

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby



**Vliv *Pythium oligandrum* na růst a vývoj silážní kukuřice
v podmínkách ekologického pěstování**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Lenka Nosková

Obor studia: Ekologické zemědělství

Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Tomášek, Ph.D.

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv *Pythium oligandrum* na růst a vývoj silážní kukuřice v podmínkách ekologického pěstování" 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 neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13.4.2017

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému školiteli Ing. Jaroslavu Tomáškoví, Ph.D. za jeho součinnost a odborné vedení práce. Další poděkování patří mým rodičům a všem přátelům, kteří mě podporovali při studiu.

Souhrn

Cílem předložené práce bylo zjistit vliv houby *Pythium oligandrum* na produkci sušiny u silážní kukuřice a zhodnotit vliv *P. oligandrum* na rozvoj houbových chorob na listech a palicích kukuřice. Byly vytvořeny 3 hypotézy: i) aplikace *P. oligandrum* ve dvou termínech bude mít pozitivní vliv na celkový výnos sušiny silážní hmoty, ii) aplikace *P. oligandrum* ve dvou termínech bude mít vliv na snížení výskytu houbových chorob, iii) aplikace *P. oligandrum* ve dvou termínech bude z hlediska výnosu sušiny výhodnější, než aplikace v jednom termínu.

Pokus s kukuřicí byl zřízen na Výzkumné stanici Červený Újezd. Byly založeny celkem čtyři varianty: kontrola bez ošetření, kontrola s konvenčním přípravkem Prosaro, varianta ošetřená 1x *P. oligandrum* a varianta ošetřená 2x *P. oligandrum*. V průběhu vegetace byl spočítán počet rostlin na plochu při vzcházení a byl sledován zdravotní stav rostlin. Před sklizní byl zjištěn stav porostu (napadení houbovými chorobami) a při sklizni výnos sušiny z jednotlivých parcelek.

Výsledky potvrdily dvě ze tří našich hypotéz. Napadení chorobami bylo nízké, takže výsledky nebyly statisticky průkazné. Aplikace *P. oligandrum* ve dvou termínech měla vliv na zvýšení výnosu zelené silážní hmoty o 6% (+ 1,90 t/ha) a zvýšení výnosu suché hmoty celých rostlin o 16 % (+ 2,18 t/ha). Výsledky ukázaly, že se *P. oligandrum* může stát kvalitní alternativou chemických fungicidů v konvenčním zemědělství a vhodným nástrojem pro zvýšení výnosu silážní hmoty kukuřice v konvenčním i ekologickém zemědělství.

Klíčová slova: *Pythium oligandrum*, kukuřice, houbové choroby, biokontrola, ekologické zemědělství

Summary

The aim of the study was to determine the impact of fungus *Pythium oligandrum* on dry mass production of maize silage and evaluate the effect of *P. oligandrum* on development of fungal diseases on leaves and corn cobs of maize. The following hypotheses were made: i) application of *P. oligandrum* in two periods will have a positive effect on total yield of silage, ii) application of *P. oligandrum* in two periods will affect the reduction in the incidence of fungal diseases, iii) usage of *P. oligandrum* in two periods will be in terms of dry mass yield more effective than the application of the fungus only one time.

The experiment was set at the Research station Červený Újezd. The observation included 4 groups of investigation: control group with no treatment, control group with a conventional fungicide Prosaro, variant treated with *P. oligandrum* in one period, variant treated with *P. oligandrum* in two periods. The number of germinating maize seeds was computed for a given area and the plant health status was monitored during a vegetation period. The crop condition (fungal infection) has been determined before the harvest and the dry mass yield was measured during the harvest from the individual parcels.

The results confirmed two out of the three hypotheses. The infestation was low, therefore the results were not statistically significant. Application of *P. oligandrum* used in 2 periods had a positive effect on increasing the yield of green mass of silage by 6 % (+ 1,90t/ha) and increasing the dry mass yield of whole plants by 16% (+ 2,18 t/ha). The results has indicated that the *P. oligandrum* can become a good alternative to chemical fungicides in conventional agriculture and the appropriate component for increasing the yield of maize silage in conventional and ecological agriculture.

Keywords: *Pythium oligandrum*, maize, fungal diseases, biocontrol, ecological agriculture

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Vědecké hypotézy a cíle práce.....	2
3 Literární přehled.....	3
3.1 Ekologické zemědělství.....	3
3.2 Kukuřice.....	3
3.2.1 Úvod.....	3
3.2.2 Biologie.....	5
3.2.3 Silážní kukuřice.....	7
3.3 Choroby a škůdci.....	9
3.3.1 Houbové choroby.....	11
3.3.1.1 Obecná snětivost kukuřice.....	11
3.3.1.2 Rzivost kukuřice.....	11
3.3.1.3 Růžová plísňovitost kořenů, stébel a palic.....	12
3.3.2 Hmyzí škůdci.....	12
3.3.2.1 Bázlivec kukuřičný.....	13
3.3.2.2 Bzunka ječná.....	13
3.3.2.3 Larvy kovaříkovitých brouků.....	13
3.3.2.4 Zavýječ kukuřičný.....	13
3.3.3 Plevel v porostech kukuřice.....	14
3.4 Mykotoxiny.....	15
3.5 Biologická ochrana.....	16
3.6 <i>Pythium oligandrum</i>	17
3.6.1 Úvod.....	17
3.6.2 Biologie.....	19
3.6.3 Účinky na jiné mikroorganismy.....	20
3.6.3.1 Mykoparazitismus.....	20
3.6.3.2 Antibióza.....	20
3.6.4 Vlivy na hostitelské rostliny.....	20
3.6.4.1 Ochrana vůči patogenům.....	20
3.6.4.2 Vliv na růst rostliny.....	22
4 Materiál a metody.....	24
4.1 Použité materiály.....	24
4.1.1 Močovina.....	24
4.1.2 Polyversum.....	25
4.1.3 Prosaro.....	26
4.2 Založení a plán pokusu.....	28
4.3 Agrotechnika pokusu.....	29
4.4 Charakteristika V. S. Červený Újezd.....	29
4.4.1 Obecná charakteristika lokality.....	29
4.4.2 Půdní podmínky.....	30
4.5 Hodnocení pokusu.....	30
5 Výsledky.....	32
5.1 Vycházení rostlin kukuřice.....	32
5.2 Výnos silážní kukuřice.....	32
5.3 Výnos zrnové kukuřice.....	33
5.4 Přínos aplikace <i>P. oligandrum</i>	34
5.5 Výsledky výnosu let 2013 - 2016.....	34
5.6 Napadení houbovými chorobami.....	35
6 Diskuze.....	37
7 Závěr.....	40
8 Seznam použité literatury.....	41

1 Úvod

Společnost se pomalu, ale jistě, začíná zajímat o ekologii. Tento zájem či trend se promítl i do zemědělství, kde snaha o snížení dopadu na životní prostředí vedla k vývoji nových technologií s cílem nahradit staré metody. Konkrétním případem je tendence nahradit chemické přípravky biologickými preparáty.

Jedním z takových biopreparátů je přípravek Polyversum, obsahující nepatrný mikroorganismus zvaný *Pythium oligandrum*. Jedná se o oomycetu (česky se jí říká Chytrá houba). Hlavním mechanismem jejího účinku proti houbovým chorobám je mykoparazitismus, při kterém *P. oligandrum* za pomoci hydrolytických enzymů rozkládá stélky fytopatogenů a takto získané živiny využívá pro vlastní výživu. Dalším způsobem účinku je indukce rezistence vůči chorobám nadzemních částí v ošetřené rostlině a také její růstová stimulace. Těchto efektů je dosaženo produkcí sekundárních metabolitů *P. oligandrum* v kořenovém systému, ovlivňujících fyziologii rostliny (Anon., 2016a).

Kukuřice setá (*Zea mays*) je významná jednoletá krmná energetická plodina, která se uplatňuje nejen v celoroční krmné dávce pro skot (hlavně dojnice), ale v poslední době i jako substrát pro bioplynové stanice (týká se zejména kukuřičné siláže) (Jirmanová a kol., 2015). Kukuřice je poměrně oblíbená plodina mezi zemědělskými podniky, a jak roste její význam a rozsah ploch, na kterých je pěstována, roste i důležitost a náročnost její ochrany před škodlivými činiteli (organismy). V rámci naší práce jsou těmito škodlivými organismy či mikroorganismy myšleny houbové choroby a jejich původci.

V našich podmínkách (ČR) je kukuřice v průběhu vegetace napadána pouze několika patogeny. Nejčastěji jsou to: sněť kukuřice (*Ustilago maydis*), rez kukuřičná (*Puccinia sorghi*), a v neposlední řadě houby rodu *Fusarium* napadající klasy kukuřice (Nedělník a kol., 2015).

2 Vědecké hypotézy a cíle práce

Cílem práce bylo zjistit vliv houby *Pythium oligandrum* na produkci sušiny u silážní kukuřice. Dalším cílem bylo zhodnotit vliv *P. oligandrum* na rozvoj houbových chorob na listech a palicích kukuřice.

Hypotézy:

- 1) Předpokládá se, že aplikace *P. oligandrum* na list kukuřice ve dvou termínech bude mít pozitivní vliv na celkový výnos sušiny silážní hmoty.
- 2) Předpokládá se, že aplikace *P. oligandrum* na list kukuřice ve dvou termínech bude mít vliv na snížení výskytu houbových chorob (fusarióz).
- 3) Předpokládá se, že aplikace *P. oligandrum* ve dvou termínech bude z hlediska výnosu sušiny výhodnější, než aplikace pouze v jednom termínu.

3 Literární přehled

3.1 Ekologické zemědělství

Všeobecná snaha naší společnosti o snížení znečišťování životního prostředí, která je podporována různými analýzami, týkajícími se poškozování přírody lidskou činností, směřuje i do oblasti zemědělství. Současné moderní technologie pěstování zemědělských plodin jsou nastaveny tak, že se bez aplikace chemických přípravků proti plevelům, chorobám a škůdcům neobejdou. Setkáváme se však s trendy, směřujícími ke snižování zátěže životního prostředí (Hýsek a kol., 2008). Zároveň se zvyšuje poptávka spotřebitelů po zdravých potravinách s méně chemickými rezidui (Alabouvette a kol., 2006).

Světová populace neustále roste a zemědělská produkce musí držet krok, aby zajistila globální přístup k bezrizikovým potravinám v dostatečném množství. V této souvislosti se obnovil zájem o alternativní přístupy k ochraně před škůdci, nemocemi a plevely. Výraz „alternativní přístupy“, znamenající náhradu syntetických chemických pesticidů, zahrnuje širokou škálu různých přístupů založených na zemědělských postupech a aplikaci „přírodních produktů“ a prospěšných (mikro)organismů, známých jako biokontrolní agens (BA) (Alabouvette a kol., 2009). Počet studií těchto organismů se během posledních let značně navýšil (Gerbore a kol., 2013).

Existují vědecky ověřené situace, kdy lze chemické přípravky nahradit biologickými preparáty se srovnatelnou účinností i ekonomickou efektivností (Hýsek a kol., 2008).

3.2 Kukuřice

3.2.1 Úvod

Kukuřice setá (*Zea mays*) je jednoletá, jednodomá rostlina zařazená do podtřídy jednoděložných (Monokotyledonae), řádu lipnicokvětých (Poales), čeledi lipnicovitých (Poaceae) a skupiny kukuřicovitých (Maydeae).

Původně se nacházela v tropických a subtropických oblastech Jižní a Střední Ameriky (Špaldon, 1982). V současné době je rozšířená po celém světě jako velmi ceněná obilnina s vysokými hektarovými výnosy a cenovou dostupností (Šuk a kol., 1998).

V ČR se v posledních letech kukuřice pěstuje na ploše okolo 100 tis. ha (Kocourek a kol., 2008). V roce 2014 to bylo 98 749 ha (FAO, 2017).

Neplatí již dřívější doporučení, že kukuřice je nejvhodnější krmnou plodinou pro nížinné oblasti, neboť díky široké nabídce velkého počtu hybridů i s nižšími čísly FAO (číslo ranosti) (200-300), se s ohledem i ke strukturálním změnám v chovu skotu, stává produkčně nejdůležitější výrobní oblastí pěstování silážní kukuřice vedle řepařské oblasti, hlavně oblast bramborářská. Silážní kukuřice se tak stěhuje za svými konzumenty do vyšších poloh, včetně podhorských (Doležal a kol., 2002).

Kukuřice je důležitá nejen z hlediska vysokých výnosů, ale i kvůli obsahu živin a energie (Jirmanová a kol., 2015). Navíc patří mezi plodiny s relativně jednoduchým pěstováním a určitou jistotou výnosu. Další výhodou je i její snášenlivost při opakovaném pěstování na jednom pozemku (Hezký, 2015). Je všeobecně známou skutečností, že se v porovnání s jinými krmnými plodinami vyznačuje až o 50 % nižšími náklady na produkci energetické jednotky (1 MJ NEL), díky vysoké potenciální produkci a možnostem plné mechanizace (Doležal a kol., 2002). V osevních sledech zemědělských podniků zaujímá velmi vysoké procentické zastoupení (Kolařík a kol., 2016). Zatímco dříve byla pěstována především na zrno a siláž (Šuk a kol., 1998), dnes je značná část produkce používána jako „základní potrava“ do bioplynových stanic (Kolařík a kol., 2016). Pro výrobu bioplynu je cílem zajištění homogenního a vyrovnaného porostu s vysokým výnosem, ale s nižším obsahem škrobu. Sklízí se na siláž při sušině od 28 do 32 %, při vyšší sušině se zvyšuje podíl ligninu a klesá výtěžnost bioplynu, zvyšuje se riziko zaplísnění. Vhodnost pro využití na výrobu bioplynu lze ovlivnit i technologií pěstování, např. hustějším setím, nebo hnojením. Dalšími směry využití kukuřice jsou potravinářství a průmysl (Loučka a kol., 2015).

Ruku v ruce se stoupající osetou plochou vzrůstá i náročnost při pěstování (Kolařík a Rotrekl, 2015) a potřeba na zvýšené vstupy v podobě především ochrany proti škodlivým činitelům (Kolařík a kol., 2016).

Z hlediska využití obsahuje kukuřice dvě velmi odlišné části: zrno a zbylou nadzemní část rostliny. Během růstu zrání se mění složení i podíl těchto částí. Záleží i na jejich podílu ve sklizeném produktu (např. zvyšováním strniště se zvyšuje podíl zrna). I ve zbytku rostliny jsou části s odlišným složením a vlastností (stonek, listy, listeny, vřeteno), které ovlivňují výslednou kvalitu produktu. Podíly palic (resp. zrna v palicích, cca 65 %) a zbytku rostlin (cca 45 %) včetně jejich složení a změn jsou dány z velké části geneticky, ale ovlivňuje je také mnoho dalších faktorů od agrotechniky, přes počasí, až po způsob sklizně, konzervace a uskladnění (Loučka a kol., 2015).

Kukuřice patří mezi rostliny C_4 s vysokou rychlostí a účinností fotosyntézy. Využívá vodu 2–3 krát efektivněji, než rostliny C_3 (Zimolka a kol., 2008).

Kukuřice je během růstu v určitých vegetačních fázích citlivá na teplotu a dostatek vláhy, kdy nízké či naopak vysoké teploty a úhrny srážek ovlivní vegetativní i generativní fázi růstu a tím i výnos a kvalitu píce. Při vysokých teplotách a nedostatku srážek se nejen zpomaluje, až zastavuje vegetativní nárůst biomasy (s negativním dopadem na výnos), ale je omezován rovněž generativní vývoj a zakládání palic, zhoršuje se i opylení (palice není řádně ozrněná) a klesá podíl palic na výnosu (Jirmanová a kol., 2015).

