

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv termínu a typ ošetření na výskyt zavíječe
kukuřičného na kukuřici**

Diplomová práce

Bc. Josef Srb

Rostlinolékařství

Ing. Jaroslav Tomášek, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv termínu a typ ošetření na výskyt zavíječe kukuřičného na kukuřici" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14. 4. 2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Jaroslavu Tomáškoví, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a pomoc při tvorbě diplomové práce.

Chtěl bych také poděkovat zaměstnancům Výzkumné stanice Červený Újezd za pomoc při zakládání pokusu.

Dále bych chtěl poděkovat mé rodině a obzvláště mé partnerce za pomoc při vyhodnocování pokusu a podporu během celého studia.

Vliv termínu a typ ošetření na výskyt zavíječe kukuřičného na kukuřici

Souhrn

Diplomová práce byla zaměřena na zjištění vlivu termínu a typu ošetření na výskyt zavíječe kukuřičného. Práce byla rozdělena na literární rešerši a praktickou část.

Literární rešerše pojednává o způsobech pěstování kukuřice a o nejdůležitějších škůdcích a chorobách kukuřice. Dále práce zahrnuje i část o karanténních škodlivých organismech, které by se mohly vyskytnout na kukuřici.

V praktické části byla práce zaměřena na určení vhodného termínu aplikace insekticidu proti zavíječi kukuřičnému a porovnání vlivu jednotlivých insekticidů na výskyt zavíječe na kukuřici. Pokusným stanovištěm byla Výzkumná stanice FAPPZ Červený Újezd České zemědělské univerzity. Na pokusném stanovišti byl zřízen světelný lapač, kterým byl měřen průběh letové aktivity zavíječe kukuřičného. V blízkosti pokusného stanoviště byla umístěna meteorologická stanice, která poskytovala data o průběhu počasí na stanovišti. Dále pak také feromonový lapač, kterým byl měřen výskyt bázlivce kukuřičného. Z naměřených hodnot byly sestaveny modely výskytu zavíječe kukuřičného a bázlivce kukuřičného a z nich pak určeny termíny aplikace insekticidních přípravků. Termíny byly rozděleny do tří typů (T1, T2, T3). Pro porovnání vlivu insekticidního ošetření byly zvoleny přípravky Coragen 20 SC a Lepinox plus. Vyhodnocení napadení jednotlivých variant zavíječem kukuřičným a *Fusarium* spp. proběhlo dne 4. září.

Z výsledků vyplynulo, že nejvhodnější termín pro aplikaci přípravku proti zavíječi kukuřičnému je v rozmezí ode dne nejvyššího náletu do světelného lapače a nadcházejících deseti dnů. Pro insekticidní ošetření je vhodnější přípravek Coragen 20 SC, jehož varianty vykazovaly výskyt průměrně 0,83 housenky na rostlinu. Oproti tomu Lepinox plus vykazoval průměrně 1,9 housenky na rostlinu. Ovšem obě varianty vykazovaly významný statistický rozdíl oproti kontrole. V rámci práce byla potvrzena i silná závislost výskytu zavíječe kukuřičného na výskyt bělorůžové hniloby obilek kukuřice.

Klíčová slova: zavíječ kukuřičný, fusarium, aplikace, ochrana, termín

Influence of the date and type of treatment on the occurrence of corn borer on maize

Summary

This thesis was aimed at the influence of the date and type of treatment on the occurrence of corn borer. The thesis was divided into a literature part and a practical part.

The literature review discusses maize cultivation methods and the most important pests and diseases of maize.

In the practical part, the thesis focused on determining the appropriate timing of insecticide application against corn earworm and comparing the effect of different insecticides on the occurrence of corn earworm. The experiment took place at the Research Station FAPPZ Červený Újezd of the Czech University of Life Sciences in Prague. At the experimental site, a light trap was set up to measure the flight activity of the corn borer. A meteorological station was placed near the experimental site, which provided data on the course of weather at the site. In addition, a pheromone trap was used to measure the occurrence of the western corn rootworm. From the measurements, models of the occurrence were constructed. From the models, the dates of insecticide application were determined. The dates were divided into three types (T1, T2, T3). Coragen 20 SC and Lepinox plus were chosen to compare the effect of insecticide treatments. The evaluation of the infestation of each variant by corn borer and *Fusarium* spp. was carried out on 4. September 2023.

The results showed that the best time for insecticide application was between the date of the highest light trap infestation and the next ten days. For insecticidal treatment, Coragen 20 SC is preferable, which showed an average of 0,83 caterpillars per plant. Lepinox plus variants showed 1,9 caterpillars per plant. However, both variants showed a significant statistical difference compared to the control variant. The study also confirmed the strong dependence of corn borer incidence on the incidence of *Fusarium* spp.

Keywords: corn borer, *Fusarium*, application, control, date

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Vědecká hypotéza a cíle práce.....	12
3	Literární rešerše	13
3.1	Pěstování kukuřice.....	13
3.1.1	Typy kukuřice.....	13
3.1.2	Pěstování kukuřice na siláž	13
3.1.2.1	Využití silážní kukuřice pro chov skotu	13
3.1.2.2	Využití silážní kukuřice pro produkci bioplynu	14
3.1.3	Pěstování kukuřice na zrno.....	14
3.2	Pěstební opatření.....	14
3.2.1	Vliv předplodiny.....	14
3.3	Významní škůdci kukuřice v České republice	15
3.3.1	Zavíječ kukuřičný	15
3.3.1.1	Škodlivost	15
3.3.1.2	Životní cyklus	15
3.3.1.3	Monitoring a prognóza.....	16
3.3.1.4	Ochranná opatření.....	16
3.3.2	Bázlivec kukuřičný	19
3.3.2.1	Popis škůdce	19
3.3.2.2	Životní cyklus	19
3.3.2.3	Monitoring a prognóza.....	20
3.3.2.4	Ochranná opatření.....	20
3.3.3	Bzunka ječná	22
3.3.3.1	Popis.....	22
3.3.3.2	Životní cyklus	22
3.3.3.3	Monitoring	23
3.3.3.4	Ochranná opatření.....	23
3.3.4	Drátovci (larvy kovaříků)	23
3.3.4.1	Popis.....	23
3.3.4.2	Životní cyklus	24
3.3.4.3	Monitoring a prognóza.....	24
3.3.4.4	Preventivní opatření.....	24
3.3.4.5	Ochrana.....	25
3.3.5	Mšice na kukuřici	25

3.3.5.1	Popis	25
3.3.5.2	Životní cyklus.....	25
3.3.5.3	Monitoring a prognóza	25
3.3.5.4	Přirození nepřátelé.....	26
3.3.5.5	Ochrana	26
3.3.6	Osenice polní	26
3.3.6.1	Popis	26
3.3.6.2	Životní cyklus.....	26
3.3.6.3	Monitoring a prognóza	26
3.3.6.4	Ochrana	27
3.4	Choroby kukuřice	27
3.4.1	Virové choroby	27
3.4.1.1	Virus zakrslé mozaiky kukuřice (Maize dwarf mosaic virus-MDMV)..	27
3.4.1.2	Virus žluté zakrslosti ječmene (Barley yellow dwarf virus-BYDV).....	28
3.4.1.3	Virus hrubé zakrslosti kukuřice (Maize rough dwarf virus-MRDV)	28
3.4.2	Houbové choroby	29
3.4.2.1	Antraknózová hniloba stébel kukuřice a antraknózová listová spála kukuřice	29
3.4.2.2	Obecná snětivost kukuřice.....	30
3.4.2.3	Snětivost palic a lat kukuřice.....	30
3.4.2.4	Padání a spála klíčnic rostlin kukuřice	31
3.4.2.5	Bělorůžová hniloba obilek a stébel kukuřice.....	31
3.4.2.6	Diplodiová hniloba stébel a palic kukuřice	32
3.4.2.7	Rzivost listů kukuřice	33
3.4.2.8	Obecná listová spála kukuřice	34
3.5	Karantenní škodlivé organismy kukuřice	35
3.5.1	Blýskavky	35
3.5.1.1	Popis	35
3.5.1.2	Způsob šíření a hospodářský význam.....	36
3.5.1.3	Ochrana	36
3.5.2	Černopáska	36
3.5.2.1	Popis	36
3.5.2.2	Způsob šíření a hospodářský význam.....	36
3.5.2.3	Ochrana	36
3.5.3	Listokaz	37
3.5.3.1	Popis	37
3.5.3.2	Způsob šíření a hospodářský význam.....	37

3.5.3.3	Ochrana.....	37
3.5.4	Obaleč.....	37
3.5.4.1	Popis.....	38
3.5.4.2	Způsob šíření a hospodářský význam.....	38
3.5.4.3	Ochrana.....	38
3.5.5	Bakteriální vadnutí kukuřice.....	38
3.5.5.1	Popis.....	38
3.5.5.2	Způsob šíření a hospodářský význam.....	38
3.5.5.3	Ochrana.....	39
Metodika.....		40
3.6	Charakteristika pokusného stanoviště.....	40
3.6.1	Klimatické podmínky.....	40
3.7	Charakteristika agrotechniky pokusu.....	41
3.7.1	Rozmístění parcel pokusu.....	42
3.7.2	Charakteristika použitých přípravků na ochranu rostlin.....	42
3.7.2.1	Coragen 20 SC.....	42
3.7.2.2	Lepinox plus.....	42
3.8	Monitoring pokusu.....	42
3.9	Získávání dat.....	44
3.9.1	Pozorování zavíječe kukuřičného.....	45
3.9.2	Pozorování <i>Fusarium</i> spp.....	46
4	Výsledky.....	47
4.1	Výskyt zavíječe kukuřičného.....	47
4.1.1	Vliv termínu aplikace na výskyt.....	48
4.1.2	Účinnost jednotlivých insekticidů na napadení.....	49
4.2	Výskyt <i>Fusarium</i> spp. na hodnocených parcelách.....	50
5	Diskuze.....	53
5.1	Výskyt zavíječe kukuřičného.....	53
5.1.1	Vliv termínu aplikace insekticidu na výskyt zavíječe kukuřičného ..	53
5.1.2	Účinnost jednotlivých insekticidů na napadení zavíječem kukuřičným	54
5.1.3	Výskyt <i>Fusarium</i> spp. na hodnocených parcelách.....	55
6	Závěr.....	56
7	Literatura.....	57
8	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	65
9	Seznam grafů, obrázků a tabulek.....	I

1 Úvod

Kukuřice setá (*Zea mays* L.) je řazena mezi nejvýznamnější plodiny ve světě. V Evropě pěstební plochy této plodiny dosahují 6 milionů hektarů a Česká republika je řazena mezi pět největších pěstitelů kukuřice v Evropské unii (Eurostat 2012-2023).

Osevní plocha kukuřice pěstované na zrno v České republice byla na vrcholu v roce 2013 kdy výměra činila 111 931 ha v dalších letech již zaznamenávala pozvolný pokles a v roce 2022 plocha činila 80 175 ha. Oproti tomu plocha kukuřice pěstované na siláž zaujímá větší část orné půdy. Největší výměru dosáhla v roce 2016, kdy byla pěstována na 241 500 ha. V roce 2022 její plocha byla 212 067 ha (ČSÚ 2022).

Výnosy kukuřice pěstované na zrno se od roku 1990 téměř zdvojnásobily na úroveň 7 t/ha. Výnos zelené hmoty kukuřice na siláž se pohybuje okolo 30–40 t/ha. Výnosy kukuřice jsou však výrazně ovlivněny ročníkem (Brant a kol. 2020).

V osevním sledu se kukuřice pěstuje nejčastěji po obilninách, ale snáší dobře i monokulturní pěstování, které je často praktikované. Monokulturní pěstování kukuřice však s sebou nese rizika spojená s vyšším tlakem chorob a škůdců na rostlinu (Vasileiadis a kol. 2017).

Mezi nejvýznamnější škůdce kukuřice je řazen zavíječ kukuřičný společně s bázlivcem kukuřičným (Solaimalai 2020). Poškození od těchto škůdců bývá vstupní branou pro patogeny, kteří snadněji překonají obranné mechanismy rostliny. Z patogenů jsou nejzávažnější houby rodu *Fusarium* spp., které produkují mykotoxiny. Tyto mykotoxiny představují nebezpečí jak pro člověka, tak i pro hospodářská zvířata (Říha 2021).

Ve světě se nejčastěji pěstuje geneticky modifikovaná kukuřice, která poskytuje ochranu proti těmto škůdcům. Insekticidní zásahy proti zavíječi kukuřičnému a bázlivci kukuřičnému tak nejsou nutné. Ovšem v Evropské unii pěstování geneticky modifikované kukuřice, která exprimuje insekticidní proteiny z *Bacillus thuringiensis*, není příliš časté. Ve větší míře je GMO kukuřice pěstována pouze ve Španělsku a Portugalsku (Álvarez-Alfageme a kol. 2021). Ve většině Evropy je stále nutnost provádět insekticidní ošetření proti těmto škůdcům.

Dospělci zavíječe kukuřičného nalétají a kladou vajíčka do porostu kukuřice. Vylíhlé housenky poškozují kukuřici žírem na povrchu rostliny a v pozdějších larválních stádiích uvnitř stébla a palice kukuřice (Solaimalai 2020). Pro ochranu jsou v praxi nejčastěji používány larvicidní přípravky anebo parazitické vosičky rodu *Trichogramma*. Ochranu je nutno cílit na nejnáchylnější stadium vývoje škůdce. Pro správné zvolení termínu aplikace, je zapotřebí provádět monitoring a znát biologii škůdce (Ivezić & Trudić 2021).

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem této práce bylo zjistit vhodný termín aplikace a typ přípravku proti zavíječi kukuřičnému. Dalším cílem bylo posoudit vliv aplikace přípravku na ostatní choroby a škůdce na kukuřici.

Hypotéza č. 1: Předpokládá se, že největší účinnost bude mít aplikace přípravku 10-15 dní po nejvyšším náletu imag zavíječe kukuřičného.

Hypotéza č. 2: Předpokládá se, že bude v pokusu shodná účinnost biologického i konvenčního insekticidu na výskyt zavíječe kukuřičného.

3 Literární rešerše

Kukuřice je celosvětově druhou nejrozšířenější obilninou se sklizňovou plochou téměř 200 milionů hektarů. Spolu s rýží a pšenicí dodává kukuřice téměř polovinu všech denních kalorií v lidské výživě, přičemž kukuřice se na tomto množství podílí zhruba 10 % (Rogério a kol 2023).

V České republice se plochy, ale i výnosy kukuřice na zrna i siláž v posledních letech zvyšují. Kukuřice má vysoké zastoupení v osevních postupech, a to hlavně v teplejších oblastech ČR. Tento trend je dán zvyšujícím se počtem bioplynových stanic a rostoucí spotřebou silážní kukuřice v nich a také vyšší rentabilitou kukuřice na zrna (Prokeš & Zeman 2014).

3.1 Pěstování kukuřice

Teplomilné C₄ rostliny, jakou je právě kukuřice, mají velké nároky na teplo a vláhu. Dostupnost vody a teplota mají zásadní vliv na její vývoj a růst už od začátku klíčení a vzcházení. Kukuřičné zrno začne klíčit v půdě až když teplota půdy překročí 8 °C. Jarní mrazíky, či nedostatek půdního vzduchu omezují růst rostliny. Zásadním faktorem, který ovlivňuje výnos, je také vyrovnaný přívod vláhy zejména v období metání, ale i kvetení. V době kvetení je voda významným faktorem pro opylení a samotný vývoj zrn (Prokeš & Zeman 2014).

3.1.1 Typy kukuřice

Zrna kukuřice má dva různé druhy endospermu, moučný a tvrdý. Rozlišujeme tak tři základní typy kukuřice: tvrdou, moučnou a koňský zub. Tvrdá kukuřice má ještě dva podtypy, kterou je sladká kukuřice a kukuřice na pražení (popkorn). Tvrdá kukuřice se vyznačuje hlavně tvrdým sklovitým endospermem. Naopak moučnatá má větší poměr měkkého moučnatého endospermu. Koňský zub vznikl šlechtěním z kříženců kukuřice tvrdé a moučné, má tedy střední obsah obou druhů endospermu. Tato kombinace, tvrdého endospermu zejména na povrchu zrna a měkkého moučnatého středu, dává typický vzhled zrna. Kdy při vysychání zrna se více smršťuje moučnatý endosperm nežli tvrdý. Vytváří se tak na vrcholu suchého zrna charakteristický zub (Deppe 2017).

3.1.2 Pěstování kukuřice na siláž

V našich podmínkách se stala silážní kukuřice nejvýznamnějším objemným krmivem pro skot a současně i nejpoužívanějším substrátem v bioplynových stanicích pro produkci bioplynu (Brant a kol. 2020). V porovnání s jinými pícevinami se kukuřice vyznačuje až o 50 % nižšími náklady na produkci energie z 1 ha plochy, vysokou potenciální produkcí a plně mechanizovanou sklizní (Prokeš & Zeman 2014).

3.1.2.1 Využití silážní kukuřice pro chov skotu

Největší část silážní kukuřice se používá pro chov dojnic, menší podíl pak pro výkrm masného skotu (Brant a kol. 2020).

Kukuřičná siláž patří k nejsnadněji silážovatelným plodinám, je to zejména díky příznivému obsahu vodorozpustných sacharidů. Hlavním energetickým zdrojem je zde škrob. Obsah škrobu v siláži závisí na mnoha faktorech. Vedle stupně asimilace škrobu v zrnech (vegetační stádium sklizně) závisí také na podílu sušiny palic z celé rostliny, počtu a velikosti zrn a také na řadě dalších agrotechnických faktorů (Prokeš & Zeman 2014).

3.1.2.2 Využití silážní kukuřice pro produkci bioplynu

Silážní kukuřice je řazena v Evropě k nejvýznamnějším cíleně pěstovaným plodinám pro produkci bioplynu.

Pro účely bioplynové stanice jsou častěji pěstovány vzrůstnější hybridy s vysokým výnosem hmoty, které mají ale nižší podíl palic. Odhaduje se, že celková produkce bioplynu se v závislosti na substrátové produkci a výnosu kukuřice pohybuje okolo 9000 m³. ha⁻¹. Což při přepočtu na čistý metan je 5 000 m³. ha⁻¹ (Brant a kol. 2020).

3.1.3 Pěstování kukuřice na zrno

Zrno sklizené z kukuřice je využíváno v mnoha průmyslových odvětvích. Největší uplatnění nalézá ve výrobě krmných směsí pro hospodářská i ostatní zvířata. Zajímavé uplatnění nachází společně s cukrovou řepou i při výrobě bioethanolu, který se přimíchává do motorového benzínu (Brant a kol. 2020).

3.2 Pěstební opatření

Osevní postup je jedním ze základních opatření, které má značný vliv na redukcí řady patogenů a hmyzích škůdců. Na řadě lokalit bylo pozorováno, že při pěstování kukuřice po sobě se početnost škůdců výrazně zvýšila, a to někdy až třikrát. Není ani vhodné pěstování kukuřice v blízkosti lokalit kde byla v minulém roce pěstována kukuřice, z důvodu migrace těchto škůdců. (Talich a kol. 2013). To ovšem není mnohdy snadno splnitelné, z důvodu úbytku ploch pro pěstování kukuřice, kvůli omezení pěstování na silně erozně ohrožených půdách (Prokeš & Zeman 2012).

3.2.1 Vliv předplodiny

Kukuřice nemá zvláštní nároky na předplodinu, snáší i relativně dobře pěstování kukuřice po sobě (Brant a kol. 2020). Což ovšem může být riziko, jak je již zmíněno výše. Nevhodné je po kukuřici zařadit do osevního sledu obilniny, zejména pšenici a ječmen, jelikož u těchto plodin hrozí riziko napadení klasů fuzáriemi. Nejčastěji se kukuřice pěstuje po obilninách či okopaninách (Talich a kol. 2013).

3.3 Významní škůdci kukuřice v České republice

3.3.1 Zavíječ kukuřičný

Zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis* Hübner, 1976) je nejvýznamnějším škůdcem kukuřice (Blandino 2010). Pozorujeme u něj dva biotypy, které se liší spektrem hostitelských rostlin a strukturou sexuálního feromonu. Jeden z biotypů najdeme výhradně na kukuřici, druhý pak na dvouděložných rostlinách (Talich a kol. 2013).

3.3.1.1 Škodlivost

Škodlivost zavíječe kukuřičného je přímo dána žírem housenek, které se prožirají vnitřkem stébla (Solaimalai 2020). Rostliny jsou pak oslabené a snižuje se asimilace, ale zejména ke konci vegetace dochází k lámání rostlin a tím ke sklizňovým ztrátám. Ty mohou dosahovat až 30 % (Prokeš & Zeman 2014).

Nepřímé škody souvisí s usnadněním rozvoje houbových patogenů zejména rodu *Fusarium* spp., jelikož žírné poškození bývá vstupní brannou pro proniknutí do rostliny (Blandino 2010). Napadení houbovými chorobami má za následek oslabení rostliny, zhoršení kvality a problematictější skladování sklizeného produktu (Prokeš & Zeman 2014).

3.3.1.2 Životní cyklus

Housenky zavíječe kukuřičného přezimují uvnitř spodních částí stébel kukuřice (posklizňové zbytky) a v lodyhách dalších hostitelských rostlin. Před příchodem zimy vnitřní chodbičky izolují zátkou z jemné drtě. V květnu, když teplota dosáhne 15-16 °C, se kuklí. Před samotným zakuklením, vyžere housenka ve stěně stébla okrouhlé okénko, kterým pak vyleze vylíhlý motýl ven (Talich a kol. 2013). Kukla je světle hnědá, 13-17 mm dlouhá a 2-4 mm široká (Solaimalai 2020). V závislosti na podmínkách prostředí trvá vývoj uvnitř kukly 10-25 dní (Talich a kol. 2013).

Pro let dospělců se udává teplotní optimum 13-15°C. Dospělci mají světle žlutou až světle hnědou barvu. Samci jsou menší než samice, které dosahují velikosti 25 až 35 mm. Jejich délka života se pohybuje od 18 po 28 dní. Samice jsou schopny klást vajíčka již čtvrtý den od vylíhnutí (Solaimalai 2020). Kladou vajíčka na spodní stranu listů ve snůškách, které tvoří obvykle 15-30 vajíček. Samička dokáže za svůj život vyklást až 350 vajíček. (Talich a kol. 2013). Vajíčka zavíječe kukuřičného jsou oválná asi 1 mm velká. Zpočátku krémově bílá, později tmavnou. (Solaimalai 2020). Líhnutí larev probíhá po 10-15 dnech v závislosti na teplotě (18-30 °C) a vlhkosti, která je důležitá pro správný embryonální vývoj (Keszthelyi 2006).

Vylíhlé housenky se zprvu živí skořápkou vajíčka, seškrabováním pletiv, později pak způsobují okénkování na listech. Po prvním svlékání housenky vnikají do žebra listu a do stébla. Následující vývojové stupně housenek způsobují žír uvnitř stébla a poškozují palice (Talich a kol. 2013). Housenky zavíječe projdou celkem 6 instary. Kdy postupnými svleky doroste housenka z 1,5 mm až do 20 mm délky (Solaimalai 2020). Zbarveny jsou pak šedožluté s hnědou hlavou (Talich a kol. 2013).

Housenka se v posledním instaru prožírá do spodní části stébla, kde přezimuje (Solaimalai 2020).

3.3.1.3 Monitoring a prognóza

Termín ošetření je závislý na typu přípravku, kterým hodláme zajistit ochranu porostu. Pro zjištění optimálního termínu ošetření se využívá několik metod monitoringu (Keszthelyi 2006).

