

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

AUTOREFERÁT DISERTAČNÍ PRÁCE

MONIKA STREJČKOVÁ

**ČESKÉ BUDĚJOVICE
2019**

Autoreferát disertační práce

Doktorand: Ing. Monika Strejčková

Studijní program: Fytotechnika

Studijní obor: Speciální produkce rostlinná

Název práce: Fyzikální a biologické ošetření osiva jako alternativa chemického moření.

Školitel: prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.

Oponenti: Ing. Martin Žabka, Ph.D., VÚRV Praha Ruzyně

doc. Ing. Bohumila Voženílková CSc., ZF JU

Ing. Kateřina Pazderů, Ph.D., FAPPZ ČZU Praha

Obhajoba disertační práce se koná dne 25. 4. 2019 v 10.00 hod. na katedře KSPR ZF JU v Českých Budějovicích, v zasedací a seminární místnosti ZR 01 053, 1. patro.

S disertační prací se lze seznámit na studijním oddělení Zemědělské fakulty JU v Českých Budějovicích.

doc. Ing. Jiří Bárta, Ph.D.
předseda oborové rady

Speciální produkce rostlinná
ZF JU v Českých Budějovicích

ABSTRAKT

Disertační práce je zaměřena na zjištění, zda je kombinace fyzikálního a biologického ošetření osiva u vybraných polních plodin (řepka olejka, ječmen jarní) srovnatelné s chemickým ošetřením. Hodnotila se účinnost fyzikálního ošetření semen nízkoteplotním plazmatem (Gliding Arc, mikrovlnné), biologického ošetření kulturou mykoparazitické houby *Trichoderma virens* a kulturou entomopatogenní houby *Metarhizium anisopliae*. V rámci experimentů v laboratorních podmínkách, byl hodnocen vliv ošetření na vývoj obilek, (semen), procento klíčivosti obilek, (semen) a procento zdravých obilek, (semen). Individuální plazmatické ošetření v kombinaci s biologickým ošetřením mělo významný pozitivní účinek na rychlost klíčení obilek, (semen). Nebyl pozorován žádný negativní účinek fyzikálního a biologického ošetření na obilkách, (semenech). Proběhlo hodnocení vzcházivosti ošetřených semen v laboratorních a polních podmínkách. V polních podmínkách u vybraných plodin na různých lokalitách a v jednotlivých letech, byl hodnocen vliv ošetření na vývoj porostu, zdravotní stav a výnosové parametry. Plazmové a plazmové s *T.virens* ošetření pozitivně ovlivnilo u modelových rostlin lepší zapojení porostu, délku klasů, (šešulí) a výnos. Kombinovaná úprava měla u řepky olejky pozitivní vliv na rychlejší vývoj na jaře, délku a sílu kořene, dřívější kvetení a dozrávání. Naproti tomu kombinovaná úprava u ječmene jarního pozitivně ovlivňovala vzcházivost a odnožování. Podle získaných výsledků se zdá, že kombinované fyzikální a biologické ošetření semen je účinnou alternativou k chemické úpravě semen.

Klíčová slova: nízkoteplotní plazma, ječmen jarní, řepka olejka, *Trichoderma virens*, *Metarhizium anisopliae*

ANNOTATION

The dissertation is focused on the findings, whether it is combination of physical and biological seed treatment for selected field crops (oilseed rape, spring barley) comparable with chemical treatment. Evaluated the effectiveness of the physical seed treatment, low temperature plasma (Gliding Arc, microwave), a biological treatment culture mycoparasitic of the fungus *Trichoderma virens* and culture entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. In the context of experiments in laboratory conditions, was evaluated the effect of treatment on the evolution grains (the seeds), the percentage of germination grains (the seeds) and the percentage of healthy grains (the seeds). Individual plasma treatment in combination with biological treatment had a significant positive effect on the germination rate of grains (the seeds). There was no negative effect of physical and biological treatments on the grains (seeds). Involved the evaluation of emergence of the treated seed in laboratory and field conditions. In the field conditions for the selected crops in different localities and in different years, was assessed the effect of treatment on the development of the crop health and yield parameters. Plasma and plasma with *T. virens* treatments positively affected by the model of the plant better integration of crops, the length of the cob, (shell) and yield. The combined adjustment should in oilseed rape positive effect on the faster development of the spring, the length and strength of the root, earlier flowering and ripening. In contrast, the combined adjustment for barley spring positively influenced the emergence and tillering. According to the obtained results it seems that the combined physical and biological seed treatment is an effective alternative to the chemical treatment of seeds.

Key words: low-temperature plasma, spring barley, oilseed rape, *Trichoderma virens*, *Metarhizium anisopliae*

1. Úvod

Obiloviny spolu s olejninami tvoří významný podíl stravy v našich zeměpisných šířkách. Hlavním důvodem oblíbenosti ječmene a řepky je fakt, že obě plodiny po sklizni mají širokou škálu uplatnění. V současné době je dostupné velké množství odrůd zaručujících při správné technologii pěstování vysoké výnosy (Černý a kol., 2007). Bohužel většina ploch obilnin a olejin je v současné době ošetřována chemicky. Protože chemická ochrana v sobě nese riziko tvorby reziduí, je snaha ji minimalizovat, nebo nahradit metodami, které méně zatěžují životní prostředí. Jednou z možností je správná agrotechnika, biologická nebo fyzikální ochrana rostlin. Použití plazmových výbojů v praxi nachází v dnešní době stále větší spektrum uplatnění. V zemědělství a lesnictví se nízkoteplotního plazmatu úspěšně užívá k ošetření povrchu semen a k eliminaci fytopatogenních a bakteriálních původců onemocnění rostlin (Park a kol., 2007). Osivo ošetřené plazmatem a biologicky ošetřené lze sít v ochranných pásmech vod, ekologickém zemědělství, chráněných krajinných oblastech.

2. Literární přehled

2.2 Chemická ochrana

Chemická ochrana se zakládá na používání chemických pesticidů. Jako pesticidy jsou obvykle označovány chemické látky přirozeného, polysyntetického nebo syntetického původu. Pesticidy jsou přípravky určené k hubení rostlinných a živočišných škůdců, k ochraně rostlin, zvířat (Pavela, 2011). Chemické přípravky jako jsou fungicidy, herbicidy a insekticidy se používají na 95 % zemědělské půdy. V roce 2014 byl počet povolených účinných látek podle skupin biologické účinnosti následující: zoocidy – 48, fungicidy – 91, herbicidy – 101, regulátory – 11, pomocné prostředky – 147. V současné době je ze skupiny insekticidů povoleno 78 přípravků s 27 účinnými složkami na všechny plodiny v České Republice. V současné době existuje více než 1 200 registrovaných aktivních látek s pesticidním účinkem ve více než 100 skupinách. V České Republice je používáno zhruba 251 z nich ve formě některého z komerčních přípravků na ochranu rostlin (POR). Pesticidy se skládají z účinné látky a ostatních přísad. U pesticidů se hodnotí: účinnost na cílový organismus, toxicita, ochranná lhůta, vedlejší účinky a podmínky pro nakládání s pesticidy. Charakteristika účinné látky je upřesněna tzv. R - větami a S- větami.

2.3 Fyzikální ochrana

Fyzikální metody mechanické, termické a biotechnické lze při boji proti chorobám a škůdcům na ochranu rostlin použít jen omezeně. Fyzikální metody jsou uplatňované především ke sterilizaci povrchu osiva, propařování substrátů, k ošetření prostor a nářadí (Hrudová, 2015). V dnešní době lze využít i k ošetření UV záření, gama záření, mikrovlnou energii, rádiovou frekvenci, hydrostatický tlak, nízkenergetické elektrony (Yao a kol., 2005; Błaszczak, 2007; Al-Bachir, 2007). V současné době různá pracoviště testují ošetření plazmou.

2.3.1 Plazma

Plazma bývá často označována za čtvrté skupenství hmoty vedle skupenství pevného, kapalného a plynného (Chen, 1995; Libra, 2000; Černý, 2011). Z fyzikálního hlediska je plazma kvazineutrální ionizovaný plyn složený z iontů a elektronů. Plazma vzniká

odtržením elektronů z elektronového obalu atomů plynu, či odtržením molekul. V plazmatu se nachází volné náboje a ty právě odlišují plazmu od plynů (Libra, 2000; Kulhánek 2011). V rámci plazmatu rozlišujeme složky plazmatu (teplotu, UV záření, oxidační radikály, ozón) a parametry (vzdálenost trysky, průtok vzduchu, čas ošetření). Plazma působí na mikroorganismy zejména UV zářením, volnými radikály a jinými reaktivními částicemi, nabitými ionty nebo teplotou. Důležité je aby v průběhu plazmového ošetřování nedošlo k tepelnému ovlivnění povrchu materiálů nebo dokonce k jeho destrukcím (Petráž, 2012).

2.3.2 Klouzavý oblouk - *gliding arc Discharge (GAD)*

Gliding arc (GAD) je ionizovaný plyn charakteristický poměrně vysokou hustotou plazmy, velkou silou a vyšším provozním tlakem. Gliding arc probíhá za vyššího atmosférického tlaku (Fridman a kol., 1998; Kala, 2012). Přístroj gliding arc se skládá z plazmové hlavice se dvěma či více kovových elektrod (měď, hliník) s divergentním okrajem (Fridman a kol., 1998; Havelka, 2013). Ke vzniku plazmatu se užívají různé druhy pracovních plynů (kyslík, oxid dusný, argon), (Chan a kol., 1996). Pracovní plyn je za určitého tlaku vehnán do mezery mezi elektrodami, kde klouže podél elektrod, dokud nevznikne v nejužším místě obloukový klouzavý výboj. Při výboji vznikají reaktivní částice (radikály OH a NO), (Benstaali a kol., 1998).

2.3.3 Mikrovlnný výboj (MW)

Mikrovlnný výboj (MW) používá tzv. ECR (electron cyclotron resonance) princip výboje. Kombinací magnetického pole a mikrovlnného záření je elektronům předávána energie z mikrovlnného zdroje. Vznik plazmatu je založen na srážkách elektronů s neutrálními částicemi plynu (Petráž, 2012). Moisan (2001) uvádí, že mikrovlnné plazma je účinné pouze ve spolupráci s UV zářením a chemickými složkami plazmatu.

2.4 Biologická ochrana

Termín biologická ochrana obecně označuje potlačování škůdců pomocí jejich přirozených nepřátel. Biologická ochrana v širším i užším slova smyslu je považována za ekologicky, hygienicky i ekonomicky nejvhodnější metodu (Hluchý a kol., 1994; Tichá, 2001). Biologická ochrana "Bio Control" je metoda, která umožňuje provádět cílenou ochranu rostlin a je chápána jako introdukce parazitoidů, predátorů nebo patogenních mikroorganismů k potlačení škodlivých organismů, plevelů a chorob (Diribeková., 1991; Hokkanen, 1995). Základem biologické ochrany je využití přirozených vztahu mezi organismy v prostředí. Mezi hostitelem, patogenem a vnějším prostředím existuje přirozená rovnováha v rámci daného ekosystému (Čača, 1990). Biologická ochrana se nejvíce využívá v ekologickém zemědělství, v ochranném pásmu vod, dále při produkci skleníkové zeleniny, květin, v ovocných sadech a vinicích, ale začíná se používat i u polních plodin a na zahrádkách (Hrdý, 1991). Biologické způsoby ochrany se v ochraně rostlin využívaly mnohem dříve než chemické přípravky (Čača, 1990; Jirátko, 1990). Biologická ochrana se v současné době užívá ve formě živého dravého hmyzu, nematodů, entomopatogenních nebo mikrobiálních patogenů k potlačení populace hmyzích škůdců. V biologické ochraně rostlin je možné se setkat s některými důležitými mykoparazitickými a entomopatogenními houbami. Mykoparazitické houby jsou definovány jako houby napadající jiné houby a jsou přirozenými nepřáteli fytopatogenních hub (Prokinová, 1996). Entomopatogenní houby jsou běžnou součástí půdy a parazitují na škůdcích ze všech řádů hmyzu, nejčastěji na druzích z řádů ploštice, rovnokřídlí, třásnokřídlí, stejnokřídlí, motýli, brouci a dvoukřídlí (Goettel a kol. 2000; Butt a kol. 2001; Lacey a kol. 2001).

