

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Alternativní možnosti ošetření osiva a ochrany rostlin
v rámci pěstitelské technologie máku setého**

Disertační práce

Ing. Matěj Satranský

Program studia: Speciální produkce rostlinná

Vedoucí práce: prof. Ing. Ivana Capouchová, CSc.

Konzultanti: Ing. Pavel Cihlář, Ph.D., doc. Ing. Jan Kazda, CSc.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou disertační práci "Alternativní možnosti ošetření osiva a ochrany rostlin v rámci pěstitelské technologie máku setého" jsem vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Ivany Capouchové, CSc. 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 disertační práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Rád bych touto cestou v první řadě poděkoval prof. Ing. Ivaně Capouchové, CSc. za nesčetné rady a připomínky, a především za trpělivost, kterou měla při zpracování této disertační práce. Rád bych také poděkoval oběma konzultantům práce; Ing. Pavlu Cihlářovi, Ph.D. za pomoc při tvorbě metodiky této práce a cennou pomoc při samotných polních experimentech a doc. Ing. Janu Kazdovi, CSc. za jeho odborné připomínky, které velmi napomohly finální podobě této práce. Také děkuji své rodině, která se mnou, především v posledních měsících, měla až nebývalou trpělivost. Poděkování patří také společnosti Český mák s.r.o., která dodala osivo máku, jež bylo využito v rámci pokusů.

Alternativní možnosti ošetření osiva a ochrany rostlin v rámci pěstitelské technologie máku setého

Souhrn

Mák setý (*Papaver somniferum* L.) je historicky nedílnou součástí osevních sledů v České republice. Právě mák z české produkce, která využívá nízkoalkaloidní odrůdy, je znám pro svou vysokou potravinářskou kvalitu a jeho charakteristická chuť je neodmyslitelně spjatá s českou kuchyní. Během posledního století se mák, který se typicky pěstoval jako širokořádková okopanina s ruční sklizní, přesunul do velkovýrobních podmínek zemědělské produkce. Do současné doby není plně využit výnosový potenciál máku, který často souvisí s kolísavou kvalitou osiva a výskytem chorob. Dalším úskalím, se kterým se budou v nejbližších letech pěstitelé (nejen máku setého) muset vypořádat, je aktuální kurz zemědělské politiky, který si klade za cíl co nejvíce omezit chemické látky v zemědělské praxi.

Experimentální část disertační práce zahrnuje dvě samostatné oblasti. V první z nich, která se týká „alternativních“ možností ošetření osiva máku, je věnována pozornost palčivému problému pěstitelské technologie máku - zákazu insekticidně-fungicidního přípravku Cruiser OSR, jehož používání k ošetřování osiva máku již od roku 2024 nebude možné. V práci byl sledován vliv různých způsobů ošetření osiva máku setého (vybrané přípravky stimulačního charakteru, biologické přípravky, fyzikální metoda E-ventus) na biologické vlastnosti osiva, polní vzcházivost osiva a produkční schopnost z něj vypěstovaných porostů v porovnání s osivem ošetřeným chemickým přípravkem Cruiser OSR. V závislosti na způsobu ošetření osiva byly zaznamenány rozdíly v energii klíčení i laboratorní klíčivosti, ovlivněna polní vzcházivost a následně i výsledný výnos. Osvědčily se především stimulační přípravky Enviseed a TS Osivo, a jejich kombinace s ošetřením osiva fyzikálním systémem E-ventus; tyto způsoby ošetření osiva dosáhly v našich pokusech, ve vztahu k polní vzcházivosti i výslednému výnosu máku, téměř srovnatelných výsledků jako varianta s ošetřením osiva Cruiserem OSR a mohly by být určitou alternativou k tomuto chemickému přípravku.

Druhá část disertační práce se věnuje problematice ochrany porostů máku setého proti chorobám v průběhu vegetace, s využitím jak tradičních chemických fungicidů, tak i biologických přípravků na bázi hub a bakterií. Byl prověřen obsáhlý soubor - 21 variant ochrany máku setého v časnějším i pozdějším období vegetace a jejich kombinace; byla sledována účinnost hodnocených fungicidních přípravků ve vztahu k úrovni napadení porostů chorobami (především plísní makovou a pleosporovou hnědou skvrnitostí), struktuře výnosotvorných prvků, výnosu a kvalitě produkce.

Pozitivní, ovšem rozdílný efekt ve vztahu k výnosu (oproti neošetřené kontrolní variantě) byl zaznamenán téměř ve všech případech. Nejvyšší výnosy byly v průměru tří let zaznamenány u variant s dvojitou aplikací konvenčních fungicidů Dithane + Propulse (1,94 t/ha) a Tilmor + Amistar Xtra (1,92 t/ha), které výrazně překonaly neošetřenou kontrolní variantu (1,30 t/ha), a překonaly rovněž i varianty s dvojitou aplikací biologických přípravků (Polyversum 1,54 t/ha, FIX-H+N 1,59 t/ha). Velmi nadějně výsledky byly zaznamenány u biologického

přípravku Hirundo, který však byl hodnocen pouze ve dvou letech. Celkově navýšení výnosu u výnosnějších variant spočívalo ve vyšším počtu rostlin na m² na konci vegetace, vyšší HTS, ale především ve vyšší hmotnosti semen v makovici. Ve vztahu k výnosu se ukázalo být výrazně efektivnější pozdnější ošetření oproti ošetření časnějšímu. Svědčí to o tom, že v našich pokusech bylo napadení chorobami v pozdnější části vegetace ve vztahu k výnosu významnější. V případě biologických přípravků (Polyversum, FIX-H+N) byly do pokusů zařazeny kromě variant s aplikací v časnějším a pozdnějším období vegetace a jejich kombinací i varianty s vícečetnými (čtyřmi) aplikacemi. Většina hodnocených variant přinesla pozitivní výsledky, byť ve srovnání s konvenčními fungicidy byl jejich efekt nižší.

Klíčová slova: mák, ošetření osiva, biologické vlastnosti osiva, ošetření proti chorobám během vegetace, konvenční fungicidy, biologické přípravky, výnos

Alternative options for seed treatment and plant protection within poppy cultivation technology

Summary

Poppy seed (*Papaver somniferum* L.) is historically an integral part of crop rotations in the Czech Republic. The poppy from Czech production, which uses low-alkaloid varieties, is known for its high food quality and its characteristic taste is inextricably linked to Czech cuisine. During the last century, the poppy, which was typically grown as a wide-row crop with hand harvesting, has moved into large-scale conditions of agricultural production. To date, the yield potential of the poppy has not been fully exploited, which is often related to fluctuating seed quality and the occurrence of diseases. Another challenge that growers (not only poppy) will have to deal with in the coming years is the current course of agricultural policy, which aims to limit chemical substances in agricultural practice as much as possible.

The experimental part of the work includes two separate areas. In the first of them, which refers to "alternative" treatment options for poppy seeds, attention is paid to the burning issue of poppy growing technology - the ban on the insecticide-fungicidal product Cruiser OSR, the use of which for the treatment of poppy seeds will no longer be possible from 2024. In the work, the influence of different methods of poppy seed treatment (selected products of a stimulating nature, biological products, the E-ventus physical method) on the biological properties of the seed, the field emergence and the production ability of the stands grown from it were monitored in comparison with the seed treated with the chemical product Cruiser OSR. Depending on the method of seed treatment, differences in germination energy and laboratory germination were recorded, affecting field emergence and, consequently, the resulting yield. The stimulation products Envisseed and TS Osivo, and their combination with seed treatment with the E-ventus physical system, proved to be particularly effective; these methods of seed treatment achieved in our experiments, in relation to field emergence and the resulting yield of poppy, almost comparable results as the variant with seed treatment with Cruiser OSR and could be a certain alternative to this chemical preparation.

The second part of the dissertation is devoted to the protection of poppy stands against diseases during the growing season, using both traditional chemical fungicides and biological products based on fungi and bacteria. A comprehensive set was examined - 21 variants of poppy protection in earlier and later periods of vegetation and their combination; the effectiveness of the evaluated fungicidal products was monitored in relation to the level of infestation of the stands by diseases (primarily *Peronospora arborescens* and *Pleospora papaveracea*), the structure of yield parameters, the yield and the quality of production.

A positive, but different effect in relation to the yield (compared to the untreated control variant) was recorded in almost all cases. The highest yields were recorded in an average of three years for variants with double application of conventional fungicides Dithane + Propulse (1.94 t/ha) and Tilmor + Amistar Xtra (1.92 t/ha), which significantly exceeded the untreated control variant (1.30 t/ha), and also outperformed variants with double application of biological products (Polyversum 1.54 t/ha, FIX-H+N 1.59 t/ha). Very promising results were recorded with the biological product Hirundo, which, however, was only evaluated for two years. Overall, the increase in yield in the more profitable variants consisted in a higher number of

plants per m² at the end of the vegetation, a higher HTS, but above all in a higher seed weight in the poppy. In relation to the yield, the later treatment turned out to be significantly more effective than the earlier treatment. This indicates that in our experiments disease attack in the later part of the vegetation was more significant in relation to yield. In the case of biological products (Polyversum, FIX-H+N), in addition to variants with application in earlier and later periods of vegetation and their combinations, variants with multiple (four) applications were included in the experiments. The vast majority of evaluated variants brought positive results, although compared to conventional fungicides their effect was generally lower.

Keywords: poppy, seed treatment, seed biological properties, treatment against diseases during vegetation, conventional fungicides, biological products, yield

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Vědecké hypotézy.....	11
3 Cíle práce.....	12
4 Literární rešerše.....	13
4.1 Význam a využití máku setého.....	13
4.2 Aktuální situace máku setého ve světě a ČR	14
4.2.1 Ekologická produkce máku setého v České republice.....	16
4.3 Kvalita osiva a možnosti ošetření osiv máku setého	17
4.3.1 Fyziologické principy (podstata) klíčení semen.....	17
4.3.2 Klíčivost a vitalita osiva	18
4.3.3 Možnosti ošetření osiva máku a mechanismus jejich účinku.....	19
4.3.3.1 Chemické ošetření osiva máku	19
4.3.3.2 Biologické přípravky využitelné pro ošetření osiva	20
4.3.3.3 Stimulační přípravky	21
4.3.3.4 Fyzikální metody ošetření osiv	22
4.4 Možnosti ochrany máku setého proti chorobám během vegetace.....	23
4.4.1 Přirozená obrana rostlin proti stresovým faktorům	23
4.4.2 Nejvýznamnější choroby máku setého	23
4.4.3 Chemické přípravky pro regulaci chorob v porostu máku setého	24
4.4.3.1 Přípravky na bázi dithiokarbamátů	25
4.4.3.2 Přípravky na bázi triazolů	25
4.4.3.3 Přípravky na bázi strobilurinů	26
4.4.3.4 Přípravky na bázi benzamidů a karboxamidů	26
4.4.4 Biologické přípravky pro ošetření rostlin proti chorobám během vegetace.....	27
4.4.4.1 Přípravky na bázi bakterií	27
4.4.4.2 Přípravky na bázi houbových organismů	28
5 Metody a materiál	30
5.1 Klimatické a půdní podmínky pokusného stanoviště	30
5.2 Základní údaje o pokusech	34
5.2.1 Agrotechnika pokusů	35
5.3 Ověření účinnosti různých způsobů ošetření osiva máku	35
5.3.1 Použité odrůdy máku.....	36
5.3.2 Stanovení laboratorní klíčivosti a energie klíčení osiva	36
5.3.3 Přesný polní maloparcelkový pokus s různými variantami ošetření osiva.....	37
5.4 Hodnocení ošetření porostů máku setého proti chorobám v průběhu vegetace.....	37
5.4.1 Přehled pokusných variant.....	37
5.4.2 Stanovení úrovně napadení porostu chorobami	39
5.4.3 Sklizeň pokusů a příprava vzorků pro posklizňové hodnocení	39
5.4.4 Stanovení obsahu fenolických sloučenin v semeni máku a v makovině.....	39
5.4.4.1 Stanovení celkového obsahu polyfenolů	39
5.4.4.2 Stanovení obsahu fenolických kyselin	40

5.5 Statistické hodnocení.....	40
6 Výsledky a diskuse.....	41
6.1 Ověření účinnosti různých způsobů ošetření osiva máku	41
6.1.1 Energie klíčení a laboratorní klíčivost v závislosti na ošetření osiva máku	41
6.1.2 Dynamika polní vzcházivosti v závislosti na ošetření osiva.....	46
6.1.3 Hodnocení rozvoje nadzemní biomasy rostlin a biomasy kořenů v počátečních obdobích vegetace.	51
6.1.4 Vliv ošetření osiva na počet rostlin na počátku a konci vegetace, strukturu výnosotvorných prvků, obsah oleje a výnos semen.....	53
6.1.5 Kombinované ošetření osiva máku.....	61
6.2 Hodnocení ošetření porostů máku setého proti chorobám v průběhu vegetace	66
6.2.1 Vliv fungicidního ošetření v průběhu vegetace na napadení porostu máku chorobami, výnosotvorné parametry a výnos.....	66
6.2.1.1 Ekonomické vyhodnocení fungicidního ošetření máku setého.....	79
6.2.2 Vliv fungicidní ochrany na klíčivost a energii klíčení vyprodukovaného semene.....	80
6.2.3 Vyhodnocení biologické ochrany máku setého během vegetace (vícečetné aplikace biologických přípravků).....	85
6.2.3.1 Ekonomické vyhodnocení biologické ochrany (vícečetné aplikace) během vegetace	86
6.2.4 Vliv fungicidní ochrany na obsah a složení fenolických sloučenin v semeni máku a makovině.....	87
7 Závěry a doporučení pro praxi.....	95
8 Vyjádření k hypotézám	100
9 Literatura.....	101
10 Použité internetové zdroje.....	121
11 Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Mák setý (*Papaver somniferum* L.), patřící do čeledi *Papaveraceae*, je jednou z nejstarších kulturních plodin. V České republice má dlouhou tradici pěstování máku setého pro potravinářské účely, a i v současné době se ČR řadí mezi země s největší výměrou legálně pěstovaného máku setého. Český mák je navíc typický pro svou dobrou potravinářskou kvalitu. To dělá z máku jednak zajímavou exportní plodinu, ale také je to jedna z mála minoritních plodin, která obohacuje, často velmi úzké, osevní sledy českých polí.

Přetrvávajícím problémem jsou však nízké výnosy – respektive nedostatečné využití výnosového potenciálu. Důvodem je vysoká citlivost máku na nepříznivé agroekologické podmínky, především během vzcházení, nedostatečně propracovaný a ověřený systém ochrany rostlin a nízká, resp. kolísavá kvalita osiva. Právě v oblasti kvality osiva existují v současné době značné rezervy. Cílem by měla být produkce osiva s vysokou biologickou hodnotou a co nejnižší kontaminací patogenními mikroorganismy, které následně poskytnou zdravé, silné, produktivní porosty.

Kvalitu osiva máku můžeme do jisté míry zvýšit jeho ošetřením. Tím zvýšíme zapojení porostu, počet silných rostlin a omezíme tím některé z působících stresových faktorů. V současné době existuje řada možností ošetření a úprav osiva máku setého, které mohou podpořit jeho vitalitu a schopnost odolávat stresovým podmínkám, zejména v období klíčení a vzcházení porostů, kdy je mák setý vůči nepříznivým podmínkám nejcitlivější. Mezi základní způsoby ošetření osiva máku setého patří moření. Sortiment použitelných přípravků je však v případě osiva máku velmi úzký. Navíc v nejbližším období budou producenti a pěstitelé máku čelit nové výzvě. Přípravek Cruiser OSR, který byl řadu let jistotou v pěstební technologii máku, bude od roku 2024 nejspíše definitivně zakázán. Doposud ministerstvo zemědělství udělovalo pro tento přípravek (který je již zakázán u celé řady plodin) do porostů máku výjimku. Dle Bagárové (2023) pro letošní rok výjimka ještě platí, ale od příštího roku již s ní nebude možné, s nejvyšší pravděpodobností, počítat. Efektivita přípravku Cruiser spočívala v jeho kombinovaném fungicidně insekticidním působení. Přípravek, který by měl podobné fungicidně-insekticidní účinky a byl povolen k ošetření osiva máku, na trhu prozatím chybí. Nabízí se využití některých stimulačních přípravků, biologických preparátů či fyzikálních metod; jejich efekt v produkci máku však dosud není dostatečně prověřený.

Intenzivní pozornost je třeba věnovat porostu máku setého i v průběhu vegetace, především ve vztahu k ochraně vůči chorobám. Platí to pro produkci semen máku k potravinářským účelům, ale zejména pro porosty množitelské. K nejvýznamnějším chorobám máku patří plíseň maková (*Peronospora arborescens*) a pleosporová hnědá skvrnitost (*Pleospora papaveracea*). Obě choroby jsou přenosné osivem a mohou velmi významně snížit výnos i jakost produkce. Je proto třeba prověřit různé možnosti a varianty ochrany máku setého, včetně využití alternativních přípravků biologického charakteru, neboť udržení porostu v dobrém zdravotním stavu přispěje ke zvýšení výnosů máku a produkci kvalitní suroviny pro potravinářský průmysl.

2 Vědecké hypotézy

- 1) Vhodným ošetřením a úpravou osiva máku setého lze ovlivnit jeho semenářské parametry, podpořit polní vzcházivost a zapojení porostu a docílit navýšení výnosu.
- 2) Optimalizace ošetření máku setého proti chorobám zlepší zdravotní stav porostů a povede ke zvýšení výnosů a jakosti produkce.
- 3) Využitím podpůrných přípravků biologického charakteru v ochraně porostů máku setého lze docílit snížení pesticidní zátěže při zachování uspokojivého výnosu.

3 Cíle práce

- 1) Provéřit vliv různých způsobů ošetření osiva máku setého (chemické, biologické, fyzikální ošetření, přípravky stimulačního charakteru) na biologické vlastnosti osiva, jeho vzcházivost v polních podmínkách a produkční schopnost z něj vypěstovaných porostů.
- 2) Navrhnout a ověřit možnosti ochrany porostů máku setého, založené na využití vybraných biologických přípravků na bázi hub a bakterií.
- 3) Posoudit efekt použitých přípravků biologického charakteru v ochraně porostů máku setého proti chorobám v porovnání s chemickým fungicidním ošetřením.

4 Literární rešerše

4.1 Význam a využití máku setého

Původ máku setého (*Papaver somniferum* L.) není doposud zcela objasněn (Chouvy 2010), nicméně s největší pravděpodobností pochází z divokého asijského máku nebo z druhu *Papaver setergium*, jehož přirozeným habitatem byla oblast okolí Středozemního moře (Booth 2013; Jesus et al. 2021) a oblast blízkého východu; Kavkaz, Irán a Turkmenistán (Chouvy 2010; Fejér et al. 2011).

Léčivé vlastnosti máku byly známy již ve starověkých civilizacích (Norn et al. 2006; Ramawat et al. 2009). Do současné doby prošel mák setý rozsáhlým šlechtěním pro zvýšení koncentrace makových alkaloidů (především se jedná o morfin, kodein, narkotin aj.), k jejichž produkci se ve farmaceutickém průmyslu v současné době používají moderní postupy – především extrakce makových alkaloidů z makové slámy (makoviny) speciálních technických odrůd máku (Hagel et al. 2007). Mezi hlavní producenty makových alkaloidů patří především Francie, Španělsko a Indie (FAOSTAT 2022).

V České republice má dlouholetou tradici pěstování a využívání máku setého především k potravinářským účelům a dle Hlinkové et al. (2019) můžeme makové semeno považovat za nutričně velmi hodnotnou potravinářskou surovinu (potravinu). Množství bílkovin se v makovém semeni pohybuje na úrovni 18-22 % (Azcan et al. 2004; Gök 2015). Sacharidy v makovém semeni zaujímají přibližně 23 %, popeloviny 6 % a vláknina 6 % (Nergiz & Ötles 1994). Obsah oleje v makovém semeni se pohybuje, v závislosti na odrůdě, půdních a klimatických podmínkách, v rozmezí 28–58 % (Erinç et al. 2009; Valizadeh et al. 2014; Dąbrowski et al. 2020; Satranský et al. 2021). Z celkové skladby mastných kyselin zaujímají převažující podíl (56,4 – 74,8 %) polynenasycené mastné kyseliny (Bozan & Temelli 2008; Rahimi et al. 2011; Lančaričová et al. 2016), k nimž náleží např. v makovém oleji nejvíce zastoupená kyselina linolová (C18:2) (Valizadeh et al. 2014; Satranský et al. 2021) či kyselina linolenová (C18:3), jejíž podíl je výrazně nižší (Hlinková et al. 2019; Satranský et al. 2021). Protože polynenasycené mastné kyseliny tvoří rozhodující část mastných kyselin v makovém oleji, jsou maková semena a produkty z nich vyrobené náchylné k autooxidaci – žluknutí. To může vést k nepříjemnému zápachu a hořké chuti (Lančaričová et al. 2016).

Mononenasycené mastné kyseliny zaujímají přibližně 15-21 % z celkového obsahu mastných kyselin a na jejich skladbě se podílí především kyselina olejová (C18:1w9) a v menší míře kyselina palmitoolejová (C16:1) (Erinç et al. 2009; Rahimi et al. 2011; Hlinková et al. 2019). Poslední skupinou mastných kyselin, které se v semeni máku vyskytují, jsou nasycené mastné kyseliny, které se na celkové skladbě mastných kyselin podílejí v rozmezí 10,9-12,5 % (Aksoylu Özbek & Günç Ergönül 2020; Fotschki et al. 2020; Satranský et al. 2021).

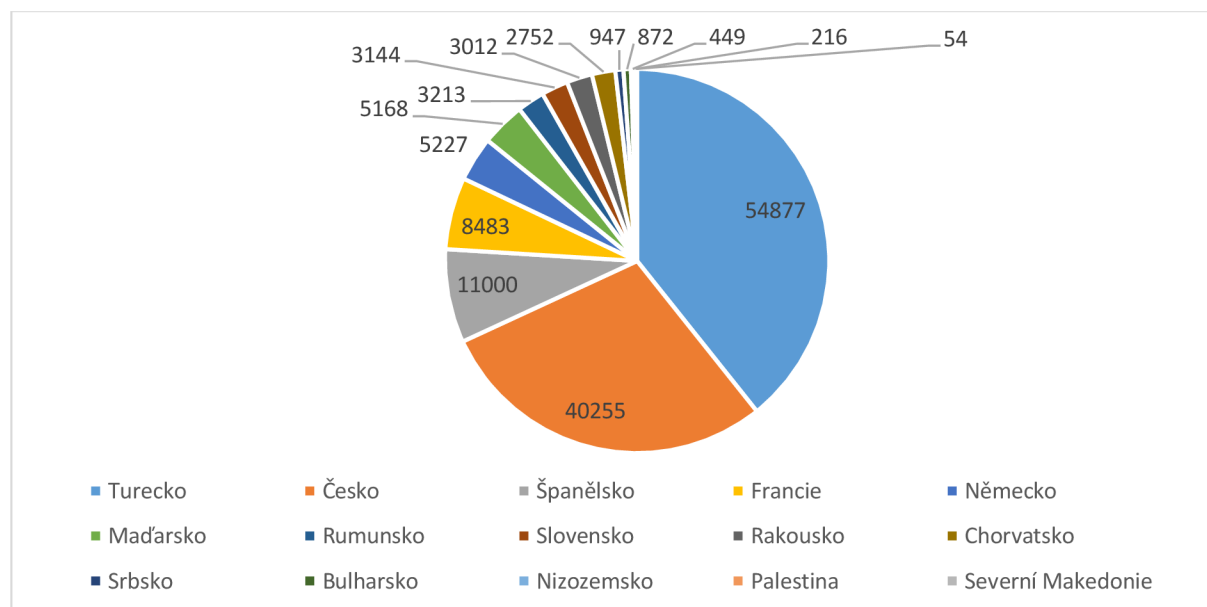
Mimo příznivého poměru mastných kyselin obsahují maková semena některé důležité minerální prvky. Mák je bohatý především na vápník, který dosahuje hladiny přibližně 1290 mg/100 g (Saini & Davar 2012). Mezi další prvky patří například sodík, draslík a hořčík (Senila et al. 2020; Levent et al. 2020). Makový olej také obsahuje významné množství vitamínu E. Obsah α , β a δ -tokoferolů v makovém oleji dosahuje úrovně 22-220 ppm, 40-560 ppm, 20-280 ppm (Nergiz & Ötles 1994; Musa Özcan & Atalay 2006; Erinç et al. 2009). Mák je také typický relativně vysokou hladinou β -sitosterolu (663-3244 ppm) (Erinç et al. 2009), který má pro

lidský organismus řadu příznivých funkcí, jako například antimikrobiální, hepatoprotektivní, protinádorové, analgetické či imunomodulační působení (Babu & Jayaraman 2020). Z vitamínů rozpustných ve vodě obsahuje mák kyselinu pantothenovou (vitamín B5), niacin (vit. B3) a thiamin (vit. B1) (Nergiz & Ötles 1994).

4.2 Aktuální situace máku setého ve světě a ČR

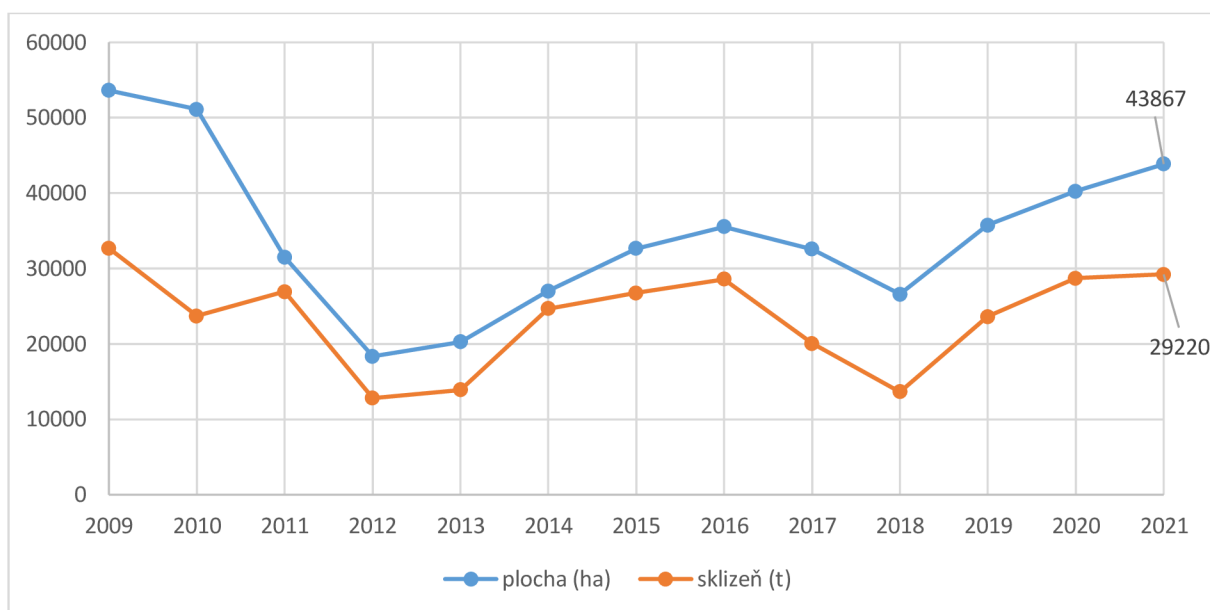
Turecko (54 877 ha) spolu s Českou republikou (40 255 ha) drží světové prvenství v produkci máku. Pro Českou republiku je nejtypičtější mák modrosemenný, pro Turecko pak bělosemenný/žlutosemenný. Na třetím a čtvrtém místě jsou z hlediska výměry máku Španělsko a Francie. V obou těchto zemích je ovšem prakticky veškerá produkce zpracovávána pro farmaceutické využití. Ostatní uvedené země pěstují mák jen velmi okrajově, často s kombinovaným využitím – tedy jak na makové semeno, tak na farmaceutické zpracování makoviny (Lohr 2022).

Graf 1: Legální světová výměra máku (ha) (FAOSTAT 2021)

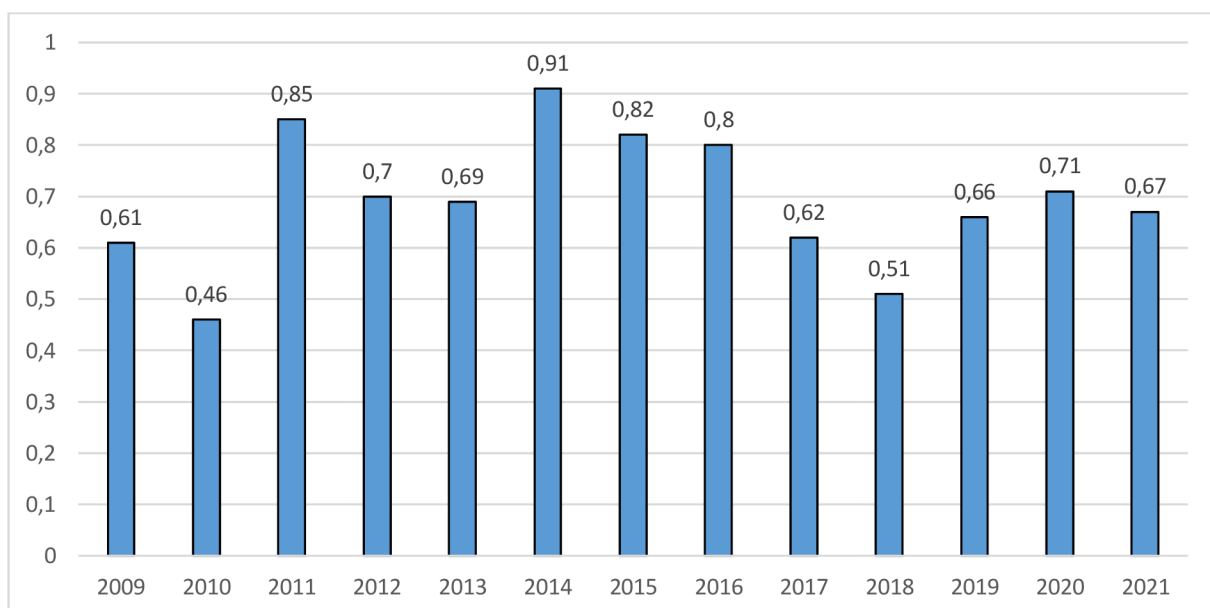


V České republice se v posledních letech plocha osetá mákem pohybuje na úrovni zhruba 20-50 000 hektarů. V posledních čtyřech letech byl zaznamenán rostoucí trend a v roce 2020 plochy máku po 10 letech překročily hranici 40 000 ha. I přes dosavadní absenci přesných dat lze říci, že v roce 2022 byla zaseta výrazně menší plocha. Jde především o souvislost s válkou na Ukrajině a následnými sankcemi vůči Ruské federaci. Právě Ruská federace je dle ČSÚ dlouhodobě nejdůležitější exportní země pro makové semeno vypěstované v České republice. Jde prakticky o čtvrtinu z celkového exportu máku. Průměrný výnos pak, především v závislosti na klimatických podmínkách, v jednotlivých letech kolísá mezi 0,5-0,9 t/ha.

Graf 2: Plochy máku v České republice (ha) a celková produkce (t) (ČSÚ 2022)



Graf 3: Průměrný hektarový výnos v České republice (t/ha) (ČSÚ 2022)



Potravinářská kvalita českého máku je na velmi vysoké úrovni. Bohužel se na pultech českých obchodů v minulosti objevoval mák, vydávaný za „Český“, který byl částečně původem ze zemí jako je Francie a Španělsko – tedy země s dominující produkcí technických odrůd máku. Semena z těchto odrůd nemají chuťové ani kvalitativní vlastnosti českých a slovenských potravinářských odrůd (Kuchtová 2012; Přibík 2016). V současné době jsou producenti českého máku do jisté míry chráněni. Dle zákona 399/2013 Sb. lze pro potravinářské účely použít pouze semeno olejného typu máku setého – z odrůd, které obsahují nejvýše 0,8 % morfinových alkaloidů v sušině makoviny a na povrchu semene není zjištěno více než 25 mg/kg

morfinových alkaloidů. Tento limit je pak ještě zpřísněn nařízením komise EU 2021/2142, která stanovuje maximální limit morfinových alkaloidů – 20mg/kg semene.

Pěstitelé a producenti máku a makových produktů mohou také využít registrace výrobků pod Českou cechovní normu. V současné době jsou v souvislosti s mákem registrovány 3 české cechovní normy: Česká cechovní norma pro Modrý mák pod registračním číslem 2019-01-14-0415, Česká cechovní norma pro Modrý mák mletý pod registračním číslem 2019-10-23-0455 a Česká cechovní norma pro Bělosemenný mák pod registračním číslem 2021-10-07-0531. V případě registrace makového produktu pod cechovní normu, mimo jiné přesně definované parametry, musí být 100 % máku z České produkce za použití povolených potravinářských odrůd (cechovninormy.cz 2022). Dále mohou čeští pěstitelé máku využít známku chráněného zeměpisného označení (CHZO/PGI – Protected geographical indication) „Český modrý mák“, která byla zaregistrována 9.2.2021 (europa.eu 2022).