3.3.1.3.1 Nepřímá metoda monitoringu

Nepřímé metody monitoringu slouží k odhadnutí termínu zásahu a doplňují metody přímého monitoringu.

3.3.1.3.1.1 Suma efektivních teplot

Suma efektivních teplot je méně přesná a spíše orientační metoda. Jedná se o metodu, kdy se od 1. ledna sčítají zbytky průměrných denních teplot nad 10 °C. (Kolařík & Kolaříková 2019). Při dosažení hodnoty 360 °C je stanoveno předpokládané kladení vajíček do porostu. Hodnota 500 °C předpovídá předpokládané líhnutí housenek z vajíček (Radová & Patočková 2022).

3.3.1.3.1.2 Monitoring pomocí lapačů

K nepřímé metodě monitoringu za pomoci lapačů lze využít feromonové lapáky, nebo světelné. Monitoring za pomoci feromonových lapáků se nedoporučuje, jelikož za poslední roky testování vykázaly téměř nulovou účinnost. Využívají se tedy světelné lapače. Po České republice je rozmístěno 22 fixních světelných lapačů. Pomocí kterých se sledují nálety zhruba osmi hospodářsky významných druhů mūr, ke kterým patří i zavíječ kukuřičný. Grafy náletů do jednotlivých světelných lapáků jsou dostupné na Rostlinolékařském portále (Radová & Patočková 2022).

3.3.1.3.2 Přímá metoda monitoringu

Na základě výsledků monitoringu letové aktivity pomocí světelných lapáků se provádí sledování vajíček v porostu. Při prvním náletu dospělců do světelného lapače se zjišťuje počet snůšek vajíček v průměru na 10 rostlin za týden. Při výskytu prvních snůšek se signalizuje termín aplikace přípravku na bázi parazitických vosiček rodu *Trichogramma*. Při aplikaci chemické ochrany je potřeba zasáhnout čerstvě vylíhlé housenky prvního instaru, kdy je účinnost nejvyšší (Talich a kol. 2013).

3.3.1.4 Ochranná opatření

Ochrana proti zavíječi kukuřičnému bývá problematická. Proto je nutné využívat řady opatření, která vedou k redukci jeho početnosti (Kolařík & Kolaříková 2019).

3.3.1.4.1 Nepřímé opatření

Jako preventivní opatření se doporučuje dodržování osevních postupů, sklizeň kukuřice s co nejnižším strništěm. Případně rozdrčení posklizňových zbytků a následné zapravení do

půdy. Při silném výskytu zavíječe na kukuřici se nedoporučuje použití redukované zpracování půdy (Kolařík & Kolaříková 2019). Mulčování strniště za účelem rozdrčení posklizňových zbytků se doporučuje provést v co nejbližší době od sklizně, jelikož se housenka prožírá do spodnějších částí stébla blíže k povrchu půdy nebo až pod povrch půdy vlivem rychlého vysychání uříznuté báze rostliny (Talich a kol. 2013).

Základem je také vyrovnaná výživa rostlin. Kromě dusíku je důležité porosty dostatečně vyživit fosforem a draslíkem (Radová & Patočková 2022). Dávka dusíku má obecně vliv na pevnost rostlinných pletiv, při vyšší dávce jsou pletiva křehčí a pro housenky atraktivnější (Brant a kol. 2020).

3.3.1.4.2 Přímé opatření

V České republice se dlouhodobě pohybuje podíl ošetřených porostů kukuřice proti zavíječi kukuřičnému na úrovni 15-17 %. Což ukazuje na to, že většina pěstitelů kukuřice proti tomuto škůdci vůbec neošetřuje, ani na vysoké riziko při pěstování monokultur. Pro představu v roce 2022 se v 37 % případech pěstovala kukuřice po kukuřici (Radová & Patočková 2022).

3.3.1.4.2.1 Biologické přípravky

Pro snížení výskytu zavíječe kukuřičného lze použít parazitické vosičky *Trichogramma evanescens*, *Trichogramma pintoii* a *Trichogramma brassicae* v přípravcích Trichoplus, TrichoTop a Tricholet, které parazitují na vajíčkách zavíječe (Kolařík & Kolaříková 2019).

Všechny drobněnky (*Trichogrammatidea*) jsou velmi drobné. Délka těla dospělců se pohybuje od 0,2 mm do 1,5 mm a váží pouze 8 µg. Vosička za pomoci receptorů vyhledává vajíčka hostitele, do kterých klade svá vajíčka. Aby do vajíček nekladla další samička jsou parazitovaná vajíčka označena chemickou stopou. Larvy parazitoidů se líhnou do 24 hodin a procházejí třemi larválními instary. Během poslední larvální fáze se parazitované vajíčko zabarví do černa. Larva třetího instaru se kuklí a po 4-5 dnech se vylíhne dospělec, který prokousne otvor do vajíčka a dospělec vylétá ven. Jeden vývojový cyklus trvá 10 dní, v závislosti na teplotě (Ivezić & Trudić 2021).

Radová & Patočková (2022) uvádějí, že ošetřované plochy parazitickými vosičkami rodu *Trichogramma* záživají mezeroční růst. Dodávají také, že účinnost takovéto ochrany dosahuje 80 % v letech, kdy je nízký tlak škůdce. V letech s vyšším tlakem zavíječe kukuřičného doporučují použití chemické ochrany.

Proti housenkám je možné použít biologický přípravek Lepinox Plus na bázi bakterie *Bacillus thuringiensis* spp. *kurstaki* (Kolařík & Kolaříková 2019).

Aplikace přípravku na bázi *Bacillus thuringiensis* je obdobná jako u chemických přípravků. Aplikují se postřikem, ovšem vzhledem k rozvleklému líhnutí housenek zavíječe jsou mnohdy nutné dvě aplikace (Talich a kol. 2013).

3.3.1.4.2.2 Chemické přípravky

Chemické přípravky cílíme na larvy prvních instarů, pozdější instary vnikají do středního žebra listu a prožírají se dovnitř stébla kde je již insekticidní přípravky nezasáhnou. Optimální termín pro ošetření je v době líhnutí, když ve vajíčkách začne prosvítat tvar housenky s tmavě pigmentovanou hlavou (Talich a kol. 2013).

Radová & Patočková (2022) uvádějí, že nejpoužívanější jsou v praxi pravděpodobně přípravky s kontaktním účinkem ze skupiny pyretroidů.

Ovšem ošetření kukuřice insekticidy s kontaktním účinkem má negativní vliv na necílové organismy, kterými mohou být i přirození nepřátelé škůdců. Vhodnější je aplikace selektivnějších přípravků s larvicidním účinkem (Talich a kol. 2013).

Z registrovaných insekticidních přípravků lze použít pyretroidní přípravky s účinnými látkami deltamethrin a lambda-cyhalothrin. Dále pak tři přípravky ze skupiny diamidu s účinnou látkou chlorantraniliprol a jeden přípravek ze skupiny diacylhydrazinu s účinnou látkou tebufenozid (Rostlinolékařský portál 2022).

3.3.1.4.3 Geneticky modifikovaná kukuřice

Insekticidní ochrana kukuřice nezaručuje vždy spolehlivou účinnost vlivem rozvleklého náletu dospělců do porostu a rozvleklým líhnutím housenek. Oproti tomu použití geneticky modifikované kukuřice vykazuje téměř 100 % kontrolu proti tomuto škůdci s minimálním vlivem na necílové organismy. Pěstování geneticky modifikované kukuřice je příležitostí ke snížení používání pesticidů v zemědělství (Álvarez-Alfageme a kol. 2021).

Tyto Bt-kukuřice mají do svého genomu vložen gen z bakterie *Bacillus thuringiensis*, díky kterému dokáží buňky syntetizovat delta-toxin označovaný také Cry 1Ab. Jakmile housenka pozře pletivo s delta-toxinem, sníží příjem potravy a do několika hodin až dnů hyne. (Talich a kol. 2013). Toxin narušuje epitel středního střeva housenky a způsobí smrtelnou septikémii (Obopile a kol. 2012).

V Evropské unii lze pro ochranu proti zavíječi využít geneticky modifikované odrůdy kukuřice MON 810. Pěstování geneticky modifikované kukuřice však zůstává v Evropě kontroverzním tématem, ve větší míře tuto možnost využívá pouze Španělsko a Portugalsko. V roce 2015 dokonce 17 zemí Evropské unie zakázalo pěstování této kukuřice na svém území (Álvarez-Alfageme a kol. 2021). Na území České republiky byla geneticky modifikovaná kukuřice pěstována od roku 2005 do roku 2016 (Chvátalová 2020).

3.3.1.4.3.1 Rezistence vůči delta-toxinu

Velkým tématem je možnost vzniku rezistence při velkém zastoupení geneticky modifikované kukuřice. Proti vzniku rezistence se dělají opatření (Álvarez-Alfageme a kol. 2021).

Jedno z nich je strategie vysoké dávky. Tato strategie vyžaduje produkci dostatečné vysoké koncentrace delta-toxinu, aby heterozygoti nepřežili expozici v porostu Bt-kukuřice, čímž se rezistence stává recesivní. Vysokou koncentrací je myšlen 25násobek množství potřebného k usmrcení 99 % náchylných jedinců a 95 % heterozygotních jedinců s alelami rezistence (Álvarez-Alfageme a kol. 2021).

Dále je povinností pěstitelů vytvořit v blízkosti Bt-kukuřice, dostatečnou velikost tzv. refugií. Což jsou netransgenní hostitelské rostliny pro zavíječe kukuřičného, z důvodu umožnění páření citlivé generace zavíječe s rezistentní generací, která by přežila expozici v porostu. Pokud je rezistence recesivním znakem, pak vzniklý heterozygotní jedinci nebudou mít vytvořenou rezistenci a v porostu Bt-kukuřice nepřežijí (Álvarez-Alfageme a kol. 2021);

Álvarez a kol. 2022). Pro členské státy evropské unie je stanovena velikost těchto refugií na 20 % z ploch pěstované Bt-kukuřice (Talich a kol. 2013).

Dalším opatřením je zjišťování citlivosti zavíječe kukuřičného k delta-toxinu v jednotlivých státech po zavedení Bt-kukuřice. Nebyla dosud v žádném ze států evropské unie potvrzena rezistence k tomuto toxinu (Talich a kol. 2013). Álvarez-Alfageme a kol. (2021) uvádí, že ani po dvou desetiletích pěstování Bt-kukuřice ve Španělsku nebyly zaznamenány výskyt rezistentní populace tohoto škůdce. Bt-kukuřice se zde pěstuje v 35 % případů celkové plochy kukuřice ve Španělsku. Dodává ale, že zastoupení v některých oblastech může být až 60 %, zejména povodí řeky Ebro na severovýchodě Španělska.

3.3.2 Bázlivec kukuřičný

Bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) pocházející ze Severní Ameriky byl zavlečen do Evropy na začátku 90. let 20. století. Poprvé byl zjištěn v Srbsku v blízkosti mezinárodního letiště v Bělehradě v roce 1992 a odtud se postupně šířil dále do Evropy (Toth a kol. 2022). V rámci Evropské unie byl bázlivec kukuřičný v roce 2003 označen za karanténní organismus. Byl zaveden monitoring tohoto škůdce na zamořených nebo ohrožených lokalitách. Cílem tohoto opatření bylo vyhodnotit šíření a závažnost napadení s vypracováním strategií k likvidaci populace tohoto škůdce. K eradikaci však nedošlo a bázlivci se podařilo rozšířit po Evropě. V roce 2014 byl bázlivec kukuřičný vyjmut z karanténních organismů a je považován za běžného škůdce (Jaksons a kol. 2022).

V České republice byl poprvé zaznamenán v roce 2002 a v dnešní době se tento škůdce vyskytuje po celé republice (Kuthan 2020).

3.3.2.1 Popis škůdce

Bázlivec kukuřičný je brouk velký 4-7 mm žlutě zbarvený s černými krovkami. Samičky mají kratší tykadla než samečci a tři podélné pruhy na krovkách. Nejdůležitější rozlišovacím znakem je sklerotizovaný útvar na zadečce, který je u samečků menší a zaoblenější. U samiček vyčnívá zpod krovek je užší a delší než u samečků (Kolařík & Kolaříková 2019).

Larvy mají zbarvení bílé s hnědou hlavou a hnědou skvrnou na hřbetní části zadečky, což vytváří dojem druhé hlavy. Jedná se o oligopodní larvy, které prochází třemi vývojovými instary (Talich a kol. 2013).

3.3.2.2 Životní cyklus

Hlavní hostitelskou rostlinou pro dospělé i larvy je kukuřice. Mohou se však živit a vyvíjet i na různých druzích trav čeledi *Poaceae*, ale také na dvouděložných rostlinách z čeledí *Asteraceae*, *Cucurbitaceae* a *Fabaceae* (Kuthan 2020).

Bázlivec kukuřičný tvoří jednu generaci do roka (Toth a kol. 2022). Přezimuje ve formě vajíček v půdě, ve hloubce kolem 15 cm (Talich a kol. 2013). Průběh zimy může ovlivnit mortalitu vajíček, kdy při poklesu teplot na -10 °C a trvání mrazů týden sníží líhnutí larev až o 50 %. Pokud mrazy trvají delší dobu mortalita se může zvýšit na 75 % a při teplotě pod -15 °C je mortalita až 96 % (Kolařík & Kolaříková 2019).

Líhnutí začíná v polovině května. Vylíhlé larvy migrují ke kořenům kukuřice, kde se živí na povrchu či uvnitř kořenů (Toth a kol. 2022). První instary larev se živí jemnými kořínky a poslední instar dokáže zničit celou kořenovou soustavu až po bazální uzly (Talich a kol. 2013).

Při 50 % poškození kořenového systému dochází k polehnutí rostliny. Takto napadené rostliny po srážkách dokáží částečně regenerovat svůj kořenový systém. Dochází tak k napřímení rostliny a charakteristicky ohnutému stéblu kolenovitého tvaru (tzv. husí krk) (Talich a kol. 2013). Při silném napadení dochází k destrukci kořenového systému rostliny a následné vyvrácení či úhyn rostliny (Kolařík & Kolaříková 2019).

Po třech až čtyřech týdnech od vylíhnutí nastává kuklení. Larvy se kuklí těsně pod povrchem půdy (Talich a kol. 2013).

Dospělci se objevují již v průběhu června (Kuthan 2020). Zpočátku škodí žírem na listech, v nichž vytvářejí okénkování nebo čárkovitý žír (Talich a kol. 2013). Později škodí žírem na květech a zrnech kukuřice, čímž způsobují nepravidelnou hluchost klasů (Rauch a kol. 2016). Brouci mají nejvyšší aktivitu při teplotě 23-27 °C. Při teplotách pod 10 °C a nad 30 °C letová aktivita ustává (Kuthan 2020).

3.3.2.3 Monitoring a prognóza

Pro určení prahu škodlivosti a vhodnosti zásahu je důležitý monitoring škůdce.

Proti larvám se doporučuje ochrana při početnosti 35 a více dospělců v průměru na jeden lapák za 14 dnů v předchozím roce. Volba ochrany proti dospělcům u kukuřice na osivo se doporučuje při početnosti 3-6 dospělců na jeden klas v období před květem a v průběhu kvetení. U zrnové kukuřice je mezní hodnota 9 a více dospělců (Talich a kol. 2013).

3.3.2.3.1 Přímé metody monitoringu

Provádí se vizuální odpočet dospělých jedinců na 5 místech rovnoměrně rozložených v porostu v období před květem a v průběhu kvetení. Na každém místě se spočítají dospělci bázlivce vždy na deseti rostlinách v řádku za sebou (Kuthan 2020).

3.3.2.3.2 Nepřímé metody monitoringu

Monitoring se provádí za pomoci feromonových lapáků, které jsou dostatečně účinné i při nízké populační hustotě. Lapáky se umísťují na okraj kukuřičného pole 10 m od okraje, nejméně po dvou na porost. Přednostně se lapáky umísťují na okraje pole ze strany loňského pole s kukuřicí nebo ze strany proti směru převládajících větrů. Kontroly lapáků se provádí jednou týdně a vyměňují se po čtyřech týdnech (Talich a kol. 2013).

3.3.2.4 Ochranná opatření

Pro udržení bázlivce pod prahem škodlivosti lze použít několik opatření.

3.3.2.4.1 Nepřímá opatření

Základním opatřením je střídání kukuřice v osevním postupu a také nevysévání kukuřice v bezprostřední blízkosti loňských porostů kukuřice (Talich a kol. 2013).

Vliv zpracování půdy má bezpochyby vliv na výskyt bázlivce kukuřičného. Ovšem nelze jednoznačně říci, která technologie zpracování ovlivní populaci nejvíce. Například, plošné zpracování půdy orbou dokáže řadu vajíček zahubit, ovšem prokypřená půda s velkým množstvím vzduchu umožňuje snadnější migraci vylíhlých larev za potravou. Naopak pásové zpracování půdy nezapraví vajíčka bázlivce hluboko do půdy, odkud nemají možnost líhnoutí, ale utužené meziřádky znesnadňují migraci larev za potravou (Brant a kol. 2020).

3.3.2.4.2 Přímá opatření

Přímá opatření se provádí nejčastěji proti dospělcům, a to zejména při pěstování kukuřice na zrno, osivo či u cukrové kukuřice (Kolařík & Kolaříková 2019).

3.3.2.4.2.1 Chemická ochrana

Chemická ochrana proti larvám bázlivce kukuřičného spočívá v insekticidním moření osiva. V registru přípravků je registrován přípravek Force 20 CS s účinnou látkou tefluthrin (Rostlinolékařský portál 2022). Kolařík & Kolaříková (2019) uvádí, že účinnost takového ošetření je 4-6 týdnů.

Ochrana proti dospělcům můžeme rozlišit do dvou směrů. Zdali chceme zabránit ztrátám ve výnosu v daném roce. Provádíme v době před květem nebo v době kvetení porostu insekticidní ochranu dle výskytu dospělců na jeden klas rostliny. Pokud chceme zabránit škodám v následující rok pěstované kukuřice, provádíme insekticidní ochranu dle náletu do feromonového lapače (Talich a kol. 2013).

Proti dospělcům jsou registrovány pouze insekticidní přípravky pyretroidy s účinnými látkami cypermethrin, deltamethrin a lambda-cyhalothrin (Rostlinolékařský portál 2022).

Rozšíření rezistence bázlivce kukuřičného k pyretroidům není zatím v Evropě známá. Z úzké možnosti výběru přípravků pouze na bázi pyretroidů se ovšem zvyšuje riziko vzniku této rezistence (Toth a kol. 2022).

Ošetření proti dospělcům bázlivce kukuřičného se provádí za pomoci postřikovačů s vysokou světlostí. Při monokulturním pěstování kukuřice se doporučuje první termín aplikace v období dvou až tří týdnů od prvního zaznamenaného jedince ve feromonových lapácích. Druhé ošetření je nutné provést pouze při přetrvávajícím náletu do feromonového lapače, který překračuje práh škodlivosti 35 dospělců za 2 týdny (Talich a kol. 2013).

3.3.2.4.2.2 Biologická ochrana

Pro biologickou ochranu proti larvám bázlivce kukuřičného lze použít registrovaný přípravek dianem s parazitickými hlísticemi *Heterorhabditis bacteriophora* (Rostlinolékařský portál 2022).

Jedná se o entomopatogenní hlístice, které do svého hostitele vypustí bakterie rodu *Xenorhabdus* a *Photorhabdus* s nimiž žijí v symbióze. Bakterie následně způsobí smrtelnou septikemii hostitele. Hlístice se živí a rozmnožují uvnitř mrtvého těla. Nově vzniklí jedinci vyhledávají dalšího hostitele. Tyto hlístice jsou vysoce citliví na UV záření, což velmi znesnadňuje jejich aplikaci (Hiltpold a kol. 2012).

Přípravek se aplikuje při seti kukuřice přímo do řádku v dávce dvou miliard jedinců na hektar ve 200 až 400 litrech vody na hektar (Kolařík & Kolaříková 2019). Hlístice dokážou přežít v půdě až 6 týdnů od aplikace (Toth a kol. 2022).

3.3.2.4.2.3 Hodnocení účinnosti ochrany

Po účinné ochraně aplikace přípravku proti larvám by se neměly vyskytovat rostliny s příznaky poškození (husí krky) v porostu. Úspěšná ochrana proti dospělcům by se měla projevit zabráněním poškození zrn v palicích a mělo by dojít k významnému poklesu úlovků dospělců ve feromonových lapácích v prvních dvou týdnech po ošetření (Talich a kol. 2013).

3.3.2.4.3 Geneticky modifikovaná kukuřice

Zejména v Americe je trend používání geneticky modifikované kukuřice jak proti zavíječi kukuřičnému, tak proti bázlivci kukuřičnému. Jedná se o rostliny produkující insekticidní proteiny Cry3Bb11, Cry34/35Ab1 nebo mCry3A4 odvozené z bakterie *Bacillus thuringiensis*. Tyto proteiny jsou odlišné od proteinů proti zavíječi, ovšem řada hybridů je produkována s kombinací proti oběma škůdcům. Takto modifikovaná kukuřice se stala rychle oblíbenou u spousty zemědělců z důvodu vynikající ochrany kořenů. Ovšem v posledních letech vlivem nadměrného pěstování této kukuřice došlo k vytvoření úplné rezistence bázlivce kukuřičného k insekticidnímu proteinu Cry3Bb11 a částečné rezistenci k proteinu Cry34/35Ab1 (Toth a kol. 2022).

V České republice ani Evropské unii však nejsou tyto hybridy kukuřice povoleny (Talich a kol. 2013).

3.3.3 Bzunka ječná

Bzunka ječná (*Oscinella frit* Linnaenus, 1758) má široké hostitelské spektrum. Kromě kukuřice se vyvíjí na ovsu, ječmeni, pšenici, žitu a na různých dalších druzích trav (Talich a kol. 2013). Škodlivost larev na kukuřici bzunky ječné se pohybuje okolo 10 % ztráty na výnosu. Kromě toho tento škůdce zvyšuje náchylnost k houbovým patogenům (Bereš 2015).

3.3.3.1 Popis

Bzunku ječnou řadíme do řádu dvoukřídlí (*Diptera*), čeleď zelenuškovití (*Chloropidae*).

Dospělci bzunky ječné se velikostně pohybují od 2 do 4 mm (Kubík & Barták 2017). Tělo je černé, občas s hnědými podélnými pruhy na zádi. Mají červené oči a žluté nohy. Larvy jsou bílé, apodní asi 4 mm dlouhé (El-Wakeil & Volkmar 2013).

3.3.3.2 Životní cyklus

Bzunka ječná vytvoří tři generace do roka. Životní cyklus jedné generace se pohybuje mezi 20 a 60 dni (El-Wakeil & Volkmar 2011). Larvy bzunky ječné přezimují v ozimých obilninách, či travách. Na jaře se kuklí a vylíhlé dospělé samičky kladou vajíčka na spodní stranu listů a stébla kukuřice (Szulc & Bocianowski 2014). Vajíčka jsou kladena po jednom nebo po skupinách až patnácti vajíček (El-Wakeil & Volkmar 2011). Nejškodlivější jsou pro kukuřici larvy první generace, které se objevují na rostlinách na konci dubna a začátku května (Bereš 2015). Vylíhlé larvy z vajíček začínají poškozovat přímo u vegetačního vrcholu nově tvořící se základy listů (Talich a kol. 2013). Nejvíce poškozené bývá srdéčko, ostatní listy jsou

zvlněné a roztřepené, rostlina následně hyne (Szulc & Bocianowski 2014). Vývojová etapa larev trvá 13-20 dní (El-Wakeil & Volkmar 2011). Kuklení larev probíhá v rostlině. Vylíhlí dospělci 2. generace kladou vajíčka na metající klasy obilnin, kde se pak vylíhlé larvy živý základy kvítků, či obilkách. Kuklení probíhá v klasu. Samičky 3. generace pak kladou vajíčka na výdrol obilnin nebo na osení od srpna až do října (Talich a kol. 2013).

