraveným hydroxidem sodným. Výsledky těchto studií potvrdily, že nejlépe vyhovující příprava chitosanu, vhodného pro aplikaci jako koagulant, byla následující: deacetylace 45 % NaOH po dobu 60 minut a poté rozpouštění v 0,1 % HCl (Huang 2000).

Má vynikající biologické vlastnosti, je netoxický, biokompatibilní a biodegradabilní. Vykazuje antimikrobiální účinky proti bakteriím, plísním a kvasinkám. Antimikrobiální aktivita je závislá na jeho molekulové hmotnosti, stupni deacetylace a v neposlední řadě na pH roztoku. Pokud dochází ke zvýšení molekulové hmotnosti, antimikrobiální aktivita se zvyšuje (Ramawat 2015).

Chitosan není rozpustný v běžných organických rozpouštědlech. Je rozpustný pouze v kyselině octové a v několika anorganických kyselinách, jako je kyselina chlorovodíková (Vavříková 2009).

Přestože chitin a chitosan patří mezi významné biomateriály, jejich aplikace jsou omezeny z důvodu nízké rozpustnosti při fyziologickém pH, vysoké molekulové hmotnosti a viskozity. Na základě těchto faktů dochází k významnému rozvoji v oblasti přípravy a používání různých chitosanových derivátů, které mají optimalizované vlastnosti, vykazují dobrou rozpustnost ve vodě a stabilitu v širokém rozmezí pH. Tyto modifikace chitosanu přináší nové funkční vlastnosti pro různé biologické aplikace (Kim 2014).

Mezi běžné deriváty chitosanu patří O-karboxymethyl chitosan, N – karboxymethyl chitosan a mnoho dalších (Kuhreiber 1999).

V oblasti zemědělství lze chitosan využít jako tzv. super absorpční polymer, což jsou organické materiály se zesíťovanou trojrozměrnou strukturou vyznačující se velmi vysokou schopností bobtnání ve vodném prostředí. Tyto funkční polymerní systémy jsou šetrné k životnímu prostředí, používají se ke zvýšení účinnosti pesticidů a herbicidů (Kim 2014).

Dále se v zemědělství chitosan aplikuje jako ochranná povrchová úprava pro ovoce a zeleninu. Může být použit jako hormon pro stimulaci růstu a produkci rostlin, a také k ochraně rostlin proti půdním mikroorganismům (Cirrilo 2015).



### 3.7 Botanické pesticidy v EZ a jejich legislativa

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1185/2009 o statistice pesticidů rozděluje pesticidy do dvou skupin:

- I. **přípravky na ochranu rostlin**, jak jsou definovány v čl. 2 odst. 1 nařízení (ES) č. 1107/2009: Odstavec vymezuje definici na přípravky v podobě, v níž jsou dodávány uživateli, obsahují účinné látky, safenery nebo synergenty, nebo jsou z nich složeny a které jsou určeny pro některé z těchto použití:
  - a. **ochrana rostlin či rostlinných produktů** před všemi škodlivými organismy či ochrana před působením těchto organismů, ledaže jsou hlavním důvodem použití těchto přípravků spíše hygienické účely než ochrana rostlin či rostlinných produktů;
  - b. **ovlivňování životních procesů rostlin**, například jako látky ovlivňující růst, avšak jinak než jako živiny;
  - c. **uchovávání rostlinných produktů**, pokud se na tyto látky nebo produkty nevztahují zvláštní předpisy Společenství o konzervantech;
  - d. **ničení nežádoucích rostlin či částí rostlin** s výjimkou řas, pokud přípravky nejsou aplikovány na půdu nebo na vodu k ochraně rostlin;
  - e. **regulace nebo prevence** nežádoucího růstu rostlin s výjimkou řas, pokud přípravky nejsou aplikovány na půdu nebo na vodu k ochraně rostlin.
- II. **biocidní přípravky**, jak jsou definovány v čl. 3 odst. 1 Nařízení Evropského parlamentu a rady (EU) č. 528/2012:
  - a. Jakákoli látka nebo směs ve formě, v jaké se dodává uživateli, skládající se z jedné nebo více účinných látek nebo tuto látku (tyto látky) obsahující nebo vytvářející, určené k ničení, odpuzování a zneškodňování jakéhokoliv škodlivého organismu, k zabránění působení tohoto organismu nebo dosažení jiného regulačního účinku na tento organismus jakýmkoliv způsobem jiným než pouhým fyzickým nebo mechanickým působením.
  - b. Jakákoli látka nebo směs vytvořená z látek nebo směsí, na které se nevztahuje první odrážka, použité s úmyslem zničení, odpuzování a zneškodňování jakéhokoliv škodlivého organismu, k zabránění působení tohoto organismu nebo dosažení jiného regulačního účinku na škodlivý organismus jakýmkoliv jiným způsobem než pouhým fyzickým nebo mechanickým působením (SRS 2012).

Nařízení Rady (ES) č. 834/2007 o ekologické produkci, označování ekologických produktů a o zrušení nařízení (EHS) č. 2092/91 přísně omezuje použití vnějších vstupů, a nadále tak i syntetických chemických látek na případy v nichž:

1. Neexistují vhodné postupy řízení a vnější vstupy z ekologické produkce.
2. Přírodní látky nebo látky z nich odvozené a minerální hnojiva s nízkou rozpustností nejsou na trhu dostupné, nebo přispívají k nepřijatelným dopadům na životní prostředí.

Výjimku tvoří anorganické přípravky na bázi jednotlivých prvků, jako jsou síra a měď, popřípadě jejich anorganické sloučeniny, které se v EZ používají směřují, avšak také s omezením, jako například právě u mědi (Hrudová 2015).

Látky povolené v přípravcích pro ochranu rostlin v ekologickém zemědělství jsou obsaženy a regulovány ve stále se měnícím seznamu účinných látek v Přílohách I. – IX. Nařízení Komise (ES) č. 889/2008, kterými se ekologický zemědělec musí řídit. Povolené přípravky včetně biologické ochrany pak musejí být registrovány Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským (ÚKZUZ). Povolené přípravky jsou jedenkrát denně aktualizované a dostupné z <http://eagri.cz> (Dvorský & Urban 2014).

## 4 Materiál a metody

### 4.1 Charakteristika pokusného stanoviště

Výzkumná stanice v Praze – Uhřetěvesi se nachází v nadmořské výšce 295 m n. m. Stanice spadá do řepářské výrobní oblasti. Převládajícím půdním typem je zde hnědozem. Ornice je hluboká 32 cm, středně humózní (1,74-2,12 %) s neutrální reakcí. Spodní voda je v 1 m pod povrchem a je stabilní. Iluviální horizonty s dobrou vododržností udržují dobrý vodní režim se stabilním obsahem vláhy a větší výnosovou stabilitou i v sušších obdobích. Jedná se o poměrně teplé stanoviště s průměrnou denní teplotou 8,3 °C a 14,6 °C během vegetačního období. Zimy jsou relativně dlouhé se silnějšími mrazy, ojediněle se vyskytují pozdní jarní mrazíky (Anon 2012).

Maloparcelkový pokus byl založen na pozemku označeném jako (DPB 9001/6 (720-1050))

Obrázek č. 1: Umístění pokusného pozemku (ČZÚZK 2022)



#### 4.1.1 Charakteristika meteorologických podmínek

Průměrný úhrn srážek je 575 mm, ze kterých 380 mm spadne mezi dubnem a zářím, nejméně srážek je v únoru. Stanice patří do semihumidní oblasti. Sušší podnebí je umírněno převládajícími západními a severozápadními větry, které snižují výpar (Anon 2012).

Výzkumná stanice v Praze-Uhřetěvesi je vybavena automatickou meteorologickou stanicí (EMS Brno), která je napojena do sítě dalších univerzitních a provozních meteorologických stanic - <http://www.emsbrno.cz/p.axd/cs/VSUHR.CZUKRV.html>. Přehled povětrnostních podmínek za období IV. – IX. 2021 uvádí Tabulka č. 1. Z ní je patrné, že srážkově bylo hodnocené období nadnormální s výjimkou dubna a září. Srážkově odlišný rok 2021 znamenal na tomto stanovišti podnormální srážky, avšak s vyšším počtem dní se srážkami. Četnost srážkových událostí byla v roce 2021 za vegetaci o 5 srážkových dní bohatší než za stejné období roku 2020.

Srážkové podmínky dané úhrnem (od května do srpna spadlo o 91 mm více, než je dlouhodobý normál) a především četností srážek (73 deštivých dní) během vegetace vytvořily ideální podmínky pro projev plísně bramboru.

Tabulka č. 1: Měsíční údaje teplot vzduchu a srážek za období duben–září 2021 v Praze-Uhřetěvesi

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

#### 4.2 Příprava pozemku, založení a mechanické ošetření

Polní práce započaly na podzim orbou dne 10.10.2020. Předplodinou, po které následovaly brambory, byl jetel inkarnát. Další obhospodařování pozemku pokračovalo až jarní přípravou dne 20.4. 2021, pomocí dlátového kypřiče. Druhé kypření proběhlo před výsadbou 26.4. 2021 pomocí rotavátoru do hloubky 15 cm. Dne 27.4. 2021 bylo provedeno shonkování a markýrování parcel s ruční výsadbou ve sponu 80x33 cm. Zároveň bylo provedeno namoření hlíz u varianty č. 4 přípravkem Polyversum. Pozemek byl dále rozměřen na jednotlivé pokusné parcely. Velikost jedné parcely byla 24 m<sup>2</sup> se vzdáleností řádků 80 cm, kdy jedna parcela byla o čtyřech řádcích. Mechanické ošetření proti plevelům se uskutečnilo 28.5. 2021 slepu proorávkou a současně proběhla i úprava hrůbků. Plně vrostlý porost byl 9.6. 2021.