2.4.1 *Trichoderma virens*

Trichoderma virens oddělení *Ascomycota*, třída *Sordariomycetes*, čeleď *Hypocreaceae*. *T. virens* je saprofytická půdní houba známa svými mykoparazitickými vlastnostmi. Vyskytující se téměř ve všech půdách. Houba kolonizuje kořeny rostlin a vytváří s nimi symbiotický vztah (Howell a kol., 1993). *T. virens* má značný ekologický význam v přírodě a je známá svým antagonismem vůči jiným houbovým mikroorganismům i navozením stavu tzv. indukované rezistence (Harman a kol., 2004). Tato půdní houba se používá k ochraně mnoha plodin, protože potlačuje různé původce chorob rostlin, včetně rodu *Pythium spp.*, *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia spp.*, *Sclerotium spp.*, (Okrouhlá, 1993). Houba se v půdě vyskytuje ve formě spor nebo ve formě mycelia, přičemž zimu přežívají pouze spory. Rozmnožuje se nepohlavně pomocí konidií. Optimální podmínky pro růst houby představují půdy o teplotě 24 – 30 °C bohaté na organické látky s pH 4,0 – 5,0 a vlhkostí substrátu 70 – 100 % (Harman, 1991; Okrouhlá, 1993). Mycelium je zpočátku bílé vatovité, později světle zelené, nakonec má tmavě zelenou až modrozelenou barvu (Papavizas, 1990). Tento druh houby byl použit jako modelový systémem pro objasnění mechanismů biologické kontroly (Howell a kol., 2005). Kmeny houby *T. virens* mohou být rozděleny do dvou odlišných skupin "P" a "Q" založených na jejich antibiotické produkci (Howell a kol., 1993). Kmeny *T. virens* "Q" produkují antibiotikum gliotoxin, kmeny "P" produkují místo gliotoxinu gliovirin.

2.4.2 *Metarhizium anisopliae*

Metarhizium anisopliae je široce polyfágní houba, která se nalézá v půdě po celém světě. Tato obligátně parazitická houba představuje účinnou prevenci před poškozením hmyzími škůdci napadající klíčící a vzcházející rostliny. Dále houba zajišťuje ochranu sazenic různých druhů zelenin a okrasných rostlin před škůdci, napadající kořenový systém rostlin. *M. anisopliae* má velmi široký okruh hostitelů – okolo 300 druhů hmyzu převážně vázaných na půdní hmyz (rovnokřídlí - *Orthoptera*, brouci - *Coleoptera*, dvoukřídlí - *Diptera*), (Bridge a kol., 1993; Zimmerman, 1993; Dromph a Vestergard, 2002; Inglis a kol., 2001). Tyto houby jsou kosmopolitně rozšířené, běžně se vyskytují v zemědělských i nezemědělských půdách. Nákazy vyvolané *M. anisopliae* jsou označovány jako zelené muskardiny, protože infikovaný jedinec porůstá hustou, tmavě zelenou masou mycelia. V přirozených podmínkách houba produkuje dva typy spor.

2.5 Faktory ovlivňující kvalitu osiva

Kvalita osiva je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících tvorbu výnosu, přičemž jde o souhrn vlastností a ukazatelů zařazených pod pojem jednak semenářská hodnota a jednak biologická hodnota. Na utváření konečné kvality semen působí mnohé abiotické a biotické faktory (odrůda, ročník, lokalita, půdní podmínky, agrotechnická opatření, předplodina, výživa a hnojení, výskyt škodlivých činitelů). Kvalita osiva nespočívá jen v jeho dobré klíčivosti nebo geneticko-biologických charakteristikách, ale i v jeho zdravotním stavu (Matušinský a Tvarůžek, 2012). Samotnou kvalitu osiva ovlivňuje moření, škodliví činitelé a způsob skladování (Houba a kol., 2002).

2.5.1 Choroby přenosné osivem

Pomocí osiva ječmene jarního jsou přenosné následující choroby (*Pyrenophora graminea*, *Pyrenophora teres*, *Ustilago hordei*, *Ustilago nuda*, *Fusarium spp.*, *Cochliobolus sativus*), (Váňová, 2007). Na povrchu semen pod plevou se nachází *Tilletia tritici*. Hluběji do obilky pronikají patogenní organismy: *P. graminea* a *Pyrenophora teres* lokace v perikarpu a patogen *Ustilago nuda* lokace v embryu. Patogenní organismy jsou schopné přežít dlouhé období na odumřelých posklizňových zbytcích, v půdě nebo jiných hostitelských rostlinách. Nejdélší prokázaná životnost patogenů přenosných osivem: *Fusarium avenaceum*, *Fusarium culmorum* - 2 roky, *Drechslera graminea*, *teres*- 10 let, u řepky *Alternaria brassicicola* - 8 let, *Phoma lingam* - 4 roky. U ječmene v 1000 g vzorku se smí vyskytovat: (*Pyrenophora graminea* 2 %, *Cochliobolus sativus* 10 %, *Fusarium spp.* 10 %, *Ustilago nuda* 0,8 %, *Ustilago hordei* 2 %, *Claviceps purpurea* 1ks) a u řepky olejky v 70 g vzorku jen 10 ks *Sclerotinia sclerotiorum* (Chodová, 2006).

2.5.2 Moření osiva

Moření osiva je často ještě dnes nedoceneným opatřením ochrany osiva jak z hlediska výnosu, tak kvality. Použití mořidel přímo na osivo je podstatně účinnější než samotné metody ochrany rostlin. Moření osiva slouží k prevenci před některými živočišnými škůdci a houbovými chorobami v půdě, ale i k podpoře klíčení a vzcházení. Zavedením povinného moření se omezil výskyt některých chorob přenosných osivem. Moření osiva je biologický, chemický a fyzikální proces, který slouží ke zmírnění negativního působení různých vnějších nebo vnitřních vlivů. Mořením osiva podporujeme u osiva jeho lepší klíčivost a vitalitu, a tím podporujeme tvorbu zdravé rostliny se zvýšeným produkčním potenciálem (Honsová, 2011; Procházka a kol., 2015; Muchová a kol., 2006). Moření osiva proti patogenům je v současné době u nás v podmínkách konvenčního zemědělství prakticky nutností. Před vlastním mořením musíme zjistit, jaký je výskyt patogenů na osivu, a na základě zjištění zvolit vhodné mořidlo. Máme dva způsoby moření semen – suchý a mokrá.

2.5.3 Ječmen jarní

Ječmen jarní (*Hordeum vulgare*) náleží do čeledi *Poaceae*, je jednou z nejstarších obilnin pocházející z divoké formy *Hordeum spontaneum* rostoucí pod Kavkazem (Šašková, 1993). Z našich obilnin tvoří ječmen nejvyšší počet zárodečných (primárních) kořinek v počtu 4 – 10. Zárodečné kořinky pronikají u ječmene až do hloubky 140 mm a podílejí se na zásobení vláhou v období sucha. Hloubka zakořenění je závislá na půdních vlastnostech. Stéblo ječmene je duté, dlouhé 80 – 130 cm a skládá se z pěti až osmi hladkých článků (internodií). Na jedné rostlině je 2 - 6 stébel. Úzké listy vyrůstají střídavě u každého kolénka a jsou pravotočivé. Jazyček je krátký, rovný a končí dlouhými, vzájemně se překrývajícími oušky, která jsou pro ječmen charakteristickým znakem. Květenství ječmene je složený nerozvětvený klas (lichoklas). Klas je obvykle krátký osinatý, vzpřímený a žlutě zbarvený (Zimolka a kol., 2006). V klasu ječmene bývá 15 - 30 slámově žlutých obilek (Šašková, 1993; Kosař a kol., 2000). Zrno (obilka) obsahuje škrob, sacharidy, tuky, fosfáty, polyfenoly, dusíkaté látky, minerální látky, 12 až 20 % vody a 80 - 88 % sušiny.

2.5.4 Řepka olejná

Řepka olejná (*Brassica napus L. subsp. napus*) z rodu brukvev (*Brassica*) patří do čeledi brukvovitých (*Brassicaceae*). Brukev řepka nemá planého předka a jde fylogeneticky o velmi mladý a doposud značně proměnlivý a vitální druh, který vznikl křížením brukve zelné (*Brassica oleracea*) a brukve řepice (*Brassica rapa*). Řepka tvoří kořenový systém s

výrazně vyvinutým a bohatě větveným hlavním kulovým kořenem, jehož délka se pohybuje od 1 do 3 m v závislosti na půdě. Pro zajištění dobrého přezimování je ideální síla kořenového krčku 8 – 15 mm. Podzimní vývoj je ukončen fází listové růžice (Baranyk a kol., 2007, 2010). Délka hlavní lodyhy se pohybuje v průměru od 125 do 200 cm. Na ní vyrůstá zpravidla 6 – 8 větví prvního řádu, které se dále větví a tvoří větve 2. a 3. řádu. Počet větví je v korelaci s počtem pravých listů. Květenství je volný hrozen, který odkvétá zespoda nahoru třetí den. Plodem řepky jsou válcovité nebo mírně zploštělé lysé šešule, ty jsou 50 – 100 mm dlouhé a na konci se zužují v úzký zoban. Šešule vzniká ze semeníku, je složená ze dvou chlopní, vnitřní prostor je rozdělen blanitou přepážkou. Šešule obsahuje 15 – 40 olejnatých semen (Fábry, 1990).

3. Hypotézy a cíle disertační práce

Na základě dosavadních publikovaných prací, znalosti problematiky ošetřování semen byly navrženy následující hypotézy:

- Ovlivňuje plazmový výboj typu GDA klíčivost a životnost spor mykoparazitických a entomopatogenních hub?
- Ovlivňuje umělá infekce osiva pozitivně semenářskou hodnotu osiva?
- Má biologické a fyzikální ošetřování semen vliv na průběh klíčení?
- Zvyšuje biologické a fyzikální ošetřování u ječmene základní výnosotvorné prvky a výnos?
- Má biologické a fyzikální ošetřování u řepky vliv na vývoj rostlin, základní výnosotvorné prvky a výnos?

Cílem disertační práce bylo zjištění, zda je kombinace fyzikálního a biologického ošetření osiva u vybraných polních plodin srovnatelné s chemickým ošetřením.

4. Materiál a metodika

Rostlinný materiál

Osivo pšenice jarní (odrůda Tercie) vznikla křížením odrůdy (Sandra*Hana)* (Linda*KOC585). Výsevek 4,0 - 6,0 MKS/ha. Rostliny dosahují nízkého vzrůstu přibližně 81 cm. Pšenice tvoří 571 produktivních stébel na m². Rostliny tvoří středně velké zrno s vysokou objemovou hmotností až 806 g.l⁻¹ a stabilní potravinářskou jakostí typu A. Hmotnost tisíce zrn dosahuje 38 g. Odrůda vykazuje odolnost proti napadení *Erysiphe graminis*.