3.3.3.3 Monitoring

Pomocí modrých lepových desek nebo modrých vodních misek je možno monitorovat letovou aktivitu dospělců. Lapáky se umisťují na okraje porostů (Talich a kol. 2013).

3.3.3.4 Ochranná opatření

Mezi základním ochranná opatření je řazeno. Snížení opakovaného pěstování kukuřice v osevních postupech s obilninami, bez zařazování přerušovacích plodin (Talich a kol. 2013).

3.3.3.4.1 Chemická ochrana

Ochrana se provádí po zjištění vysokého výskytu dospělců v modrých miskách, či na lepových deskách. A to od fáze prvního do čtvrtého listu kukuřice, ideálně však než samice vykladou vajíčka (Talich a kol. 2013).

Pro aplikaci jsou povoleny insekticidy ze skupiny pyrethroidů s účinnými látkami lambda-cyhalothrin, nebo cypermethrin (Rostlinolékařský portál 2022).

3.3.4 Drátovci (larvy kovaříků)

Larvy kovaříků tzv. drátovci jsou široce polyfágní druhy (Mombayeva a kol. 2020). Zemědělsky významní jsou: kovařík začoudlý (*Agriotes ustulatus* Schaller, 1783), kovařík malý (*Agriotes brevis* Candèze, 1863), kovařík locikový (*Agriotes sputator* Linnaeus, 1758), kovařík tmavý (*Agriotes obscurus* Linnaeus, 1758), kovařík obilní (*Agriotes lineatus* Linnaeus, 1758), kovařík černý (*Hemicrepidius niger* Linnaeus, 1758) a kovařík huňatý (*Hemicrepidius hirtus* Herbst, 1784) (Talich a kol. 2013).

Drátovci se živý pletivy podzemních orgánů rostlin. Ohniskově můžou působit vážné škody (Janmaat a kol. 2022). Největší škody působí na bramborách, slunečnici, bramborách a kukuřici (Talich a kol. 2013).

3.3.4.1 Popis

Dospělci kovaříků jsou velcí 10-20 mm, s podlouhlým více či méně zploštělým tělem. Nejčastěji jsou hnědí nebo černí s kovovým leskem, často také se stříbrnými nebo šedými chloupky. Základním znakem je však jejich modifikovaný skákací mechanismus, který je tvořen prothoraxem a mesothoraxem. Tento mechanismus využívají pro přetočení zpět na nohy s charakteristickým cvaknutím (Mombayeva a kol. 2020).

Larvy mají podlouhlé, velmi tenké tělo s tvrdým lesklým povrchem. Tělo je válcovité, dlouhé 17-20 mm a široké 2-4 mm. Vývoj larev trvá 3-4 roky (Mombayeva a kol. 2020).

3.3.4.2 Životní cyklus

Dospělci se živí pylem nebo drobným žírem na rostlinách, nezpůsobují žádné vážnější škody. Vajíčka kladou do vlhčí a humózní půdy nejlépe se zapojeným porostem. Larvy žijí v půdě nebo pod kůrou a ve dřevě stromů. Larvy migrují za vlhkými podmínky v půdě. Dokážou tak migrovat od povrchu až do 1 m hloubky, někdy i níže v závislosti na podmínkách. Poškozují veškeré podzemní orgány rostlin, které pak sekundárně napadají různí houbový patogeni. Největší škody působí larvy poslední rok před dokončením svého vývoje (Kazda 2014).

3.3.4.3 Monitoring a prognóza

Pro zjištění počtu drátovců v půdě se používají potravní návnady. Je potřeba odplevelit na sledovaném pozemku plošky vždy o velikosti 1 m². Plevel je nutné vytrhat i s kořeny. Na ploškách se do vrcholů trojúhelníku (60 x 60 x 60 cm) nastraží návnady. Návnada bývá hrst naklíčené pšenice či kukuřice s velikostí klíčků 5 až 10 mm, která se zakope do 10 cm hloubky. Každá návnada se na povrchu zakryje černou nebo průhlednou plastovou folií o velikosti 30 x 30 cm a celá ploška se zatíží průhlednou folií o velikosti 1 m². Na poli do 5 ha se zakládá 8 sond a na větších plochách až 12 sond. Podmínkou pro funkčnost metody je teplota půdy 9 °C a vyšší vlhkost. Kontroly návnad se provádí po 4-5 dnech. Zjištěný počet drátovců odpovídá počtu na ploše 1 m² (Talich a kol. 2013).

Práh škodlivosti pro kukuřici je 15 drátovců na 1 m². Oproti tomu na obilninách je vyšší a to 20 drátovců na 1 m², ale u brambor je 10 drátovců na 1 m² a u cukrové řepy a slunečnice se udává práh 9 drátovců na 1 m² (Kazda 2014).

Nepřímo lze monitorovat výskyt drátovců za pomoci feromonových lapačů pro dospělé. Pasti se umísťují do porostu v květnu, a to do vzdálenosti 3-6 m od okraje pole. Úlovky se počítají každé tři dny a jednou za měsíc je nutno vyměnit feromonový atraktant. Za pomoci feromonových lapačů lze monitorovat let samců kovaříka obilného (*Agriotes lineatus*), kovaříka tmavého (*Agriotes obscurus*) a kovaříka locikového (*Agriotes sputator*). Monitoring do feromonových lapačů se provádí do poloviny srpna (Jakubowska a kol. 2018).

3.3.4.4 Preventivní opatření

Rostliny citlivé k poškození od drátovců vysévat na pozemek s odstupem 1-2 roky od víceletých pícnin a hustě setých obilnin (Kazda 2014).

Dalším preventivním opatřením je intenzivní obdělávání půdy v období aktivity larev v povrchových vrstvách půdy. Podmítka v dubnu až červnu, nebo v září až říjnu dokáže negativně ovlivnit početnost drátovců (Talich a kol. 2013).

Kozina a kol. (2015) uvádí, že se larvy kovaříka začoudlého (*Agriotes ustulatus*) a kovaříka tmavého (*Agriotes obscurus*) vyskytují nejčastěji na kyselých půdách. Tudíž úprava pH půdy vápnem, dokáže snížit populaci těchto druhů kovaříků.

3.3.4.5 Ochrana

Základní ochranou proti larvám kovaříků je moření osiva insekticidní složkou (Talich a kol. 2013). V registru přípravků je povolen pro moření osiva kukuřice pyrethroid Force 20 CS s účinnou látkou Tefluthrin (Rostlinolékařský portál 2022).

Je možné také použít insekticidní granule, které se zapravují do půdy pro desinfekci půdy. Jedná se taktéž o přípravky ze skupiny pyrethroidů, např. Belem 0.8 MG, Teflix, Karate 0.4 GR a další (Rostlinolékařský portál 2022).

3.3.5 Mšice na kukuřici

Na kukuřici se ze mšic nejčastěji vyskytují mšice střemchová (*Rhopalosiphum padi* Linnaeus, 1758), kyjatka osenní (*Sitobion avenae* Fabricius, 1775) a kyjatka travní (*Metopolophium dirhodum* Walker 1849) (Talich a kol. 2013).

3.3.5.1 Popis

Mšice dosahují velikosti 2-3 mm. Mají měkké tělo zbarvené do zelena, či šedozelena. Na abdomenu mají výrůstky zvané sifunkuly. Vyskytují se nejčastěji v koloniích na listech a stoncích rostlin, kde sají floemovou šťávu (Emden 2013).

Místa posátá mšicemi žloutnou, listy se kroutí a zasychají (Talich a kol. 2013). Mšice vylučují medovici, které pak kolonizují houby rodu *Cladosporium*. Tím se snižuje plocha rostliny pro fotosyntézu. Mšice jsou také významnými přenašeči viróz (Emden 2013).

3.3.5.2 Životní cyklus

Zmíněné mšice jsou v našich podmínkách holocyklicé. Je u nich vyvinut úplný cyklus střídání pohlavní a nepohlavní generace (Honěk a kol. 2021).

Kukuřice zaujímá v životním cyklu mšic pozici „zeleného mostu“. Jelikož mšice, které prezimují ve stadiu vajíček na zimních hostitelích. Nalétávají do porostů obilnin od poloviny května do začátku června. Kde okřídlené samičky začnou rodit bezkřídle samičky, které pak dále tvoří bezkřídle samičky. Dojde zde k vývoji 3 až 5 generací mšic. Při zhoršujícím se stavu porostu, či vysoké hustotě populace mšic, se začnou tvořit okřídlení jedinci, kteří kolonizují další místa. V období voskové zralosti obilí okřídlené samičky odlétají na mezihostitele. Mezihostitelem je právě kukuřice, či trávy nebo výdrol. A zde dochází k opětovné tvorbě neokřídlených generací (Talich a kol. 2013). Z mezihostitelů pak na podzim mšice opět migrují na zimní hostitele. Kde před zimou pohlavní generace mšic naklade prezimující vajíčka (Honěk a kol. 2021).

3.3.5.3 Monitoring a prognóza

K významným škodám na kukuřici obvykle v podmínkách střední Evropy nedochází (Talich a kol. 2013). Letovou aktivitu mšic lze sledovat díky systému nasávacích pastí typu Johnson-Taylor na webových stránkách Rostlinolékařského portálu (Rostlinolékařský portál 2022).

3.3.5.4 Přirození nepřátelé

Mšice mají spoustu přirozených nepřátel. Zejména predátoři vyhledávají mšice díky pachu jejich medovice. Mezi tyto predátory řadíme dospělé i larvy: páteříčkovitých (*Cantharidae*), slunéčkovitých (*Coccinellidae*), pestřenkovití (*Syrphidae*) a hladěnkovitých (*Anthocoridae*) (Honěk a kol. 2021).

Mšice mají i své parazitoidy, kdy vývoj larvy probíhá uvnitř těla mšice. Tělo mšice při kuklení larvičky se nafoukne, či zčerná a vytvoří tak takzvanou mumii. Mezi tyto parazitoidy řadíme lumčíkovité (*Braconidae*) a mšicomarovité (*Aphidiidae*) (Honěk a kol. 2021).

3.3.5.5 Ochrana

K přemnožení mšic dochází výjimečně. Ochrana se tak proti mšicím obvykle neprovádí. Provádí se jen tehdy, kdy je účelem zabránit šíření virových chorob, které mšice přenášejí (Talich a kol. 2013).

Z přípravků lze použít povolené insekticidy na bázi pyrethroidu s účinnou látkou deltamethrin (Rostlinolékařský portál 2022).

3.3.6 Osenice polní

Osenice polní (*Agrotis segetum* Denis & Schiffermüller, 1775) je polyfágní škůdce vyskytující se v Evropě, Asii a Africe. Larvy osenice polní napadají celou řadu hospodářsky významných plodin včetně kukuřice, brambor, cukrové řepě, řepce a na dalších plodinách (Yüksel a kol. 2022).

3.3.6.1 Popis

Housenky jsou téměř lysé se čtyřmi páry panožek. Jsou zbarveny do šedohněda s charakteristickým světlejším pruhem na zádech. Dosahují velikosti 4 cm. Dospělci jsou hnědí až šedohnědí noční motýli velcí 3-4 cm (Emden 2013).

3.3.6.2 Životní cyklus

Osenice polní tvoří do roka dvě generace. Housenky přezimují v hloubkách 15-25 cm. V květnu se po kuklení líhnou dospělci, kteří kladou vajíčka ve skupinách po 3-40 kusech na rostliny. Vylíhlé housenky pak škodí žírem na listech a překousáváním mladých rostlin těsně nad povrchem půdy. Mladší housenky žijí na povrchu rostlin, starší pak žijí pod povrchem půdy a vylézají pouze v noci. V průběhu července se pak kuklí a v srpnu vylétají motýli druhé generace. Samice kladou vajíčka a vylíhlé housenky škodí na plodinách v podzimních měsících (Talich a kol. 2013).

3.3.6.3 Monitoring a prognóza

Pro monitoring letu lze použít feromonové nebo světelné lapače.

Výstupy ze světelných lapačů jsou dostupné na webových stránkách Rostlinolékařského portálu (Rostlinolékařský portál 2022).

Na lokalitách s pravidelným výskytem je doporučeno použití feromonových lapačů, které se umisťují buď přímo do porostu zavěšené na kolíku, nebo se zavěsí na větve stromu na okraj pozemku zhruba 1,8 m nad zem. Jeli výskyt dospělců v lapači více jak 5 kusů za týden, je třeba provést vizuální kontrolu (Holý & Pavlů 2018).

Vizuální kontrolu zahájíme po 7-10 dnech od nejvyššího náletu do lapačů. Procházíme úhlopříčně porostem a zjišťujeme počty vajíček na spodní straně listů. Při zjištění vajíček v porostu je nutné sledovat počasí 5-7 dní po zjištění. Převládá-li počasí chladné a vlhké, vajíčka odumírají. Je-li však počasí teplé a suché je nutno provést ochranný zásah. Práh škodlivosti je udáván na 2 housenky na m² (Talich a kol. 2013).

3.3.6.4 Ochrana

V kukuřici je proti osenici možné použít povolený přípravek na pyrethroidní bázi s účinnou látkou deltamethrin (Rostlinolékařský portál 2022). Ochranný zásah je nutno cílit na maximum líhnutí housenek z vajíček a na housenky do 2. vývojového stupně (Talich a kol. 2013). Vyšší účinnosti lze dosáhnout aplikací v nočních hodinách kdy housenky vylézají na povrch půdy (Holý & Pavlů 2018).

3.4 Choroby kukuřice

Ztráty způsobené chorobami kukuřice se celosvětově odhadují na přibližně 9 %. Některé choroby lze udržet pod ekonomickým prahem jedním postupem a některé vyžadují kombinaci různých postupů (Solaimalai a kol. 2020).

3.4.1 Virové choroby

Virové choroby se velmi těžko diagnostikují jen za pomoci symptomů. Proto se k symptomatickým metodám využívají pro přesné stanovení diagnostické prostředky ve formě řady molekulárních testů (Kannan a kol. 2018).

Regulace virových chorob je také velmi obtížná. Je nejčastěji řešena insekticidními ošetřeními proti přenašečům. Dále pak také pěstováním rezistentních odrůd a vyséváním certifikovaného osiva (Choudhury a kol. 2019).

3.4.1.1 Virus zakrslé mozaiky kukuřice (Maize dwarf mosaic virus-MDMV)

Je řazen do čeledi *Potyviridae*. Jedná se o jednovláknový RNA virus. Při výskytu dokáže způsobit až 70 % ztráty na kukuřici (Kannan a kol. 2018).

Je přenášen neperzistentně převážně mšicemi, ale také mechanicky a osivem. Na infikovaných rostlinách se objevují výrazné chlorotické mozaiky, které se často táhnou v pruzích na listech. Rostliny vykazují retardaci růstu a kukuřičné klasy jsou zakrslé. Zejména vlivem zpožděného kvetení a také špatného nasazení a plnění zrna (Solaimalai a kol. 2020).

Zjistit virové onemocnění kukuřice jen na základě příznaků velice náročné. V důsledku toho se diagnóza ověřuje pomocí molekulárních testů. Dostupné diagnostické prostředky jsou enzymatické testy ELISA, které jsou založeny na specifické interakci antigenu a protilátky.

A RT-qPCR kdy se nejprve RNA viru pomocí reverzní transkripce přemění na DNA. Která se dále používá k detekci patogenů (Kannan a kol. 2018).

3.4.1.2 Virus žluté zakrslosti ječmene (Barley yellow dwarf virus-BYDV)

Virus žluté zakrslosti ječmene je řazen k nejničivějším chorobám obilnin. Postihuje širokou škálu plodin, zejména ječmen, pšenici, žito, kukuřici a mnoho dalších. Chorobu způsobují viry z čeledi *Luteoviridae* (Asiimwe a kol. 2020).

Rostliny napadené virem BYDV vykazují zpomalený růst a chlorózy listů. Chloróza je způsobena až 65 % redukcí chloroplastů. Je spojena i s hromaděním rozpustných sacharidů a snížením obsahu dusíku, vápníku a hořčíku v rostlinách. Infikovaná listová pletiva snižují fotosyntézu až o 25 %. Příznaky jsou dobře zřetelné při teplotách nad 25 °C a výše, zatímco nižší teploty potlačují rozvoj příznaků (Walls a kol. 2019).

Listy spodního patra mohou vykazovat fialovění nebo červenaní zejména okrajů a spodní strany listů (Asiimwe a kol. 2020).

Kukuřice hraje důležitou roli jako letní hostitel pro virus žluté zakrslosti ječmene. A je potencionálním zdrojem viru pro ozimé obilniny. Virus napadá kukuřici při ranných vývojových stádiích. Hlavně do stádia osmi listů (18 BBCH), kdy je kukuřice nejnáchylnější (Horn a kol. 2015).

Vektorem virů jsou mšice, které viry přenášejí perzistentním cirkulativním způsobem. Nejčastějšími přenašeči jsou mšice střeňchová (*Rhopalosiphum padi*), mšice kukuřičná (*Rhopalosiphum maidis* Fitch, 1856), kyjatka osenní (*Sitobion avenae*) a kyjatka travní (*Metopolophium dirhodum*). Zajímavým poznatkem je, že nakažené mšice virem mění své chování a vyhledávají zdravé rostliny. Ostatní nenakažené mšice mají opačné chování a vyhledávají nemocné rostliny. Viry jsou získány během sání z infikovaných buněk floému. Viry po posátí prochází skrz stěnu střeva do hemocoelu, z kterého jsou pak aktivně přenášeny do slinných žláz mšice. Infikovaná mšice zůstává virulentní po zbytek svého života (Walls a kol. 2019).

Jak uvádí Horn a kol. (2015), přímá ochrana viru není možná. Vektory je možné regulovat insekticidně, ale insekticidní ochrana není vždy stoprocentní a například v Německu aplikace insekticidů proti mšicím v kukuřici není povolena. Alternativou by mohlo být pěstování rezistentních odrůd kukuřice. Čímž by se dokázal přerušit cyklus přenosu viru na ozimy a tím by se mohla zlepšit i situace s tímto virem v obilovinách.

3.4.1.3 Virus hrubé zakrslosti kukuřice (Maize rough dwarf virus-MRDV)

Jedná se o viry z čeledi *Reoviridae*. Přenášejí je křískové nejčastěji *Laodelphax striatellus* (Fallén, 1826), ale i další křísy *Delphaxodes propinqua* (Fieber, 1866) a *Javesella pellucia* (Fabricius, 1794). Virus je přenášen perzistentně cirkulativně (Eyvazi a kol. 2021).

Přezimující nymfy nesoucí MRDV přežívají na plevelných travách jako jsou ježatka kuří noha (*Echinochloa crus-galli* L.), jílek vytrvalý (*Lolium perenne* L.) a rosička krvavá (*Digitaria sanguinalis* L.). Příležitostně se virus vyskytuje i na pšenici, kde však nezpůsobuje vážnější škody. Poté se dospělci přesouvají na kukuřici. Při časně infekci, kdy je kukuřice nejnáchylnější dochází k silnému zakrnění rostlin a předčasnému úhynu rostliny (Clemente-Orta a kol. 2021).

Mezi příznaky infikovaných rostlin kukuřice patří výrazné zakrnění a ztmavnutí listů. Dále pak zhrublé žilky a výrůstky na spodní straně listů (Achon a kol. 2015).

3.4.2 Houbové choroby

Houbový patogeni způsobují výrazné snížení výnosů a kvality plodin. Čímž způsobují obrovské ekonomické ztráty po celém světě. Snížení těchto ztrát je zapotřebí znalost biologie a vývoj patogenů v agroekosystémech (Rogério a kol. 2023).

3.4.2.1 Antraknózová hniloba stébel kukuřice a antraknózová listová spála kukuřice

Antraknózu způsobuje patogen *Colletotrichum graminicola* (Cesati). Jedná se o askomycetní houbu, která může infikovat většinu rostlinných pletiv. Ovšem nejvýznamnější škody dokáže způsobit při hniloba stébel a napadení semenáčků (Rogério a kol. 2023).

Houba v posledních letech dosahuje intenzity výskytu i 90 % rostlin na vhodné lokalitě. Optimální podmínky pro výskyt jsou rostliny poškozené suchem a úpalem a následné vlhčí počasí. Ideální teplota pro růst mycelia je 28 °C (Říha 2021).

3.4.2.1.1 Popis

Patogen je přenášen infikovanými semeny rostlin, kromě tohoto způsobu šíření se může šířit prostřednictvím pohlavních a nepohlavních spor z rostlin a rostlinných zbytků. Rozvoj infekce podporují i škůdci (Rogério a kol. 2023).

Konidie na zbytcích kukuřice jsou primárním inokulem na polích kukuřice. Při vhodných podmínkách prostředí začínají konidie klíčit a přichytí se za pomoci apresoria na svého hostitele. Dále pak přes penetrační hrot proniká do rostlinné buňky. Odkud patogen čerpá živiny a dále se rozrůstá do okolních buněk za pomoci hyf (Gong a kol. 2020).

Při vysetí infikovaných zrn dochází k padání klíčících rostlin. Při infekcích na začátku kvetení dochází ke skvrnitostem na stéblech a listech. Na listech se napadení projevuje bílou skvrnitostí, která není moc výrazná. Na stéble se v závislosti na odrůdě tvoří okolo kolénka nejdříve odbarvené, později šedé nebo fialově červené slzovité skvrny. Méně často se mezi kolénky objevují podélné tmavé proužky. Ve dřeni se tvoří dutinky s tmavým myceliem. Často v důsledku napadení stébla dochází k předčasnému dozrání nebo lámání stébla. Největší škody působí při napadení spodních kolének a kořenových krčků. Při pozdějších infekcích se příznaky projevují i nad palicemi odumíráním vrcholů rostliny (Říha 2021).

3.4.2.1.2 Ochrana

Pro fungicidní ochranu proti antraknóze na kukuřice je registrován pouze jeden přípravek s účinnými látkami prothiokonazol a tebukonazol (Rostlinolékařský portál 2022).

Další možností ochrany je výběr odolnějších hybridů kukuřice. Vyrovnaná výživa, správný osevňovací postup, zapravení posklizňových zbytků a ochrana proti škůdcům (Říha 2021).

3.4.2.2 Obecná snětivost kukuřice

Obecná snětivost kukuřice je poměrně často vyskytující se choroba kukuřice. Je způsobená infekcí stopkovýtrosou houbou *Ustilago maydis* (De Candolle) (Malešević a kol. 2022).

3.4.2.2.1 Popis

Šíří se výhradně z rok starých spór ležících na povrchu půdy. Z výtrusů dozrálých ve stejném roce nemůže dojít k infekci. Spóry vydrží být na povrchu aktivní až 4 roky, životnost v půdě se zkracuje na pouhý rok (Říha 2021).

Patogen může infikovat kukuřici ve všech vývojových stádiích. Hlavními příznaky choroby jsou chlorózy, nekrózy, nádory a růst hálek. Nejčastěji se setkáme s projevy ve formě hálek na klasech kukuřice. Tyto háčky se skládají z houbové a hostitelské tkáně a jsou vyplněny černými chlamydosporami. Mladé háčky jsou bílé, pevné a pokryté pololesklým druhotným krycím pletivem. Při dozrávání hálek se začínají objevovat černé skvrny a v konečném dozrávání periderm praská čímž se uvolní spory do prostředí (Merkevičiūte-Venslovė a kol. 2023).