#### 4.3 Metodika vlastního pokusu

Pokusná část byla zahájena výsadbou hlíz odrůdy Ditta, kdy z postřikových plánů pro regulaci plísně bramboru bylo vybráno pět postřikových variant + jedna varianta kontrolní neošetřená.

Jednotlivé pokusné varianty byly založeny ve čtyřech opakováních. Počet trsů na jedné parcele byl 100 ks (4 řádky x 25 hlíz). Vzdálenost hlíz v řádku 30 cm. Pro oddělení jednotlivých variant byl ponechán vždy okrajový řádek z pokusné parcelky (tj. k hodnocení byly použity pouze prostřední dva řádky). Cesta mezi parcelami byla 0,9 m. Uspořádání parcel je zobrazeno v Tabulce č. 2.

Tabulka č. 2: Schématické uspořádání vybraných fungicidních přípravků

<b>1 kontrola</b>	<b>2</b>	<b>3 Polyversum + Serenade ASO</b>	<b>4 Polyversum</b>
<b>5</b>	<b>6.</b>	<b>7</b>	<b>8 Chitosan 1 %</b>
<b>9. Chitosan 0,5 %</b>	<b>10 Chitosan 0,25 %</b>	<b>1 kontrola</b>	<b>2</b>
<b>3 Polyversum + Serenade ASO</b>	<b>4 Polyversum</b>	<b>5</b>	<b>6.</b>
<b>7</b>	<b>8 Chitosan 1 %</b>	<b>9. Chitosan 0,5 %</b>	<b>10 Chitosan 0,25 %</b>
<b>1 kontrola</b>	<b>2</b>	<b>3 Polyversum + Serenade ASO</b>	<b>4 Polyversum</b>
<b>5</b>	<b>6.</b>	<b>7</b>	<b>8 Chitosan 1 %</b>
<b>9. Chitosan 0,5 %</b>	<b>10 Chitosan 0,25 %</b>	<b>1 kontrola</b>	<b>2</b>
<b>3 Polyversum + Serenade ASO</b>	<b>4 Polyversum</b>	<b>5</b>	<b>6.</b>
<b>7</b>	<b>8 Chitosan 1 %</b>	<b>9. Chitosan 0,5 %</b>	<b>10 Chitosan 0,25 %</b>

#### 4.3.1 Vybraná odrůda – Ditta

Poloraná až polopozdní odrůda s vysokým výnosem oválných hlíz, které jsou vhodné k dlouhodobému skladování. Odrůda se vyznačuje nenáročným pěstováním. Je tolerantní k prísuškům a i vyšším teplotám. Odolnost k plísní bramborové je střední. Tato odrůda patří mezi velmi chutné odrůdy s máslovou chutí a žlutou barvou dužiny. Varný typ A-AB.

### 4.3.2 Aplikace biofungicidů

Výběr přípravků pro aplikaci byl navržen tak, aby obsahoval jak povolené (registrované látky), tak základní látky s fungicidním účinkem. Postřikový plán se skládal ze šesti po sobě jdoucích postřiků v intervalu 7-10 dní, kdy u varianty č. 4 Polyversum bylo provedeno i namoření hlíz (dle doporučení distributora přípravku).

#### 4.3.2.1 Polyversum

Biologický fungicid (mykoparazit) na ochranu rostlin s účinnou látkou *Pythium oligandrum* v množství  $5 \times 10^5$  ks/g přípravku. Přípravek má formu dispergovatelného prášku (klíčivé spory jsou umístěné na minerálním nosiči), určený k foliární aplikaci. Dávkování přípravku bylo při možení hlíz 0,5 kg/t sadby a při postřiku 0,2 kg přípravku/600 l H<sub>2</sub>O/ha.

#### 4.3.2.2 Chitosan hydrochlorid

Je základní látkou využívanou pro ochranu rostlin. Získává se deacetylací chitinu a salinizací za použití kyseliny chlorovodíkové, která zvyšuje rozpustnost ve vodě. Jeho účinnost spočívá ve zvýšení množství enzymů (chitinázy a peroxidázy), které spouštějí obranné mechanismy rostliny a tím jí chrání před houbovými a bakteriálními patogeny. Přípravek obsahuje 100 % chitosan hydrochlorid, který je ve formě smáčivého prášku. Každá jednotlivá varianta chitosanu 1 % (6 kg), chitosanu 0,5 % (3 kg) a 0,25 % (1,5 kg) byla ředěna 600 l H<sub>2</sub>O/ha.

#### 4.3.2.3 Serenade ASO

Přípravek Serenade ASO je založen na mikrobiální účinné látce. Je směsí spor a lipopeptidů. Hlavní účinnou látkou je vyselektovaný specifický kmen poměrně běžné bakterie *Bacillus subtilis*. Při foliárních aplikacích jsou lipopeptidy zodpovědné za samotnou fungicidní a baktericidní účinnost. Jedná se o stabilní látky, které nejsou ovlivňovány vlivy okolního prostředí jako je UV záření, pH aplikační tekutiny, teplota či kombinace se syntetickými pesticidy. Třetím a neméně důležitým způsobem účinku přípravku je podpora zdravotního stavu a celkové obranyschopnosti rostlin. Dávkování pro brambory bylo 8 l/ha, při 600 l H<sub>2</sub>O/ha.

#### 4.3.2.4 Aplikační a hodnotící postup

Na základě predikce a vývoje klimatických podmínek bylo přistoupeno, a využito doporučení distributora přípravku Polyversum, k preventivnímu postřiku (28.6. 2021) ještě před výskytem plísně bramboru. I přes ideální teplotní a zejména vlhkostní podmínky byl, znatelný výskyt plísně zaznamenán až 19.7. 2021. I nadále trvající příznivé podmínky postupně znamenaly přechod do epidemické fáze. První postřik proti plísní bramboru (PLB) byl proveden před výskytem příznaků či napadání 7.7 2021 (u Varianty 4 s Polyversem již 28.6), další postřiky proti PLB následovaly v termínech 19.7, 28.7, 9.8, 19.8 a 3.9. Poslední hodnocení porostu k PLB provedeno 14.9. Dne 23. 9. 2021 byla provedena ruční sklizeň pokusných parcel. Následující týden proběhlo třídění a hodnocení sklizených hlíz. Hodnotil se zdravotní stav hlíz,

velikost a jejich hmotnost a zastoupení ve čtyřech velikostních frakcích (pod 40 mm, 40-55 mm, 55-60 mm a nad 60 mm).

Sledované parametry:

- Napadení natě (v %) vždy před plánovaným postřikem či před odstraněním natě.
- Proveden výpočet AUDPC.
- Hodnocení napadení hlíz plísní bramboru při sklizni a následně také při skladování.
- Výnos konzumních hlíz, výnos hlíz celkový a zastoupení hlíz v jednotlivých velikostních frakcích.

#### **4.3.3 Statistické vyhodnocení**

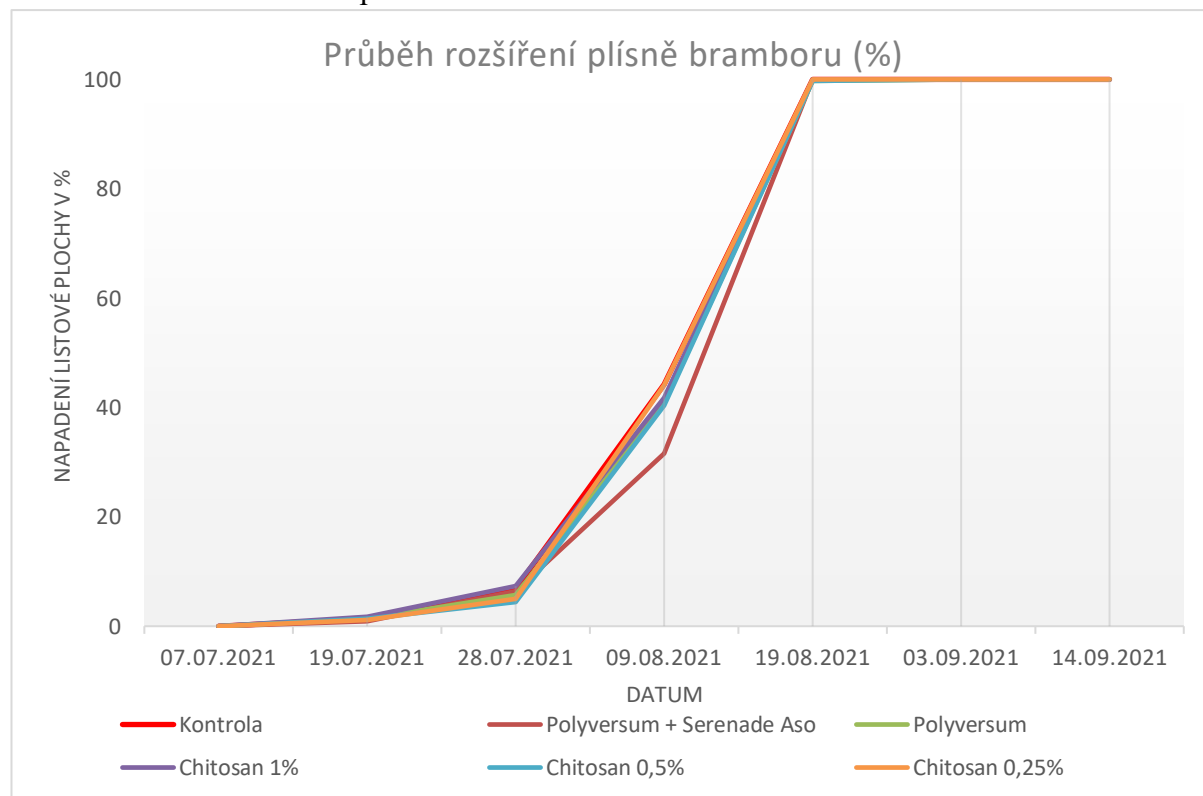
Naměřené hodnoty byly průběžně ukládány do program MS Office excel. Následné statistické zpracování dat proběhlo v programu SPSS - <https://www.ibm.com/products/spss-statistics>. Pro hodnocení byla nejprve použita analýza rozptylu ANOVA. Veškeré výstupy byly opět přeneseny do MS Office Excel, kde se v tabulkovém a grafickém znázornění označily statisticky významné rozdíly. Pro vyjádření působení plísně bramborové na porostu v průběhu vegetace byl použit výpočet AUDPC, který vyjadřuje souvislost intenzity choroby k odhadované ztrátě výnosu.