Osivo ječmene jarního (odrůda Francin) vznikla jako kříženec odrůdy Sebastián x ST3578104 a je poloraná. Tato odrůda je řazena mezi sladovnický ječmen, vhodná pro výrobu českého piva se sladovnickou jakostí 4,8. Rostliny dosahují střední délky stébla (71 – 73 cm). Rostliny se vyznačují vysokým podílem předního zrna, vysokým výnosem (11,85 t/ha⁻¹) a HTZ (43 – 49 g). Vysoká odolnost vůči *Blumeria graminis*, *Drechslera teres*, *Rhynchosporium secalis*, *Puccinia hordei*.

Osivo řepky ozimé (odrůda Cortes) bylo vyšlechtěno společností Selgen v České Republice. Odrůda vznikla křížením CH 10/23 x Shannon a je to středně raná liniová odrůda. Rostliny dosahují délky 138 cm. Rostliny mají velmi rané kvetení s délkou kvetení 28 dní. Příznivá je vyšší HTS, pohybuje se od 5,8 g do 6,4 g podle ročníku a vysokým výnosem semen 4,66 – 5,03 t/ha. Obsah oleje v semeni je středně vysoký 46,7 %.

Osivo řepky ozimé (odrůda Orex) vzniklo dihaploidizací (DH) rostlin. Rostliny nízké (153 cm). Orex je polopozdní liniová odrůda, má rychlý podzimní vývoj, nadprůměrnou zimovzdornost a výbornou pokrývnost listové růžice. Příznivá je středně vysoká hmotnost tisíce semen (5,15 g) a vysoký výnos semen 5,33 – 5,49 t/ha. Rostliny mají velmi pozdní kvetení, ale nakvétají rychle a bohatě. Obsah oleje v semeni je středně vysoký 48,42 %.

Fyzikální ošetření

Terčíky houby *T. vires* kmene Tvi 001 byly vystaveny atmosférickému plazmovému výboji typu Gliding Arc (GDA). Parametry zdroje uváděné výrobcem jsou: napětí 230 V, frekvence 50 Hz, maximální příkon 1,3 kW, krytí IP20. Vzdálenost terčíku od ústí plazmové hlavice trysky byla 3 a 4 cm. Doba působení plazmatu na terčíky byla 60, 80, 100, 120 s.

Osivo ječmene jarního (Francin) bylo ošetřeno plazmovým výbojem typu GDA. Parametry zdroje uváděné výrobcem jsou: napětí 230 V, frekvence 50 Hz, maximální příkon 1,3 kW, krytí IP20. Pracovním plynem byl stlačený vzduch. Průtok pracovního plynu byl regulován rotametrem, hodnota průtoku byla 30 SCFH. Vzdálenost ústí plazmové hlavice a ošetřovaného povrchu semen byla 10 cm. K rovnoměrnému ošetření jednotlivých zrn byla semena míchána v míchacím zařízení vlastní výroby s frekvencí 50-ti otáček za minutu. Doba ošetření každé dávky byla 4 minuty.

Úprava semen řepky ozimé pomocí nízkoteplotního plazmatu (mikrovlnného) byla provedena v nízkotlaké aparatuře. Parametry procesu byly délka pulsu mikrovlnného výboje (60 mikrosekund), doba ošetření (4 minuty), průtok vzduchu jako pracovního plynu (0 a 4,5 sccm) a tlak ve vakuové komoře v okamžiku zapálení výboje (98 – 100 Pa). Pracovní výkon mikrovlnné plazmy odpovídá výkonu 500 W.

Umělá infekce osiva

Provedla se umělá infekce obilek pšenice jarní odrůdy Tercie houbou *T. vires* kmene Tvi 001. Připravila se suspenze *T. vires* o koncentraci $2,00 \times 10^6$, ta byla smíchána s roztokem 1 % CMC v poměru 1:1; výchozí směs na umělou infekci obsahovala v 1m 0,5 % roztoku CMC $1,5 \times 10^6$ spor. Osivo pšenice jarní bylo obalováno finálním roztokem po dobu 10 minut a po vyjmutí bylo osivo následně sušeno na sítích aktivním proudem vzduchu ve flow-boxu. Po umělé infekci osiva pšenice jarní následovalo fyzikální ošetření plazmovým výbojem typu GDA. Parametry zdroje uváděné výrobcem jsou: napětí 230 V, frekvence 50 Hz, maximální příkon 1,3 kW, krytí IP20. Vzdálenost ústí plazmové hlavice od obilek byla 6 cm, doba ošetření 1, 2, 3, 4 minuty, 8 a 10 cm doba ošetření 1 a 4 minuty.

Biologické ošetření

Plazmované osivo a fyzikálně neošetřené osivo řepky, ječmene bylo obaleno suspenzí *T. vires* a suspenzí *M. anisopliae*. Obě houby byly kultivovány na médiu PDA (potato dextrose agar) při teplotě 25 ± 1 ° C. Suspenze spor byly získány smytím 10 denní staré kultury sterilní destilovanou vodou s roztokem 0,05 % Tween® 80 z plně sporulující kultury. Získané suspenze byly filtrovány přes sterilní gázu a v suspenzích byla pomocí počítačící komůrky (Neubauer Improved Chamber, Fisher) stanovena koncentrace spor. Suspenze

spor následně adjustována ředěním (sterilní 0,05 % Tween® 80) na titr $2,00 \times 10^6$ v 1 ml. Jako nosič spor byla použita 0,5 % karboxymethylcelulóza. Finální suspenze byly získána smícháním suspenze spor s 1 % roztokem CMC v poměru 1: 1. Finální suspenze obsahovaly $1,5 \times 10^6$ spor v 1 ml. Po nanesení finální suspenze a následném osušení bylo osivo skladováno v lednici při 8 °C do doby výsevu.

Polní experiment

Sedm variant jarního ječmene (odrůda Francin) bylo vyseto na lokalitě v Českých Budějovicích ve vegetačních sezónách 2015, 2016. Varianty byly uspořádány na přeskáčku, rozloha každé parcely byla 10 m² tj. 8 x 1,25 m. Na lokalitě v Klukách u Písku byl ječmen vyset v letech 2015-2017. Varianty byly uspořádány na přeskáčku, rozloha každé parcely byla 11,3 m² tj. 10 x 1,12 m (Tabulka č. 1).

Tabulka č. 1: Varianty ošetřeného osiva ječmene jarního pro polní pokus

Pesticid	fungicidní moření Raxil Star
Kontrola	nemořené osivo
Plazma	vystavené nízkoteplotnímu plazmatu po dobu 4 minut
Pl+Tvi	vystavené nízkoteplotnímu plazmatu po dobu 4 minut + biologicky ošetřené houbou <i>Trichoderma virens</i> - určená proti půdním patogenům
Pl+Man	vystavené nízkoteplotnímu plazmatu po dobu 4 minut + biologicky ošetřené houbou <i>Metarhizium anisopliae</i> - určená proti půdním škůdcům
Tvi	biologicky ošetřené osivo houbou <i>Trichoderma viren</i>
Man	biologicky ošetřené osivo houbou <i>Metarhizium anisopliae</i>

Sedm variant ozimé řepky (odrůda Cortes) bylo vyseto v lokalitě farmy Sedlec, Česká republika ve vegetačních sezónách 2014/2015, 2015/2016 a 2016/2017 byla vyseta odrůda Orex . Varianty byly uspořádány na přeskáčku v rozsáhlých pásmech o šířce 12 m a plocha každé varianty byla 3000 m² (Tabulka č. 2).

Tabulka č. 2: Varianty ošetřeného osiva ozimé řepky pro polní pokus

Pesticid	fungicidní moření Vitavax 2000+ Sepiret PF
Kontrola	nemořené osivo
Plazma	vystavené nízkoteplotnímu plazmatu po dobu 4 minut
Pl+Tvi	vystavené nízkoteplotnímu plazmatu po dobu 4 minut + biologicky ošetřené houbou <i>Trichoderma virens</i> - určená proti půdním patogenům
Pl+Man	vystavené nízkoteplotnímu plazmatu po dobu 4 minut + biologicky ošetřené houbou <i>Metarhizium anisopliae</i> - určená proti půdním škůdcům
Tvi	biologicky ošetřené osivo houbou <i>Trichoderma viren</i>
Man	biologicky ošetřené osivo houbou <i>Metarhizium anisopliae</i>

5. Výsledky a diskuze

5.1 Terčičky

Z výsledků vyplývá, že plazmatické ošetření má statisticky průkazný vliv na snížení životaschopnosti spor modelové houby *T. virens* ($F = 13,897$; $df = 4,68$; $p = 0,0000$). Míra snížení životaschopnosti spor je závislá na vzdálenosti povrchu terčičku houby od ústí plazmové hlavice a taky doba ošetření hraje důležitou úlohu. V kontrolních variantách byla po 24 hodinách zaznamenána 95 %, resp. 96 % klíčivost. Po ošetření povrchu houby ze vzdálenosti 4 cm, byla po 60 sekundách zaznamenána více než 50 % redukce klíčivosti spor. Po 2 minutovém ošetření přežívalo ještě 4,30 % spor ($F = 159,02$; $df = 4,34$; $p = 0,0000$). Při snížení vzdálenosti mezi ústím hlavice a povrchem terčičku o 1 cm, došlo k výraznějšímu snížení klíčivosti spor. Po 1 minutovém ošetření, bylo zaznamenáno v populaci pouze 17,16 % vitálních spor a při prodloužení doby ošetření o 20 sekund došlo ke snížení klíčivosti spor o dalších 8 %. Po dvou minutách ošetření došlo k úplné eliminaci houbového organismu ($F = 2659,98$; $df = 4,34$; $p = 0,0000$). Míra snížení životaschopnosti spor je velmi závislá i na tom, zda na terčičky působí UV záření. Terčičky po vystavení UV záření si zachovávaly velmi vysoké % klíčivosti spor. V kontrolních variantách byla po 24 hodinách zaznamenána 89 %, resp. 97 % klíčivost. Po 2 minutovém ošetření povrchu houby ze vzdálenosti 4 cm a s působením UV, klíčilo 89 % spor a po 5 minutách klesla klíčivost spor na 80 % ($F = 117,07$; $df = 4,34$; $p = 0,0000$). Při snížení vzdálenosti hlavice o 1 cm s působením UV, došlo po 2 minutovém ošetření k mírnému snížení klíčivosti spor na 82 % a po 5 minutovém, až na 65 % ($F = 47,859$; $df = 4,34$; $p = 0,0000$). Z výsledků vyplývá, že teplota v kombinaci s dobou ošetření má významný vliv na snížení klíčivosti spor. Plazmová tryska při ošetření GDA působila na terčičky teplotou 130 – 200 °C. Po 2 minutovém ošetření povrchu houby při teplotě 130 °C, bylo zaznamenáno v populaci 33 % vitálních spor. Při zvýšení teploty na 190 °C došlo ke snížení vitálních spor na 3 % a při teplotě 250 °C došlo k úplné eliminaci houbového organismu. Naproti tomu při působení UV záření dosahovala teplota trysky pouze 30 – 80 °C.

Dasan a kol., (2016) zkoumali mikrobiální floru kukuřičných zrn a zjistili, že na povrchu zrn se vyskytovaly spory hub *Aspergillus flavus* a *Aspergillus parasiticus*. Po plazmatickém ošetření se jim podařilo zlikvidovat životaschopnost spor.