Patogen neprodukuje žádné výrazné mykotoxiny. Proto ani střední až silnější napadené neovlivní kvalitu siláže nebo jiných produktů z kukuřice. Dochází však ke snížení výnosů (Říha 2021).

3.4.2.2.2 Ochrana

Ochrana proti tomuto patogenu je v podstatě založena na prevenci. Je účelné dbát na oševní postup, zpracování půdy a vyvážené hnojení. Nadměrné množství dostupného dusíku s nízkými hladinami fosforu zvyšuje pravděpodobnost výskytu choroby. Kromě toho je důležité zabránit mechanickému poškození rostlin. Při plečkování může dojít ke způsobení drobných řezných ran na listech a stoncích, které pak poskytují vstupní místa pro patogeny. Často zmiňovanou a nejvíce efektivním řešením je pěstování odolných odrůd (Merkevičiūte-Venslovė a kol. 2023).

Brant a kol. (2020) uvádí, že při pěstování leguminóz (lupina, sója, fazol, hrachor a další) jako předplodin pro kukuřice, výrazně zvyšuje výskyt napadení snetí kukuřičnou.

3.4.2.3 Snětivost palic a lat kukuřice

Snětivost palic a lat kukuřice způsobuje patogen *Sphacelotheca reiliana*. Napadá kukuřici a čirok (Cherchel a kol. 2020). Ztráty při silném napadení mohou dosahovat až 80 % takto vysoké ztráty byly zaznamenány v Číně kde je choroba běžná (Anderson a kol. 2016). V České republice se choroba vyskytuje vzácně (Rostlinolékařský portál 2022).

3.4.2.3.1 Popis

Rostliny jsou infikovány v půdě během klíčení semen. Infekce obvykle probíhá bez znatelných změn v růstu rostliny, dokud rostlina nedosáhne reprodukčního stádia. Při přecházení rostliny z vegetativní fáze do generativní houba napadá nezralá pletiva klasu, kde

začne sporulovat a místo kukuřičného klasu se tvoří masa černých chlamydospor (Anderson a kol. 2016).

3.4.2.3.2 Ochrana

Ochrana spočívá ve vysévání certifikovaného osiva a odolných hybridů kukuřice (Cherchel a kol. 2020).

3.4.2.4 Padání a spála klíčnicích rostlin kukuřice

Padání a spálu klíčnicích rostlin způsobují houby rodů *Fusarium* spp., *Pythium* spp., *Rhizoctonia* spp. a *Aspergillus* spp. Tyto patogeni mají široký hostitelský okruh a dokáží škodit jak na jednoděložných, tak dvouděložných rostlinách (Mueller a kol. 2016).

3.4.2.4.1 Popis

Stoupajícím podílem obilnin a kukuřice v osevních postupech stoupá zamořenost půd těmito patogeny. K napadení jsou náchylnější ranější odrůdy a rostliny stresované biotickými vlivy jako je zamokření a chladno. Houby se přenášejí na osivu nebo z rostlinných zbytků. Za vhodných podmínek infikují rostlinu přes kořeny, nebo přes mechanická poškození bází stébel a základů listů. Na klíčnicích rostlinách jsou vidět nezřetelně ohraničená až proužkovitá, zahnědlá místa na kořenech a bázích stébel. Rostliny pak při vyšším napadení odumírají (Talich a kol. 2013).

3.4.2.4.2 Ochrana

Mezi opatření snižující výskyt této choroby patří omezení pěstování kukuřice po kukuřici. Vyvážená výživa, podpoření rozkladu rostlinných zbytků, omezení poškození a abiotických stresů rostlin například nevysévat příliš brzy do chladné a mokré půdy (Bressan 2003).

Možností ochrany je i aplikace registrovaných fungicidů a zejména moření osiva. Jsou registrovány mořidla s účinnými látkami ze skupiny triazolů (Rostlinolékařský portál 2022).

3.4.2.5 Bělporučová hniloba obilek a stébel kukuřice

Bělporučovou hnilobu obilek a stébel kukuřice způsobují houby rodu *Fusarium* spp. Z nichž nejčastěji se vyskytující jsou *Fusarium graminearum* (Schwabe), *Fusarium culmorum* (Saccardo) a *Fusarium subglutinans* (Wollenweber & Reinking) a další. Tito patogeni napadají nejen klíčnicí rostliny, jak už bylo zmíněno výše, ale způsobují i hniloby stébel a palic kukuřice (Luchesi a kol. 2022).

3.4.2.5.1 Popis

Jedná se o saprofytické organismy, kteří ale za určitých podmínek mohou být parazity rostlin. Přezimují v půdě jako mycelium na posklizňových zbytcích, nebo za pomoci chlamydospor. Na posklizňových zbytcích ležících na povrchu půdy jsou vytvářeny konidie, kterými se během vegetace šíří (Říha 2021).

Infekce může být přes kořeny rostlin, nebo přes různá poranění. Teplé a vlhké počasí usnadňuje infekci rostlin (Karuppiah a kol. 2022).

Uvnitř poškozených stonků a na povrchu zrn v palicích se tvoří bílé, někdy růžové mycelium. Mycelium nejčastěji začíná růst od špičky palice a postupně se prorůstá dolů. Palice je menší a jeví se jako zaschlá (Solaimalai a kol. 2020).

Poškození stébel, kořenů a palic kukuřice má za následek nouzové dozrávání rostliny a snížení výnosu biomasy. Ovšem mnohem závažnější jsou mykotoxiny, které tyto patogeny produkují (Říha 2021). Jedná se o deoxynivalenol, zearalenon, zearalenol a fumonisin (Solaimalai a kol. 2020). Které pak obsažené v potravinách a krmivech způsobují závažná akutní a chronická onemocnění lidí a zvířat. A jsou těžko odstranitelné z produkce, ve které jsou obsažené (Říha 2021).

3.4.2.5.2 Ochrana

Patogeni z rodu *Fusarium* spp. patří k nejvýznamnějším chorobám postihující nejen kukuřici, ale i další obilniny ve většině evropských regionů. A jsou stále častějším problémem v Evropě. Často je patrná korelace mezi příznaky růžové hniloby klasů a poškozením klasů způsobeným housenkami zavíječe kukuřičného. Housenky zavíječe kukuřičného mohou přímo roznášet spory patogena při poškozování listů na povrchu rostliny anebo je zanášet přímo během prozírání se stéblem a palicemi kukuřice. Nepřímo pomáhají housenky šířit *Fusarium* spp. tak, že při žíru způsobují poškození pletiv. Tyto vzniklé ranky jsou vstupní branou pro patogeny (Válean a kol. 2017).

Z toho plyne, že pokud je zamezeno velkému napadení zavíječem kukuřičným, bude i nižší výskyt bělorůžové hniloby obilek a stébel kukuřice. Proto je i ochrana před touto chorobou závislá na zvládnutí ochranných opatření proti zavíječi kukuřičnému (Brant a kol. 2020).

Fusarium spp. jsou nebezpečná nejen pro kukuřici, ale i pro následné obilniny. Pro regulaci jejich výskytu na pozemku je důležité dokonalé zapravení posklizňových zbytků do půdy a tím umožnění efektivního biologického rozkladu (Říha 2021).

Z fungicidů jsou registrovány do kukuřice přípravky s účinnými látkami ze skupiny triazolů (Rostlinolékařský portál 2022).

Pro biologickou ochranu proti těmto patogenům se ukazuje jako perspektivní možnost houba *Trichoderma asperellum* (Samuels). Která se běžně vyskytuje v půdě a hraje důležitou roli v boji proti houbovým chorobám. Kromě přímého účinku na inhibici růstu a množení houbových patogenů prostřednictvím mykoparazitismu. Dokáže *Trichoderma* rychle kolonizovat rostlinná pletiva, kde indukuje obranné reakce rostliny. Rostlina pak vykazuje vyšší odolnost vůči patogenním houbám (Karuppiah a kol. 2022).

3.4.2.6 Diplodiová hniloba stébel a palic kukuřice

Původci onemocnění jsou *Stenocarpella macrospora* (Earle) a *Stenocarpella maydis* (Berkeley). Patogeni způsobují hnilobu bází a stébel kukuřice, klasu anebo mohou napadat i vzcházející rostliny (Mário a kol. 2017).

3.4.2.6.1 Popis

Houba přezimuje jako mycelium na rostlinných zbytcích, nebo na povrchu semen. Patogen dokáže přežít i na rostlinných zbytcích pod povrchem půdy 11 až 17 měsíců

v závislosti na hloubce a charakteru půdy. Od konce zimy do začátku léta začíná houba vyvíjet pyknidy. Při teplých a vlhkých podmínkách z nich začne vypouštět konidie tzv. pyknostry. Pyknostry jsou pak šířeny deštěm a větrem na další hostitele. Mohou se také přenášet infikovanými semeny a hmyzem. Při dosednutí pyknostry na stopku klasu nebo na list v místě připojení ke stéblu začne spora klíčit. Inkubace trvá přibližně 5 hodin při 30 °C. Kukuřice je nejnáchylnější k infekci v době kvetení (Bragard a kol. 2022).

V polních podmínkách se choroba vyskytuje relativně často. Projevy hniloby stébel se pohybují v rozmezí 5-35 % a výskyt hniloby palic je 8-45 % v závislosti na odrůdě (Sumarianto a kol. 2022).

Při vysetí infikovaných semen dochází k předčasnému odumírání v chladnějších půdách, nebo napadení semenáčků v teplejších půdách. Na semenáčcích jsou pozorovatelné hnědokorkovité léze a často dochází k destrukci kořenů (Bragard a kol. 2022).

Po infekci kořenů se často objevují příznaky na stéblech. Jedná se o oválné, nepravidelné nebo podlouhlé léze, dlouhé 1-10 cm. Na povrchu jsou světlé, s krémově hnědými středy a tmavšími okraji. Listy vadnou a zasychají, příznaky připomínají poškození mrazem. Jednotlivá internodia blednou a zbarvují se do hnědé barvy. Vnitřek stébla se rozpadá, zůstávají pouze cévní svazky (Bragard a kol. 2022).

Při časně infekci klasů je celý klas šedohnědý a scvrklý, nebo se objevují vybělené nebo slámově zbarvené listeny. Které těsně přiléhají jedna k druhé anebo ke klasu, což je způsobeno myceliem houby. Později infikované klasy nevykazují žádné vnější příznaky. Ty se ukážou až při rozlomení klasu a mezi zrny se objevuje bílé mycelium (Bragard a kol. 2022).

3.4.2.6.2 Ochrana

Při bezorebném zpracování půdy zůstává většina rostlinných zbytků na povrchu. Kde může tento patogen přežít a dále šířit do prostředí. Doporučuje se na polích s vyšším výskytem této choroby, důkladné zapravení rostlinných zbytků. Jelikož patogen napadá poměrně úzký hostitelský okruh, z něhož nejvýznamější plodinou je pouze kukuřice. Je důležité pro zamezení šíření tohoto patogena střídání plodin (Faria 2020).

Zdravé osivo je základem ochrany. Možností je i použití odolnějších hybridů kukuřice. V poslední době se spousta šlechtitelů zaměřila na šlechtění rezistentních odrůd proti těmto patogenům (Mário a kol. 2017).

V registru přípravků je i jeden fungicid pro moření osiva s účinnou látkou ipkonazol (Rostlinolékařský portál 2022). Říha (2021) předpokládá, že vzhledem k nízkým škodám. Patogena silně omezují všechny registrované fungicidy i hnojiva s fungi-omezujícími účinky.

3.4.2.7 Rzivost listů kukuřice

Rzivost listů kukuřice způsobuje patogen *Puccinia sorghi* (Schweinitz). Choroba vyvolaná tímto houbovým patogenem má za následek snížení fotosyntetických schopností listů a poškozuje epidermis, čímž ovlivňuje různé fyziologické procesy a snižuje výnos biomasy a zrna (Zúñiga-Silvestre a kol. 2020).

3.4.2.7.1 Popis

Na listech se v období kvetení objevují rozptýlené kupky letních výtrusů. Jedná se o uredie, které jsou viditelné na svrchní i spodní straně listů. Ke konci vegetace se vedle uredií objevují tmavé až černé telie. Kupky jsou uspořádány podélně na listech. Kolem nich se vytváří světle žlutý až světle růžový prstenec, který později zasychá (Říha 2021).

Životní cyklus je vázán na mezihostitele. Primárním hostitelem je kukuřice kde, jak již bylo zmíněno vytváří urediospory a teliospory. Na podzim se pak přesouvá na mezihostitele šťavel (*Oxalis* spp.) na kterém přezimuje a vytváří jarní spory ze spermagonii a aecií. Které pak následně opět infikují nové rostliny kukuřice (Guerra a kol. 2019).

3.4.2.7.2 Ochrana

Pro zamezení přenosu je včasná likvidace mezihostitele v blízkosti porostů, jímž je zmíněný šťavel (Říha 2021).

Patogena je možné potlačovat fungicidně, v registru přípravků jsou registrovány dva přípravky. Jeden je s účinnými látkami prothiokonazol a tebukonazol a druhý obsahuje účinnou látku pyraklostrobin. V praxi se ovšem fungicidní ošetření proti rzím na kukuřici příliš často nepoužívá (Rostlinolékařský portál 2022).

Jako nejúčinnější ochrana proti *Puccinia sorghi* je pěstování rezistentních hybridů a s ní spojené i šlechtění na rezistenci (Quade a kol. 2021).

3.4.2.8 Obecná listová spála kukuřice

Obecnou listovou spálu kukuřice způsobuje houbový patogen *Bipolaris maydis* (Shoemaker). Napadá kukuřici a čirok a dokáže způsobit až 30 % ztráty na výnosu (Iddumu 2021).

3.4.2.8.1 Popis

Příznaky obecné listové spály kukuřice začínají jako malé, kosočtverečné skvrny na listech. Střed každé léze je slámově stínovaný až světle hnědý s tmavě hnědým okrajem. Postupně se léze rozšiřují a prodlužují, ale jejich růst je omezen listovou žilnatinou. Když se začínají produkovat spory, léze jsou tmavě šedé, olivové nebo černé barvy. Zpočátku se objevují jen na spodních listech a postupně jak se rozrůstají dochází k úplnému poškození listů (Kumar a kol. 2022). Můžou být napadeny i květní listeny v latě a palice (Říha 2021).

Počátečním zdrojem infekce je mycelium, chlamydospory, nebo konidiofory přezimující na rostlinných zbytcích. Patogen se dokáže také šířit na povrchu semen. Při teplém a vlhkém počasí dochází k infekcím přes listy. Jakmile konidie dopadnou na list, začnou klíčit a vytváří apresoria jímž přilnou k pokožce. Do rostliny pak pronikají přes průduchy anebo skrz epidermis rostliny. Mycelium houby způsobuje rozpad buněk listového pletiva a tvoří se hnědé skvrny. Na těchto lézích se pak vytvářejí konidiofory, které mohou buď infikovat další části hostitelské rostliny. Nebo uvolnit konidie do prostoru pro infikování okolních rostlin (Kumar a kol. 2022).

3.4.2.8.2 Ochrana

Kukuřice má velkou genetickou diverzitu odolnosti vůči patogenům. Proto je používání odolných odrůd neekonomičtější a neúčinnější formou ochrany proti chorobám (Karimishahri & Sharma 2017).

Říha (2021) uvádí, že u ochrany proti obecné listové spále je potřeba vycházet z primárního zdroje infekce. Jako je důkladné zapravení rostlinných zbytků do půdy, popřípadě ošetření amonnou formou dusíku nebo biologickým přípravkem, které mění prostředí na povrchu ošetřené organické hmoty.

Z registrovaných fungicidů je možné použít přípravky s účinnými látkami mefentriplukonazol, fluopyram, prothiokonazol, tebukonazol a pyraklostrobin (Rostlinolékařský portál 2022).

3.5 Karantenní škodlivé organismy kukuřice

Cílem vytvoření seznamu karantenních škodlivých organismů a vytvoření kontrolních opatření je ochrana určitého území před jejich zavlečením a šířením. Při zjištění výskytu škodlivého organismu musí být přijata eradikační opatření, nebo opatření k izolaci výskytu (Knížek 2019).

Dle prováděcí prováděcího nařízení evropské komise 2019/2072 ze dne 28. listopadu 2019. Lze rozdělit kategorie škodlivých organismů do několika kategorií:

- Karantenní škodlivé organismy pro Unii
- Karantenní škodlivé organismy pro chráněné zóny
- Regulované nekarantenní škodlivé organismy

Pro kukuřici je vyjmenováno šest škůdců a jedna choroba ze skupiny karantenních škodlivých organismů pro Unii. Jedná se o *Spodoptera eridania* (Cramer, 1784), *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775), *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797), *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850), *Exomala orientalis* (Waterhouse, 1875), *Thaumatotibia leucotreta* (Meyrick, 1913) a *Pantoea stewartii* subsp. *stewartii* (Smith, 1898).

3.5.1 Blýskavky

Pro kukuřici jsou karantenní tři blýskavky: *Spodoptera frugiperda*, *Spodoptera eridania*, *Spodoptera litura*. Tyto motýli jsou rozšířeny spíše v teplejších oblastech. Zejména Afrika, Asie, Austrálie a Amerika. Největší téměř celosvětové rozšíření má *Spodoptera frugiperda* (Rostlinolékařský portál 2022).

3.5.1.1 Popis

Jedná se o noční motýli, jejichž housenky způsobují škody na bavlníku, čiroku, kukuřici a dalších plodinách. Dospělci jsou 3-5 cm velcí. Jejich přední křídla jsou skvrnitě hnědá a zadní křídla bíle krémová. Housenky jsou tmavě zelené se žlutými pruhy (Emden 2013).

Dospělci kladou vajíčka na spodní stranu listů. Vylíhnuté housenky se živí na listech a vykusují do nich okénka. Housenky prodělávají šest instarů a kuklí se v půdě (Vacante & Kreiter 2017).

3.5.1.2 Způsob šíření a hospodářský význam

Jedná se o tažné motýli schopné se šířit na velké vzdálenosti. Ovšem významným způsobem šíření je obchod s hostitelskými státy (Rostlinolékařský portál 2022).

Blýskavky jsou řazeny mezi závažnější škůdce zejména ve státech latinské Ameriky a Karibiku. K výskytu škůdce zde dochází sporadicky, ale při napadení může rapidně snížit výnos od 10-70 % (Vacante & Kreiter 2017).

3.5.1.3 Ochrana

Housenky blýskavek mají v teplejších oblastech řadu přirozených nepřátel, kteří dokážou až 70 % larev eradikovat. Patří mezi ně entomopatogenní houba *Metarhizium rileyi* (Farlow) nebo parazitoidi *Chelonus insularis*, *Euplectrus furnius* (Walker, 1843) a *Cotesia marginiventris* (Cresson, 1865). Dále také k regulaci přispívá odplevelování pozemku (Vacante & Kreiter 2017).

V České republice je prováděn detekční průzkum výskytu tohoto škůdce. A jsou prováděna fyto-sanitární regulace dle prováděcího nařízení Komise (EU) 2019/2072.

Zimní mrazy zajišťují přirozenou prevenci, jelikož způsobují vysokou mortalitu housenek a kukel (Rostlinolékařský portál 2022).

3.5.2 Černopáska

Černopáska (*Helicoverpa zea*) je polyfágní škůdce. Je řazen k velmi závažným škůdcům kukuřice, sóji a bavlníku v Americe (Klai a kol. 2022).

3.5.2.1 Popis

Dospělý motýl má velikost 3-4 cm. Zbarvení křídel je hnědožluté. Dospělci létají v noci a jsou schopni urazit velké vzdálenosti až 10 km. Samičky snášejí vajíčka jednotlivě na rostliny. Housenky mají pět párů panožek a v průběhu instarů se mění ze světle bílého zbarvení na zelenou se žlutými pruhy. Kuklí se v půdě a kukla má dva hákovité trny. Dokáže vytvořit čtyři i více generací během jednoho roku (Arends a kol. 2022).

3.5.2.2 Způsob šíření a hospodářský význam

Housenky černopásky se živí horními listy a napadají také klas, kde vyžírají zrna. Dá se snadno zaměnit s černopáskou bavlníkovou (*Heliothis armigera* Hübner, 1808), která se občas vyskytuje i v České republice. Jedná se však o invazivní druh a vyskytují se u nás pouze jedinci druhé a třetí generace migrující z teplejších oblastí. V evropské unii je černopáska (*Helicoverpa zea*) karanténní organismus a vztahují se na ní příslušné regulace (Rostlinolékařský portál 2022).

3.5.2.3 Ochrana

V Americe je ochrana proti černopásce řešena geneticky modifikovanou kukuřicí. Ikdyž v poslední době se začíná objevovat rezistence proti proteinům Cry. Hlavně díky tomu, že se

stejně modifikace rezistence používají i na jiných geneticky modifikovaných rostlinách např. bavlnících, kde černopáska také škodí. Pro doplňující insekticidní ošetření proti černopásce používají insekticidy ze skupiny diamidů s účinnou látkou chlorantraniliprol anebo ze skupiny diacylhydrazinu účinnou látku methoxyfenozid (Godbold a kol. 2023).

3.5.3 Listokaz

Listokaz (*Exomala orientalis*) je brouk z čeledi vrubounovitých (*Scarabaeidae*). Jedná se o polyfágního škůdce škodícího převážně na severovýchodě Ameriky (Rondoni & Graziosi 2022).

3.5.3.1 Popis

Dospělí brouci jsou 8-11 mm velcí a mají žluté zbarvení s černým vzorem na elytrě. Brouci jsou schopni létat na krátké vzdálenosti. Objevují se koncem června a nejvíce jsou aktivní ve večerních hodinách. Živí se na květech a listech rostlin. Od začátku července do září kladou samičky svá vajíčka jednotlivě do půdy. Po několika dnech se začnou líhnout larvy, které poškozují kořínky rostlin svým žírem. Od poloviny října sestupují do větších hloubek a zde přezimují. Na začátku května se vracejí k povrchu půdy a zde se živí až do začátku května kdy se kuklí (Bragard a kol. 2020).

3.5.3.2 Způsob šíření a hospodářský význam

Dospělci nejsou dobří letci, a tak hlavním způsobem šíření je antropogenní způsob. Brouci se mohou skrývat v květech anebo larvy být přenášeny v půdě s okrasnými rostlinami. Při zavlečení brouka do Evropy, by pravděpodobně nejvíce škodil na zelenině, zatravněných plochách a kukuřici (Rostlinolékařský portál 2022).

3.5.3.3 Ochrana

Listokaz má spoustu přirozených nepřátel. Mezi nejúčinnější predátory jsou řazeni *Cophinopoda chinensis* (Fabricius, 1794), *Philonicus albiceps* (Meigen, 1820) a *Promachus yesonicus* (Bigot, 1887). Dalšími přirozenými nepřáteli jsou entomopatogenní houby *Beauveria bassiana* (Balsamo, 1835) a entomopatogenní hlístice rodu *Steinernema* spp. (Bragard a kol. 2020).

3.5.4 Obaleč

Obaleč *Thaumatotibia leucotreta* se vyskytuje v afrických státech, kde je klíčovým škůdcem citrusů. Jedná se ovšem o polyfágního škůdce, který může škodit i na révě vinné, paprikách nebo kukuřici (Griekspoor a kol. 2023).