Vhodná doba začátku setí nastává tehdy, pokud teplota půdy dosáhla 8 až 10°C. Zhruba tedy od poloviny dubna do půlky května. Vhodnější je mělčejší setí o 3 až 4 cm s meziřádkovou vzdáleností od 12 do 30 cm. Po zasetí kukuřice bývá častým opatřením válení, pro regulaci plevele vláčení nebo plečkování (Zimolka a kol., 2008). Velmi důležitou část tvoří založení porostu a způsob zpracování půdy (Hůla a kol., 2008). Pokud není správně založen porost, výnos biomasy je negativně ovlivněn (Havlíčková, 2008). Nejvíce je závislý na vláze a rozteči řádků (Farnham, 2001).

Ranost je schopnost rychle dosáhnout sklizňové zralosti, u hybridů kukuřice může být vyjádřena číslem FAO. Číslo FAO je ale jen orientačním ukazatelem. U silážních hybridů se vyvozuje na základě středního obsahu sušiny v celé rostlině v době optimální zralosti na siláž ve srovnání s kontrolními hybridy. U zrnových hybridů se vychází ze sušiny palice. Rozdíl o deset čísel FAO odpovídá jednomu procentu sušiny, což obvykle znamená posun ve sklizňové zralosti o jeden až dva dny (Loučka a kol., 2015).

Bt-kukuřice, neboli geneticky modifikovaná kukuřice, je (transgenní) rostlina rezistentní vůči škůdcům. Tato kukuřice má do svého genomu vložen gen z bakterie *Bacillus thuringiensis*, kódující protein Cry1Ab. Produktem genu je bílkovina s insekticidními účinky, tzv. delta toxin. Plocha, na které se Bt-kukuřice pěstuje, je z celosvětového hlediska druhou největší v rámci GM plodin (první místo zaujímá GM sója) (Kocourek a kol., 2008).

3.2.2 Biologie

Kukuřice je jednodomá rostlina s různopohlavními květy. Samčí (prašníkové) květy jsou uspořádané do laty (*panicula*). Květy samičí (pestíkové) tvoří palici (*spadix*) neboli klas. Na vrcholu rostliny vyrůstá lata, která je tvořena hlavní větví a různým počtem vedlejších větví, ty se mohou dále větvit (Zimolka a kol., 2008). Samičí květenství vyrůstá z úžlabí listu a je

obalena mnoha listeny, které ji chrání před nepříznivými vlivy a škůdci (Hruška, 1962). Palice je tvořena větvením, do jehož jamek přisedají dvoukvětné klásky. Jeden je plodný, druhý je neplodný. Počet palic kolísá podle typu odrůdy, často od 1 do 12, avšak nejčastěji nese jedna rostlina 1 až 3 palice (Dostál, 1989). Počet samičích klásků je vždy sudý, od 8 do 18 (Zimolka a kol., 2008).

Každá lata vyprodukuje minimálně 20 milionů pylových zrn, které jsou přizpůsobeny k přenosu větrem. Při slunečném počasí trvá uvolnění pylu 4 až 5 dní. Nestejně velká pylová zrna mají při dosažení zralosti tři buňky. Jedna buňka je vegetativní, zbylé dvě buňky jsou dlouhé a tenké samičí pohlavní buňky (spermie). Ze samičího květenství vyrůstají dlouhé čnělky schopné bliznami zachytit pylová zrna. Doba kvetení palice trvá 5 až 10 dní. Opylení blizen a čnělek při teplotě 17 až 20 °C trvá přibližně 20 až 25 dní. Pylová láčka prorůstá čnělkou až do zárodečného váčku. Oplození se zúčastňují obě pohlavní buňky (spermie). Po splynutí se z jedné vyvine zárodek s diploidním počtem chromozomů ($2n = 20$), z druhé vznikne triploidní endosperm (Zimolka a kol., 2008).

Zrno kukuřice (caryopsis) neboli nažka, je suchý jednosemenný a nepukavý plod různého tvaru a barvy. Zrno je významným zdrojem energie s vysokou nutriční hodnotou a stravitelností. Nutriční hodnota je závislá na půdních a klimatických podmínkách, typu hybridu, sklizně a uskladnění zrna. Hlavní složkou zrna jsou sacharidy, především škrob, bílkoviny, vitamíny (A, B₁, E, C, D, K a další) a popeloviny (Zimolka a kol., 2008).

Listy kukuřici slouží k asimilaci a výparu vody. Znaky na listech, převážně velikost a šířka, jsou odrůdovými znaky a jsou ovlivňovány i vnějšími podmínkami. Taktéž počet listů je dán typem odrůdy. Rané hybridy tvoří 8 až 10 listů, pozdní 24 i více. Listy kukuřice jsou široké a dlouze kopinaté. Povrch široké čepele (laminy) je porostlý chloupky a na spodní straně je hladký. Čepel je tenká, zvlněná s výraznou hlavní žilkou. Listy mají bohaté množství průduchů (stomat) důležitých pro fotosyntézu, které se zúčastňují výměny plynů a regulují vodní bilanci rostliny (Zimolka a kol., 2008). Z každého kolénku, střídavě ve dvou protilehlých řadách, vyrůstá jeden list (Hruška, 1962). Podle postavení listové čepele rozeznáváme listy horizontálně postavené (planofilní) a vertikálně postavené (erektofilní), což je velmi důležité při využívání slunečního záření. V celkovém výnosu sušiny kukuřice tvoří podíl listů 10 až 20 % (Vrzal a kol., 1995).

Stéblo je zásobním orgánem kukuřice složeným z článků (internodií) a kolének (nody), jejichž počet je závislý na stanovištních podmínkách a délce vegetační doby (Vaněk a kol.,

2007). Naše nejčastěji pěstované hybridy mají často 14 až 20 článků (Špaldon, 1982). Stéblo je vzpřímené a dužnaté, na povrchu hladké, dorůstající výšky 120 až 300 cm. Článek, který nese samičí květenství, musí udržovat rovnováhu stébla při narůstající hmotnosti klasu, proto má rozšířené úžlabí a bývá nakloněn do vertikální osy na opačnou stranu od klasu. Při optimálních podmínkách může denní přírůstek délky stébla dosáhnout 12 až 15 cm (Zimolka a kol., 2008).

Klíčení obilky kukuřice je komplexem složitých pochodů. V polních podmínkách trvá vyklíčení sedm až deset dní při optimální teplotě 30 °C a s nejnižším obsahem vody 57 % v zru. Buňky koleorhizy se začnou prodlužovat, proniknou oplodím a současně dochází k růstu primárního kořínku. Z protější strany zárodku začne růst koleoptile, a následně z vrcholu vyrůstá první asimilující list (Zimolka a kol., 2008).

Kukuřice vytváří svazčitý kořenový systém (Valíček a kol., 2002). Embryonální kořínek zakládající se již v zárodku patří do primární kořenové soustavy. Do sekundární kořenové soustavy patří kořeny, které vznikají v přeslenech okolo bazálních uzlů, tzv. adventivní kořeny (Šuk a kol., 1998). Podle stanovištních podmínek pronikají provazčité kořeny 1,5 až 3 m hluboko a zajišťují tak dokonalé zásobování vodou. Jemné kořínky jsou rozloženy mělce do 20 cm v okruhu 1 m od stébla. Kukuřice může vytvářet nadzemní vzdušné kořeny, které jí zajišťují oporu a chrání tak proti poléhání. Tyto kořeny vznikají ze tří až čtyř nadzemních kolének (Zimolka a kol., 2008).

3.2.3 Silážní kukuřice

Silážní kukuřice je jako krmivo důležitá pro zdroj škrobu (Diviš, 2015). Obsahuje 15–30 % vodorozpustných sacharidů v 1 kg sušiny. Je lehce stravitelná, ale vzhledem k nízkému obsahu N-látek, Ca, P, vitamínů A, D a beta-karotenu, je nutné kompenzovat tyto látky za pomoci jaderných nebo bílkovinných krmiv. Vedle škrobu je zdrojem energie stravitelná vláknina, především ze zbytku rostlin, která se podává dojnícím pro zdraví jejich bachorového trávení (Zimolka a kol., 2008).

Další oblastí využití siláže jsou bioplynové stanice, pro něž slouží jako zdroj energie (Hezký, 2015). Výnos metanu na hektar je u kukuřičné siláže v porovnání s jinými energetickými plodinami vysoce nadprůměrný (Třináctý a kol., 2012).

Siláž vzniká fermentací vodorozpustných sacharidů za anaerobních podmínek. Tímto procesem dochází ke vzniku organických kyselin, především kyseliny mléčné a octové, a

minoritního množství alkoholu (Zimolka a kol., 2008).

Pokud se kukuřice silážuje ve vhodném vegetačním stádiu a je zajištěno dostatečné udusání silážované řezanky, pak je lehce silážovatelná. Problematické je silážování zejména při sušině nižší než 28 %, to bývají siláže hodně kyselé a vzniká nebezpečí odtoku silážních šťáv. Vznik silážních šťáv znamená zvýšení fermentačních ztrát a nebezpečí znečištění životního prostředí. Problémy nastávají i u opačného extrému. Kukuřice na siláž, sklizená ke konci těstovitě (resp. mléčně voskové) zralosti zrna, kdy se u ní sice dosahuje největší koncentrace energie, se vyznačuje již sníženým podílem cukrů. Z těchto důvodů je nutné zkrátit délku řezanky (resp. lépe ji zpracovat ve sklizňovém stroji), aby po naskladnění do silážního žlabu bylo možné intenzivním dusáním snížit podíl vzduchu v řezance na minimum a tím podstatně zkrátit počáteční aerobní fázi fermentačního procesu. Navíc, když se bude kukuřice silážovat se sušinou vyšší než 35 %, při nedostatečném mechanickém narušení (odpovídající délce řezanky) a nedostatečném udusání, zůstane v siláži vyšší obsah vzdušného kyslíku, což způsobí velké namnožení kvasinek a plísní. Plísně a jejich toxiny (mykotoxiny) se do siláží mohou dostat již v silážované hmotě, pokud se namnoží na poli. Potíže s aerobní stabilitou lze někdy řešit přidáním vhodného konzervačního přípravku (Loučka a kol., 2015).

Kukuřice je dobře silážovatelná i proto, že má nízkou pufracní kapacitu (nízký obsah dusíkatých látek, bazických prvků a dusičnanů). Důležitou podmínkou je však zamezení jejího znečištění zeminou. To riziko se zvyšuje zejména za špatného počasí. Se znečištěným krmivem se do silážované hmoty dostávají klostridie, které jsou zodpovědné za máselné kvašení a tvorbu kyseliny máselné a biogenních aminů. Proto by měl podíl nečistot činit méně než 3 % v sušině (Loučka a kol., 2015).

Kvalitu siláže ovlivňuje již výběr vhodného hybridu pro danou lokalitu. Významnou roli dále hraje zvolená agrotechnika a zásahy během vegetace, termín sklizně (výška strniště atd.) a samozřejmě technologický postup silážování (nastavení kvality zpracování řezanky, rychlost naskladnění, kvalita udusání hmoty). Druhou skupinu faktorů tvoří takové, které nemůžeme ovlivnit, ale musíme je respektovat. Vliv stanoviště (půdní typ a druh, svažitosť, expozice atd.) je fixní a lze se mu poměrně dobře přizpůsobit výběrem hybridu či vhodné pěstitelské technologie (Jirmanová a kol., 2015). Při dodržení všech technologických podmínek lze vyrobit kvalitní siláž i bez použití silážních aditiv. I přesto se silážní aditiva používají pro snížení fermentačních ztrát a zvýšení aerobní stability (Zimolka a kol., 2008).

Při sklizni kukuřice na siláž je celá rostlina pomocí sklízecí řezačky pořezána na drobnou řezanku, která vytvoří homogenní směs jednotlivých částí rostlin. Kvalitu výsledného produktu lze ovlivnit nejen sklizní ve vhodném obsahu sušiny, ale i způsobem zpracování řezanky na řezačce (nejen její délkou) s využitím moderních technologií (corn-cracker, Shretlage) i ve skladovacích prostorách (dusání, zakrytí, ošetření konzervanty). Pokud se sklízí kukuřice na siláž ve vhodném obsahu sušiny, má siláž většinou i vyšší stravitelnost živin, vyšší obsah energie a tím i vyšší produkční účinnost (často i vyšší příjem zvířaty) než siláž o sušině 40 % a vyšší. Obdobně to platí i pro úroveň zpracování řezanky (Loučka a kol., 2015).

Podmínky na pěstování silážní kukuřice pro výživu hospodářských zvířat jsou stejné jako na pěstování pro bioplynové stanice (Diviš, 2015).

3.3 Choroby a škůdci

Ve velkém počtu zemědělských ekosystémů je produkce plodin výrazně narušena onemocněními vyvolanými půdními patogeny, které způsobují těžké ekonomické ztráty (Van West a kol., 2003). I přes významný pokrok v ochraně plodin (tj. střídání plodin, používání chemických pesticidů a pěstování odolných odrůd), půdní rostlinné patogeny dosud značně snižují zemědělské výnosy a kvalitu rozličných ekonomicky důležitých plodin. S těmito patogeny je mimořádně těžké se vypořádat, protože často přežívají v půdě za pomoci svých flexibilních struktur (Benhamou a kol., 2012). Zejména výskyt fytopatogenních hub, jako jsou *Pythium*, *Phytophthora*, *Botrytis*, *Rhizoctonia* a *Fusarium*, se v posledních letech rozšířil v důsledku změn zavedených v zemědělství (Benitez a kol., 2004).

Kukuřice je z fytopatologického hlediska poměrně jednoduchá plodina. V půdně-klimatických podmínkách ČR se v průběhu vegetace (výskyt patogenů kukuřice v průběhu roku zobrazuje tabulka č. 1) vyskytují makrosymptomy vyvolané pouze několika patogenními organismy. Běžný je každoroční výskyt snětivých rostlin, často se objevují příznaky rzi a potom především klasy napadené houbami rodu *Fusarium* (Nedělník a kol., 2015).

Hospodářsky nejvýznamnější je napadení houbami rodu *Fusarium*. Významnost spočívá nejen ve vlastním poškození rostlinných pletiv, ale především ve snížení kvality díky produkci mykotoxinů. Relativně nižší význam houbových patogenů pro kukuřici je také příčinou omezeného počtu registrovaných fungicidů pro foliární aplikace (Nedělník a kol., 2015). Pěstitelé kukuřice mají v současné době k dispozici pouze jedno mořidlo a dva foliární

fungicidy (Pančíková, 2016). Rostlinolékařská opatření se zaměřují více na živočišné škůdce (Nedělník a kol., 2015).

Co se týká hmyzích škůdců kukuřice, byl v dřívějších dobách zmiňován pouze jeden – zavíječ kukuřičný. Na počátku 21. století se k nám dostal i další, který se v kukuřici velmi rychle usadil a začalo jeho postupné rozšiřování a nárůst početnosti i vlivem technologie pěstování kukuřice v několikaletých sledech po sobě. Jedná se o bázlivce kukuřičného (*Diabrotica virgifera virgifera*) (Kolařík a Rotrekl, 2015), proti němuž jsou vedeny hlavní rostlinolékařské zásahy. Kromě primárního poškození ve formě polámaných stébel je důležitý také sekundární efekt. Larvy tohoto škůdce svým požerem vytváří tzv. brány infekce, kterými vnikají houbové organismy do pletiva; začíná proces fytopatologický. Proto je velká pozornost věnována právě signalizaci výskytu zavíječe a možnostem jeho eliminace (Nedělník a kol., 2015).

Při diskuzi o vzniku a průběhu choroby vždy uvádíme tři základní faktory, jejichž kombinace má na výsledný patologický projev vliv. Kromě hostitele a patogena jsou to podmínky prostředí (Nedělník a kol., 2015).

Významným faktorem, ovlivňujícím šíření chorob polních plodin je způsob zpracování půdy v kombinaci s osevním postupem. Zejména sláma a posklizňové zbytky totiž představují hlavní infekční materiál, který je schopen přezimovat a napadat v dalším roce nově založené porosty (Hýsek a kol., 2008).