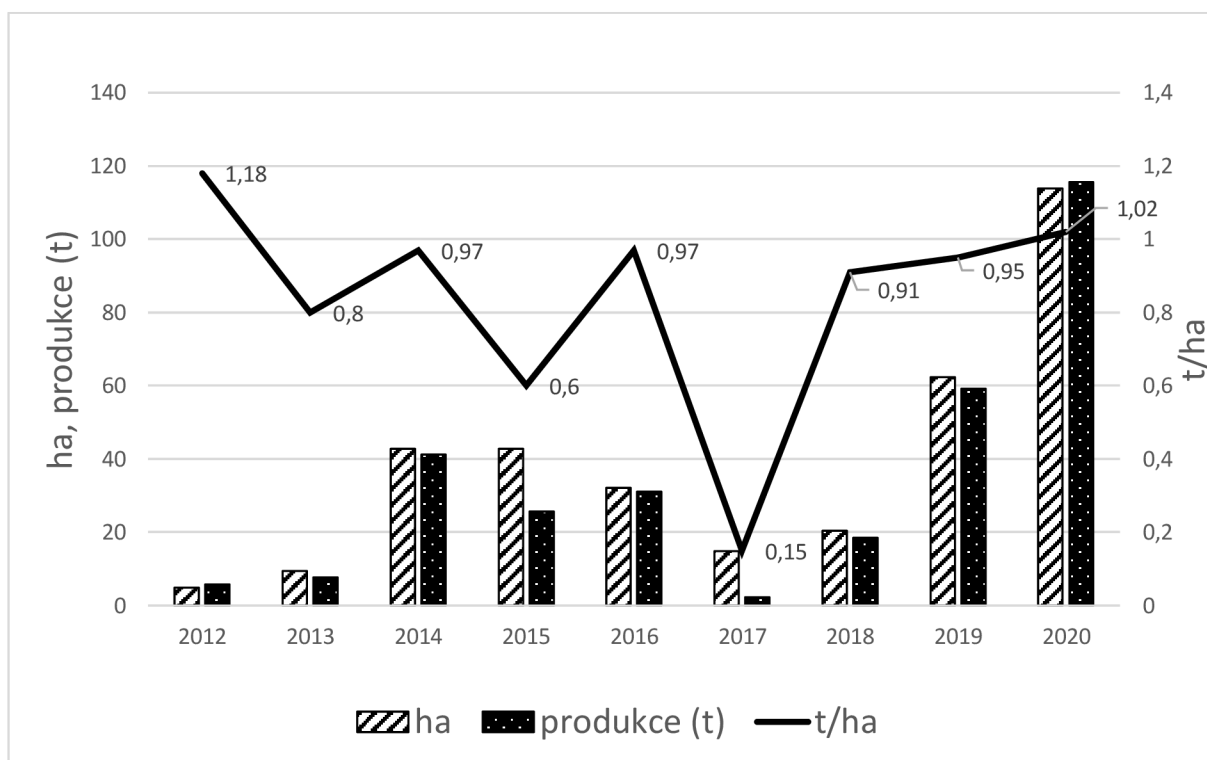
Obrázek 1: značení máku; cechovní norma, chráněné zeměpisné označení



4.2.1 Ekologická produkce máku setého v České republice

V České republice lze pěstovat také mák v režimu ekologického zemědělství. V grafu 4 jsou vyznačeny plochy ekologického máku, celková produkce biomáku a průměrný hektarový výnos. Z grafu je patrné, že v posledních letech se ekologická plocha máku zvyšuje a dle posledních údajů se v roce 2020 pohybovala na ploše přibližně 100 ha. Výnos ekologického máku se pohybuje, ve většině let, na úrovni přibližně 1 t/ha. Nelze ale obecně říci, že by ekologický mák byl výnosnější. Vyšší výnosy jsou zapříčiněny zejména rozdílnou technologií pěstování. Kuchtová et al. (2013) uvádějí, že pro možnost regulování plevelů je doporučeno pěstovat mák v ekologickém zemědělství s větší meziřádkovou vzdáleností – 45 cm (v běžné polní produkci je mák pěstován při meziřádkové vzdálenosti 12,5 cm). S rozdílnou strukturou porostu se mění také habitus rostliny. Při nižší hustotě porostů nasazují rostliny dle Vašáka et al. (2010) více makovic, které nerovnoměrně zrají. V ekologickém zemědělství je, pro zamezení snížení kvality produkce, třeba zajistit ruční, ideálně postupnou sklizeň máku, která je ekonomicky náročná; Kuchtová et al. (2013) uvádějí, že je třeba 20-25 lidí/ha/den. S ruční sklizní se však dle Vašáka et al. (2010) pojí nižší sklizňové ztráty, oproti mechanizované sklizni semen. Vyšší průměrné výnosy v ekologickém zemědělství souvisí tedy především s rozdílnou technologií produkce.

Graf 4: Plochy ekologického máku v České republice, celková produkce a průměrný výnos (eagri.cz 2023)



4.3 Kvalita osiva a možnosti ošetření osiv máku setého

Mák setý, s průměrnou hmotností tisíce semen 0,55 g, náleží mezi drobnosemenné plodiny. Jedním z nejdůležitějších faktorů pro dosažení uspokojivého výnosu a celkovou ekonomiku pěstování máku je použití kvalitního osiva (Pšenička et Hosnedl 2007). Mák se vysévá brzy z jara, kdy na subtilní vzcházející rostliny působí řada stresových podmínek. Rostliny mají v počáteční fázi především velké nároky na vláhu (Fejér et Salamon 2011), hrozí zaplevelení porostu, či napadení škůdci a chorobami.

4.3.1 Fyziologické principy (podstata) klíčení semen

Klíčení semen je řízeno řadou mechanismů nezbytných pro vývoj embrya, a tudíž i stěžejní pro vznik celé rostliny. Jedná se o proces, při kterém dochází k aktivaci embrya a jeho následnému růstu (Miransari et Smith 2014).

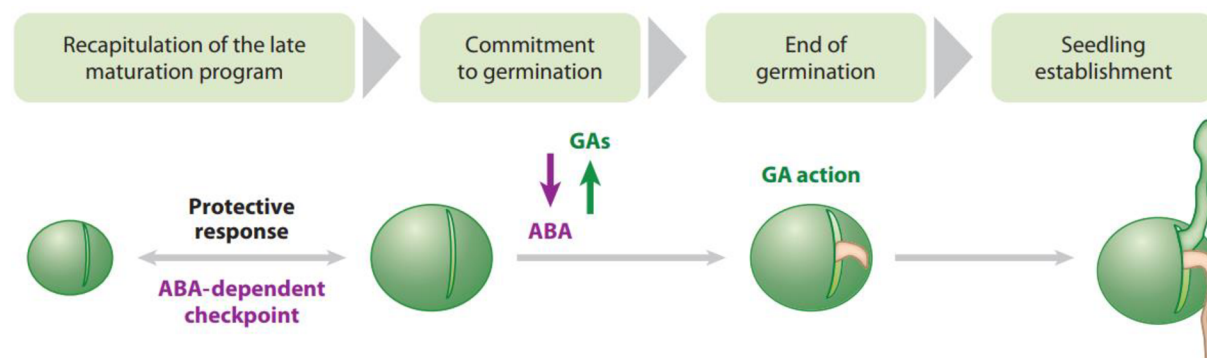
Klíčení začíná první fází – přijmutím vody vyzrálým, suchým semenem (bobtnání, imbibice). Druhá fáze klíčení zahrnuje celý komplex fyzikálních, biologických a biochemických procesů, pomocí kterých přejde embryo z klidového stavu do stádia, kdy má rostlina životaschopný metabolismus. Ve třetí fázi dochází k dlouhivému růstu buněk radikuly a hypokotylu (Bewely et Black 1994; Copeland et McDonald 1995; Houba et Hosnedl 2002). Konec klíčení pak nastává ve chvíli, kdy se začne prodlužovat embryonální osa (Rajjou et al. 2012), tedy když kořínek začíná růst (Miransari et Smith 2014). Klíčení semen je kromě základních podmínek (dostatek vody, kyslíku a teploty) ovlivněno například i světelným režimem či působením celé řady chemických látek (Finch-Savage et Leubner-Metzger 2006).

Jedná se především o přítomnost a působení různých fytohormonů (Miransari et Smith 2014). Fytohormony v semenech ovlivňují fyziologické a biochemické procesy při vývinu a zrání semen a později ovlivňují i proces klíčení. Dělíme je na stimulatory růstu (především gibereliny – GA) a na inhibitory růstu (ABA – kyselina abscisová) (Houba et Hosnedl 2002).

Gibereliny (GA) jsou důležité fytohormony, neboť ovlivňují řadu pochodů během růstu a vývoje rostlin. Podporují růst hypokotylu a prodlužování stonku, ovlivňují tvorbu pylu nebo dobu kvetení (Peng et Harberd 2002) a také výrazně ovlivňují klíčení semen (Debeaujon et Koornneef 2000). Gibereliny se ve vázané formě hromadí v semeni. Poté co semeno začne nasávat vodu a nabobtná, se tyto hormony uvolní a embryo začne syntetizovat nové gibereliny, které se pomocí difuze přesouvají do aleuronové vrstvy, kde indukují tvorbu hydrolytických enzymů (především α -amylázy, ribonukleázy a fosfatázy). Ty potom přecházejí do endospermu, kde odbourávají zásobní látky (bílkoviny, cukry), díky čemuž jsou embryu poskytnuty stavební kameny a energeticky bohaté substráty (Copeland et McDonald 1995; Procházka et al. 1998; Finkelstein et al. 2008).

Kyselina abscisová (ABA) je seskviterpenová sloučenina, která vzniká štěpením karotenoidů (Rajjou et al. 2012). V závislosti na tom, jak je v rostlině koncentrovaná, snižuje velikost úložné kapacity a urychluje stárnutí rostlin (Houba et Hosnedl 2002) a inhibuje prodlužovací růst. V souvislosti s klíčivostí ovlivňuje kyselina abscisová dormanci semen. V semenech se během období dormance obvykle vyskytuje vysoký obsah této kyseliny. Během zrání semen nejprve obsah ABA prudce narůstá (nejvíce v embryu), a následně začíná klesat. Semena začnou být schopna klíčení poté, co obsah ABA klesne pod určitou hodnotu. Ovšem dobu, po kterou nejsou semena schopna klíčit, určuje především poměr ABA/giberelinů (Procházka et al. 1998).

Obrázek 2: Schéma klíčení semen (Rajjou et al. 2012)



4.3.2 Klíčivost a vitalita osiva

Klíčivost je jedním ze základních semenářských parametrů. Testujeme ji v laboratorních podmínkách po určenou dobu. Jako lůžko slouží např. filtrační papír, vata, písek atd. Nejprve se dle normy stanovuje energie klíčení (rychlost) a na konci vymezeného období se stanoví vlastní klíčivost, nejčastěji vyjádřená procentuálně (Procházka et al. 1998). Dobrá klíčivost semen, která vede k tvorbě zdravých jedinců, je jedním z rozhodujících faktorů, které vedou k šíření ekologicky i ekonomicky významných druhů rostlin. Klíčení rostlin považujeme za jedno z nejvíce kritických období ve vývoji rostlin, neboť klíčící rostliny jsou velmi zranitelné

vůči mechanickému poškození, chorobám, vodnímu stresu apod. (Rajjou et al. 2012). Z fyziologického hlediska je snížená klíčivost semen zapříčiněna především výskytem dormantních a neživých semen. Ze semenářského hlediska považujeme za klíčivá pouze semena, ze kterých je schopna vyrůst životaschopná rostlina (Houba et Hosnedl 2002).

Kvalita osiva vyjádřená pomocí procentuální klíčivosti však plně nevystihuje jeho biologickou hodnotu, která je pro polní vzházivost a zapojení porostů stěžejní. Klíčivost totiž stanovujeme v optimálních podmínkách, při kterých nebereme v úvahu reakci osiva na stresové faktory, na které osivo reaguje v polních podmínkách (Delouche et Caldwell 1960). Rozdíl mezi laboratorní klíčivostí a vzházivostí v polních podmínkách je ovlivněn vitalitou osiva. Osivo s vyšší vitalitou je schopno lépe vzházet i při méně příznivých podmínkách oproti osivu s nižší vitalitou, a to i v případě, že laboratorní klíčivost je shodná (Honsová et Cihlář 2018). Vitalita bývá negativně ovlivněna fyziologickou deteriorací a mechanickým poškozením. Klíčivost v podstatě vyjadřuje maximální dosažitelnou hodnotu klíčení, vitalita potom představuje realitu (Ehrenbergerová 2014). Vitalita je tedy souhrn vlastností osiva, které určují úroveň výkonnosti partií osiva s přijatelnou klíčivostí v širokém rozsahu prostředí (Pazderů 2009; Perry 1981). Existuje celá řada testů vitality osiva (např. test urychleného stárnutí v případě sóji, konduktivita v případě hrachu), které jsou certifikovány dle metodik ISTA. Protože v případě některých plodin uvedené metody testování nejsou možné, byl pro řadu plodin (kukuřice, ředkvičky, řepka, pšenice) validován tzv. „radicle emergence test“ (ISTA 2018). Základem tohoto testu je zjištění počtu vyklíčených semenáčků s definovanou délkou kořínku (2-3 mm) v počáteční fázi klíčení (běžně 48-72 hodin po založení testu). U partií osiva, které klíčí pomaleji, se potom počítá s nižší vitalitou a celkově horší vzházivostí v polních podmínkách (Guy et Black 1998; Matthews et Khajeh-Hosseini 2007; Matthews et Powell 2012).

4.3.3 Možnosti ošetření osiva máku a mechanismus jejich účinku

Semena jsou základní materiál pro produkci rostlin. Volba zdravého osiva spolu s jeho předseťovým ošetřením jsou jedny z nejdůležitějších faktorů, jak zlepšit vitalitu osiva, což vede v konečném důsledku k vyššímu výnosu plodin (Vasilevski 2003; Chen et al. 2005; Marinković et al. 2008). Ošetřením osiva rozumíme biologický, chemický, fyzikální či mechanický proces úpravy, který vede ke zlepšení některých vlastností osiva (klíčivost, vitalita, nižší napadení škůdci a chorobami) (Khanzada et al. 2002). Přípravky a metody určené k ošetřování osiv mají celou škálu mechanismů účinku, ale obecně platí, že ošetřená semena jsou životaschopnější, vyznačují se rychlejším růstem a jsou více tolerantní k nepříznivým abiotickým vlivům. V závislosti na zvolené účinné látce také odolávají chorobám a škůdcům, kteří napadají vzházející rostliny. Proto porosty s namořeným osivem často potřebují mnohem nižší intenzitu ochrany rostlin během vegetace (Prosba-Bialczyk et al. 2013).

4.3.3.1 Chemické ošetření osiva máku

Nejběžnějším typem ošetření osiva v pěstitelské technologii máku je moření chemickými přípravky. Dominuje především přípravek Cruiser OSR, který obsahuje aktivní látky s fungicidním i insekticidním účinkem (Vašák et al. 2010). Ovšem poté co EU, s ohledem na obavy z negativního dopadu na opylující hmyz, omezuje používání neonikotinoidů (Woodcock

et al. 2018), nelze s tímto přípravkem do budoucna počítat. A to i přesto, že v případě přípravku Cruiser OSR, použitého jako mořící přípravek, nebyl vliv na opylující hmyz prokázán (Thompson et al. 2016). Proto zákaz mořidel na bázi neonikotinoidů budí napříč vědeckou komunitou určité kontroverze. Především vzhledem k účinnosti mořidla a jeho relativní bezpečnosti se řada vědců obává, že v případě definitivního zákazu těchto mořidel dojde ke zvýšené míře foliární aplikace insekticidních pesticidů (například na bázi pyretroidů), které mnohem více ohrožují necílové organismy a zatěžují ekosystém (Dewar 2013).

Přípravek Cruiser OSR je v pěstitelské technologii máku cílený především proti krytonosci kořenovému (*Stenocarus ruficornis*) a proti chorobám, kterými může osivo být napadeno (Cihlář et al. 2007). Přípravek obsahuje tři účinné látky: thiamethoxam v dávce 280 g/l, fludioxonil – 8 g/l, metalaxyl-M – 32,3 g/l. Thiamethoxam je širokospektrální insekticid náležící do skupiny syntetických organických pesticidů – neonikotinoidů (Karlin 2002; Tomizawa et Casida 2005). Působí v rostlinách systémově a je vysoce účinný především proti savému hmyzu. Zároveň je typický pro relativně nízkou toxicitu vzhledem k savcům, ptákům a rybám. Pro srovnání - průměrná hodnota LD₅₀ nikotinu, který má podobné účinky, v případě savců dosahuje úrovně 50-60 mg/kg, naproti tomu LD₅₀ v případě thiamethoxamu dosahuje úrovně 1563 mg/kg (Tomizawa et Casida 2005). Systém fungování thiamethoxamu spočívá v antagonistickém působení na nikotinové a acetylcholinové receptory hmyzu (nAChR) (Casida et Durkin 2013; Short et al. 2021). Receptor potom prochází změnou, která vede ke vtoku extracelulárního Na⁺ a k efluxu intracelulárního K⁺ (Honda et al. 2007).

Fludioxonil je fungicidní látka patřící do skupiny fenyropyrolů. Tato látka je odvozená od pyrrolnitridu (Gehmann et al. 1990; Kilani et Fillingner 2016), což je pyrrolový halometabolit s velkým antimikrobiálním a antimykotickým účinkem. Pyrrolnitrid je přirozeně tvořen bakteriemi rodu *Pseudomonas* (Pawar et al. 2019). Přestože přípravky na bázi fludioxonilu jsou relativně staré, účinek této látky dosud není zcela objasněn (Bersching et Jacob 2021). Fungicidní účinek fludioxonilu pravděpodobně spočívá v narušené signalizaci osmotického stresu. Fludioxonil způsobuje hyperaktivaci kinázové dráhy HOG (high osmolarity glycerol response highway) (Yoshimi et al. 2005; Jacob et Brandhorst 2020), která je zodpovědná za buněčnou adaptaci na změněné podmínky prostředí jako je změna v osmotické rovnováze (Jacob et al. 2015). Druhou fungicidní látkou je metalaxyl-M, jehož mechanismus účinku spočívá v zásahu do vývoje mycelia a spor hub (Svartz et al. 2018).

4.3.3.2 Biologické přípravky využitelné pro ošetření osiva

Biologickou ochranu rostlin lze definovat jako využívání určitých živých organismů k regulaci rostlinných patogenů prostřednictvím parazitismu, antibiomy či konkurence (Eilenberg et al. 2001). V případě většiny biologických přípravků určených k ochraně rostlin nemůžeme sledovat pouze jeden přímý kurativní účinek dané látky. Na biologickou ochranu rostlin je nutno nahlížet jako na různorodé komplikované interakce mezi rostlinou, patogenem a biologickým přípravkem (Droby et al. 2009).

Mezi biologické preparáty, které je možné použít pro ošetření osiva máku, můžeme zařadit například přípravky Polyversum a Gliorex. Oba jmenované preparáty, které působí fungicidně (Kuchtová 2012), byly zařazeny do našich pokusů.

Přípravek Polyversum obsahuje oomycety houby *Pythium oligandrum* (Meszka et Bielenin 2010). Zatímco většina zástupců hub rodu *Pythium* jsou patogenní organismy, *Pythium oligandrum* je ve vztahu k rostlinám v podstatě symbiotický organismus, který se rozvíjí v kořenovém systému mnoha druhů plodin (Benhamou et al. 2012). Účinek *P. oligandrum* spočívá v synergickém působení několika mechanismů. Jde především o přímé antagonistické působení vůči řadě patogenních organismů (Benhamou et al. 1999) jako je mykoparazitismus, antibióza nebo prostá konkurence (Rey et al. 2008). Dále *P. oligandrum* působí jako rostlinný stimulant. Metabolizuje deriváty indolu (tryptofan a indol-3-acetaldehyd) a tryptaminovou cestou dochází k biosyntéze sloučeniny tryptamin (TNH₂), která je prekurzorem auxinu (le Floch et al. 2003; Bělonožníková et al. 2022). Auxin v rostlinách ovlivňuje celou řadu procesů jako je buněčné dělení, prodlužování buněk a buněčná diferenciace (Teale et al. 2006). *P. oligandrum* má také schopnost podpořit rezistenci rostlin vůči patogenním organismům díky produkci nízkomolekulárního proteinu oligandrinu (Picard et al. 2000; Benhamou et al. 2001) a dalších elicitorních molekul, které indukují obranyschopnost rostlin (Takenaka et al. 2006). Gerbore et al. (2014) uvádějí, že oproti jiným biologickým preparátům na podobné bázi může *P. oligandrum* pronikat hlouběji do rostlinných pletiv, což by mohlo vést k vyšší účinnosti přípravku. Ovšem jako u všech biologických přípravků je efekt podmíněn přežitím organismu – účinnost tedy závisí na celé řadě podmínek prostředí jako je teplota, vlhkost, pH a další (le Floch et al. 2003).

Přípravek Gliorex obsahuje spóry hub *Clonostachys* spp. a *Trichoderma* spp. (Pánek et al. 2021). *Clonostachys rosea*, kterou obsahuje přípravek Gliorex, je saprofytická vláknitá houba, která se přirozeně vyskytuje v prostředí (především v půdě). Vykazuje silnou schopnost biologické regulace nejen houbových chorob, ale také například některých hlístic (Sun et al. 2020b). Mechanismus fungicidního působení spočívá v uvolňování enzymů CWDE (cell wall degrading enzymes), které produkují sekundární metabolity s fungicidním či antibiotickým efektem a které zároveň mohou podpořit rezistenci rostlin (Rodriguez et al. 2011; Fatema et al. 2018; Čevik et al. 2022). Druhy hub rodu *Trichoderma* jsou relativně běžně komerčně využívány pro biologickou regulaci chorob (Kubíček et al. 2001). Jedná se o avirulentní oportunistické symbiontní organismy, které se usazují v celé řadě patosystémů a mají minimální dopad na životní prostředí (Sood et al. 2020). Výměnou za sacharózu rostlinám přinášejí mnohé výhody, jako je zvýšená absorpce živin, indukce růstu, prospěšná modifikace rhizosféry a větší odolnost k biotickým a abiotickým stresům (Lorito et al. 2010; Hermosa et al. 2012; López-Bucio et al. 2015) a také mohou zvýšit klíčivost (Shoresh et al. 2005). *Trichoderma* spp. může snižovat závažnost některých chorob rostlin tím, že inhibuje rostlinné patogeny v půdě prostřednictvím své vysoce účinné antagonistické a mykoparazitické aktivity (Hermosa et al. 2012).

4.3.3.3 Stimulační přípravky

Stimulačních přípravků s možným využitím pro ošetření osiva máku je na trhu celá řada. Většina z nich je na bázi různých mikroprvků, aminokyselin, huminových látek, fytohormonů a dalších sloučenin. Huminové látky jsou tvořeny huminovými kyselinami a fulvokyselinami a tvoří přibližně 65-70 % organické hmoty v půdě. Huminové látky jsou typicky produktem rozkladu rostlinných tkání (především z lignifikovaných buněčných stěn) (Russo et Berlyn

1991). Jedná se v zásadě o soubor různorodých složek organických molekul (Piccolo 2001). Mechanismus účinku aplikovaných huminových látek při působení na vzcházející rostliny pravděpodobně spočívá ve zvýšení propustnosti buněčných membrán, vede k lepší fotosyntetické aktivitě, stimulaci příjmu živin a stimulaci prodlužování kořenových buněk (Cacco et Dell' Agnola 1984; Russo et Berlyn 1991; Nardi et al. 2017). Dále se v půdě vyskytují aminokyseliny, které podobně jako huminové látky pocházejí z rozložených rostlin a těl mikroorganismů a živočichů (Knicker et al. 1993). Aminokyseliny mají důležitou roli v životě a vývoji buněk. Vznikají jako primární metabolity (ačkoliv některé jsou považovány za sekundární metabolity; např. prolin, glycin, betain) a ovlivňují celou řadu fyzikálně-chemických vlastností rostlinných buněk a tkání (Rai 2002; Marschner 2011). Pomáhají rostlinným buňkám při detoxikaci od těžkých kovů a dalších toxických látek (Bashir et al. 2018; Hussain et al. 2018), optimalizují příjem některých živin, jsou částečně zodpovědné za biosyntézu vitamínů, stimulují růst rostlin a pomáhají rostlinám lépe odolávat environmentálním stresům (sucho, zasolení, chlad) (Jeppsen 1991; Sharma et Dietz 2006; Souri et Hatamian 2019). Exogenní aplikace přípravků na bázi aminokyselin má prokázané stimulační účinky u celé řady plodin (Cao et al. 2006; Amin et al. 2011; Fahimi et al. 2016), přičemž jejich účinek je výrazný především v podmínkách environmentálního stresu (Rai 2002; Cerdán et al. 2013; Sh Sadak et al. 2015).

Do našich pokusů byly zařazeny stimulační přípravky Envisseed, TS Osivo a M-Sunagreen. Přípravek Envisseed obsahuje dusík ve formě aminokyselin, stimulační látky na bázi auxinu a giberelinu, huminové kyseliny, draslík a některé mikroprvky (B, Cu, Fe, MN, Zn) v chelátové formě (enviproduct.cz 2022). TS Osivo má v zásadě podobné složení. Obsahuje N, P, K vázané na aminokyseliny, huminové látky, výtažky z mořských řas, mikroprvky (B, Mo, Fe) v chelátové formě a (Mg, Zn, Mn, Cu) v síranové formě (trisol.farm 2022). Přípravek M-Sunagreen obsahuje kyselinu 2-aminobenzoovou a kyselinu 2-hydroxybenzoovou.

4.3.3.4 Fyzikální metody ošetření osiv

Další možností ošetření osiv je využití různých fyzikálních metod. Jejich účinek je různý – dezinfekce osiva, změna v genové expresi či akumulaci různých prospěšných proteinů a metabolitů (Araújo et al. 2016). V současné době je známa celá řada fyzikálních metod; patří mezi ně například laserové ozařování, ultrazvukové vlny, mikrovlnné elektromagnetické záření, vliv magnetického pole či gama záření (Aladjadjiyan 2007), či využití nízkotermálního plazmatu (Jiang et al. 2014). V České republice je komerčně nabízeno osivo máku setého ošetřené fyzikální metodou E-ventus (ceskymak.cz 2022).

Metoda E-ventus funguje na principu působení nízkoenergetických urychlených elektronů, které mají biocidní účinek na některé osivem přenášené patogeny (Tigges et al. 2002; Röder 2004). Elektrony vznikají a jsou kolimovány ve speciálních generátorech (na principu Braunovy trubice). Dva tyto generátory jsou umístěny proti sobě, přičemž každý z nich produkuje pás nízkoenergetických elektronů. Semena pak definovanou rychlostí propadávají tímto „polem působnosti“ tak, aby elektrony mohly působit na celý povrch semen. Díky své kinetické energii pronikají elektrony do osemení, kde jsou patogeny ničeny ionizujícím zářením. Semeno se během procesu nezahřívá, takže není ohrožena jeho životaschopnost (Röder et al. 2009).

4.4 Možnosti ochrany máku setého proti chorobám během vegetace

Jedním z nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících výnos i kvalitu produkce máku setého je výskyt chorob. Mezi dvě nejvýznamnější choroby patří Pleosporová hnědá skvrnitost (helminosporiíza máku) a plíseň maková. Ochrana proti chorobám je tedy velmi důležitou součástí technologie pěstování máku setého. Stejně jako v případě ošetření osiv je i v ochraně máku setého proti chorobám během vegetace kladen v poslední době stále větší důraz na využívání šetrnějších postupů a omezování použití tradičních chemických fungicidů, a tak je důležité zaměřit se na alternativní možnosti ochrany rostlin, zahrnující využití biologických přípravků.

4.4.1 Přírozená obrana rostlin proti stresovým faktorům

V přírodním prostředí se pohybuje celá řada organismů, které interagují s rostlinami a ovlivňují tím jejich zdravotní stav a produkci. Může jít o celou škálu vzájemného působení přes synergický, mutualistický až po antagonistický a parazitický vztah (Duffy et al. 2003). Rostliny při boji s různými nepříznivými činiteli nejsou odkázány pouze na lidský zásah, ale mají vyvinuté velmi komplexní chemické systémy, které jim pomáhají lépe zvládnout působení stresových podmínek (Ryan et Jagendorf 1995; Caraveo et al. 2016). Hlavní roli v obraně rostlin hrají různé sekundární metabolity, které se v rostlinách vyskytují konstitutivně – tedy jsou bez ohledu na vnější podmínky v rostlinných tkáních, nebo jsou indukovány v případě kontaktu rostliny s některými stresovými podmínkami. Tyto obranné látky jsou často na bázi siry (terpeny, flavonoidy) nebo se vyskytují jako dusíkaté metabolity (alkaloidy, kyanogenní glykosidy, aminokyseliny) (War et al. 2020). Důležitá je také celá řada fenolických sloučenin, které mají mnoho biologických funkcí, včetně antioxidačních vlastností (Koeduka et al. 2014). Výskyt fenolických sloučenin v rostlinách je většinou indukován některými stresovými činiteli (sucho, nízké či vysoké teploty, deficienze živin, houbové a bakteriální choroby) (Cheynier et al. 2013; Rosa et al. 2018). Tyto látky pomáhají rostlinám do jisté míry snížit škodlivost stresových vlivů a zvyšují odolnost rostlin vůči patogenním organismům (Yedia et al. 2000; Anesini et al. 2008; Cheynier et al. 2013). Protože choroby představují jednu z nejvýznamnějších hrozeb v pěstitelské technologii máku, mohou být fenolické látky obzvláště důležité, neboť některé z nich mají přímý fungicidní účinek (Gillmeister et al. 2019). Například kyselina ferulová, která se v pletivech máku vyskytuje (Ghafoor et al. 2019; Aksoylu Özbek et Günc Ergönül 2020) je známá svým silným fungicidním působením na celou řadu patogenů (Ou et Kwok 2004; Boz 2015).

4.4.2 Nejvýznamnější choroby máku setého

Jednou z nejzávažnějších chorob máku setého je plíseň maková, která se vyskytuje prakticky po celém světě (Calderón et al. 2014; Spitzer et al. 2014). Původcem této choroby ve středoevropských podmínkách je především obligátně biotrofní patogen *Peronospora arborescens* (Landa et al. 2005). Nicméně za rozvojem plísně makové mohou stát i další kmeny jako *P. cristata*, *P. somniferi* či *P. meconopsidis* (Voglmayr et al. 2014). Plíseň maková se projevuje buď lokální nebo systémovou infekcí na rostlinách (Sattar et al. 1995). Infekce se šíří pomocí velkého množství krátce žijících sporangií a oospor. Ty se mohou pohybovat

vzdušnými proudy až na vzdálenost stovek kilometrů. Nejčastěji je primárním zdrojem inokula půda, v níž se oospory nacházejí (Navas-Cortés et al. 2009; Montes-Borrego et al. 2011) a napadené osivo, kterým se choroba šíří do porostů (Landa et al. 2007; Thangavel et al. 2020). Poté co je rostlina napadena, patogen kolonizuje mezofyl a následně tvoří haustoria v parenchymatických buňkách, což vede k prvotním příznakům. Zpočátku se objevují malé nažloutlé chlorózy na abaxiální straně listů, přičemž zde probíhá intenzivní sporulace. V případě pro chorobu vhodných podmínek se choroba dále rozvíjí. Zasažené části rostlin jsou nepravidelně tvarovány, kroutí se, ztlušťují a s tím, jak choroba postupuje, nekrotizují. Léze se postupně zvětšují, což nakonec vede k odumření celého listu (Populer 1981; Landa et al. 2005). Závažnost napadení a celkový rozvoj choroby na rostlinách máku závisí především na vhodných klimatických podmínkách. Optimálním prostředím pro rozvoj plísně makové je vysoká relativní vlhkost spolu s nižšími teplotami (Weltzien 1978; Landa et al. 2007; Montes-Borrego et al. 2009). Plíseň maková se nejčastěji projevuje ve fázi přizemních růžic a dlouhivého růstu (Vašák et al. 2010).

Další osivem přenosnou chorobou, která může v pěstební technologii máku setého působit devastačně, je pleosporová hnědá skvrnitost máku (Spitzer et al. 2014). Za původce pleosporové hnědé skvrnitosti byl považován organismus *Pleospora papaveracea* (teleomorfa) a *Dendryphion penicillatum* (anamorfa), kdy se tyto druhy považovaly pouze za pohlavní a nepohlavní stádium stejného houbového patogenu (Christoff 1930; Crosier et Heit 1964; Sivanesan et Holliday 1982; O'Neill et al. 2000). Farr et al. (2000) ovšem uvádí, že se jedná o dva různé druhy s prakticky stejným projevem napadení. Jedná se o organismy náležící mezi askomyceta, které produkují konidie a chlamydiospory.

Mezi příznaky napadení rostlin pleosporovou skvrnitostí patří spála vzcházejících rostlin, v případě silně napadeného osiva, kdy hypokotyl vzešlých rostlinek zhnědne, a rostliny uhynou. Při výskytu na vzrostlých rostlinách máku - projevuje se v období kvetení a po odkvětu rostlin, tedy v druhé polovině června a především v průběhu července (Schmitt et Lipscomb 1975) - se objevují skvrny na listech a v případě silného napadení proniká choroba do makovic, kde napadá semena (Farr et al. 2000; O'Neill et al. 2000). Patogenní organismus proniká do rostliny skrz apresoria (houbové přísavky). Do samotných buněk vniká skrz apresoria vytvořená v periklinální a antiklinální části buněčné stěny. Při inokulaci choroby na abaxiální straně listu proniká houba do stomat rostliny (Bailey et al. 2000). Účinnost a nebezpečnost této choroby může demonstrovat fakt, že je řadou autorů testována jako možný biologický herbicid máku – ať pro regulaci makových plevelů v kulturních plodinách, tak pro regulaci nelegálních ploch opiového máku (O'Neill et al. 2000; del Serrone et Quacquarelli 2020; Sharma et al. 2020).

4.4.3 Chemické přípravky pro regulaci chorob v porostu máku setého

V současné době, při zvážení většiny dostupných alternativních typů ošetření, jsou chemické fungicidy (ať už kontaktní či systémové) nejúčinnější a ekonomicky nejpříznivější látky pro boj s chorobami (Malandrakis et al. 2018; Pandey et al. 2018). Řada chemických látek, které jsou využívány jako pesticidy, se svým využitím nesou různá rizika. Mezi nejvýznamnější patří vliv na necílové organismy a kontaminace životního prostředí (zejména kontaminace vody). Tyto poznatky způsobily stažení velkého množství účinných látek a vedly k zpřísnění legislativy EU a také k udání nového směru zemědělské politiky, která klade větší důraz na

různé alternativní látky s menším dopadem na životní prostředí (Malandrakis et al. 2021a, 2021b).

4.4.3.1 Přípravky na bázi dithiokarbamátů

Mancozeb patří do skupiny dithiokarbamátů (konkrétně jde o fungicid na bázi ethylenbisdithiokarbamátu – EBDC) (Runkle et al. 2017), jejichž historie, kdy jsou využívány jako fungicidy, sahá až do čtyřicátých let 20. století (Gullino et al. 2010). Přípravky na bázi mancozebu fungují kontaktně – sloučenina zůstává pouze na povrchu listů a neproniká do rostlinných tkání, kde by byla nadále šířena (Sijpesteijn 1982). Při kontaktu dithiokarbamátových fungicidů s vodou dochází k uvolňování ethylen-bis-isothiokyanát sulfidu (EBIS). EBIS je thiolový inhibitor, který inaktivuje sulfhydrolýzové enzymy, čímž se naruší některé biochemické procesy v cytoplazmě a mitochondriích houbových buněk, jako je metabolismus lipidů, respirace nebo produkce adenosintrifosfátu (Sijpesteijn et van der Kerk 1954; Sisler 1963). Spektrum účinnosti mancozebu je velmi široké. Je účinný proti celé řadě houbových organismů, včetně askomycet, oomycet, bazidiomycet, deuteromycet (Leader et al. 2008) a sacharomycet (Santos et al. 2009). Za téměř sedm dekad vývoje a využívání přípravků na bázi mancozebu se využíval u více než 70 druhů plodin na více než 400 různých chorob (Leader et al. 2008; Runkle et al. 2017).