3.5.4.1 Popis

Jedná se o drobného motýla s velikostí těla asi 7-8 mm. Zbarvení křídel je šedohnědé se směsí skvrn. Dospělé samičky kladou vajíčka na plody nebo listy rostlin. A vylíhlé housenky se pak prožírají dovnitř plodů (Grové a kol. 2019).

3.5.4.2 Způsob šíření a hospodářský význam

V zásilkách citrusů pocházejících z jižní Afriky často dochází k záchytu tohoto škůdce. Jelikož larvy těsně vylíhlé před sklizní je těžké odhalit. Předpokládá se, že vzhledem k teplomilné povaze škůdce. Představuje riziko zejména pro jižní státy Evropy, ve zbytku Evropy by mohl škodit pouze při zavlečení do skleníku (Rostlinolékařský portál 2022).

3.5.4.3 Ochrana

V oblastech výskytu se používá chemická ochrana ale i biologická. Z důvodu rozšíření rezistence u tohoto škůdce. Z biologické ochrany se používají predátoři *Anoplolepis custodiens* (Smit, 1858) a *Pheidole megacephala* (Fabricius, 1793). Nejvíce jsou však využívány parazitické vosičky *Trichogrammatoidea cryptophlebiae* (Nagaraja, 1979) a *Agathis bishopi* (Nixon). Lze použít také některé entomopatogenní houby a hád'átka (Malan a kol. 2018).

3.5.5 Bakteriální vadnutí kukuřice

Bakteriální vadnutí kukuřice způsobuje bakterie *Pantoea stewartii* subsp. *stewartii*.

Vyskytuje se v Africe, Americe, Asii a na Ukrajině. V Evropské unii je její výskyt v Itálii s omezeným rozšířením a v procesu eradikace (Jeger a kol. 2018).

3.5.5.1 Popis

Jedná se o gram negativní bakterii, která je přenosná osivem ale i vektory. Největší výskyty jsou v Americe, přenáší se do mezibuněčných prostor buněk po požeru hmyzem. V Americe je nejčastějším vektorem brouk *Chaetocnema pulicaria* (Melsheimer, 1847). Nejdříve roste v apoplastu a později kolonizuje xylém, kde blokuje transport vody a živin (Bartholomew a kol. 2022). Zpočátku jsou vidět vodnaté léze na listech, které se později mění na světle až zelenavě žluté. Postupně pak hnědnou. Při kolonizaci xylému dochází k nekrotickým xylémům a vadnutí rostliny. Při infekci kukuřice v ranných vývojových fázích dochází k silné retardaci růstu (Jeger a kol. 2018).

3.5.5.2 Způsob šíření a hospodářský význam

Šíření patogena ve Spojených státech způsobuje zmíněný brouk *Chaetocnema pulicaria*. Přezimuje ve formě dospělého na jihu země a spolu s ním i tato bakterie, která se během sezóny s ním společně dostává na sever (Jeger a kol. 2018).

Rozšíření na velké vzdálenosti způsobuje infikované osivo kukuřice, ale také jiné hostitelské rostliny z čeledi lipnicovité (Bragard a kol. 2019).

3.5.5.3 Ochrana

Ochrana spočívá zejména v preventivních opatřeních. Zejména vysévání zdravého osiva a použití rezistentních odrůd kukuřice. Možností je také insekticidní ošetření proti vektorům (Rostlinolékařský portál 2022).

Osivo kukuřice dovážené do Evropy musí mít doloženo, že pochází z území, kde se tento patogen nevyskytuje nebo je otestováno na nepřítomnost tohoto patogena (Bragard a kol. 2019).

Metodika

Pokus byl založen na výzkumné stanici FAPPZ Červený Újezd České zemědělské univerzity. Pokus byl rozdělen do několika částí, aby bylo možné sledovat účinek biologického a chemického insekticidu a současně i vliv termínu aplikace.

3.6 Charakteristika pokusného stanoviště

Výzkumná stanice Červený Újezd se nachází ve Středočeském kraji, v okrese Praha-západ. Byla otevřena v roce 1974 jako pracoviště fyto technických kateder Agronomické fakulty vysoké školy zemědělské. V dnešní době slouží jako experimentální pracoviště kateder rostlinné výroby, agroekologie a biometeorologie, pícninářství a trávnickářství, agrochemie a výživy rostlin. Pokusné plochy jsou umístěny na východní straně katastru obce (Výzkumná stanice Červený Újezd 2023).

Pokusné stanoviště má bonitovanou půdně ekologickou jednotku (BPEJ) 4.10.00. Jedná se o středně produkční půdy. Půdní typ je hnědozem s celkovým obsahem skeletu do 10 %. Půda má hluboký orniční profil a je vysoce ohrožená k utužení (EKatalog BPEJ 2022).

3.6.1 Klimatické podmínky

Lokalita spadá do čtvrtého klimatického regionu, který je hodnocen jako mírně teplý a suchý (EKatalog BPEJ 2022).

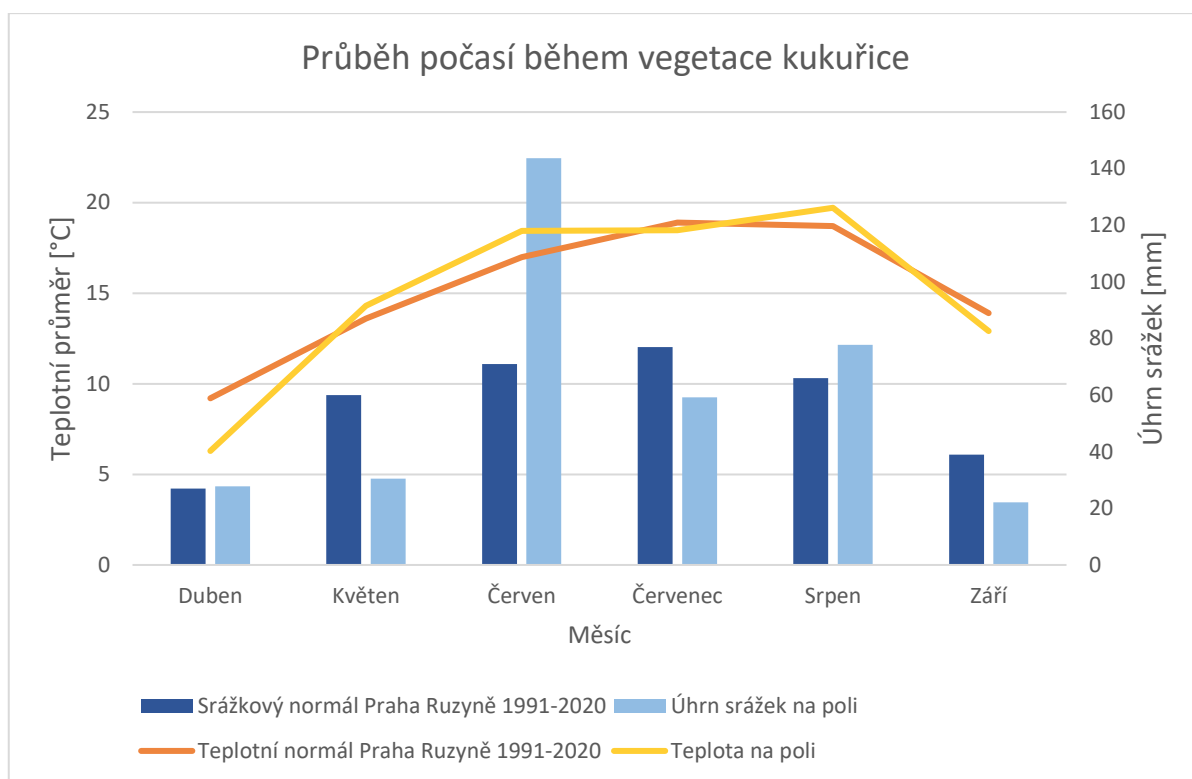
V blízkosti pokusné plochy, v rádiu 150 metrů, byl měřen průběh počasí na meteorologické stanici katedry agroekologie a biometeorologie Fakulty agrobiologie, potravinový a přírodních zdrojů, kterou technicky zabezpečuje firma EMS Brno (Meteorologická stanice: Výzkumná stanice Červený Újezd 2023).

Výsledné naměřené hodnoty o průběhu počasí během vegetace jsou zaznamenány v tabulce 1 a grafu 1. Kde byly i porovnány s dlouhodobým normálem teplot a srážek z meteorologické stanice Praha Ruzyně 1991-2020.

Tabulka 1: Průběh počasí během vegetace kukuřice a hodnocení s normálem Praha Ruzyně 1991-2020.

Měsíc	Teplotní normál	Teplota na poli	Odchylka od normálu	Hodnocení
Duben	9,2	6,29	-2,91	studený
Květen	13,6	14,30	0,70	normál
Červen	17	18,45	1,45	teplý
Červenec	18,9	18,48	-0,42	normál
Srpen	18,7	19,72	1,02	normál
Září	13,9	12,91	-0,99	normál
Průměr	15,2	15,03	-0,19	normál

Měsíc	Srážkový normál	Srážky na poli	% normálu	Hodnocení
Duben	27	27,8	103	normál
Květen	60	30,5	51	suchý
Červen	71	143,7	202	silně vlhký
Červenec	77	59,2	77	normál
Srpen	66	77,8	118	normál
Září	39	22,1	57	normál
Součet	340	361,1	106	normál



Graf 1: Průběh počasí během vegetace kukuřice a srovnání s normálem z meteorologické stanice Praha Ruzyně 1991-2020.

Z příložené tabulky 1 a grafu 1 vyplývá, že měsíc duben byl po srovnání s normálem studený, ale červen byl hodnocen jako teplý. Ostatní měsíce během vegetačního období byly v teplotním normálu. Celkově bylo vegetační období zhodnoceno jako teplotně normální. Z pohledu úhrnů srážek bylo vegetační období kukuřice hodnoceno jako normální. Za toto období spadlo 361,1 mm srážek. Nejsušším měsícem byl květen, kdy spadlo o 49 % méně srážek, než je dlouhodobý normál. Oproti tomu červen byl silně vlhký a spadlo zde 143,7 mm srážek. Ostatní měsíce byly srážkově normální.

3.7 Charakteristika agrotechniky pokusu

Předplodinou pokusu byla pšenice ozimá. Půda byla zpracována na podzim střední orbou a na jaře před setím proběhla standardní příprava půdy pro kukuřici.

Pokus byl vyset 27. dubna 2022. Byly vysety hybridy kukuřice KWS AMAVERITAS (FAO 250). Jednotlivé řádky kukuřice byly od sebe vzdáleny 75 cm. Rozměry parcely pokusu byly 30 m² (3 x 10 m). Hustota výsevu činila 80 tisíc rostlin.ha⁻¹.

Hnojení bylo zajištěno močovinou před setím rozhozem na široko s dávkou 261 kg močoviny na ha. Což zajistilo přísun 120 kg N .ha⁻¹.

Herbicidní ochrana byla řešena preemergentně aplikací herbicidu Lumax, dávkou 3,25 l.ha⁻¹. Dále pak ve fázi čtvrtého listu (BBCH 14) herbicidem Titus 25 WG dávkou 45 g.ha⁻¹.

Sklizeň zelené hmoty proběhla 13. 9. a sklizeň zrna 20. 9. 2022.

3.7.1 Rozmístění parcel pokusu

Pro porovnání účinku biologické a chemické byly zvoleny dva přípravky. Chemický insekticid byl Coragen 20 SC s účinnou látkou chlorantraniliprol a biologický insekticid Lepinox plus na bázi bakterie *Bacillus thuringiensis*.

Pro porovnání vlivu termínu aplikace byly určeny tři termíny:

T1: časný termín

T2: ideální termín

T3: pozdní termín

Časný termín byl stanoven na 22. července, kdy byla doba nejvyššího náletu dospělců do porostu kukuřice.

Ideální termín byl určen 1. srpna, kdy byl předpoklad líhnutí housenek z vajíček.

Pozdní termín byl stanoven na 10. srpna

3.7.2 Charakteristika použitých přípravků na ochranu rostlin

V polním pokusu se používaly dva přípravky proti housenkám zavíječe kukuřičného.

3.7.2.1 Coragen 20 SC

Jako první přípravek byl zvolen insekticid ze skupiny diamidů Coragen 20 SC s účinnou látkou chlorantraniliprole. Přípravek má kontaktní, požerové a lokálně systémové působení. Larvy při kontaktu s účinnou látkou přestávají přijímat potravu, mají sníženou mobilitu a následně hynou (FMC Agro Česká republika).

Byl aplikován na jednotlivé parcely pokusu ve stanovených termínech T1, T2, T3. Vždy se stejnou dávkou účinné látky a to $0,11 \text{ ha}^{-1}$. Aplikace byla prováděna tlakovým zádovým postřikovačem. Dávka vody činila 600 l ha^{-1} .

3.7.2.2 Lepinox plus

Druhý přípravek byl insekticid na bázi *Bacillus thuringiensis* spp. *kurstaki* Lepinox plus. Jedná se o selektivní biologický insekticid proti housenkám. Při pozření bakterie s potravou, dojde k narušení trávicího ústrojí housenky. Housenka přestane během několika desítek minut žrát a během dvou dnů hynie (Biocont 2022).

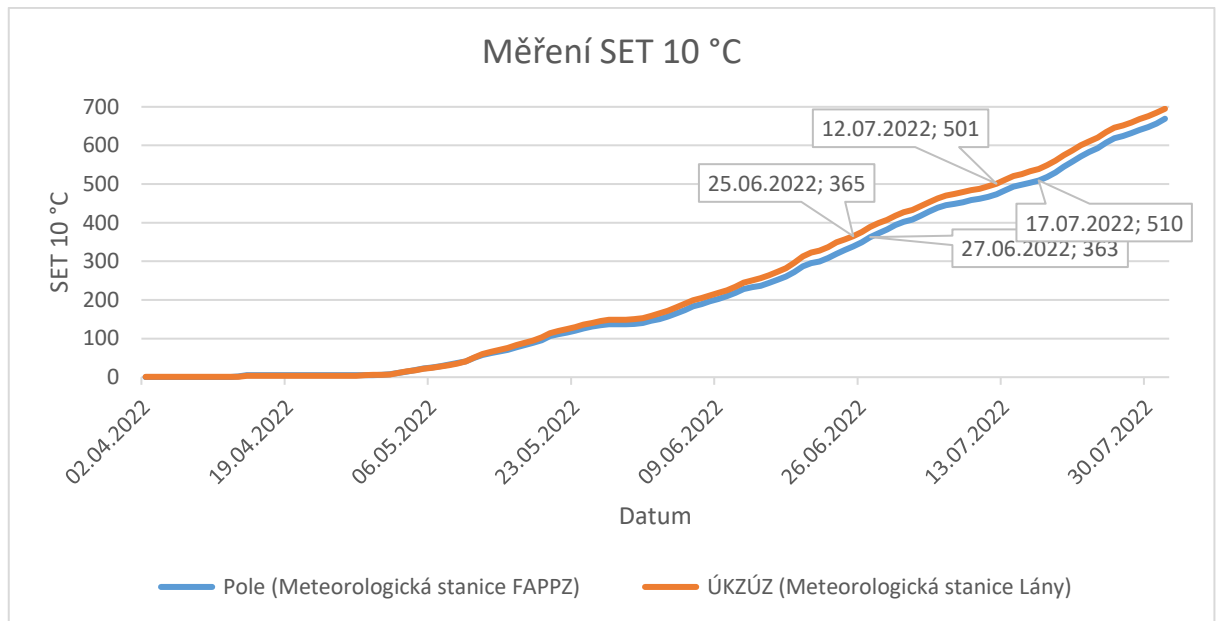
Přípravek byl aplikován na jednotlivé parcely pokusu ve stanovených termínech. S dávkou přípravku 1 kg ha^{-1} a dávkou vody 600 l ha^{-1} .

3.8 Monitoring pokusu

Byl sledován vývoj sumy efektivních teplot měřených na meteorologické stanici v blízkosti pozemku a na meteorologické stanici ČHMÚ v obci Lány 415 m.n.m. Obec Lány je vzdálena od pokusného stanoviště 20 km (Rostlinolékařský portál 2022).

Graf 2 s vývojem sumy efektivních teplot nad $10 \text{ }^\circ\text{C}$ znázorňuje vývoj SET od začátku dubna do konce července. Pro pokus je důležitá hranice SET $360 \text{ }^\circ\text{C}$, která byla překonána 25. června na meteorologické stanici v Lánech a 27. června na meteorologické stanici v blízkosti

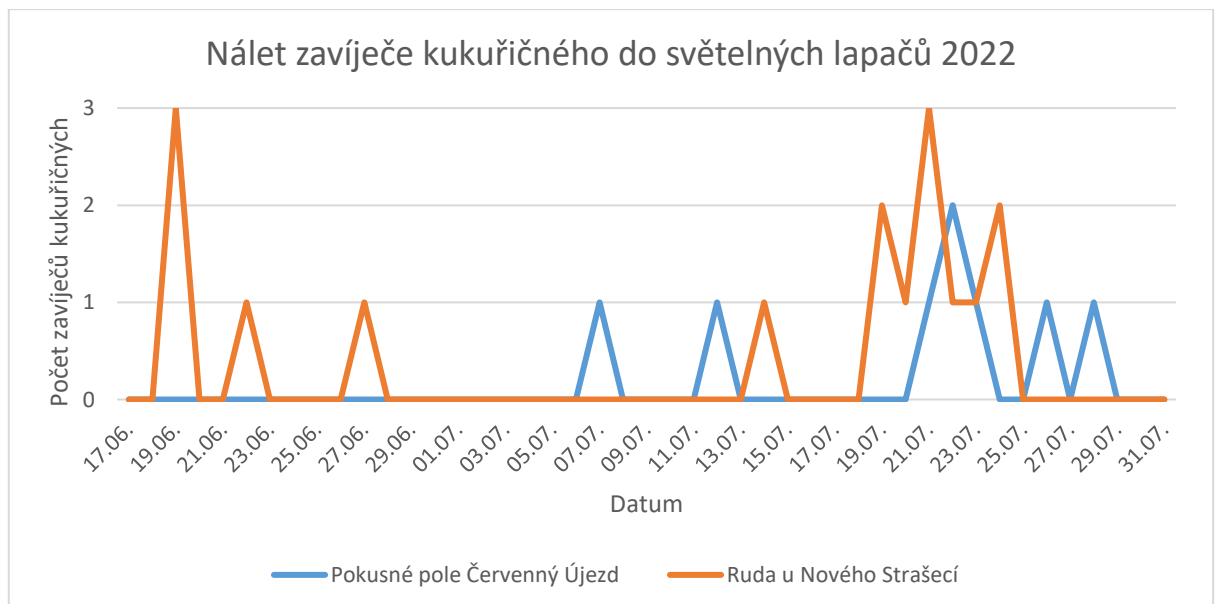
porostu. Při překonání tohoto mezníku je signalizováno kladení vajíček do porostu. Další mezní hodnotou je SET 500 °C, která signalizuje líhnutí housenek z vajíček. Těto hodnoty bylo dosaženo 12. července na meteorologické stanici v Lánech a 17. července na pozemku.



Graf 2: Sumy efektivních teplot nad 10 °C (Rostlinolékařský portál 2022).

Pro zajištění sběru dat monitoringu letové aktivity zavíječe kukuřičného byly využity data ze světelného lapače ÚKZÚZ z lokality Ruda u Nového Strašecí 424 m.n.m. Data náletu do lapače jsou veřejně dostupná na stránkách Rostlinolékařského portálu (Rostlinolékařský portál 2022). Lokalita světelného lapače v Rudě u Nového Strašecí je vzdálená zhruba 30 km od pokusného stanoviště.

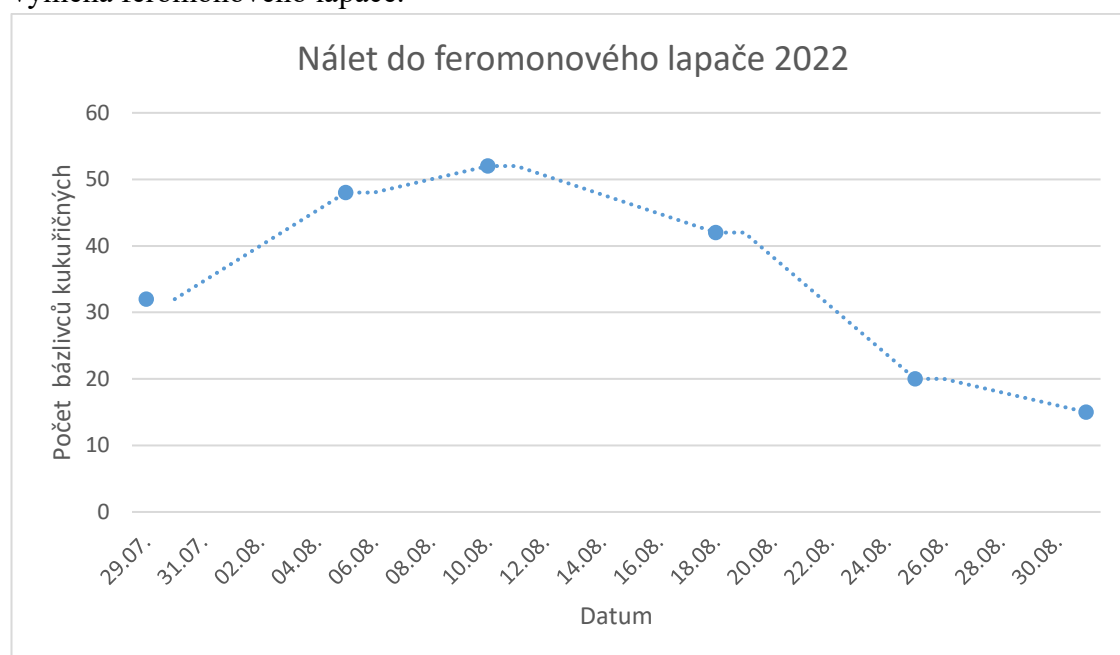
Pro upřesnění situace letu dospělců přímo na poli, byl zřízen polní světelný lapač. Polní světelný lapač byl umístěn na pozemek 17. června na kraj porostu z návětrné strany. Monitoring probíhal až do konce srpna. Pro přehlednost grafu je však zobrazeno pouze období s výskytem škůdce.



Graf 3: Nálet zavíječů kukuřičných do světelných lapačů (Rostlinolékařský portál 2022).

První záchyt v Rudě u Nového Strašecí byl na světelném lapači zaznamenán 19. června. Oproti tomu první nálet do světelného lapače na pokusném stanovišti byl až 7. července. V Rudě u Nového Strašecí byl nejvyšší dosažený záchyt jedinců hned ve dvou případech a to 19. června a 21. července jednalo se vždy o počet 3 dospělců. Nejvyšší záchyt do světelného lapače na pokusném stanovišti byl 22. července s celkovým počtem 2 dospělců a zároveň byly zaznamenány vykladená vajíčka zavíječe kukuřičného v porostu. Tento termín byl stanoven pro aplikaci insekticidních přípravků jako časný termín T1 (Graf 3: Nálet zavíječů kukuřičných do světelných lapačů).

Dále byl za pomoci sférického feromonového lapače umístěného v porostu sledován výskyt bázlivce kukuřičného. Feromonový lapač byl umístěn do porostu 22. června a měření probíhalo do konce srpna. Odpočty jedinců probíhaly každý týden a každý druhý týden proběhla výměna feromonového lapače.



Graf 4: Nálet bázlivce kukuřičného do feromonového lapače 2022.