Tab. č. 1: Výskyt a škodlivost patogenů kukuřice v průběhu roku (Cagaň a kol., 2010)

Druh patogenu	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
Bakteriální vadnutí							
Rez kukuřičná							
Fuzariózy							
Sněť kukuřičná							
Prašná sněť kukuřičná							
Helmintosporióza kukuřice							
Diplodiové usychání kukuřice							
Hladkoplodka obilná							
Pruhovitost kukuřice							
Virová zakrslost kukuřice							

3.3.1 Houbové choroby

Plísně přímo ničí nejen rostlinné části, ale znehodnocují i produkční části svými toxiny (Zimolka a kol., 2008). V České republice je známo několik houbových chorob. V této kapitole jsou uvedeny ty nejdůležitější.

3.3.1.1 Obecná snětivost kukuřice

Tato choroba je vysoce specializovaná – jejím dalším hostitelem je pouze teosinta (*Euchlaena* spp.). Způsobuje onemocnění jakékoliv části kukuřičné rostliny v místě, kde jsou parenchymatické buňky (pupeny v paždí listů, prašниковá i pestíková květenství), onemocnění stébla také často vzniká v místě mechanického poranění, kde se rozvinou parenchymatické buňky hojivého pletiva (Zimolka a kol., 2008).

Původcem je *Ustilago maydis*. Vyskytuje se celkem běžně ve všech oblastech pěstování kukuřice. Výhodou je, že sněť není producentem mykotoxinů, proto napadení rostlin při slabém výskytu nepředstavuje zdravotní riziko pro zvířata (Pančíková, 2016).

Nejčastěji nastává infekce v období dosažení fáze osmi až dvanácti listů. Další podmínkou jsou vyšší teploty – infekce nastává v suchém létě po náhlém vydatném dešti (stimulace růstu dělivých pletiv). Infekci podporuje mechanické poškození rostlin při obdělávání, krupobití nebo prudkém větru. Nárůst infekce trvá do konce kvetení (Zimolka a kol., 2008).

Mezi ochranná opatření patří kvalitní orba po sklizni a střídání plodin. Při slabším výskytu a výskytu na menších plochách, jako jsou například množitelské porosty, lze doporučit i vytrhávání boulí. Abychom zamezili výskytu obecné snětivosti kukuřice, měli bychom zabránit jakémukoliv mechanickému poškození rostlin na minimum, ale například i proti infekci bzunkou ječnou (Pančíková, 2016).

Důležitým faktem je, že pro ochranu proti infekci a jejímu rozvoji ve vyšších růstových stadiích porostu není registrován žádný fungicidní přípravek, a proto se musí pěstitelé spolehnout jen na popsané vlastnosti odrůdy a agrotechniku (Zimolka a kol., 2008).

3.3.1.2 Rzivost kukuřice

Původcem rzivosti kukuřice je *Puccinia sorghi*. Choroba se vyskytuje od června až do srpna (Pančíková, 2016). Na svrchní i spodní straně listů se v pozdějším stadiu růstu rostlin objevují rozptýlené kupky letních výtrusů – uredie, ke konci vegetace telie – ty mají okolo

sebe odchlípnutou pokožku (Zimolka a kol., 2008).

Patogen způsobuje předčasné odumírání listů, předčasné dozrávání rostlin kukuřice, tvorbu malých semen a snížení výnosu. Hospodářsky významnější škody způsobuje hlavně v teplých oblastech (Pančíková, 2016).

Vliv na výnos mohou mít hlavně při raném napadení, a proto je potřebné sledovat první výskyt. Výrazná je odrůdová citlivost (Zimolka a kol., 2008).

V rámci chemické ochrany jsou povoleny dva postřikové fungicidy (Pančíková, 2016).

3.3.1.3 Růžová plísňovitost kořenů, stébel a palic

Růžová hniloba kukuřice napadá na dozrávajících rostlinách 20 až 80 % palic (dle odrůdy - ranostního sortimentu). Výskyt tohoto plísňového onemocnění je závislý na výživě, počasí a především napadení zavíječem kukuřičným. Nejméně 80 % palic poškozených zavíječem je zároveň napadeno plísňovitostí. Houba produkuje vysoké množství mykotoxinů, které mají vliv na nervovou soustavu vyšších živočichů a působí jako substituce některých hormonů v těle. K zamoření půdy dochází posklizňovými zbytky, které jsou napadeny fuzariózami a jsou nebezpečné pro všechny následné obilniny (Zimolka a kol., 2008).

Ochrana je založena na (Zimolka a kol., 2008):

- výběru odolných hybridů
- agrohgieně – zpracování posklizňových zbytků
- jistý vliv má také fungicidní moření osiva

3.3.2 Hmyzí škůdci

Z hlediska hmyzu je kukuřice již v prvotních fázích svého vývoje napadána celou řadou škůdců. Patří mezi ně drátovci rodu *Agriotes*, larvy bázlivců a bzunka ječná (*Oscinella frit*). V pozdějších vývojových fázích se u kukuřice pravidelně vyskytují různé druhy mšic, kde doposud nebyly zaznamenány významnější hospodářské škody. Jako poslední, ale ne z hlediska důležitosti, se v období konce června a počátku července vyskytuje zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*) (Kolařík a kol., 2016).

3.3.2.1 Bázlivec kukuřičný

Hospodářské škody způsobují jak larvy, tak i dospělci. Larvy v jarním období migrují ke kořenům rostlin kukuřice, kde způsobují požerky. Při silném napadení dochází k destrukci celého kořenového systému rostliny, což má za následek vyvrácení rostliny či přímo její úhyn. Dospělci se živí bliznami i pylem, v pozdějších vývojových fázích může dojít i k napadení palic a listů kukuřice, po odkvětu kukuřice se pak živí na jiných rostlinách z čeledi hvězdnicovitých nebo tykvovitých. Vhodnými hostitelskými rostlinami pro larvy jsou také trávy – především různé druhy bérů (Kolařík a Rotrekl, 2015).

Z agrotechnických opatření se doporučuje dodržování zásad střídání plodin. V rámci chemické ochrany lze použít insekticid. Proti broukům je vhodné aplikovat postřik. Lze využít i geneticky modifikované Bt-kukuřice. V USA jsou již vyvinuty hybridy kukuřice, které mají oba typy insekticidního proteinu a zajišťují ochranu jak proti bázlivci, tak proti zavíječi kukuřičnému (Pančíková, 2016).

3.3.2.2 Bzunka ječná

Tato černá lesklá muška napadá kukuřici v raných vývojových fázích a její larvy sáním silně poškozují srdéčkový list. Ostatní listy jsou pokroucené, roztřepené, stočené, zvlhčené. Hlavní výhon bývá zničen nebo potlačen. Bzunka dává přednost vlhčímu prostředí a ke škodám dochází především v teplých letech (Pančíková, 2016).

Jako ochrana se používá mořidlo (Pančíková, 2016). Dříve byly použitelné pyretroidy registrované proti zavíječi (Zimolka a kol., 2008).

3.3.2.3 Larvy kovaříkovitých brouků

Drátovci, což jsou larvy kovaříkovitých brouků (rod *Agriotes*), jsou škůdci vzházející kukuřice. Larvy se první rok živí humusem, později ožírají podzemní části rostlin a škodí. Jako ochrana je u nás registrován jeden přípravek a jedno insekticidní mořidlo (Pančíková, 2016).

3.3.2.4 Zavíječ kukuřičný

Zavíječ kukuřičný je v našich podmínkách nejvýznamnějším škůdcem kukuřice. Škody způsobené zavíječem jsou jednak přímé – žír housenek ve stéblech a palicích, a nepřímé, kdy je kukuřice poškozená žírem housenek následně napadána houbovými chorobami, především

rodu *Fusarium* (Pančíková, 2016). Tyto houby dále tvoří mykotoxiny, jejichž zvýšený výskyt v produktech kukuřice může mít negativní vliv na zdravotní stav hospodářských zvířat (Kocourek a kol., 2008).

V minulosti se tento škůdce vyskytoval převážně v teplých oblastech a způsoboval škody zejména na kukuřici pěstované na zrna, v posledních letech jsou však významné i škody na kukuřici pěstované na siláž. Ztráty na výnosech kukuřice na zrna jsou v ČR v současném období odhadovány v průměru na 10 až 20 % ročně. Vedle snížení hmotnosti zrna z hektaru se na ztrátách podílí zvýšená lámavost stébel (Kocourek a kol., 2008).

V posledních 10 letech se škodlivost zavíječe kukuřičného významně zvýšila na celém území ČR. Na rozšíření zavíječe kukuřičného do nových regionů a na zvýšení jeho hospodářského významu se podílí řada faktorů, mezi které patří (Kocourek a kol., 2008):

- nárůst podílu plochy kukuřice na zrna, vysoký podíl kukuřice v osevních postupech
- změna klimatických podmínek v posledních deseti letech
- nové ranější hybridy kukuřice často s nižší polní odolností vůči zavíječi
- změny v technologii zpracování půdy, zejména minimalizace zpracování půdy

Z preventivních agrotechnických metod ochrany kukuřice proti zavíječi má zásadní význam dodržování osevních postupů (Kocourek a kol., 2008). Další možností je pěstování GM kukuřice. Z biologických přípravků lze použít vaječný parazitoid – vosička rodu *Trichogramma*, a ověřovala se i účinnost lumčíka *Bracon brevicornis*. Jako chemická ochrana slouží pyretroidy a ostatní registrované přípravky (Pančíková, 2016).

3.3.3 Plevel v porostech kukuřice

Kukuřice je jako širokořádková plodina velmi náchylná k zaplevelení. Z jednoděložných plevelů se pěstitelé často potýkají s ježatkou kuří nohou, ovšem hluchým, béry a výdrolem prosa, z vytrvalek pak s pýrem plazivým, čirokem halebským a na některých lokalitách i s rákosem a kamyšníkem (Pančíková, 2016).

Mezi nejvýznamnější nechemické regulace plevelů patří systém zpracování půdy. Co se týká chemické regulace plevelů, je na trhu přibližně 138 herbicidů s 30 účinnými látkami (Pančíková, 2016).

3.4 Mykotoxiny

Kukuřice a kukuřičná siláž patří mezi nejvíce kontaminované plodiny mykotoxiny (Florián a kol., 2013).

V současné době známe přes 350 mykotoxinů, jejichž počet se stále zvyšuje. Mykotoxiny jsou organické látky přírodního původu, chemicky stabilní, které způsobují onemocnění zvané mykotoxikóza. V našich podmínkách produkují tyto látky vláknité houby rodu *Fusarium*, *Aspergillus* a *Penicillium*. Tvorba tohoto produktu je závislá na mnoha podmínkách. Tvoří se během vegetace rostlin, ale i v průběhu sklizně a samotném skladování. Jejich přítomnost závisí na klimatických podmínkách, typu plodiny, užití fungicidů při sklizni, manipulaci a mnoha dalších (Florián a kol., 2013).

Nejnámějším druhem mykotoxinů jsou aflatoxiny, polycyklické nesaturované kumariny. V rostlinných produktech se vyskytují aflatoxiny B1, B2, G1 a G2. Nejčastěji kontaminovanými komoditami jsou kukuřice, ořechy, sušené ovoce a koření. *Aspergillus flavus* a *Aspergillus parasiticus* napadají kukuřici a kontaminují ji tak aflatoxiny. *A. flavus* se vyskytuje celosvětově, kdežto *A. parasiticus* bývá především v tropickém klimatu. Tyto houby způsobují žlutozelenou hnilobu obilek kukuřice. Chorobu podporuje vysoká vzdušná vlhkost, nedostatek dusíku v půdě, poškozené palice hmyzem a špatné způsoby skladování. Aflatoxin B1 je nejúčinnějším hepatokarcinogenem u zvířat a nejsilnějším přírodním karcinogenem u lidí. Dále způsobuje rakovinu jater u člověka. Po konzumaci kontaminovaného krmiva mohou toxické metabolity přecházet do živočišných produktů, např. do mléka. Účinky těchto toxinů jsou známy jako hepatotoxicita, imunotoxicita, mutagenita, teratogenita a karcinogenita (Zimolka a kol., 2008).

Fuzariozové mykotoxiny jsou u kukuřice nalézány nejčastěji. Patří sem trichoteceny, zearalenony, fumonisiny a moniliformin. Tyto látky produkují houby rodu *Fusarium*, které způsobují bílorůžovou hnilobu obilek kukuřice. Zastoupení druhů této houby je variabilní v závislosti na ročníku, geografických podmínkách a agrotechnice (Zimolka a kol., 2008).

Důležitou roli v ochraně proti mykotoxinům hrají osevňovací postup, počasí, způsob obdělávání půdy, uskladnění a výroba. Velkým rizikem je změna v osevňovacích postupech, kdy mizí určité plodiny z osevňovacích postupů, nezpracování posklizňových zbytků a narůstající plochy kukuřice (Florián a kol., 2013).

Legislativa udává maximální limity výskytu mykotoxinů v kukuřici dle toho, zda je využita jako surovina pro potravinářskou výrobu nebo jako surovina pro výrobu krmiv. Počet

limitovaných mykotoxinů, ale i výše maximálního obsahu podléhají v legislativě častým změnám (Zimolka a kol., 2008).

3.5 Biologická ochrana

Biologická ochrana rostlin nabízí další způsob snižování zátěže na životní prostředí prostřednictvím využití antagonistických (mikro)organismů, kteří potlačují fytopatogenní houby (Hýsek a kol., 2008).

Antagonismus mikroorganismů je znám již asi sto let. Je to vlastnost, kdy jeden mikroorganismus vytváří organické látky (např. antibiotika), které potlačují růst druhého mikroorganismu (Hýsek a kol., 2008).

Časté využívání chemických sloučenin ke kontrole rostlinných onemocnění mělo za následek vývoj patogenů odolných vůči fungicidům. Naneštěstí, čím specifitější je účinek chemikálie na organismus, tím větší je pravděpodobnost snížení účinku skrze genetický posun v populaci, zatímco širokospektré fungicidy mají nežádoucí vliv na necílové organismy (Tjamos a kol., 1992). V tomto směru je biologická ochrana bez rizika (Benitez a kol., 2004).

Využití prospěšných mikroorganismů (biokontrolní agens [BA]) se zdá být slibnou a ekologicky šetrnou alternativou chemických pesticidů. Navzdory četným výzkumům je ale aplikace mikrobiologické kontroly farmáři stále limitována (Alabouvette a kol., 2006). Příčina je obvykle vysvětlena nevyrovnaností při aplikaci BA v praxi (Alabouvette a kol., 2009). Tato nevyrovnanost je spojena s početnými činiteli, včetně biotických a abiotických faktorů, které mohou mít vliv na aktivitu BA (Gerbore a kol., 2014). Proto je znalost vztahů mezi biokontrolní agens a jejím životním prostředím, včetně mikrobiálních společenstev a hostitelské rostliny nezbytná ke zlepšení BA účinnosti v praxi (Edel-Hermann a kol., 2009; Savazzini a kol., 2009). Oproti chemické kontrole vyžaduje biologická kontrola sjednocující postup a více znalostí (Alabouvette a kol., 2006).

Přes naléhavou potřebu najít pro pesticidy alternativy, je v Evropě v současné legislativě (nařízení č. 1107/2009) registrováno pouze 14 BA rodů hub, oomycet a bakteriálních organismů, jako jsou *Trichoderma* spp., *Pythium oligandrum* a *Bacillus* spp. (Gerbore a kol., 2013).

Zatímco příznivé účinky rhizobakterií a pravých hub, jako například druhů rodu *Trichoderma*, byly hojně zkoumány (Berg, 2009; Lorito a kol., 2010), možnost, že by vybraní členové z řad oomycet mohli přispět k ochraně rostlin před infekcí, byla rostlinnými patologi,

kteří dlouho považovali oomycety v podstatě za virulentní patogeny, často ignorována (Latijnhouwers a kol., 2003; Blair a kol., 2008).

Nejvíce studovanými skupinami BA jsou *Pseudomonas* spp., *Trichoderma* spp. a *Fusarium oxysporum*; *P. oligandrum*, se dostalo zvýšené pozornosti až v poslední dekádě (Gerbore a kol., 2013).