Od února 2021 je, z rozhodnutí Evropské komise, zakázán prodej všech přípravků obsahujících mancozeb (Cocco 2022) v souvislosti s některými možnými riziky, která byla spojena s jeho užíváním (Abdourahime et al. 2020). V minulosti se jednalo o jeden z nejpoužívanějších fungicidů v pěstební technologii máku (Alam et al. 1998; Patel et al. 2020). Do našich pokusů byl přípravek Dithane zařazen před tímto zákazem, a proto byl v pokusech ponechán, neboť je zajímavé porovnat účinnost alternativních přípravků na bázi různých biologických agens s tradičními chemickými fungicidy, s jejichž využitím v ochraně máku setého již nelze nadále počítat.

4.4.3.2 Přípravky na bázi triazolů

Skupina triazolů je jednou z nejrozsáhlejších tříd fungicidů. První fungicidní přípravek na bázi triazolu (triadimefon – Bayleton) byl uveden na trh v roce 1973 (Morton et Staub 2008). Triazolová antymykotika byla odvozena od imidazolů (Wu 2012). Do našich pokusů byly zařazeny registrované přípravky s obsahem tebuconazolu, prothioconazolu a cyproconazolu. Triazoly jsou širokospektrální fungicidy používané k regulaci chorob u celé řady zemědělských plodin (Dutzmann et Suty-Heinze 2004; Strickland et al. 2004).

Tyto látky patří mezi takzvané DMI fungicidy (Demethylation inhibitors). DMI fungicidy v houbových tkáních blokují produkci sterolů, které jsou nezbytné pro tvorbu buněčných membrán, což vede k zastavení růstu houbového organismu, a nakonec k jeho úhynu. Houbové spóry určitou hladinu sterolů obsahují, takže jsou i po působení DMI fungicidů schopny vyklíčit, nicméně po vyčerpání zásoby sterolů se růst zastaví. DMI fungicidy jsou systémové – tedy vstupují do rostlinné tkáně. Na rozdíl od výše zmíněného mancozebu se kurativní efekt triazolů projeví i v případě, že je aplikován v průběhu rozvoje choroby. Pro maximální efekt účinku je ale vhodné porosty ošetřit preventivně, případně na samém počátku napadení (Mueller et al. 2013). Někteří autoři zmiňují, že použití přípravků na bázi azolů může

vykazovat mimo přímý kurativní účinek i některé další efekty; přítomnost triazolů v exponovaných rostlinách například může ovlivňovat různé enzymy a mechanismy, které jsou zodpovědné za růst rostlin, oxidaci, syntézu chlorofylu, produkci fenolických sloučenin atd. (Gopi et al. 2007; Tuna 2014; Jakl et al. 2021a). Byl např. zaznamenán nárůst hladiny fenolických komponentů (Lin et al. 2011) vlivem zvýšeného stresu (Jakl et al. 2021b). Vysoké dávky triazolových fungicidů mohou negativně ovlivňovat mikrobiální společenstva v půdě snížením jejich denzity, což vede ke snížení mikrobiální enzymatické aktivity v půdě (Roman et al. 2021).

4.4.3.3 Přípravky na bázi strobilurinů

Další významnou skupinou účinných látek fungicidních přípravků jsou strobiluriny, jejichž formulace vychází z přírodních fungicidních látek, které byly izolovány především z určitých druhů hub (konkrétně jde o bazidiomyceta) (Bartlett et al. 2002; Balba 2007). Do skupiny strobilurinů patří jedna z celosvětově nejvyužívanějších fungicidních látek – azoxystrobin (Margot et al. 1998). Strobiluriny jsou systémové fungicidy s širokým spektrem účinnosti zahrnující askomyceta, bazidiomyceta a oomyceta (Bartlett et al. 2002). Strobiluriny fungují tak, že se v mitochondriích vážou na místo oxidace chinonu, čímž se zastaví přenos elektronů mezi cytochromem b a cytochromem c. To vede k zastavení syntézy adenosintrifosfátu (ATP) (von Jagow et Becker 1982; Brandt et al. 1993), čímž se pro houbový organismus zastaví produkce energie a patogen postupně odumírá (Balba 2007). Pro přípravky na bázi strobilurinu je charakteristická rychlost reakce rostlin na ošetření. Fungicidní účinek je totiž soustředěn na spóry hub – tedy na první období jejich životního cyklu (Sauter et al. 1995; Leroux 1996). Strobiluriny, mimo fungicidního působení, v rostlinách snižují koncentraci ethylenu, což vede k degradaci cytokininů, čímž dochází k tzv. „green efektu“. Rostlina má delší dobu zelené listy a déle fotosyntetizuje, což vede ke zvýšenému množství asimilátů v semenech či plodech. Díky tomu mohou ošetřené porosty dosahovat vyšších výnosů (Ijaz et Honermeier 2012).

4.4.3.4 Přípravky na bázi benzamidů a karboxamidů

Benzamidy jsou z chemického hlediska amidové deriváty kyseliny benzoové a jsou využívány v řadě odvětví (zemědělství, lékařství) pro svoje fungicidní a nematocidní účinky (Angioni et al. 2005; Miller et al. 2006). V rámci našich pokusů byla využita účinná látka fluopyram, která má fungicidní (Sun et al. 2020a) a nematocidní efekt (Silva et al. 2019). Fluopyram je relativně nový širokospektrální fungicid, který svým působením patří mezi skupiny SDHI (inhibitory sukcinátdehydrogenázy) fungicidů (Veloukas et Karaoglanidis 2012). Další využitou účinnou látku, která svým účinkem náleží do skupiny SDHI fungicidů je boscalid. Chemickým složením patří boscalid do skupiny karboxamidů (Avenot et Michailides 2010).

Fungicidní vlastnosti SDHI fungicidů spočívají ve schopnosti inhibovat sukcinátdehydrogenázu (enzym Krebsova cyklu) v elektronovém transportním řetězci – známý také jako komplex II (ETC), čímž se naruší zásadní mitochondriální enzymatický řetězec, který je esenciální pro správnou funkci ETC komplexu a trikarboxylové kyseliny v Krebsově cyklu. Ty jsou potom nezbytné pro produkci buněčné energie a zodpovědné za syntézu ATP

(adenosintrifosfát) (Aldera et Govender 2018; Yanicostas et Soussi-Yanicostas 2021). Santísima-Trinidad et al. (2018) uvádějí, že zatímco fluopyram svým fungicidním působením ovlivňuje společenstva půdních hub, nijak se nedotýká složení a diverzity bakteriálních společenství v půdě.

4.4.4 Biologické přípravky pro ošetření rostlin proti chorobám během vegetace

Jak již bylo řečeno, v ochraně rostlin stále dominují chemické látky. Zájem spotřebitelů o potraviny z šetrnějších systémů produkce spolu se strategií EU, která se snaží o omezení pesticidů a také obava z vytvoření rezistence patogenů vůči konvenčním pesticidům vede k výzkumu a testování celé řady biologických látek, které jsou využitelné v ochraně rostlin (Zhang et al. 2020; Pánek et al. 2021; Procházka et al. 2022).

4.4.4.1 Přípravky na bázi bakterií

Interakce mezi rostlinami a bakteriemi nabývají několika forem. Existují patogenní bakterie (např. *Erwinia* spp., *Ralstonia* spp. atd.), nebo bakterie v přímém symbiotickém vztahu s rostlinou (např. *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium* atd.) (Mercado-Blanco et Bakker 2007). Třetí skupinou jsou bakterie, které v zásadě nepatří ani mezi jedny zmíněné, ale mohou být využitelné jako stimulanty růstu rostlin (Glick 1995; Bashan et Holguin 1998) nebo chránit rostliny před širokou škálou patogenních organismů (Gerhardson 2002). Jsou to tzv. plant growth-promoting bacteria (PGPB bakterie), které jsou považovány za jednu z nejslibnějších cest, která by vedla ke snížení pesticidní zátěže a zároveň byla ekonomicky udržitelná (Ngalimat et al. 2021; Wang et al. 2016). Významnými bakteriemi této skupiny jsou zástupci rodu *Bacillus* (Wang et Xiao 2013); konkrétně se jedná o *Bacillus subtilis* (Anjum et al. 2019), *B. megaterium* (Akgül et Mirik 2008), *B. licheniformis* (Lim et Kim 2010; Tendulkar et al. 2007), *B. polymyxa* (Kavitha et al. 2005) nebo *B. amyloliquefaciens* (Kgatle et al. 2020). V posledních letech se těmito bakteriím věnuje velká pozornost (Oh et al. 2011), protože přípravky, které obsahují bakterie rodu *Bacillus*, jsou považovány za potenciální biokontrolní látky, především díky jejich širokospektré antagonistické aktivitě vůči některým houbovým a bakteriálním patogenům. Jsou typické vysokou schopností produkce odolných spor a vzhledem k vícevrstevné struktuře buněčné stěny a sekreci mnoha extracelulárních enzymů mají relativně vysokou míru odolnosti vůči působení nepříznivých podmínek (Ongena et al. 2005; Romero et al. 2007; Francis et al. 2010; Pérez-García et al. 2011). Dle literatury mají přípravky obsahující bakterie rodu *Bacillus* několik mechanismů účinku. Předpokládá se, že hlavním účinkem bakterií *Bacillus* spp., využitých v ochraně rostlin, je inhibice růstu patogenů pomocí syntézy amfifilních cyklických lipopeptidů (surfaktin, iturin, fengycin), které mají silný fungicidní efekt (Akpa et al. 2001; Ongena et al. 2005). Bakterie rodu *Bacillus* jsou také schopné u ošetřených rostlin stimulovat jejich přirozenou odolnost pomocí zvýšené produkce fenilalanin amonium-lyázy (Ongena et Jacques 2008). Jde o enzymatický prekurzor kyseliny *trans*-skořicové, ze které jsou syntetizovány látky s antioxidačními a antimikrobiálními funkcemi (flavonoidy, fytoalexiny, kumariny, lignin, suberin) (Adámková et al. 2006).

V zásadě podobné účinky jako bakterie rodu *Bacillus* mají zástupci rodu *Paenibacillus* (Govindasamy et al. 2010). Někteří zástupci těchto dvou rodů bakterií (např. *Bacillus cereus*, *B. pumilus*, *B. circulans*, *B. licheniformis*, *B. subtilis*, *Paenibacillus azotofixans*, *P. macerans*,

P. polymyxa a další) se také podílejí na fixaci vzdušného dusíku pomocí enzymu nitrogenázy (Seldin et al. 1984; Paulitz et Bélanger 2001; Berge et al. 2002). Dále zástupci obou zmíněných rodů mohou zpřístupňovat některé živiny (především fosfor) díky jejich zvýšené solubilizaci (Chen et al. 2006).

Další, z agronomického hlediska zajímavou skupinou jsou bakterie rodu *Pseudomonas* (Mercado-Blanco et Bakker 2007). *Pseudomonas* spp. tvoří rozmanitá skupina aerobních, gramnegativních, chemoheterotrofních, tyčinkovitých bakterií (Palleroni et al. 1973). Některé pseudomonády se v přírodě vyskytují jako fytopatogeny (např. *Pseudomonas syringae*) (Gardan et al. 1991), ale řada zástupců je řazena mezi endofytické organismy pro rostliny prospěšné (*P. fluorescens*, *P. putida* nebo *P. aeruginosa*) (Lifshitz et al. 1986; Mercado-Blanco et Bakker 2007). Pokud mají bakterie rodu *Pseudomonas* být pro rostliny prospěšné, musí úspěšně kolonizovat rhizosféru nebo kořenové tkáně rostlin. To je podmíněno celou řadou biotických a abiotických faktorů, jako druh rostliny, přítomnost dalších mikroorganismů, půdní typ, pH, teplota, dostupnost živin a mnoha dalších (Loper et al. 1985; Bahme 1987; Kwok 1987; Acea et Alexander 1988). Mechanismy účinku pseudomonád jsou opět několikeré. Bakterie mohou zprostředkovat rostlinám některé živiny, minerální látky nebo fytohormony – zjištěna byla například produkce kyseliny indolyloctové (Gravel et al. 2007) - jednoho z přírodních auxinů, který má stimulační efekt na rozvoj kořenového systému (Gravel et al. 2007) nebo zvýšená solubilizace minerálních živin (Kuklinsky-Sobral et al. 2005). Dále mohou pseudomonády produkovat těkavé organické látky, které inhibují růst některých patogenních organismů (Kai et al. 2007), nebo produkovat látky s přímým antibiotickým účinkem (např. pyrolinin nebo 2,4-diacetylfloroglucinol) (Ligon et al. 2000).

Do našich pokusů byly zařazeny dva přípravky na bázi bakterií; Hirundo a FIX-H+N. Přípravek Hirundo obsahuje živé buňky bakterií *Bacillus amyloliquefaciens* (KJT – kolonie tvořící jednotku $1 \cdot 10^{11}$ /ml přípravku). Přípravek FIX-H+N obsahuje živé buňky bakterií *Pseudomonas fluorescens* a *Paenibacillus polymyxa* (monastechnology.cz 2022).

4.4.4.2 Přípravky na bázi houbových organismů

Biologických přípravků s fungicidním účinkem, které jsou na bázi houbových organismů (tzv. BCF – biocontrol fungi) existuje několik. Mechanismus jejich účinku je v zásadě podobný, jako u výše popsaných bakteriálních fungicidů. Jejich účinek spočívá nejen v konkurenci s fytopatogenními houbami a přímém mykoparazitismu, ale také mohou zmírňovat fyziologické i abiotické stresy, zvyšovat fotosyntetickou aktivitu nebo zvýšit využitelnost dusíku a dalších živin. Všechny tyto aspekty mohou vést k lepšímu fitness rostlin a vyššímu výnosu (Chet 1987; Harman et Donzelli 2001; Harman et Shores 2007).

Do pokusů byl zařazen přípravek Polyversum (*Pythium oligandrum*), který lze využívat pro ošetření osiva (viz kapitola 4.6.2.) i pro ošetření během vegetace. Oomycety *P. oligandrum* se totiž osvědčily i proti listovým chorobám (le Floch et al. 2003; Kurzawinska et Mazur 2009). Účinnost *P. oligandrum* může být velmi rozdílná a záleží na celé řadě vnějších podmínek (teplota, vlhkost), druhu ošetřovaných rostlin, patogenu či způsobu aplikace (Gerboire et al. 2014). Pro maximální kurativní a stimulační efekt přípravků na bázi *P. oligandrum* je vhodné přípravek během vegetace aplikovat i vícekrát (Pisarčík et al. 2021).

Přípravků, které je možné využít proti chorobám máku, je celá řada. Bohužel, vzhledem k lokalizaci potravinářského máku prakticky pouze do oblasti střední Evropy a Turecka, chybí vědecká literatura zabývající se touto problematikou. Řada účinných látek, zejména z řad biologických přípravků, není doposud v pěstitelské technologii máku setého dostatečně prověřena.

5 Metody a materiál

Experimentální část disertační práce zahrnuje dvě samostatné oblasti. První byla věnována problematice ošetření osiv máku setého, kdy byly testovány různé metody ošetření osiva a hodnocen vliv ošetření na biologické vlastnosti osiva, polní vzcházivost, růst a vývoj rostlin především v počátečním období vegetace, strukturu výnosotvorných prvků a výnos.

Ve druhé části, která řeší problematiku ošetření porostů máku setého proti chorobám během vegetace, byly využity vybrané přípravky na bázi biologických agens v porovnání s tradičními konvenčními fungicidy a jejich kombinace. Byl hodnocen efekt použitého způsobu ochrany rostlin vůči nejvýznamnějším chorobám máku setého, vliv ošetření i na strukturu výnosotvorných prvků a výnos a také vliv ošetření na obsah a složení fenolických kyselin a celkových polyfenolů v makovém semeni a makovině.

Těžištěm experimentální části práce byly přesné polní maloparcelkové pokusy, realizované v letech 2020 – 2022 na výzkumné stanici FAPPZ ČZU v Červeném Újezdě.

5.1 Klimatické a půdní podmínky pokusného stanoviště

Výzkumná stanice FAPPZ v Červeném Újezdě (50°4'22"N, 14°10'19"E) leží v nadmořské výšce 398 m.n.m. Průměrná roční teplota je zde 7,7°C a průměrný roční úhrn srážek je na úrovni 493 mm.

Půdním typem je hnědozem se středním obsahem humusu a neutrální půdní reakcí; sorpční kapacita je střední. Obsah P, K je střední až dobrý (af.czu.cz 2023).

Před každou vegetační sezónou byl na pokusném pozemku stanoven obsah minerálního dusíku v půdě. Rozbor půd byl realizován v Laboratoři Postoloprty, s.r.o. Výsledky rozborů jsou uvedeny v tabulce 1. Ve všech sledovaných letech se obsah minerálního N (N_{\min}) pohyboval pod úrovní 15 mg/kg. To je dle Vašáka et al. (2010) hranice, při jejímž překročení se vyplatí, v rámci ekonomických úspor, přemýšlet o snížené dávce N při základním hnojení.

Tabulka 1: Výsledky rozboru půd – anorganický dusík

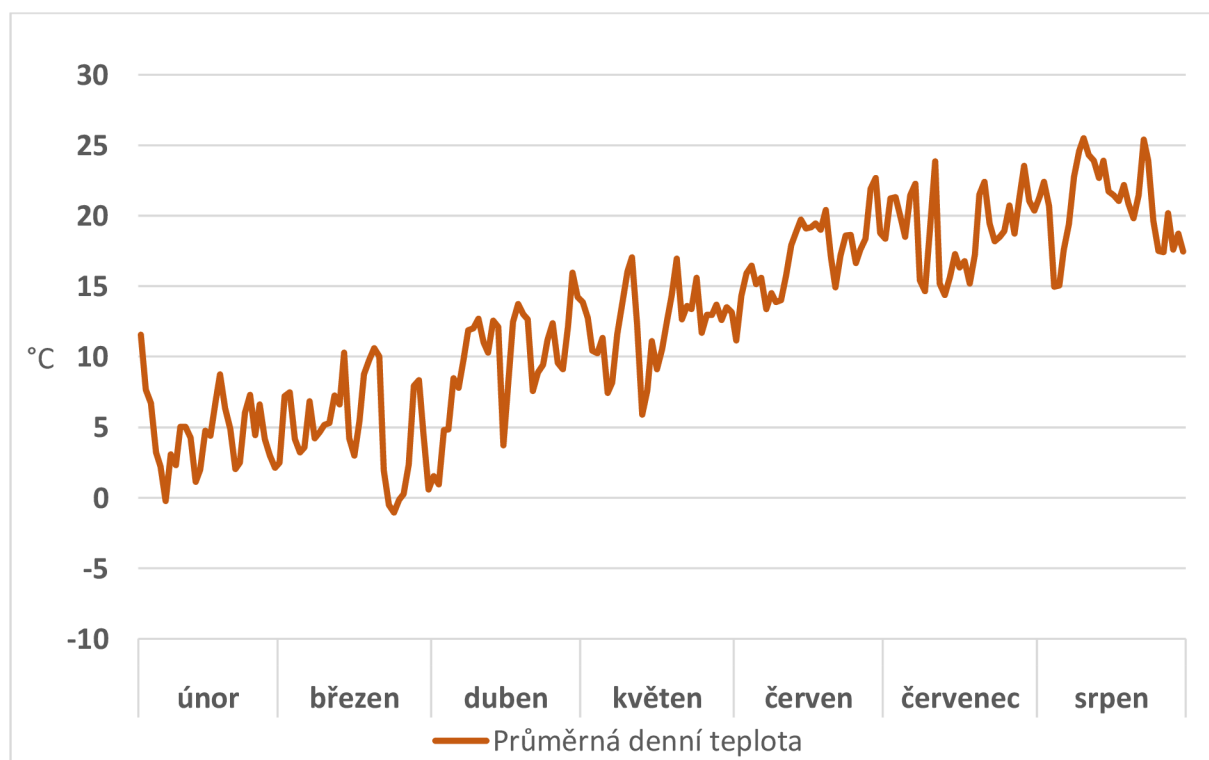
Ročník	Termín odběru	N-NH ₄	N-NO ₃	N _{min}
		mg/kg sušiny		
2020	10.03.2020	1,5	8,2	9,7
2021	24.02.2021	1,9	6,3	8,2
2022	15.03.2022	1,4	10,4	11,8

Přehled průměrných měsíčních teplot a úhrnů srážek v letech 2020 – 2022 v porovnání s dlouhodobým průměrem uvádí tabulka 2; podrobný přehled průměrných denních teplot a úhrnů srážek ve sledovaném období je uveden v grafech 5-10.

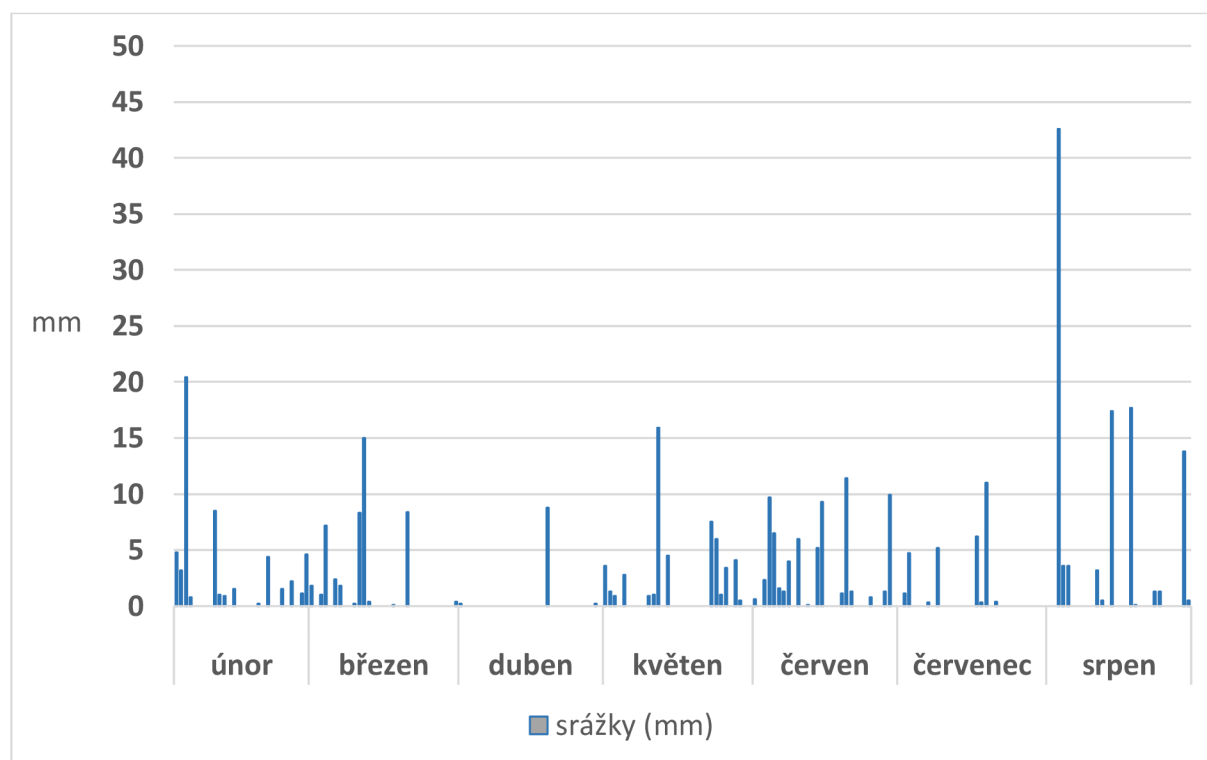
Tabulka 2: Přehled průměrných měsíčních teplot a úhrnů srážek v experimentálních letech 2020 - 2022 v porovnání s dlouhodobým průměrem

Měsíc	Průměrné denní teploty (°C)				Σ srážek (mm)			
	2020	2021	2022	Dlouhodobý průměr	2020	2021	2022	Dlouhodobý průměr
Leden	1,3	-0,3	1,6	-0,7	8,0	42,5	26,1	21,0
Únor	4,5	0,2	3,8	0,3	56,9	36,2	18,4	18,0
Březen	5,0	4,6	4,9	3,6	45,4	24,2	45,4	28,0
Duben	10,2	6,3	10,2	8,5	12,6	9,3	12,6	27,0
Květen	12,1	11,3	12,1	13,5	50,4	101,9	50,4	60,0
Červen	17,5	19,9	17,5	16,2	71,8	83,1	71,8	71,0
Červenec	19,1	19,7	19,1	18,3	29,2	82,1	29,2	77,0
Srpen	20,5	17,0	20,5	17,9	110,9	101,9	110,9	66,0

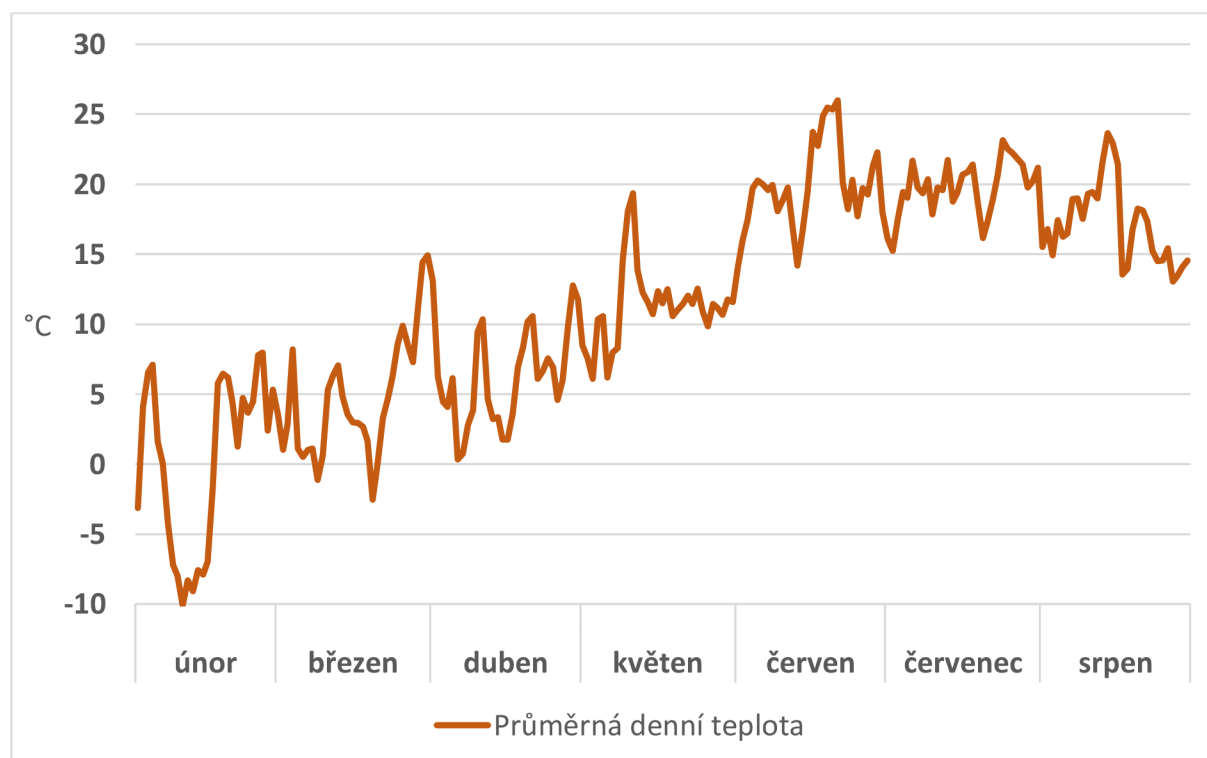
Graf 5: Podrobný přehled průměrných denních teplot ve sledovaném období (2020)



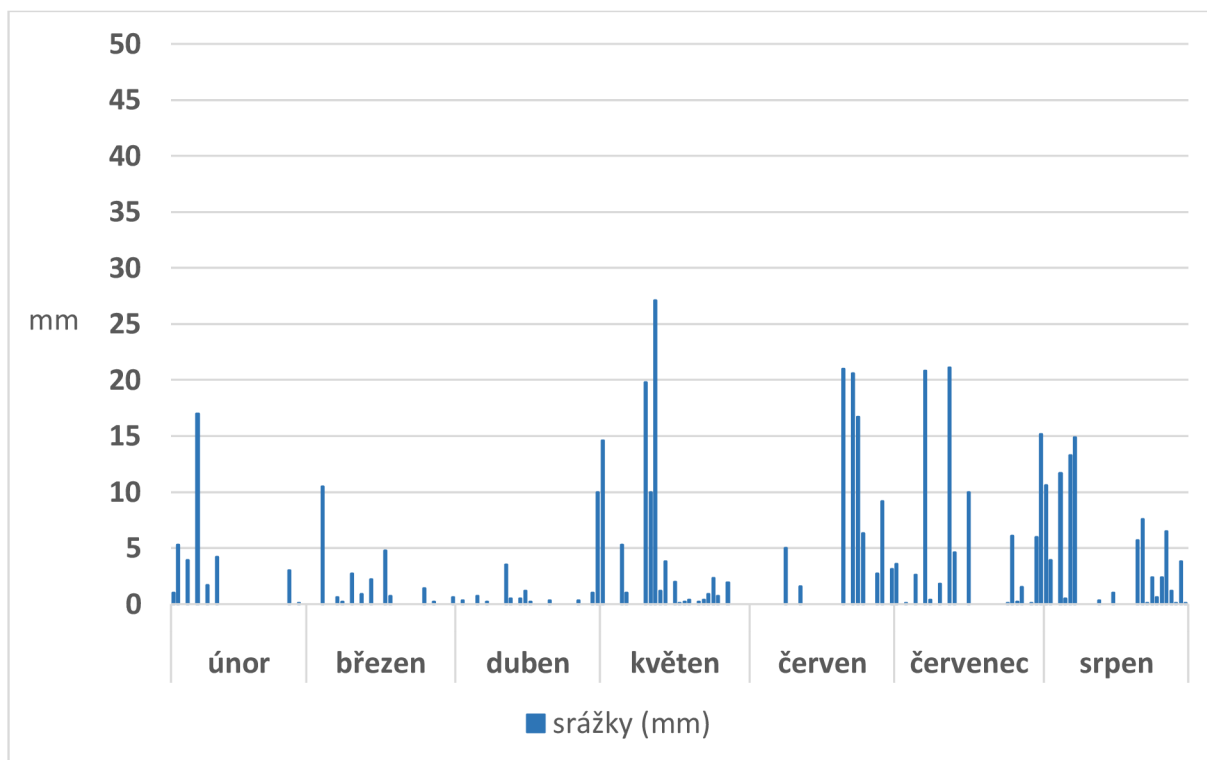
Graf 6: Podrobný přehled úhrnů srážek ve sledovaném období (2020)



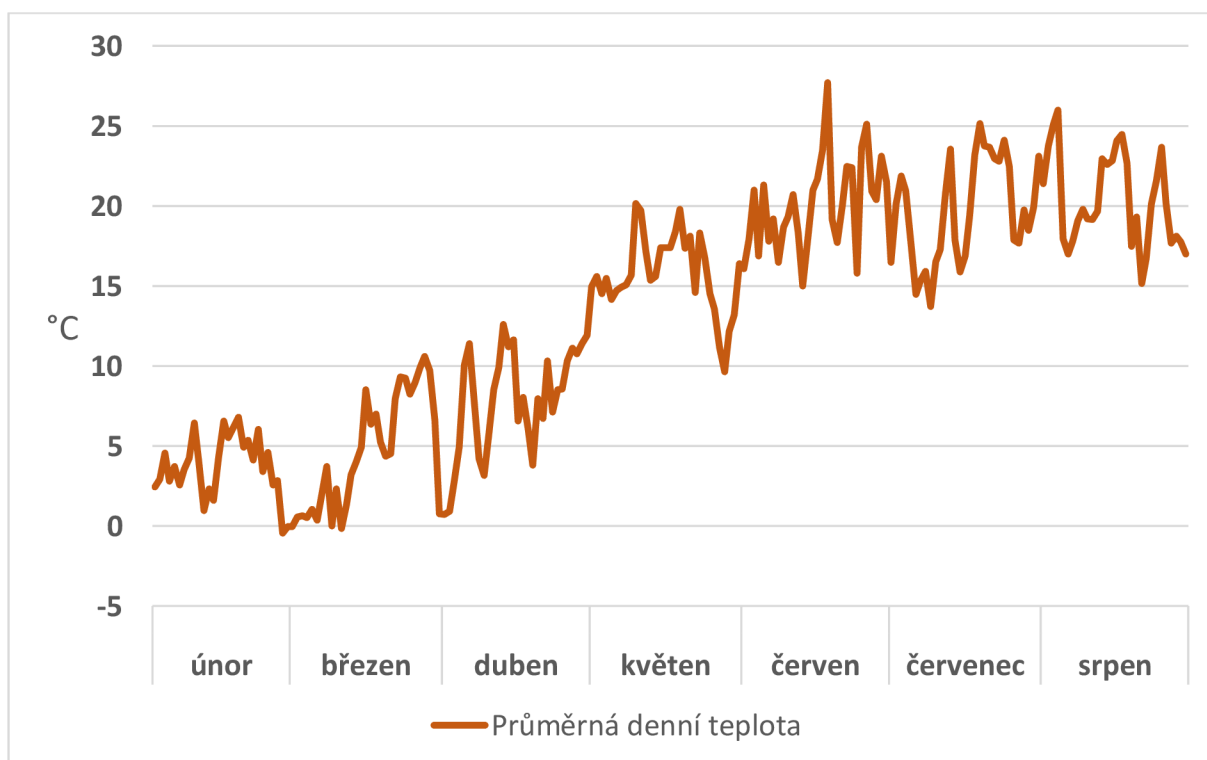
Graf 7: Podrobný přehled průměrných denních teplot ve sledovaném období (2021)



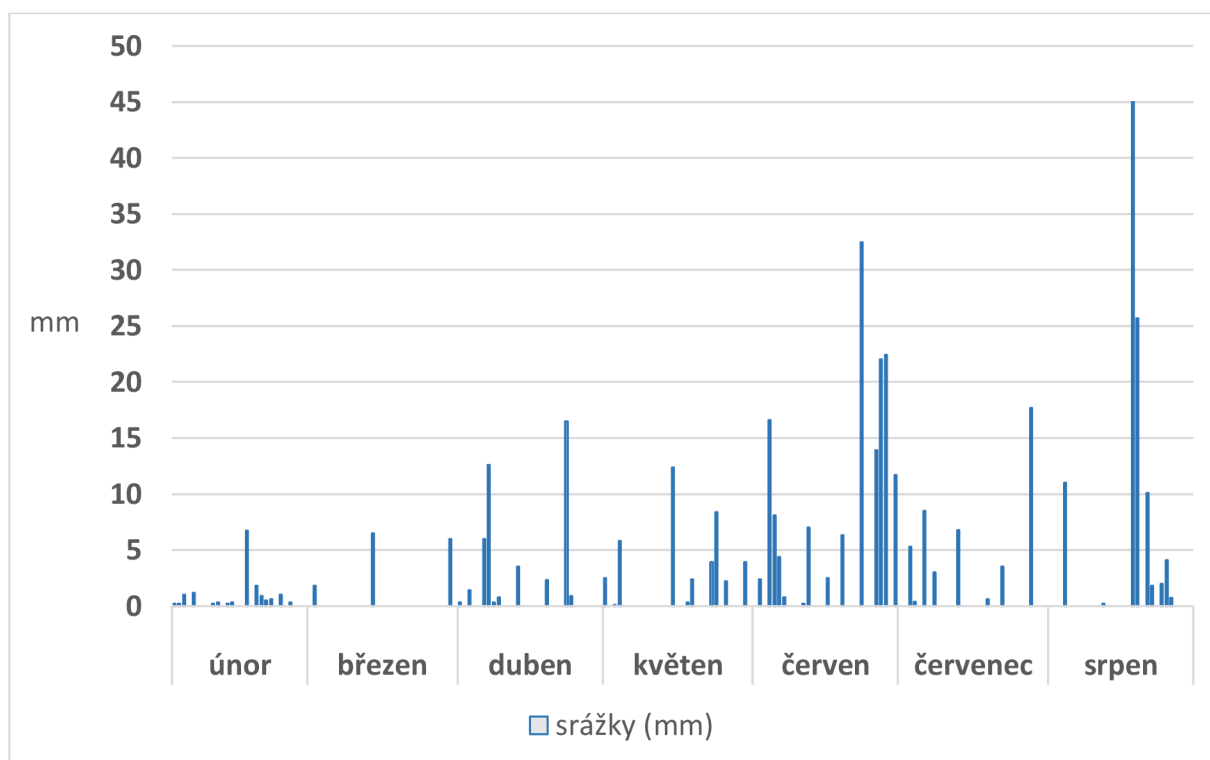
Graf 8: Podrobný přehled úhrnů srážek ve sledovaném období (2021)



Graf 9: Podrobný přehled průměrných denních teplot ve sledovaném období (2022)



Graf 10: Podrobný přehled úhrnů srážek ve sledovaném období (2022)



Experimentální rok 2020 nebyl pro pěstování máku v řadě ohledů příznivý. Po založení porostů (20. března) byl zaznamenán srážkový úhrn na úrovni 8,4 mm, pak ale do 18. dubna srážky nepřišly prakticky žádné. Navíc na přelomu března a dubna noční teplota klesla až na -8 °C, což je pro vzcházející rostliny máku kritická hranice. Některé vzcházející rostliny byly spáleny mrazem. Tyto nepříznivé podmínky na počátku vegetace se nepochybně podepsaly na celkově nižších výnosech a horší struktuře porostů v roce 2020.