## 5 Výsledky

### 5.1 Hodnocení rozsahu napadení plísní bramboru

Graf č. 1 představuje procentuální průběh napadení listové plochy plísní bramboru u jednotlivých variant. Od 7.7. do 19.7. můžeme pozorovat mírnou stagnaci plísně bramboru pro všechny námi sledované varianty. Od 19.7. začíná rozvoj a epidemické šíření plísně bramboru v porostu, kdy dle Grafu č. 1 je možno pozorovat největší zasažení listové plochy u varianty Chitosan 1 %. Prudký nástup choroby nastal mezi 28.7. až 19.8. Tento výrazný skok byl v důsledku zvýšení srážkového úhrnu, který podpořil rychlé šíření infekce. Procentuální napadení plísní se u ošetřených porostů změnila během 2 týdnů z 5-7 % (28.7.) na 31-44 % (9.8.). Za dalších uplynulých deset dní byla téměř u všech variant listová plocha zasažena až ze 100 %.

Graf č. 1: Průběh rozšíření plísně bramboru



Nejllepších výsledků dosáhla kombinovaná varianta Polyversum + Serenade ASO, která vůči ostatním variantám držela chorobu více pod kontrolou. Toho si můžeme povšimnout 9.8., kdy jako jediná má napadení natě výrazněji pod 40 % oproti ostatním parcelám, avšak i ona 19.8. má z velké části zasaženou listovou plochu.

Nejslabší výsledek byl zjištěn u fungicidní ochrany, která byla postavena pouze na aplikaci hydrochlorid chitosanu (1 %), kde průměrné napadení natě 50,1 % se blížilo neošetřené kontrole 50,4 % (Tabulka č. 3).



V důsledku výskytu plísně bramboru byla vegetace u biologických variant zkrácena o přibližně 25 dní, což v kombinaci i s vyšším výskytem larev mandelinky bramborové, znamenalo celkově nižší výnosovou úroveň.

Napadení hlíz plísní bramboru hodnocené při ruční sklizni bylo v tomto roce vysoké. Největší procentuální napadení vykazovala varianta Chitosan 1 % s hodnotou 1,1 %. Podíl napadených hlíz po 12 týdnech skladování se však rovnal 0 % u všech variant.

Tabulka č. 3: Průměrné napadení pokusných parcel plísní bramboru

Varianta	Napadení natě plísní bramboru (%)	AUDPC	Hmotnostní % podíl napadených hlíz při sklizni	Hmotnostní % podíl napadených hlíz po 12 týdnech
Kontrola	50,4	3674	0,5	0
Polyversum + Serenade ASO	48,4	3525	0,9	0
Polyversum	49,7	3619	0,9	0
Chitosan 1 %	50,1	3654	1,1	0
Chitosan 0,5 %	49,4	3601	0,5	0
Chitosan 0,25 %	50,0	3650	0,7	0

## 5.2 Hodnocení velikosti, počtu a hmotnosti hlíz

### 5.2.1 Hodnocení počtu hlíz

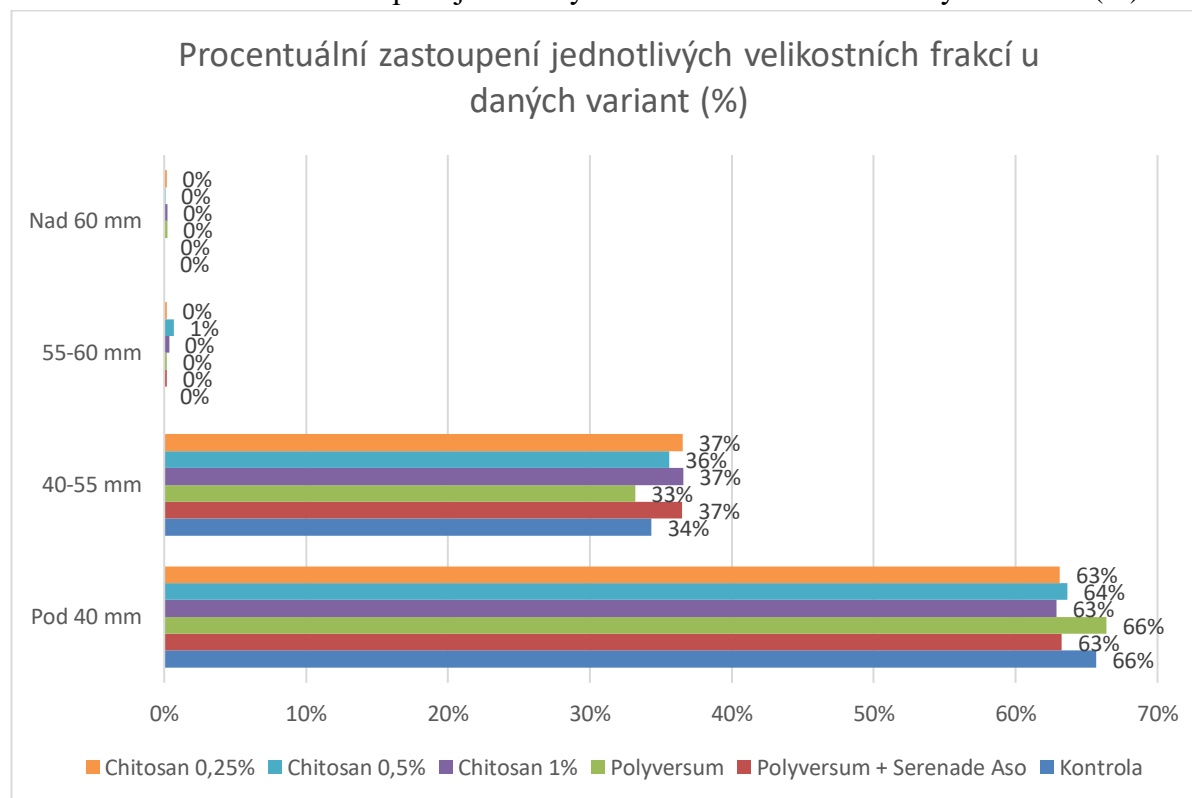
Procentuální zastoupení velikostních frakcí u postřikových variant znázorňuje Graf č. 2. Dominantní zastoupení měla frakce pod 40 mm (tj. hlízy nedosahující konzumní velikosti) a v této frakci nejvíce převažovaly hlízy u kontrolní varianty a varianty ošetřované přípravkem Polyversum s procentuálním zastoupením 66 % hlíz z celkového počtu. Tabulka č. 4 s absolutním počtem hlíz dle velikosti dokládá převahu drobných hlíz u varianty ošetřené pouze Polyversem (445 hlíz) oproti hlízám z kontrolní varianty (386 hlíz).

Zastoupení drobných hlíz bylo vysoké i u ostatních variant, kdy s nepatrně lepším výsledkem 64 % následovala varianta Chitosan 0,5 %, poté se 63 % zbylé postřikové varianty.

U velikostní kategorie hlíz 40-55 mm dominovaly hned tři postřikové varianty Chitosan 0,25 %, Chitosan 1 % a Polyversum + Serenade ASO. Nejhoršího procentuálního výsledku zde dosáhl postřik Polyversum.

Nejvíce hlíz u frakce 55-60 mm bylo zjištěno u postřikové varianty Chitosan 0,5 % a to přibližně s 1 %. U ostatních biologických přípravcích můžeme hovořit o 0,5 %. Na kontrolních parcelách (bez ošetření) nebylo této frakce dosaženo vůbec (Graf č. 2 a Tabulka č. 4).

Graf č. 2: Procentuální zastoupení jednotlivých velikostních frakcí u daných variant (%).



Nejméně založených a sklizených hlíz (566 hlíz) bylo zjištěno u varianty Chitosan 0,25 %. Porovnáme-li veškeré ošetřené plochy, tak zjistíme, že největší množství hlíz bylo sklizeno z parcel ošetřeným Polyversem (671 hlíz), s tím výsledkem, že zde ve větší míře byly zastoupeny hlízy z frakce pod 40 mm (Tabulka č. 4).

Tabulka č. 4: Počet hlíz dle velikosti hodnocený u 50 odebraných trsů.

Varianta	Počet hlíz dle velikosti			
	pod 40 mm	40-55 mm	55-60 mm	nad 60 mm
<b>Kontrola</b>	386	202	0	0
<b>Polyversum + Serenade ASO</b>	390	225	1	0
<b>Polyversum</b>	445	223	1	2
<b>Chitosan 1 %</b>	366	213	2	1
<b>Chitosan 0,5 %</b>	370	207	4	1
<b>Chitosan 0,25 %</b>	357	207	1	1

Tabulka č. 5: Porovnání počtu sklizených hlíz, průměrné hmotnosti 1 konzumní hlízy a průměrného počtu hlíz pod trsem.