5.2. Umělá infekce pšenice jarní

Po záměrné umělé infekci obilek a následném GDA se hodnotila koncentrace, vitalita spor na jednu obilku u jednotlivých variant a klíčivost obilek. Na kontrolních *T. virens* obilkách bez plazmatického ošetření ulpělo, až $9,84 \times 10^4$ spor s 94 % klíčivostí. U obilek ošetřených plazmaticky ve vzdálenosti trysky 10 cm/ 1 minutu klíčilo více spor, než při ošetření 8 a 6 cm/ 1 minutu. U obilek ošetřených plazmaticky ve vzdálenosti trysky 10 cm/ 4 minuty, byla ještě klíčivost spor 25 % a při ošetření ve vzdálenosti 6 cm/ 4 minuty došlo již k úplné eliminaci klíčivosti spor. Ukázalo se, že při 4 minutovém plazmatickém ošetření obilek docházelo k poklesu koncentrace spor na jednu obilku i k poklesu samotné klíčivosti spor. Po umělé infekci a následném plazmatickém ošetření se třetí den energie klíčivosti obilek pohybovala od 41 do 96 % s 92 – 99 % zdravých obilek. Většina obilek z testovaných variant vytvořila 2 kořínky v délce 2 – 2,5 cm s koleoptilem do velikosti obilky s výjimkou variant 6 cm/ 3 a 4 minuty a 8 cm / 4 minuty.

Umělá infekce ječmene jarního *Fusarium spp.*, vede ke zjištění obsahu fusariových mykotoxinů v odrůdách (Sýkorová a kol., 2002). Umělá polní inokulace jednotlivých rostlin

řepky olejky myceliem patogena *Sclerotinia sclerotiorum* na počátku kvetení se používá pro hodnocení délky a hloubky infekce (Poslušná, 2014)

5.3 Ječmen jarní polní pokusy

Před setím ječmene jarního se v laboratoři hodnotila energie klíčivosti obilek, index délky kořínku, index délky klíčku, počet kořínků, zdravotní stav obilek a laboratorní vzcházivost. Obilky testovaných variant vytvořily 3. den 5 kořínků v délce 3 – 4 cm a měly délku klíčku dvakrát delší, než délka obilky. Rozdíl byl u obilek ošetřených chemicky, které vytvořily pouze 4 kořínky o délce 2 cm a místo klíčku vytvořily pouze bílou špičku. Obilky ošetřené fyzikálně dosáhly 100 % energie klíčivosti. Zato kontrolní varianta a Pl+Man měly energii klíčivosti pouze 98 %. Podle katalogu odrůd dosahovala odrůda Francin klíčivosti 98 % (Selgen- francin, 2019). Nižší klíčivost je dána vyšším tlakem fytopatogenních hub, jak uvádí (Širůčková a Kroutil, 2007). Honsová (2014) uvádí, že mořené osivo ječmene biopreparáty (Polyversum, Gliorex) mělo kladný vliv na laboratorní klíčivost. Plazmové ošetření pozitivně ovlivňuje semenářské parametry osiva (procento a energie klíčivosti semen), což vede ke zkrácení doby klíčivosti a ke zvýšení rychlosti vzcházivosti rostlin v polních podmínkách (Šerá a kol., 2010). Polní experimenty objasnily, zda fyzikální a biologické ošetření zvyšuje růst rostlin a výnosové parametry. Zároveň byl sledován výskyt škůdců a onemocnění rostlin.

Tabulka č. 3: Rychlost vzcházení rostlin v jednotlivých letech na dvou lokalitách.

Varianta	Lokalita	5. 4. 2015		21. 4. 2016	
		Mean±STDV	HSD 95 %	Mean±STDV	HSD 95 %
Kontrola	České Budějovice	85,00±5,00	a	97,00±1,00	a
Pesticid		81,67±2,89	a	95,33±0,58	a
Plazma		88,33±7,64	a	97,67±1,53	a
Pl+Tvi		86,67±5,77	a	95,67±1,15	a
Pl+Man		83,33±5,77	a	96,00±1,73	a
Tvi		88,33±7,64	a	96,67±2,08	a
Man		83,33±5,77	a	98,33±0,58	a
Varianta	Lokalita	6. 4. 2015	HSD 95 %	13. 4. 2016	HSD 95 %
Kontrola	Kluky u Písku	93,75±2,50	a	92,50±2,89	a
Pesticid		87,50±2,89	a	87,50±2,89	a
Plazma		93,75±2,50	a	92,50±2,89	a
Pl+Tvi		93,75±2,50	a	93,75±2,50	a
Pl+Man		93,75±2,50	a	92,50±2,89	a
Tvi		93,75±2,50	a	92,50±2,89	a
Man		93,75±2,50	a	93,75±2,50	a

Na obou lokalitách vzcházelo nejméně rostlin v chemicky ošetřené variantě. Na lokalitě v Českých Budějovicích, bylo vzcházení rostlin nejlepší v obou letech u variant Plazma, Tvi. Na lokalitě v Klukách u Písku u ostatních variant vzcházelo pouze 93 % rostlin. Na lokalitě

v Českých Budějovicích se v roce 2015 nacházelo v průměru od 21 do 37 rostlin na 1 m délky. V roce 2016 se nacházelo v průměru od 28 do 38 rostlin na 1 m délky. V letech 2015 - 2016 se vytvořilo v průměru 37 – 39 rostlin na 1 m délky na lokalitě v Klukách u Písku. Zato v roce 2017 se u všech variant vytvořilo pouze 37 rostlin na 1 m délky. Zimolka (2006) uvádí, že kritéria optimální hustoty porostu pro ječmen jarní je 25 – 30 rostlin na 1m. Dundálková (2015) uvádí, že biologicky ošetřené osivo dokáže navýšit počet vzešlých rostlin o 14 rostlin. Na lokalitě v Českých Budějovicích připadly v roce 2015 na jednu rostlinu 2 – 4 odnože a v roce 2016 už 4 odnože. Na této lokalitě se nejméně odnoží vytvořilo u varianty Pl+Tvi a nejvíce u varianty Plazma. Na lokalitě v Klukách u Písku se v roce 2015 vytvořilo nejméně odnoží u všech variant a to pouze 2 odnože na jednu rostlinu. V ostatních letech se počet odnoží zvýšil na 3 odnože na jednu rostlinu. Tvarůžek a kol., (2015) uvádí, že odrůda Francin v kontrolní variantě měla 2 – 3 odnože na rostlinu.

Na lokalitě v Českých Budějovicích dosahovaly rostliny na začátku kvetení v roce 2015 u všech variant výšky 60 cm. Zato v roce 2016 v kontrolní variantě, Pl+Tvi dosahovaly rostliny výšky 75 cm, Tvi až 80 cm. Ostatní varianty dosahovaly výšky 78 cm. Podle katalogu odrůd dosahovala odrůda Francin v neošetřené variantě pěstování výšky 71 - 74 cm a v ošetřené variantě pěstování 89 cm (Selgen-francin, 2019). Na lokalitě v Českých Budějovicích byl v roce 2015 vyšší výskyt síťové skvrnitosti, ramulariové skvrnitosti hlavně v druhé části vegetace. Převažoval slabý výskyt chorob pat stébel a klasových chorob. Zato v roce 2016 byl vyšší výskyt chorob pat stébel, ale došlo k poklesu choroby síťová skvrnitost. V Klukách u Písku byl ve všech letech u kontrolní varianty 30 % výskyt fusarióz, u chemicky ošetřené varianty došlo k poklesu na 11 % a u ostatních ošetřených variant byl 20 % výskyt. Choroba pat stébel dosahovala u všech variant hodnoty 2. Síťová skvrnitost se více vyskytovala u kontrolní varianty a pak u variant Man, Pl+Man. Listové choroby ovlivňují samotný výnos (Zimolka, 2006). Sychrová a kol., (2006), kteří zmiňují, že rozhodujícím faktorem pro napadení klasů jsou právě povětrnostní podmínky v době květu obilnin. Výskyt fuzarióz stoupá s nadmořskou výškou a srážkami (Chrptová a kol., 2007).

Počet plodných stébel se na lokalitě v Českých Budějovicích pohyboval v roce 2015 u jednotlivých variant od 326 do 470 ks/ m² a v roce 2016 od 611 do 670 ks/m². Na lokalitě v Klukách u Písku se v roce 2015 počet plodných stébel pohyboval od 617 do 674 ks/m², v roce 2016 od 751 do 790 ks/m² a v roce 2017 dokonce od 772 do 800 ks/m². Podle katalogu odrůd vytvořila odrůda Francin v neošetřené variantě pěstování počet plodných stébel 824 – 852 ks/m² a v ošetřené variantě pěstování 1000 ks/m² (Selgen- francin, 2019). Délka klasu se na lokalitě v Českých Budějovicích pohybovala v roce 2015 u jednotlivých variant od 68 mm do 88 mm a v roce 2016 od 83 mm do 90 mm. V obou letech vytvořily nejdelší klasy rostliny ošetřené chemicky.

Tabulka č. 4: Hodnocení počtu zrn v klase odebraných na dvou lokalitách.

Varianta	České Budějovice		Kluky u Písku		
	29. 07. 2015	03. 08. 2016	27. 07. 2015	25. 07. 2016	18. 07. 2017
Kontrola	21,80±2,14	22,93±3,93	23,80±0,24	23,90±0,39	23,83±0,25
Pesticid	25,00±2,14	23,50±5,59	23,85±0,37	23,88±0,74	23,90±0,22
Plazma	21,10±2,26	23,27±6,55	23,83±0,35	24,10±0,38	23,92±0,34
Pl+Tvi	22,80±2,27	22,17±6,77	23,88±0,38	23,88±0,39	23,80±0,37
Pl+Man	22,20±2,75	22,60±6,65	24,02±0,40	24,00±0,24	23,88±0,39
Tvi	21,20±1,60	23,23±3,93	23,92±0,25	23,88±0,41	23,90±0,16
Man	20,90±1,76	23,40±5,46	23,90±0,29	23,98±0,28	23,92±0,41

Rostliny varianty Pesticid vytvořily na lokalitě v Českých Budějovicích v obou letech nejdelší klasy. Klasy v rámci jednotlivých variant vytvořily v roce 2015 od 21 do 25 zrn o hmotnosti 1,03 – 1,38 g a v roce 2016 od 22 do 23 zrn o hmotnosti 0,95 – 1,11 g. Klasy v rámci jednotlivých variant vytvořily na lokalitě v Klukách u Písku v letech 2015 - 2016 od 23 do 24 zrn a v roce 2017 měly všechny varianty 23 zrn. Tvarůžek a kol., (2015) uvádí, že odrůda Francin v kontrolní variantě vytvořila 18 – 24 zrn v klase. V klasu ječmene bývá 15 - 30 slámově žlutých obilek o hmotnosti 0,74 g (Šašková a Štolfa, 1993; Kosař a kol., 2000).

Tabulka č. 5: Hodnocení výnosových hodnot (t/ha^{-1}) na dvou lokalitách.