V roce 2021 byly povětrnostní podmínky pro vzcházení a růst máku příznivější. Úhrny srážek byly relativně nízké, ale přicházely relativně často a vzcházející rostliny máku tak nebyly vystaveny stresu suchem. Mimo dubna se prakticky všechny vegetační měsíce pohybovaly, z hlediska srážkových úhrnů, na úrovni či nad úrovní dlouhodobého průměru. Průměrné denní teploty se blížily dlouhodobému průměru ve většině sledovaných měsíců. Pouze červen byl, z hlediska průměrných teplot výrazněji nad dlouhodobým průměrem.

Z hlediska průměrné teploty byla ve vegetačním období 2022 (s výjimkou května) zaznamenána vyšší průměrná teplota ve srovnání s dlouhodobým průměrem. Březen, květen a červenec byly srážkově podprůměrné a měsíce duben, červen a srpen byly z hlediska množství srážek nad dlouhodobým průměrem.

5.2 Základní údaje o pokusech

Přesné polní maloparcelkové pokusy s mákem setým byly založeny metodou znáhodněných bloků. Každá sledovaná varianta byla vyseta ve čtyřech opakováních (parcelách), při velikosti sklizňové plochy parcely 12 m². Předplodinou byl ječmen jarní.

5.2.1 Agrotechnika pokusů

Polní pokusy byly založeny 18. března 2020, 30. března 2021 a 28. března 2022. Výsevek byl pro oba pokusy (s ošetřením osiva a s fungicidním ošetřením během vegetace) stejný – 1,75 kg osiva/ha. Pokusy byly preemergentně (Callisto 480 SC - 0,2 l/ha + Command 36 CS 0,25 l/ha) i postemergentně (Laudis WG - 0,5 kg/ha + Tomahawk - 0,5 l/ha) ošetřeny proti plevelům. Do pokusů bylo aplikováno celkem 100 kg N/ha v dělené dávce; 50 kg N bylo aplikováno před setím, 50 kg pak v růstové fázi BBCH 16-20 (185+185 kg LAD/ha) (BBCH stupnice růstových fází máku setého je uvedena v příloze 1). Ve všech pokusných letech byly v druhé polovině května pokusy ošetřeny insekticidně (Karate 5 CS - 0,125 l/ha). Sklizeň proběhla 11. srpna 2020, 19. srpna 2021 a 16. srpna 2021 pomocí maloparcelkové sklízecí mlátičky Wintersteiger upravené pro sklizeň máku.

V pokusu s různými způsoby ošetření osiva nebylo během vegetace provedeno žádné fungicidní ošetření. V pokusu s různými fungicidními ošetřeními během vegetace bylo použito osivo jednotně namořené přípravkem Cruiser OSR.

5.3 Ověření účinnosti různých způsobů ošetření osiva máku

Do pokusné části, která se věnuje různým způsobům ošetření osiva máku, bylo zařazeno celkem 8 variant. Osivo ošetřené metodou E-ventus a osivo ošetřené přípravkem Cruiser OSR bylo dodáno distributorem. Současně bylo dodáno nemořené osivo ze stejné partie, které bylo ošetřeno sledovanými biologickými přípravky s fungicidním účinkem a stimulačními přípravky pomocí laboratorní mořičky na VS Červený Újezd. Charakteristika použitých přípravků a mechanismus jejich účinku jsou uvedeny v kapitole 4.6. Dávky ošetření byly stanoveny na základě doporučení výrobce. Přehled variant ošetření osiva je uveden v tabulce 3.

Tabulka 3: Přehled variant ošetření osiva

Ošetření	Účinné látky	Dávka přípravku/kg osiva
Cruiser OSR	thiamethoxam 280 g/l, fludioxonil 8 g/l, metalaxyl-M 32,3 g/l	25 ml
TS Osivo	huminové látky, aminokyseliny, auxiny, extrakt z mořských řas, N, P, K, B, Mo, Fe, Mg, Zn, Mn, Cu	10 ml
Envisseed	huminové látky, aminokyseliny, auxiny, gibberelliny, N, K, B, Cu, Fe, Mn, Zn	30 ml
M-Sunagreen	kyselina 2-aminobenzoová, kyselina 2-hydroxybenzoová	30 ml
Polyversum	<i>Pythium oligandrum</i>	5 g
Gliorex	<i>Clonostachys</i> spp. + <i>Trichoderma</i> spp.	4 g
E-ventus	fyzikální metoda	
Kontrola	x	

5.3.1 Použité odrůdy máku

V pokusech byly použity dvě modrosemenné odrůdy máku Aplaus a Major. Odrůda Aplaus byla registrována v roce 2014. Jedná se o středně ranou odrůdu s možným kombinovaným využitím (semena pro potravinářské účely, makovina pro farmaceutické zpracování). Rostliny jsou středně vysoké, středně odolné proti poléhání, středně odolné proti napadení pleosporovou hnědou skvrnitostí a plísní makovou. Jedná se o odrůdu typu „slepák“ (uzavřené makovice) s minimálním výskytem „hledáků“. Průměrný výnos je uváděn jako středně vysoký, výnos makoviny nízký až středně vysoký, výnos morfinu středně vysoký až vysoký. Hmotnost tisíce semen, obsah oleje a obsah morfinu v makovině jsou středně vysoké. Odrůda Major je středně raná, vyznačuje se robustnějším habitem, je středně vysoká a je odolná proti vyvracení a poléhání. Obsah morfinu v makovině se pohybuje na úrovni 0,45-0,50 %. Jedná se univerzální odrůdu máku – je vhodná pro potravinářské i farmaceutické zpracování (elita.cz 2022).

5.3.2 Stanovení laboratorní klíčivosti a energie klíčení osiva

Ošetřené osivo všech variant bylo podrobeno testování laboratorní klíčivosti a energie klíčení. Metodika pokusů vychází z pravidel ISTA (2018). Laboratorní klíčivost byla založena ve čtyřech opakováních po 50 semenech pro každou variantu. Semena byla vložena do plastových klíčicích misek na filtrační papír (120 g/m²); do každé misky bylo přidáno 30 ml vody. Energie klíčení byla hodnocena (počínaje druhým dnem od založení testu) ve 24hodinových intervalech, kdy semena s délkou zárodečného kořene přesahující 3 mm byla považována za vyklíčená. Výsledná laboratorní klíčivost byla stanovena 10. den po založení testu klíčivosti.

5.3.3 Přesný polní maloparcelkový pokus s různými variantami ošetření osiva

Různými způsoby ošetřené osivo (tab. 3) bylo současně použito pro založení přesného polního maloparcelkového pokusu. V průběhu vegetace byla u jednotlivých variant hodnocena dynamika polní vzcházivosti máku pomocí opakovaného odpočtu vzešlých rostlin. Hodnocení bylo prováděno na dvou přesně vyznačených místech (každé o velikosti 1 m²) na každé pokusné parcele od počátku vzcházení až do plného vzejití porostu.

Ve fázi pravých listů (BBCH 14-15) a na samém počátku stonkování (BBCH 31-32) byly odebrány rostliny pro zhodnocení rozvoje kořenového systému a nadzemní biomasy. Z každé parcely (opakování) bylo odebráno 20 rostlin, u kterých byla stanovena délka kořene, výška nadzemní části rostliny, šířka kořenového krčku, hmotnost nadzemní a podzemní biomasy s následným stanovením sušiny.

Před sklizní byl stanoven průměrný počet makovic na rostlině a z každé parcely bylo odebráno 20 makovic. U těch pak byla stanovena průměrná hmotnost semen v makovici. Po sklizni byla stanovena HTS a zjištěn výnos.

Odebrané vzorky sklizených semen (z každého opakování) byly dále použity pro stanovení obsahu oleje. Semena byla rozemleta pomocí laboratorního mlýnku a získaný materiál byl použit pro analýzu. Bylo naváženo cca 6 g homogenizovaného vzorku do extrakčních patron a následně proběhla extrakce s využitím petroléru (Randall hot extraction apparatus E6; Behr Labor – Technik GmbH, Düsseldorf, Germany). Získaný olej byl zvážen s přesností na 0,001 g a výsledky byly přepočteny na sušinu (vzorky semen máku byly sušeny při 103±2°C do konstantní hmotnosti; ISO 665, 2000).

5.4 Hodnocení ošetření porostů máku setého proti chorobám v průběhu vegetace

5.4.1 Přehled pokusných variant

V pokusech zaměřených na ověřování účinnosti ošetření porostů máku setého proti chorobám v průběhu vegetace byla použita pouze jedna odrůda máku setého – Aplaus. Do fungicidních pokusů bylo zařazeno celkem 21 variant. Byly vybrány 2 konvenční fungicidy (Dithane, Tilmor), jejichž aplikace byla provedena v časnější fázi vegetace - ve 4. - 6. pravém listu až listové růžici (BBCH 14-21), kdy lze předpokládat především výskyt plísně makové. Přípravek Tilmor byl do pokusů zařazen jako možná alternativa k přípravku Dithane a v době plánování pokusů měl již registraci pro časnou aplikaci. Dále byly do pokusů zařazeny 3 konvenční fungicidy (Propulse, Pictor Active, Amistar Xtra), aplikované v pozdnější fázi vegetace – v době plné butonizace až počátku kvetení (BBCH 59-61), kdy lze předpokládat především výskyt pleosporové hnědé skvrnitosti. Tyto přípravky byly zvoleny pro pozdnější aplikace především vzhledem k účinným látkám, které obsahují (strobiluriny - pyraclostrobin, azoxystrobin a benzamidy - fluopyram). Hodnoceno bylo i kombinované (dvojitě) ošetření v časnější a pozdnější fázi vegetace.

Dále byly do pokusů zařazeny 3 biologické přípravky s fungicidním působením – přípravek Polyversum na bázi hub a přípravky FIX-H+N a Hirundo na bázi bakterií (působení obsažených agens je specifikováno v kapitole 4.7.4). Uvedené biologické přípravky byly aplikovány jednak v časnější fázi vegetace, jednak v pozdnější fázi vegetace a zařazeny byly

i varianty s dvojí aplikací uvedených přípravků. Ošetření osiva bylo u všech variant jednotné, přípravkem Cruiser OSR. Přehled pokusných variant ošetření máku v průběhu vegetace uvádí tabulka 4.

Tabulka 4: Přehled variant ošetření porostu během vegetace

Varianta	Účinná látka	Dávka/ ha	Termín aplikace			
			BBCH	2020	2021	2022
Dithane DG Neotec	mancozeb 80 %	2 kg	14-21	22.5	27.5.	25.5.
Tilmor	prothioconazole 80 g, tebuconazole 160 g	1 l	14-21	29.5.	3.6.	30.5.
Propulse	fluopyram 125 g, prothioconazole 125 g	1 l	59-61	26.6.	28.6.	24.6
Pictor Active	boscalid 150 g, pyraclostrobin 250 g	1 l	59-61	26.6.	28.6.	24.6
Amistar Xtra	azoxystrobin 200 g, cyproconazole 80 g	1 l	59-61	26.6.	28.6.	24.6
Dithane + Propulse	ošetření v časnější (Dithane) i pozdnější fázi vegetace (Propulse)					
Dithane + Pictor Active	ošetření v časnější (Dithane) i pozdnější fázi vegetace (Pictor active)					
Dithane + Amistar Xtra	ošetření v časnější (Dithane) i pozdnější fázi vegetace (Amistar Xtra)					
Tilmor + Propulse	ošetření v časnější (Tilmor) i pozdnější fázi vegetace (Propulse)					
Tilmor + Pictor Active	ošetření v časnější (Tilmor) i pozdnější fázi vegetace (Pictor Active)					
Tilmor + Amistar Xtra	ošetření v časnější (Tilmor) i pozdnější fázi vegetace (Amistar Xtra)					
Polyversum – časná aplikace	<i>Pythium oligandrum</i>	0,1 kg	14-21	22.5.	27.5.	25.5.
Polyversum – pozdní aplikace	<i>Pythium oligandrum</i>	0,1 kg	59-61	26.6.	28.6.	24.6
Polyversum – dvojí aplikace	<i>Pythium oligandrum</i>	0,1 kg	14-21	22.5.	27.5.	25.5.
			+	+	+	+
			59-61	26.6.	28.6.	24.6.
FIX-H+N – časná aplikace	<i>Pseudomonas</i> spp. + <i>Paenibacillus</i> spp.	1 l	14-21	22.5.	27.5.	25.5.
FIX-H+N – pozdní aplikace	<i>Pseudomonas</i> spp. + <i>Paenibacillus</i> spp.	1 l	59-61	26.6.	28.6.	24.6
FIX-H+N – dvojí aplikace	<i>Pseudomonas</i> spp. + <i>Paenibacillus</i> spp.	1 l	14-21	22.5.	27.5.	25.5.
			+	+	+	+
			59-61	26.6.	28.6.	24.6.
Hirundo – časná aplikace	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1 l	14-21	22.5.	X	25.5
Hirundo – pozdní aplikace	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1 l	59-61	26.6.	X	24.6
Hirundo – dvojí aplikace	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	1 l	14-21	22.5.	X	25.5.
			+	+		+
			59-61	26.6.		24.6.
Kontrola	X					

Pro doplnění celkového pohledu na různé možnosti ochrany (a především na možnost pěstování máku v ekologickém zemědělství) byly do našich pokusů zařazeny i dvě „plně ekologické“ varianty; v obou případech bylo osivo ošetřeno přípravkem Polyversum. V průběhu vegetace bylo u jedné varianty použito opakované ošetření přípravkem FIX-H+N (dvě aplikace v časnějším období vegetace – BBCH 14-21, po 7 – 10 dnech, a dvě aplikace v pozdnějším období vegetace – BBCH 59-61, opět po 7 – 10 dnech); shodný způsob ošetření byl zvolen i pro variantu, kde byl v průběhu vegetace použit přípravek Polyversum.

5.4.2 Stanovení úrovně napadení porostu chorobami

Pro hodnocení úrovně napadení porostu chorobami, resp. sledování účinnosti zkoumaných fungicidních přípravků, byl použit bodový systém pro hodnocení chorob řepky olejné (PP 1/78 (4) 2022), který byl mírně modifikován pro hodnocení úrovně napadení rostlin máku setého. Z každé pokusné parcely bylo náhodně vybráno 20 rostlin, u kterých bylo podle stupně napadení uděleno bodové hodnocení:

- 0: rostlina bez zjevného napadení
- 1: 0-20 % rostlinné plochy vykazuje napadení
- 2: 20-40 % rostlinné plochy vykazuje napadení
- 3: více než 40 % rostlinné plochy vykazuje napadení

Poté byl vypočítán „Disease index“ (DI), který nabývá hodnot od 0 do 100 a kde 0 znamená, že sledované varianty nevykazují žádné známky napadení a 100 znamená, že sledované varianty jsou zcela napadené. Disease index byl vypočítán podle následujícího vzorce:

$$\text{Disease index (DI)} = \frac{\sum(N_0 \times 0 + N_1 \times 1 + N_2 \times 2 + N_3 \times 3)}{T \times \text{počet bodových stupňů}} \times 100$$

N = počet rostlin v dané skupině podle bodového stupně

T = celkový počet hodnocených rostlin

Hodnocení napadení porostů máku chorobami bylo provedeno vždy cca 2-3 týdny po aplikaci sledovaných přípravků; (v BBCH 31-39 – fáze stonkování) 11. června 2020, 18. června 2021 a 13. června 2022 a (v BBCH 71-79 – fáze vývoje tobolek) 12. července 2020, 14. července 2021 a 10. července 2022.

5.4.3 Sklizeň pokusů a příprava vzorků pro posklizňové hodnocení

Před sklizní byl stanoven průměrný počet rostlin na m², počet makovic na rostlinu a byly odebrány makovice (po 20 makovicích z každé parcely) pro stanovení hmotnosti semen v makovici a pro následné laboratorní analýzy (stanovení obsahu fenolických sloučenin v semeni i v makovině). Sklizeň máku byla provedena v plné zralosti (BBCH 89) a zjištěn výnos. Po sklizni byla stanovena HTS a obsah oleje.

5.4.4 Stanovení obsahu fenolických sloučenin v semeni máku a v makovině

5.4.4.1 Stanovení celkového obsahu polyfenolů

Celkový obsah polyfenolů v makovém semeni i v makovině byl stanoven spektrofotometricky dle Lachmana et al. (2011). Byl extrahován 1 g jemně mletého materiálu pomocí 10 ml 0,1% HCl v methanolu přes noc při -20 °C. Vzorky byly odstředěny po dobu 10 minut (8228 rcf, Eppendorf, Německo) a 2 ml extraktu bylo smícháno s 2,5 ml Folin-Ciocalteuova činidla, 7,5 ml 20% uhličitanu sodného a doplněny destilovanou vodou do 50 ml. Po 2 hodinách byl roztok odstředěn a byla změřena jeho absorbance při 765 nm (Helios γ,

Spectronic Unicam, Velká Británie). Výsledky byly vyjádřeny jako mg ekvivalentu kyseliny gallové na kg sušiny (mg GAE/kg sušiny).

5.4.4.2 Stanovení obsahu fenolických kyselin

Obsah fenolických kyselin v makovině

Pro stanovení obsahu fenolických kyselin v makovině byla použita metoda dle Paznochta et al. (2020), s drobnými modifikacemi. Do plastové falkonové zkumavky bylo naváženo 0,25 g rozemletého homogenizovaného materiálu a následně bylo přidáno 5 ml NaOH (4 mol/l). Vzorek byl vortexován (30 s, Basic 3, IKA Werke, Německo), ponořen do ultrazvukové lázně (10 min, PS 04, Powersonic-Notus, s. r. o., Slovensko) a umístěn na třepačku (1 hodina, 250 ot/min, GFL 3006, Německo). Poté bylo přidáno 5 ml HCl (4 mol/l) a následovala centrifugace (10 min, 3214 otáček za minutu, 4 °C); 2 ml supernatantu byly smíchány s 2 ml ethylacetátu, protřepány (15 min) a odstředěny (2 min, 2057 rcf). Organická fáze byla odebrána a vodný zbytek byl znovu extrahován 2 ml ethylacetátu. Kombinované organické fáze byly odpařeny do sucha pomocí dusíku (40 °C), rekonstituovány 1 ml 80% methanolu a přefiltrovány přes injekční filtr (nylon; 0,22 µm) do HPLC vialek.

Obsah fenolických kyselin v makovém semeni

Odvážený vzorek (0,25 g) byl odtučněn přidáním 10 ml hexanu/diethyletheru (9:1, v/v) a protřepán (10 min). Po centrifugaci (10 min, 8228 rcf) byl supernatant opatrně odstraněn a vzorek byl vysušen do konstantní hmotnosti (Venticell 111, BMT Medical Technology, Česká republika). Další kroky byly shodné s přípravou vzorku makoviny.

HPLC-DAD analýza

Vzorky byly analyzovány pomocí systému Ultimate 3000 HPLC (Thermo Fisher Scientific, USA) ve spojení s detektorem s diodovým polem. Parametry chromatografické separace, jakož i identifikace a kvantifikace fenolických kyselin byly popsány ve studii, kterou publikovali Paznocht et al. (2020).

5.5 Statistické hodnocení

Výsledky byly statisticky vyhodnoceny pomocí vícefaktorové analýzy rozptylu (ANOVA) s interakcemi v programu SAS, verze 9.4 (SAS Institute, Cary, USA), na hladině významnosti $P < 0,001$, $P < 0,01$ a $P < 0,05$. Průkaznost rozdílů mezi průměry byla vyhodnocena pomocí Tukeyova HSD testu na hladině významnosti $P < 0,05$. U vybraných výsledků bylo rovněž použito statistické vyhodnocení korelační analýzou a vyjádřením Pearsonova korelačního koeficientu na hladině významnosti $P < 0,01$ a $P < 0,05$.

6 Výsledky a diskuse

6.1 Ověření účinnosti různých způsobů ošetření osiva máku

Jak již bylo uvedeno v předchozí části práce, použití kvalitního, zdravého osiva spolu s jeho předseťovým ošetřením jsou základem úspěšného pěstování polních plodin (Procházka et al. 2019). Násobně to platí pro drobnosemenné plodiny, jako je mák setý, který je mimořádně citlivý vůči nepříznivým agroekologickým podmínkám, zejména v průběhu klíčení, vzcházení a v počátečních fázích vegetace, kdy na mladé, subtilní rostliny působí celá řada stresových faktorů. Předseťové ošetření osiva máku cílené na omezení či eliminování negativních vlivů v uvedeném období a podporující klíčivost semen, vzcházivost porostu a růst rostlin by tedy mělo být nedílnou součástí pěstitelské technologie máku setého (Fejér et Salamon 2011; Thangavel et al. 2020).

Přestože pěstitelé máku mají k dispozici řadu možností ošetření osiva, zahrnující různé stimulační přípravky, biologické přípravky a fyzikální metody ošetření, jejich efekt nebyl dosud dostatečně prozkoumán, a především chybí podrobné informace o jejich účinnosti v kritických obdobích klíčení a vzcházení porostu. V této části práce je proto sledován vliv různých způsobů ošetření osiva máku, které by mohly být alternativou k chemickému moření (Cruiser OSR) na laboratorní klíčivost a energii klíčení, dynamiku polní vzcházivosti, strukturu výnosotvorných prvků a výnos máku.

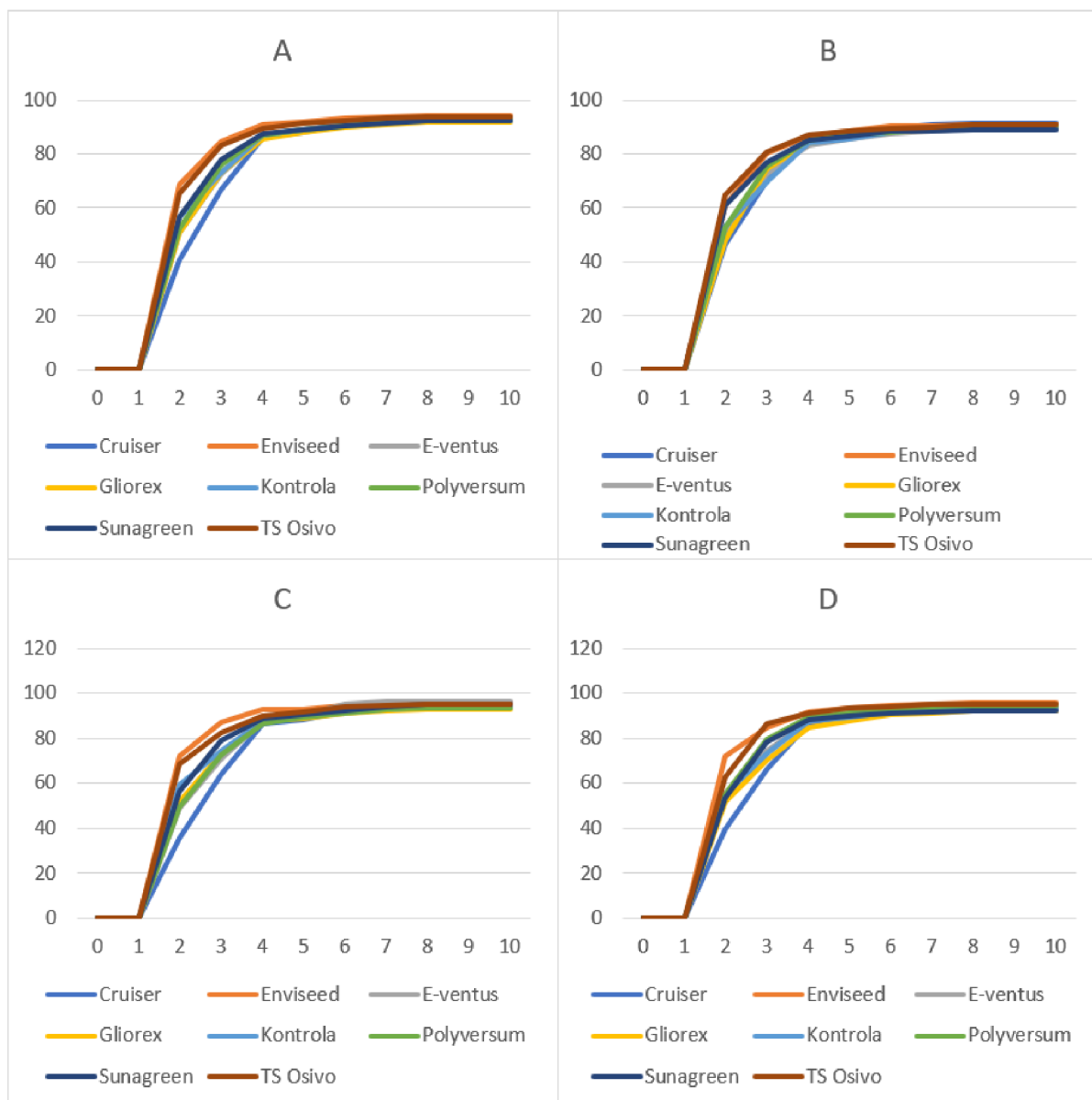
6.1.1 Energie klíčení a laboratorní klíčivost v závislosti na ošetření osiva máku

Vzhledem k tomu, že vzcházivost porostu a dynamika vzcházení jsou podrobně řešeny v polních podmínkách, byl pro laboratorní testování zvolen pouze základní laboratorní test – laboratorní klíčivost a energie klíčení v optimálních podmínkách, při 20°. Byla hodnocena také vitalita osiva pomocí tzv. „radicle emergence test“, který je již certifikovanou metodou ISTA (například pro hodnocení vitality osiva řepky) (Bowden et Landais 2018).

Z grafů 11 (A-D), které znázorňují vliv ošetření osiva na laboratorní klíčivost a energii klíčení je patrné, že v jednotlivých letech i v průměru tří let byly v závislosti na ošetření osiva zaznamenány určité odlišnosti v energii klíčení v prvních dnech od založení testu klíčivosti, tedy od prvního hodnocení 2. den (48 hodin) od založení testu po 5. den od založení testu – nižší klíčivosti v tomto období, a tedy pomalejším začátkem klíčení, se vyznačovala varianta ošetřená přípravkem Cruiser OSR. Podle Viliere et al. (2005), kteří sledovali vliv ošetření semen řepky přípravkem Cruiser OSR na energii klíčení a klíčivost, to lze vysvětlit fyto toxickým účinkem látek thiametoxam, melataxyl-M a fludioxonyl, které přípravek obsahuje. To potvrzují také Prokinová (2006) a Stevens et al. (2008), kteří zmiňují možnou počáteční retardaci klíčení v případě použití účinných látek metalaxyl a imidaclopirid (stejně jako thiametoxam patří do skupiny neonikotinoidů). Celková laboratorní klíčivost, hodnocená 10. den od založení testu klíčivosti, však byla na srovnatelné úrovni s ostatními variantami, včetně neošetřené kontroly. To je v souladu s výsledky, které uvádějí Grohs et al. (2012) na základě svého hodnocení efektu moření osiva rýže a výsledky, které zmiňují Marchi et al. (2011) v případě podzemnice olejné. V obou případech byla laboratorní klíčivost osiva ošetřeného přípravkem Cruiser velmi podobná jako u neošetřené kontrolní varianty.

Následovaly varianty ošetřené biologickými přípravky Polyversum a Gliorex spolu s variantou s fyzikálním ošetřením metodou E-ventus a neošetřenou kontrolou a nejrychlejší start klíčení vykazaly ve všech sledovaných ročnících varianty s osivem ošetřeným stimulačními přípravky Sunagreen, TS Osivo a především Envisseed. To je v souladu s výsledky Adamčíka et al. (2016), kteří popisují zvýšení energie klíčení v případě osiva čiroku ošetřeného stimulačními přípravky (mj. přípravkem Sunagreen). Grohs et al. (2012) zmiňují pozitivní efekt, ve vztahu k laboratorní klíčivosti, například v případě giberelinů (které obsahuje přípravek Envisseed). Rozdíly v energii klíčení v počáteční fázi jsou patrné i z tabulek 5-6, ze kterých dále vyplývá, že při hodnocení 5. den od založení testu již byly hodnoty klíčivosti vyrovnané a rozdíly mezi variantami v závislosti na ošetření v jednotlivých letech statisticky neprůkazné; pouze v průměru tří let se ještě varianta ošetřená přípravkem Envisseed statisticky průkazně odlišovala od varianty ošetřené Gliorexem.

Graf 11: Energie klíčení a výsledná laboratorní klíčivost (%) v závislosti na ošetření osiva (A:2020-2022; B:2020; C:2021; D:2022)



Ve výsledné laboratorní klíčivosti byly rozdíly mezi hodnocenými variantami jak v jednotlivých letech, tak i v průměru tří let statisticky neprůkazné; určité odlišnosti ve prospěch variant ošetřených přípravky Envisseed a TS Osivo jsou však patrné (tab. 5). Šerá et Hájková (2015) uvádějí, že v rámci jejich pokusů s ošetřením osiva máku přípravkem TS Osivo zaznamenaly navýšení klíčivosti o 3 % oproti neošetřené kontrole. V našem případě došlo k navýšení klíčivosti u této varianty o necelá 2 % ve srovnání s kontrolou. V případě přípravku Sunagreen byla celková laboratorní klíčivost prakticky shodná s kontrolní variantou. Adamčík et al. (2016), v souladu s našimi výsledky, také nezaznamenali statisticky průkazné navýšení klíčivosti u osiva čiroku ošetřeného tímto přípravkem. Vliv sledovaných biologických přípravků na laboratorní klíčivost osiva se v zásadě neprojevil.

Z tabulky 5 je dále zřejmý vliv ročníku, kdy, počínaje hodnocením 5. den od založení testu až po výslednou klíčivost dosáhlo hodnocené osivo v roce 2020 nižší klíčivosti než

v letech 2021 a 2022 a statisticky průkazně se od nich lišilo. V porovnání obou hodnocených odrůd dosáhla v průměru mírně vyšší klíčivosti odrůda Aplaus. Z výsledků je dále zřejmé, že veškeré dodané certifikované osivo splňuje (a výrazně převyšuje) normu pro klíčivost máku, která je minimálně na úrovni 80 % (vyhláška č. 129/2012 Sb.).