Varianta	Celkový počet hlíz na variantu	Počet konzumních hlíz (nad 40 mm)	Průměrná hmotnost 1 konzumní hlízy (g)	Průměrný počet hlíz pod trsem
Kontrola	588	202a	73	5,8
Polyversum + Serenade ASO	616	226a	84	6,3
Polyversum	671	226a	79	6,8
Chitosan 1 %	582	216a	81	5,8
Chitosan 0,5 %	582	212a	83	5,7
Chitosan 0,25 %	566	209a	82	5,6

Pozn.: průměry se stejnými písmeny jsou statisticky neprůkazné na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Počet konzumní hlíz, tj. nad 40 mm, u všech variant představoval zhruba třetinu nebo necelou polovinu (Tabulka č. 5). Varianty s chitosanem měly celkový počet hlíz nejnižší, a proto i při srovnání průměrného počtu hlíz pod trsem dosahovaly nižších hodnot (5,6 až 5,8 hlíz pod trsem).

Naproti tomu na parcele s variantou Polyversum (u které jako jediné bylo provedeno namoření hlíz), byl sklizen nejvyšší počet hlíz, byl zaznamenán i nejvyšší průměrný počet hlíz pod trsem, a to v průměru 6,8 hlíz na jeden trs. Při zhodnocení počtu sklizených hlíz je zřejmé, že kontrolní neošetřená varianta měla nejnižší zastoupení hlíz konzumních (Tabulka č. 5).

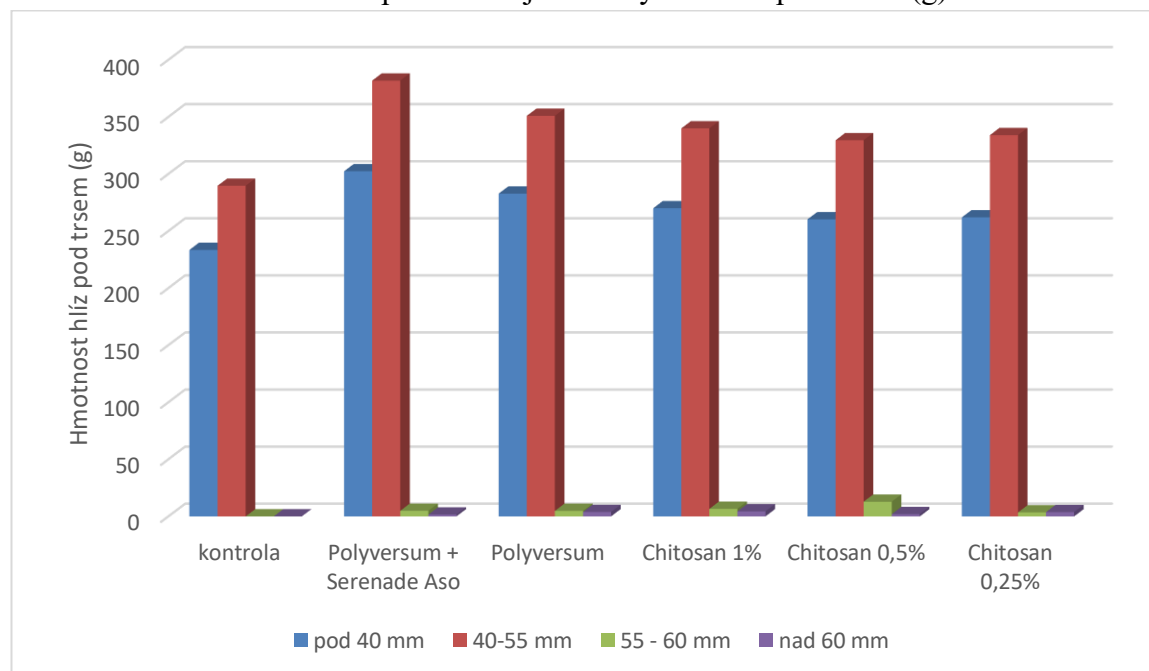
### 5.2.2 Hodnocení hmotnosti hlíz

Z Tabulka č. 5 je patrné, že průměrná hmotnost 1 konzumní hlízy se pohybovala od 73 do 84 g. Nejnižší hmotnosti dosáhla neošetřená kontrolní parcela. Nejtěžší hlízy byly u varianty s postřikem Polyversum + Serenade ASO.

Největší hmotnostní zastoupení hlíz u jednotlivých frakcí dle Grafu č. 3 představovala varianta Polyversum + Serenade ASO, kdy frakci 40-55 mm (tedy hlíz konzumních s výrazným přesahem nad 350 g/trs) ovládla. Na druhém místě se v této frakci umístilo samotné Polyversum. Nejhorší výsledky, dle předpokladů, měla neošetřená kontrolní parcela.

Hlízy ve velikosti 55-60 mm se pod jedním trsem v největším hmotnostním množství nacházely u varianty s přípravkem Chitosan 0,5 %, což koreluje se sklizeným počtem hlíz (Tabulka č. 4).

Graf č. 3: Hmotnostní zastoupení hlíz u jednotlivých frakcí pod trsem (g)



Pomocí ANOVY (Tabulka č. 6) zjistíme, zda existuje statisticky významný rozdíl v průměrné hmotnosti hlíz jednotlivých velikostí dle variant.

Tabulka č. 6: ANOVA průměrné hmotnosti hlíz jednotlivých velikostí dle variant.

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Hmotnost hlíz pod 40 mm	Between Groups	11162.757	5	2232.551	.813	.556
	Within Groups	49423.373	18	2745.743		
	Total	60586.130	23			
Hmotnost hlíz 40-55 mm	Between Groups	16994.904	5	3398.981	.353	.873
	Within Groups	173101.487	18	9616.749		
	Total	190096.391	23			
Hmotnost hlíz 55-60 mm	Between Groups	375.868	5	75.174	1.529	.230
	Within Groups	885.064	18	49.170		
	Total	1260.932	23			
Hmotnost hlíz nad 60 mm	Between Groups	57.026	5	11.405	.363	.867
	Within Groups	565.805	18	31.434		
	Total	622.831	23			

P-hodnota (Sig.) je u všech frakcí větší než 0,05, proto nezamítáme nulovou hypotézu a usuzujeme, že neexistuje statisticky významný rozdíl v průměrné hmotnosti hlíz jednotlivých velikostí dle variant.

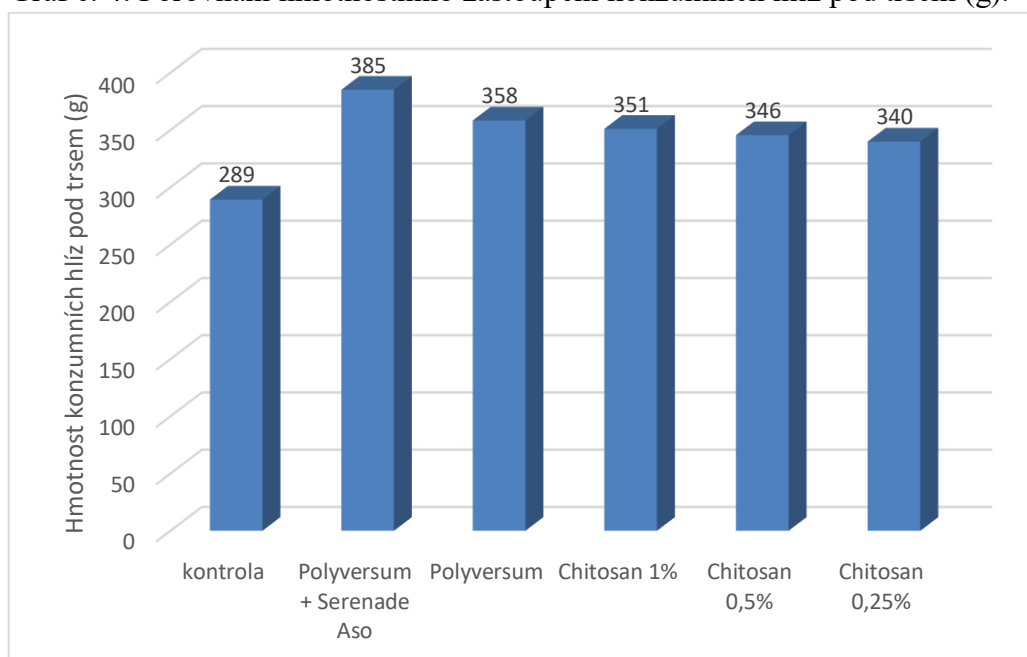
Tabulka č. 7: Průměrná hmotnost hlíz dle frakce

Varianta	Hmotnost hlíz (g/trs) dle frakce				Celková hmotnost
	pod 40 mm	40-55 mm	55-60 mm	nad 60 mm	
<b>Kontrola</b>	233	290	0	0	523
<b>Polyversum + Serenade ASO</b>	302	382	5	2	691
<b>Polyversum</b>	283	351	5	4	643
<b>Chitosan 1 %</b>	270	340	7	4	621
<b>Chitosan 0,5 %</b>	260	330	13	2	605
<b>Chitosan 0,25 %</b>	262	334	4	4	604

Tabulka č. 7 s celkovou hmotností hlíz u jednotlivých variant zobrazuje rozdíly v daných postřikových variantách ošetření. Ani zde se nevyskytly statisticky významné rozdíly.

V grafu č. 4 je již zobrazeno porovnání hmotnostního zastoupení konzumních hlíz u jednotlivých postřikových variant. Toto srovnání ukazuje, že sice nejnižší průměrnou hmotnost měly konzumní hlízy u neošetřené kontroly (289 g), ale v porovnání s ošetřenými variantami se nejednalo o statisticky významné diference.

Graf č. 4: Porovnání hmotnostního zastoupení konzumních hlíz pod trsem (g).