Graf 4 náletu bázlivce kukuřičného do feromonového lapače zobrazuje průběh aktivity dospělců v porostu. Nejvyšší záchyt byl 10. srpna, kdy počet dospělců byl 52 a nejnižší nálet byl zaznamenán 31. srpna, kdy v lapači bylo 15 jedinců. Graf byl doplněn o spojnicí trendu klouzavého průměru, pro odhadnutí výskytu bázlivce kukuřičného v kukuřičném poli.

3.9 Získávání dat

Vyhodnocení pokusu proběhlo dne 4. září, týden před sklizní porostu. Zaměření bylo na získání dat ohledně výskytu zavíječe kukuřičného a dále výskytu bělorůžové hniloby obilek kukuřice.

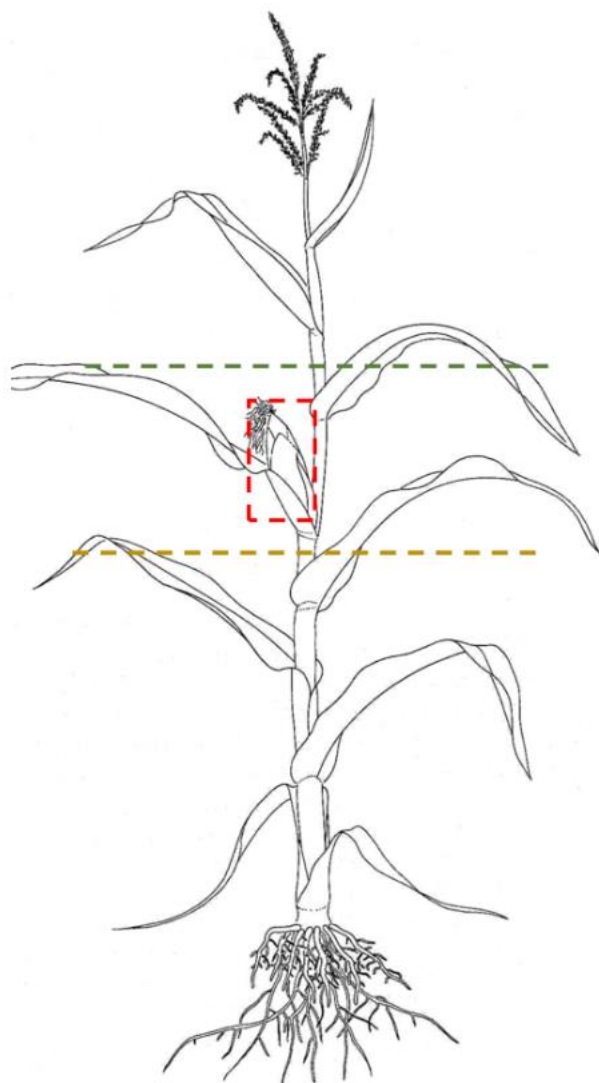
3.9.1 Pozorování zavíječe kukuřičného

Při vyhodnocování se hodnotilo vždy náhodně vybraných 10 rostlin v řadě na jednotlivé parcele pokusu. Početili se vstupní otvory po housenkách zavíječe kukuřičného na jednu rostlinu a dále také měření pro vyhodnocení stupně napadení dle metodiky ÚKZÚZ.

Dle metodiky ÚKZÚZ se pro každou rostlinu určil stupeň napadení. Charakteristiku přiřazení stupně napadení uvádí příložená tabulky 2 a obrázek 1.

Tabulka 2: Metodika určení stupně napadení zavíječem kukuřičným (Rostlinolékařský portál 2022).

Stupeň napadení	Charakteristika napadení
0	Bez napadení
1	Závrtky housenek patrné ve stéble, napadeny jsou části stébla nad palicí (stéblo se láme nad palicí)
2	Závrtky housenek patrné ve stéble, napadeny části stébla pod palicemi (stéblo se láme pod palicí)
3	Závrtky housenek patrné na palici, nebo na stéble a palicích



Stupeň napadení 1: závrtky zavíječe jsou patrné ve stéble nad palicí/palicemi (stéblo se láme nad palicí)

Stupeň 3: závrtky zavíječe jsou patrné na palici nebo na stéble a palici, napadena je palice a části stébla pod i nad palicí/palicemi

Stupeň 2: závrtky zavíječe jsou patrné ve stéble, napadeny jsou části stébla pod palicí/palicemi (stéblo se láme pod palicí)

Obrázek 1: Určení stupně napadení zavíječem kukuřičným (Rostlinolékařský portál 2022).

Výsledky se dále dle vzorečku (Obrázek 2) přepočítaly na index napadení v procentech.

$$x = \sum_{i=0}^{S_{max}} (n_i \cdot s_i) \cdot \frac{100}{N \cdot S_{max}}$$

x = index napadení (%)

N = počet hodnocených rostlin

S_{max} = nejvyšší hodnota stupně napadení

n_i = počet rostlin napadených i -tým stupněm napadení

s_i = i -tý stupeň napadení

Obrázek 2: Vzorec výpočtu indexu napadení zavíječem kukuřičným (Rostlinolékařský portál 2022).

K celkovému indexu napadení na jednotlivé variantě bylo dle tabulky 3 přiřazeno slovní hodnocení výskytu.

Tabulka 3: Hodnocení výskytu zavíječe kukuřičného dle indexu napadení (Rostlinolékařský portál 2022).

Třída výskytu	Index napadení %
bez výskytu	0
slabý výskyt	méně než 20
střední výskyt	20-30
silný výskyt	více než 30

3.9.2 Pozorování *Fusarium* spp.

Při vyhodnocování se hodnotilo vždy náhodně vybraných 10 rostlin v řadě na jednotlivé parcelce pokusu. Dle metodiky ÚKZÚZ se zaznamenávaly rostliny s viditelným napadením houbami rodu *Fusarium* spp. způsobující bělorůžovou hnilobu obilek kukuřice a porovnávaly se s počtem kontrolovaných rostlin.

Výpočet procenta napadených rostlin se provedl dle vzorečku (Obrázek 3).

$$x = C \cdot \frac{100}{N} \quad \text{kde } C \leq N$$

x = procento napadených rostlin nebo jejich částí (%)

N = počet hodnocených rostlin nebo jejich částí

C = počet napadených rostlin nebo jejich částí

Obrázek 3: Vzorec výpočtu procenta napadených rostlin *Fusarium* spp. (Rostlinolékařský portál 2022).

Dle vypočítaného procenta napadených rostlin na jednotlivých variantách pokusu bylo doplněno slovní hodnocení dle tabulky 4.

Tabulka 4: Třída výskytu bělorůžové hniloby obilek kukuřice (Rostlinolékařský portál 2022).

Třída výskytu	% napadených rostlin
bez výskytu	0
slabý výskyt	méně než 10
střední výskyt	10 až 25
silný výskyt	více než 25

4 Výsledky

Vyhodnocení pokusu proběhlo dne 4. září, týden před sklizní porostu. Vyhodnocovalo se 10 rostlin v řadě na jednotlivém řádku (Opakování). U každé rostliny byl zaznamenán počet vstupních otvorů od housenek zavíječe kukuřičného, stupeň napadení zavíječem kukuřičným a houbou rodu *Fusarium* spp. dle metodiky ÚKZÚZ. Celkem od každé varianty bylo hodnoceno 80 rostlin.

Tabulka 5 ukazuje hodnocení výskytu zavíječe kukuřičného na jednotlivých variantách pokusu podle metodiky ÚKZÚZ. Dle hodnocení všechny varianty vykazovaly silný výskyt tohoto škůdce. Nejvyšší výskyt byl zaznamenán na kontrole 1.8. a to 52,1 % a nejnižší byl na variantě, která byla insekticidně ošetřena Coragenem dne 10. srpna. Tato varianta vykazovala 36,3 % výskyt zavíječe kukuřičného.

Tabulka 5: Hodnocení výskytu zavíječe kukuřičného dle metodiky ÚKZÚZ

Varianta	Stupeň napadení 0	Stupeň napadení 1	Stupeň napadení 2	Stupeň napadení 3	Vypočtený index napadení [%]	Hodnocení
Coragen 22.7	46	34	0	0	42,5	Silný výskyt
Lepinox 22.7	13	61	6	0	45,6	Silný výskyt
Kontrola 22.7	3	43	31	3	47,5	Silný výskyt
Coragen 1.8.	50	30	0	0	37,5	Silný výskyt
Lepinox 1.8.	20	56	4	0	40	Silný výskyt
Kontrola 1.8.	3	35	36	6	52,1	Silný výskyt
Coragen 10.8.	23	56	1	0	36,3	Silný výskyt
Lepinox 10.8.	5	65	10	0	53,1	Silný výskyt
Kontrola 10.8.	5	40	29	6	48,3	Silný výskyt

4.1 Výskyt zavíječe kukuřičného

Byl zkoumán vliv jednotlivých přípravků na výskyt housenek zavíječe kukuřičného a dále také vliv termínu aplikace přípravku na jejich výskyt. Výskyt housenek byl hodnocen jako počet tunelů na rostlině.

Výsledky byly vyhodnoceny za pomoci programu STATISTICA 12.

Pro zjištění statisticky významného rozdílu byl proveden nejprve F-test, který potvrdil, že zde jsou statisticky významné rozdíly v termínu aplikace a samotném přípravku. Pro podrobnější vyhodnocení byla použita metoda ANOVA a Tukeyho test o hladině významnosti $\alpha=0,05$.

Tabulka 6: F-test

Jednorozměrné testy významnosti					
Sigma-omezená parametrizace					
Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. Člen	2968,672	1	2968,672	2117,130	0,000000
Termín	29,478	2	14,739	10,511	0,000032
Přípravek	776,269	2	388,135	276,801	0,000000
Termín*Přípravek	26,606	4	6,651	4,743	0,000879
Chyba	996,975	711	1,402		

Znázorněná tabulka 6 ukazuje, že mezi jednotlivými termíny aplikací jsou statistické rozdíly. A stejně tak i mezi jednotlivými přípravky.

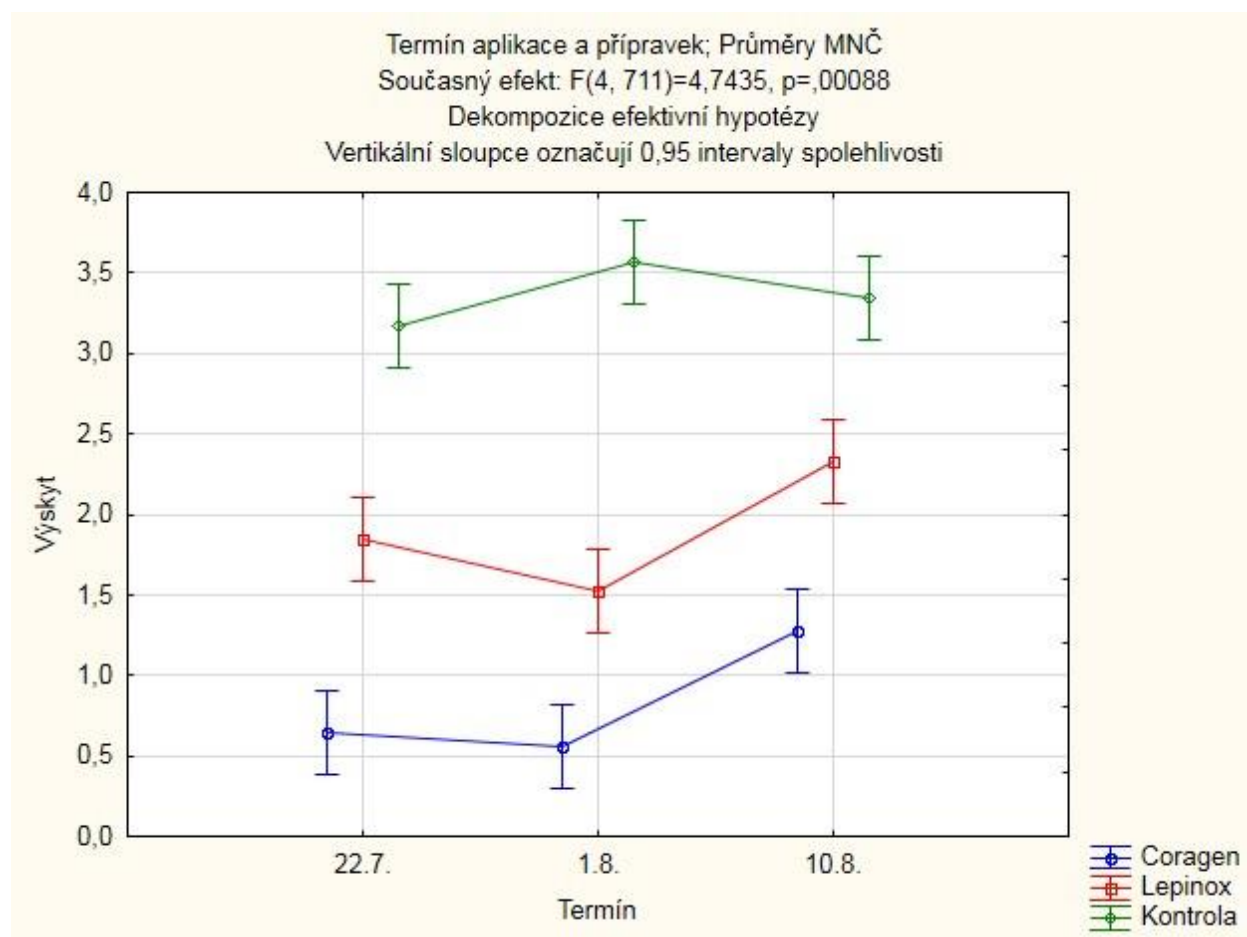
4.1.1 Vliv termínu aplikace na výskyt

Byl porovnán vliv termínu aplikace dvou insekticidních přípravků na výskyt housenek zavíječe kukuřičného.

Ze znázorněného grafu 5 a přiložené tabulky 7 je patrné, že termín aplikace přípravku má vliv na početnost zavíječe kukuřičného.

U parcel s přípravkem Lepinox plus je pozorovatelné, že termín aplikace má vliv na jeho účinnost. Z grafu 5 lze pozorovat, že u tohoto biologického přípravku byl nejúčinnější termín aplikace 1.8. (T2), který ukázal významný statistický rozdíl oproti pozdní aplikaci 10. 8. (T3), která měla nejvyšší výskyt. Časná aplikace přípravku 27.7. (T1) způsobila snížení účinnosti přípravku na počet housenek na rostlině. Nicméně nebyl zde potvrzen průkazný statistický rozdíl ani vůči zbylým dvěma termínům (T2, T3).

U parcel s chemickým přípravkem Coragen 20 SC je vidět podobný efekt jako u biologického přípravku. Ovšem u tohoto přípravku již časný 27.7. (T1) a ideální termín 1.8.(T2) vykazují statisticky významné rozdíly oproti pozdní aplikaci 10.8. (T3).



Graf 5: Vliv termínu aplikace na výskyt zavíječe kukuřičného.

Tabulka 7: Vliv termínu aplikace přípravku na výskyt zavíječe kukuřičného

Tukeyův HSD test							
Homogenní skupiny, alfa= 0,05							
Chyba: meziskup. PČ= 1,4022, sv=711,00							
Č. buňky	Termín	Přípravek	Průměrný výskyt housenek na rostlině	1	2	3	4
4	1.8.	Coragen	0,56			****	
1	22.7.	Coragen	0,65			****	
7	10.8.	Coragen	1,28	****			
5	1.8.	Lepinox	1,53	****			
2	22.7.	Lepinox	1,85	****			****
8	10.8.	Lepinox	2,36				****
3	22.7.	Kontrola	3,18		****		
9	10.8.	Kontrola	3,35		****		
6	1.8.	Kontrola	3,56		****		

Z toho vyplývá, že je účelné termín aplikace přípravku cílit na dobu nejvyššího náletu, nebo nejpozději 10 dní po nejvyšším náletu. Pozdější termín již nedosáhne chtěného efektu snížení počtu zavrtaných housenek.

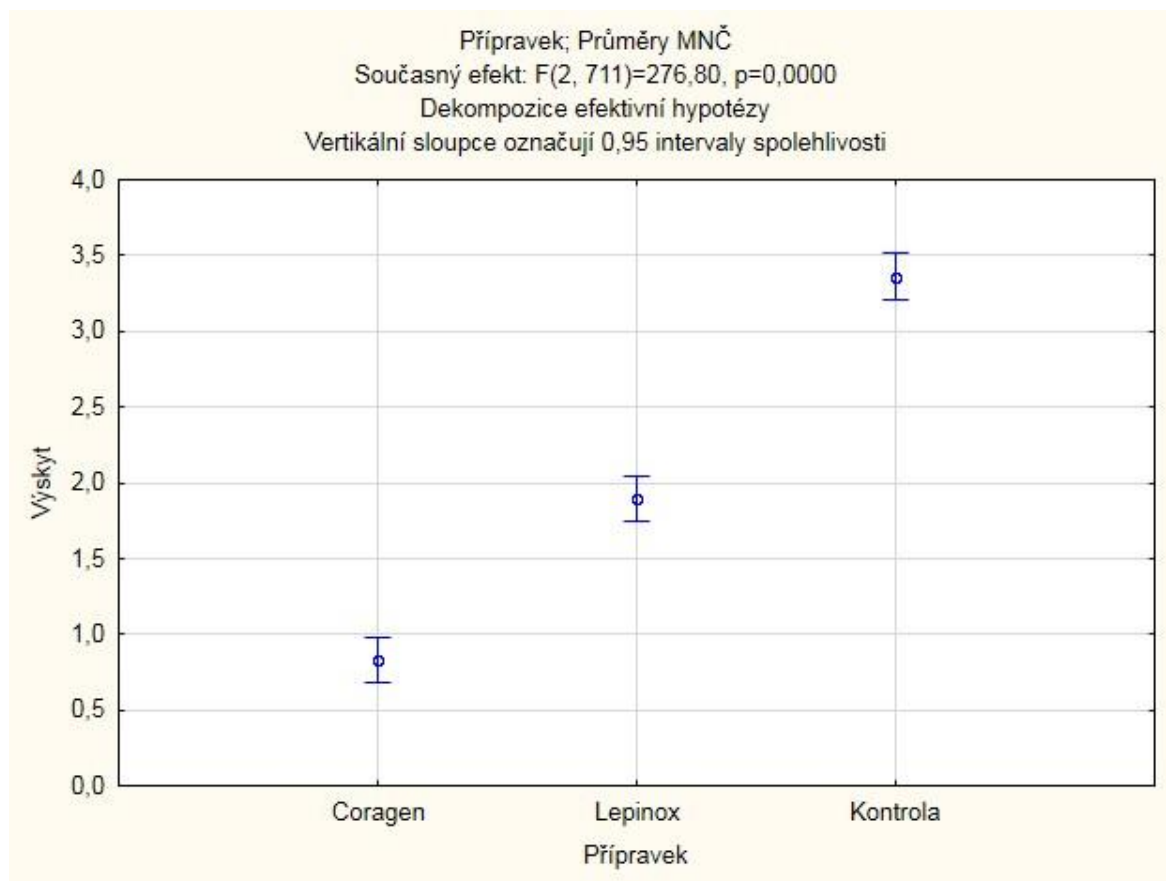
4.1.2 Účinnost jednotlivých insekticidů na napadení

Byla hodnocena účinnost aplikace insekticidů Coragen 20 SC a Lepinox plus v porovnání s kontrolou.

Z příloženého grafu 6 a tabulky 8 je patrný rozdíl mezi jednotlivými insekticidy tak i neošetřovanou kontrolou. Tukeyho test potvrdil statisticky významný rozdíl mezi kontrolou a oběma insekticidně ošetřovanými porosty a také mezi jednotlivými insekticidy, kdy nejnižší výskyt byl v porostu ošetřovaném insekticidem Coragen 20 SC a vykazoval výskyt v průměru 0,83 housenky na rostlinu. Druhý sledovaný insekticid Lepinox plus vykazoval výskyt v průměru 1,9 housenky na rostlinu a neošetřovaná kontrola měla v průměru 3,36 housenky na rostlinu

Tabulka 8: Výskyt zavíječe kukuřičného na insekticidně ošetřených parcelách v porovnání s kontrolou.

Tukeyův HSD test					
Homogenní skupiny, alfa=0,05					
Chyba: meziskup. PČ= 1,4022, sv=711,00					
č. buňky	Přípravek	Průměrný výskyt housenek na rostlině	1	2	3
1	Coragen	0,83	****		
2	Lepinox	1,90		****	
3	Kontrola	3,36			****



Graf 6: Výskyt zavíječe kukuřičného na insekticidně ošetřených parcelách v porovnání s kontrolou

4.2 Výskyt *Fusarium* spp. na hodnocených parcelách

Byl hodnocen výskyt bělorůžové hniloby obilek kukuřice na jednotlivých variantách pokusu. Měření proběhlo dle metodiky ÚKZÚZ a následně byly výsledky zhodnoceny taktéž dle zmíněné metodiky.

Z příložené tabulky 9 je patrné, že téměř všechny varianty vykazovaly slabý výskyt bělorůžové hniloby obilek kukuřice. Jediná varianta (Kontrola) vykazovala střední výskyt a to 11,25 % napadených rostlin. Varianty ošetřené Coragenem 20 SC v časném (22.7) a ideálním (1.8.) termínu vykazovaly nejnižší procento napadených rostlin houbou a to 3,75 %.

Tabulka 9: Výsledky hodnocení výskytu *Fusarium* spp. na jednotlivých variantách

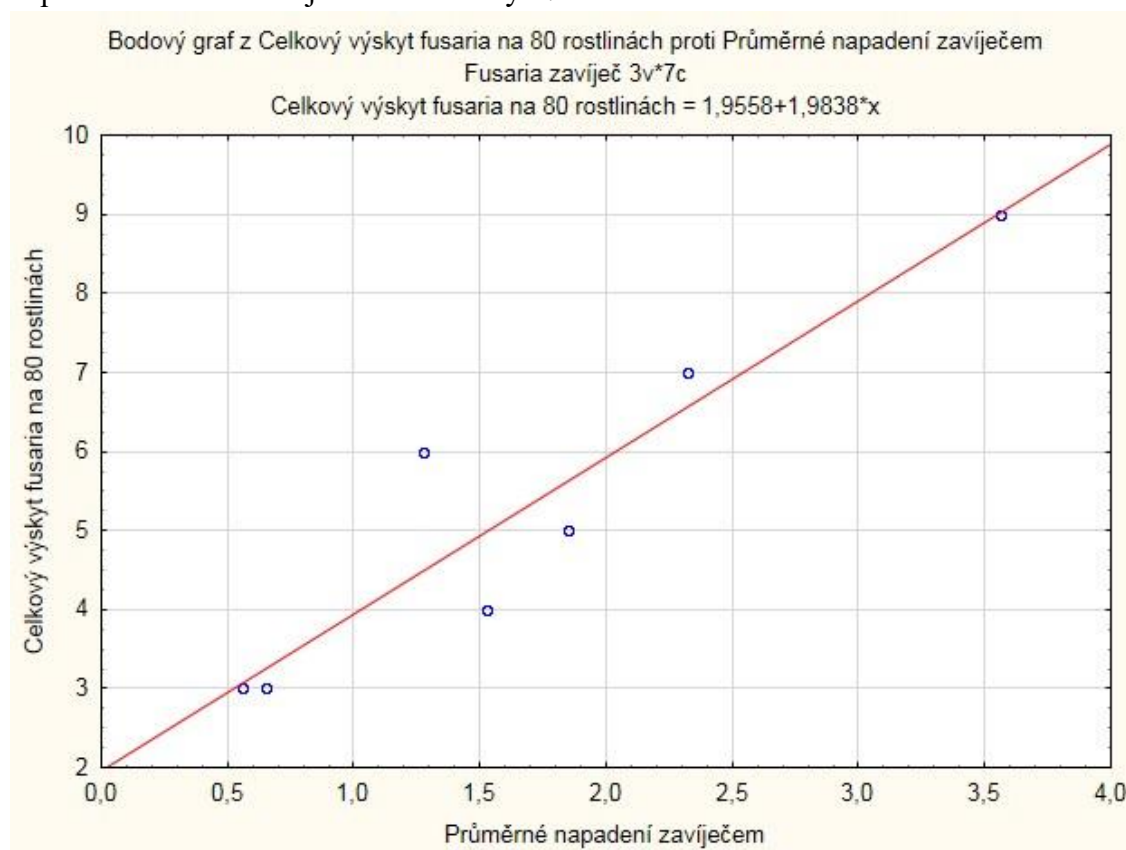
Typ a datum ošetření	Lepinox 22.7	Coragen 22.7	Lepinox 1.8	Coragen 1.8	Lepinox 10.8	Coragen 10.8	Kontrola
Počet napadených rostlin	5	3	4	3	7	6	9
Procento napadených rostlin [%]	6,25	3,75	5	3,75	8,75	7,5	11,25
Hodnocení	Slabý výskyt	Slabý výskyt	Slabý výskyt	Slabý výskyt	Slabý výskyt	Slabý výskyt	Střední výskyt

Pro zjištění závislosti napadení zavíječem kukuřičným a výskytem hub rodu *Fusarium* spp. byla provedena regresní a korelační analýza v programu STATISTICA 12. Jak dokládá tabulka 10, do analýzy byly posuzovány hodnoty: Celkový výskyt *Fusarium* spp. na 80 rostlinách a Průměrné napadení zavíječem kukuřičným.