Tabulka 5: Laboratorní klíčivost a energie klíčení (%) v závislosti na ošetření osiva, odrůdě a ročníku (Tukey HSD test, $P < 0,05$)

Varianta	Energie klíčení 3. den	Energie klíčení 5. den	Energie klíčení 8. den	Laboratorní klíčivost 10. den
Cruiser	66,2 ^a	88,4 ^{ab}	93,0 ^a	93,6 ^a
Enviseed	84,0 ^d	91,6 ^b	93,8 ^a	94,2 ^a
TS Osivo	83,2 ^{cd}	91,2 ^{ab}	93,2 ^a	93,8 ^a
Sunagreen	78,0 ^{bc}	89,2 ^{ab}	91,4 ^a	92,2 ^a
Gliorex	72,3 ^{ab}	87,5 ^a	90,7 ^a	91,4 ^a
Polyversum	75,4 ^{bc}	89,2 ^{ab}	92,1 ^a	92,9 ^a
E-ventus	71,4 ^{ab}	88,0 ^{ab}	92,1 ^a	93,0 ^a
Kontrola	72,4 ^{ab}	88,5 ^{ab}	91,4 ^a	92,1 ^a
<i>HSD</i> _{0,05}	8,0	4,1	3,4	3,2
Aplaus	76,7 ^a	90,3 ^b	93,6 ^b	94,1 ^b
Major	74,4 ^a	88,2 ^a	90,9 ^a	91,7 ^a
<i>HSD</i> _{0,05}	2,6	1,3	1,1	1,0
2020	74,9 ^a	87,0 ^a	89,4 ^a	90,1 ^a
2021	74,6 ^a	90,0 ^b	94,1 ^b	93,8 ^b
2022	76,5 ^a	90,5 ^b	93,1 ^b	94,8 ^b
<i>HSD</i> _{0,05}	3,8	1,9	1,6	1,5

Podrobnější výsledky znázorňující laboratorní klíčivost a energii klíčení v jednotlivých ročnících jsou uvedeny a statisticky vyhodnoceny v tabulce 6.

Tabulka 6: Laboratorní klíčivost a energie klíčení (%) v závislosti na ošetření osiva a odrůdě v jednotlivých letech (Tukey HSD test, $P < 0,05$)

Ročník	Varianta	Energie klíčení 3. den	Energie klíčení 5. den	Energie klíčení 8. den	Laboratorní klíčivost 10. den
2020	Cruiser	70,2 ^a	87,3 ^a	91,0 ^a	91,3 ^a
	Envisseed	80,4 ^a	88,4 ^a	90,3 ^a	91,0 ^a
	TS Osivo	80,9 ^a	88,8 ^a	89,9 ^a	90,8 ^a
	Sunagreen	77,3 ^a	86,9 ^a	88,4 ^a	89,0 ^a
	Gliorex	74,7 ^a	86,6 ^a	89,0 ^a	89,6 ^a
	Polyversum	74,6 ^a	87,5 ^a	89,5 ^a	90,6 ^a
	E-ventus	71,4 ^a	85,3 ^a	88,0 ^a	88,8 ^a
	Kontrola	69,6 ^a	85,5 ^a	89,0 ^a	89,4 ^a
	<i>HSD_{0,05}</i>	12,5	5,4	4,9	4,8
	Aplaus	76,4 ^a	89,2 ^b	92,0 ^b	92,6 ^b
Major	73,4 ^a	84,9 ^a	86,9 ^a	87,6 ^a	
<i>HSD_{0,05}</i>	3,9	1,7	1,6	1,5	
2021	Cruiser	63,1 ^a	88,2 ^a	94,5 ^a	95,5 ^a
	Envisseed	88,7 ^c	94,5 ^a	96,6 ^a	96,9 ^a
	TS Osivo	82,6 ^{bc}	91,7 ^a	95,1 ^a	95,4 ^a
	Sunagreen	77,7 ^{abc}	90,2 ^a	93,7 ^a	94,8 ^a
	Gliorex	73,4 ^{abc}	89,5 ^a	93,3 ^a	93,5 ^a
	Polyversum	72,0 ^{abc}	89,3 ^a	93,3 ^a	93,8 ^a
	E-ventus	67,8 ^{ab}	88,5 ^a	94,8 ^a	95,2 ^a
	Kontrola	75,6 ^{abc}	90,7 ^a	92,8 ^a	94,0 ^a
	<i>HSD_{0,05}</i>	17,5	9,4	7,3	6,8
	Aplaus	77,7 ^a	91,7 ^a	96,0 ^a	96,5 ^a
Major	72,5 ^a	89,0 ^a	92,5 ^b	93,3 ^b	
<i>HSD_{0,05}</i>	5,5	3,0	2,3	2,1	
2022	Cruiser	65,3 ^a	89,7 ^a	93,5 ^a	93,8 ^a
	Envisseed	84,9 ^c	93,8 ^a	95,4 ^a	95,7 ^a
	TS Osivo	86,4 ^c	93,4 ^a	94,9 ^a	95,2 ^a
	Sunagreen	78,8 ^{bc}	90,4 ^a	92,1 ^a	92,7 ^a
	Gliorex	69,5 ^{ab}	87,3 ^a	90,7 ^a	92,1 ^a
	Polyversum	79,4 ^{bc}	90,8 ^a	93,7 ^a	94,3 ^a
	E-ventus	74,2 ^{abc}	89,1 ^a	92,3 ^a	93,7 ^a
	Kontrola	73,7 ^{abc}	89,3 ^a	92,4 ^a	92,9 ^a
	<i>HSD_{0,5}</i>	13,0	6,6	5,7	5,8
	Aplaus	75,9 ^a	90,2 ^a	92,9 ^a	93,4 ^a
Major	77,2 ^a	90,8 ^a	93,4 ^a	94,2 ^a	
<i>HSD_{0,05}</i>	4,1	2,1	1,8	1,8	

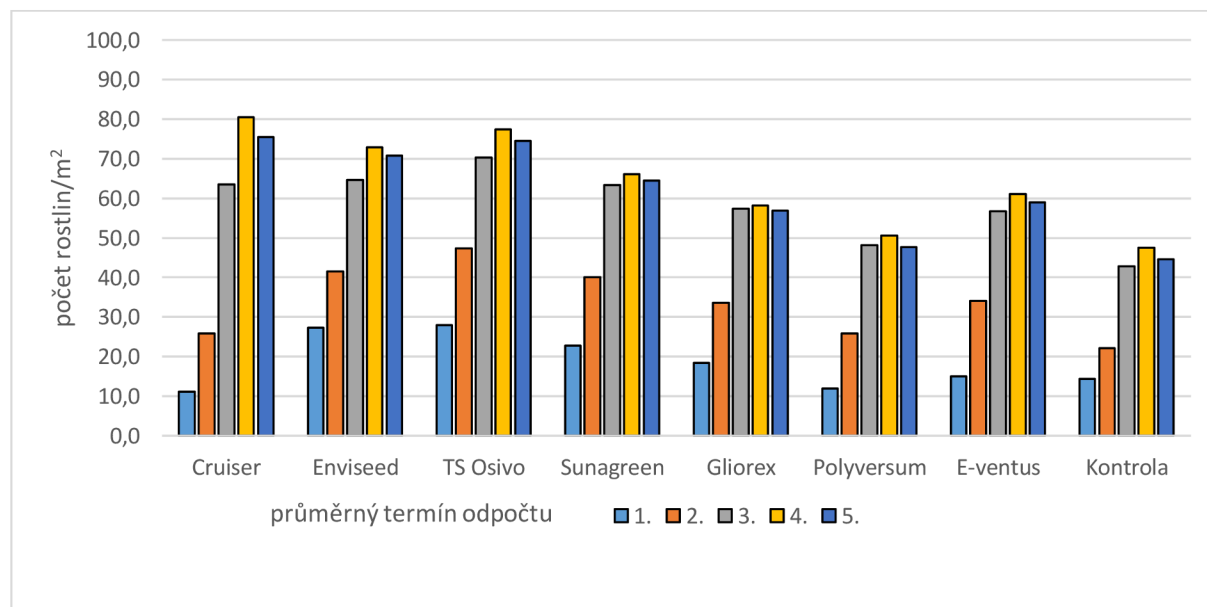
Je pravděpodobné, že mnohem více než ošetřením osiva je laboratorní klíčivost ovlivněna kvalitou vstupního materiálu. To potvrzují také Ozden et al. (2018), kteří uvádějí, že ošetření osiva se ve vztahu k semenářským parametrům projeví, pokud je osivo napadeno některými fytopatogenními organismy, nebo v případě, že je vystaveno stresovým podmínkám. Laboratorní klíčivost se napříč jednotlivými ošetřeními v jednotlivých letech u obou sledovaných odrůd výrazněji nelišila (jako příloha 3 je uvedena podrobná tabulka s výsledky obou odrůd v jednotlivých letech). Jisté rozdíly byly zaznamenány v rychlosti klíčení, zejména

v jejím počátku. Podíl zdravě vyklíčených semen 3. den po založení testu klíčivosti by měl, jak uvádějí Matthews et Powell (2012), odpovídat vitalitě osiva. Naše výsledky nicméně naznačují, že důvodem rozdílů v energii klíčení v tomto termínu byly spíše účinné látky, které jednotlivé přípravky obsahují, a nikoliv přirozená vitalita osiva. Nižší energie klíčení v prvních dnech trvání laboratorního testu klíčivosti totiž nesnižovala výsledný efekt. V případě přípravku Cruiser OSR jde o přímý, kurativní účinek ve vztahu k rozvoji chorob v okolí vzcházejících rostlin a preventivní ochranný efekt proti krytonosci kořenovému (Cihlář et al. 2007; Tomizawa et Casida 2005). Naopak podstatou stimulace osiva je napomoci rostlinám k rychlejšímu a vyrovnanějšímu klíčení a tím přispět k celkovému vzejití porostu (Fahimi et al. 2016; Nardi et al. 2017). Je tedy pochopitelné, že projev sledovaných přípravků, vzhledem k energii klíčení, byl rozdílný.

6.1.2 Dynamika polní vzcházivosti v závislosti na ošetření osiva

Polní vzcházivost máku bývá často velmi nízká. Za sníženou vzcházivostí máku stojí především nedostatečná kvalita osiv (která souvisí s jeho původem), výskyt krytonosce kořenového, povětrnostní podmínky (Cihlář et al. 2008) a choroby (Šerá 2014). Vzhledem k tomu, že efekt ošetření osiva se projevuje především na samém počátku vegetace (Šerá et Novák 2021), byla zvýšená pozornost věnována období vzcházení rostlin s důrazem na dynamiku vzcházení a celkovou vzešlost porostu – ta byla sledována až do doby, kdy se již počet rostlin na m² nezvyšoval a v některých případech již byla dokonce zaznamenána mírná redukce. Mák dle Vašáka et al. (2010) vzchází, v závislosti na povětrnostních podmínkách, přibližně 3 týdny.

Graf 12: Dynamika polní vzcházivosti v závislosti na ošetření osiva (2020-2022); průměr odrůd Aplaus a Major



Výsledky hodnocení dynamiky polní vzcházivosti jsou znázorněny v grafech 12-15. Graf 12 představuje vliv různých způsobů ošetření osiva na dynamiku polní vzcházivosti ve tříletém průměru. Je z něj patrné, že varianty ošetřené přípravkem Cruiser OSR vzcházely, na

úplném počátku vegetace, stejně jako v případě laboratorního testu, pomaleji oproti ostatním sledovaným variantám. Na konci vzcházení nicméně varianty ošetřené přípravkem Cruiser OSR dosahovaly nejvyšších průměrných hodnot počtu rostlin na m². V případě přípravku Cruiser by se počáteční opožděné vzcházení mohlo přičíst možné „pesticidní bariéře“, která je popsána v předchozí kapitole a kterou zmiňují například Stevens et al. (2008). Poté se pravděpodobně projevil kurativní efekt vůči chorobám a protektivní efekt proti krytonosci kořenovému. Vzhledem k vysoké kvalitě použitého osiva (viz kapitola 6.1.1.) je pravděpodobné, že rezervoárem chorob byla spíše půda. To, že jsou oospory v půdě častým původcem chorob máku, zmiňují například Montes-Borrego et al. (2011) nebo Navas-Cortés et al. (2009).

U variant, kde bylo použito osivo ošetřené stimulačními přípravky, byl zaznamenán, stejně jako v případě předchozího laboratorního testování, nejvyšší průměrný počet rostlin na m² během prvních dvou termínů odpočtů; především u variant ošetřených přípravky TS Osivo a Envisseed byl současně zjištěn také vysoký počet rostlin na m² na konci vzcházení, kdy se tyto varianty téměř vyrovnaly variantě ošetřené přípravkem Cruiser OSR. Varianty s osivem ošetřeným biologickými přípravky Gliorex a především Polyversum, a stejně tak i varianta s osivem ošetřeným fyzikálním systémem E-ventus se ve srovnání s variantami, kde bylo použito osivo ošetřené stimulačními přípravky a přípravkem Cruiser OSR, vyznačovaly celkově nižší polní vzcháživostí; avšak i přesto v počtu vzešlých rostlin předčily neošetřenou kontrolu.

Vzhledem k tomu, že je mák z hlediska celosvětového minoritní plodinou, nejsou ve vědecké literatuře dostupné prakticky žádné informace o vlivu ošetření osiva na jeho polní vzcháživost a její dynamiku. Existují však určité informace o vlivu různých způsobů ošetření osiva na polní vzcháživost u jiných plodin. Procházka et al. (2019), kteří hodnotili vliv předseťového ošetření osiva sóji různými stimulačními přípravky obsahujícími huminové látky a fytohormony, zjistili pozitivní vliv těchto látek na vzcházení porostu a růst rostlin v počátečních fázích vegetace, přičemž nejlepšími výsledky bylo dosaženo se stimulačními přípravky obsahujícími auxiny. Podobné výsledky byly zaznamenány v polních pokusech se stimulačními přípravky použitými k předseťovému ošetření osiva čiroku (Adamčík et al. 2016).

V našich pokusech dosáhly vysokých hodnot počtu rostlin v době plné vzešlosti porostu varianty s osivem ošetřeným stimulačními přípravky TS Osivo a Envisseed, které jsou z hlediska složení velmi podobné, přičemž nepatrně lepšími výsledky dosáhla varianta ošetřená přípravkem TS Osivo, který je navíc obohacen o výtažek z mořských řas. U varianty, kde bylo osivo ošetřeno pomocí přípravku TS Osivo, bylo zjištěno v době plného vzejití porostu navýšení průměrného počtu rostlin na m² o 61 % oproti neošetřené kontrolní variantě. Podobný nárůst počtu rostlin uvádějí Carvalho et al. (2013), kteří v laboratorních podmínkách sledovali vliv ošetření semen fazolu pomocí výtažků z mořských řas na vzcháživost rostlin. Kurakula et Rai (2021), kteří sledovali vliv ošetření osiva pomocí výtažku z mořských řas u cizrny v polních podmínkách, zaznamenali nárůst počtu vzešlých rostlin oproti neošetřené kontrole o 30 %. Je tedy možné, že nepatrně lepší výsledky, kterých dosáhla varianta s osivem ošetřeným přípravkem TS Osivo oproti variantě ošetřené přípravkem Envisseed, souvisí právě s přítomností výtažku z mořských řas. Huminové látky (které obsahují přípravek Envisseed i TS Osivo), vzhledem k laboratorní vzcháživosti, zkoumali také Šerá et Novák (2021). Jejich závěry v zásadě korespondují s uvedenými výsledky. Uvádějí totiž, že osivo máku ošetřené

huminovými látkami mělo velmi podobnou klíčivost, ale statisticky průkazně rychlejší růst vzcházejících semenáčků.

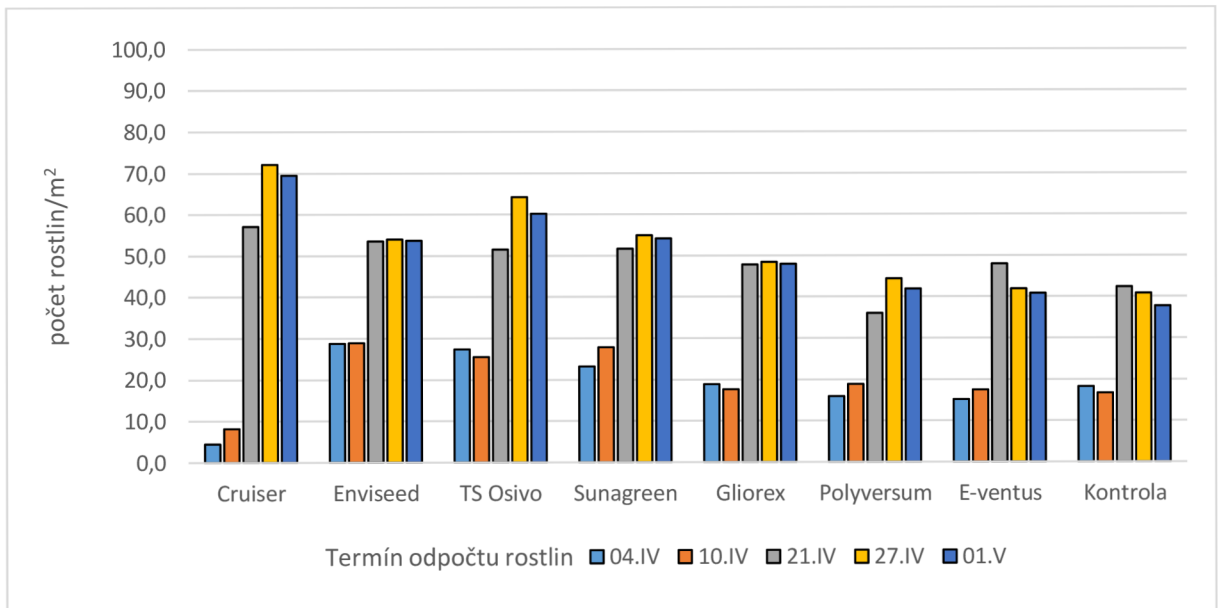
Varianta ošetřená přípravkem Cruiser OSR vykazala v době plné vzešlosti porostu o 59 % vyššího průměrného počtu rostlin na m² oproti neošetřené kontrole. Vysokou účinnost přípravku Cruiser OSR potvrzují také Lanka et al. (2017), kteří zaznamenali o 40 % vyšší polní vzcházejivost v pokusech s ošetřením osiva rýže nebo Morales-Rodriguez et Wanner (2015), kteří zaznamenali až 80% nárůst počtu rostlin v průběhu vzcházení semen pšenice ošetřených thiametoxamem.

Účinnost biologických přípravků Polyversum a Gliorex, použitých k ošetření osiva, se na dynamice polní vzcházejivosti ani výsledném počtu vzešlých rostlin na m² výrazně neprojevila. Navýšení polní vzcházejivosti nezjistil u ošetření osiva pomocí biologických látek (*Clonostachis rosea* – obsahuje přípravek Gliorex) Xue (2003) v případě hrachu. Naopak Jensen et al. (2000) zmiňují mírné navýšení polní vzcházejivosti v případě jarního ječmene. Hasan et al. (2012) sledovali vliv další účinné složky přípravku Gliorex (*Trichoderma* spp.) na vzcházení pšenice seté a zjistily až 15% nárůst polní vzcházejivosti oproti neošetřené kontrole.

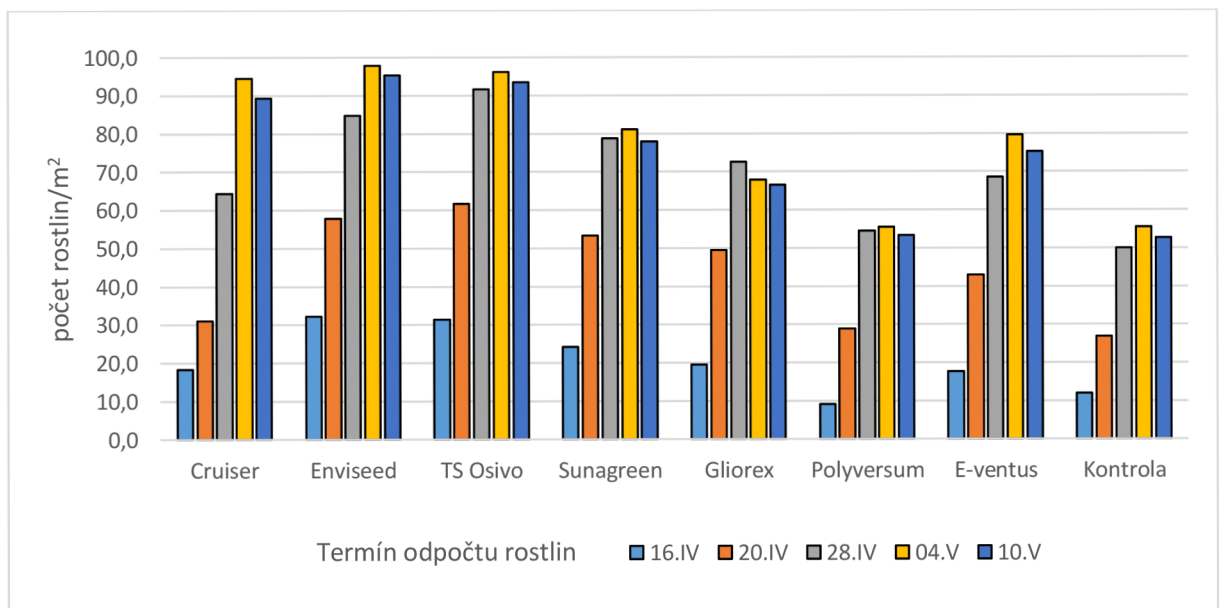
Kuchtová et al. (2013) uvádějí, že v rámci jejich pokusů s mákem došlo při aplikaci přípravku Polyversum na osivo k navýšení počtu vzešlých rostlin o 53 % oproti neošetřené kontrole. Také Pięta et al. (2007) zaznamenali o 25 % vyšší polní vzcházejivost u sóji ošetřené přípravkem Polyversum.

Le Floch et al. (2013) uvádějí, že efekt prakticky veškerých účinných látek v biologických přípravcích je výrazně podmíněn průběhem povětrnostních podmínek; teplotními, a především vlhkostními poměry v době klíčení a vzcházení. To potvrzují také Jensen et al. (2000), kteří konstatují, že biologické přípravky, použité pro ošetření osiva, mají zpravidla nižší účinnost oproti konvenčním pesticidům. Důležité jsou, dle těchto autorů, kromě povětrnostních podmínek, a především vlhkostních poměrů v půdě, také mikroorganismy, které se již v půdě vyskytují a které mohou s aplikovanými přípravky - resp. agens, jež přípravky obsahují, nabývat celou řadu vztahů; od symbiotického přes mutualistický až po antagonistický. Při nepříznivých podmínkách se tedy efekt biologických přípravků, byť jsou v optimálních podmínkách velmi účinné, prakticky nemůže projevit, nebo je jen velmi omezený.

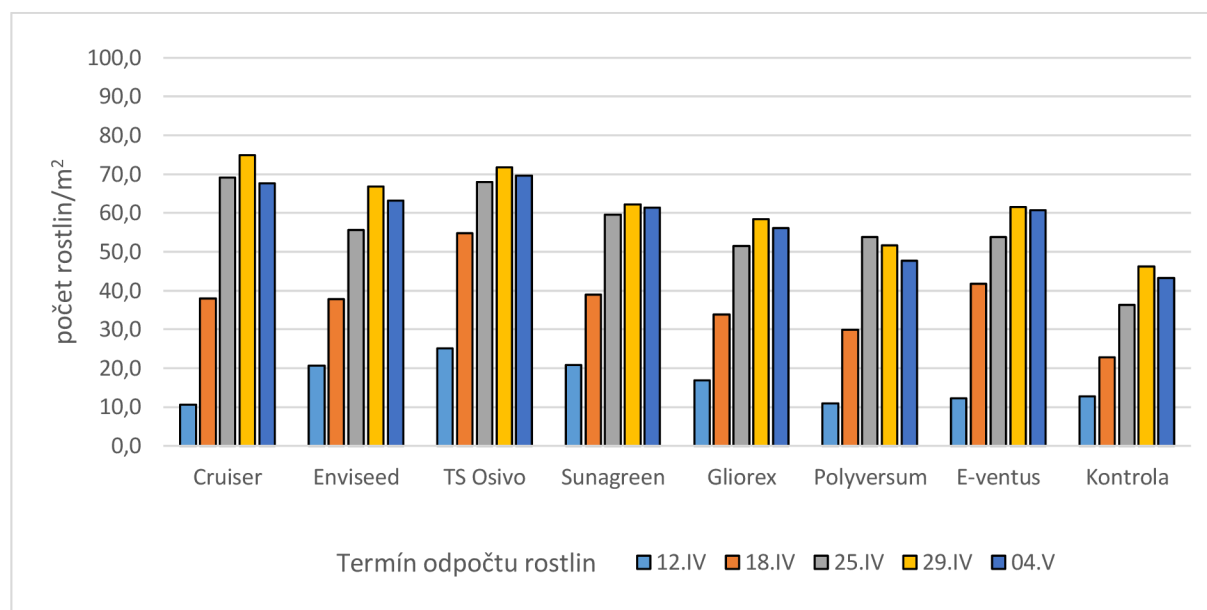
Graf 13: Dynamika polní vzháživosti v závislosti na ošetření osiva v roce 2020; průměr odrůd Aplaus a Major



Graf 14: Dynamika polní vzháživosti v závislosti na ošetření osiva v roce 2021; průměr odrůd Aplaus a Major



Graf 15: Dynamika polní vzcházivosti v závislosti na ošetření osiva v roce 2022; průměr odrůd Aplaus a Major



V grafech 13-15 je znázorněna dynamika polní vzcházivosti v jednotlivých sledovaných letech. Z grafů je patrné, že hodnocené varianty dosahovaly v jednotlivých letech obdobných výsledků, resp. jsou zde znatelné podobné trendy. Ve všech sledovaných letech byl zaznamenán nižší počet rostlin na m^2 na počátku vzcházení, a současně vysoký počet rostlin na m^2 v době plné vzešlosti porostu (nejvyšší či jeden z nejvyšších) u varianty ošetřené přípravkem Cruiser OSR.

Z grafů 13-15 je dále patrné, že v roce 2021, který se vyznačoval velmi příznivými povětrnostními podmínkami v období klíčení a vzcházení, byla polní vzcházivost i její dynamika u varianty ošetřené přípravkem Cruiser OSR prakticky na stejné úrovni, jako u variant ošetřené stimulačními přípravky Envisseed a TS Osivo. Lze usuzovat, že v méně příznivých, zejména sušších podmínkách v inkriminovaném období, které panovaly ve vegetačním období 2020, se efekt přípravku Cruiser OSR projeví ve srovnání s ostatními variantám ošetření výrazněji. To je v souladu se závěry autorů Stann et al. (2014), kteří zjistili, že thiometoxam (který je jednou z účinných látek přípravku Cruiser) je zodpovědný za zvýšení či potlačení exprese genů (THIZ2, GPR, GmDREB2A;2, LIP), které souvisí s obrannou reakcí rostlin při stresu suchem a tím zvyšuje obranyschopnost rostlin.

6.1.3 Hodnocení rozvoje nadzemní biomasy rostlin a biomasy kořenů v počátečních obdobích vegetace

V předchozí kapitole byl zaznamenán vliv různých způsobů ošetření osiva na dynamiku polní vzcházejivosti a celkovou vzešlost porostu máku. V rámci této kapitoly je charakterizován vliv jednotlivých způsobů ošetření osiva na rozvoj nadzemní části rostlin a kořenů. V rámci pokusů byly v každém ročníku provedeny dva odběry kořenů a nadzemní biomasy. První odběr byl ve fázi tvorby pravých listů (BBCH 14 - 15). Druhý odběr byl pak proveden na počátku stonkování rostlin (BBCH 31 - 32) (BBCH stupnice máku setého je uvedena jako příloha 1).

Z tabulky 7 je patrné, že při prvním odběru byla nejvyšší průměrná výška nadzemní části rostlin v průměru za obě odrůdy ve všech sledovaných letech zjištěna u varianty ošetřené přípravkem Polyversum (11,92 cm). To je v souladu se závěry Pisarčíka et al. (2020), kteří zaznamenali až 13% nárůst výšky biomasy u rostlin vojtěšky oproti neošetřené kontrole. Také uvádějí, že ošetřené varianty vykazovaly vyšší průměr kořene (o 4 %). V našem případě byl nárůst průměru kořene zjištěn na úrovni 13 %. Největší délka kořenů byla zjištěna u varianty ošetřené přípravkem Gliorex (8,59 cm) a Sunagreen (8,25 cm), nejnižší pak u varianty s ošetřením osiva metodou E-ventus (7,36 cm). V průměrné délce kořenů nebyly mezi sledovanými variantami statisticky průkazné rozdíly. Vzhledem k dosaženým výsledkům můžeme dále konstatovat, že v případě varianty s osivem ošetřeným fyzikální metodou E-ventus se vliv tohoto ošetření na výše uvedených parametrech příliš neprojevil. Tato metoda spočívá dle Rödera (2004) a Tiggese et al. (2002) v dezinfekci osiva. Na základě výsledků kapitoly 6.1.1. (která se věnuje hodnocení laboratorní klíčivosti a energie klíčení) lze předpokládat, že dodaný materiál (který pochází z certifikovaného množení) byl vysoce kvalitní. Efekt tohoto ošetření osiva se pak pravděpodobně projeví výrazně méně, než kdyby bylo ošetřeno více napadené, či jinak znehodnocené osivo máku. Toto tvrzení můžeme do jisté míry podpořit závěry, které uvádějí Thangavel et al. (2020); títo autoři testovali celou řadu fyzikálně chemických metod, které je možno využít pro ošetření osiva máku s cílem zamezit rozvoji chorob. Jejich výsledky jsou v některých případech velmi pozitivní a ošetření výrazně ovlivnila klíčení i vzcházení rostlin. Vstupní materiál byl ale relativně silně napaden chorobami.

V průměrné hmotnosti sušiny nadzemní biomasy na rostlinu nebyly mezi jednotlivými sledovanými variantami zjištěny statisticky průkazné rozdíly a hodnoty se pohybovaly v rozmezí 1,42 g (Polyversum) – 1,57 g (Gliorex). Přestože rozdíly mezi variantami nebyly statisticky průkazné, v případě přípravku Gliorex nicméně došlo oproti kontrolní variantě (1,47 g) k navýšení průměrné hmotnosti sušiny na rostlinu; to je v souladu s výsledky Jensena et al. (2000), kteří sledovali vliv ošetření jarního ječmene biologickými přípravky na bázi spór hub *Clonostachys rosea* (je součástí přípravku Gliorex) a zjistili dokonce statisticky průkazné navýšení průměrné hmotnosti sušiny nadzemní biomasy na rostlinu oproti neošetřené kontrole. Nejvyšší průměrná hmotnost sušiny kořenů na rostlinu byla zjištěna u varianty ošetřené přípravkem Polyversum (0,20 g); tato varianta se v tomto znaku statisticky průkazně lišila od variant ošetřených přípravky Enviseed (0,16 g) TS Osivo (0,16 g) a neošetřené kontrolní varianty (0,14 g). Hmotnost nadzemní části rostlin ani kořenů se v případě stimulačních přípravků statisticky průkazně nelišila od neošetřené kontroly. Z průměrných výsledků obou odrůd je patrné, že s výjimkou šířky kořenového krčku se ve sledovaných ukazatelích obě hodnocené odrůdy statisticky průkazně neodlišovaly.

Z výsledků prvního odběru rostlin je celkově patrný určitý, byť nevýrazný, pozitivní efekt variant s osivem ošetřeným biologickými přípravky na sledované parametry, přestože polní vzcházivost nebyla těmito přípravky znatelně ovlivněna. Je možné, že vzhledem k důležitosti celé řady vnějších podmínek, které ovlivňují kolonizaci prostředí agens, obsaženými v biologických preparátech (Jensen et al. 2000; le Floch et al. 2003), se jejich efekt neprojeví zvýšenou vzcházivostí, protože kolonizace půdního prostředí trvá déle. Poté, pokud je tato kolonizace úspěšná, mohou biologické přípravky vykazovat i určitý stimulační účinek (le Floch et al., 2003), podporovat obranyschopnost rostlin (Rodriguez et al. 2011) či pomoci zpřístupnit živiny v půdě (López-Bucio et al. 2015).

Z tabulky 7 je dále zřejmé, že u některých sledovaných parametrů (výška nadzemní části rostlin, délka kořenů, šířka kořenového krčku) byly zjištěny statisticky průkazné meziročníkové rozdíly. Nelze však s určitostí říci, že tyto rozdíly je možné přičíst pouze povětrnostním podmínkám daných ročníků. Přestože byla snaha termíny odběrů situovat do stejné fáze růstu rostlin, došlo mezi jednotlivými ročníky k určitým odchylkám.

Tabulka 7 Rozvoj nadzemní biomasy rostlin a biomasy kořenů (BBCH 14-15)

Varianta	Výška nadzemní části rostlin (cm)	Délka kořenů (cm)	Šířka kořenového krčku (mm)	Hmotnost sušiny nadzemní biomasy/rostlinu (g)	Hmotnost sušiny kořenů/rostlinu (g)
Cruiser	10,59 ^{ab}	7,93 ^a	2,86 ^a	1,43 ^a	0,16 ^{ab}
Envisseed	10,84 ^{bc}	8,04 ^a	3,23 ^a	1,46 ^a	0,16 ^a
TS Osivo	11,32 ^{bc}	8,17 ^a	3,16 ^a	1,68 ^a	0,16 ^a
Sunagreen	10,34 ^{ab}	8,25 ^a	3,02 ^a	1,45 ^a	0,17 ^{ab}
Gliorex	11,52 ^{bc}	8,59 ^a	3,00 ^a	1,57 ^a	0,17 ^{ab}
Polyversum	11,92 ^c	8,02 ^a	3,53 ^b	1,42 ^a	0,20 ^b
E-ventus	9,36 ^a	7,63 ^a	2,89 ^a	1,52 ^a	0,17 ^{ab}
Kontrola	10,69 ^{bc}	7,82 ^a	3,08 ^a	1,47 ^a	0,14 ^a
<i>HSD_{0,05}</i>	<i>1,30</i>	<i>1,26</i>	<i>0,68</i>	<i>0,30</i>	<i>0,04</i>
Aplaus	10,67 ^a	8,15 ^a	3,27 ^b	1,53 ^a	0,17 ^a
Major	10,98 ^a	7,97 ^a	3,02 ^a	1,46 ^a	0,16 ^a
<i>HSD_{0,05}</i>	<i>0,42</i>	<i>0,40</i>	<i>0,22</i>	<i>0,10</i>	<i>0,02</i>
2020	10,73 ^b	8,17 ^b	3,29 ^b	1,50 ^a	0,17 ^a
2021	11,96 ^c	8,60 ^b	3,19 ^{ab}	1,54 ^a	0,16 ^a
2022	9,78 ^a	7,40 ^a	2,97 ^a	1,46 ^a	0,17 ^a
<i>HSD_{0,05}</i>	<i>0,61</i>	<i>0,59</i>	<i>0,32</i>	<i>0,14</i>	<i>0,02</i>

V době druhého odběru rostlin (tabulka 8) se výška nadzemní biomasy rostlin, v závislosti na ošetření osiva, pohybovala v rozmezí 17,73 cm (TS osivo) – 21,54 cm (Envisseed). Varianta ošetřená pomocí přípravku Envisseed, která byla v době plně rozvinuté listové růžice nejvyšší, se statisticky průkazně lišila od varianty ošetřené přípravkem TS Osivo a neošetřené kontrolní varianty. Nejvyšší délka kořenů byla zjištěna u varianty ošetřené stimulačním přípravkem Sunagreen (9,84 mm). Nejmenší průměrná délka kořenů byla zjištěna u neošetřené kontrolní varianty (7,87 mm) která se v tomto znaku statisticky průkazně lišila oproti variantám ošetřeným přípravky Cruiser OSR, Envisseed a Sunagreen. Šířka kořenového krčku se pohybovala v rozmezí 7,54 mm (Cruiser OSR) – 6,26 (Gliorex). Nejvyšší průměrná hmotnost sušiny nadzemní biomasy na rostlinu dosáhla varianta ošetřená stimulačním

přípravkem Envisseed. To je v souladu s výsledky Procházky et al. (2019), kteří uvádějí, že v případě ošetření osiva sóji pomocí stimulačních přípravků došlo k navýšení hmotnosti nadzemní biomasy. V našem případě u průměrné hmotnosti sušiny kořenů na rostlinu nebyly mezi variantami zjištěny statisticky průkazné rozdíly, v případě Procházky et al. (2019) bylo zaznamenáno statisticky průkazné navýšení hmotnosti i v případě kořenů.