P-hodnota ANOVY (Tabulka č. 8) je 0,864, nezamítáme tedy nulovou hypotézu a usuzujeme, že mezi variantami neexistuje statisticky významný rozdíl v průměrné hmotnosti.

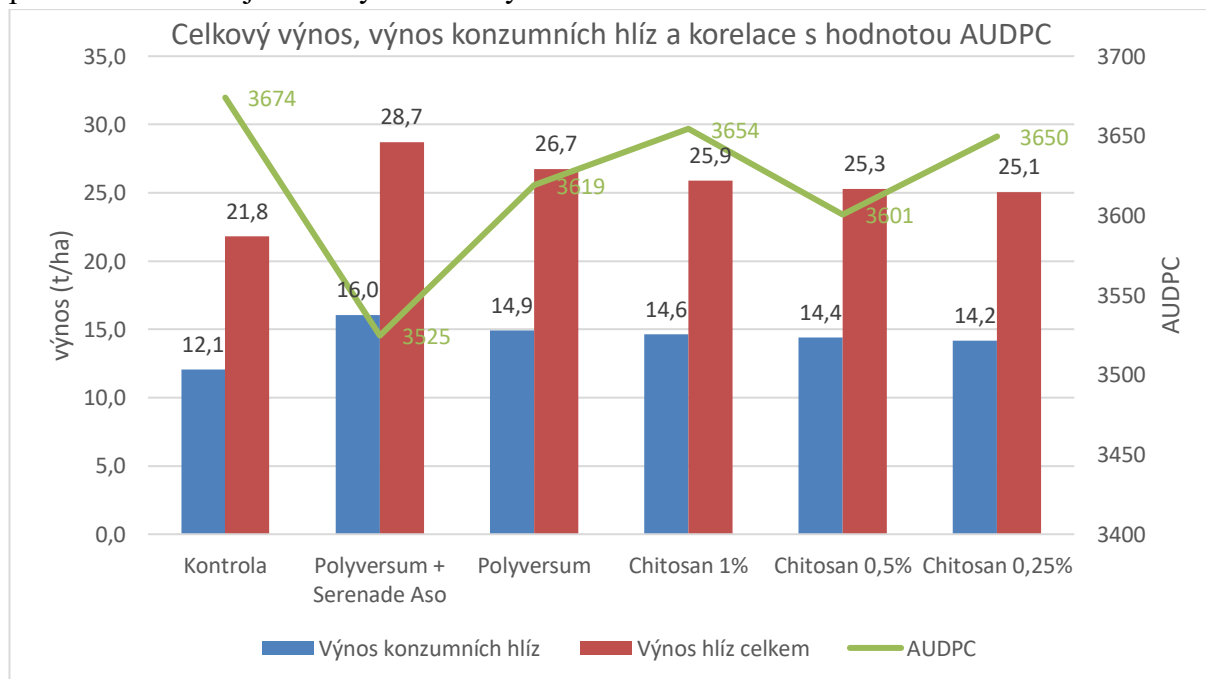
Tabulka č. 8: ANOVA hmotnostního zastoupení konzumních hlíz pod trsem.

<b>ANOVA</b>					
V2					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19804.948	5	3960.990	.367	.864
Within Groups	194236.232	18	10790.902		
Total	214041.181	23			

### 5.3 Hodnocení výnosů a korelace s výskytem choroby

Na základě zjištěných hmotností hlíz byly vypočteny celkové výnosy hlíz z jednotlivých variant, které jsou zobrazeny v Grafu č. 5, kde jsou pozorovány s výnosy konzumních hlíz. Dále je zde zobrazena hodnota AUDPC a její závislost k výnosům hlíz. AUDPC vyjadřuje souvislost intenzity choroby k odhadu ztráty výnosu. Nejvyšší hodnota AUDPC (3674) u neošetřené kontroly koreluje s nejnižšími výnosy konzumních hlíz 12,1 t/ha, a naopak nejnižší hodnota AUDPC (3525) koreluje s nejvyššími výnosy konzumních hlíz u Polyversum + Serenade ASO 16 t/ha.

Graf č. 5: Korelace napadení natě plísní bramboru a výnosy hlíz včetně podílu napadených hlíz plísní bramboru u jednotlivých ošetřených variant.



Nejvyšší přepočtený výnos hlíz byl u přípravku Polyversum + Serenade ASO s 28,7 t/ha. Druhým neúspěšnějším přípravkem s hodnotou 26,7 t/ha, byl samostatný postřik Polyversum. Chitosan ve svých procentuálních koncentracích nevykazoval až takové rozdíly ve výnosech, nejlepších výsledků však dosáhl 1% roztok s výnosem 25,9 t/ha. Nejnižší celkový výnos byl zaznamenán u neošetřené kontrolní varianty s hodnotou 21,8 t/ha.

Časté srážkové události a celkově letošní příznivé podmínky pro rozvoj a šíření plísně bramboru značně ovlivnily výnos hlíz touto chorobou. Pomocí lineární regrese bylo zjištěno, že se výnos konzumních hlíz z 80,9 % odvíjel od napadení porostu plísní bramboru, kdy se jednalo o velmi silnou závislost. Tato závislost byla nejpatrnější u neošetřené kontrolní parcely. Dle tabulky č. 10, kdy P-hodnota je 0,015, zamítáme nulovou hypotézu a usuzujeme, že průměrné napadení natě plísní má statisticky významný vliv na výnos konzumních hlíz. Čím vyšší bylo % napadení natě plísní, tím nižší byl výnos konzumních hlíz.

Tabulka č. 9: Regresní analýza výnosu konzumních hlíz v závislosti na PLB.

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.899 <sup>a</sup>	.809	.761	.674

a. Predictors: (Constant), Průměrné napadení natě plísní (%)

Tabulka č. 10: Závislost výnosu konzumních hlíz na výskytu (míře napadení) plísní bramboru.

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	73.000	14.233		5.129	.007
	Průměrné napadení natě plísní (%)	-1.182	.287	-.899	-4.111	.015

a. Dependent Variable: Výnos konzumních hlíz

## 6 Diskuze

Ochrana brambor v EZ je obtížná. Náročnost spočívá v důsledné kontrole porostů, plánování preventivním opatření a volbě vhodně zvolených přípravků s dostatečně účinnou látkou proti chorobám a škůdcům. Jako fungicidy využitelné v EZ připadají v úvahu pouze ty, které jsou legislativou povoleny. Jedná se také o látky biologického původu jako mikroorganismy se známými antibiotickými či antimykotickými účinky. Těchto přípravků se na trhu objevuje čím dál tím více, ale prozatím je výrobci popisují spíše jako látky podporující zdravotní stav, vývoj, růst a vlastní odolnost vůči stresovým faktorům. To bývá zapříčiněno u mikroorganismů vylučováním podpůrných látek (Diallo et al. 2011).

### 6.1 Vliv vybraných biofungicidů na výskyt choroby v porostu

Rozvoj patogenu *Phytophthora infestans* se liší v jednotlivých letech. V průběhu let se může měnit i míra vlivu jednotlivých parametrů počasí (Iederan et al. 2013). Avšak celková závislost na průběhu počasí je stabilně velmi silná (Malinas et al. 2013). Obecně je potvrzován větší vliv teploty než množství srážek, záleží však na ročníku (Oroian et al. 2013).

Výskyt plísně byl do značné míry ovlivněn ročníkem a také stanovištěm. Shodné závěry lze nalézt u řady autorů (Dvořák & Bicanová 2007, Hausvater et al. 2013). V této diplomové práci zaměřené na účinnost biologických přípravků bylo zjištěno, že účinnost přípravků oproti kontrolní variantě nebyla v roce 2021 dostačující (Graf č. 1). Grafické znázornění výskytu plísně na ošetřených parcelách kopíruje nebo se velmi přibližuje variantě neošetřené. Tento trend se drží do 28.7.

Jakmile se na stanovišti změnila povětrnostní podmínky, což v tomto případě znamená, srážkové podmínky dané úhrnem (od května do srpna spadlo o 91 mm více, než je dlouhodobý normál) a především četností srážek (73 deštivých dní) během vegetace vytvořily ideální podmínky pro projev plísně bramboru (Tabulka č. 1). U ošetřených ploch nastala výrazná změna v napadení porostu vlivem PLB (Graf č. 1). Během 12 dní přesáhlo napadení listové plochy plísní bramboru hranici 40 %. Pouze kombinace registrovaných biologických fungicidů Polyversum + Serenade ASO jako jediná ze zkoumaných variant tuto hranici po 12 dnech nepřekročila. Držela napadení natě plísní bramboru na hranici 30 %. Avšak i zde v následujících 10 dnech napadení listové plochy vystoupalo podobně jako u ostatních variant až na 100 %. V podstatě v tomto období nastaly pro výskyt a rozvoj plísně bramboru již ideální podmínky, tj. vlhčí klimatické podmínky a ideální teploty (15-25 °C) (Hausvater et al. 2011). Důvodem mohl být také rychlejší smyv přípravků z listů v důsledku častých a intenzivních srážek a také delší odstup mezi jednotlivými dávkami postřiku (nebylo zcela jednoduché s technikou vstoupit na pozemek a hrozilo především okamžité smytí aplikovaných postřiků), čímž se pravděpodobně snížila ochrana listové plochy před rozvojem infekce. Což potvrzují i Vokál et al. (2013), kteří popisují, že při výskytu vydatnějších srážek je třeba zkrátit intervaly mezi danými postřiky.

Při porovnání celkového výskytu a šíření plísně bramboru se nejlépe jevila kombinace Polyversum + Serenade ASO (Graf č. 1). Důvodem může být kombinace již dvou registrovaných účinných látek a to v tomto případě *Bacillus subtilis*, kdy dle Stephan et al.