Varianta	České Budějovice		Kluky u Písku		
	30. 07. 2015	04. 08. 2016	12. 08. 2015	08. 08. 2016	03. 08. 2017
Kontrola	6,04	3,63	6,22	6,18	6,52
Pesticid	5,87	3,69	6,43	6,68	6,78
Plazma	6,08	3,73	6,77	6,66	6,64
Pl+Tvi	6,12	3,58*	6,80	6,39	6,61
Pl+Man	6,19	3,91	6,30	6,66	6,68
Tvi	6,21	3,57*	6,54	6,37	6,74
Man	6,21	3,95	6,38	6,26	6,57

PL+Tvi* - polehnutí porostu s následným výdřelem; Tvi* - porost podmáčen, sklizen kosou

Skutečný výnos zrna u ječmene jarního na lokalitě v Českých Budějovicích byl v roce 2015 v rozmezí 5,87 – 6,21 t/ha^{-1} a v roce 2016 v rozmezí 3,57 – 3,95 t/ha^{-1} . V roce 2016 došlo na této lokalitě u všech variant k rapidnímu poklesu výnosu důsledkem vydatných srážek v době sklizně a polehnutím porostu s následným výdřelem. Nejvíce polehlé porosty byly u variant Tvi a Pl+Tvi, které měly nejdelší délku stébel. V obou letech nejvyššího výnosu dosahovaly varianty ošetřené biologicky. Skutečný výnos zrna u ječmene jarního na lokalitě v Klukách u Písku byl v roce 2015 v rozmezí 6,22 – 6,80 t/ha^{-1} , v roce 2016 v rozmezí 6,18 – 6,68 t/ha^{-1} a v roce 2017 v rozmezí 6,52 – 6,78 t/ha^{-1} . Ve všech letech nejvyššího výnosu dosahovala varianta chemicky ošetřená. Podle odhadu ČSÚ byl průměrný skutečný odhad sklizně v ČR u ječmene jarního v roce 2015 - 5,44 t/ha^{-1} , v roce 2016 - 5,67 t/ha^{-1} a v roce 2017 - 5,23 t/ha^{-1} (ČSÚ-ječmen, 2019). Podle katalogu odrůd vytvořila odrůda Francin v neošetřené variantě v bramborářské oblasti výnos 6,72 t/ha^{-1} a v ošetřené variantě 7,67 t/ha^{-1} . V obilnářské oblasti vytvořila odrůda Francin v neošetřené variantě výnos 6,83 t/ha^{-1} a v ošetřené variantě 7,93 t/ha^{-1} (Selgen-francin, 2019). Hýsek a Vach, (2008) pojednává o jednoznačně pozitivním vlivu *Trichoderma spp.*, na vyšší hodnoty výnosů při aplikaci biofungicidu ve formě mořidla osiv. Filátová a kol., (2009) uvádí, že ošetření obilovin plazmatem umožňuje dosáhnout vysokých výnosů.

Na lokalitě v Českých Budějovicích dosahoval v roce 2015 podíl zrn na sítu 2,5 x 2,2 mm 93,01 – 94,51 % a v roce 2016 pouze 77,03 – 81,98 %. Na lokalitě v Klukách u Písku dosahoval v roce 2015 podíl zrn na sítu 2,5 x 2,2 mm pouze 74,19 – 84,19 % a v roce 2016 až 82,90 – 85,13 %. Nejvyšší podíl zrn na sítu 2,5 x 2,2 mm vytvořily varianty biologicky ošetřené. Objemová hmotnost u ječmene jarního na lokalitě v Českých Budějovicích byla v roce 2015 v rozmezí 57,13 – 61,80 kg/hl a v roce 2016 v rozmezí 54,23 – 58,80 kg/hl. Na lokalitě v Klukách u Písku byla objemová hmotnost v roce 2015 v rozmezí 50,04 – 57,79

kg/hl a v roce 2016 v rozmezí 62,32 – 63,27 kg/hl. Tvarůžek a kol., (2015) uvádí, že ječmen jarní dosahuje v kontrolní variantě objemové hmotnosti 62,0 kg/hl.

U osiva sklizeného na lokalitě v Českých Budějovicích a nepřetříděného na sítích se HTZ u jednotlivých variant v roce 2015 pohybovala v rozmezí 42,53 – 45,37 g a v roce 2016 v rozmezí 39,67 – 42,07 g. U osiva sklizeného a přetříděného na sítích o velikosti 2,5 x 2,2 mm se HTZ v roce 2015 pohybovala v rozmezí 45,08 – 47,90 g a v roce 2016 v rozmezí 42,87 – 44,23 g. U osiva sklizeného na lokalitě v Klukách u Písku a nepřetříděného na sítích se HTZ u jednotlivých variant v roce 2015 pohybovala v rozmezí 39,98 – 42,15 g, v roce 2016 pohybovala v rozmezí 45,35 – 46,95 g. U osiva sklizeného a přetříděného na sítích o velikosti 2,5 x 2,2 mm se HTZ v roce 2015 pohybovala v rozmezí 45,68 – 48,85 g. Nejvyšší HTZ dosahovaly zrna variant Pesticid a Pl+Tvi. Podle katalogu odrůd dosahovala odrůda Francin v neošetřené variantě HTZ 49 g (Selgen-francin, 2019). Tvarůžek a kol., (2015) uvádí, že ječmen jarní dosahuje HTZ 43 – 47 g.

5.4 Řepka ozimá polní pokusy

Před setím řepky ozimé se v laboratoři hodnotila energie klíčivosti, index délky kořínku, index klíčící rostlinky, zdravotní stav a laboratorní vzcházivost. Semena všech testovaných variant odrůdy Cortes vytvořily 3. den kořínky v délce 3 cm a klíčící rostlinku do velikosti 1,5 - 3 cm, naproti tomu odrůda Orex vytvořila 3. den kořínky v délce 3 cm a klíčící rostlinku do velikosti 0,5 – 1,5 cm. Semena obou odrůd ošetřena fyzikálně nebo s kombinací houby *T. virens* dosahovaly 99 % energie klíčivosti. Zato ostatní varianty měly energii klíčivosti pouze 97 %. Podle katalogu odrůd dosahují odrůdy řepky ozimé klíčivosti 99 % (Selgen- řepka, 2019). Li a kol., (2014) prokázali pozitivní vliv plazmatu na klíčení semen olejnin. Při testování jednotlivých aparatur, pro plazmatické ošetřování semen řepky ve velkém objemu bylo zjištěno, že při zvyšujícím se čase ošetření se snižuje procento klíčivých a zdravých semen. Pro ošetření semen v aparatuře Cx22 se ukázala jako nejlepší doba ošetření 4 minuty, v aparatuře Turnov laboratorní 8 minut a v aparatuře Turnov ST650 doba 30 minut. Semena variant Plazma, Pl+Tvi obou odrůd ošetřena v aparatuře SurfaceTreat dosahovaly 100 % laboratorní vzcházivosti. Semena ošetřena v aparatuře Turnov laboratorní v čase 4 - 12 minut a Turnov ST 650 v čase 30 minut dosahovaly 100 % laboratorní vzcházivosti. Tong a kol., (2014), uvádí, že plazmové ošetření má pozitivní vliv na časný růst a vývoj rostlin a kvalitní založení porostu. Polní experimenty objasnily, zda fyzikální a biologické ošetření ovlivňuje vývoj porostu, zdravotní stav a výnosové parametry.

Tabulka č. 6: Průměrné hodnoty (\pm sx) výsledků morfologických znaků rostlin.

Varianta	počet rostlin.m ⁻²			% přezimovaných rostlin		
	23. 3. 2015	30. 3. 2016	10. 4. 2017	23. 3. 2015	30. 3. 2016	10. 4. 2017
Kontrola	20,60 \pm 2,65	46,00 \pm 0,50	34,00 \pm 1,29	69,24	95,83	100,00
Pesticid	20,40 \pm 4,27	45,00 \pm 1,09	34,00 \pm 1,29	60,73	91,84	100,00
Plazma	26,00 \pm 3,29	42,00 \pm 1,12	38,00 \pm 1,73	98,11	97,67	80,37
Pl+Tvi	21,80 \pm 4,35	43,00 \pm 1,30	34,00 \pm 1,73	70,48	97,70	91,89
Pl+Man	23,20 \pm 3,92		39,00 \pm 0,96	74,93		100,00
Tvi	22,20 \pm 5,04	54,00 \pm 2,06	38,00 \pm 1,29	66,03	96,43	90,48
Man	23,20 \pm 3,92	48,00 \pm 1,82	32,00 \pm 1,41	81,40	85,71	100,00

U odrůdy Cortes v pásovém pokusu nejlépe přezimovaly rostliny u varianty Plazma, zato na plošném pokusu přezimovalo jen 88 % rostlin. Naopak to bylo u odrůdy Ores, tam lépe přezimovaly rostliny u Kontroly, Pesticidu, Man. Podle katalogu odrůd (SDO) se procento přezimování pohybuje u odrůdy Cortes 98 % a u odrůdy Ores 94 %. V roce 2016, 2017 přezimovalo o 20 - 30 % více rostlin než v roce 2015 díky teplejšímu počasí, delším a silnějším kořenům. Procento přezimovaných rostlin v roce 2016 se pohybovalo od 85 % u varianty Man do 98 % u varianty fyzikálně ošetřené s kombinací houby Tvi. Procento přezimovaných rostlin v roce 2017 se pohybovalo od 90 do 100 %. Plazmaticky ošetřená varianta dosahovala v obou letech 97 % a v roce 2017 89 %. Naopak u varianty Pesticid přezimovalo ve dvou letech nejméně rostlin a v roce 2017 přezimovalo 97 %. Základem dobrého porostu je optimální hustota 40-60 rostlinami/m² (Leach a kol., 1999). Porost v roce 2015 byl řídký v ostatních letech optimální z důvodů špatné agrotechniky. U odrůdy Cortes ($F = 1,7320$; $df = 6,28$; $p = 0,17831$) a odrůdy Ores ($F = 1,3539$; $df = 8,27$; $p = 0,26066$) se nepodařilo statisticky prokázat vliv ošetření na zvýšení počtu rostlin.

Tabulka č. 7: Průměrné hodnoty (\pm sx) výsledků morfologických znaků rostlin.

Varianta	délka kořene (mm)			síla kořene (mm)		
	16. 12. 2014	15. 12. 2015	13. 12. 2016	16. 12. 2014	15. 12. 2015	13. 12. 2016
Kontrola	188,60 \pm 5,59	186,00 \pm 31,08	199,20 \pm 24,04	10,27 \pm 1,98	11,01 \pm 1,23	19,63 \pm 3,21
Pesticid	160,00 \pm 19,07	186,70 \pm 25,98	241,60 \pm 26,80	15,03 \pm 2,36	10,40 \pm 1,73	19,37 \pm 3,54
Plazma	185,40 \pm 7,94	206,60 \pm 38,24	232,90 \pm 22,36	10,28 \pm 1,16	11,81 \pm 0,94	19,16 \pm 2,99
Pl+Tvi	191,20 \pm 4,83	215,60 \pm 36,09	209,60 \pm 17,07	10,79 \pm 3,15	12,28 \pm 0,69	22,59 \pm 3,36
Pl+Man	153,40 \pm 12,97		214,00 \pm 42,35	9,42 \pm 1,80		19,91 \pm 3,79
Tvi	159,50 \pm 9,14	167,10 \pm 25,01	220,00 \pm 28,60	16,41 \pm 3,68	10,21 \pm 1,29	19,10 \pm 2,39
Man	170,50 \pm 9,38	176,90 \pm 33,25	211,10 \pm 52,53	14,16 \pm 2,38	12,46 \pm 4,43	19,74 \pm 2,80

Vašák, 1997; Baranyk, 2006; Šnobl a Pulkrábek, 2007 uvádí, že ideální délka kořene na konci podzimu by měla být 150 – 200 mm. Obě odrůdy vytvořily na konci podzimu ideální délku kořene pro přezimování. Ukázalo se, že v obou letech u odrůdy Cortes nejdelší kořen vytvořila varianta Pl+Tvi s délkou 200 mm. U rostlin odrůdy Ores v pásovém pokusu dorůstal kořen až do délky přes 242 mm u chemicky a fyzikálně ošetřené varianty. Zato u rostlin varianty Plazma odrůdy Cortes v plošném pokusu dorůstal kořen až do délky 232 mm. U odrůdy Cortes se v roce 2014 ($F = 1,3029$; $df = 6,63$; $p = 0,00000$) podařilo statisticky prokázat pozitivní vliv různého ošetření na délku kořene v porovnání s chemickým ošetřením, bohužel ne u odrůdy Ores ($F = 1,7876$; $df = 6,63$; $p = 0,11601$). Průměr kořenového krčku je důležitý ukazatel rostliny. Každá rostlina by pak ideálně měla mít do zamrznutí půdy 8-10 mm široký kořenový krček (Balodis, Gaile, 2010). Větší průměr umožňuje rostlině založit větší počet listů a větví. Podle katalogu odrůd (Selgen-řepka, 2019) dosahuje síla kořenového krčku u odrůdy Cortes - 11,8 mm a u odrůdy Ores – 12,4 mm. Při hodnocení tloušťky kořenového krčku se u obou odrůd projevilo jako nejlepší ošetření

fyzikální s kombinací houby Tvi. Odrůda Orex vytvořila ve všech variantách silnější kořeny než Cortes (9-16 mm). U odrůdy Cortes ($F = 0,55092$; $df = 5,54$; $p = 0,73690$) se nepodařilo statisticky prokázat vliv ošetření na sílu kořenového krčku zato u odrůdy Orex ($F = 3,7191$; $df = 8,81$; $p = 0,00095$) se podařilo prokázat statisticky významné rozdíly v ošetření.