Tabulka 10: Vstupní hodnoty pro analýzu závislosti napadení zavíječem kukuřičným a výskytem *Fusarium* spp.

Typ a datum ošetření	Celkový výskyt <i>Fusarium</i> spp. na 80 rostlinách	Průměrné napadení zavíječem [počet tunelů na rostlinu]
Lepinox 22.7	5	1,85
Coragen 22.7	3	0,65
Lepinox 1.8	4	1,525
Coragen 1.8	3	0,5625
Lepinox 10.8	7	2,325
Coragen 10.8	6	1,275
Kontrola	9	3,5625

Při analýze byl vytvořen bodový graf s proloženou přímkou vzniklou z regresní rovnice. Z příloženého grafu 7 a tabulky 11 je patrné, že se jedná o rostoucí lineární závislost. Výsledná regresní rovnice pak vypadá takto $y=1,9558+1,9838*x$. Z tabulky 11 lze vyčíst, že dle Pearsonova korelačního koeficientu (R) se jedná o silnou závislost. Dále lze vidět, že je zde významně statistický rozdíl a počet napadených rostlin *Fusarium* spp. je z 86 % závislý na napadení kukuřice zavíječem kukuřičným.



Graf 7: Bodový graf závislosti výskytu *Fusarium* spp. a průměrným napadením zavíječem kukuřičným

Tabulka 11: Výsledky regresní analýzy závislosti výskytu *Fusarium* spp. na napadením zavíječem kukuřičným

<p>Výsledky regresní analýzy se závislou proměnnou: Celkový výskyt <i>Fusarium</i> spp. na 80 rostlinách $R=0,93135945$ $R^2=0,86743043$ Upravené $R^2= 0,84091651$ $F(1,5)=32,716$ $p= 0,002284$ Směrod.chyba odhadu : 0,8333</p>						
N=7	b*	Sm. chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(5)	p-hodn.
Abs.člen			1,955766	0,671118	2,914190	0,033237
Průměrné napadení zavíječem [Počet tunelů na rostlinu]	0,931359	0,162831	1,983799	0,346830	5,719794	0,002284

Tato analýza tedy potvrzuje teorii o závislosti výskytu bělorůžové hniloby obilok kukuřice a napadením zavíječem kukuřičným. A potvrzuje nutnost zaměření se na nepřímou ochranu proti této chorobě, a to zamezením způsobení škod zavíječem kukuřičným.

5 Diskuze

Rok 2022 byl pro pozorování výskytu zavíječe kukuřičného vhodným rokem. Všechny varianty vykazovaly silný výskyt tohoto škůdce. Ovšem let dospělců byl v tomto roce rozvleklý a určení termínu pro správnou aplikaci vyžadovalo kombinaci několika monitorovacích metod.

Tento vývoj mohlo silně ovlivnit počasí. Kolařík & Kolaříková (2019) uvádí, že výskyt zavíječe ovlivňuje průběh povětrnostních podmínek. Při dlouhém období s vysokými teplotami a minimem srážek, bývá výskyt tohoto škůdce snížený. Květen byl suchý společně se začátkem června, teprve až v druhé polovině června začaly přicházet větší úhrny srážek. Tento průběh počasí mohl posunout kuklení a líhnutí dospělců zavíječe kukuřičného.

Stěžejní monitorovací aktivitou byl monitoring náletu do světelných lapačů a přímý monitoring vajíček v porostu. Suma efektivních teplot byla vedena jako doplňkové měření a ukázala jako termín náletu motýlů do porostu den 27. června. Ovšem první zachycený zavíječ ve světelném lapači umístěném na poli byl až 7. července, od tohoto datumu byl započat přímý monitoring hledání vajíček v porostu. Dne 17. července byla překonána hranice SET 500 °C signalizující líhnutí housenek, ovšem v porostu nebyly zaznamenány. Vrchol náletu do světelného lapače byl zaznamenán 22. července, kdy byly nalezeny i vajíčka v porostu. Tento den byl určen pro časnou aplikaci insekticidů (T1).

Jednotlivé metody monitoringu vykazovali odlišnosti v určení ideálního termínu. Proto lze doporučit kombinaci nejlépe všech tří metod. Nejméně pracná je metoda měření SET 10 °C, ovšem jak uvádí Talich a kol. (2013) jedná se spíše o orientační a málo spolehlivou metodu. Pro přesnější určení slouží světelné lapače, které jsou buď umístěné přímo na poli anebo je po České republice síť světelných lapačů spravovaných ÚKZÚZ a databáze z nich je volně přístupná na rostlinolékařském portále (Rostlinolékařský portál 2022).

5.1 Výskyt zavíječe kukuřičného

Výskyt zavíječe kukuřičného na všech variantách pokusu byl hodnocen dle metodiky ÚKZÚZ jako silný výskyt. Pro statistická vyhodnocení se braly počty tunelů na rostlinu. Z důvodu lepší porovnatelnosti se zahraničními články.

5.1.1 Vliv termínu aplikace insekticidu na výskyt zavíječe kukuřičného

Ochrana proti tomuto škůdci je zvláště náročná, protože existuje pouze úzké časové okno pro aplikaci insekticidů mezi vylíhnutím housenek z vajíček a jejich zavrtáním do stébla rostliny, kam se již insekticidy nedostanou. Účinnost aplikace je tedy závislá nejen na typu přípravku, ale především na správném načasování jeho aplikace (Kačar a kol. 2023).

V diplomové práci byl sledován vliv tří termínů (T1, T2, T3) na účinnost insekticidu. Ukázalo se, že insekticid Coragen 20 SC měl v časném (T1) a ideálním (T2) termínu podobnou účinnost a významně se statisticky lišil od pozdní aplikace (T3). Oproti tomu Lepinox plus byl nejúčinnější pouze v ideálním (T2) termínu aplikace.

Blandino a kol. (2009) v Itálii provedli dvouletý pokus, kde zjišťovali vliv termínu aplikace dvou různých insekticidů na výskyt zavíječe kukuřičného. V pokusu testovali insekticid s účinnými látkami clorpirifos + cypermethrin a druhý testovaný insekticid obsahoval účinnou látku oxidiazine. Pro každý insekticid vymezili čtyři termíny aplikace, vždy po deseti

dnech. Dva termíny aplikace před vrcholem letu zavíječe kukuřičného a dva termíny po vrcholu letu. Po vyhodnocení výsledků došli k závěru, že u obou insekticidů byly neúčinnější termíny aplikace v rozmezí deseti dnů od nejvyššího náletu. Což odpovídá námi získaným výsledkům.

Bažok a kol. (2009) ve svém tříletém pokusu testoval vliv termínu aplikace na účinnost šesti různých insekticidů mimo jiné i *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*. Pokus prováděl na cukrové kukuřici, která je na napadení zavíječem kukuřičným náchylnější. Ze svých výsledků došel k závěru, že účinnost biologického preparátu z *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* je silně závislá na termínu aplikace. Preparát podléhá rychlé degradaci a je neúčinnější na právě vylíhlé housenky z vajíček. Podobný trend tohoto biopreparátu je možný pozorovat i v této diplomové práci. Nejnižší průměrný výskyt na variantě Lepinox plus byl 1,85 housenky na rostlinu insekticidně ošetřené v ideálním termínu. V tomto termínu dle výsledků z monitoringu se líhlo nejvíce housenek, které tímto přípravkem byly zasaženy.

Nabízí se možnost spojení insekticidní aplikace proti larvám zavíječe kukuřičného a dospělcům bázlivce kukuřičného. Během pokusu byl prováděn monitoring náletu imag bázlivce kukuřičného do feromonového lapače, jež uvádí graf 4. Tento monitoring zaznamenal vrchol náletu dne 10. 8. Kdy byl i pozdní termín (T3) aplikace insekticidu proti housenkám zavíječe kukuřičného. Teoreticky by mohla tato aplikace snížit populaci dospělců bázlivce kukuřičného.

Boriani a kol. (2006) uvádí, že kontrola dospělců bázlivce kukuřičného a zároveň zavíječe kukuřičného je možná, ale není tolik účinná. Jelikož doba vhodného termínu aplikace u obou škůdců se meziročně liší. A spojená aplikace nedosáhne chtěného efektu snížení obou populací pod ekonomický práh škodlivosti. Což se ukázalo i v našem pokusu, kdy zdánlivě vhodný termín (10.8.) pro aplikaci insekticidu proti bázlivci kukuřičnému, nedosáhl nejlepší účinnosti proti housenkám zavíječe kukuřičného.

5.1.2 Účinnost jednotlivých insekticidů na napadení zavíječem kukuřičným

Nejnižší výskyt vykazovaly varianty ošetřované insekticidem Coragen 20 SC, kdy výskyt housenek byl v průměru 0,83 housenky na rostlinu. Druhý sledovaný insekticid Lepinox plus vykazoval výskyt v průměru 1,9 housenky na rostlinu a neošetřovaná kontrola měla v průměru 3,36 housenky na rostlinu. Tudíž, druhá hypotéza: Předpokládá se, že bude v pokusu shodná účinnost biologického i konvenčního insekticidu na výskyt zavíječe kukuřičného, byla vyvrácena. Jelikož se potvrdil statisticky významný rozdíl mezi insekticidem Coragen 20 SC a insekticidem Lepinox plus.

Podobný pokus založil Vasileiadis a kol. (2017), který ve dvouletém pokusu hodnotil účinnost tří insekticidů proti housenkám zavíječe kukuřičného. Nejvyšší účinnost vykazoval v obou letech insekticid s účinnou látkou chlorantraniliprol, za ním byl insekticid s účinnou látkou lambda-cyhalothrin a třetí byl insekticid na bázi *Bacillus thuringiensis*. Ovšem v obou letech nezaznamenal statisticky významný rozdíl mezi účinností těchto insekticidů.

Ovšem během pokusu sledoval i vliv insekticidů na dravé plošnice (*Orius* spp.) v porostu. A dosáhl zajímavého výsledku. Nejnižší vliv na populaci těchto ploštic měl insekticid na bázi *Bacillus thuringiensis*, hned za ním byl insekticid s účinnou látkou chlorantraniliprol a nejvyšší vliv na populaci měl insekticid s účinnou látkou lambda-cyhalothrin, který vykazoval významný statistický rozdíl vůči oběma insekticidům (Vasileiadis a kol. 2017).

5.1.3 Výskyt *Fusarium* spp. na hodnocených parcelách

Poškození od housenek zavíječe kukuřičného je vstupní branou pro infekce houbovými patogeny, zejména rodu *Fusarium* spp. Blandino a kol. (2008) uvádí, že v severní Itálii, kde se vyskytují obvykle dvě generace zavíječe ročně. Má druhá generace housenek tohoto škůdce větší význam v přenosu této choroby než ta první. V České republice je zatím známý výskyt druhé generace zavíječe pouze na jižní Moravě. V budoucnu je nutné ale počítat s možností rozšíření do dalších částí republiky (Bagar 2021). Dále uvádí, že je nejčastěji přenášeno *Fusarium verticillioides* oproti jiným druhům rodu *Fusarium* spp. a pro minimalizaci kontaminace těmito patogeny je hlavní strategií přímá kontrola zavíječe kukuřičného.

V našem pokusu byl dle metodiky ÚKZÚZ zaznamenán převážně slabý výskyt tohoto patogena. Jediná kontrola vykazovala střední výskyt. Dále byl za pomoci regresní a korelační analýzy porovnán průměrný výskyt zavíječe kukuřičného a výskyt fuzária na rostlinách. Byla zjištěna silná závislost výskytu tohoto patogena až 86 % na výskytu housenek zavíječe kukuřičného. Což odpovídá tvrzení Říha (2021), který se zmiňuje, že vazba výskytu bělorůžové hniloby obilok kukuřice na poškození zavíječem je až 80 %.

Scarpino a kol. (2015) provedli tříletý výzkum vlivu výskytu zavíječe kukuřičného na výskyt mykotoxinu MON. Jedná se o mykotoxin moniliformin (MON), který je produkován právě houbami rodu *Fusarium* spp. Došli k závěru, že mezi výskytem tohoto mykotoxinu a poškozením způsobeným housenkami zavíječe kukuřičného je úzká souvislost. Zmiňují taky silný vliv průběhu počasí. Jelikož v roce 2009, kdy v době kvetení do zrání zrna panovalo suší období, zaznamenali nízký výskyt tohoto mykotoxinu. Vlivem housenek došlo k zvýšení mykotoxinu 26x. Naopak v roce 2010 kdy ve stejném období byly vlhčí podmínky, se výskyt mykotoxinu zvýšil 93x.

6 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zjistit vhodný termín aplikace a typ přípravku proti zavíječi kukuřičnému.

Z designu a výsledků pokusu je patrné, že největší účinnost vykazovaly oba přípravky aplikované 10 dní (T2) od zaznamenaného největšího náletu. Ovšem ukázalo se, že i časná aplikace (T1) insekticidu Coragen 20 SC dosáhla podobné účinnosti, jako v již zmiňovaný ideální termín (T2).

Při statistickém vyhodnocení byla vyvrácena první hypotéza.

Hypotéza č. 1: Předpokládá se, že největší účinnost bude mít aplikace přípravku 10-15 dní po nejvyšším náletu imag zavíječe kukuřičného.

Jelikož oba přípravky aplikované v časném (T1) a ideálním (T2) termínu ve statistickém srovnání nevykázali mezi sebou statisticky významné rozdíly v počtu housenek na rostlinu. Statisticky významné rozdíly vykazovali až oproti pozdnímu termínu (T3). Termín aplikace přípravků by se, dle tohoto vyhodnocení, měl směřovat od doby nejvyššího náletu dospělců do následujících 10 dnů. Pozdější termín už nedosáhne chtěné účinnosti.

Druhá hypotéza byla taktéž vyvrácena. Jelikož se ukázaly významné statistické rozdíly mezi výskytem housenek na jednotlivých variantách, kde byly aplikovány přípravky.

Hypotéza č. 2: Předpokládá se, že bude v pokusu shodná účinnost biologického i konvenčního insekticidu na výskyt zavíječe kukuřičného.

Nejnižšího počtu housenek na rostlinu dosáhly varianty s aplikovaným insekticidem Coragen 20 SC, které vykazovaly 0,83 housenky na rostlinu. Varianty s aplikovaným insekticidem Lepinox plus vykazovaly 1,9 housenky na rostlinu.

Dalším cílem bylo posoudit vliv aplikace přípravku na ostatní choroby a škůdce na kukuřici. Na jednotlivých variantách pokusu byl měřen výskyt bělorůžové hniloby obilek kukuřice. Výskyt byl hodnocen dle metodiky ÚKZÚZ a téměř všechny varianty vykazovaly slabý výskyt. Jediná varianta kontrola vykazovala silný výskyt.

Dále bylo provedeno vyhodnocení závislosti výskytu bělorůžové hniloby obilek na výskytu larev zavíječe kukuřičného. Vyhodnocení ukázalo, že se jedná o silnou lineárně rostoucí závislost.

Závěrem je nutno říci, že se jednalo o jednoletý pokus. A průběh ročníku má značný vliv na výskyt chorob a škůdců. Pro přesnější zhodnocení a eliminaci ročníkového vlivu, by bylo zapotřebí provést víceletý pokus. Z výsledků je možné doporučit sledování náletu dospělců zavíječe kukuřičného do světelných lapačů a cílení termínu aplikace přípravků na rozmezí od nejvyššího náletu po dobu následných 10 dní. Při rozvěklém náletu je lepší aplikace Coragenu 20 SC, u kterého není tolik znatelný vliv termínu aplikace oproti Lepinox plus.

7 Literatura

Achon, M. A., Serrano, L., Sabate, J., Porta, C. 2015. Understanding the epidemiological factors that intensify the incidence of maize rough dwarf disease in Spain. 166 (2). 311-320. doi: 10.1111/aab.12184.

Álvarez-Alfageme, F., Devos, Y., Camargo, A. M., Arpaia, S., Messéan, A. 2021. Managing resistance evolution to transgenic Bt maize in corn borers in Spain. 42 (2). 201-219. doi: 10.1080/07388551.2021.1931018.

Álvarez, F., Martín Camargo, A., Messéan, A., Lenzi, P., Streissl, F. 2022. Assessment of the 2020 post-market environmental monitoring report on the cultivation of genetically modified maize MON 810 in the EU. 20 (7). 1-40. doi: 10.2903/j.efsa.2022.7406.

Anderson, S. J., Simmons, H. E., French-Monar, R. D., Munkvold, G. P. 2016. Susceptibility of Maize Inbreds and Incidence of Symptomless Infection by the Head Smut Pathogen, *Sphacelotheca reiliana*. 17 (1). 1-5. doi: 10.1094/PHP-RS-15-0014.

Arends, B. R., Reisig, D. D., Gundry, S., Greene, J. K., Kennedy, G. G., Reay-jones, F. P. F., Huseeth, A. S. 2022. *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) feeding incidence and survival on Bt maize in relation to maize in the landscape. 78 (6). 2309-2315. doi: 10.1002/ps.6855.

Asiimwe, T., Stewart, L. R., Willie, K., Massawe, D. P., Kamatenesi, J., Redinbaugh, M. G. 2020. Maize lethal necrosis viruses and other maize viruses in Rwanda. 69 (3). 585-597. doi: 10.1111/ppa.13134.

Bagar, M. 2021. Bude nás trápít druhá generace zavíječe?. XXIX (11/2021). 23.

Bartholomew, H. P., Reynoso, G., Thomas, B. J., Mullins, C. M., Smith, C., Gentzel, I. N., Giese, L. A., Giese, D., Stevens, A. M. 2022. The Transcription Factor Lrp of *Pantoea stewartii* subsp. *stewartii* Controls Capsule Production, Motility, and Virulence Important for in planta Growth. [Online]2 (12). 1-9. doi: 10.3389/fmicb.2021.806504.

Bažok, R., Igrc Barèiæ, J., Kos, T., Èuljak, T. G., Šiloviæ, M., Jelovèan, S., Kozina, A. 2009. Monitoring and efficacy of selected insecticides for European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hubn., Lepidoptera: Crambidae) control. 82 (4). 311-319. doi: 10.1007/s10340-009-0255-z.

Bereś, P. K. 2015. The occurrence and harmfulness of *Oscinella frit* L. (Diptera: Chloropidae) to maize cultivars cultivated for grain in South-Eastern Poland. 14 (3). 15-24.

Blandino, M., Peila, A., Reyneri, A. 2009. Timing clorpirifos + cypermethrin and indoxacarb applications to control European corn borer damage and fumonisin contamination in maize kernels. 90 (3). 521-529. doi: DOI: 10.1002/jsfa.3850.

Blandino, M., Reyneri, A., Vanara, F., Pascale, M., Haidukowski, M., Saporiti, M. 2008. Effect of sowing date and insecticide application against European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) on fumonisin contamination in maize kernels. 27 (11). 1432-1436. doi: 10.1016/j.cropro.2008.06.005.

Blandino, M., Saladini, M. A., Alma, A., Reyneri, A. 2010. Pyrethroid Application Timing to Control European Corn Borer (Lepidoptera: Crambidae) and Minimize Fumonisin Contamination in Maize Kernels. 38 (1). 75-82. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/23790382>

Boriani, M., Agosti, M., Kiss, J., Edwards, C. R. 2006. Sustainable management of the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae), in infested areas. 36 (3). 531-537. doi: 10.1111/j.1365-2338.2006.01055.x.

Bragard a kol., C., 2022. Pest categorisation of *Stenocarpella maydis*. 20 (11). doi: 10.2903/j.efsa.2022.7626.

Bragard, C., Dehnen-schmutz, K., Di Serio, F., Gonthier, P., Jacques, M., Jaques Miret, J. A., Justesen, A. F., Magnusson, C. S., Milonas, P., Navas-cortes, J. A., Parnell, S., Potting, R., Reignault, P. L., Thulke, H., Van der Werf, W., Civera, A. V., Yuen, J., Zappalà, L., Czwienczek, E., Streissl, F. 2020. Pest categorisation of *Exomala orientalis*. [Online]18 (4). 1-29. doi: 10.2903/j.efsa.2020.6103.

Bragard, C., Dehnen-Schmutz, K., Di Serio, F., Gonthier, P., Jacques, M., Jaques Miret, J. A., Justesen, A. F., MacLeod, A., Magnusson, C. S., Milonas, P., Navas-Cortes, J., Parnell, S., Potting, R., Reignault, P. L., Thulke, H., Civera, A. V., Yuen, J., Zappalà, L., Battilani, P., Pautasso, M., van der Werf, W. 2019. Risk assessment of the entry of *Pantoea stewartii* subsp. *stewartii* on maize seed imported by the EU from the USA. 17 (10). doi: 10.2903/j.efsa.2019.5851.

Brant, V., Fuksa, P., Hakl, J., Jursík, M., Kroulík, M., Prokinová, E., Škeříková, M., Šmöger, J., Záborský, P. 2020. Efektivní hospodaření s vodou a eliminace degradace půdy v pěstebních systémech kukuřice seté. Praha. Agrární komora České republiky. ISBN: 978-80-88351-13-9.

Bressan, W. 2003. Biological control of maize seed pathogenic fungi by use of actinomycetes. 48 (2). 233-240. doi: 10.1023/A:1022673226324.

Clemente-Orta, G., Albajes, R., Batuecas, I., Achon, M. A. 2021. Planting period is the main factor for controlling maize rough dwarf disease. 11 (1). doi: 10.1038/s41598-020-79994-5.

Deppe, C. 2017. Nezdolný zahradník: pěstování potravin a soběstačnost v nejistých časech : pět potravin nutných pro přežití a prosperitu: brambory, kukuřice, fazole, dýně a vejce. Praha. DharmaGaia. ISBN: 978-80-7436-071-8.