Obě hodnocené odrůdy se ve sledovaných znacích od sebe statisticky průkazně nelišily ani v rámci tohoto druhého odběru. Rozdíly mezi jednotlivými ročníky mohou být opět do jisté míry ovlivněny rozdílným průběhem povětrnostních podmínek, ale také určitými posuny v termínech odběru rostlin.

Tabulka 8: Rozvoj nadzemní biomasy rostlin a biomasy kořenů (BBCH 31-32)

Varianta	Výška nadzemní části rostlin (cm)	Délka kořenů (cm)	Šířka kořenového krčku (mm)	Hmotnost sušiny nadzemní biomasy/rostlinu (g)	Hmotnost sušiny kořenů/rostlinu (g)
Cruiser	20,79 ^b	9,43 ^b	7,54 ^a	2,91 ^{bc}	0,36 ^a
Envisseed	21,54 ^b	9,39 ^b	7,43 ^a	2,97 ^c	0,31 ^a
TS Osivo	17,73 ^a	9,11 ^{ab}	7,30 ^a	2,47 ^{abc}	0,33 ^a
Sunagreen	20,96 ^b	9,84 ^b	6,74 ^a	2,47 ^{abc}	0,35 ^a
Gliorex	19,73 ^{ab}	8,63 ^{ab}	6,26 ^a	2,19 ^a	0,32 ^a
Polyversum	19,35 ^{ab}	8,97 ^{ab}	6,56 ^a	2,25 ^{ab}	0,29 ^a
E-ventus	19,53 ^{ab}	8,73 ^{ab}	6,60 ^a	2,11 ^a	0,30 ^a
Kontrola	18,96 ^a	7,87 ^a	6,48 ^a	2,05 ^a	0,28 ^a
<i>HSD_{0,05}</i>	2,93	1,44	1,36	0,68	0,12
Aplaus	19,86 ^a	8,97 ^a	7,41 ^b	2,55 ^b	0,31 ^a
Major	19,79 ^a	9,02 ^a	6,32 ^a	2,31 ^a	0,32 ^a
<i>HSD_{0,05}</i>	0,94	0,46	0,44	0,22	0,04
2020	22,99 ^c	7,60 ^a	8,27 ^b	2,89 ^c	0,39 ^b
2021	17,38 ^a	7,92 ^a	6,04 ^a	2,36 ^b	0,30 ^a
2022	19,10 ^b	11,47 ^b	6,29 ^a	2,03 ^a	0,25 ^a
<i>HSD_{0,05}</i>	1,38	0,68	0,64	0,32	0,05

6.1.4 Vliv ošetření osiva na počet rostlin na počátku a konci vegetace, strukturu výnosotvorných prvků, obsah oleje a výnos semen

Z kapitoly, týkající se vlivu různých způsobů ošetření osiva na polní vzcházivost, vyplynul zřejmý vliv ošetření osiva na počet rostlin na jednotku plochy a tím celkové zapojení porostů na počátku vegetace. Výnos máku však není tvořen pouze počtem rostlin na jednotku plochy v době plného vzejití porostu, ale také strukturou porostu před sklizní. V této kapitole bude proto věnována pozornost i hodnocení počtu rostlin na jednotku plochy (m²) na konci vegetace a hodnotám i ostatních výnosotvorných prvků v závislosti na jednotlivých ošetřeních.

Míru ovlivnění jednotlivých ukazatelů sledovanými faktory a jejich interakcemi vyjadřují vypočtené hodnoty testovacího kritéria F. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 9. Z tabulky je patrné, že všechny sledované parametry byly převažujícím způsobem, statisticky průkazně, ovlivněny ročníkem. Statisticky průkazně, i když v menší míře, se však uplatnil i vliv ošetření osiva a odrůdy (pouze vliv odrůdy na počet rostlin na m² na konci vegetace a na výnos byl statisticky neprůkazný). V případě počtu rostlin na m² v době plné vzešlosti porostu i na

konci vegetace, počtu makovic na rostlinu a výnos se více uplatnil vliv ošetření osiva; v případě hmotností semen v makovici, HTS a obsahu oleje převážil vliv odrůdy. Vliv hodnocených interakcí na sledované ukazatele byl v řadě případů rovněž statisticky průkazný, ale zpravidla nižší a v některých případech byl i neprůkazný.

Tabulka 9: Míra ovlivnění jednotlivých ukazatelů sledovanými faktory a jejich interakcemi (ANOVA, hodnoty testovacího kritéria F, kompletní třífaktorový model s interakcemi)

Faktor	Počet rostlin/m ²		Počet makovic/rostlinu	Hmotnost semen v makovici	HTS	Výnos	Obsah oleje
	Plná vzešlost*	Konec vegetace					
Ročník (R)	104,65***	202,59***	36,72***	44,47***	105,32***	291,66***	144,74***
Varianta ošetření (V)	33,18***	83,41***	11,79***	2,75*	2,60*	71,55***	3,91**
Odrůda (O)	11,34**	3,09 ^{ns}	5,57*	18,83***	44,67***	0,20 ^{ns}	64,59***
R × V	2,75**	4,25***	3,96***	5,27***	6,42***	5,78***	1,23 ^{ns}
R × O	7,62**	6,70**	5,09**	0,00 ^{ns}	8,46***	30,62***	1,95 ^{ns}
V × O	0,81 ^{ns}	2,27*	1,82 ^{ns}	0,80 ^{ns}	1,81 ^{ns}	4,83***	2,38*
R × V × O	0,51 ^{ns}	3,89***	1,16 ^{ns}	2,20*	2,69**	4,64***	1,98*

P < 0,05*; P < 0,01**; P < 0,01***; ns – neprůkazné

Z tabulky 10, která zahrnuje průměrné výsledky (2020-2022) počtu rostlin na začátku a konci vegetace, hodnoty dalších výnosotvorných prvků, délky rostlin v době sklizně, výnosu a průměrné olejnatosti semen v závislosti na různých variantách ošetření osiva je patrné, že nejnižší průměrné hodnoty počtu rostlin v období plné vzešlosti porostu byly zjištěny u neošetřené kontrolní varianty (50,5 rostlin/m²), která se statisticky průkazně lišila od všech ostatních sledovaných variant s výjimkou varianty ošetřené přípravkem Polyversum (54,2 rostlin/m²). Nejvyšší průměrný počet rostlin na m² v době plné vzešlosti porostu byl naproti tomu zaznamenán u varianty ošetřené přípravkem TS Osivo (81,3 rostlin/m²), která byla na podobné úrovni jako varianta ošetřená přípravky Cruiser OSR (80,7 rostlin/m²) a Envisseed (75,9 rostlin/m²). U varianty ošetřené přípravkem Sunagreen (67,1 rostlin/m²) nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl v počtu rostlin na počátku vegetace oproti variantě s osivem ošetřeným metodou E-ventus (64,4 rostlin/m²). Obě tyto varianty dosáhly statisticky průkazně nižšího počtu rostlin na m² oproti variantám z osiva ošetřeného přípravky Cruiser OSR, TS Osivo a Envisseed; statisticky průkazně se však lišily od neošetřené kontroly.

Pro dosažení uspokojivého výnosu je rozhodující počet rostlin na konci vegetace. V průběhu vegetace je přitom zapotřebí každoročně počítat s větší či menší redukcí počtu rostlin, ke které dochází jednak díky mezirostlinné konkurenci, ale také vlivem působení chorob či výskytu krytonosce kořenového (Cihlář et al. 2017). Fejér et Salamon (2011) zmiňují, že optimální hustota porostu na konci vegetace by se měla pohybovat v rozmezí 50-70 rostlin/m². V našich pokusech se průměrný počet rostlin na konci vegetace pohyboval mezi 55,7 rostlinami/m² (Cruiser OSR) a 28,7 rostlinami/m² v případě varianty ošetřené přípravkem Polyversum. Na konci vegetace byly v průměrném počtu rostlin na m² zjištěny, kromě jiných, i statisticky průkazné rozdíly mezi variantou ošetřenou přípravkem Cruiser a variantami ošetřenými stimulačními přípravky Envisseed (47,4 rostlin/m²) a TS Osivo (48,9 rostlin/m²), které na počátku vegetace dosahovaly podobných, statisticky se neodlišujících hodnot. Z našich

výsledků dále vyplývá, že pro výsledný výnos byl velmi významným faktorem i počet rostlin na počátku vegetace, se kterým finální počet rostlin na konci vegetace velmi úzce koreloval (0,8243**) (tab. 11). Z výsledků uvedených v tabulce 10 je dále patrné, že bez ohledu na variantu ošetření osiva, redukce počtu rostlin v průběhu vegetace probíhala na obdobné úrovni a dosahovala v průměru tři let cca 40 % – nelze tedy říci, že by u variant, které na počátku vegetace dosáhly nejvyššího počtu rostlin na m², probíhala v průběhu vegetace redukce počtu rostlin intenzivněji. Obdobná úroveň redukce počtu rostlin v průběhu vegetace bez ohledu na počet vzešlých rostlin může být překvapivá. Vliv celé řady stresových podmínek během vegetace (povětrnostní podmínky, tlak chorob a škůdců, příp. nevyrovnaná struktura porostu, resp. výskyt shluků) se zde patrně projevil bez ohledu na vzešlost porostu. Je také třeba zmínit, že v našich pokusech dosahoval počet vzešlých rostlin u všech hodnocených variant spíše nižších hodnot. V případě porostu s vysokou hustotou na počátku vegetace by bylo možné očekávat i výrazně vyšší mezirostlinnou konkurenci, a tím i redukci počtu rostlin. Podobná úroveň redukce počtu rostlin, která byla v rámci uvedených pokusů zaznamenána, nicméně nemůže být pro mák generalizována. Kuchtová et al. (2010) zaznamenali, v případě ekologických pokusů s mákem, až 86% úbytek rostlin v průběhu vegetace. V rámci stejné publikace, v režimu integrované ochrany rostlin, pak zaznamenali redukci rostlin na úrovni (50-77 %). Je tedy zřejmé, že v případě méně příznivých či nepříznivých agroekologických podmínek může být redukce počtu rostlin i výrazně vyšší, než bylo zjištěno v našem případě. Honsová (2019) naproti tomu zaznamenala redukci počtu rostlin v průběhu vegetace na obdobné úrovni, jako tomu bylo v našich pokusech.

Nejvyšší průměrný počet makovic na rostlinu byl zaznamenán u varianty ošetřené přípravkem Polyversum a neošetřené kontrolní varianty (2,6 makovic/rostlinu). Tyto varianty se statisticky průkazně odlišovaly od všech ostatních. Jedná se o projev autoregulační schopnosti máku, kdy při nižším počtu rostlin na jednotku plochy rostliny přirozeně reagují navýšením počtu makovic na rostlinu. Dle Vašáka et al. (2010) není příliš vysoký počet makovic v podmínkách klasické zemědělské produkce žádoucí. V případě zvýšeného počtu makovic na rostlinu mák dozrává nejednotně a při mechanizované sklizni pomocí sklízecí mlátičky dochází ke zvýšeným ztrátám na celkovém výnosu. U ostatních výnosotvorných prvků, jako je průměrná HTS a hmotnost semen v makovici, nebyly zjištěny výraznější rozdíly. Opět se zde může projevovat vliv hustoty porostu, ale především závisí na průběhu povětrnostních podmínek v období dozrávání porostu.

Hodnoty obsahu oleje v sušině semen se, v závislosti na ošetření osiva, ve většině případů statisticky průkazně neodlišovaly. Je zde patrný jistý vztah mezi hmotností tisíce semen (HTS) a olejnatostí; varianty, u kterých byla zaznamenána vyšší HTS, zároveň obsahovaly vyšší podíl oleje v sušině. Silnou pozitivní korelaci mezi HTS a olejnatostí semen popsali například Diederichsen et Raney (2006) u lnu setého nebo Król et Paszko (2017) v pokusech s měsíčkem lékařským. Průměrná olejnatost se v našich pokusech pohybovala v rozmezí od 41,25 % (kontrola) do 43,37 % (Cruiser OSR). Zjištěné výsledky byly na nižší úrovni oproti zjištění autorů Dündar et al. (2015), kteří u modrosemených odrůd máku zjistily olejnatost na úrovni 46,3 %. K podobným výsledkům, jako v případě našich experimentů, dospěli Duman et Özcan (2015), kteří zaznamenali vyšší hodnoty obsahu oleje, než zmiňují Azcan et al. (2004) (33,6 %).

Nejvyšší průměrný výnos (1,39 t/ha) byl zjištěn u varianty, kde bylo osivo ošetřeno přípravkem Cruiser OSR. Nárůst oproti kontrole představoval 58 %. Tato zjištění jsou v souladu s výsledky, které zmiňují Cihlár et al. (2008), podle kterých u chemicky ošetřeného osiva máku dochází k navýšení výnosů o 39-91 % oproti neošetřené kontrole. Dewar et al. (2011), kteří sledovali vliv ošetření osiva řepky přípravkem Cruiser OSR, zjistili mnohem nižší nárůst výnosu (pouze o 5-11 % v závislosti na lokalitě). V našem pokusu se od neošetřené kontrolní varianty z hlediska výnosu statisticky průkazně lišily také varianty ošetřené stimulačními přípravky TS Osivo a Enviseed. U přípravku TS Osivo došlo ve tříletém průměru v rámci obou sledovaných odrůd k navýšení výnosu o 40 % a u přípravku Enviseed o 32 %. Procházka et al. (2019) hodnotili vliv ošetření osiva sóji pomocí vybraných stimulačních přípravků a zjistili navýšení výnosu v rozmezí 9-18 % oproti neošetřené kontrole. Na rozdíl od uvedených autorů byl tedy vliv ošetření osiva máku stimulačními přípravky na výnos výrazně vyšší. Je však třeba vzít v úvahu velmi nízkou hmotnost semen máku. Semena s nízkou hmotností vykazují mnohem vyšší citlivost vůči různým stresovým podmínkám, které mohou působit v období klíčení a vzcházení semen, než velkosemenné plodiny (Souza et Fagundes 2014; Janicka et al. 2021). Lze proto očekávat, že reakce tak drobnosemenné plodiny, jako je mák, na použití podpůrných stimulačních přípravků, bude výraznější, než by tomu bylo u velkosemenných plodin.

Mezi sledovanými odrůdami byl rozdíl v konečném průměrném výnosu minimální. To potvrzují také (Cihlár et al. 2017), kteří uvádějí, že bývá zpravidla větší rozdíl ve výnosu semen mezi jednotlivými partiemi jedné odrůdy než mezi jednotlivými odrůdami pěstovanými na jednom stanovišti.

Tabulka 10: Vybrané produkční a kvalitativní ukazatele máku v závislosti na způsobu ošetření osiva, odrůdě a ročníku (Tukey HSD test, $P < 0,05$)

Varianta	Počet rostlin/m ²		Počet makovic/ rostlinu	Hmotnost semen v makovici (g)	HTS (g)	Výnos (t/ha)	Obsah oleje (%)
	Plná vzešlost*	Konec vegetace					
Cruiser	80,7 ^d	55,7 ^d	2,2 ^{ab}	2,74 ^a	0,567 ^b	1,39 ^d	43,37 ^c
Enviseed	75,9 ^d	47,4 ^c	2,2 ^{ab}	2,48 ^a	0,553 ^{ab}	1,16 ^c	42,95 ^{bc}
TS Osivo	81,3 ^d	48,9 ^c	2,4 ^{bc}	2,74 ^a	0,558 ^{ab}	1,23 ^c	43,18 ^{bc}
Sunagreen	67,1 ^c	38,7 ^b	2,2 ^{ab}	2,67 ^a	0,550 ^{ab}	0,99 ^b	42,15 ^{abc}
Gliorex	61,4 ^{bc}	34,6 ^b	2,2 ^{ab}	2,48 ^a	0,555 ^{ab}	0,95 ^b	42,64 ^{abc}
Polyversum	54,2 ^{ab}	28,7 ^a	2,6 ^c	2,77 ^a	0,545 ^a	0,85 ^a	41,72 ^{ab}
E-ventus	64,4 ^c	36,2 ^b	1,9 ^a	2,57 ^a	0,548 ^a	0,91 ^{ab}	41,25 ^a
Kontrola	50,5 ^a	29,6 ^a	2,6 ^c	2,48 ^a	0,550 ^{ab}	0,89 ^{ab}	42,31 ^{abc}
<i>HSD_{0,05}</i>	8,8	4,7	0,3	0,33	0,019	0,10	1,62
Aplaus	64,5 ^a	39,3 ^a	2,4 ^b	2,73 ^b	0,564 ^b	1,05 ^a	43,50 ^b
Major	69,3 ^b	40,7 ^a	2,2 ^a	2,50 ^a	0,543 ^a	1,04 ^a	41,40 ^a
<i>HSD_{0,05}</i>	2,8	1,5	0,1	0,11	0,006	0,03	0,52
2020	56,0 ^a	33,1 ^a	2,4 ^b	2,56 ^a	0,522 ^a	0,84 ^a	39,37 ^a
2021	80,7 ^c	50,5 ^c	2,0 ^a	2,79 ^b	0,566 ^b	1,31 ^c	43,47 ^b
2022	64,1 ^b	36,3 ^b	2,5 ^b	2,80 ^b	0,572 ^b	0,98 ^b	44,51 ^c
<i>HSD_{0,05}</i>	4,2	2,2	0,14	0,16	0,009	0,05	0,76

*Hodnoty počtu rostlin na m² v době plné vzešlosti porostu v této tabulce vyjadřují maximální hodnoty, dosažené jednotlivými variantami. Tyto hodnoty se nemusí zcela shodovat s nejvyššími hodnotami počtu vzešlých rostlin na m², vyznačenými v grafech 12-15, neboť tyto grafy znázorňují dynamiku polní vzcházivosti a ne všechna opakování v rámci každé varianty dosáhla maximální hodnoty polní vzcházivosti ve stejném termínu odpočtu rostlin.

Tabulka 11: Vzájemné korelace mezi sledovanými produkčními a kvalitativními ukazateli máku (Pearsonův korelační koeficient, $P < 0,01$; $P < 0,05$)

	Počet rostlin/m ² plná vzešlost (1)	Počet rostlin/m ² konec vegetace (2)	Počet makovic/ rostlinu (3)	HTS (4)	Hmotnost semen v makovici (5)	Výnos (6)	Obsah oleje (7)
(1)	1	0,8243**	-0,4313**	0,2968*	0,2103	0,7839**	0,3090*
(2)	0,8242*	1	-0,4564**	0,3295*	0,2428*	0,8805**	0,3155*
(3)	-0,4313**	-0,4564**	1	-0,1322	-0,0748	-0,4052*	0,0129
(4)	0,2968*	0,3296*	-0,1322	1	0,5368**	0,4531**	0,5655**
(5)	0,2103	0,2428*	-0,0748	0,5368**	1	0,3795*	0,4732**
(6)	0,7839**	0,8805*	-0,4052*	0,4531**	0,3795*	1	0,3853*
(7)	0,3090*	0,3155*	0,0129	0,5655**	0,4732**	0,3853*	1

P < 0,05*; P < 0,01**;

V tabulce 12 jsou podrobněji znázorněny výsledky hodnocení sledovaných ukazatelů v jednotlivých letech. Z výsledků jsou patrné určité meziročníkové rozdíly, především v závislosti na konkrétních povětrnostních podmínkách během vegetace. Poměrně výrazné meziročníkové rozdíly ve výnosu i hodnotách jednotlivých výnosotvorných prvků máku uvádí řada autorů. Škarpa et Richter (2011) sledovali vliv aplikace selenu na porosty máku, přičemž zjistili velmi výrazné meziročníkové rozdíly z hlediska výnosu semen. Velmi významný vliv ročníku, který významně převyšoval vliv odrůdy, zjistili také Satranský et al. (2021).

V rámci vegetačního období roku 2020 byl zaznamenán nejnižší průměrný počet rostlin/m² na počátku vegetace. Důvodem pro nižší zapojení porostů byl pravděpodobně nedostatek srážek v prvních dvou dekádách dubna. Dvanáct dní po zasetí byla navíc na sledované lokalitě naměřena noční teplota, která klesala až k -8°C. Kuchtová et al. (2013) uvádí, že pro vzcházející rostliny je kritická teplota -4 až -7°C. Vašák et al. (2010) zmiňují, že nebezpečný je tzv. „suchý mráz“, při kterém mohou vzcházející rostliny uschnout. Nebezpečí spočívá také v tom, že vlivem mrazu dochází v půdě k pohybům, které mohou vzcházejícím rostlinám přerhat kořínky. Právě nízký počet rostlin na m² na počátku vegetace byl pravděpodobně důvodem pro nejnižší průměrný počet rostlin/m² na konci vegetace vzhledem k tomu, že, jak již bylo uvedeno výše, redukce počtu rostlin v průběhu vegetace byla poměrně stabilní bez ohledu na variantu a pohybovala se okolo 40 %.

Hustota porostu na konci vegetace se pohybovala v rozmezí od 24,0 rostlin/m² (kontrolní varianta) po 50,0 rostlin na m² (Cruiser OSR), což je dle Vašáka et al. (2010) huře zapojený porost. Efekt přípravku Cruiser OSR byl v roce 2020 nejvyšší (rok 2020 se vyznačoval velmi nízkými úhrny srážek v době vzcházení rostlin). Stamm et al. (2014) uvádějí, že účinná látka thiamethoxam, jež je součástí přípravku Cruiser OSR, pomáhá rostlinám odolávat stresovým podmínkám, způsobeným suchem, v období vzcházení rostlin. To potvrzují také Morales-Rodriguez et Wanner (2015) kteří, na základě svých výsledků s ošetřením osiva sóji pomocí přípravku obsahujícího thiametoxam, uvádějí, že efekt ošetření osiva touto účinnou látkou se více projeví v podmínkách vláhového deficitu období vzcházení rostlin.

S nízkým počtem rostlin/m² souvisel v roce 2020 vyšší průměrný počet makovic na rostlinu. Zároveň byla v roce 2020 zjištěna nejnižší hodnota HTS a také nejnižší celková olejnatost semen. Nižší obsah oleje a HTS pravděpodobně souvisí s nižšími úhrny srážek

v průběhu dozrávání semen. Tato zjištění jsou v souladu s výsledky, které uvádí Lančaričová et al. (2016) nebo Satranský et al. (2021), kteří zjistili snížený obsah oleje v semenech máku na lokalitě s nižšími úhrny srážek během června a července. Méně příznivé povětrnostní podmínky v roce 2020, se kterými souviselo nedostatečné zapojení porostu, se projeví na průměrném výnosu semen, který byl v tomto vegetačním roce nejnižší a pohyboval se v rozmezí od 0,67 t/ha (Polyversum) do 1,36 t/ha (Cruiser OSR).

I v roce 2021 byl duben srážkově celkově podprůměrný, nicméně srážky přicházely v pravidelných intervalech a vzcházející rostliny tak nebyly vystaveny vláhovému deficitu. To se pozitivně projevilo na hustotě porostu, která byla, v rámci sledovaných ročníků, v době plné vzešlosti porostu nejvyšší; počet rostlin na m² se pohyboval v rozmezí od 57,8 rostlin/m² (neošetřená kontrolní varianta) po 99,9 rostlin/m² (TS Osivo). Na konci vegetace byl zjištěn průměrný počet rostlin/m² v rozmezí 35,5 (Polyversum) – 66,6 (Cruiser OSR) rostlin/m². S vyšší hustotou porostu nejspíše souvisel nižší počet makovic na rostlinu.

Vegetační období roku 2022 se vyznačovalo srážkově nadprůměrným dubnem. Přesto byly porosty, oproti ročníku 2021, relativně řídké. Protože byl mák zasetý do velmi suché půdy – po srážkově chudém březnu, bylo z obav o dostatečnou půdní vlhkost (vzhledem k nepříznivé předpovědi počasí) přistoupeno k uválení porostů bezprostředně po zasetí. To je při nedostatku srážek důležité, protože se částečně obnoví půdní kapilarita a mák má lepší přístup k půdní vláze (Cihlář et al. 2014). Tento agronomický zásah sebou ale nese určité riziko. Pokud v blízké době po uválení pozemku zaprší, je půda více náchylná k tvorbě půdního škraloupu, který je pro zvláště pro mák velmi nevhodný. To se bohužel v roce 2022 stalo. Třetí den po zasetí spadlo 6 mm srážek a vytvořil se půdní škraloup. Proto i přes následně velmi dobré povětrnostní podmínky vzešly porosty oproti roku 2021 hůře. Po zbytek vegetačního období přicházely srážky vcelku rovnoměrně, bez delších období sucha. Porost se podařilo sklídit v optimálním termínu. Hustota porostu v období plné vzešlosti nabývala hodnot od 46,2 rostlin/m² (kontrolní varianta) do 77,4 rostlin/m² (TS Osivo). Na konci vegetace bylo nejvíc rostlin/m² zaznamenáno u varianty ošetřené přípravkem Cruiser OSR (50,6). Podobně jako ve vegetačním období 2020, i v rámci ročníku 2022 byl zjištěn vyšší průměrný počet makovic na rostlinu. V roce 2022 byly také zaznamenány nejvyšší hodnoty u HTS a váhy semen v makovici. Rovněž olejnatost byla nejvyšší ze všech sledovaných ročníků.

Tabulka 12: Vybrané produkční a kvalitativní ukazatele máku v závislosti na způsobu ošetření osiva a odrůdě v jednotlivých letech (Tukey HSD test, $P < 0,05$)

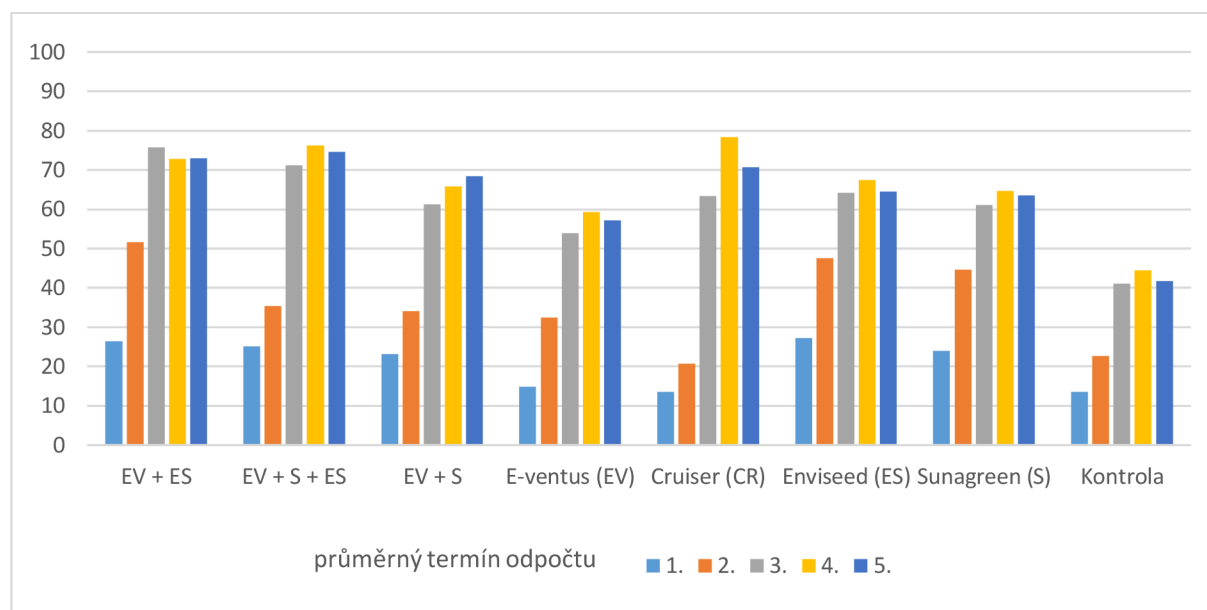
Ročník	Varianta	počet rostlin/m ²		Počet makovic	Hmotnost semen v makovici (g)	HTS (g)	výnos (t/ha)	Obsah oleje (%)
		Plné vzejití	Konec vegetace					
2020	Cruiser	72,2 ^d	50,0 ^c	2,1 ^a	2,71 ^d	0,568 ^c	1,36 ^d	39,64 ^a
	Envisseed	58,9 ^{bc}	38,8 ^b	2,2 ^a	1,82 ^a	0,530 ^b	0,94 ^{ac}	39,56 ^a
	TS Osivo	66,6 ^{cd}	36,2 ^b	2,6 ^b	2,28 ^{abcd}	0,513 ^b	0,96 ^c	40,48 ^a
	Sunagreen	56,2 ^{abc}	33,0 ^b	2,3 ^{ab}	2,47 ^{bcd}	0,529 ^b	0,81 ^{bc}	38,65 ^a
	Gliorex	52,5 ^a	24,3 ^a	2,4 ^{ab}	2,21 ^{abc}	0,508 ^{ab}	0,63 ^a	38,51 ^a
	Polyversum	45,4 ^a	25,9 ^a	2,5 ^{ab}	2,54 ^{cd}	0,530 ^b	0,67 ^{ab}	39,76 ^a
	E-ventus	48,7 ^{ab}	32,5 ^b	2,3 ^{ab}	2,03 ^{ab}	0,483 ^a	0,69 ^{ab}	38,75 ^a
	Kontrola	47,5 ^{ab}	24,0 ^a	2,6 ^b	2,02 ^{ab}	0,519 ^b	0,68 ^{ab}	39,54 ^a
	<i>HSD_{0,05}</i>	13,2	6,4	0,4	0,5	0,025	0,17	2,64
	Aplaus	52,2 ^a	32,0 ^a	2,5 ^b	2,38 ^b	0,524 ^a	0,79 ^a	40,73 ^b
Major	59,7 ^b	34,2 ^b	2,3 ^a	2,14 ^a	0,521 ^a	0,89 ^b	37,99 ^a	
<i>HSD_{0,05}</i>	4,1	2	0,1	0,16	0,008	0,05	0,83	
2021	Cruiser	94,5 ^{cd}	66,6 ^c	1,8 ^{ab}	2,93 ^{ab}	0,568 ^{abc}	1,49 ^b	45,38 ^b
	Envisseed	99,7 ^d	64,0 ^c	1,8 ^{abc}	2,51 ^a	0,560 ^{abc}	1,50 ^b	43,85 ^{ab}
	TS Osivo	99,9 ^d	62,9 ^c	2,3 ^{bcd}	2,87 ^{ab}	0,587 ^c	1,48 ^b	43,58 ^{ab}
	Sunagreen	81,8 ^{bc}	47,8 ^b	2,0 ^{abc}	2,76 ^{ab}	0,553 ^{ab}	1,24 ^a	43,30 ^{ab}
	Gliorex	72,7 ^{ab}	46,7 ^b	1,7 ^a	2,82 ^{ab}	0,580 ^{bc}	1,32 ^{ab}	44,30 ^{ab}
	Polyversum	59,7 ^a	35,0 ^a	2,6 ^d	3,29 ^b	0,547 ^a	1,18 ^a	42,42 ^{ab}
	E-ventus	79,8 ^{bc}	42,3 ^{ab}	1,7 ^a	2,64 ^{ab}	0,569 ^{abc}	1,14 ^a	41,79 ^a
	Kontrola	57,8 ^a	39,0 ^{ab}	2,3 ^{cd}	2,52 ^a	0,565 ^{abc}	1,15 ^a	43,11 ^{ab}
	<i>HSD_{0,05}</i>	17,7	9,79	0,5	0,65	0,032	0,21	3,25
	Aplaus	82,2 ^a	51,8 ^a	2,0 ^a	2,91 ^b	0,581 ^b	1,42 ^b	44,51 ^b
Major	79,3 ^a	49,3 ^a	2,1 ^a	2,68 ^a	0,551 ^a	1,22 ^a	42,42 ^a	
<i>HSD_{0,05}</i>	5,6	3,08	0,2	0,21	0,01	0,07	1,02	
2022	Cruiser	75,3 ^{cd}	50,6 ^d	2,7 ^{bc}	2,58 ^{ab}	0,567 ^a	1,33 ^d	45,09 ^a
	Envisseed	69,1 ^{bcd}	39,4 ^{bc}	2,6 ^{bc}	3,11 ^b	0,571 ^a	1,04 ^c	45,44 ^a
	TS Osivo	77,4 ^d	47,6 ^{cd}	2,4 ^{abc}	3,06 ^{ab}	0,575 ^a	1,27 ^d	45,49 ^a
	Sunagreen	63,2 ^{bcd}	35,3 ^b	2,2 ^{ab}	2,79 ^{ab}	0,567 ^a	0,86 ^{ab}	44,50 ^a
	Gliorex	59,0 ^{abc}	32,8 ^{ab}	2,6 ^{bc}	2,42 ^a	0,577 ^a	0,91 ^{bc}	45,13 ^a
	Polyversum	57,6 ^{ab}	25,3 ^a	2,7 ^{bc}	2,48 ^{ab}	0,558 ^a	0,69 ^a	42,99 ^a
	E-ventus	64,7 ^{bcd}	33,9 ^{ab}	1,9 ^a	3,05 ^{ab}	0,593 ^a	0,91 ^{bc}	43,22 ^a
	Kontrola	46,2 ^a	25,7 ^a	2,9 ^c	2,92 ^{ab}	0,567 ^a	0,84 ^{ab}	44,28 ^a
	<i>HSD_{0,05}</i>	16,8	8,8	0,6	0,65	0,044	0,17	2,88
	Aplaus	59,1 ^a	34,3 ^a	2,6 ^b	2,92 ^b	0,586 ^b	0,95 ^a	45,25 ^b
Major	69,0 ^b	38,4 ^b	2,4 ^a	2,69 ^a	0,558 ^a	1,01 ^b	43,78 ^a	
<i>HSD_{0,05}</i>	5,3	2,8	0,2	0,2	0,014	0,05	0,91	

6.1.5 Kombinované ošetření osiva máku

V rámci trhu s osivem máku setého jsou nabízeny ze strany producentů a množitelů osiv i různé kombinace ošetření osiva, které by měly zajistit semenům co nejlepší podmínky při klíčení a vzcházení. Tyto kombinace zahrnují souběžné ošetření osiva různými stimulačními přípravky, fyzikálním ošetřením systémem E-ventus a zpravidla i Cruiserem OSR (kombinace s přípravkem Cruiser nebyly do práce zahrnuty; vzhledem k zákazu neonikotinoidů již nejsou pro praxi aktuální). Takovéto vícenásobné ošetření osiva u máku na rozdíl od jiných plodin dává smysl; vzhledem k velmi nízkému výsevku nepředstavuje významnější finanční zátěž. Právě kombinace ošetření osiva, které zahrnují ošetření metodou E-ventus by mohly být do budoucna zajímavé. Sharma et al. (2015) uvádějí, že fyzikální ošetření, jak samostatně, tak v kombinaci s dalšími ekologicky šetrnými metodami ošetření osiva jsou zajímavé pro jejich environmentální bezpečnost a jsou jednou z pravděpodobných cest, kterými se bude problematika ošetření osiva zabývat. V rámci naší práce byly pro doplnění celkového pohledu na problematiku ošetření osiva máku prověřeny kombinace ošetření osiva, které dodala společnost Český mák, s.r.o. Veškeré níže uvedené kombinace ošetření byly hodnoceny pouze u odrůdy Aplaus. Proto i samostatná ošetření v rámci této kapitoly jsou uvedena pouze u této odrůdy.