BA, jako jsou *Trichoderma harzianum*, *F. oxysporum* kmen Fo47 a *P. oligandrum* mají také nepřímý efekt na nemoci skrze stimulaci rostlinné odolnosti vůči nemocem. Mikroorganismy vyvolaná odolnost je nespecifická proti odlišným typům patogenů (Van Loon, 1997) a využívá vlastní obranný mechanismus rostliny (Tuzun a Kloepper, 1995).

S kolonizací kořenů hostitelské rostliny je spojen i další příznivý efekt - zvýšený růst rostlin (Fravel a kol., 2003; Le Floch a kol., 2003b; Benitez a kol., 2004; Rey a kol., 2008).

Na přelomu milénia byly cílové rostliny využívané při studiích kontroly především tabák (*Nicotiana tabacum*) a rajče (*Lycopersicon esculentum*) a byla prokázána ochrana proti *Phytophthora parasitica* (Picard a kol., 2000a) a fytoplazmě (Lherminier a kol., 2003).

3.6 *Pythium oligandrum*

3.6.1 Úvod

Ochrana rostlin v ekologickém zemědělství by měla být dostatečně účinná, cenově dostupná a šetrná k životnímu prostředí. Pro použití vhodné biologické ochrany je třeba hledat takové organismy, jejichž působení zajišťuje optimální podmínky. Jedním z takových organismů je *P. oligandrum* (Brožová, 2002).

P. oligandrum je mykoparazitický mikroorganismus o velikosti 20 až 40 µm (Anon., 2016c). Byl izolován z rhizosféry mnoha rostlin (Schmitthenner, 1962; Klemmer a Nakano, 1964; Vaartaja a Bumbieris, 1964; Kobayasi a kol., 1977; Plaats-Niterink, 1981; Ali-Shtayeh, 1985; Martin a Hancock, 1986; Mulligan a Deacon, 1992; Ribiero a Butler, 1992). První popis byl proveden Dreschlerem roku 1930. Dlouho byl považován za nepatogenní mikroorganismus (Kilpatrick, 1968; Al-Hamdani a Cooke, 1983; Martin a Hancock, 1986) a během času se přesvědčivě prokázali jeho biokontrolní vlastnosti (Gerbore a kol., 2013).

Podle taxonomické klasifikace patří *P. oligandrum* do čeledi Pythiaceae, řádu Pythiales, třídy řasovky (Peronosporomycetes), kmene Stramenopila a říše Chromaveolata (Matsumoto a kol., 1999; Cooke a kol., 2000). Je přirozenou součástí půdní mikroflóry po celém světě

(Anon., 2016c).

Ačkoliv nepoškozuje rostliny, může rychle proniknout do kořenových tkání a jeho vniknutí je téměř tak rychlé jako u patogenních druhů *Pythium*; oproti nim ale nezpůsobuje poškození v rostlinných tkáních (Rey a kol., 1996; 1998b).

V současné době se neví, zda schopnost hluboko proniknout do kořenů poskytuje *P. oligandrum* výhodu před dalšími BA, které jsou lokalizovány pouze na povrchu kořenů, ale jak ukázali Benhamou a kol. (1997), může tato schopnost vést k mykoparazitismu uvnitř kořenů. Protože je život hyfy *P. oligandrum* v rostlině krátký (<12 hod), je tento jev pouze přechodný a nemůže být považován za biokontrolní mechanismus nejvyšší důležitosti (Gerbore a kol., 2013).

Odlišné typy oddenků a manažment plevelu mohou ovlivnit kolonizaci kořenů touto oomycetou (Gerbore a kol., 2014).

P. oligandrum parazituje nejen na houbových organismech téhož řádu, ale i na organismech jiných řádů. Může přímo působit na patogeny pomocí mykoparazitismu (Benhamou a kol., 1997; 1999), antibiόzy (Bradshaw-Smith a kol., 1991; Benhamou a kol., 1999), kompetice o živiny (Martin a Hancock, 1987) nebo nepřímou, pomocí stimulace rostlinné obrany (Benhamou a kol., 1997; Picard a kol., 2000a; Le Floch a kol., 2003a; Lherminier a kol., 2003; Takenaka a kol., 2003; 2006; 2008; Mohamed a kol., 2007; Masunaka a kol., 2010). Jeho antagonismus je, jako složitý biochemický proces, závislý na interakci s příslušným hostitelem (Benhamou a kol., 1999). Například v rodu *Phytophthora*, působí *P. oligandrum* skrze antibiόzu proti *Phytophthora megasperma* (Benhamou a kol., 1999) a skrze mykoparazitismus proti *Phytophthora parasitica* (Picard a kol., 2000a).

Byly pozorovány některé zvláštní interakce s houbami, které vytvářejí obrané reakce, aby zabránily útoku *P. oligandrum* (Gerbore a kol., 2013). *P. oligandrum* může také být některými houbami napadeno. Mnoho příkladů poškození buněk bylo pozorováno po interakci *P. oligandrum* s *Rhizoctonia solani* (Benhamou a kol., 1999).

P. oligandrum vyvolává obrannou reakci rostlin vůči půdním a vzduchem přenosným patogenním houbám jako jsou: *Botrytis*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia* (Hýsek a kol., 2008). Redukce patogenických útoků se pohybuje od 15 do 100 %, v závislosti na hostitelské rostlině, cílovému patogenu a metodě aplikace (Gerbore a kol., 2013).

O *P. oligandrum* je také známo, že vylučuje elicitor rostlinné obrany, oligandrin (Picard a kol., 2000b), který patří do rodiny bílkovinných elicitorů, elicitinů (Ponchet a kol., 1999).

Mezi všemi jeho různými přímými a nepřímými způsoby působení byla nejvíce studovaným účinkem *P. oligandrum* stimulace rostlinné obrany a odolnosti (Rey a kol., 2008; Benhamou a kol., 2012; Gerbore a kol., 2013). Tato stimulovaná odolnost vzniká po navázání netypického vztahu mezi *P. oligandrum* a rostlinou: hyfy pronikají rychle a hluboko do kořenových tkání rostliny, aniž by působily škodu, ale rychle degenerují a nemohou zůstat v rostlině naživu (Rey a kol., 1998a; Le Floch a kol., 2005; 2009). Po tomto neobvyklém kolonizačním procesu kořene se v rostlině objevuje lokální a systémově vyvolaná odolnost a jako důsledek je rostlina chráněna proti široké škále patogenů (Benhamou a kol., 1997; Madsen a de Neergaard, 1999; Picard a kol., 2000a; Le Floch a kol., 2003a; Mohamed a kol., 2007; Rekanovic a kol., 2007; Takenaka a kol., 2008; Takenaka a Ishikawa, 2013).

Podle Le Flocha a kol. (2005) a Reye a kol. (1998a) byl vztah mezi *P. oligandrum* a rajčetem kvalifikován jako netypická interakce, protože se lišil od všech rostlina/*Pythium* a rostlina/BA vztahů dříve popsaných.

Martin a Hancock (1987) prokázali, že *P. oligandrum* nebylo patogenní ke 12 druhům důležitých zemědělských plodin.

3.6.2 Biologie

P. oligandrum je charakterizováno oogonií zdobenou ostrými trny a s rychlým růstem (Plaats-Niterink, 1981). Antheridia se u *P. oligandrum* téměř nevyskytují, ale kdykoliv se tak stane, jsou úplně připojeny k oogonii a sevřeny. Oospory jsou bezbarvé nebo nažloutlé a vznikají jako důsledek pohlavní fáze. Oospory mají velmi dlouhou životnost, ale zrají špatně a pomalu (Cliquet a Tirilly, 2002). Ve vegetativní (asexuální) fázi jsou sporangia spojená, což je charakteristické pro *P. oligandrum* a fylogeneticky příbuzné druhy; kromě toho se předpokládá, že jde o přechod mezi vláknitým a kulovitým typem (Rey a kol., 2008).

Životní cyklus této houby začíná prorůstáním z oospory větvící se hyfy, na koncích vytváří zoosporangium. Zoospora se dvěma bičíky vyhledává nového hostitele, od kterého odebírá živiny a vytváří oogonium. Tento proces se neustále opakuje, dokud jsou v okolí hostitelské houby. Při nenalezení nového hostitele se houba zapouzdří do oospory a vyčkává i mnoho let (Anon., 2015-2016).

Pro svou výživu využívá *P. oligandrum* kořenové exsudáty a vlákna jiných hub, které se vyskytují na povrchu kořenů rostlin, včetně těch, které mohou být pro rostlinu patogenní (Martin a Hancock, 1987).

3.6.3 Účinky na jiné mikroorganismy

3.6.3.1 Mykoparazitismus

Mykoparazitismus *P. oligandrum* je charakterizován aktivním růstem podél hostitelské hyfy a produkcí enzymů, které degradují, nebo porušují hostitelskou buněčnou stěnu. Průnik *P. oligandrum* do hostitelských buněk je spojen s kompletní destrukcí cytoplasmy a následnou hostitelovou smrtí. Tento proces byl pozorován například v interakci s *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lysoopersici*, nebo *Pythium ultimum*. Na těchto interakcích se zřejmě podílí hydrolytické enzymy, jako jsou chitinázy a celulózy (Benhamou a kol., 1997; 1999). Oproti jiným oomycetám, například *P. megasperma*, je *P. oligandrum* schopné produkovat velké množství celulótických enzymů, jak bylo prokázáno Picardem a kol. (2000b).

3.6.3.2 Antibióza

Antibióza je dlouho známa a je definována jako specifická interakce, ve které je oběť zničena sekundárními toxickými metabolity produkovány antagonistickým mikroorganismem (Wright, 1956; Baker, 1968; Fravel, 1988; Haas a Défago, 2005; Alabouvette a kol., 2009). Co se týká *P. oligandrum*, byl tento jev zkoumán Bradshow-Smithem a kol. (1991) proti třem hlavním kořenovým patogenům hrášku: *Fusarium solani* f. sp. *pisi*, *Phoma medicaginis* var. *pinodella* a *Mycosphaerella pinodes*. V rámci tohoto výzkumu snížila nestálá antibiotická sloučenina produkováná *P. oligandrum* růst *P. medicaginis* a *M. pinodes*. Další typický jev antibiózy popsali Benhamou a kol. (1999), kteří pozorovali degradaci *P. megasperma* bez fyzického kontaktu s hyfou *P. oligandrum*.

3.6.4 Vlivy na hostitelské rostliny

3.6.4.1 Ochrana vůči patogenům

Do roku 2003 bylo z kultivačního média hub pěstovaných in vitro a mezibuněčných tekutin nakažených rostlin izolováno a popsáno mnoho fungálních elicitorů (Takenaka a kol., 2003). Mezi nimi byla podrobně studována jedna skupina malých extracelulárních proteinů produkovány oomycetami *Phytophthora* spp., zvaných elicitory (Yu, 1995; Ricci, 1997), kvůli jejich biochemické a molekulární charakteristice a biologické aktivitě (Ponchet a kol., 1999). Podobné elicitorové proteiny byly objeveny i ve filtrátu kultury některých *Pythium* spp. (Huet a kol., 1995; Panabières a kol., 1997). Picard a kol. (2000b) purifikovali 10-kDa

elicitinový protein pojmenovaný oligandrin z filtrátu kultury *P. oligandrum*. Tento protein prokázal schopnost stimulace rostlinné obranné reakce při souboji s jinou oomycetou *P. parasitica* na rostlinách rajčete.

Oligandrin produkovaný *P. oligandrum* vyvolává v rostlinách přirozenou rezistenci proti foliárním houbovým chorobám, která se projevuje aktivně pomocí antagonistického potlačení růstu mycelia, omezováním klíčení, ale i pasivně ztluštěním buněčných stěn ošetřované rostliny (Anon., 2016b).

Do dnešního dne prokázalo mnoho studií, že *P. oligandrum*, nebo jeho elicitory, vyvolávají u rostlin odolnost proti rostlinným patogenům (Benhamou a kol., 1997; Picard a kol., 2000b; Le Floch a kol., 2003a; Lherminier a kol., 2003; Takenaka a kol., 2003; 2006; 2008; Mohamed a kol., 2007; Masunaka a kol., 2010).

Velký prostor byl při studiích biologické kontroly věnován rajčeti. V jedné takové studii byly rostliny rajčete infikovány patogenem *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Tento patogen se hojně rozmnožil skrze většinu tkání, zatímco v kořenech kolonizovaných *P. oligandrum* byl jeho rozvoj omezen na nejvzdálenější kořenové tkáně (Benhamou a kol., 1997).

Jednou ze zajímavostí pokusu Le Flocha a kol. (2003a) bylo, že rostliny rajčete naočkované *P. oligandrum* spustily a zesílily syntézu proteinů pouze tehdy, pokud byly listy napadené patogenem *Botrytis cinerea*.

O dva roky později zkoumali Le Floch a kol. (2005) specifický vztah oomyceta-rostlina navázaný mezi *P. oligandrum* a rajčetem během 48 hodin po naočkování kořenů rostliny. Jedním z nejvýznamnějších účinků byla rychlá kolonizace kortikálních a vaskulárních oblastí kořene oomycetou *P. oligandrum* (do 9 hodin po naočkování). Navzdory množení hyf v oblastech kořene, nebyla fungální kolonizace spojena s narušením, ani se změnami hostitelské buňky. Kolonizující hyfy vypadaly zdravě až do deváté hodiny po naočkování, poté začaly být rychle vysoce vakuolizované. Cytologické pozorování ukázalo, že během prvních 14 hodin pokusu byla oomycetická invaze doprovázena vzácnou obranou reakcí hostitele.

Také v další studii se Le Floch a kol. (2009) zabývali účinky *P. oligandrum* na rajče. Společně s ním použili i dva další antagonisty, *F. oxysporum* kmen Fo47 a *T. harzianum*. Zatímco Fo47 bylo omezeno na epidermální a horní vrstvu kortikálních buněk, *P. oligandrum* kolonizovalo kořenové tkáně hlouběji a rychleji. Oba dva antagonisté byli v kořenech zabiti během několika dní, po vyvolání ochranné reakce rostliny. Kolonizace kořene buď samostatně

s *P. oligandrum*, nebo v kombinaci s Fo47 a/nebo *T. harzianum* vyústila v systémovou odolnost rostliny, která jí poskytla ochranu proti infekci listů patogenem *B. cinerea*.

Hase a kol. (2006) podali zprávu o tom, že schopnost *P. oligandrum* kontrolovat vadnutí rajčat zapříčiněné bakteriálním patogenem *Ralstonia solanacearum* vyplynula spíše ze stimulace rostlinné obrany, nežli z přímých antagonistických procesů. Právě stimulace odolnosti je pro mnoho vědců hlavním režimem působení *P. oligandrum* (Gerbore a kol., 2014).

Mohamed a kol. (2007) aplikovali *P. oligandrum* a oligandrin na kořeny a pozorovali změny v ultrastruktuře a na molekulární úrovni vinné révy (*Vitis vinifera*) proti patogenu *B. cinera*. Pokud byl tento patogen aplikován na listy předem naočkovaných rostlin, byla invaze na listech omezena a úroveň ochrany dosáhla okolo 75 %.

U stejné rostliny provedli Yacoub a kol. (2016) za pomoci *P. oligandrum* biologickou kontrolu patogenu *Phaeoconiella chlamydospora*, zapříčiňujícího chorobu Esca (chřadnutí a odumírání révy). Skleníkové testy prokázaly, že nekróza *V. vinifera* způsobená patogenem *P. chlamydospora* byla významně redukována (40-50 %), pokud *P. oligandrum* kolonizovalo kořenový systém rostliny.

Rekanovic a kol. (2007) prováděli biologickou a chemickou kontrolu patogenu *Verticillium* u jednoho druhu papriky (*Capsicum annuum*) s biofungicidem Polyversum (*P. oligandrum*) a konvenčními fungicidy benomylem a propamocarb-hydrochloridem. Výsledky ukázaly, že bylo Polyversum více účinné (66,6 %), pokud bylo aplikováno před, spíše než po inokulaci.

Výsledky dalšího výzkumu naznačují, že kompetice o prostor a živiny v rhizosféře není hlavním biokontrolním mechanismem *P. oligandrum* při kontrole bakteriálního vadnutí (Takenaka a kol., 2008).