(2005), mikroorganismus sám o sobě na plíseň nepůsobí, nýbrž jeho metabolity zastavují klíčení spor, ničí zárodky bakterií a zastavují růst mycelia a zabraňují přichycení patogenu k povrchu a *Pythia Oligandra*, která dle Biopreparáty (2012), indukuje rezistenci rostliny vůči chorobám nadzemních částí. Průkazné jsou také efekty růstové stimulace, jejichž výslednicí je rozvoj kořenové soustavy i nadzemních částí rostliny. Ve zprávě Dorn (2007) přípravek Serenade ASO 100 % potlačil růst mycelia. Efekt se však neprokázal na klíčení sporangii, tam byla zaznamenána hodnota 1,6 %. Ve výzkumné práci Stephana et al. (2005) přípravek Serenade byl nejvíce efektivní v boji proti plísni bramborové.

Nejslabší účinnost při regulaci plísně na nati byla zjištěna u Varianty č. 8, kde fungicidní ochrana byla postavena pouze na aplikaci hydrochlorid chitosanu (1 %), zde se průměrné napadení natě 50,1 % blížilo neošetřené kontrole (50,4 %). Ani nejvyšší použitá koncentrace chitosanu (1 %) neprokázala predikovanou účinnost při takto silném infekčním tlaku, kterému byly porosty v roce 2021 na Výzkumné stanici v Uhříněvsi vystaveny. Dle studie Pavela & Žabka (2021), by účinnost chitosanu v přírodních podmínkách proti PLB měla být významná. Již jediná aplikace 0,4 % roztoku chitosanu poskytuje statisticky významnou inhibici a inhibiční účinek 37 %. V případech, kdy byl chitosan aplikován čtyřikrát, byl prokázán inhibiční účinek až 99,3 %. Těchto výsledků jsme v této diplomové práci nedostali.

Zvýšená vlhkost půdy podporovala smyv a mobilitu sporangii v půdě (Táborský 2006), a proto i napadení hlíz bylo vysoké u všech pokusných variant. Hausvater & Doležal (2013) uvádí, zdánlivě paradoxní situaci, kdy zcela neošetřený porost může mít minimální napadení hlíz plísní oproti porostu ošetřovanému. Tento stav napadení se kopíroval i výsledky v tomto pokuse, kdy neošetřená kontrola měla v průměru nejnižší % napadených hlíz ze všech pokusných variant. Hausvater & Doležal (2013) to vysvětlují tím, že u ošetřené varianty použití fungicidů prodlužujeme vegetaci a tím se zároveň prodlužuje i doba, kdy mohou být smývány sporangia z natě k hlízám. Naproti tomu u neošetřeného porostu (zejména při rychlém odumření natě) je tato doba kratší, navíc na povrchu půdy ulpělá sporangia jsou snadno ničena slunečním zářením.

## 6.2 Vliv vybraných biofungicidů a jejich aplikace na tvorbu hlíz

Dle Diviše et al. (2011), ovlivňují výnos bramborových hlíz především faktory, jako jsou vodní podmínky stanoviště, teploty a především choroby a škůdci poškozující listovou plochu. Jako další důležitou složku zmiňuje výběr odrůdy a agrotechnická opatření. Působení těchto negativních vlivů lze účinně snížit správnou agrotechnikou (udržení vlhkosti v půdě), například vyšším nahrnutím, anebo i použitím určitých podpůrných prostředků.

Biologické prostředky použité v této práci můžeme nazývat jako možný typ pomocných či podpůrných prostředků pro zlepšení zdravotního stavu. Vlivem jejich působení nemusejí mít stresové faktory takový nepříznivý dopad na tvorbu hlíz. K největší tvorbě (nasazení) hlíz celkově došlo u varianty Polyversum (Tabulka č. 4) ovšem u této postřikové varianty byla frakce hlíz <40 mm dominantní a to z 66 % (Graf č. 1). Nasazené hlízy, které mohlo podpořit i moření hlíz (jako u jediné varianty), neměly dostatek času dorůst a dosáhnout konzumní velikosti.

Při zhodnocení počtu hlíz pod jedním trsem pak nejlepšího výsledku dostal postřik Polyverum s počtem 6,8 hlíz na trs, poté Polyversum + Serenade ASO. Nejméně hlíz bylo u

Chitosanu 0,25 % s 5,6 hlízy pod 1 trsem. Oproti kontrolní parcele varianty s chitosanem v tvorbě hlíz pod 1 trsem dosáhl nižších počtů, a proto i měly vyšší průměrné hmotnosti (Tabulka č. 5). Vytvořené zásobní látky se koncentrovaly do menšího počtu hlíz pod trsem, což vedlo k tomu, že dosahovaly větší velikosti. To je patrné u všech variant s chitosanem, kde byl vyšší počet hlíz s velikostí nad 55 mm (tj. zejména u frakce 55-60 mm a také nad 60 mm), jak je patrné z Tabulky č. 7. To znamená, že použití Chitosanu kromě jiného mohlo podpořit tvorbu a růst hlíz, což potvrzují i autoři studie Agbodjato et al. (2015). Při porovnání s postřiky Polyversum a Polyversum + Serenade ASO, byly jeho účinky na tvorbu hlíz nižší, to potvrzují i Farag et al. (2017), kteří tvrdí, že samotný Chitosan má v polních pokusech nižší účinnost na plíseň v porovnání s in-vitro podmínkami a lepší stimulační účinky.

### 6.3 Vliv biofungicidů na výnos tržních (konzumních hlíz)

Dle Watkinson et al. (2015), kombinace faktorů jako jsou hydrologické podmínky stanoviště, teploty, choroby a škůdci mohou mít negativní či pozitivní dopad na celkové výnosy hlíz. Výskyt plísně bramboru v porostu je neustále hodnocen jako velmi zásadní faktor snižující výnosy. To potvrzuje i regresní analýza, ze které vyplývá, že výskyt PLB ovlivňoval výnos hlíz až z 80,9 % (Tabulka č. 9).

Hausvater et al. (2011), Vokál et al. (2013) tvrdí, že negativní dopady lze účinně snížit použitím postupných přípravků na ochranu rostlin. Ovšem také upozorňují, že vydatné a časté srážky jejich účinnost výrazně snižují.

Při hodnocení účinnosti jednotlivých přípravků ke vztahu k produkci konzumních hlíz tj. >40 mm, nejlepších výsledků dosáhl postřik Polyversum + Serenade ASO s výnosem 16 t/ha což bylo o 24,4 % (o 3,1 t/ha) více než u kontrolní neošetřené varianty (Graf č. 4). Druhé místo ve hmotnosti konzumních hlíz měl čistý postřik Polyversum, kterému chybělo 6,9 % tedy 1,1 tuny, aby dosáhl shodného výsledku výnosu jako s kombinací se Serenade ASO. Oproti kontrolní variantě byl s výnosem o 13,4 % úspěšnější. Tyto obě pokusné varianty, které dosáhly nejlepších výsledků, obsahovaly *Pythium oligandrum* a kromě fungicidního účinku mohly být dále pozitivně stimulovány, jak ve své studii zmiňují Judelson & Ah-Fong (2019) a uvádí pozitivní účinky vylučovaných fytoenzymů mikroorganismem, které rostlina využívá pro růst a tvorbu zásobních orgánů. Toto potvrzují i autoři Bělonožníková et al. (2020), dle kterých *Pythium oligandrum* svými metabolity stimuluje růst a vývoj rostliny.

Podobně jako u předchozího hodnocení i v případě výnosu konzumních hlíz dosáhly varianty s chitosanem nejhorších výsledků. Přesněji z ošetřovaných porostů nejnižších výnosů konzumních hlíz dosáhl hydrochlorid chitosanu s koncentrací 0,25 % s hodnotou 14,2 t/ha. Navýšení výnosu v porovnání s neošetřenou kontrolou bylo o 9,2 %. Výsledky ze studie Gossen (1997) tvrdí, že Chitosan významně zvyšuje výnosy plodin. Ovšem dle studie Farag et al. (2017), nelze tuto účinnost v in-vitro podmínkách očekávat na polích. Toto potvrzuje další studie od autorů Buzón-Durán et al. (2020).

Zhodnocení (korelace) závislosti napadení natě plísní bramboru a konečného výnosu konzumních hlíz uvádí Tabulka č. 10. Z ní je patrné, že napadení listové plochy rostlin plísní bramboru mělo vliv na výnos konzumních hlíz a Graf č. 5 uvádí detailnější závislost u jednotlivých variant ošetření. Lze tak přijmout tvrzení, že použití vybraných biologických

přípravků mohou mít pozitivní vliv jak na regulaci plísně, tak pozitivní vliv na růst rostlin, tvorbu hlíz, tak jak shodně uvádí i Diviš et al. (2011).

## 7 Závěry

Práce shromáždila a ověřila dostupné informace o biofungicidech vhodných pro ochranu brambor. Z výsledků je patrné, že počasí má silný vliv na rozvoj plísně bramboru, kdy se potvrdil význam teplotních a vlhkostních podmínek pro nástup a rozvoj této choroby.

V praktické části se došlo k těmto závěrům:

Rozsah napadení plísní bramboru:

- častý výskyt srážek a příznivé teploty způsobily v roce 2021 na lokalitě Praha-Uhřetěves epidemické šíření plísně v porostu,
- napadení hlíz při ruční sklizni bylo v důsledku vlhkého roku a častých dešťových přeháněk také vysoké,
- vývoj napadení měl u všech ošetřovaných variant od 7.7-28.7 podobný trend a napadení dosahovalo do 7,4 % listové plochy, kontrolní varianta tento trend následovala,
- díky vývoji podmínek v červenci se rozvoj choroby zrychlil a při hodnocení 9.8 bylo nejnižší napadení zaznamenáno u varianty Polyversum + Serenade ASO (31 %), následované Chitosan 0,5 % a jeho napadení 40,3 %, ve srovnání s kontrolou 44,3 % (k úplnému 100 % napadení došlo o deset dní později na všech parcelách),
- vývoj choroby v porostu i z časového hlediska vyjadřuje hodnota AUDPC, která vyjadřuje souvislost intenzity choroby k odhadu ztráty výnosu, regresní analýzy se výnos z 80,9 % odvíjel od napadení porostu plísní,
- rozsah napadení lze regulovat volbou vhodných biologických přípravků, jejichž účinnost může být velmi rozdílná nebo mohou mít i další stimulační efekty.