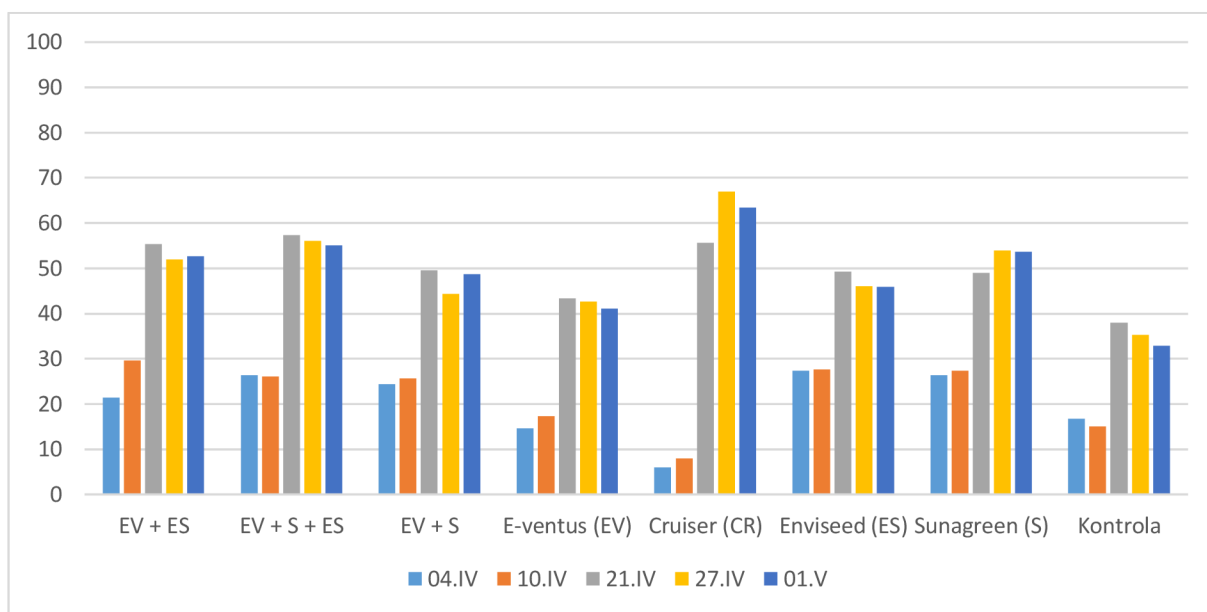
Graf 16 znázorňuje dynamiku polní vzcháživosti u kombinací přípravků pro ošetření osiva a stejných přípravků aplikovaných samostatně v průměru za všechny tři sledované ročníky (2020 – 2022). Z výsledků je patrné, že varianty s kombinacemi, ve kterých byla využita metoda E-ventus spolu s některým ze stimulačních přípravků, vzcházely při prvních dvou termínech odpočtu vzešlých rostlin rychleji oproti variantě se samostatnou aplikací přípravku Cruiser OSR, která vzcházela v průměru nejpomaleji. Protože rostliny u variant, kde byla metoda E-ventus využita samostatně, vzcházely oproti samostatným aplikacím stimulačních přípravků pomaleji, lze nárůst rychlosti polní vzcháživosti u kombinovaných ošetření osiva přisoudit spíše působení stimulačních přípravků Sunagreen a Envisseed. V průměru vzcházela nejrychleji varianta se samotným ošetřením stimulačním přípravkem Envisseed. Již při druhém odpočtu rostlin ale byla „nejproduktivnější“ varianta s kombinovaným ošetřením E-ventus + Envisseed. Tato varianta v rychlosti vzcházení překonala i nejkompexnější variantu s osivem ošetřeným metodou E-ventus společně se stimulačními přípravky Envisseed a Sunagreen. Pozitivním zjištěním je, že kombinované aplikace na konci vzcházení vykazovaly vyšší hustotu porostu oproti samostatným aplikacím jednotlivých metod či přípravků použitých k ošetření osiva.

Graf 16: Dynamika polní vzcházivosti v závislosti na ošetření osiva (2020-2022), odrůda Aplaus; počet rostlin na m²

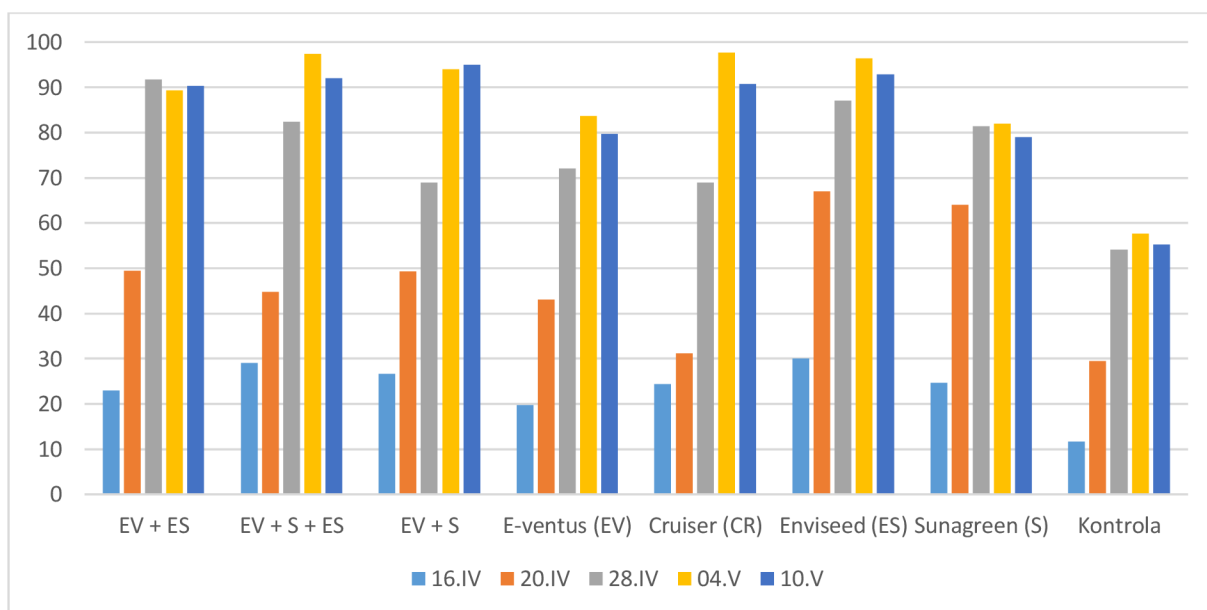


V grafech 17-19 je pak znázorněn průběh vzcházení u sledovaných variant ve sledovaných letech. Přestože v roce 2020 varianta ošetřená přípravkem Cruiser OSR vzcházela nejpomaleji, byl u této varianty zjištěn nejvyšší počet rostlin na m² v době plné vzešlosti. Dynamika vzcházení u variant s kombinovaným ošetřením byla zpravidla na úrovni variant se samostatnými aplikacemi stimulačních přípravků. V roce 2021 byla zajištěna nejnižší dynamika vzcházení u neošetřené kontrolní varianty. Varianta ošetřená přípravkem Cruiser OSR vzcházela (v prvních dvou termínech odpočtu) pomaleji oproti variantám se stimulačními přípravky a kombinacemi ošetření, v době plného vzejití se ale opět jednalo o jednu z variant s nejvyšší hustotou porostu. V roce 2022 byla nejvyšší hustota porostů v průběhu vzcházení zaznamenána u variant s kombinovaným ošetřením osiva (E-ventus + Enviseed, E-ventus + Enviseed + Sunagreen). Varianta s osivem ošetřeným fyzikální metodou E-ventus se v tento rok pohybovala, z hlediska hustoty porostu v době vzcházení, pod úrovní neošetřené kontroly.

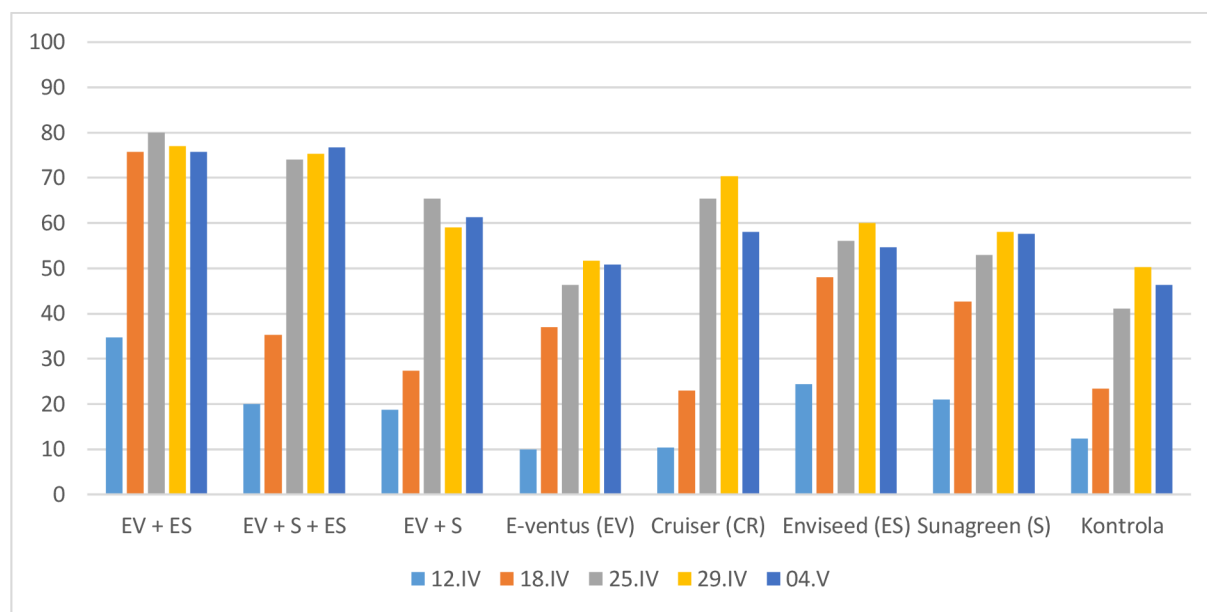
Graf 17: Dynamika polní vzházivosti v závislosti na ošetření osiva (2020), odrůda Aplaus; počet rostlin na m²



Graf 18: Dynamika polní vzházivosti v závislosti na ošetření osiva (2021), odrůda Aplaus; počet rostlin na m²



Graf 19: Dynamika polní vzcházivosti v závislosti na ošetření osiva (2022), odrůda Aplaus; počet rostlin na m²



Výsledky hodnocení vlivu ošetření osiva na počet rostlin na počátku a konci vegetace, struktury výnosotvorných prvků a výnosu semen (průměr 2020 – 2022) jsou uvedeny v tabulce 13. Z výsledků je patrné, že nejvyšší počet rostlin na m² na počátku vegetace (v době maximálního počtu vzešlých rostlin) byl zaznamenán u varianty s kombinovaným ošetřením E-ventus + Sunagreen + Envisseed; tato varianta dosáhla v průměru 80,6 rostlin na m² a statisticky průkazně se lišila od varianty samostatně ošetřené stimulačním přípravkem Sunagreen (65,2 rostlin na m²), varianty s fyzikálním ošetřením E-ventus (61,9 rostlin na m²) a především od neošetřené kontroly (46,4 rostlin na m²).

Na konci vegetace byla nejvyšší, shodná hustota porostu zjištěna u varianty ošetřené přípravkem Cruiser a u varianty s kombinovaným ošetřením osiva (E-ventus + Envisseed) (53,6 rostlin na m²). Tyto varianty se statisticky průkazně lišily od ostatních variant, s výjimkou další varianty s kombinovaným ošetřením osiva (E-ventus + Sunagreen + Envisseed; 53,2 rostlin/m²) a s variantou se samostatným ošetřením přípravkem Envisseed (44,8 rostlin/m²). Nejnižší počet rostlin na m² na konci vegetace byl opět zaznamenán u varianty ošetřené přípravkem Sunagreen (37,2 rostlin na m²), varianty ošetřené systémem E-ventus (36,1 rostlin na m²) a především u neošetřené kontroly (v průměru 29,5 rostlin na m²).

U výnosotvorných prvků průměrný počet makovic na rostlinu, hmotnost semen v makovici a hmotnost tisíce semen nebyly v závislosti na ošetření osiva zjištěny statisticky průkazné rozdíly.

Výnos semen se pohyboval v rozmezí od 0,85 t/ha (neošetřená kontrola) po 1,34 t/ha (Cruiser); tato varianta se statisticky průkazně neodlišovala od dalších dvou variant, které dosáhly spolu s ní nejvyššího počtu rostlin na m² na konci vegetace (varianta EV + S + ES; 1,31 t/ha a varianta EV + ES; 1,27 t/ha). Jak již bylo uvedeno, nejnižší průměrný výnos (0,85 t/ha) byl zaznamenán u neošetřené kontroly; ta se statisticky průkazně nelišila od varianty ošetřené přípravkem Sunagreen a systémem E-ventus.

Tabulka 13: Vybírané produkční ukazatele máku v závislosti na způsobu ošetření osiva a jejich kombinaci a ročníku (Tukey HSD test, $P < 0,05$)

Varianta	Počet rostlin/m ²		Počet makovic/rostlinu	Hmotnost semen v makovici (g)	HTS (g)	Výnos (t/ha)
	plné vzejítí*	konec vegetace				
EV + ES	78,3 ^d	53,6 ^c	2,2 ^a	2,88 ^a	0,585 ^b	1,27 ^c
EV + S + ES	80,6 ^d	53,2 ^c	2,7 ^a	2,67 ^a	0,582 ^{ab}	1,31 ^c
EV + S	75,0 ^{cd}	42,4 ^b	2,8 ^a	2,52 ^a	0,547 ^a	1,04 ^b
E-ventus (EV)	61,9 ^b	36,1 ^{ab}	2,1 ^a	2,65 ^a	0,551 ^{ab}	0,95 ^{ab}
Cruiser	78,7 ^d	53,6 ^c	2,1 ^a	2,98 ^a	0,585 ^{ab}	1,34 ^c
Enviseed (ES)	72,7 ^{bcd}	44,8 ^{bc}	2,3 ^a	2,65 ^a	0,567 ^{ab}	1,09 ^b
Sunagreen (S)	65,2 ^{bc}	37,2 ^{ab}	2,2 ^a	2,74 ^a	0,557 ^{ab}	0,95 ^{ab}
Kontrola	46,4 ^a	29,5 ^a	2,7 ^a	2,58 ^a	0,562 ^{ab}	0,85 ^a
<i>HSD_{0,05}</i>	<i>11,0</i>	<i>9,45</i>	<i>0,9</i>	<i>0,47</i>	<i>0,038</i>	<i>0,17</i>
2020	54,6 ^a	35,7 ^a	2,3 ^a	2,35 ^a	0,522 ^a	0,91 ^a
2021	88,7 ^c	57,3 ^b	2,0 ^a	2,67 ^b	0,579 ^b	1,43 ^b
2022	66,3 ^b	38,5 ^a	2,9 ^b	3,10 ^c	0,599 ^c	0,96 ^a
<i>HSD_{0,05}</i>	<i>5,2</i>	<i>4,4</i>	<i>0,4</i>	<i>0,21</i>	<i>0,018</i>	<i>0,08</i>

*Hodnoty počtu rostlin na m² v době plné vzešlosti porostu v této tabulce vyjadřují maximální hodnoty, dosažené jednotlivými variantami. Tyto hodnoty se nemusí zcela shodovat s nejvyššími hodnotami počtu vzešlých rostlin na m², vyznačenými v grafu 16, neboť tento graf znázorňuje dynamiku polní vzháživosti, a ne všechna opakování v rámci každé varianty dosáhla maximální hodnoty polní vzháživosti ve stejném termínu odpočtu rostlin.

Získané výsledky naznačují, že zejména kombinované ošetření osiva máku by mohlo být alternativou k chemickému moření, neboť kombinace fyzikálního ošetření osiva (dezinfekce osiva) a sledovaných stimulačních přípravků dosáhla celkově lepších hodnot sledovaných parametrů, než tomu bylo v případě samostatného použití jednotlivých způsobů ošetření osiva.

6.2 Hodnocení ošetření porostů máku setého proti chorobám v průběhu vegetace

6.2.1 Vliv fungicidního ošetření v průběhu vegetace na napadení porostu máku chorobami, výnosotvorné parametry a výnos

Jak již bylo uvedeno, velmi důležitou součástí pěstitelské technologie máku je ochrana proti chorobám během vegetace; nejvýznamnějšími jsou plíseň maková (*Peronospora arborescens*) (Landa et al. 2005) a pleosporová hnědá skvrnitost (*Pleospora papaveracea*) (Spitzer et al. 2014). Vzhledem k tomu, že mák je v rámci světových trhů velmi minoritní plodinou, není dostatečný tlak na vývoj a registraci nových účinných látek na ochranu rostlin do porostů máku. To spolu se strategií EU, která omezuje používání konvenčních pesticidů, vede k nutnosti hledání alternativ pro ošetření porostů máku setého během vegetace.

V rámci tohoto pokusu s různými způsoby ochrany rostlin proti chorobám v průběhu vegetace bylo u všech variant využito osivo, které bylo před setím ošetřeno přípravkem Cruiser OSR. K tomuto opatření bylo přistoupeno z důvodu zvýšení jistoty vzejití porostů.

Tabulka 14: Míra ovlivnění jednotlivých ukazatelů sledovanými faktory a jejich interakcemi (ANOVA, hodnoty testovacího kritéria F, kompletní dvoufaktorový model s interakcemi)

Faktor	Úroveň napadení v BBCH 31-39	Úroveň napadení v BBCH 71-79	Počet rostlin/m ²	Počet makovic/rostlinu
Ročník (R)	13,81***	59,74***	24,67***	326,56***
Ošetření proti chorobám (O)	7,96***	9,81***	2,26***	3,37**
R × O	4,83***	5,97***	3,33***	3,41***
	Hmotnost semen v makovici	HTS	Výnos	Obsah oleje
Ročník (R)	115,31***	152,39***	68,66***	211,36***
Ošetření proti chorobám (O)	9,84***	10,13***	11,55***	2,71**
R × O	2,55**	3,59*	1,55*	2,13*

P <0,05*; P <0,01**; P <0,01***

Z hodnot testovacího kritéria F (tab. 14) je zřejmé, že všechny sledované parametry byly ovlivněny převažujícím způsobem ročníkem, s jehož průběhem (především povětrnostní podmínky) souvisí výskyt chorob, škůdců a mnoho dalších ovlivňujících faktorů. Nižší, byť statisticky průkazná, míra vlivu byla zaznamenána také v případě způsobu ošetření proti chorobám a statisticky průkazně se projevila rovněž interakce R × O.

Ošetření proti chorobám v časnější fázi vegetace bylo provedeno v BBCH 14-21, tedy ve fázi pravých listů až listové růžice. Úroveň napadení pak byla hodnocena v období první až druhé dekády června, v BBCH 31-39 (fáze stonkování). V tomto období šlo především o výskyt plísně makové (Calderón et al. 2014; Spitzer et al. 2014), jejíž projevy, jak uvádějí Vašák et al. (2010), můžeme pozorovat především ve fázi přízemní růžice a stonkování (BBCH 19-39). Pro vyjádření úrovně napadení byl využit bodový systém, který nabývá hodnot od 0 do 100 DI (Disease Index) - čím nižší hodnota, tím nižší úroveň napadení. Nejnižší míra napadení porostu (v rozmezí DI 14,4 – 24,1) byla v průměru tří let (tab. 15) zjištěna u variant, které zahrnovaly ošetření přípravkem Dithane, přičemž úroveň napadení u kontrolní varianty dosahovala DI

38,5. Dithane je fungicid, který byl v ochraně máku proti chorobám používán řadu let a jeho účinná látka mancozeb se, zejména v časnějších termínech ošetření velmi osvědčila (Alam et al. 2011; Patel et al. 2020). K podobným výsledkům dospěli také Rathore et Sundria (2011), kteří sledovali vliv různých účinných látek a jejich působení mj. na výskyt plísně (*Peronospora alta*) u jitrocele vejčitého (*Plantago ovata* L.). Zjistili, že zatímco v případě neošetřené kontrolní varianty se úroveň napadení pohybovala na úrovni 27 %, u variant, které byly ošetřeny účinnou látkou mancozeb bylo napadení pouze na úrovni 3 %. V době, kdy probíhaly naše pokusy, však došlo k zákazu používání tohoto přípravku (Saha et al. 2022). V našich pokusech jsme ho však ponechali, abychom se mohli pokusit najít alternativu, která by dokázala Dithane nahradit. Také proto byl do našich experimentů zařazen přípravek Tilmor (tebuconazole, prothionazole), který je do porostů máku registrován proti hlízence obecné (*Sclerotinia sclerotinium*). Tento přípravek je možno aplikovat v širokém aplikačním intervalu (BBCH 19-69, tedy od plně vyvinuté listové růžice do konce kvetení); proto byl zařazen do našeho pokusu jako alternativa přípravku Dithane pro časnější termín ošetření, neboť jeho efekt v tomto období nebyl dostatečně prověřen. Zjištěný efekt přípravku Tilmor byl oproti variantě ošetřené přípravkem Dithane nižší. To je v souladu s výsledky autorů Araújo et al. (2020), kteří sledovali vliv fungicidního ošetření proti vřetenatce cibulové (*Peronospora destructor*) u cibule (*Allium cepa* L.) a zjistili vyšší účinnost u variant ošetřených přípravky na bázi mancozebu oproti přípravkům na bázi azolů. U varianty ošetřené přípravkem Tilmor se úroveň napadení pohybovala v rozmezí DI 20,0 – 23,7, a došlo i tak i v tomto případě k určitému snížení úrovně napadení oproti neošetřené kontrolní variantě (DI – 38,5), přičemž rozdíl byl statisticky průkazný.

Z použitých biologických přípravků se, při časnější aplikaci v BBCH 14-21, více osvědčil přípravek Polyversum (DI 21,1 - 27,0). Vliv toho přípravku na potlačení chorob máku zmiňují například Kuchtová et al. (2008). Pozitivní vliv přípravku Polyversum zmiňují také Yacoub et al. (2016), kteří zaznamenali až o 50 % nižší chřadnutí a odumírání rostlin révy, které způsobuje patogen *Phaemoniella chlamydospora*. V případě dalšího biologického přípravku FIX-H+N (DI 30,1 – 31,1) rovněž došlo k určitému, byť statisticky neprůkaznému, poklesu úrovně napadení oproti neošetřené kontrole. Přípravek FIX-H+N obsahuje bakterie *Pseudomonas* spp. Jejich účinnost popisují například Barnawal et al. (2017), kteří u ošetřených variant zjistili až o 20 % nižší napadení plísní makovou.

Ošetření proti chorobám v pozdnějším období vegetace bylo provedeno ve fázi plné butonizace až ve fázi počátku kvetení (BBCH 59-61). Hodnocení pomocí indexu napadení DI bylo provedeno v BBCH 71-79 (fáze tvorby tobolek). Jednalo se především o výskyt pleosporové hnědé skvrnitosti, která se, jak uvádějí Farr et al. (2000) a Vašák et al. (2010) nejčastěji vyskytuje v době plného kvetení a po odkvětu rostlin (od BBCH 65). V případě hodnocení úrovně napadení u kombinovaných aplikací nelze vyloučit, že se do pozdnějšího ošetření nepromítaly i případné efekty ošetření časnějšího. Jedná se především o přípravek Tilmor, který obsahuje účinné látky na bázi DMI (Demethylation inhibitors), které pronikají do rostlinných pletiv, a tedy působí systémově (Mueller et al. 2013). Tyto látky mají jednak přímý fungicidní efekt, ale také mohou ovlivňovat enzymatickou aktivitu a různé další mechanismy v rostlinách, které jsou pak zodpovědné za růst rostlin, antioxidační aktivitu nebo obsah chlorofylu (Gopi et al. 2007). Pokud jde o samostatné fungicidní aplikace v pozdnější fázi vegetace, nejnižší míra napadení byla v průměru zjištěna u variant, které byly ošetřeny

konvenčními fungicidními přípravky (Amistar Xtra – azoxystrobin, tebukonazol; Pictor Active – boscalid,). O něco vyšší míra napadení byla zjištěna u varianty ošetřené přípravkem Propulse (fluopyram, prothiokonazol) (DI 42,9), nicméně v kombinaci s přípravkem Tilmor, který byl aplikován v časnější fázi vegetace, bylo napadení nejnižší (DI 32,9). U neošetřené kontrolní varianty byla v pozdějším období vegetace zaznamenána nejvyšší míra napadení (DI 55,5). Vícenásobné aplikace fungicidů zkoumal u máku setého také Záruba (2016), který zjistil, že při kombinovaném ošetření (v jeho případě Dithane + Amistar Xtra) se efekt více projevil při hodnocení chorob v pozdější fázi vegetace.

Z biologických přípravků byla v průměru tří let zaznamenána v pozdější fázi vegetace nejnižší úroveň napadení chorobami u varianty s dvojnásobným ošetřením pomocí přípravku Polyversum (DI 42,6). Lepší efekt přípravku Polyversum při více aplikacích zmiňují také Vašák et al. (2010). Záruba (2016) rovněž zaznamenal při dvojnásobné aplikaci přípravku Polyversum statisticky průkazné snížení úrovně napadení houbovými chorobami v pozdější fázi vegetace. Naopak Kuchtová et al. (2010) ani v případě dvojnásobné aplikace přípravku Polyversum nezaznamenali sníženou úroveň napadení houbovými chorobami v pozdní části vegetace. V případě přípravku FIX-H+N se úroveň napadení pleosporovou skvrnitostí pohybovala v rozmezí DI 48,1-51,9. Rabindran et Vidhyasekaran (1996), kteří foliárně aplikovali přípravek na bázi bakterii rodu *Pseudomonas* na porosty rýže (*Oryza sativa* L.), zjistili o 20 % nižší napadení v případě skleníkového pokusu s řízenými podmínkami. V polních podmínkách byla účinnost tohoto přípravku aplikovaného na list v jednotlivých letech rozdílná a oproti kontrole vykazovala tato varianta o 1-20 % nižší intenzitu napadení.

Nejvyšší průměrný počet rostlin na m² v době sklizně byl zjištěn u varianty s kombinovaným chemickým ošetřením Tilmor + Pictor Active (63,2 rostlin/m²). Nejnižší průměrný počet rostlin pak byl zjištěn u kontrolní neošetřené varianty (49,6 rostlin/m²). Oproti pokusu s různými variantami ošetření osiva jsou rozdíly ve výsledné hustotě porostu mezi jednotlivými variantami nižší, což je nejspíše způsobeno tím, že v tomto pokusu bylo osivo všech variant jednotně ošetřeno přípravkem Cruiser OSR. Byla zjištěna statisticky průkazná, negativní korelace mezi počtem rostlin a úrovní napadení chorobami v pozdější části vegetace (-0,3855**). V případě počtu makovic na rostlinu nebyly mezi jednotlivými variantami výrazné rozdíly, přesto je patrný trend, že nižší hustota porostu vede k vyššímu počtu makovic; jedná se o přirozený autoregulační (kompenzační) efekt (Nerson 1980).

Z našich výsledků (tab. 15) jsou dále patrné poměrně značné rozdíly mezi jednotlivými variantami v případě průměrné hmotnosti semen v makovici a hmotnosti tisíce semen. Nejnižší hmotnost semen v makovici byla zjištěna u varianty ošetřené přípravkem Polyversum (pouze jedna aplikace v časném termínu) – 2,89 g/makovici. Nejvyšší hmotnost semen v makovici pak byla zaznamenána u varianty ošetřené přípravkem Pictor Active (3,82 g/makovici). Z výsledků je dále zřejmý (tab. 16) statisticky průkazný, záporný vztah mezi úrovní napadení chorobami v pozdější fázi vegetace (BBCH 71-79 – fáze tvorby tobolek) a hmotností semen v makovici; čím vyšší míra napadení rostlin, tím nižší hmotnost semen v makovici. Vliv výskytu chorob na hmotnost semen zmiňují také Bandara et al. (2017), kteří sledovali změny ve struktuře výnosotvorných prvků u čiroku (*Sorghum bicolor* L.) s různou úrovní napadení houbovými chorobami. Uvádějí, že v případě napadení rostlin v pozdní fázi vegetace došlo ke snížení hmotnosti semen na jedné latě v průměrně o 37 %. Stejní autoři také zaznamenali redukci hmotnosti tisíce semen (v jejich případě 100 semen) při napadení chorobami v pozdější části

vegetace. V našem pokusu byla zaznamenána statisticky průkazná negativní korelace mezi HTS a úrovní napadení chorobami v pozdějším období vegetace (-0,4936**). Průměrná hodnota HTS se pohybovala, v závislosti na ošetření rostlin, v rozmezí od 0,545 g (Polyversum – časná aplikace) po 0,618 g (Dithane + Amistar Xtra).

Průměrný obsah oleje v sušině semen se pohyboval v rozmezí od 42,67 % (samostatná aplikace přípravku Dithane) do 44,65 % (Propulse). U kontrolní varianty byl průměrný obsah oleje v sušině semen na úrovni 42,76 %. Mezi varianty s nejvyšší průměrnou olejnatostí patřily také prakticky všechny varianty s kombinovaným chemickým ošetřením. V souladu s našimi výsledky zjistili Meru et al. (2018) pozitivní efekt, vzhledem k obsahu oleje v semenech řepky olejné (*Brassica napus* L.), u kombinovaných fungicidních aplikací (přípravky na bázi azolů, strobilurinů, karboxamidů). K podobným výsledkům dospěl také (Prasad 2006) u hořčice sareptské (*Brassica juncea* L.). Podobně pozitivní vliv, jako v našem případě, na obsah oleje měly varianty ošetřené přípravky na bázi triazolů a strobilurinů a jejich kombinace s přípravkem na bázi mancozebu. Na rozdíl od našich výsledků se v jejich případě i při samostatné aplikaci přípravku na bázi mancozebu zvýšil průměrný obsah oleje v semenech. Z „biologických variant“ dosáhly v obou případech nejvyššího obsahu oleje varianty s dvojitou aplikací. V případě ošetření přípravkem FIX-H+N byl průměrný obsah oleje v sušině 43,84 %. U varianty s dvojitým ošetřením přípravkem Polyversum dosahoval obsah oleje 44,05 %. U obou variant s dvojitou aplikací biologických přípravků se, oproti neošetřené kontrole, obsah oleje statisticky průkazně navýšil. V našich pokusech jsme zaznamenali statisticky průkaznou korelaci (0,7183**) mezi obsahem oleje a hmotností tisíce semen. Statisticky průkazný vztah mezi hmotností tisíce semen a obsahem oleje je známý u mnoha plodin; Özer et al. (1999) zjistili statisticky průkaznou korelaci těchto parametrů u řepky olejné (0,502**), Meru et al. (2018) v případě tykve olejné (*Cucurbita pepo* L.) (0,70*). Také byla, v rámci našich experimentů, zjištěna průkazná negativní korelace mezi úrovní napadení chorobami v pozdější části vegetace a obsahem oleje (-0,4571**); vyšší průměrnou olejnatostí se tedy vyznačovaly varianty s ošetřením v pozdější fázi vegetace.