Tabulka č. 8: Průměrné hodnoty (\pm sx) výsledků morfologických znaků rostlin.

Varianta	výška listové růžice (mm)			počet listů		
	16. 12. 2014	15. 12. 2015	13. 12. 2016	16. 12. 2014	15. 12. 2015	13. 12. 2016
Kontrola	18,05 \pm 4,14	16,36 \pm 2,18	24,16 \pm 5,46	9,80 \pm 3,40	10,60 \pm 1,85	18,90 \pm 2,74
Pesticid	24,50 \pm 2,58	17,38 \pm 3,50	24,81 \pm 1,65	10,70 \pm 2,19	8,70 \pm 1,19	25,20 \pm 3,57
Plazma	20,29 \pm 2,07	16,07 \pm 2,43	19,62 \pm 2,86	7,50 \pm 0,50	10,80 \pm 1,94	17,50 \pm 4,46
Pl+Tvi	17,50 \pm 1,93	16,27 \pm 2,77	27,66 \pm 5,26	9,00 \pm 1,34	13,10 \pm 3,08	21,90 \pm 3,75
Pl+Man	14,51 \pm 2,48		20,72 \pm 3,84	6,90 \pm 0,70		13,30 \pm 2,19
Tvi	22,66 \pm 1,95	14,87 \pm 1,80	23,70 \pm 2,79	12,70 \pm 5,02	10,30 \pm 1,95	21,70 \pm 2,28
Man	26,62 \pm 2,58	15,59 \pm 2,97	20,25 \pm 4,54	9,70 \pm 2,24	11,30 \pm 1,27	20,50 \pm 3,04

Ideální výška listové růžice by měla být na podzim 18,5 mm (Hnilička a kol., 2015). Rostliny odrůdy Cortes vytvořily v roce 2015 menší listovou růžici (14 - 16 mm) v porovnání s předchozím rokem (14 - 26 mm). Rostliny odrůdy Orex měly listovou růžici vysokou (19 - 27 mm). U odrůdy Cortes byla nejvyšší listová růžice u chemicky ošetřené varianty a u odrůdy Orex u Pl+Tvi. U odrůdy Cortes se v letech 2014 ($F = 20,7922$; $df = 6,63$; $p = 0,00000$) a 2015 ($F = 9,4178$; $df = 5,54$; $p = 0,00000$) podařilo statisticky prokázat pozitivní vliv ošetření na výšku listové růžice. Řepka ozimá je odolná proti mrazu jen pokud vytvoří před zimou 8 - 10 pravých listů. Rostliny odrůdy Cortes vytvořily v obou letech před zimou v průměru 8 - 13 listů. Naproti tomu rostliny odrůdy Orex vytvořily vyšší počet listů (13 - 26). U odrůdy Cortes v roce 2015 ($F = 4,7020$; $df = 5,54$; $p = 0,00123$) a u odrůdy Orex ($F = 12,292$; $df = 6,63$; $p = 0,00000$) v roce 2016 se podařilo statisticky prokázat vliv ošetření.

Tabulka č. 9: Průměrné hodnoty (\pm sx) výsledků morfologických znaků rostlin.

Varianta	délka rostlin (mm)			počet větví na 1 rostlině		
	29. 6. 2015	9. 7. 2016	3. 7. 2017	29. 6. 2015	9. 7. 2016	3. 7. 2017
Kontrola	216,30 \pm 39,75	241,31 \pm 26,32	242,92 \pm 21,01	10,80 \pm 1,78	9,30 \pm 1,73	14,00 \pm 1,63
Pesticid	190,90 \pm 26,90	222,96 \pm 23,13	266,43 \pm 9,39	12,60 \pm 3,38	10,00 \pm 1,48	10,00 \pm 0,82
Plazma	213,20 \pm 35,29	242,16 \pm 25,75	250,59 \pm 21,59	11,80 \pm 2,52	9,60 \pm 1,43	9,75 \pm 1,71
Pl+Tvi	211,50 \pm 41,79	231,10 \pm 18,10	262,27 \pm 22,41	14,10 \pm 2,74	9,30 \pm 1,19	11,00 \pm 1,41
Pl+Man	206,70 \pm 46,06		245,55 \pm 22,33	13,00 \pm 2,28		11,00 \pm 0,82
Tvi	197,80 \pm 42,14	256,08 \pm 16,70	245,83 \pm 26,39	10,60 \pm 1,56	10,30 \pm 1,27	13,25 \pm 1,50
Man	201,10 \pm 44,32	235,73 \pm 27,11	233,08 \pm 13,31	12,10 \pm 1,14	9,50 \pm 1,50	11,00 \pm 1,41

Samotná délka rostliny je ovlivněna odrůdou a klimatem. Podle katalogu odrůd (SDO) dosahovala odrůda Cortes v neošetřené variantě pěstování délky rostliny 138 cm a odrůda Orex dosahovala délky 153 cm. Rostliny u obou odrůd dorůstaly ve všech letech vyšších výšek. Rostliny odrůdy Cortes ve variantě Pesticid v obou letech dosahovaly nejnižší délky a v roce 2017 odrůda Orex dosahovala naopak nejvyšší délky. V roce 2015 kontrolní varianty dorůstaly do délky 216 cm a v roce 2016 Tvi až do 256 cm. V roce 2017 dorůstaly rostliny délky od 233 – 266 cm. Rostliny odrůdy Cortes ošetřené plazmaticky dorůstaly do délky 213 – 242 cm a u odrůdy Orex dorůstaly do délky až 250 cm. U odrůdy Cortes ($F = 10,012$; $df = 6,63$; $p = 0,00000$) se statisticky podařilo prokázat pozitivní vliv ošetření na délku rostliny a u odrůdy Orex ($F = 4,2181$; $df = 8,81$; $p = 0,00029$) prokázat statisticky významné rozdíly mezi variantami. Z hlediska výnosotvorných parametrů tvoří řepka 12 větví 1. řádu. Nelze podle počtu větví odhadnout výnos. Rostliny odrůdy Cortes, Orex vytvořily 10 – 14 větví na hlavní větvi. U odrůdy Cortes, Orex se nejvíce větví vytvořilo u varianty Tvi.

Tabulka č. 10: Průměrné hodnoty (\pm sx) výnosových parametrů.

Varianta	délka šesule (mm)			počet semen v šesuli		
	29. 6. 2015	9. 7. 2016	3. 7. 2017	29. 6. 2015	9. 7. 2016	3. 7. 2017
Kontrola	99,75 \pm 8,33	75,85 \pm 4,53	65,40 \pm 0,31	30,40 \pm 3,77	29,35 \pm 2,12	27,80 \pm 3,12
Pesticid	90,55 \pm 6,27	74,65 \pm 2,50	71,00 \pm 0,40	33,07 \pm 4,59	29,28 \pm 3,33	25,83 \pm 2,33
Plazma	93,70 \pm 3,78	86,88 \pm 7,77	63,10 \pm 0,23	32,97 \pm 3,50	30,40 \pm 2,93	24,18 \pm 3,03
Pl+Tvi	96,48 \pm 5,26	79,95 \pm 2,22	64,00 \pm 0,25	33,15 \pm 3,62	30,20 \pm 2,87	24,83 \pm 2,86
Pl+Man	92,40 \pm 4,65		69,30 \pm 0,38	31,55 \pm 3,10		26,05 \pm 2,71
Tvi	90,32 \pm 7,45	84,53 \pm 5,97	64,60 \pm 0,37	31,72 \pm 3,84	29,55 \pm 3,19	26,85 \pm 3,75
Man	95,48 \pm 6,90	70,10 \pm 4,51	65,10 \pm 0,32	32,03 \pm 4,49	24,45 \pm 3,43	25,85 \pm 3,39

U řepky olejky se uvádí délka šesule 5 – 10 cm. Rostliny obou odrůd v letech 2015 - 2017 dosahovaly průměrné délky šesule do 10 cm. Rostliny ošetřené chemicky vytvořily nejdělsí šesule. Rostliny odrůdy Orex vytvořily kratší šesule. Rostliny ošetřené plazmaticky vytvořily šesule v délce 6 - 9 cm. U odrůdy Cortes ($F = 62,832$; $df = 5,234$; $p = 0,00000$) a odrůdy Orex ($F = 32,007$; $df = 6,273$; $p = 0,00000$) se nám podařilo statisticky prokázat vlivu ošetření na prodloužení délky šesule. Řepka olejka vytváří v šesuli v průměru 18-22 semen. Rostliny obou odrůd v letech 2015 – 2017 vytvořily více semen v šesulích. Rostliny odrůdy Cortes ošetřené chemicky vytvářely v šesulích nejmenší počet semen, naopak nejvyšší počet semen vytvářela varianta ošetřená fyzikálně s houbou Tvi. U odrůdy Orex rostliny chemicky ošetřené vytvořily největší počet semen v šesulích a nejmenší počet vytvořily rostliny plazmaticky ošetřené. U odrůdy Cortes ($F = 20,945$; $df = 5,234$; $p = 0,00000$) a odrůdy Orex ($F = 6,1910$; $df = 6,273$; $p = 0,00000$) se nám podařilo statisticky prokázat vliv ošetření na zvýšení počtu semen v šesulích. V některých případech byly zaznamenány po plazmovém ošetření semen i vliv na růst rostlin v polních podmínkách pozitivní účinky: rychlost růstu, výška rostlin, délka kořene nebo hmotnosti semen (Jiang a kol., 2014b).

Tabulka č. 11: Hodnocení průměrných hodnot HTS v letech 2015- 2017

Varianta	HTS (g)		
	2015	2016	2017
Kontrola	4,50±0,05	4,90±0,07	4,60±0,00
Pesticid	4,80±0,00		4,40±0,00
Plazma	4,70±0,05	5,10±0,07	4,60±0,00
Pl+Tvi	4,90±0,05	5,00±0,00	4,80±0,14
Pl+Man	4,70±0,05		4,80±0,14
Tvi	4,80±0,00	4,80±0,00	4,70±0,07
Man	4,80±0,10	5,00±0,00	4,60±0,00

HTS ovlivňuje technologické vlastnosti semene, čím vyšší HTS tím lepe se semena lisují. Podle katalogu odrůd (SDO) se HTS u odrůdy Cortes pohybuje od 5,8 g do 6,4 g a u odrůdy Orex 5,15 g. Odrůda Cortes ve všech variantách dosahovaly průměrných HTS. Odrůda Orex dosahovala ve všech variantách nižší HTS oproti SDO. U obou odrůd rostliny fyzikálně ošetřené spolu s houbou Tvi vytvořily nejvyšší HTS.