Hodnocení počtu a velikosti hlíz:

- u všech variant dominovaly hlízy ve velikostní frakci <40 mm (nekonzumní velikost),
- až 66 % hlíz pod 40 mm bylo zjištěno u neošetřené kontroly a varianty Polyversum,
- konzumní část hlíz tvořily především menší hlízy 40-55 mm (z 37 % to bylo u varianty Chitosan 1 %, Chitosan 0,25 % a Polyversum + Serenade ASO, z 36 % pak u varianty Chitosan 0,25 %, 34 % u Kontroly a 33 % u varianty Polyversum),
- u velikostní frakce 55-60 mm bylo z porovnávaných variant nejvyšší zastoupení u variant s chitosanem,
- velikostní frakce nad 60 mm vykazovala nejvyšší zastoupení u varianty Polyversum,
- předčasné ukončení vegetace neumožnilo uspokojivý nárůst hlíz, a proto pod trsem byla přítomna téměř pouze nejmenší frakce konzumních hlíz 40-55 mm a dominovaly drobné hlízy pod 40 mm).

Hodnocení výnosu hlíz:

- zjištěná průměrná hmotnost 1 konzumní hlízy se u všech variant pohybovala v rozmezí 73-84 g,
- největší hmotnostní podíl u všech variant tvořily hlízy z velikostní frakce 40-55 mm, nejlépe na tom pak byla varianta Polyversum + Serenade ASO (382 g/trs) a nejhůře varianta bez ošetření (290 g/trs),
- nejvyšší celkový výnos hlíz byl zjištěn u varianty Polyversum + Serenade ASO (28,7 t/ha), následně u varianty Polyversum (26,7 t/ha), Chitosan 1 % (25,9 t/ha), Chitosan 0,5 % (25,3 t/ha), Chitosan 0,25 % (25,1 t/ha), nejnižších výnosů dosáhla neošetřená varianta s 21,8 t/ha,
- výnos konzumních hlíz byl nejvyšší u Polyversum + Serenade ASO (16 t/ha), poté u varianty Polyversum (14,9 t/ha) a s chitosanem 1 % (14,6 t/ha), chitosanem 0,5 % (14,4 t/ha), chitosanem 0,25 % (14,2 t/ha) oproti neošetřené kontrole (12,1 t/ha),
- mezi výnosy jednotlivých variant ošetření nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly.

Doporučení pro pěstitelskou praxi – časté srážkové události a celkově příznivé podmínky pro rozvoj a šíření plísně bramboru v roce 2021 na pokusné lokalitě Praha-Uhřetěves umožnily naplno prověřit účinnost přípravků a postřikových plánů jako celku pro regulaci plísně bramboru.

Jako nejúčinnější se jeví kombinace již registrovaných biologických fungicidů (než jejich samostatná aplikace) v postřikovém plánu. To vše za předpokladu dobrého managementu, tedy koordinace monitoringu a prognózy, kultivačních a postřikových prací, které by vedly ke stanovení správného termínu prvního (či preventivního) ošetření a následně pak k celkové úspoře vstupů. V tomto případě by bylo třeba věnovat velkou pozornost interakcím mezi smíchanými skupinami látek a době aplikace v závislosti na počasí a stupni ohrožení plísní. V důsledku výskytu plísně bramboru byla vegetace u biologických variant zkrácena o přibližně 25 dní, což v kombinaci i s vyšším výskytem larev mandelinky bramborové na této lokalitě, znamenalo výrazně nižší výnosovou úroveň. To znamená dále realizovat víceleté pokusy a zhodnocení účinnosti těchto biofungicidů i v jiných podmínkách a lokalitách.

Hypotéza: Výskyt plísně bramboru na nati lze v porostech brambor účinně snížit aplikací biofungicidů či dalších účinných látek využitelných v ekologickém zemědělství.

Tato hypotéza je potvrzena. Ze skupiny vybraných látek lze na základě výsledků v roce 2021 a podmínek Výzkumné stanice v Praze-Uhřetěvsi doporučit kombinaci přípravků s dostatečnou účinností proti PLB, která ve výsledku zajistila také navýšení výnosu konzumních hlíz o 24,4 % v porovnání s neošetřenou kontrolou.

## 8 Literatura

- Agbodjato NA, Noumavo PA, Adjanohoun A, Dagbenonbakin G, Atta M, Falcon Rodriguez A, de la Noval Pons BM, Baba-Moussa L. 2015. Response of maize (*Zea mays* L.) crop to biofertilization with plant growth promoting rhizobacteria and chitosan under field conditions. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*. **3**:566-574. Available from [https://www.researchgate.net/publication/287490562\\_Response\\_of\\_maize\\_Zea\\_mays\\_L\\_crop\\_to\\_biofertilization\\_with\\_plant\\_growth\\_promoting\\_rhizobacteria\\_and\\_chitosan\\_under\\_field\\_conditions](https://www.researchgate.net/publication/287490562_Response_of_maize_Zea_mays_L_crop_to_biofertilization_with_plant_growth_promoting_rhizobacteria_and_chitosan_under_field_conditions) (accessed April 8, 2022).
- Anon. 2012. Výzkumná stanice Praha – Uhřetěves. Katedra rostlinné výroby FAPPZ ČZU v Praze. Available from <http://krv.agrobiologie.cz/psu2008/psindex.htm>. (accessed April 4, 2022).
- Bělonožníková K et al. 2020. Novel Insights into the Effect of Pythium Strains on Rapeseed Metabolism. *Microorganisms*. **8**:1-23. Available from <https://www.mdpi.com/2076-2607/8/10/1472> (accessed April 8, 2022).
- Bioinstitut. 2015. Ekologické zemědělství. Bioinstitut o.p.s. Available from <http://bioinstitut.cz/cz/ekologicke-zemedelstvi> (accessed December 16, 2021).
- Buzón-Durán L, Martín-Gil J, Marcos-Robles JL, Fombellida-Villafruela Á, Pérez-Lebeña E, Martín-Ramos P. 2020. Antifungal Activity of Chitosan Oligomers–Amino Acid Conjugate Complexes against *Fusarium culmorum* in Spelt (*Triticum spelta* L.). *Agronomy*. **10**:1-16. Available from <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/9/1427> (accessed April 8, 2022).
- Cirillo G, Spizzirri UG, Iemma F. 2015. Functional Polymers in Food Science From Technology to Biology Volume 2 Food Processing. Scrivener Publishing, Wiley.
- Diallo S, Crépin A, Barbey C, Orange N, Burini JF, Latour X. 2011. Mechanisms and recent advances in biological control mediated through the potato rhizosphere. *FEMS Microbiology Ecology*. **75**:351-364. Available from <https://academic.oup.com/femsec/article/75/3/351/493959> (accessed April 7, 2022).
- Diviš J, Bárta J, Bártová V. 2011. Pěstování brambor v podmínkách ekologického zemědělství. 1. vydání. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- Dorn B, Musa T, Krebs H, Fried PM, Forrer HB. 2007. Control of late blight in organic potato production: evaluation of copper-free preparations under field, growth chamber and laboratory conditions. *European Journal of Plant Pathology*. **119**:217-240. Available from <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300804140> (accessed March 16, 2022).
- Dvorský J, Urban J. 2014. Základy ekologického zemědělství: podle nařízení Rady (ES) č. 834/2007 a nařízení Komise (ES) č. 889/2008 s příklady. 2., aktualizované vydání. ÚKZÚZ, Brno. ISBN 978-80-7401-098-9.

- Dvořák P, Tomášek J, Hamouz K. In: Konvalina P. (Ed.). 2014. Pěstování vybraných plodin v ekologickém zemědělství. České Budějovice: Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2014, s. 123-166. ISBN 978-80-87510-32-2.
- Eagri. 2020. Integrovaná ochrana versus integrovaná produkce. Mze. Available from <https://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/skodlive-organismy/integrovana-ochrana-rostlin/integrovana-ochrana-versus-integrovana/> (accessed December 2021).
- Falta V. Biocont laboratory spol. s r.o. 2019. Integrovaná ochrana ovoce-historie, současnost i budoucnost. Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/sady-a-vinice/integrovana-ochrana-ovoce-historie-soucasnost-i-budoucnost> (accessed December 2021).
- Farag SMA, Elhalag KMA, Hagag MH, Khairy ASM, Ibrahim HM, Saker MT, Messiha NAS. 2017. Potato bacterial wilt suppression and plant health improvement after application of different antioxidants. Journal of Phytopathology. **165**:522-537. Available from <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201800142760> (accessed April 10, 2022).
- Goosen MFA, ed. 1997. Applications of Chitin and Chitosan. Boca Raton: CRC Press. ISBN 9781003072812.
- Hamouz K, Čepl J, Dvořák P, Hausvater E, Kasal P, Vokál B. 2007. Brambory – inovace a trendy v pěstování, nové pohledy na kvalitu. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha 6.
- Hausvater E, Doležal P, Dejmalová J. 2011. Plíseň bramboru. Vyd. 4., aktualizované vydání. Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod. ISBN 978-80-86940-34-2.
- Hausvater E. 2011. Metodika ochrany proti plísni bramboru podle náchylnosti odrůd. Havlíčkův Brod: Výzkumný ústav bramborářský. Praktické informace. ISBN 978-80-86940-27-4.
- Hausvater E, Doležal P. 2013. Ochrana brambor proti mandelince bramborové. VÚB Havlíčkův Brod, 2 s.
- Havlíček M, Vošlajer Z. 2019. Serenade® ASO – biologický přípravek pro široké spektrum plodin. Bayer s.r.o. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/serenade-aso-biologicky-pripravek-pro-siroke-spektrum-plodin> (accessed December 14, 2021).
- Hrubý R. 2002. Spolehlivost prognóz plísně bramborové. Rostlinolékař **4**:22 – 24.
- Hrudová E, Pokorný R, Víchová J. 2006. Integrovaná ochrana rostlin. Brno : MZLU, Brno.
- Hrudová E. 2015. Ochrana rostlin v ekologickém zemědělství. 1. vydání. Mendelova univerzita v Brně. Brno.
- Huan, Chihpin CH, Shuchuan P, Jill R. 2000. Optimal condition formodification of chitosan: A biopolymer for coagulation of colloidal particles. WaterReseach. Available from [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) (accessed April 9, 2022).