3.6.4.2 Vliv na růst rostliny

Vyvolání zvýšeného růstu rostlin pomocí *P. oligandrum* bylo předmětem mnoha studií (Cother a Gilbert, 1993; Kratka a kol., 1994; Al-Rawahi a Hancock, 1998; Wulff a kol., 1998; Le Floch a kol., 2003b; Rekanovic a kol., 2007).

V jedné ze starších studií pomohl vliv *P. oligandrum* na příjem fosforu u okurky (*Cucumis sativus*) k navýšení jejího růstu (Kratka a kol., 1994).

Wulff a kol. (1998) naočkovali hydroponicky pěstované sazenice okurky (*C. sativus*)

zoosporami *P. oligandrum* a dvou patogenních druhů *Pythium* (*Pythium aphanidermatum* a *Pythium* 'skupiny F'). Během prvních dvou dní po naočkování, způsobily oba patogenní druhy *Pythium* redukci délky kořenů. Kořeny ošetřené druhem *P. oligandrum* rychle dosáhly délky kontroly a osmého dne, a dále po zbytek experimentu, byla zaznamenána stimulace jejich růstu. V neposlední řadě bylo zjištěno, že *P. oligandrum* kolonizovalo kořeny velmi slabě, zatímco ostatní dva druhy byly v této činnosti významně agresivnější.

Ve skleníkových pokusech s paprikou (*C. annuum*), která byla pěstovaná v půdě infikované patogenem *Verticillium dahliae*, byla váha výhonků a plodů významně vyšší za přítomnosti *P. oligandrum*, než při jeho absenci. Při aplikaci samotného *P. oligandrum* byla hmotnost výhonků a plodů o 40 až 50 % vyšší, než když byly rostliny pěstovány bez jeho přítomnosti, což dokazuje, že *P. oligandrum* významně navýšilo růst této plodiny (Al-Rawahi a Hancock, 1998).

Výzkum Le Flocha a kol. (2003b) ukázal, že *P. oligandrum* kolonizovalo 20 až 40 % kořenů rostlin rajčete pěstovaných v hydroponickém systému. Jeho stálá přítomnost v rhizosféře během kultivační sezóny korelovala se zvýšeným výnosem zmíněné plodiny. Autoři poznamenali, že aby *P. oligandrum* dosáhlo optimální biologické kontroly, musí kolonizovat kořeny a setrvat v rhizosféře rostlin i během kultivační sezóny.

4 Materiál a metody

4.1 Použité materiály

4.1.1 Močovina

Složení

Močovina je diamid kyseliny uhličitě – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Je to neutrální organická sloučenina s vysokým obsahem dusíku (více než 45 % N) ve formě anodické. Vyrábí se syntézou z amoniaku a oxidu uhličitého. Prilovaná močovina jsou bílé granulky, lehce rozpustné ve vodě. Močovina je povrchově upravená proti spékavosti.

Chemické a fyzikální vlastnosti

celkový dusík jako N v %	46,0
biuret v %	max. 1,2
částice od 1mm do 4mm v %	min.90,0
částice pod 1mm v %	max. 3,0

Použití

Močovina je koncentrované dusíkaté hnojivo určené k základnímu hnojení před setím nebo výsadbou a k přihnojování během vegetace. Pro základní hnojení se močovina aplikuje na povrch půdy a následně se do ní zapraví kultivací. Všude tam, kde není k dispozici DAM, je možné použít roztok močoviny k foliární výživě rostlin. Postřiky ve večerních hodinách jsou nejvhodnější, aplikace při vyšších teplotách během dne se nedoporučují – hrozí popálení rostlin.

Orientační dávky hnojiva v kg/ha

pšenice a ozimý ječmen	200 – 300
žito, jarní ječmen, oves	150 – 250
řepka olejná	300 – 450
brambory	150 – 400

(v našem pokusu bylo hnojení provedeno v dávce 260 kg/ha močoviny)

Balení

Močovina se dodává volně ložená, v 0,5 – 1 t vacích big –bag, PE pytlích 25, 40 nebo 50 kg.

4.1.2 Polyversum

Přípravek Polyversum, jehož účinná látka je *P. oligandrum*, je první přírodní fungicid, který byl vyvinut a začal se vyrábět v České republice. V přípravku jsou obsaženy klíčivé oospory umístěné na minerálním nosiči. Je to velmi bezpečný přípravek, který nemá ochrannou lhůtu a podle přílohy č. 4 vyhlášky č. 232/2004 Sb. v platném znění nejsou vyžadovány výstražné symboly a písemná označení pro nebezpečné vlastnosti. Přípravek lze dlouhodobě skladovat, jelikož obsažené oospory dosahují dvouleté životnosti. Aplikace přípravku je neomezená, díky biologické podstatě účinku nelze přípravek škodlivě předávkovat (Procházková-Rulfová, 2009).

Polyversum je používané jak v konvenčním, tak ekologickém zemědělství, kvůli své účinnosti a příznivému toxikologickému profilu (Rekanovic a kol., 2007).

Existuje několik způsobů aplikace přípravku, přičemž hlavním kritériem je účinnost na hlavní fytopatogeny a ekonomická efektivnost. Častým způsobem je moření osiva přímo na povrch zrn. Tím se dostává houba přímo do styku s patogeny, které se přenášejí osivem nebo půdou. Dalším způsobem je aplikace směsi s minerálními hnojivy. Nejméně používaná metoda je postřik (Hýsek a kol., 2008).

Účinná látka

Pythium oligandrum M1, 1×10^6 oospor/g přípravku

Formulace

WP (dispergovatelný prášek), přípravek obsahuje klíčivé spory *Pythium oligandrum* M1 umístěné na minerálním nosiči

Trvanlivost

Dva roky od data výroby (uvedeného na obalu každého jednotlivého sáčku)

Skladování

V neporušeném originálním balení, v suchém prostředí, teplotami teplotě 5-25°C, teploty pod bodem mrazu a nad 30°C nejsou pro skladování vhodné a mohou mít vliv na účinnost přípravku. Přípravek nesmí přijít do kontaktu s chemickými fungicidy.

Balení

50 g, 100 g, 500 g (2x250g)

Značení

Výstražné symboly a písemná oznámení nebezpečných vlastností podle přílohy č. 4 vyhlášky č. 232/2004 Sb. v platném znění nejsou vyžadovány.

Foliární aplikace

Do čisté (několikrát propláchnuté) nádoby o obsahu cca. 20 litrů se nasype odměřené množství přípravku Polyversum na zamýšlenou ošetřovanou plochu. Do nádoby se nalije deset až dvacet litrů čisté vody. Poté se celý obsah nádoby pořádně promíchá a na 20 – 30 minut se nechá stát, po uplynutí této doby se ještě jednou promíchá. Tato suspenze se musí aplikovat nejdéle do 10 hodin od prvního namočení přípravku Polyversum s vodou. Obsah nádoby se prolíje přes přiložený filtr přímo do nádrže postřikovače. Přípravek může obsahovat částice do velikosti 350 µm. V případě tankmixů se nemíchají koncentráty, ale přípravky se do nádrže postřikovače nalijí odděleně, přičemž suspenze přípravku Polyversum by se měla dostat do nádrže jako poslední. Aplikační zařízení po použití vypláchneme čistou vodou a aplikujeme na povrch jakéhokoliv rostlinného krytu.

Dalšími možnými způsoby aplikace přípravku Polyversum jsou:

- moření osiva (suchou a mokrou cestou)
- zálivka
- máčení sazenic/kořenů rostlin

4.1.3 Prosaro

Postřikový fungicidní přípravek ve formě emulgovatelného koncentrátu k ochraně

obilnin, řepky olejky, hořčice, máku setého a slunečnice roční proti chorobám.

Účinná látka

prothioconazole 125 g/l

tj. 2-[2-(1-chlorocyklopropyl)-3-(2-chlorofenyl)-2-hydroxypropyl]-2,4-dihydro-3H-1,2,4-triazol-3-thion

tebuconazole 125 g/l

tj. (RS)-1-p-chlorfenyl-4,4-dimethyl-3-(1H-1,2,4- triazol-1-ylmethyl)-pentan-3-ol

Balení a kapacita

COEX HDPE/PA láhev 1 l

COEX HDPE/PA kanystr 3 l, 5 l, 10 l a 25 l

Doba použitelnosti

2 roky od data výroby při správném způsobu skladování v původních neporušených obalech

Působení

Obě účinné látky přípravku Prosaro 250 EC patří do skupiny triazolových fungicidů, které působí jako inhibitor biosyntézy ergosterolu, nezbytného provýstavbu buněčných membrán patogenních organismů. Prothioconazole po aplikaci rychle proniká do vodivých pletiv a je akropetálně transportován i do těch částí rostlin, které aplikační kapalinou nebyly přímo zasaženy. Oproti dosavadním triazolovým fungicidům je touto látkou řetězec biosyntézy ergosterolu inhibován na více místech, což zvyšuje jistotu účinnosti a nabízí vhodnou alternativu v rámci antirezistentních strategií založených na prostřídávání nebo kombinacích odlišně působících účinných látek. Tebuconazole má hloubkový i systémový účinek, je transportován akropetálně. Vyznačuje se preventivní a kurativní účinností proti širokému spektru houbových chorob a dlouhou dobou trvání účinku.

Technika aplikace

Přípravek je možno aplikovat pouze pozemně. Přípravek se aplikuje pozemně schválenými postřikovači, které zabezpečí rovnoměrné dávkování přípravku. Neaplikuje se

při teplotách přes 25°C a intenzivním slunečním svitu. Aplikační kapalinou nesmí být zasaženy okolní porosty.

Příprava aplikační kapaliny

Odměřená dávka přípravku se vlije do nádrže aplikačního zařízení předem naplněné do poloviny vodou a za stálého míchání se doplní na stanovený objem. Případně se použije předmíchávací zařízení, pokud je jím stroj vybaven. Připravenou aplikační kapalinu je třeba bezodkladně spotřebovat.

Čištění aplikačního zařízení

Po vyprázdnění nádrže se vypláchne nádrž, ramena a trysky čistou vodou (čtvrtinou objemu nádrže aplikačního zařízení), případně s přidavkem čistícího prostředku nebo sody (3 % roztokem).

Podmínky správného skladování

Přípravek se skladuje v uzavřených originálních obalech v uzamčených, suchých a větratelných prostorech při teplotách +5 až + 30 °C odděleně od potravin, krmiv, hnojiv, dezinfekčních prostředků a obalů od těchto látek. Chrání se před vlhkem, mrazem a přímým slunečním svitem.

4.2 Založení a plán pokusu

Pokusy s kukuřicí byly založeny na Výzkumné stanici FAPPZ v Červeném Újezdě v následujících variantách (metodika viz tab. č. 2):

- 1) kontrola bez ošetření
- 2) kontrola s konvenčním přípravkem Prosaro v dávce 0,75 l/ha
- 3) varianta ošetřená 1x *P. oligandrum* (v přípravku Polyversum) v dávce 100 g/ha
- 4) varianta ošetřená 2x *P. oligandrum* (v přípravku Polyversum) v dávce 100 g/ha

V průběhu vegetace byly provedeny následující úkony: počítání rostlin na plochu při vzházení, měření výšky rostlin, sledování zdravotního stavu.

Před sklizní byl zjištěn stav porostu (napadení houbovými chorobami) a při sklizni výnos sušiny z jednotlivých parcelek.

Tab. č. 2: Metodika pokusu

číslo varianty	přípravek	dávka	fáze aplikace/růstu
1	Kontrola bez fungicidu		
2	Prosaro	0,75 l/ha	BBCH 60
3	Polyversum 1x	100 g/ha	květ
4	Polyversum 2x	100 g/ha	od 4. - 6. listu
		100g /ha	květ

Rozmístění pokusu bylo provedeno metodou znáhodněných čtverců (tab. č. 3).

Tab. č. 3: Plán pokusu (P + číslo = varianta 1, 2, 3, 4)

P2	P3	P4	P1
P3	P4	P1	P2
P4	P1	P2	P3
P1	P2	P3	P4

4.3 Agrotechnika pokusu

Předplodinou kukuřice byla pšenice ozimá. Za odrůdu kukuřice byl zvolen hybrid Ronaldinio (FAO 240/250). Pokus proběhl ve 4 variantách a ve 4 opakováních. Velikost sklizňové parcelky byla 30 m² (3 x 10 m). Celkem byly na parcele čtyři řádky při šířce řádku 75 cm. Příprava půdy na jaře proběhla standardním způsobem pro kukuřici. Preemergentně byly aplikovány herbicidy Koban T a Successor 600. Dávka aplikační vody byla 200 l/ha. Hnojení bylo provedeno v čisté dávce N 120 kg/ha (=260 kg/ha močoviny) před setím na široko. Setí se uskutečnilo dne 3. 5. 2016. Hustota porostu byla 80 tis. rostlin/ha, vzdálenost mezi řádky 75 cm. Během vegetace nebyla použita insekticidní ani fungicidní ochrana. První aplikace Polyversum proběhla 8. 6. 2016, druhá aplikace 12. 7. 2016. Aplikace Prosaro proběhla 12. 7. 2016. Aplikace proběhla zádovým postřikovačem.

4.4 Charakteristika V. S. Červený Újezd

4.4.1 Obecná charakteristika lokality

Lokalita spadá do oblasti mírně teplé a mírně suché, převážně s mírnou zimou. Nachází se v nadmořské výšce 398 m n. m. a leží na souřadnicích 50°04' zeměpisné šířky a 14°10'

zeměpisné délky.

Průměrná doba slunečního svitu (údaje stanice Praha – Karlov 1926 – 1950) je 1902 hodin, za vegetační období 1396 hodin.

Klimatické podmínky podmiňují vznik hnědozemí, hnědozemí illimerizovaných, vyluhování vrchních půdních horizontů a posun koloidních částic do spodiny.

Zájmové území je součástí mírně zvlňené Bělohorské plošiny. Terén pokusných ploch je jednoduchý, převážně s jižní expozicí, průměrná nadmořská výška je 405 m n.m. (nejvyšší bod 420 m n.m. je vrchol mírného svahu na jižním okraji území). Na území jsou hluboké kvarterní pokryvy, rovinný terén podmiňuje dobrý zásak srážkových vod, substráty mají dobrou vododržnost i dobrou vnitřní drenáž.

Pásmo je geologicky tvořeno opukami křídového stáří, překrytými sprašemi a pleistocenními sprašovými pokryvy. Opuky jsou vápnité, se štěrkovým rozpadem. Převažujícím půdním druhem jsou spraše a nevápnité sprašové pokryvy.

4.4.2 Půdní podmínky

Pokusné plochy jsou situovány na východní straně katastru obce Červený Újezd. Genetickým půdním představitelem je hnědozem, sprašový pokryv. Hlavním půdotvorným procesem je illimerizace. Dochází k okyselování povrchových vrstev půdního profilu, peptizaci koloidů a jejich vyplavování do spodiny. Tím se vytvořily charakteristické horizonty.

Půda má mírný obsah humusu, její chemická reakce je neutrální, má střední sorpční kapacitu, koloidní komplex je nasycen. Na sprašových pokryvech je vyloužen uhličitán vápenatý. Obsah P a K je střední až dobrý.

4.5 Hodnocení pokusu

Ruční sklizeň silážní kukuřice proběhla 14. 9. 2016. Sklízela se prostřední levý řádek, pravý byl ponechán pro hodnocení výnosu zrnové kukuřice.

Zelená hmota byla zvážena a byl přepočítán výnos zelené a suché hmoty na hektar.

Výnos zelené hmoty byl přepočítán na výnos zelené hmoty celých rostlin v tunách na hektar.

Z řezanky 5 ks rostlin (z jednoho opakování) bylo odebráno cca 400-500 g vzorku. Po

usušení vzorku při teplotě 105°C v délce trvání 12 h byla hmotnost suché hmoty zvážena a spočítána sušina jednotlivých vzorků. Počet opakování na jednu variantu byl 3.