Tabulka č. 12: Hodnocení výnosových hodnot v letech 2015 – 2017

Varianta	Výnos (t.ha ⁻¹)			Výnos relativně k pesticidu (%)		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Pesticid	3,45	4,16	2,31	100,00	100,00	100,00
Kontrola	3,86	4,29	3,29	111,86	103,12	142,42
Plazma	4,17	3,78	3,05	120,87	90,87*	132,03
Pl+Tvi	3,51	4,13	3,24	101,74	99,28	140,26
Pl+Man	3,33	NA	3,12	96,52	NA	135,06
Tvi	4,39	4,39	3,62	127,25	105,53	156,71
Man	3,55	4,23	3,78	102,90	101,68	163,64

V rámci České Republiky a EU se rok 2014 ukázal výnosově výrazně nadprůměrný, ale zato v roce 2015 došlo k výraznému poklesu. Podle katalogu odrůd (SDO) odrůda Cortes dosahuje výnosu 4,66 – 5,03 t/ha a odrůda Orex 5,33 – 5,49 t/ha. V roce 2012 se odrůda Cortes ukázala jako třetí nejvýnosnější odrůda s výnosem 4,79 t/ha. Rostliny odrůdy Cortes, Orex ošetřené fyzikálně a s kombinací hub dosahovaly vyšší výnosů. Prokázalo se, že fyzikálně ošetřené osivo mělo pozitivní vliv na zvýšení výnosu u rostlin (Zhou et al 2011). Backman a Rodriguez-Kabana (1975) aplikovali *Trichoderma harzianum* proti *Sclerotinia rolfsii* u podzemnice olejné. Výnos byl zvýšen a výskyt choroby byl eliminován.

6. Závěr

Plazmatické ošetření má statisticky průkazný vliv na snížení životaschopnosti spor modelové houby *T. vires*. Po dvou minutovém ošetření ve vzdálenosti 3cm došlo k úplné eliminaci houbového organismu. Terčíky po vystavení UV záření si zachovávaly velmi vysoké % klíčivosti spor. Z výsledků vyplývá, že teplota v kombinaci s dobou ošetření má významný vliv na snížení klíčivosti spor. Plazmová tryska při ošetření GDA působila na terčíky teplotou 130 – 200 °C.

U obilek ošetřených plazmaticky ve vzdálenosti trysky 10 cm/1 minutu klíčilo více spor, než ve vzdálenosti 8, 6 cm/1 minutu. Ukázalo se, že při 4 minutovém plazmatickém ošetření obilek došlo k poklesu koncentrace spor na jednu obilku i k poklesu klíčivosti spor. U obilek ošetřených 6 cm/3, 4 minuty a 8 cm/4 minuty došlo ke snížení životaschopnosti obilek.

U ječmene jarního v roce 2016 při ošetřování obilek suspenzí *T. virens*, *M. anisopliae* v kombinaci s fyzikálním ošetřením ulpělo na obilkách více spor s vyšší vitalitou. Obilky ošetřené chemicky vytvořily 3. den pouze 4 kořínky v délce 2 cm a místo klíčku vytvořily pouze bílou špičku, zato ostatní varianty vytvořily 5 kořínků v délce 3 – 4 cm a měly délku klíčku dvakrát delší, než délka obilky. Obilky ošetřené fyzikálně dosahovaly 100 % energie klíčivosti. Ostatní varianty dosahovaly klíčivosti podle katalogu odrůd. Na obou lokalitách (České Budějovice, Kluky u Písku) vzcházelo nejméně rostlin v chemicky ošetřené variantě a nejvíce u variant Plazma, Tvi. Na lokalitě v Klukách u Písku se v roce 2015 vytvořilo nejméně odnoží u všech variant a to pouze 2 odnože na jednu rostlinu, zato na lokalitě v Českých Budějovicích až 4 odnože. Na lokalitě v Českých Budějovicích dosahovaly rostliny varianty Tvi vyšší výšky než podle katalogu odrůd. Houby *T. virens* výrazně ovlivňují výšku rostlin. Na obou lokalitách byl v roce 2015 vyšší výskyt listových chorob a nižší výskyt klasových chorob než v letech 2016 – 2017. Nejnižší výskyt chorob byl u chemicky ošetřené varianty. Biologické a fyzikální ošetření osiva mělo minimální vliv na snižování listových a klasových chorob. Všechny odrůdy na obou lokalitách produkovaly nižší počet plodných stébel v porovnání s katalogem odrůd. Na lokalitě v Českých Budějovicích v letech 2015 - 2016 vytvořily nejdelší klasy rostliny ošetřené chemicky s 25 zrn o hmotnosti až 1,38 g a poté rostliny varianty Pl+Tvi. Na lokalitě v Klukách u Písku měly klasy v průměru 23 zrn. Rostliny všech variant na obou lokalitách vytvořily průměrný počet zrn. V obou letech nejvyššího výnosu dosahovaly varianty ošetřené biologicky. V roce 2016 došlo na lokalitě v Českých Budějovicích u všech variant k rapidnímu poklesu výnosu důsledkem vydatných srážek. HTZ ze sklizeného osiva a z podílu zrn ze síta o velikosti 2,5 x 2,2 mm z lokality České Budějovice byla v roce 2015 daleko vyšší než HTZ z lokality Kluky u Písku, v roce 2016 tomu bylo na opak důsledkem nepříznivých klimatických podmínek.

U řepky ozimé v roce 2016 při ošetřování semen suspenzí *T. virens*, *M. anisopliae* ulpělo na semenech více spor s vyšší vitalitou než ostatní roky. V roce 2014 semena odrůdy Cortes jednotlivých variant vytvářely 3. den na klíčidle delší kořínek a děložní rostlinku než v roce 2015. Semena odrůdy Orex vytvářely daleko kratší kořínek a děložní rostlinku než odrůda Cortes. Semena obou odrůd ošetřených biologicky a fyzikálně dosahovaly 99 % energie klíčivosti a měly 100 % zdravých semen. Při testování jednotlivých aparatur, pro plazmatické ošetřování semen řepky ve velkém objemu bylo zjištěno, že při zvyšujícím se čase ošetření se snižuje procento klíčivých a zdravých semen. Pro ošetření semen v aparatuře Cx22 se ukázala jako nejlepší doba ošetření 4 minuty, v aparatuře Turnov laboratorní 8 minut a v aparatuře Turnov ST650 doba 30 minut. Odrůdy Cortes, Orex měly po přezimování u variant Pesticid, Man nejnižší počet rostlin. Rostliny odrůdy Cortes varianty Plazma lépe přezimovaly v pásovém pokusu než v plošném. Obě odrůdy měly na konci podzimu ideální délku a sílu kořene pro přezimování. U odrůdy Cortes nejdelší a nejsilnější kořen vytvořila varianta Pl+Tvi a u odrůdy Orex varianty Pesticid a Plazma. Odrůda Orex vytvořila ve všech variantách silnější kořenový krček, než odrůda Cortes. Rostliny odrůdy Cortes varianty Plazma vytvářely delší a silnější kořeny v plošném pokusu. Rostliny odrůdy Orex vytvářely vyšší listovou růžici než rostliny odrůdy Cortes. U odrůdy Cortes nejvyšší listovou růžici vytvářely rostliny variant Tvi, Man, Pesticid. U varianty Orex nejvyšší listovou růžici měla varianta Pl+Tvi. Rostliny odrůdy Cortes vytvářely v pásovém

i plošném pokusu srovnatelnou výšku listové růžice. Rostliny odrůdy Orex vytvářely vyšší počet listů než varianta Cortes. U odrůdy Cortes nejvíce listů vytvářela varianta Tvi a u odrůdy Orex varianta Pesticid. Rostliny odrůdy Cortes měly vyšší počet listů v plošném pokusu než v pásovém. Na listech rostlin řepky odrůdy Cortes, Orex se objevovaly skvrny choroby fomové černání stonku v rozsahu 3 - 6 %. Stejně procentuální zastoupení bylo v pasovém i plošném pokusu. V letech 2014 – 2017 se na kořenech rostlin odrůdy Cortes u variant PI+Tvi, Tvi a Man nevyskytovaly žádné háčky s larvou krytonosce zelného. Rostliny obou odrůd vytvářely srovnatelný počet větví, nejvyšší počet větví byl u variant Tvi, PI+Tvi. Rostliny odrůdy Cortes vytvářely v plošném pokusu nižší počet větví než v pásovém. Rostliny odrůdy Cortes vytvářely daleko delší šesule s vyšším počtem semen než odrůda Orex. U odrůdy Orex byly nejdelší šesule u varianty Pesticid a u odrůdy Cortes u varianty Tvi. Rostliny odrůdy Cortes vytvářely delší šesule s vyšším počtem semen v pásovém pokusu než v plošném. Rostliny odrůdy Cortes dosahovaly vyššího výnosu než rostliny odrůdy Orex. U odrůdy Cortes byl vyšší výnos u variant Tvi, Plazma a u odrůdy Orex u variant Tvi, Man. U odrůdy Cortes byl v pásovém pokusu vyšší výnos než v plošném. Semena odrůdy Cortes dosahovaly vyšší HTS než odrůdy Orex. U obou odrůd měly vyšší HTS varianty PI+Tvi, PI+Man. V pasovém i plošném pokusu byla HTS srovnatelná.

7. Seznam použité literatury

- Al-Bachir, M.** (2007): Effect of gamma irradiation on microbial load and senso characteristic of aniseed (*Pimpinella anisum*). *Bioresource Technology*, 98, 102-123.
- Backman, P. A., Rodriguez-Kabana, R.** (1975): A system for the growth and delivery of biological control agents to the soil. *Phytopathology*, 65, 819-821.
- Balodis, O., Gaile, Z.** (2010): Impact of some agroecological factors on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) plant density. *International Scientific Conference: Research for Rural Development, Jelgava (Latvia)*, 16, 35-41.
- Baranyk, P., Fábry, A.** (2007): Řepka – Pěstování – Využití – Ekonomika. *Profi Press Praha*, 208.
- Baranyk, P., Balík J., Hájková, M.** (2010): Olejniny. *Profi Press Praha*, 206.
- Benstaali, B., Moussa, D., Addou, A., Brisset, J. L.** (1998): Plasma treatment of aqueous solutes: Some chemical properties of a gliding arc in humid air. *The Eueopen Physical Journal Applied Physics*, 171-179.
- Błaszczak, M.** (2007): Mikroorganizmy w ochronie Srodowiska. *Technika, przemysk – opracowania ogólne*. 266.
- Bridge, P. D., Williams, M. A. J., Prior, C., Paerson, R. R. M.** (1993): Morphological biochemica and molecular characteristics of *Metarhizium anisopliae* and *M. flavoviride*. *J. Gen Mocrinol*, 139, 1163-1169.
- Butt, T. M., Jackson, C., Magan, N.** (2001): Fungi as biocontrol agents – progress, problems and potential. *CAB International, Wallingford, UK*, 23-69.

Čača, Z. (1990): Ochrana polních a zahradních plodin. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 80-209.

Černý L., Vašák J., Křováček J., Hájek M., (2007): Jarní sladovnický ječmen. Pěstitelský rádce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Katedra rostlinné výroby, Kurent, s.r.o., Praha, 39.

Černý, P. (2011): Plazmová modifikace práškových materiálů. Diplomová práce, JU České Budějovice, 31-35.

Černý, P. (2011): Plazmová modifikace práškových materiálů. Diplomová práce, JU České Budějovice, 31-35.