El-Wakeil, N., Volkmar, C. 2013. Zur biologischen Regulation der Fritfliege *Oscinella frit* (L.) durch entomopathogene Nematoden an Sommerweizen. 65 (1). 9–18. doi: 10.5073/JfK.2013.01.02.

El-Wakeil, N., Volkmar, C. 2011. Effect of Weather Conditions on Frit Fly (*Oscinella frit*, Diptera: Chloropidae) Activity and Infestation Levels in Spring Wheat in Central Germany. 63 (4). 159-165. doi: 10.1007/s10343-011-0255-9.

Emden, H. F. 2013. Handbook of Agricultural Entomology [Online]. 1st ed. New Jersey. John Wiley & Sons, Incorporated. ISBN: 9781118469590. Retrieved from

hhttp://ebookcentral.proquest.com/lib/czup/detail.action?docID=1120665.Created from czup on 2021-02-06

Eyvazi, A., Massah, A., Soorni, A., Babaie, G. 2021. Molecular phylogenetic analysis shows that causal agent of maize rough dwarf disease in Iran is closer to rice black-streaked dwarf virus. 160 (2). 411-425. doi: 10.1007/s10658-021-02253-4.

Faria, M. R., Guimarães, R. A., Pinto, F. A. M. F., Siqueira, C. S., Silva, C. A., Medeiros, F. H. V., Bettiol, W. 2020. Contribution of organic amendments to soil properties and survival of *Stenocarpella* on maize stalk. 77 (6). doi: 10.1590/1678-992x-2018-0289.

Godbold, R., Little, N. S., Crow, W. D., Gore, J., Cook, D. R., Musser, F., Catchot, A. L., Dodds, D. M., Towles, T. 2023. Efficacy of Bt Toxins and Foliar Insecticides Against Bollworm, *Helicoverpa zea* (Boddie), in Dried Flower Corollas of Cotton. 27 (1). 28 - 36. doi: 10.56454/ZNAX3626.

Gong, A., Jing, Z., Zhang, K., Tan, Q., Wang, G., Liu, W. 2020. Bioinformatic analysis and functional characterization of the CFEM proteins in maize anthracnose fungus *Colletotrichum graminicola*. 19 (2). 541-550. doi: 10.1016/S2095-3119(19)62675-4.

Griekspoor, Y., Kurm, V., Jakomin, T., Bonants, P., Schoen, C. 2023. Development of an on-site LAMP assay for identification of *Thaumatotibia leucotreta* and *Helicoverpa armigera* larvae on rose. 165 (3). 593-601. doi: 10.1007/s10658-022-02619-2.

Grové, T., de Jager, K., Theledi, M. L. 2019. Fruit flies (Diptera: Tephritidae) and *Thaumatotibia leucotreta* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae) associated with fruit of the family Myrtaceae Juss. In South Africa. 116 . 24-32. doi: 10.1016/j.cropro.2018.10.008.

Guerra, F. A., De Rossi, R. L., Brücher, E., Vuletic, E., Plazas, M. C., Guerra, G. D., Ducasse, D. A. 2019. Occurrence of the complete cycle of *Puccinia sorghi* Schw. in Argentina and implications on the common corn rust epidemiology. 154 (2). 171-177. doi: 10.1007/s10658-018-01645-3.

Hiltpold, I., Hibbard, B. E., French, B. W., Turlings, T. C. J. 2012. Capsules containing entomopathogenic nematodes as a Trojan horse approach to control the western corn rootworm. [Online]358 (1/2). 11-25. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/24370215>

Holý, K., Pavlů, K. 2018. Motýli škodící na cukrové řepě. 134 (3). 98-102.

Honěk, A., Martinková, Z., Platková, H., Saska, P., Skuhrovec, J. 2021. Škůdci na obilninách a jejich přirození nepřátelé. Praha. Výzkumný ústav rostlinné výroby. ISBN: 978-80-7427-363-6.

Horn, F., Habekuß, A., Stich, B. 2015. Linkage mapping of Barley yellow dwarf virus resistance in connected populations of maize. 15 (1). doi: 10.1186/s12870-015-0420-x.

Cherchel, V., Stasiv, O., Satarova, T., Zatyshniak, O., Lazarev, E. 2020. Estimation of the Resistance of Maize Lines to *Sphacelotheca Reiliana* in the Northern Steppe of Ukraine. 3 (4). 199-204. doi: 10.32819/020023.

Choudhury, S., Larkin, P., Meinke, H., Hasanuzzaman, M. D., Johnson, P., Zhou, M. 2019. Barley yellow dwarf virus infection affects physiology, morphology, grain yield and flour pasting properties of wheat. 70 (1). doi: 10.1071/CP18364.

Chvátalová, V. 2020. CZECH FARMERS' EXPERIENCE WITH BT MAIZE: FULFILMENT, AND THE OPPOSITE, OF MONSANTO'S PROMISES. [Online]68 (1). 25–38. doi: <https://doi.org/10.11118/actaun202068010025>.

Iddumu, V., Gogoi, R., Hossain, F., Kumar, A., Aggarwal, R., Mandal, P. K. 2021. Confirmation of physiological race of *Bipolaris maydis* causing maydis leaf blight of maize in India. 91 (4). doi: 10.56093/ijas.v9i4.112706.

Ivezić, A., Trudić, B. 2021. Parasitoids of the genus *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), natural enemies of European corn borer *Ostrinia nubilalis* (Hübner, 1796) (Lepidoptera. 22 (4). 787-797. doi: 10.5513/JCEA01/22.4.3247.

Jaksons, R., Falkner, K., Moltchanova, E. 2022. Modelling the emergence dynamics of the western corn rootworm beetle (*Diabrotica virgifera virgifera*). 12 (1). 1-8. doi: 10.1038/s41598-022-05032-1.

Jakubowska, M., Bocianowski, J., Nowosad, K. 2018. Seasonal fluctuation of *Agriotes lineatus*, *A. obscurus* and *A. sputator* click beetles caught using pheromone traps in Poland. 54 (2). 118-127. doi: 10.17221/39/2016-PPS.

Janmaat, A., Fung, V., Rempel, C., Quik, R., Kabaluk, T., Cory, J. 2022. Lack of avoidance of the fungal entomopathogen, *Metarhizium brunneum*, by male *Agriotes obscurus* beetles. 194 . doi: 10.1016/j.jip.2022.107824.

Jeger, M., Bragard, C., Candresse, T., Chatzivassiliou, E., Dehnen-Schmutz, K., Gilioli, G., Grégoire, J., Jaques Miret, J. A., MacLeod, A., Navajas Navarro, M., Niere, B., Parnell, S., Potting, R., Rafoss, T., Rossi, V., Urek, G., Van Bruggen, A., Van der Werf, W., West, J., Winter, S., Manceau, C., Pautasso, M., Caffier, D. 2018. Pest categorisation of *Pantoea stewartii* subsp. *stewartii*. 16 (7). doi: 10.2903/j.efsa.2018.5356.

Kaçar, G., Butrón, A., Kontogiannatos, D., Han, P., Peñaflor, M. F. G. V., Farinós, G. P., Huang, F., Hutchison, W. D., de Souza, B. H. S., Malvar, R. A., Kourti, A., Ramirez-Romero, R., Smith, J. L., Koca, A. S., Pineda, M., Haddi, K. 2023. Recent trends in management strategies for two major maize borers: *Ostrinia nubilalis* and *Sesamia nonagrioides*. *Journal Of Pest Science*. 1-23. doi: 10.1007/s10340-023-01595-8.

Kannan, M., Ismail, I., Bunawan, H. 2018. Maize Dwarf Mosaic Virus: From Genome to Disease Management. 10 (9). 1-23. doi: 10.3390/v10090492.

Karimishahri, M. R., Sharma, R. C. 2017. inheritance of resistance to maydis leaf blight in maize. 63 (1). doi: 10.17707/AgricultForest.63.1.29.

Karupiah, V., He, A., Lu, Z., Wang, X., Li, Y., Chen, J. 2022. *Trichoderma asperellum* GDFS1009 -mediated maize resistance against *Fusarium graminearum* stalk rot and mycotoxin degradation. 174 . 1-11. doi: 10.1016/j.biocontrol.2022.105026.

Kazda, J. 2014. Škůdci polních plodin. Praha. Profi Press. ISBN: 978-80-86726-61-8.

Keszthelyi, S. 2006. Comparative light trap studies in Hungary on the flight of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hübner) in 1999 – 2001. 39 (1). 15 – 23. doi: 10.1080/03235400500103851.

Klai, K., Zidi, M., Chénais, B., Denis, F., Caruso, A., Casse, N., Mezghani Khemakhem, M. 2022. Miniature Inverted-Repeat Transposable Elements (MITEs) in the Two Lepidopteran Genomes of *Helicoverpa armigera* and *Helicoverpa zea*. 13 (4). 313-323. doi: 10.3390/insects13040313.

Knížek, M. 2019. Škodliví činitelé v lesích Česka: Historie a současnost kůrovcových kalamit ve střední Evropě. Praha. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. ISBN: 978-80-7417-186-4.

Kolařík, P., Kolaříková, K. 2019. Metody ochrany před vybranými hmyzími škůdci kukuřice. LXVII (12). 43-50.

Kozina, A., Lemic, D., Bazok, R., Mikac, K. M., Mclean, C. M., Ivezić, M., Igrc Barčić, J. 2015. Climatic, Edaphic Factors and Cropping History Help Predict Click Beetle (Coleoptera: Elateridae) (*Agriotes* spp.) Abundance. 15 (1). doi: 10.1093/jisesa/iev079.

Kubík, Š., Barták, M. 2017. Frit flies of Turkey with descriptions of two new species and new records (Diptera, Chloropidae). 667 . 131-154. doi: 10.3897/zookeys.667.10758.

Kumar, B., Choudhary, M., Kumar, K., Kumar, P., Kumar, S., Bagaria, P. K., Sharma, M., Lahkar, C., Singh, B. K., Pradhan, H., Jha, A. K., Kumar, S., Rakshit, S. 2022. Maydis leaf blight of maize: Update on status, sustainable management and genetic architecture of its resistance. 121 . doi: 10.1016/j.pmpp.2022.101889.

Kuthan, A. 2020. Změny výskytu a škodlivosti zavíječe a bázlivce kukuřičného. 6 (1). 1-2.

Luchesi, L. A., Paulus, D., Busso, C., Frata, M. T., Oliveira, J. B. 2022. Chemical composition, antifungal and antioxidant activity of essential oils from *Baccharis dracunculifolia* and *Pogostemon cablin* against *Fusarium graminearum*. 36 (3). 849-852. doi: 10.1080/14786419.2020.1802267.

Malan, A. P., von Diest, J. I., Moore, S. D., Addison, P. 2018. Control options for false codling moth, *Thaumatotibia leucotreta* (Lepidoptera). 26 (1). 14-29. doi: 10.4001/003.026.0014.

Malešević, J., Kojic, M., Stanovčić, S., Azanjac, N., Milisavljević, M. 2022. Identification of Genes Promoting Growth of *Ustilago maydis* on Biomolecules Released from Cells Killed by Oxidation. [Online]8 (9). N.PAG. doi: 10.3390/jof8090957.

Mário, J. L., Gozuen, C. F., Juliatti, F. C. 2017. *Stenocarpella macrospora* and *Stenocarpella maydis* in the cerrado and southern brazil regions. 33 (1). 76-87.

Merkevičiūtė-Venslovė, L., Venslovas, E., Mankevičienė, A., Šlepetienė, A., Cesevičienė, J. 2023. Effect of *Ustilago maydis* on the Nutritive Value and Aerobic Deterioration of Maize Silage. [Online]13 (111). 1-13. doi: 10.3390/agronomy13010111.

Mombayeva, B., Tumenbayeva, N., Toyzhigitova, B., Mendigaliyeva, A., Smagulova, D., Jantassov, S., Kusainova, G., Mazhitova, R. 2020. Biology of clickbeetles (elateridae) that damage saxaul in the desert zone of the South-East of Kazakhstan. [Online]14 (2). 5971-5974. Retrieved from <https://eds-p-ebSCOhost-com.infozdroje.czu.cz/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=8c96ed37-aca3-4faf-a313-ef207d5584fe%40redis>

Mueller a kol., D. S. 2016. Corn Yield Loss Estimates Due to Diseases in the United States and Ontario, Canada from 2012 to 2015. 17 (3). 211-222. doi: 10.1094/PHP-RS-16-0030.

Obopile, M., Hammond, R. B., Thomison, P. R. 2012. Maize–planting date interaction and effect of Bt maize on European corn borer (*Ostrinia nubilalis* (Hubner) (Coleoptera: Crambidae) damage. 29 (2). 109-115. doi: 10.1080/02571862.2012.719040.

Prokeš, K., Zeman, L. (Eds.) 2014. Kukuřice v praxi 2014: sborník z mezinárodní konference pořádané k 95. výročí založení univerzity v Brně. V Brně. Mendelova zemědělská a KWS Osiva. ISBN: 978-80-7375-937-7.

Prokeš, K., Zeman, L. (Eds.) 2012. Kukuřice v praxi 2012: sborník z konference s mezinárodní účastí. V Brně. Mendelova univerzita v Brně a KWS Osiva. ISBN: 978-80-7375-591-1.

Quade, A., Ash, G. J., Park, R. F., Stodart, B. 2021. Resistance in Maize (*Zea mays*) to Isolates of *Puccinia sorghi* from Eastern Australia. 111 (10). 1751-1757. doi: 10.1094/PHYTO-11-20-0524-R.

Radová, Š., Patočková, J. 2022. Letošní výskyt zavíječe kukuřičného. XXX (47/2022). 14-16.

Rauch, H., Zelger, R., Strasser, H. 2016. Highly Efficient Field Emergence Trap for Quantitative Adult Western Corn Rootworm Monitoring. 89 (3). 256-266.

Rogério, F., Baroncelli, R., Cuevas-Fernández, F. B., Becerra, S., Crouch, J., Bettiol, W., Azcárate-Peril, M. A., Malapi-Wight, M., Ortega, V., Betran, J., Tenuta, A., Dambolena, J. S., Esker, P. D., Revilla, P., Jackson-Ziems, T. A., Hiltbrunner, J., Munkvold, G., Buhiniček, I., Vicente-Villardón, J. L., Sukno, S. A., Thon, M. R., Pietro, A. D. 2023. Population Genomics Provide Insights into the Global Genetic Structure of *Colletotrichum graminicola*, the Causal Agent of Maize Anthracnose. [Online]14 (1). e02878-22. doi: 10.1128/mbio.02878-22.

Rondoni, G., Graziosi, I. 2022. Pest survey card on *Exomala orientalis*. 19 (11). doi: 10.2903/sp.efsa.2022.EN-7628.

Říha, K. 2021. Nejškodlivější choroby stébla, palice a listů kukuřice: Choroby, které se vyplatí sanovat biologicky i chemicky. [Online]Agroimpulsy: Zpravodaj Pro Pěstitele Obilnin, Olejnin, Kukuřice A Cukrové Řepy. Retrieved from https://www.agrokop.com/wp-content/uploads/2021/03/VPAGRO_AgroImpulsy-_brezen_2021.pdf

Scarpino, V., Reyneri, A., Vanara, F., Scopel, C., Causin, R., Blandino, M. 2015. Relationship between European Corn Borer injury, *Fusarium proliferatum* and *F. subglutinans* infection and moniliformin contamination in maize. 183 . 69-78. doi: 10.1016/j.fcr.2015.07.014.

Solaimalai, A., Anantharaju, P., Irulandi, S., Theradimani, M. 2020. Maize Crop: Improvement, Production, Protection and Post Harvest Technology [Online]. Oxfordshire. Taylor & Francis Group. ISBN: 9781000176957. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com/lib/czup/detail.action?docID=6193931>.

Sumarianto, Elkawakib, S., Andi, N. 2022. reaction of selected corn cultivars to *stenocarpella maydis*, inoculated using different inoculation methods. 34 (2). 307-315. doi: 10.33866/phytopathol.034.02.0820.

Szulc, P., Bocianowski, J. 2014. susceptibility of maize hybrids (*zea mays* l.) to frit fly (*oscinella frit* l.) under conditions of diversified nitrogen content in the soil and different types of nitrogen fertilizers. 13 (2). 63-77.

Talich, P., Řehák, V., Kocourek, F. (Eds.) 2013. Metodická příručka integrované ochrany rostlin proti chorobám, škůdcům a plevelům: Polní plodiny. Praha. Česká společnost rostlinolékařská. ISBN: 978-80-02-02480-4.

Toth, S., Toepfer, S., Szalai, M., Kiss, J. 2022. Limited Influence of Abiotic and Biotic Factors on the Efficacy of Soil Insecticides and Entomopathogenic Nematodes when Managing the Maize Pest *Diabrotica v. virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae). 12 (11). doi: 10.3390/agronomy12112697.

Vacante, V., Kreiter, S. (Eds.) 2017. Handbook of Pest Management in Organic Farming. India. CAB International. ISBN: 9781780645001.

Vălean, A., Mureșanu, F., Tărău, A., Suci, L., Soptorean, L., Oltean, I. 2017. Research on the Relationship Between the Degree of European Corn Borer (*Ostrinia Nubilalis* Hbn.) Attack and Maize Fusariosis (*Fusarium* spp.) at ARDS Turda. 74 (1). 58-64. doi: 10.15835/buasvmcn-agr: 12659.

Vasileiadis, V. P., Veres, A., Loddo, D., Masin, R., Sattin, M., Furlan, L. 2017. Careful choice of insecticides in integrated pest management strategies against *Ostrinia nubilalis* (Hübner) in maize conserves *Orius* spp. in the field. 97 . 45-51. doi: 10.1016/j.cropro.2016.11.003.

Walls, J., Rajotte, E., Rosa, C. 2019. The Past, Present, and Future of Barley Yellow Dwarf Management. 9 (1). doi: 10.3390/agriculture9010023.

Yüksel, E., Imren, M., Özdemir, E., Bozbuğa, R., Canhilal, R. 2022. Insecticidal effect of entomopathogenic nematodes and the cell-free supernatants from their symbiotic bacteria against different larval instars of *Agrotis segetum* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Noctuidae). 32 (1). doi: 10.1186/s41938-022-00555-1.

Zúñiga-Silvestre, C. A., De-León-García-de-Alba, C., Ayala- Escobar, V., González-Hernández, V. A. 2020. Induced resistance to common rust (*Puccinia sorghi*), in maize (*Zea mays*). 32 (1). 11-18. doi: 10.9755/ejfa.2020.v32.i1.2053.

Biocont. 2022. Biocont. [Online]. Retrieved December 12, 2022, from <https://www.biocont.cz/lepinox-plus/>

Prováděcí nařízení komise (EU) 2019/2072 ze dne 28. listopadu 2019. Prováděcí nařízení komise (EU) 2019/2072 ze dne 28. listopadu 2019. (2019). Evropská komise, Generální ředitelství pro zdraví a bezpečnost potravin. Úřední věstník Evropské unie. Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2019.319.01.0001.01.CES

Rostlinolékařský portál. 2022. , April 20 Rostlinolékařský portál. [Online]. Retrieved November 23, 2022, from https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#r1p1domu|uvod

Výzkumná stanice Červený Újezd. 2023. Výzkumná stanice Červený Újezd. [Online]. Retrieved March 17, 2023, from <https://www.af.czu.cz/cs/r-6779-katedry-a-soucasti/r-8736-ostatni-pracoviste/r-8759-vyzkumna-stanice-cerven-y-ujezd>

EKatalog BPEJ. 2022. EKatalog BPEJ. [Online]. Retrieved March 17, 2023, from <https://bpej.vumop.cz/41000>

Meteorologická stanice: Výzkumná stanice Červený Újezd. 2023. , May 20 Meteorologická stanice: Výzkumná stanice Červený Újezd. [Online]. Retrieved March 18, 2023, from <http://www.emsbrno.cz/p.axd/cs/V%C3%BDzkumn%C3%A1.stanice.%C4%8Cerven%C3%BD.%C3%9Ajezd.CZUFAPPZ.html>

Eurostat: Green maize by area, production and humidity. 2012 — 2023. Eurostat: Green maize by area, production and humidity. [Online]. Retrieved April 3, 2023, from <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tag00101/default/table?lang=en>

ČSÚ 2022: Český statistický úřad. ČSÚ 2022: Český statistický úřad. [Online]. Retrieved October 15, 2022, from <https://www.czso.cz/>

FMC Agro Česká republika. FMC Agro Česká republika. [Online]. Retrieved April 8, 2021, from <http://www.fmcagro.cz/coragen20sc.php>

8 Seznam použitých zkratek a symbolů

BBCH	-	Stupnice vývojových fází rostliny
BPEJ	-	Bonitovaná půdně ekologická jednotka
Bt	-	<i>Bacillus thuringiensis</i>
BYDV	-	Virus žluté zakrslosti ječmene
ČHMÚ	-	Český hydrometeorologický ústav
ČR	-	Česká republika
MDMV	-	Virus zakrslé mozaiky kukuřice
MON	-	Mykotoxin moniliformin
MRDV	-	Virus hrubé zakrslosti kukuřice
SET	-	Suma efektivních teplot
UV	-	Ultrafialové záření
ÚKZÚZ	-	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

9 Seznam grafů, obrázků a tabulek

Seznam grafů

Graf 1: Průběh počasí během vegetace kukuřice a srovnání s normálem z meteorologické stanice Praha Ruzyně 1991-2020.

Graf 2: Sumy efektivních teplot nad 10 °C (Rostlinolékařský portál 2022)

Graf 3: Nálet zavíječů kukuřičných do světelných lapačů (Rostlinolékařský portál 2022)

Graf 4: Nálet bázlivce kukuřičného do feromonového lapače 2022

Graf 5: Vliv termínu aplikace na výskyt zavíječe kukuřičného

Graf 6: Výskyt zavíječe kukuřičného na insekticidně ošetřených parcelách v porovnání s kontrolou

Graf 7: Bodový graf závislosti výskytu *Fusarium* spp. a průměrným napadením zavíječem kukuřičným

Seznam obrázků

Obrázek 1: Určení stupně napadení zavíječem kukuřičným (Rostlinolékařský portál 2022)

Obrázek 2: Vzorec výpočtu indexu napadení zavíječem kukuřičným (Rostlinolékařský portál 2022)

Obrázek 3: Vzorec výpočtu procenta napadených rostlin *Fusarium* spp. (Rostlinolékařský portál 2022)

Seznam tabulek

Tabulka 1: Průběh počasí během vegetace kukuřice a hodnocení s normálem Praha Ruzyně 1991-2020

Tabulka 2: Metodika určení stupně napadení zavíječem kukuřičným (Rostlinolékařský portál 2022)

Tabulka 3: Hodnocení výskytu zavíječe kukuřičného dle indexu napadení (Rostlinolékařský portál 2022)

Tabulka 4: Třída výskytu bělorůžové hniloby obilek kukuřice (Rostlinolékařský portál 2022)

Tabulka 5: Hodnocení výskytu zavíječe kukuřičného dle metodiky ÚKZÚZ

Tabulka 6: F-test

Tabulka 7: Vliv termínu aplikace přípravku na výskyt zavíječe kukuřičného

Tabulka 8: Výskyt zavíječe kukuřičného na insekticidně ošetřených parcelách v porovnání s kontrolou

Tabulka 9: Výsledky hodnocení výskytu *Fusarium* spp. na jednotlivých variantách

Tabulka 10: Vstupní hodnoty pro analýzu závislosti napadení zavíječem kukuřičným a výskytem *Fusarium* spp.

Tabulka 11: Výsledky regresní analýzy závislosti výskytu *Fusarium* spp. na napadením zavíječem kukuřičným