Sklizeň zrnové kukuřice proběhla 14. 10. 2016 ručním olámáním palic z prostředního pravého řádku. Byla zvážena hmotnost zrn z jednotlivých opakování, zjištěn obsah sušiny a přepočítán výnos zelené a suché hmoty zrn na výnos na hektar.

V rámci napadení kukuřice se sledovaly 3 houbové choroby: mykózy palic (fuzariózy), sněť kukuřice (*Ustilago maydis*) a rez kukuřičná (*Puccinia sorghi*).

U mykóz se hodnotil stupeň napadení palice (zejména fuzariózy). Hodnocení proběhlo ve fázi 89 (plná zralost, těsně před sklizní) u všech opakování (každé opakování – 20 palic). Symptomy napadení jsou viditelné po sloupnutí krycích listenů z palic.

Sněť se hodnotila počtem hálek na všech rostlinách.

U rzi byl proveden procentický odhad napadení listové plochy u všech rostlin každé varianty.

Statistické hodnocení bylo provedeno v programu STATISTICA 9.1 pomocí ANOVA HSD (Tukeyho) a LSD (Fisherova) testu.

5 Výsledky

5.1 Vzcházení rostlin kukuřice

Průměrný počet rostlin jednotlivých variant ukazuje tabulka č. 4. Mezi průměrnými počty rostlin u pokusných variant nebyly zjištěny statisticky průkazné diference. Počet rostlin je shodný u všech variant a je možné tyto varianty mezi sebou porovnávat.

Tab. č. 4: Počty rostlin na sklizňový řádek (fáze BBCH 14)

varianta	počet rostlin (řádek)	statistická průkaznost
P1	39,0	****
P2	40,0	****
P3	41,0	****
P4	42,8	****

LSD test; proměnná počet rostlin; Homogenní skupiny, alfa = 0,05000

Chyba: meziskup. PČ = 16,563, sv = 12,000

**** - průměry s hvězdičkami v různých sloupcích pod sebou jsou statisticky od sebe průkazně odlišné

5.2 Výnos silážní kukuřice

V roce 2016 byly podmínky na stanici pro růst kukuřice dobré. Rostliny dobře a rovnoměrně vzcházely. Nejvyšší výnos zelené hmoty celých rostlin byl zaznamenán na variantě 4 – dvě aplikace *P. oligandrum*, v celkové výši 33,15 t/ha, což převýšilo kontrolní variantu o 1,9 t/ha. Zajímavý je ukazatel výnosu suché hmoty, který byl u varianty 4 průkazně vyšší oproti kontrole (15,75 t/ha versus 13,57 t/ha). Naopak varianta 3 s jednou aplikací *P. oligandrum* neměla vliv na zvýšení výnosu (tab. č. 5). Obsah sušiny v rostlinách se pohyboval v rozmezí 43,2 % (varianta 2) – 47,5 % (varianta 3). Pokud nehodnotíme výnos hmoty z plochy, ale průměrnou hmotnost jedné rostliny, tak nejvyšší hodnoty byly zjištěny u variant 1 a 2 (604 g a 600g). Z tabulky dále vyplývá, že fungicidní ochrana (Prosaro, varianta 2) přispívá ke zvýšení výnosu (zvyšovala výnos zelené hmoty o 2% a suché o 5 %).

Tab. č. 5: Výnos zelené a suché hmoty, obsah sušiny a průměrná hmotnost 1 rostliny silážní kukuřice

varianta	výnos celých rostlin (t/ha)	¹ statistická průkaznost	obsah sušiny (%)	Výnos suché hmoty (t/ha)	² statistická průkaznost	³ průměrná hmotnost 1 rostliny (g)
P3	30,98	a	47,5	13,38	b	567
P1	31,25	a	44,7	13,57	b	604
P2	31,87	a	43,2	14,25	ba	600
P4	33,15	a	43,4	15,75	a	583

¹LSD test; proměnná výnos zelené hm.; Homogenní skupiny, alfa = 0,05000

Chyba: meziskup. PČ = 9,6075, sv = 12,000

²LSD test; proměnná výnos suché hm.; Homogenní skupiny, alfa = 0,05000

Chyba: meziskup. PČ = 1,9774, sv = 12,000

³LSD test; proměnná prům.hm. 1 r.; Homogenní skupiny, alfa = 0,05000

Chyba: meziskup. PČ = 2242,6, sv = 12,000

a,b – průměry s různými písmeny jsou statisticky průkazně odlišné

5.3 Výnos zrnové kukuřice

V roce 2016 byla také hodnocena sklizeň zrna. Zde se neprojeví významnější rozdíly ve výnosu zrna u pokusných variant, nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly. Avšak u rostlin varianty 4 byl překvapivě zjištěn nejnižší výnos, a to 11,23 t/ha čerstvé hmoty zrna, což bylo ve srovnání s kontrolou o 0,55 t/ha méně (tab. č. 6).

Tab. č. 6: Vliv přípravku Polyversum na výnos zrnové kukuřice

varianta	výnos zrna – čerstvá (t/ha)	¹ statistická průkaznost	obsah sušiny (%)	výnos sušiny zrna (t/ha)	² statistická průkaznost
P4	11,23	****	74,1	8,21	****
P2	11,41	****	72,0	8,32	****
P3	11,70	****	72,7	8,51	****
P1	11,78	****	74,1	8,73	****

¹LSD test; proměnná výnos zrna zelená; Homogenní skupiny, alfa = 0,05000

Chyba: meziskup. PČ = 0,96290, sv = 12,000

²LSD test; proměnná výnos suchá; Homogenní skupiny, alfa = 0,05000

Chyba: meziskup. PČ = 0,51940, sv = 12,000

**** - hvězdičky pod sebou ve sloupci signalizují průměry statisticky neprůkazné (HSD Tukey)

test ANOVA)

5.4 Přínos aplikace *P. oligandrum*

Přínos všech variant ukazuje souhrnně tabulka č. 7, kde je jednotlivě uveden jejich procentuální a hmotnostní prospěch. Nejlepší výsledky zaznamenala varianta 4 (2x *P. oligandrum*), u zelené hmoty s přínosem 1,90 t/ha a u suché hmoty s přínosem 2,18 t/ha oproti kontrole. Naopak špatně si vedla varianta 3 (1x *P. oligandrum*), u které byl zjištěn záporný přínos -0,27 u zelené hmoty a -0,19 u suché hmoty oproti kontrole.

Tab. č. 7: Přínos aplikace přípravku Polyversum (*Pythium oligandrum*) v pokusném roce 2016

varianta	výnos zelené hmoty (%)	výnos suché hmoty (%)	přínos aplikace t/ha zelené hm.	přínos aplikace t/ha suché hm.
P3	99	99	-0,27	-0,19
P1	100	100	0,00	0,00
P2	102	105	0,62	0,68
P4	106	116	1,90	2,18

5.5 Výsledky výnosu let 2013 - 2016

V letech 2013 až 2016 byl proveden pokus, při kterém byly zjištěny zajímavé výnosové trendy u kukuřice s přípravkem Polyversum. Bylo zjištěno, a během pokusných let se potvrzoval trend vyšší efektivity dvou postřiků přípravku Polyversum (varianta 4), nežli jednoho postřiku ve fázi BBCH 14 – 16. Tento pokus byl proveden v době před realizací této práce a na základě jeho výsledků, kromě jiného, byly vytvořeny hypotézy uvedené ve druhé kapitole (Vědecké hypotézy a cíle práce). Proto k této práci přidávám tabulku č. 8., kde jsou znázorněny přínosy aplikace přípravku Polyversum na kukuřici během let 2013 – 2016. Výnos zelené hmoty byl přepočítán na 80 tis. sklizňových rostlin. Údaje o výnosech slouží především k zjištění rozdílu mezi variantami. V maloparcelkovém pokusu (tab. č. 8) bylo ve čtyřech pokusných letech zjištěno, že u varianty s aplikací Polyversum 2x (varianta 4) docházelo k trendu vyššího výnosu zelené hmoty (50,87 t/ha, oproti kontrole + 3,38 t/ha), mírně zvýšenému obsahu sušiny rostlin a následně i k vyššímu výnosu suché hmoty (29,66

t/ha při porovnání s kontrolou 27,75 t/ha, což činí + 1,91 t/ha). Tyto hodnoty mohou být reálnými čísly u pěstitelů.

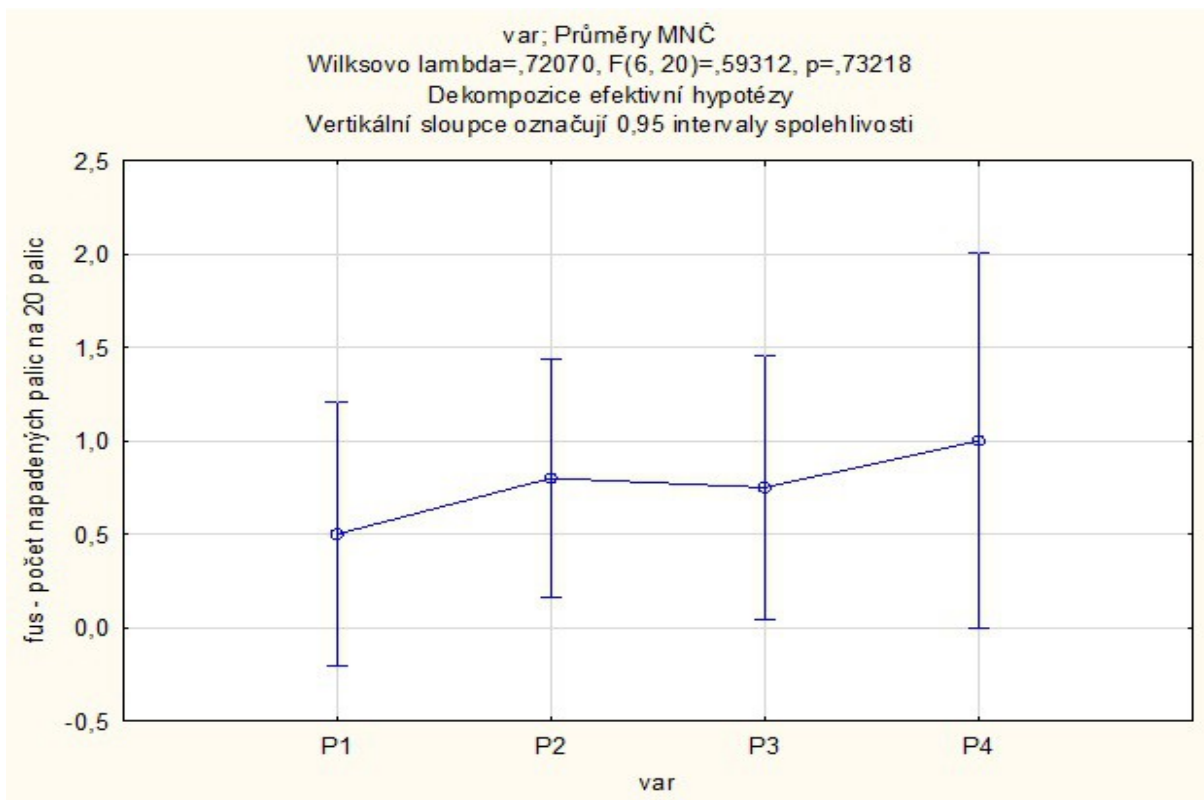
Tab. č. 8: Vliv přípravku Polyversum (*Pythium oligandrum*) na výnos silážní hmoty u kukuřice; 2013 – 2016

varianta	výnos zelené hmoty t/ha	výnos suché hmoty t/ha	obsah sušiny (%)	statistická průkaznost na $\alpha = 0,95$ ^x
kontrola (P1)	47,49	27,75	37,39	****
prosaro (P2)	47,96	28,33	38,08	****
polyversum 2x (P4)	50,87	29,66	38,69	****

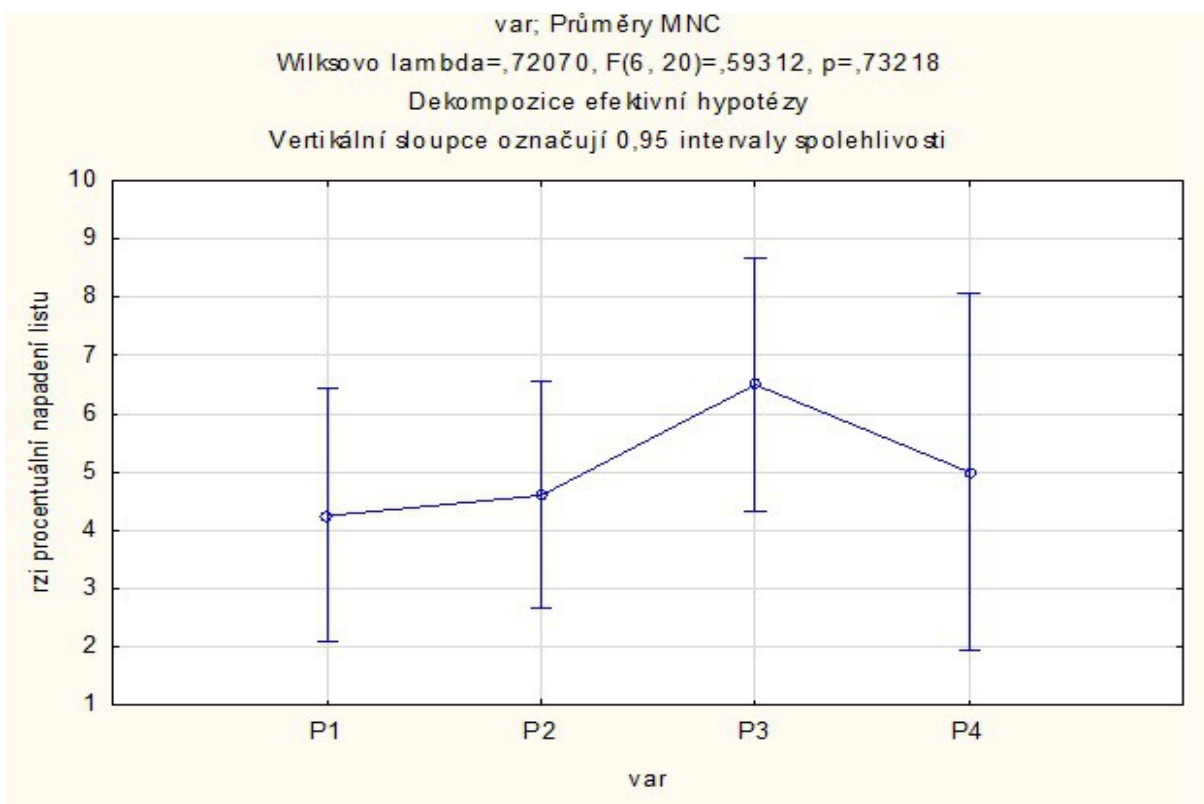
**** - hvězdičky pod sebou ve sloupci signalizují průměry statisticky neprůkazné (HSD Tukey test ANOVA)

5.6 Napadení houbovými chorobami

Hodnotily se celkem 3 nemoci: mykózy palic (fuzariózy), sněť kukuřice (*Ustilago maydis*) a rez kukuřičná (*Puccinia sorghi*). V případě mykózy a rzi bylo napadení kukuřice nízké, sněť se během pokusu nevyskytla vůbec. Výsledky hodnocení mykózy palic a rzi kukuřičné byly statisticky neprůkazné (HSD Tukey test ANOVA) (obr. č. 1 a obr. č. 2).



Obr. č. 1: Napadení kukuřice mykózami palic (fuzariózami)



Obr. č. 2: Napadení kukuřice rzi kukuřičnou (*Puccinia sorghi*)

6 Diskuze

Nejprve krátký komentář k tomu, jaké podmínky panovaly v pokusném roce. Ročník 2016 byl pro pěstování kukuřice z hlediska výnosů a průběhu počasí výhodnější než rok 2015. Po setí do dobře zpracované půdy s optimální vlhkostí (ne tak suchá půda jako v roce 2015) přišly deště. Kukuřice tedy měla na začátku vývoje relativně vlhkou půdu pro dobré vzcházení. Během července a srpna byly srážky nadprůměrné, deficit srážek nastal koncem srpna a v září. Pro dobrý výnos byly na stanici optimální podmínky. To se projevilo na dobře vybarveném porostu, který nezasychal a vytvořil dostatečně velké rostliny.