- Iederan C, Oroian IG, Brasovean I, Todora C, Malinas C. 2013. Factors influencing *Phytophthora infestans* Mont. de Bary attack degree in potato. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture.* **70**:342-346. Available from <http://journals.usamvcluj.ro/index.php/agriculture/article/view/9753> (accessed April 8, 2022).
- Judelson HS, Ah-Fong AMV. 2019. Exchanges at the Plant-Oomycete Interface That Influence Disease. *Plant Physiology.* **179**:1198-1211. Available from <https://academic.oup.com/plphys/article/179/4/1198/6116504> (accessed March 19, 2022).
- Kazda J, Jindra Z, Kubíček J, Prokinová E, Ryšánek P, Stejskal V. 2003. *Choroby a škůdci polních plodin, ovoce a zeleniny.* Vydavatelství odborných časopisů, Praha. ISBN 80-86726-03-7 .
- Kim Y, Cho JD, Park SY. 2005. Two groups of entomopathogenic bacteria, *Photorhabdus* and *Xenorhabdus*, share an inhibitory action against phospholipase A2 to induce host immunodepression. *Journal of invertebrate pathology,* **89**:258-264. Available from <https://journals.asm.org/doi/full/10.1128/AEM.00301-12> (accessed December 15, 2021).
- Kühntreiber WM, et al. 1999. *Cell encapsulation technology and therapeutics.* Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. Boston. ISBN 0-8176-4010-X.
- Malina C, Oroian IG, Odagiu A, Iederan C, Suciú A. 2013. Meta-models efficiency in assessing the vegetal pathogens attack. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture.* **70**:347-351. Available from <https://www.researchgate.net/journal/Bulletin-of-University-of-Agricultural-Sciences-and-Veterinary-Medicine-Cluj-Napoca-Horticulture-1843-5254> (accessed April 8, 2022).
- Mazáková J., Táborský V. 2005. Plíseň bramborová – složení patogena *Phytophthora infestans* v ČR. *Rostlinolékař* **4**:23-24.
- Mazáková J., Lebeda A., Táborský V. 2006. Plíseň bramboru (*Phytophthora infestans*) – taxonomie, původ, biologie a možnosti ochrany. *Rostlinolékař* **16**:79-89.
- Mendelu. 2020. *Biologická ochrana rostlin.* AF Mendelu. Available from <https://www.af.czu.cz/dl/95155?lang=cs> (accessed December 8, 2021).
- Neuerburg W, Padel S. 1994. *Ekologické zemědělství v praxi.* Nadace pro organické zemědělství FOA, Ministerstvo zemědělství ČR. Praha.
- Ongena M, Jacques P. 2008. *Bacillus lipopeptides: versatile weapons for plant disease biocontrol.* *Trends in Microbiology* **3**:115-125. Available from [https://www.researchgate.net/publication/5562027\\_Ongena\\_M\\_Jacques\\_P\\_Bacillus\\_lipopeptides\\_versatile\\_weapons\\_for\\_plant\\_disease\\_biocontrol\\_Trends\\_Microbio\\_16\\_115-125](https://www.researchgate.net/publication/5562027_Ongena_M_Jacques_P_Bacillus_lipopeptides_versatile_weapons_for_plant_disease_biocontrol_Trends_Microbio_16_115-125) (accessed April 8, 2022).
- Oroian IG, Odagiu A, Covrig I, Paulette L, Rusu T. 2013. Testing multiregression model in predicting *Phytophthora infestans* L. attack degree on potato culture developed in climatic conditions from Transylvania, Romania. *Journal of Food, Agriculture.* **11**:449-453. Available from [www.academia.edu/20196775/Testing\\_multiregression\\_model\\_in\\_predicting\\_Phytophthora\\_infestans\\_L\\_attack\\_degree\\_on\\_potato\\_culture\\_developed\\_in\\_climatic\\_conditions\\_from\\_Transylvania\\_Romania](http://www.academia.edu/20196775/Testing_multiregression_model_in_predicting_Phytophthora_infestans_L_attack_degree_on_potato_culture_developed_in_climatic_conditions_from_Transylvania_Romania)



- [ra infestans L attack degree on potato culture developed in climatic conditions from Transylvania Romania](#) (accessed April 8, 2022).
- Pavela R. 2017. Botanické pesticidy, nadějná alternativa ochrany rostlin. Agrojournal. Available from <https://www.agrojournal.cz/clanky/botanicke-pesticidy-nadejna-alternativa-ochrany-rostlin-313> (accessed December 9, 2021).
- Prokinová E. 2020. Využití biologické ochrany rostlin v systému ekologického pěstování plodin. Agromanuál. České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/vyuziti-biologicke-ochrany-rostlin-v-systemu-ekologickeho-pestovani-plodin> (accessed March 2022)
- Ramawat G, Mérillon JM. 2015. Polysaccharides Bioactivity and Biotechnology. Springer International Publishing, Switzerland.
- Rasocha V, Hausvater E, Doležal P. 2008. Škodliví činitelé bramboru. Výzkumný ústav Havlíčkův Brod, s.r.o., Havlíčkův Brod.
- Rybáček V. et al. 1988. Brambory. SZN, Praha.
- Státní rostlinolékařská správa. 2012. Registr přípravků na ochranu rostlin. SRS. Available from <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/> (accessed December 9, 2021).
- 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.
- Škeřík J. 2002. Pěstování brambor v ekologickém zemědělství. Úroda, **8**.
- Táborský V, Doležal P. 2006. Prognóza výskytu plísně bramboru – Problematika rezistence patogena Phytophthora infestans k fungicidům, Agromanuál **5**:28-31. Available from [https://www.vubhb.cz/library.ashx?file=2\\_pi\\_35\\_cert\\_metodika\\_plisne\\_final.pdf](https://www.vubhb.cz/library.ashx?file=2_pi_35_cert_metodika_plisne_final.pdf). (Accessed December 11, 2021).
- Táborský V, Mazáková J, Doležal P. 2004. Plíseň bramborová, Agromanuál **4**:44-47. Available from [https://www.vubhb.cz/library.ashx?file=2\\_pi\\_35\\_cert\\_metodika\\_plisne\\_final.pdf](https://www.vubhb.cz/library.ashx?file=2_pi_35_cert_metodika_plisne_final.pdf). (accessed December 8, 2021).
- Vavříková E, Vinšová J. 2009. Chitosan a jeho farmaceutická aplikace, Chemické listy. **103**:56-65. Available from [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2009\\_01\\_56-65.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2009_01_56-65.pdf) (accessed March 20, 2022).
- Vodička J, Diviš J. 2001. Kvalita biobrambor z ekologického zemědělství, Úroda **49**:32-33. Available from <https://uroda.cz/> (accessed December 5, 2021).
- Vokál B, Čepel J, Čížek M, Domkářová J, Hausvater E, Rasocha V, Diviš J, Hamouz K. 2004. Technologie pěstování brambor. Rozhodovací systémy pro optimalizaci pěstitelských technologií u jednotlivých užitkových směrů brambor. 1. vydání. ÚZPI, Praha.
- Vokál B et al. 2013. Brambory: šlechtění, pěstování, užití, ekonomika. Praha: Profi Press. ISBN 978-80-86726-54-0.
- Voželníková B. 2007. Přednášky z předmětu Obecná fytopatologie.

- Watkinson SC, Boddy L, Money NP. 2015. UK: Elsevier Science & Technology. ISBN 9780123820358.
- Wohlleben P, Wohlleben M, 2018. Jak se žije u Wohllebenů: samozásobitelství v praxi. Brno. ISBN 978-80-907197-8-1.
- Zarzynska K. 2006. Cechy odmian ziemniaka przydatne w uprawie ekologicznej. Zeszyty problemowe postepow nauk rolniczych, **511**:73–80. Available from [https://scholar.google.pl/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=pl&user=xDriM\\_8AAAAJ&citation\\_for\\_view=xDriM\\_8AAAAJ:3s1wT3WcHBgC](https://scholar.google.pl/citations?view_op=view_citation&hl=pl&user=xDriM_8AAAAJ&citation_for_view=xDriM_8AAAAJ:3s1wT3WcHBgC) (accessed December 5, 2021).
- Žabka M, Pavela R. 2021. The Dominance of Chitosan Hydrochloride over Modern Natural Agents or Basic Substances in Efficacy against *Phytophthora infestans*, and Its Safety for the Non-Target Model Species *Eisenia fetida*. *Horticulturae*. **7**:366. Available from <https://doi.org/10.3390/horticulturae7100366> (accessed April 6, 2022).