ČSÚ-ječmen. (2019): Výnos ječmene. [online]. [cit. 2019-03-07]. Dostupné z <https://www.czso.cz/csu/xb/odhady-sklizni-v-jihomoravskem-kraji-k-15-8-2016>.

Dasan, B. G., Boyaci, I. H., Mutlu, M. (2016): Inactivation of aflatoxigenic fungi (*Aspergillus* spp.) on granular food model, maize, in an atmospheric pressure fluidized bed plasma system. *Food Control*, **70**, 1–8.

Dirlbeková, O. (1991): Biologické zdroje pro mechanickou ochranu rostlin I. (*Deuteromycetes, Beauveria bassiana*) Studie VTR, ÚVTIZ, Ř. *Rostl. Výr.* **11**, 10-21.

Dromph, K. M., Vestergaard, S. (2002): Pathogenicity and attractiveness of entomopathogenic hyphomycete fungi to collembolans. *Applied Soil Ecology*, **21**, 197-210.

Dundálková, L. (2015): Zlatá sklizeň. Systém stimulace jarních obilnin. Agromanuál, roč 10, č. 1, profesionální ochrana rostlin, 32.

Fábry, A. (1990): Jarní olejniny, *Ministerstvo zemědělství*. 139-140.

Filátová, I., Azharonok, V., Kadyrov, M., Beljavsky ,V., Gvozdov, A., Shik, A., Antonuk, A. (2009): Plasma-radiowave stimulation of plant seeds germination and inactivation of pathogenic microorganisms. *Proceedings of the International Plasma Chemistry Society*, **19**, 627.

Fridman, A., Sergei, N., Lawrence, A., Kennedy, A. S., Ozlem, M. Y. (1998): Gliding arc gas discharge. *Department of Mechanical Engineering, University of Illinois at Chicago*, 842.

Goettel, M. S., Inglis, G. D. Wraighr, S. P. (2000): Fungi. In Lacey L. A. Kaya H. K. (Eds). *Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology*, Chapter IV- 4. Kluwer Academic Publishers, *Printed in the Netherlands*, 255-282.

Harman, G. E., Chet, I., Baker, R. (1991): Factors affecting *Trichoderma hamatum* applied to seeds as biocontrol agent. *Phytopathology*, **71**, 569-572.

Harman, G. E., Howell, Ch. R., Vitebro, A., Chet, I., Lorito, M. (2004): *Trichoderma speciesopportunistica*, avirulent plant symbionts, *Nature reviews mikrobiology*, **5**, 43-56.

- Havelka, Z.** (2013): Využití atmosférického plazmového zdroje GA při ošetřování obilovin. Diplomová práce. *JU České Budějovice*, 6-20.
- Hluchý, M., Zacharda, M.** (1994): Prostředky a systémy biologické ochrany rostlin, Biocont Laboratory s.r.o., *Brno*, 80-90.
- Hokkanen, H. M. T.** (1995). Biological control: benefits and risks. Cambridge University Press, *Cambridge*, 304
- Honsová, H.** (2011): Moření osiva jarního ječmene může zvýšit polní vzcházivost i výnos. *Úroda*, **12**, 18-20.
- Honsová, H.** (2014): Přeskladněním osiva ječmene klesá klíčivost a polní vzcházivost. *Úroda* 10, roč. 2, 23-26.
- Houba, M., Hosnedl, V., Prokinová, E.** (2002): Osivo a sadba. Praktické semenářství. *Praha*, 1-15.
- Howell C. R., Stipanovic, R. D., Lumsdem, R. D.** (1993): Antibiotic production by strains of *Gliocladium virens* and its relation to the biocontrol of cotton seedling diseases. *Biocontrol Science and Technology*, **3**, 435-441.
- Howell, C. R., Puckhaber, L. S.** (2005): A study of the characteristics of „P” and „Q” strains of *Trichoderma virens* to account for differences in biological control efficacy against cotton seedling diseases. *Biological Control*, **33**, 217-222.
- Hrdý, J.** (1991): Biopesticidy v zemědělství, *MZe ČR*, 107.
- Chan, C. M., Ko, T.-M., Hiraoka, H.** (1996): Polymer Surface Modification by Plasmas and Photons. *Surf. Sci. Reports*, 1-54.
- Chen F. F.** (1995): Plasma processing and processing science. NRL Strategic Series. Washington, DC: *National Academy Press*, 35.
- Chodová, J.** (2006): Moření osiva. Kvalita moření. *Agrotip*, **12**, 2-5.
- Chrpvová, J., Šíp, V., Sýkorová, S., Sychrová, E.** (2007): Možnosti snížení rizika napadení obilnin klasovými fuzariózami. Výzkumný ústav rostlinné výroby, *Praha*, 24.
- Inglis, G. D., Goettel, M. S., Butt, T. M.** (2001): Use of hypomyces fungi for managing insect pests. In: Butt, T. M., Jackson, C., Magan, N. (Eds.): Fungi as biocontrol agents. CAB International, *Wallingford, UK*, 23-69.
- Jiang J. F., Lu Y.F., Li J.G., Li L., He X., Shao H.L., Dong Y.H.** (2014b): Effect of seed treatment by cold plasma on the resistance of tomato to *Ralstonia solanacearum* (bacterial wilt). *PloS ONE*, **9(5)**: 1–6.
- Jirátko, J.** (1990): Biologická ochrana rostlin-možnosti a perspektivy, Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, *Praha*, 2- 10.

- Kala, J.** (2012): Gliding art. Diplomová práce. *JU České Budějovice*, 24-27.
- Kosař, K., Procházka, S.** (2000): Technologie výroby sladu a piva. 1. vyd. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, *Praha*, 398.
- Kulhánek P.** (2011): Úvod do teorie plazmatu. *Praha*, 372.
- Lacey, L. A., R. Frutos, H. K. Kaya, P.** (2001): Vail. Insect Pathogens as Biological Control Agents: Do They have a future? *Biological control*, **21**, 230 -248.
- Leach, J. E., Stevenson, H. J., Rainbow, A. J., Mullen, L. A.** (1999): Effects of high plant population on growth of winter oilseed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agriculture Science*, **132**, 173-180.
- Li, L., Jiafenf, J., Jiangang, L., Minchong, S.** (2014): Effects of cold plasma on seed germination and seedling growth of soybean. *Scientific Reports.*, **4**, 5859-5865.
- Libra, M., Štěrbá, J., Bláhová, I.** (2000): Fyzikální podstata světla. Plazma je všude kolem nás. *Světlo*, **1**, roč. 4, 3-4.
- Matušinsky, P., Tvarůžek, L.** (2012): Umístění původců osivem přenosných chorob v obilce ječmene. *Obilnářské listy* **1**, roč. XX, 3-5.
- Moisan, M., Barbeau, J., Moreau, S., Pelletier, J., Tabrizian, M., Yahia, L. H.** (2001): Low- temperature sterilization using gas plasma. *Pure Applied Chemistry*, **74**, 349-358.
- Muchová, D., Ondrejčák, F., Lichvárová, M.** (2006): Morenie osív. Prvý krok k zdravým a úrodným porastom obilnin. *Agrotip*, **12**, 7.
- Okrouhlá, M.** (1993): Biologické zdroje pro nechemickou ochranu rostlin (*Deuteromycetes, Trichoderma harzianum*, Rifai aggr.), Ústav zemědělských a potravinářských informací, *Praha*, 35-62.
- Papavizas, G. C.** (1990): *Trichoderma* and *Gliocladium*: biology, ecology and the potentialfor biocontrol. *Annual Review of Phytopathology*, **23**, 23–54.
- Park, B. J., Takatori, K., Sugita-Konishi, Y., Kim, I. H., Lee, M. H., Han, D. W., Chung, K. H., Hyun, S. O., Park, J. C.** (2007): Degradation of mycotoxins using microwave-induced argon plasma at atmospheric pressure. *Surf. Coatings Technol.*, **201**, 5733–5737.
- Pavela, R.** (2011) – Botanické pesticidy. Kurent, s. r.o., České Budějovice, 128.
- Petráž, A.** (2012): Využití plasmových procesů v biologii a lékařství. Diplomová práce, *Liberec*, 14-19.
- Poslušná, J.** (2014): Možnosti ochrany vůči bílé hnilobě řepky. *Farmář*, 26 – 28.
- Procházka, P., Přemysl, Š., Štran, J., Kříž, J.** (2015): Vliv moření osiva biologicky aktivními látkami při zakládání semenářských porostů na vitalitu vyprodukovaných semen. Osivo a sadba. Sborník referátů, *ČZU Praha*, 114- 115.

Prokinová, E. (1996): Biologická ochrana proti houbovým chorobám rostlin. Rostlinná výroba, *ÚZPI*, 7-39.

Selgen-Francin. (2019): Odrůda Francin. [online]. [cit. 2019-03-07]. Dostupné z <https://www.selgen.cz/obiloviny/jecmen-jarni/francin/>

Selgen-řepka. (2019): odrůda Cotres, [online]. [cit. 2019-03-07]. Dostupné z <https://selgen.cz/olejniny/repka-ozima/cortez/>

Selgen-řepka, (2019): odrůda Orex, [online]. [cit. 2019-03-07]. Dostupné z <https://selgen.cz/olejniny/repka-ozima/orex/>

Sychrová, E., Chrpvá, J., Šíp, V. (2006): Klasové fuzariózy, výskyt, infekčnost, bionomie a ochrana obilnin, *Agromanuál*, roč. 1, č. 6, profesionální ochrana rostlin, 20-21.

Sýkorová, S., Papoušková, L., Šíp, V., Chrpvá, J., Hýsek, J., Sychrová, E. (2002): Obsah fusariových mykotoxinů v odrůdách jarního ječmene (umělá a přirozená infekce). *Kvasný Průmysl*, roč. 48, č. 6, 149-153.

Šašková, D., Štolfa, V. (1993): Trávy a obilí. *Praha Artia a.s.*, 1, 64.

Šerá, B., Špatenka, P., Šerý, M., Vrchotová, N. & Hrušková, I. (2010): Influence of plasma treatment on wheat and oat germination and early growth. *IEEE Transactions on Plasma Science* **38**, 2963-2968.

Širůčková, I., Kroutil, P. (2007): Fuzariozy na obilninách. Ministerstvo zemědělství ve spolupráci se Státní rostlinolékařskou správou, Praha, 8.

Tvarůžek, L., Matušinský, P., Spáčilová, V. (2015): Zdravotní stav obilnin a tvorba výnosů v roce 2014 na Moravě a ve Slezku. *Agromanuál*, roč. 10, č. 1, profesionální ochrana rostlin, 20-22.

Tichá, K. (2001): Biologická ochrana rostlin. *Grada Publishing*, 28- 51.

Tong, J. Y., Xiaoli, Z., He, R., Routing, Z. (2014): Effects of atmospheric pressure air plasma pretreatment on the seed germination and early growth of *Andrographis paniculata*. *Plasma Science and Technology* **16**, 260-266.

Váňová, M. (2007): Choroby jarního ječmene přenosné osivem. Ječmen jarní od A-Z. Praha, 6-8.

Yao, N., Nan, O., Wang, A., Zhong, L. (2005): **Handbook of Microscopy for Nanotechnology.** *PDA Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 7, 3 -24.

Zhou, Z. W., Huang, Y. F., Yang, S. Z., Chen, W. (2011): Introduction of a new atmospheric pressure plasma device and application on tomato seeds. *Agricultural Sciences*, 2, 23–27.

Zimmermann, G.(1993): The entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* and its potential as a biocontrol agent. *Pesticide Science*, **37**, 375- 379.

Zimolka J. (2006): Ječmen – formy a užitkové směry v České republice. *Profi Press, s.r.o.*
Praha, 200.