A teď již k samotnému pokusu. První naší hypotézou bylo, že aplikace *P. oligandrum* ve dvou termínech bude mít pozitivní vliv na celkový výnos sušiny silážní hmoty kukuřice. Jak se ukázalo, byla tato hypotéza správná, neboť se přínos suché hmoty u varianty 4 (2x *P. oligandrum*) oproti kontrole (varianta 1) vyšplhal na 2,18 t/ha. Pokud jde o porovnání výsledků s jinými pokusy, je porovnání účinnosti aplikace *P. oligandrum* u kukuřice velmi obtížné, neboť nemnoho odborných prací, či podle mých aktuálních znalostí žádná, se zabývalo touto plodinou. Většina světových výzkumů a publikací se věnovala plodinám jako je paprika (Al-Rawahi a Hancock, 1998; Rekanovic a kol., 2007), okurka (Kratka a kol., 1994; Wulff a kol., 1998), nebo rajče (Le Floch a kol., 2003b). Některé výsledky z České republiky přináší článek Procházkové-Rulfové (2009), který se zabývá řepkou olejkou (*Brassica napus* subsp. *napus*). Např. na Vysočině porovnávalo Agro Družstvo Golčův Jeníkov, které pěstuje řepku na ploše přes 250 ha, účinnost a cenu Polyversa proti chemickému fungicidu. Před přezimováním byla u Polyversa délka hlavního kořene o cca 2 cm větší než u kontroly a výška vegetačního vrcholu u obou variant (Polyversum a chemický fungicid) převyšovala kontrolu o 2 mm. Při kontrole houbových chorob byly rozdíly mezi oběma variantami nízké. Z výsledků vyplynulo, že je Polyversum stejně účinné jako chemický fungicid a jeho výhodou byla nižší cena na 1 ha. Tyto výsledky se dají potencionálně srovnat s naším pokusem, pokud přihlédneme k faktu, že porovnáваме účinnost *P. oligandrum* na zvýšený růst zemědělské plodiny a v tomto důsledku i její výnos, přičemž v obou případech mělo *P. oligandrum* (Polyversum) srovnatelné výsledky s chemickým fungicidem a v obou případech převýšila aplikace této houby výsledky kontroly.

Ve starší studii Krátké a kol. (1994) pomohlo *P. oligandrum* k navýšení růstu okurky skrze svůj vliv na příjem fosforu touto plodinou.

Wulff a kol. (1998) zaznamenali u sazenic okurky pěstovaných v hydroponickém

systemu stimulaci růstu jejich kořene pomocí *P. oligandrum*.

Ve skleníkových pokusech s paprikou byla hmotnost výhonků a plodů při aplikaci *P. oligandrum* o 40 až 50 % vyšší, než když byly rostliny pěstovány bez tohoto mikroorganismu (Al-Rawahi a Hancock, 1998).

V pokusu Le Flocha a kol. (2003b) korelovala přítomnost *P. oligandrum* v rhizosféře rajčat se zvýšeným výnosem zmíněné plodiny.

Všechny tyto uvedené studie a jejich výsledky se shodují v jednom: *P. oligandrum* a jeho aplikace na plodinu má pozitivní účinky na růst a hmotnost kořenů, plodů a výhonků, což ve své podstatě má vliv i na výnosové ukazatele, což opět potvrzují i naše výsledky.

Naše výsledky potvrdily také i další hypotézu, a to že aplikace *P. oligandrum* ve dvou termínech bude z hlediska výnosu sušiny výhodnější, než aplikace pouze v jednom termínu. Rozdíl mezi těmito variantami (var. 3 a var. 4) ve výnosu suché hmoty silážní kukuřice se rovnal 2,37 t/ha.

Třetí (a poslední) hypotéza této práce nebyla potvrzena, protože napadení kukuřice houbovými chorobami bylo nízké a výsledky hodnocení nebyly statisticky průkazné. Jedna ze tří nemocí, které byly zkoumány – sněť (ostatní dvě – mykózy a rez), se dokonce nevyskytla vůbec.

Výsledky vědeckých výzkumů naznačují, že *P. oligandrum* může mít významně pozitivní vliv na ochranu rostlin vůči houbovým chorobám. Gerbore a kol. (2013) uvádí možný rozsah omezení napadení chorobami v rozmezí od 15 do 100 %, v závislosti na hostitelské rostlině, cílovému patogenu a metodě aplikace. Jako v případě zvýšeného růstu, i studie zabývající se tímto tématem (biokontrolou nemocí s pomocí *P. oligandrum*) se zaměřily na poněkud jiné plodiny, nežli kukuřici, např. rajče (Benhamou a kol., 1997; Le Floch a kol., 2003a; Le Floch a kol., 2005; Hase a kol., 2006; Le Floch a kol., 2009), vinnou révu (Mohamed a kol., 2007; Yacoub a kol., 2008), nebo papriku (Rekanovic a kol., 2007).

Ve studii Benhamoua a kol. (1997) byl rozvoj patogenu *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* na rajčeti omezen na nejvzdálenější kořenové tkáně.

V jiné studii, od Le Flocha a kol. (2009), kolonizace kořene *P. oligandrum*, nebo v kombinaci s Fo47 a/nebo *T. harzianum* vyústila v systémovou odolnost rostliny rajčete, která jí poskytla ochranu proti infekci listů patogenem *B. Cinerea*.

Hase a kol. (2006) prokázali schopnost *P. oligandrum* kontrolovat vadnutí rajčat za pomoci stimulace rostlinné obrany. Právě stimulace odolnosti je brána vědeckou veřejností

jako hlavní režim působení *P. oligandrum* (Gerbore a kol., 2014).

Mohamed a kol. (2007) dokázali aplikací *P. oligandrum* na kořeny vinné révy dosáhnout proti patogenu *B. cinera* úrovně ochrany okolo 75 %.

O něco horšího výsledku (40-50 %) dosáhli Yacoub a kol. (2008) u stejné rostliny proti patogenu *Phaeomoniella chlamydospora*.

Je třeba dodat, že většina zmíněných výzkumů byla provedena buď v laboratoři, nebo ve skleníku. Studie, které by byly provedeny ve venkovním prostoru (na poli) chybí, až na některé výjimky (Takenaka a Ishikawa, 2013). Což je škoda, přihlédneme-li k faktu, že z výsledků podobných pokusů by mohli těžit především pěstitelé a zemědělci, kteří však potřebují především výsledky z pole.

Výhodou *P. oligandrum* je zejména jeho rychlý průnik do kořenových tkání, zároveň však nepoškozuje rostlinu (Rey a kol., 1996; 1998b). Je to právě tato schopnost, z které rostliny těží a které zapříčiňuje stimulaci jejich odolnosti vůči nemocem. Jak ale uvádějí Gerbore a kol. (2014), např. i manažment plevelů může hrát při kolinizaci kořenů rostliny touto oomycetou roli (Gerbore a kol., 2014). Je tudíž mnoho věcí, na které si v praxi musí dávat pěstitelé zajímaví se o využití *P. oligandrum* pro biokontrolu houbových chorob pozor, zejména pokud chtějí maximalizovat svůj zisk a ekonomickou efektivnost tohoto BA. Biokontrola má své výhody, ale společně s nimi přichází také vyšší náročnost na metodiku a správnou aplikaci.

7 Závěr

Ve většině odborných výzkumů bylo *P. oligandrum* s úspěchem využito při kontrole houbových patogenů, jako jsou *Botrytis*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, přičemž společně s tímto aktem byl mnohdy také pozorován zvýšený růst vybrané plodiny. V naší práci bohužel nemůžeme potvrdit účinnost *P. oligandrum*, co se týče kontroly houbových chorob, z důvodu nízkého napadení, avšak pozitivní vliv na výnos silážní kukuřice byl potvrzen, zejména u varianty s dvojitou aplikací *P. oligandrum*.

Z výsledků vyplynulo především toto:

Polyversum ve dvou termínech aplikace má vliv na:

- 1) **zvýšení výnosu silážní hmoty o 6%**, což odpovídá + **1,90 t/ha** zelené hmotě rostlin
- 2) **zvýšení výnosu suché hmoty celých rostlin o 16 %**, což odpovídá výnosu + **2,18 t/ha**

Výsledky této práce ukázaly, a jiné zdroje to potvrzují, že se *P. oligandrum* může stát kvalitní alternativou chemických fungicidů v konvenčním zemědělství a vhodným nástrojem pro zvýšení výnosu silážní hmoty kukuřice v konvenčním i ekologickém zemědělství.

Hlavní výhodou použití přípravku Polyversum je nižší cena na 1 hektar a jeho dlouhodobá skladovatelnost. Přípravek nelze škodlivě předávkovat. Je doporučeno využívat variantu s dvojitou aplikací *P. oligandrum*, která v našem pokusu zaznamenala nejlepší výsledky.

Jako nevýhodu bychom mohli považovat jistou nedůvěru lidí při zpozorování aplikace na poli a nedostatečnou informovanost o přípravku. Při aplikaci přípravku může docházet k ucpání trysek rozstřikovače. Suspenze by se měla opakovaně prolít přes filtr.

8 Seznam použité literatury

- Al-Hamdani, A. M., Cooke, R. C. 1983. Effects of the mycoparasite *Pythium oligandrum* on cellulolysis and sclerotium production by *Rhizoctonia solani*. Transactions of the British Mycological Society. 81. 619–621.
- Al-Rawahi, A. K., Hancock, J. G. 1998. Parasitism and biological control of *Verticillium dahliae* by *Pythium oligandrum*. Plant Disease. 82 (10). 1100–1106.
- Alabouvette, C., Olivain, C., Steinberg, C. 2006. Biological control of plant diseases: the European situation. European Journal of Plant Pathology. 114. 329–341.
- Alabouvette, C., Olivain, C., Migheli, Q., Steinberg, C. 2009. Microbiological control of soil-borne phytopathogenic fungi with special emphasis on wilt-inducing *Fusarium oxysporum*. New Phytologist. 184 (3). 529–544.
- Ali-Shtayeh, M. S. 1985. *Pythium* populations in Middle Eastern soils relative to different cropping practices. Transactions of the British Mycological Society. 84. 695–700.
- Baker, R. 1968. Mechanisms of biological control of soil-borne pathogens. Annual Review of Phytopathology. 6 (1). 263–294.
- Benhamou, N., Rey, P., Cherif, M., Hockenhull, J., Tirilly, Y. 1997. Treatment with the mycoparasite *Pythium oligandrum* triggers induction of defense-related reactions in tomato roots when challenged with *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Phytopathology. 87 (1). 108–122.
- Benhamou, N., Rey, P., Picard, K., Tirilly, Y. 1999. Ultrastructural and cytochemical aspects of the interaction between the mycoparasite *Pythium oligandrum* and soilborne plant pathogens. Phytopathology. 89 (6). 506–517.
- Benhamou, N., Le Floch, G., Vallance, J., Gerbore, J., Grizard, D., Rey, P. 2012. *Pythium oligandrum*: an example of opportunistic success. Microbiology. 158. 2679–2694.

- Benitez, T., Rincon, A. M., Limon, M. C., Codon, A. C. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *International Microbiology*. 7 (4). 249–260.
- Berg, G. 2009. Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 84. 11–18.
- Blair, J. E., Coffey, M. D., Park, S. Y., Geiser, D. M., Kang, S. 2008. A multi-locus phylogeny for *Phytophthora* utilizing markers derived from complete genome sequences. *Fungal Genetics and Biology*. 45. 266–277.
- Bradshaw-Smith, R. P., Whalley, W. M., Craig, G. D. 1991. Interactions between *Pythium oligandrum* and the fungal foot rot pathogens of peas. *Mycological Research*. 95. 861–865.
- Brožová, J. 2002. Exploitation of the mycoparasitic fungus *Pythium oligandrum* in plant protection. *Plant Protection Science*. 38. 29-35.
- Cagaň, L., Praslička, J., Huzsár, J., Šrobárová, A., Roháčik, T., Hudec, K., Tancík, J., Bokor, P., Tóth, P., Tóthová, M., Barta, M., Eliašová, M. 2010. Choroby a škodcovia poľných plodín. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre Nitra. 894 s. ISBN: 978-80-552-0354-6.
- Cliquet, S., Tirilly, Y. 2002. Development of a defined medium for *Pythium oligandrum* oospore production. *Biocontrol Science and Technology*. 12. 455-467
- Cooke, D. E. L., Drenth, A., Duncan, J. M., Wagels, G., Brasier, C. M. 2000. A molecular phylogeny of *Phytophthora* and related Oomycetes. *Fungal Genetics and Biology*. 30. 17-32.
- Cother, E. J., Gilbert, R. L. 1993. Comparative pathogenicity of *Pythium* species associated with poor seedling establishment of rice in Southern Australia. *Plant Pathology*. 42 (2). 151–157.
- Diviš, J. 2015. Rostlinná produkce a obnovitelné zdroje energie. Úroda, vědecká příloha časopisu. 63 (12). 27-31.
- Doležal, P., Zeman, L., Dvořáček, J. 2002. Konzervace kukuřice nejen z technologického pohledu. *Krmivářství*. 6 (1). 28-33.

- Dostál, J. 1989. Nová květena ČSSR. Academia. Praha. 1552 s.
- Drechsler, C. 1930. A new species of *Pythium*. Journal of the Washington Academy of Sciences. 20 (16). 398–418.
- Edel-Hermann, V., Brenot, S., Gautheron, N., Aime, S., Alabouvette, C., Steinberg, C. 2009. Ecological fitness of the biocontrol agent *Fusarium oxysporum* Fo47 in soil and its impact on the soil microbial communities. FEMS Microbiology Ecology. 68 (1). 37–45.
- Farnham, D. E. 2001. Row spacing, plant density and hybrid effects on corn grain yield and moisture. Agronomy Journal. 93 (5). 1049-1053.
- Fravel, D. R. 1988. Role of antibiosis in the biocontrol of plant-diseases. Annual Review of Phytopathology. 26. 75–91.
- Fravel, D., Olivain, C., Alabouvette, C. 2003. *Fusarium oxysporum* and its biocontrol. New Phytologist. 157 (3). 493–502.
- Gerbore, J., Benhamou, N., Vallance, J., Le Floch, G., Grizard, D., Regnault-Roger, C., Rey, P. 2013. Biological control of plant pathogens: advantages and limitations seen through the case study of *Pythium oligandrum*. Environmental Science and Pollution Research. 21. 4847–4860.
- Gerbore, J., Vallance, J., Yacoub, A., Delmotte, F., Grizard, D., Regnault Roger, C., Rey, P. 2014. Characterization of *Pythium oligandrum* populations that colonize the rhizosphere of vines from the Bordeaux region. FEMS Microbiology Ecology. 90. 153–167.
- Haas, D., Defago, G. 2005. Biological control of soil-borne pathogens by Fluorescent pseudomonads. Nature Reviews Microbiology. 4. 307–319.
- Hase, S., Shimizu, A., Nakaho, K., Takenaka, S., Takahashi, H. 2006. Induction of transient ethylene and reduction in severity of tomato bacterial wilt by *Pythium oligandrum*. Plant Pathology. 55. 537–543.

- Havlíčková, K. 2008. Rostlinná biomasa jako zdroj energie. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví s Novou tiskárnou Pelhřimov. Praha. 83 s. ISBN: 978-80-85116-65-6.
- Hezký, P. 2015. Plodiny pro bioplynové stanice. Farmář. 1. 28-29.
- Hruška, J. 1962. Monografie o kukuřici. SZN. Praha. 906 s.
- Huet, J. C., Le Care, J. P., Nespulous, C., Pernollet, J. C. 1995. The relationships between the toxicity and the primary and secondary structures of elicitor like protein elicitors secreted by the phytopathogenic fungus *Pythium vexans*. Molecular Plant-Microbe Interactions. 8. 302-310.
- Hůla, J., Procházková, B., Badalíková, B., Dovrtěl, J., Dryšlová, T., Hartman, I., Hrubý, J., Hrudlová, E., Javůrek, M., Kasal, P., Klem, K., Kovaříček, P., Kroulík, M., Kumhála, F., Mašek, J., Neudert, L., Růžek, P., Smutný, V., Váňová, M., Winkler, J., Zimolka, J. 2008. Minimalizace zpracování půdy. Profí Press. Praha. 284 s. ISBN: 978-80-86726-28-1.
- Hýsek, J., Vach, M., Javůrek, M. 2008. Biologická ochrana obilnin proti houbovým patogenům. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 22 s. ISBN: 978-80-87011-56-0
- Jirmanová, J., Hakl, J., Loučka, R. 2015. Silážní a zrnová kukuřice. Vliv ročníku na kvalitu kukuřičných siláží. Farmář. 11. 14-15.
- Kilpatrick, R. A. 1968. Seedling reaction of barley, oats and wheat to *Pythium* species. Plant Disease. 52. 209–212.
- Klemmer, H. W., Nakano, R. Y. 1964. Distribution and pathogenicity of *Phytophthora* and *Pythium* in pineapple soils of Hawaii. Plant Disease Report. 48. 848–852.
- Kobayasi, Y., Matsushima, T., Takada, M., Hagiwara, H. 1977. Reports of Japanese mycological expedition to Mts. Ruwenzori, Central Africa. Transactions of the Mycological Society of Japan. 18 (1). 64–94.

- Kocourek, F., Stará, J., Falta, V., Rotrekl, J. 2008. Metody ochrany kukuřice proti zavíječi kukuřičnému – ochrana genetická, chemická, biologická a agrotechnická. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha. 37 s. ISBN: 978-80-87011-90-4
- Kolařík, P., Rotrekl, J. 2015. Monitoring bázlivce kukuřičného v letech 2013-2014. Úroda. 63 (5). 20-24.
- Kolařík, P., Rotrekl, J., Kolaříková, K. 2016. Metody ochrany před zavíječem kukuřičným. Úroda. 64 (7). 12-14.
- Kratka, J., Bergmanova, E., Kudelova, A. 1994. Effect of *Pythium oligandrum* and *Pythium ultimum* on biochemical-changes in cucumber (*Cucumis-Sativus* L). Journal of Plant Diseases and Protection. 101 (4). 406–413.
- Latijnhouwers, M., de Wit, P. J. G. M., Govers, F. 2003. Oomycetes and fungi: similar weaponry to attack plants. Trends in Microbiology. 11. 462–469.
- Le Floch, G., Rey, P., Déniel, F., Benhamou, N., Picard, K., Tirilly, Y. 2003a. Enhancement of development and induction of resistance in tomato plants by the antagonist, *Pythium oligandrum*. Agronomy. 23 (5– 6). 455–460
- Le Floch, G., Rey, P., Benizri, E., Benhamou, N., Tirilly, Y. 2003b. Impact of auxin-compounds produced by the antagonistic fungus *Pythium oligandrum* or the minor pathogen *Pythium* group F on plant growth. Plant and Soil. 257 (2). 459–470.
- Le Floch, G., Benhamou, N., Mamaca, E., Salerno, M. I., Tirilly, Y., Rey, P. 2005. Characterisation of the early events in atypical tomato root colonisation by a biocontrol agent, *Pythium oligandrum*. Plant Physiology and Biochemistry. 43 (1). 1–11.
- Le Floch, G., Vallance, J., Benhamou, N., Rey, P. 2009. Combining the oomycete *Pythium oligandrum* with two other antagonistic fungi: root relationships and tomato grey mold biocontrol. Biological Control. 50. 288–298.

- Lherminier, J., Benhamou, N., Larrue, J., Milat, M. L., Boudon-Padieu, E., Nicole, M., Blein, J. P. 2003. Cytological characterization of elicitin-induced protection in tobacco plants infected by *Phytophthora parasitica* or phytoplasma. *Phytopathology*. 93. 1308–1319.
- Lorito, M., Woo, S. L., Harman, G. E., Monte, E. 2010. Translational research on *Trichoderma*: from genomics to the field. *Annual Review of Phytopathology*. 48. 395–417.
- Loučka, R., Lang, J., Jambor, V., Tyrolová, Y., Nedělník, J., Třináctý, J., Kučera, J. 2015. Kritéria pro výběr hybridů kukuřice na siláž: uplatněná certifikovaná metodika. *Zemědělský výzkum, spol. s r.o. Troubsko*. 64 s. ISBN: 978-80-88000-05-1.
- Madsen, A. M., de Neergaard, E. 1999. Interactions between the mycoparasite *Pythium oligandrum* and sclerotia of the plant pathogen *Sclerotinia sclerotiorum*. *European Journal of Plant Pathology*. 105. 761–768.
- Martin F. N., Hancock J. G. 1986. Association of chemical and biological factors in soils suppressive to *Pythium ultimum*. *Phytopathology*. 76 (11). 1221–1231.
- Martin, F. N., Hancock, J. G. 1987. The use of *Pythium oligandrum* for biological control of preemergence damping-off caused by *P. Ultimum*. *Phytopathology*. 77. 1013-1020.
- Masunaka, A., Sekiguchi, H., Takahashi, H., Takenaka, S. 2010. Distribution and expression of elicitin-like protein genes of the biocontrol agent *Pythium oligandrum*. *Journal of Phytopathology*. 158 (6). 417– 426.
- Matsumoto, C., Kageyama, K., Suga, H., Hyakumachi, M. 1999. Phylogenetic relationships of *Pythium* species based on ITS and 5.8S sequences of the ribosomal DNA. *Mycoscience*. 40. 321-331.
- Mohamed, N., Lherminier, J., Farmer, M. J., Fromentin, J., Beno, N., Houot, V., Milat, M. L., Blein, J. P. 2007. Defense responses in grapevine leaves against *Botrytis cinerea* induced by application of a *Pythium oligandrum* strain or its elicitin, oligandrins, to roots. *Phytopathology*. 97. 611–620.

- Mulligan, D. F. C., Deacon, J. W. 1992. Detection of presumptive mycoparasites in soil placed on host-colonized agar plates. *Mycological Research*. 96. 605–608.
- Nedělník, J., Konečná, K. 2015. Mykotoxiny v kukuřici. *Úroda, vědecká příloha časopisu*. 63 (12). 203-206.
- Panabières, F., Ponchet, M., Allasia, V., Cardin, L., Ricci, P. 1997. Characterization of border species among Pythiaceae: Several *Pythium* isolates produce elicitors, typical proteins from *Phytophthora* spp. *Mycological Research*. 101. 1450-1468.
- Pančíková, J. 2016. Integrovaná ochrana kukuřice. *Úroda*. 64 (1). 12-14.
- Picard, K., Tirilly, Y., Benhamou, N. 2000a. Cytological effects of cellulases in the parasitism of *Phytophthora parasitica* by *Pythium oligandrum*. *Applied and Environmental Microbiology*. 66 (10). 4305–4314.
- Picard, K., Ponchet, M., Blein, J. P., Rey, P., Tirilly, Y., Benhamou, N. 2000b. Oligandrin. A proteinaceous molecule produced by the mycoparasite *Pythium oligandrum* induces resistance to *Phytophthora parasitica* infection in tomato plants. *Plant Physiology*. 124 (1). 379–395.
- Plaats-Niterink, A. J. V. d. 1981. Monograph of the genus *Pythium*. *Studies in Mycology*. 21. 1-242.
- Ponchet, M., Panabières, F., Milat, M.-L., Mikes, V., Montillet, J.-L., Suty, L., Triantaphylides, C., Tirilly, Y., Blein, J.-P. 1999. Are elicitors cryptograms in plant-oomycete communications? *Cellular and Molecular Life Sciences*. 56. 1020-1047.
- Procházková-Rulfová, J. 2009. Polyversum – Biologický fungicid na ochranu rostlin. In: *Prosperující olejnice 2009*. ČZU. Praha. s. 110–112. ISBN: 978-80-213-2012-3.
- Rekanovic, E., Milijasevic, S., Todorovic, B., Potocnik, I. 2007. Possibilities of biological and chemical control of Verticillium wilt in pepper. *Phytoparasitica*. 35 (5). 436–441.
- Rey, P., Benhamou, N., Tirilly, Y. 1996. Ultrastructural and cytochemical studies of cucumber roots infected by two *Pythium* species with different modes of pathogenicity. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 49 (4). 213–231.

- Rey, P., Benhamou, N., Wulff, E., Tirilly, Y. 1998a. Interactions between tomato (*Lycopersicon esculentum*) root tissues and the mycoparasite *Pythium oligandrum*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 53 (2). 105–122.
- Rey, P., Benhamou, N., Tirilly, Y. 1998b. Ultrastructural and cytochemical investigation of asymptomatic infection by *Pythium* spp. *Phytopathology*. 88 (3). 234–244.
- Rey, P., Le Floch, G., Benhamou, N., Tirilly, Y. 2008. *Pythium oligandrum* biocontrol: its relationships with fungi and plants. In: Ait Barka, E., Clément, C. (eds.). *Plant-Microbe Interactions. Research Signpost. Kerala, India*. p. 43–67. ISBN: 978-81-308-0212-1.
- Ribeiro, W. R. C., Butler, E. E. 1992. Isolation of mycoparasitic species of *Pythium* with spiny oogonia from soil in California. *Mycological Research*. 96. 857–862.
- Ricci, P. 1997. Induction of the hypersensitive response and systemic acquired resistance by fungal proteins: The case of elicitors. In: Stacey, G., Keen, N. T. (eds.). *Plant-Microbe Interactions*, vol. 3. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. p. 53-75. ISBN: 9780412112416
- Savazzini, F., Longa, C. M. O., Pertot, I. 2009. Impact of the biocontrol agent *Trichoderma atroviride* SC1 on soil microbial communities of a vineyard in northern Italy. *Soil Biology and Biochemistry*. 41 (7). 1457–1465.
- Schmitthenner, A. F. 1962. Isolation of *Pythium* from soil particles. *Phytopathology*. 52. 1133–1138.
- Špaldon, E. 1982. *Rastlinná výroba. Příroda*. Bratislava. 627 s.
- Šuk, J., Balík, J., Jakobe, P., Jambor, V., Kohout, V., Loučka, R., Táborský, V., Vrzal, J. 1998. *Kukuřice*. VP AGRO spol. s. r. o. Kněževés. 131 s. ISBN: 80-86153-99-1.
- Takenaka, S., Nishio, Z., Nakamura, Y. 2003. Induction of defense reactions in sugar beet and wheat by treatment with cell wall protein fractions from the mycoparasite *Pythium oligandrum*. *Phytopathology*. 93 (10). 1228–1232.

- Takenaka, S., Nakamura, Y., Kono, T., Sekiguchi, H., Masunaka, A., Takahashi, H. 2006. Novel elicitor-like proteins isolated from the cell wall of the biocontrol agent *Pythium oligandrum* induce defence-related genes in sugar beet. *Molecular Plant Pathology*. 7 (5). 325–339.
- Takenaka, S., Sekiguchi, H., Nakaho, K., Tojo, M., Masunaka, A., Takahashi, H. 2008. Colonization of *Pythium oligandrum* in the tomato rhizosphere for biological control of bacterial wilt disease analyzed by real-time PCR and confocal laser-scanning microscopy. *Phytopathology*. 98 (2). 187–195.
- Takenaka, S., Ishikawa, S. 2013. Biocontrol of sugar beet seedling and taproot diseases caused by *Aphanomyces cochlioides* by *Pythium oligandrum* treatments before transplanting. *Japan Agricultural Research Quarterly*. 47. 75–83.
- Tjamos, E. C., Papavizas, G. C., Cook, R. J. (eds). 1992. Biological control of plant diseases. Progress and challenges for the future. Plenum Press. New York. p. 462. ISBN: 978-1-4757-9470-0.
- Třináctý, J., Gazdík, Z., Andert, D. 2012. Kukuřičná siláž jako surovina pro bioplynové stanice. *Úroda*. 60 (11). 22-23.
- Tuzun, S., Kloepper, J. W. 1995. Practical application and implementation of induced resistance. In: Hammerschmidt, R., Kuc, J. (eds.). *Induced Resistance to Disease in Plants*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherlands. p. 152-168. ISBN: 978-90-481-4488-4
- Vaartaja, O., Bumbieris, M. 1964. Abundance of *Pythium* species in nursery soils in South Australia. *Australian Journal of Biological Sciences*. 17. 436–445.
- Valíček, P., Hlava, B., Hušák, S., Kokoška, L., Matějka, V., Michl, J., Pavel, L., Polesný, Z., Wroblewská, E., Zelený, V. 2002. *Užitkové rostliny tropů a subtropů*. Vyd. 2., upr. a dopl. Academia. Praha. 486 s. ISBN: 80-200-0939-6.
- Van Loon, L. C. 1997. Induced resistance in plants and the role of pathogenesis-related proteins. *European Journal of Plant Pathology*. 103. 753-765.
- Van West, P., Appiah, A. A., Gow, N. A. R. 2003. Advances in research on oomycete root pathogens. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 62. 99–113.

- Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press. Praha. 167 s. ISBN: 978-80-86726-25-0.
- Vrzal, J., Novák, D., Štráfelda, J., Kohout, V. 1995. Pěstování kukuřice a jednoletých píceňin. Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR. Praha. 30 s. ISBN: 80-7105-097-0.
- Wright, J. M. 1956. The production of antibiotics in soil. Annual of Applied Biology. 44 (3). 461–466.
- Wulff, E. G., Pham, A. T. H., Cherif, M., Rey, P., Tirilly, Y., Hockenhull, J. 1998. Inoculation of cucumber roots with zoospores of mycoparasitic and plant pathogenic *Pythium* species: differential zoospore accumulation, colonization ability and plant growth response. European Journal of Plant Pathology. 104 (1). 69–76.
- Yacoub, A., Gerbore, J., Magnin, N., Chambon, P., Dufour, M.-C., Corio-Costet, M.-F., Guyoneaud, R., Rey, P. 2016. Ability of *Pythium oligandrum* strains to protect *Vitis vinifera* L., by inducing plant resistance against *Phaeoemoniella chlamydospora*, a pathogen involved in Esca, a grapevine trunk disease. Biological Control. 92. 7-16.
- Yu, L. M. 1995. Elicitins from *Phytophthora* and basic resistance in tobacco. Proceedings of the National Academy of Sciences. 92. 4088-4094.
- Zimolka, J., Balounová, M., Cerkal, R., Červinka, J., Doležal, P., Dvořák, J., Fajman, M., Hrstková, P., Jánský, J., Křen, J., Palík, S., Poláčková, J., Polišínská, I., Povolný, M., Procházková, B., Prokop, M., Richter, R., Ryant, P., Říha, K., Smutný, V., Tichý, F., Valucová, K., Winkler, J., Zeman, L. 2008. Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. Profi Press. Praha. 200 s. ISBN: 978-80-86726-31-1.

Webové zdroje

- Anon. Chytrá houba – *Pythium oligandrum*. [online]. BARD. © 2015 - 2016 [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://www.pythium.eu/index.php?language=cs>
- Anon. O produktu – účinná látka. [online]. Polyversum. © 2016a [cit. 2017-12-04]. Dostupné z: http://www.biopreparaty.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=24&Itemid=21

Anon. Polyversum Biogarden 5g. [online]. Chytrá houba. © 2016b [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://www.chytra-houba.eu/15,Polyversum-Biogarden-5g.html>

Anon. Pythium oligandrum obecně. [online]. Polyversum. © 2016c [cit. 2016-24-10]. Dostupné z: <http://www.biopreparaty.eu/casto-kladene-dotazy/pythium-oligandrum-obecne>

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations [online]. FAO. © 2017 [cit. 2017-15-01]. Dostupné z: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>

Florián, M., Pospíchalová, M., Šubrtová, V., Fiala, J. Možnosti zajištění bezpečnosti krmiv. [online]. Zemědělec. © 2013 [cit. 2016-13-11]. Dostupné z: <http://zemedelec.cz/moznosti-zajisteni-bezpecnosti-krmiv/>