Nejnižší průměrný výnos byl zjištěn u neošetřené kontrolní varianty (1,30 t/ha). Pozitivním zjištěním je, že všechny sledované varianty, z hlediska průměrného výnosu, neošetřenou kontrolní variantu předčily, byť rozdíl nebyl vždy statisticky průkazný. Z variant, u kterých byl přípravek aplikován pouze v časnějším termínu, byl nejvyšší výnos zjištěn u varianty ošetřené přípravkem Dithane (1,54 t/ha). Průměrné navýšení výnosu činilo, oproti neošetřené kontrolní variantě, 19 %. Kabdwal et al. (2019) zjistili, v případě jejich pokusů s ošetřením rajčat pomocí účinné látky mancozeb, nárůst výnosu o 38 % oproti neošetřené kontrole a Araújo et al. (2020) zaznamenali až 45% nárůst výnosu oproti kontrole v rámci jejich pokusů, kdy ošetřovali porosty cibule proti vřetenatce cibulové (*Peronospora destructor*). Z biologických variant, použitých v našem pokusu, dosáhla nejlepšího výsledku varianta s kombinovanou časnou a pozdní aplikací přípravku FIX-H+N (1,59 t/ha). Rabindran et Vidhyasekaran (1996) sledovali vliv aplikace bakterií rodu *Pseudomonas* (které přípravek FIX-H+N obsahuje) při regulaci houbových chorob u rýže a zjistily 55% nárůst výnosu oproti neošetřené kontrolní variantě v případě foliární aplikace. V našich pokusech došlo k navýšení výnosu v případě dvojitou aplikací přípravku FIX-H+N o 25 % oproti neošetřené kontrolní variantě. Nepatrně nižší výnos byl v průměru zaznamenán u varianty s dvojitým ošetřením přípravkem Polyversum (1,54 t/ha). Rozdíly oproti kontrole nebyly statisticky průkazné. Přesto

je průměrné navýšení výnosu při použití biologických přípravků znatelné. V případě dvojí aplikace přípravku Polyversum se průměrné navýšení výnosu pohybovalo na úrovni 21 %. Obě tyto varianty s dvojitým ošetřením během vegetace z hlediska průměrného výnosu dokonce předčily varianty s chemickým ošetřením v časnější části vegetace (Dithane, Tilmor). Současně výsledky naznačují, že v případě použití biologických přípravků jedno ošetření během vegetace (časnější či pozdnější) nebude dostačující. Pro dosažení výraznějšího efektu je třeba počítat s vícenásobným ošetřením (této problematice bude věnována pozornost v následující části práce). Velmi dobrých výsledků dosáhly varianty, u kterých bylo použito chemické fungicidní ošetření v pozdnější části vegetace (Amistar Xtra – 1,81 t/ha; Pictor Active – 1,87 t/ha; Propulse – 1,74 t/ha). Nejlépe ovšem z hlediska výnosu vycházejí kombinované aplikace konvenčních fungicidů, kde byly porosty ošetřeny jak v časnější, tak i v pozdnější části vegetace. Celkově nejvyšší výnos byl zjištěn u varianty Dithane + Propulse (1,94 t/ha). Účinnost fungicidů na bázi azolů (Propulse, Tilmor, Amistar Xtra) potvrzují také Spitzer et Bílovský (2017), kteří zjistili až 41% navýšení výnosu oproti kontrole.

Tabulka 15: Vybrané produkční a kvalitativní ukazatele máku v závislosti na ošetření proti chorobám a ročníku (Tukey HSD test, $P < 0,05$)

Varianta	Hodnocení úrovně napadení (BBCH 31-39) (DI)	Hodnocení úrovně napadení (BBCH 71-79) (DI)	Počet rostlin/m ²	Počet makovic/rostlinu	Hmotnost semen v makovici (g)	HTS (g)	Výnos (t/ha)	Obsah oleje (%)
Dithane	14,4 ^a	44,1 ^{abcdef}	55,5 ^{abc}	2,5 ^{ab}	3,16 ^{abc}	0,562 ^{abcd}	1,54 ^{abcd}	42,67 ^a
Tilmor	23,7 ^{ab}	47,4 ^{cdefg}	52,4 ^{ab}	2,4 ^{ab}	3,35 ^{abcde}	0,572 ^{abcdef}	1,50 ^{abc}	43,61 ^{bcd}
Amistar Xtra	x	34,4 ^a	56,2 ^{abc}	2,4 ^{ab}	3,61 ^{cde}	0,590 ^{cdefg}	1,81 ^{cdefg}	44,34 ^{efg}
Pictor Active	x	34,8 ^{ab}	53,7 ^{abc}	2,6 ^{ab}	3,82 ^e	0,577 ^{abcdef}	1,87 ^{efg}	43,24 ^{abc}
Propulse	x	42,9 ^{abcdef}	54,2 ^{abc}	2,4 ^{ab}	3,36 ^{abcde}	0,582 ^{bcd}	1,74 ^{bcd}	44,65 ^g
Dithane + Amistar Xtra	17,8 ^{ab}	36,3 ^{abc}	56,4 ^{abc}	2,4 ^{ab}	3,65 ^{cde}	0,618 ^g	1,86 ^{defg}	44,63 ^f
Dithane + Pictor Active	15,2 ^a	37,0 ^{abcd}	58,6 ^{bc}	2,3 ^a	3,72 ^{de}	0,596 ^{efg}	1,86 ^{defg}	44,02 ^{cdefg}
Dithane + Propulse	24,1 ^{ab}	44,1 ^{abcdef}	57,0 ^c	2,4 ^{ab}	3,67 ^{de}	0,593 ^{defg}	1,94 ^g	43,91 ^{cdefg}
Tilmor + Amistar Xtra	20,0 ^{ab}	40,6 ^{abcde}	55,8 ^{abc}	2,3 ^{ab}	3,76 ^{abcd}	0,592 ^{defg}	1,92 ^{fg}	44,49 ^{fg}
Tilmor + Pictor Active	21,1 ^{ab}	45,9 ^{bcd}	63,2 ^c	2,3 ^a	3,52 ^{bcd}	0,592 ^{defg}	1,78 ^{cdefg}	44,17 ^{efg}
Tilmor + Propulse	23,3 ^{ab}	32,9 ^a	62,0 ^c	2,6 ^{ab}	3,66 ^{de}	0,604 ^{fg}	1,86 ^{defg}	43,82 ^{bcd}
FIX-H+N – časná aplikace	31,1 ^{bc}	50,0 ^{efg}	52,0 ^{ab}	2,6 ^{ab}	2,88 ^a	0,557 ^{abc}	1,38 ^a	43,32 ^{abcd}
FIX-H+N – pozdní aplikace	x	51,9 ^{efg}	53,6 ^{abc}	2,7 ^{ab}	3,32 ^{abcd}	0,569 ^{abcde}	1,39 ^a	43,36 ^{abcd}
FIX-H+N – dvojí aplikace	30,1 ^{bc}	48,1 ^{defg}	52,4 ^{ab}	3,0 ^b	3,26 ^{abcd}	0,545 ^a	1,59 ^{abcde}	43,84 ^{bcd}
Polyversum – časná aplikace	21,1 ^{ab}	53,3 ^{fg}	58,0 ^{abc}	2,7 ^{ab}	2,89 ^a	0,550 ^{ab}	1,44 ^{ab}	42,82 ^a
Polyversum – pozdní aplikace	x	50,7 ^{efg}	53,0 ^{abc}	2,5 ^{ab}	3,28 ^{abcd}	0,565 ^{abcde}	1,35 ^a	43,11 ^{ab}
Polyversum – dvojí aplikace	27,0 ^{abc}	42,6 ^{abcdef}	51,3 ^{ab}	2,8 ^{ab}	3,11 ^{ab}	0,592 ^{defg}	1,54 ^{abcde}	44,05 ^{defg}
Kontrola	38,5 ^c	55,5 ^g	49,6 ^a	2,7 ^{ab}	2,94 ^a	0,547 ^a	1,30 ^a	42,76 ^a
<i>HSD</i> _{0,05}	13,8	11,2	8,6	0,7	0,49	0,03	0,33	0,76
2020	18,3 ^a	51,9 ^b	49,1 ^a	2,84 ^b	2,92 ^a	0,540 ^a	1,44 ^a	41,49 ^a
2021	31,5 ^b	38,6 ^a	69,7 ^b	2,36 ^a	3,49 ^b	0,597 ^b	1,88 ^c	44,86 ^b
2022	21,5 ^a	41,5 ^a	46,9 ^a	2,37 ^a	3,76 ^c	0,594 ^b	1,62 ^b	44,77 ^b
<i>HSD</i> _{0,05}	4,0	3,1	2,3	0,2	0,13	0,009	0,09	0,15

Pozn.: DI = Disease Index; x = v časnějším termínu vegetace nebyl přípravek aplikován

Tabulka 16: Vzájemné korelace mezi sledovanými produkčními a kvalitativními ukazateli máku (Pearsonův korelační koeficient, $P < 0,01$; $P < 0,05$)

	Hodnocení úrovně napadení BBCH 31-39	Hodnocení úrovně napadení BBCH 71-79	Počet rostlin/m ²	Počet makovic/rostlinu	Hmotnost semen v makovici	HTS	Výnos	Obsah oleje
Hodnocení úrovně napadení BBCH 31-39	1	0,0288	0,1628	-0,0338	0,0562	-0,0476	-0,1353	0,1251
Hodnocení úrovně napadení BBCH 71-79	0,0288	1	-0,3855**	0,2345*	-0,4628*	-0,4912**	-0,5478**	-0,4571**
Počet rostlin/m ²	0,1628	-0,3855**	1	-0,2447*	0,1289	0,3102**	0,4935**	0,3547**
Počet makovic/rostlinu	-0,0338	0,2345*	-0,2447*	1	-0,4233**	-0,3248**	-0,2744*	-0,3962**
Hmotnost semen v makovici	0,0562	-0,4628**	0,1289	-0,4233**	1	0,5538**	0,5486**	0,6340**
HTS	-0,0476	-0,4936**	0,3102**	-0,3248**	0,5538**	1	0,5289**	0,7183**
Výnos	-0,1353	-0,5476**	0,4935**	-0,2744*	0,5486**	0,5289**	1	0,5155**
Obsah oleje	0,1251	-0,4571**	0,3547**	-0,3962**	0,6340**	0,7183**	0,5155**	1

$P < 0,05$ *; $P < 0,01$ **

Z literatury je zřejmé, že výnos semen máku je silně ovlivněn povětrnostními podmínkami během vegetace (Kara 2017; Satranský et al. 2021). I v našich pokusech lze výrazné rozdíly mezi sledovanými ročníky přičíst právě rozdílnému průběhu povětrnostních podmínek v jednotlivých experimentálních letech. Celkově nejvyšší výnos byl u sledovaných variant (tab. 15) zjištěn v roce 2021. Ten se vyznačoval příznivými vláhovými podmínkami v průběhu vzcházení porostu (srážek sice nebylo příliš, ale přicházely pravidelně), což vedlo k jeho vyššímu zapojení. V tomto roce byla zjištěna, oproti ostatním sledovaným ročníkům, vyšší míra napadení chorobami v časnějším období vegetace, kdy se, jak již bylo uvedeno, vyskytovala především plíseň maková. Rozvoj plísně makové podporují spíše nižší teploty v průběhu května spolu s relativně vysokou četností srážek. Landa et al. (2007), Weltzien (1978) nebo Montes-Borrego et al. (2009) uvádějí, že to jsou právě optimální povětrnostní podmínky pro rozvoj této choroby. Výsledky nicméně naznačují, že v našich pokusech se na konečném výnosu semen více podepsala úroveň napadení porostů chorobami v pozdnější části vegetace, kdy se jednalo především o pleosporovou hnědou skvrnitost máku, přestože autoři jako Montes-Borrego (2009) nebo Scott et al. (2003) hovoří o plisni makové jako o jedné z nejdestruktivnějších chorob makových porostů. Na druhou stranu, jak již bylo zmíněno v literární části této práce, nebezpečnost pleosporové hnědé skvrnitosti máku demonstruje také fakt, že byla testována jako botanický herbicid, který má schopnost účinně hubit rostliny máku vlčího v kulturních porostech (del Serrone et Annesi, 1988). V rámci našich experimentů byl zjištěn záporný, statisticky průkazný vztah mezi úrovní napadení porostů v pozdnější části vegetace a celkovým výnosem. Statisticky průkazný vztah mezi úrovní napadení porostů v časnějším období vegetace (BBCH 31-39) a výnosem semene se v našem pokusu neprojevil (-0,1353) - z toho lze znovu usuzovat, že v našich pokusech se ukázala být celkově závažnější úroveň napadení v pozdnější části vegetace (-0,5478**). Výskyt chorob v pozdnějším období vegetace byl v roce 2021 poměrně nízký. V pravděpodobné souvislosti s nižší mírou napadení, spolu s příznivým průběhem povětrnostních podmínek v době dozrávání byla v roce 2021 zjištěna také nejvyšší hodnota HTS a vysoká hmotnost semen v makovici.

V experimentálním roce 2022 byl zjištěn nejnižší průměrný počet rostlin na jednotku plochy. Jedná se pravděpodobně o důsledek nevhodného uválení porostů po zasetí, jež bylo popsáno v rámci kapitoly 6.1.4. Přestože byl počet rostlin na m² nižší než v roce 2020 (byť statisticky neprůkazně), konečný průměrný výnos byl vyšší. Pravděpodobně proto, že v roce 2022 byla zaznamenána nižší míra napadení rostlin chorobami v pozdnější části vegetace a vyšší hodnota HTS a hmotnosti semen v makovici. Na základě našich výsledků (tab. 16) byla zjištěna statisticky průkazná pozitivní korelace mezi HTS (0,5289**), hmotností semen v makovici (0,5486**) a konečným výnosem. Tyto závěry jsou v souladu s autory Nimet et Baydar (2018), kteří rovněž zjistili silnou pozitivní korelaci mezi hmotností tisíce semen a konečným výnosem (0,701**). Nejvyšší průměrný počet makovic na rostlinu byl zjištěn v roce 2020, tedy v roce, kdy byla nejnižší hustota porostu. Nejvyšší obsah oleje byl zjištěn v roce 2022 (44,86 %). Obsah oleje v roce 2022 se statisticky průkazně nelišil od průměrné olejnatosti v roce 2021 (44,77 %). Oba ročníky se ale vyznačovaly statisticky průkazně vyšším obsahem oleje v semenech oproti vegetačnímu roku 2020, kde byla zjištěna průměrná olejnatost 41,49 %.

Pokud se zaměříme na vliv fungicidní ochrany na úroveň napadení chorobami, výnosotvorné prvky i výsledný výnos v jednotlivých letech, z tabulek 17-19 je patrné, že v roce

2020 a 2021 byl mimo výše zmíněné biologické přípravky (Polyversum, FIX-H+N) zařazen také přípravek Hirundo (*Bacillus amyloliquefaciens*). Bohužel, ve roce 2021 tento přípravek, kvůli problémům během výroby, nebyl dodán. Varianty obsahující přípravek Hirundo proto nebyly zařazeny do souhrnného statistického vyhodnocení. Protože však u variant ošetřených přípravkem Hirundo byly v letech 2020 a 2022 zaznamenány zajímavé výsledky, jsou zahrnuty alespoň v tabulkách 17 a 19.

Vegetační období roku 2020 se vyznačovalo zhoršenými podmínkami v době vzcházení (20. března po zasetí spadlo 8,4 mm srážek, poté až do 18. dubna pouze 0,6 mm). Celkový počet rostlin na konci vegetace se pohyboval v rozmezí od 42,7 (kontrolní varianta) do 60 (Hirundo – dvojí aplikace) rostlin/m². S nízkými úhrny srážek na počátku vegetace pravděpodobně souvisel nižší tlak chorob, především plísně makové. V roce 2020 bylo zaznamenáno relativně silné napadení porostů chorobami v pozdnější části vegetace (časté úhrny srážek od druhé poloviny května a v červnu) a i v případě variant s ošetřením konvenčními fungicidy dosahovala oproti ostatním ročníkům úroveň napadení vyšších hodnot. Z biologických variant obstála nejlépe varianta ošetřená přípravkem Hirundo s dvojí aplikací v průběhu vegetace (aplikace v časnějším i pozdnějším termínu). Wang et al. (2019) uvádí, že mikrobiální společenstva, která jsou vázána na listy rostlin, mohou své hostitele chránit před průnikem fytopatogenních organismů a produkovat hormony, které podporují růst rostlin. Rovněž Ngalimat et al. (2021) uvádí, že *Bacillus amyloliquefaciens*, který je obsažen v přípravku Hirundo, patří do skupiny tzv. „plant growth-promoting bacteria (PGPB), tedy bakterií, které podporují růst rostlin. Mimo celé řady dalších, pro rostliny prospěšných procesů (fixace dusíku, produkce fytohormonů a enzymů) produkují také antimikrobiální sloučeniny (neribozomální peptidy, polyketidy) které mohou inhibovat růst celé řady rostlinných patogenů. Nelze tedy vyloučit, že v případě přípravku Hirundo se pozitivně uplatnil nejen určitý antimikrobiální efekt, ale také efekt celkově podpůrný (podpora růstu rostlin).

Počet makovic na rostlinu byl ve srovnání s ostatními ročníky vyšší a pohyboval se v rozmezí od 2,0 (Hirundo – dvojí aplikace) po 3,4 (Pictor Active). Nejvyšší hmotnost semen v makovici byla zjištěna u varianty ošetřené přípravkem Pictor Active (3,4) a u variant s dvojnásobným chemickým ošetřením. Tyto varianty, ve většině případů, také měly vyšší hodnotu HTS. Rovněž nejvyšší průměrný výnos byl zjištěn především u variant, které byly chemicky ošetřeny, nicméně biologický přípravek Hirundo (ve dvojí aplikaci) se jim velmi blížil a v některých případech je dokonce převyšoval. Pozitivní efekt přípravku na bázi *Bacillus amyloliquefaciens* zaznamenali také Sabaté et Brandán (2022) u fazolu obecného. V rámci jejich experimentů zaznamenali nižší napadení a zároveň až o 35 % vyšší výnos u ošetřených variant. Varianta ošetřená přípravkem Dithane (samostatná aplikace), přestože se vyznačovala velmi nízkou úrovní napadení v časnějším období vegetace, dosáhla velmi nízkého výnosu. U této varianty byla zjištěna relativně vysoká míra napadení v pozdnější části vegetace (především pleosporová hnědá skvrnitost), což bylo pravděpodobně důvodem nižší hmotnosti semen v makovici a nízké HTS. U přípravku Tilmor, který byl také aplikovaný v časnější fázi vegetace, byl zaznamenán výnos mírně vyšší. Pravděpodobně je to způsobeno tím, že přípravek Tilmor, který obsahuje účinné látky na bázi triazolů, působí systémově a může ovlivnit rostliny v delším časovém horizontu (Mueller et al. 2013).

V roce 2021, jak již bylo popsáno, byla zaznamenána nejvyšší vzešlost porostu. V tomto roce se počet rostlin na m² na konci vegetace pohyboval v rozmezí 56,3 (Tilmor + Amistar

Xtra) – 80,5 (Tilmor + Pictor Active) rostlin. Konec dubna a začátek května provázely hojné srážky, které s nízkou květnovou teplotou (průměrné teploty se v květnu pohybovaly na úrovni 12 °C) pravděpodobně stály za, oproti ostatním ročníkům, vyšším mírou napadení chorobami v časnějším období vegetace. Úroveň napadení byla silně variabilní a pohybovala se v rozmezí DI 7,8 (varianta, která zahrnovala ošetření přípravkem Tilmor) – DI 54,4 (kontrolní varianta). Naopak nízké úhrny srážek v druhé polovině května a v prvních dvou dekádách června pravděpodobně souvisely s nižší úrovní rozvoje chorob v pozdějším období vegetace. Schmitt et Lipscomb (1975) uvádějí, že právě vysoká vlhkost je prekurzorem rozvoje pleosporové hnědé skvrnitosti, která se v porostech rozšíří v průběhu června. Nízká úroveň napadení, spolu s vyrovnanými srážkami a průměrnými teplotami v období dozrávání, přispěla k tvorbě semen s vyšší hmotností. V tomto roce se průměrná hmotnost semen v makovici pohybovala v rozmezí od 2,92 (FIX-H+N v časně aplikaci) do 3,92 (Tilmor + Amistar Xtra) g. Průměrná HTS pak nabývala hodnot od 0,547 (dvojitá aplikace přípravku FIX-H+N) do 0,628 (Tilmor + Amistar Xtra) g. Vzhledem k dobrému zapojení porostu a vyšší hmotnosti semen byl také průměrný výnos oproti ostatním ročníkům vyšší. Nejnižší průměrný výnos v roce 2021 byl zjištěn u nešetřené kontrolní varianty (1,51 t/ha), nejvyšší pak u kombinované varianty s chemickým ošetřením (Dithane + Propulse).

Vegetační období roku 2022 se vyznačovalo velmi suchým březnem. Duben byl naopak srážkově nadprůměrný (164 % dlouhodobého průměru). Bohužel byl na pokusech s mákem proveden nevhodný zásah – uválení pozemku po zasetí (podrobněji popsáno v kap. 6.1.4.). V důsledku toho byly porosty, které se musely vyrovnat s půdním škraloupem, relativně řídké. Nejvyšší hustota porostů byla zjištěna u varianty s dvojitou aplikací chemických fungicidů Tilmor + Pictor Active (57 rostlin/m²). V roce 2022 byl také zjištěn nejvyšší obsah oleje v semenech. Celkově nejvyšší průměrný obsah oleje v roce 2022 byl zjištěn u varianty s dvojitou aplikací fungicidů (Tilmor + Amistar Xtra) – 45,71 %. Semena z této varianty obsahovala o 1,72 % více oleje oproti neošetřené kontrolní variantě (43,99 %).

Tabulka 17: Vybrané produkční a kvalitativní ukazatele máku v závislosti na ošetření proti chorobám (Tukey HSD test, $P < 0,05$)(2020)

2020	Hodnocení	Hodnocení	Počet rostlin/m ²	Počet makovic/rostlinu	Hmotnost semen v makovici (g)	HTS (g)	Výnos (t/ha)	Obsah oleje (%)
	úrovně napadení (BBCH 31-39) (DI)	úrovně napadení (BBCH 71-79) (DI)						
Dithane	14,4 ^{ab}	57,7 ^{bcd}	47,7 ^{ab}	3,1 ^b	2,59 ^a	0,514 ^{ab}	1,11 ^a	40,29 ^a
Tilmor	26,7 ^{ab}	47,8 ^{abcd}	45,3 ^{ab}	2,6 ^{ab}	2,88 ^{abc}	0,534 ^{ab}	1,25 ^{abc}	40,66 ^{abc}
Amistar Xtra	x	40,0 ^{ab}	46,7 ^{ab}	3,1 ^{ab}	2,78 ^{abc}	0,551 ^{abc}	1,42 ^{abcd}	42,55 ^{cd}
Pictor Active	x	35,5 ^a	46,7 ^{ab}	3,4 ^b	3,22 ^{abc}	0,538 ^{abc}	1,53 ^{abcd}	41,54 ^{abcd}
Propulse	x	61,1 ^{cdef}	48,7 ^{abc}	2,6 ^{ab}	2,79 ^{abc}	0,520 ^{ab}	1,33 ^{abcd}	42,94 ^d
Dithane + Amistar Xtra	14,4 ^{ab}	52,2 ^{abcd}	52,7 ^{abc}	2,9 ^{ab}	3,17 ^{abc}	0,621 ^c	1,66 ^{cd}	42,44 ^{bcd}
Dithane + Pictor Active	5,55 ^a	43,3 ^{abc}	50,7 ^{abc}	2,9 ^{ab}	3,37 ^c	0,567 ^{abc}	1,79 ^d	41,87 ^{abcd}
Dithane + Propulse	19,9 ^{ab}	65,5 ^{def}	45,7 ^{ab}	2,9 ^{ab}	3,17 ^{abc}	0,586 ^{bc}	1,64 ^{bcd}	42,01 ^{abcd}
Tilmor + Amistar Xtra	13,3 ^{ab}	40,0 ^{ab}	54,7 ^{abc}	2,7 ^{ab}	3,32 ^{bc}	0,509 ^{ab}	1,75 ^{cd}	41,89 ^{abcd}
Tilmor + Pictor Active	11,1 ^{ab}	46,7 ^{abcd}	50,0 ^{abc}	2,9 ^{ab}	2,97 ^{abc}	0,566 ^{abc}	1,73 ^{cd}	41,51 ^{abcd}
Tilmor + Propulse	15,5 ^{ab}	42,2 ^{abc}	55,0 ^{bc}	2,8 ^{ab}	2,88 ^{abc}	0,575 ^{abc}	1,60 ^{abcd}	41,25 ^{abcd}
FIX-H+N - časná	27,8 ^{ab}	64,4 ^{def}	46,7 ^{ab}	2,8 ^{ab}	2,68 ^{abc}	0,513 ^{ab}	1,28 ^{abc}	41,83 ^{abcd}
FIX-H+N - pozdní	x	75,6 ^f	52,0 ^{abc}	3,1 ^b	2,78 ^{abc}	0,492 ^a	1,15 ^{ab}	40,57 ^{ab}
FIX-H+N - dvojí	19,9 ^{ab}	50,0 ^{abcd}	48,0 ^{abc}	2,7 ^{ab}	2,73 ^{abc}	0,524 ^{ab}	1,35 ^{abcd}	41,46 ^{abcd}
Hirundo - časná	21,1 ^{ab}	61,1 ^{cdef}	47,0 ^{ab}	3,1 ^b	2,62 ^{ab}	0,533 ^{ab}	1,28 ^{abc}	40,75 ^{abc}
Hirundo - pozdní	x	46,7 ^{abcd}	51,7 ^{abc}	2,7 ^{ab}	2,55 ^a	0,529 ^{ab}	1,25 ^{abc}	41,16 ^{abcd}
Hirundo - dvojí	12,2 ^{ab}	37,7 ^{ab}	60,0 ^c	2,0 ^a	2,79 ^{abc}	0,562 ^{abc}	1,57 ^{abcd}	41,16 ^{abcd}
Polyversum - časná	15,5 ^{ab}	56,6 ^{bcd}	54,7 ^{abc}	2,8 ^{ab}	2,82 ^{abc}	0,500 ^a	1,36 ^{abcd}	41,12 ^{abcd}
Polyversum - pozdní	x	61,1 ^{cdef}	46,7 ^{ab}	2,5 ^{ab}	2,88 ^{abc}	0,510 ^{ab}	1,29 ^{abc}	40,64 ^{ab}
Polyversum - dvojí	22,2 ^{ab}	38,8 ^{ab}	48,7 ^{abc}	3,1 ^b	2,85 ^{abc}	0,568 ^{abc}	1,43 ^{abcd}	41,94 ^{abcd}
Kontrola	33,3 ^b	55,6 ^{abcde}	42,7 ^a	2,7 ^{ab}	2,62 ^{ab}	0,527 ^{ab}	1,25 ^{abc}	40,40 ^a
HSD _{0,05}	23,5	20,2	12,3	1,1	0,72	0,085	0,5	2,02

Pozn.: DI = Disease Index; x = v časnějším termínu vegetace nebyl přípravek aplikován

Tabulka 18: Vybrané produkční a kvalitativní ukazatele máku v závislosti na ošetření proti chorobám (Tukey HSD test, $P < 0,05$)(2021)

2021	Hodnocení úrovně napadení (BBCH 31-39) (DI)	Hodnocení úrovně napadení (BBCH 71-79) (DI)	Počet rostlin/m ²	Počet makovic/rostlinu	Hmotnost semen v makovici (g)	HTS (g)	Výnos (t/ha)	Obsah oleje (%)
Dithane	12,2 ^{ab}	33,3 ^{ab}	73,8 ^{abc}	1,7 ^a	3,59 ^{ab}	0,590 ^{abcd}	1,95 ^{abc}	43,48 ^a
Tilmor	26,6 ^{bc}	47,8 ^{abc}	63,6 ^{abc}	1,9 ^a	3,64 ^{ab}	0,593 ^{abcd}	1,94 ^{abc}	44,51 ^{abcde}
Amistar Xtra	x	26,7 ^a	68,3 ^{abc}	2,8 ^{ab}	3,85 ^b	0,616 ^{cd}	2,14 ^{bc}	45,43 ^{cdef}
Pictor Active	x	31,1 ^{ab}	68,0 ^{abc}	2,4 ^{ab}	3,85 ^b	0,600 ^{abcd}	2,28 ^c	44,37 ^{abcde}
Propulse	x	32,2 ^{ab}	65,4 ^{abc}	2,0 ^{ab}	3,41 ^{ab}	0,592 ^{abcd}	2,10 ^{abc}	45,58 ^{ef}
Dithane + Amistar Xtra	28,9 ^c	28,7 ^a	73,3 ^{abc}	2,2 ^{ab}	3,64 ^{ab}	0,622 ^d	2,08 ^{abc}	45,90 ^f
Dithane + Pictor Active	11,1 ^a	32,2 ^{ab}	79,2 ^{bc}	1,9 ^{ab}	3,46 ^{ab}	0,598 ^{abcd}	1,98 ^c	45,48 ^{def}
Dithane + Propulse	33,3 ^{cd}	34,4 ^{ab}	72,6 ^{bc}	2,5 ^{ab}	3,72 ^{ab}	0,598 ^{abcd}	2,29 ^{abc}	44,26 ^{abcd}
Tilmor + Amistar Xtra	7,8 ^a	41,1 ^{abc}	56,3 ^a	2,5 ^{ab}	3,92 ^b	0,628 ^d	2,05 ^{abc}	45,86 ^f
Tilmor + Pictor Active	20,0 ^{abc}	47,8 ^{abc}	80,5 ^c	1,7 ^a	3,59 ^{ab}	0,611 ^{cd}	1,76 ^{abc}	45,38 ^{cdef}
Tilmor + Propulse	34,4 ^{cde}	26,7 ^a	77,2 ^{abc}	3,2 ^b	3,32 ^{ab}	0,615 ^{cd}	2,00 ^{abc}	44,95 ^{bcdef}
FIX-H+N - časná	48,8 ^{ef}	43,3 ^{abc}	69,9 ^{abc}	2,3 ^{ab}	2,92 ^a	0,567 ^{abc}	1,54 ^{ab}	44,21 ^{abc}
FIX-H+N - pozdní	x	34,4 ^{ab}	66,1 ^{abc}	1,9 ^a	3,75 ^{ab}	0,623 ^{abcd}	1,65 ^{abc}	45,33 ^{cdef}
FIX-H+N - dvojí	45,6 ^{def}	60,0 ^c	61,3 ^{ab}	2,3 ^{ab}	3,52 ^{ab}	0,547 ^a	1,80 ^{abc}	45,07 ^{bcdef}
Polyversum - časná	28,9 ^c	58,9 ^c	71,5 ^{abc}	2,9 ^{ab}	2,97 ^a	0,593 ^{abcd}	1,70 ^{abc}	43,48 ^a
Polyversum - pozdní	x	31,1 ^{ab}	71,7 ^{abc}	2,4 ^{ab}	3,35 ^{ab}	0,596 ^d	1,53 ^{ab}	44,49 ^{abcde}
Polyversum - dvojí	24,4 ^{abc}	33,3 ^{ab}	67,0 ^{abc}	3,0 ^{ab}	3,19 ^{ab}	0,610 ^{cd}	1,72 ^{abc}	45,89 ^f
Kontrola	54,4 ^f	51,1 ^{bc}	68,0 ^{abc}	2,6 ^{ab}	3,07 ^{ab}	0,553 ^{ab}	1,51 ^a	43,88 ^{ab}
<i>HSD</i> _{0,05}	15,4	21,8	18,4	1,3	0,84	0,051	0,71	1,35

Pozn.: DI = Disease Index; x = v časnějším termínu vegetace nebyl přípravek aplikován

Tabulka 19: Vybrané produkční a kvalitativní ukazatele máku v závislosti na ošetření proti chorobám (Tukey HSD test, $P < 0,05$)(2022)

2022	Hodnocení úrovně napadení (BBCH 31-39) (DI)	Hodnocení úrovně napadení (BBCH 71-79) (DI)	Počet rostlin/m ²	Počet makovic/rostlinu	Hmotnost semen v makovici (g)	HTS (g)	Výnos (t/ha)	Obsah oleje (%)
Dithane	16,6 ^{abc}	41,1 ^{abcd}	45,0 ^{ab}	2,6 ^{abc}	3,30 ^{abcd}	0,582 ^{abcd}	1,55 ^{abcdef}	44,22 ^{abc}
Tilmor	17,7 ^{abd}	46,6 ^{abcd}	48,3 ^{ab}	2,6 ^{abc}	3,51 ^{abcd}	0,589 ^{abcd}	1,30 ^{abcd}	45,65 ^c
Amistar Xtra	x	36,6 ^{abc}	53,7 ^{ab}	1,4 ^a	4,18 ^{cde}	0,604 ^{bcdef}	1,87 ^{def}	45,06 ^{abcde}
Pictor Active	x	37,7 ^{abcd}	46,3 ^{ab}	2,0 ^{abc}	4,40 ^{de}	0,592 ^{abcde}	1,81 ^{cdef}	43,79 ^a
Propulse	x	35,6 ^{ab}	48,7 ^{ab}	2,4 ^{abc}	3,88 ^{abcde}	0,635 ^{ef}	1,79 ^{bcdef}	45,45 ^{cde}
Dithane + Amistar Xtra	10,0 ^a	27,8 ^a	43,3 ^{ab}	2,0 ^{ab}	4,15 ^{bcde}	0,612 ^{cdef}	1,85 ^{def}	45,54 ^{de}
Dithane + Pictor Active	28,9 ^{bcde}	35,6 ^{ab}	46,0 ^{ab}	2,1 ^{abc}	4,33 ^{de}	0,624 ^{def}	1,82 ^{cdef}	44,71 ^{abcde}
Dithane + Propulse	20,0 ^{abcd}	32,2 ^a	52,7 ^{ab}	1,9 ^{ab}	4,12 ^{bcde}	0,596 ^{abcdef}	1,90 ^{ef}	45,47 ^{cde}
Tilmor + Amistar Xtra	38,9 ^c	40,7 ^{abcd}	56,3 ^b	1,7 ^{ab}	4,03 ^{bcde}	0,638 ^f	1,97 ^f	45,71 ^e
Tilmor + Pictor Active	32,2 ^{de}	43,3 ^{abcd}	57,0 ^b	2,2 ^{abc}	4,01 ^{abcde}	0,600 ^{abcdef}	1,86 ^{def}	45,61 ^e
Tilmor + Propulse	20,0 ^{abcd}	30,0 ^a	53,7 ^{ab}	1,9 ^{ab}	4,79 ^e	0,621 ^{def}	1,98 ^f	45,25 ^{bcde}
FIX-H+N - časná	16,6 ^{abc}	42,2 ^{abcd}	39,3 ^a	2,8 ^{abc}	3,03 ^{ab}	0,592 ^{abcde}	1,33 ^{abcde}	43,89 ^a
FIX-H+N - pozdní	x	45,6 ^{abcd}	42,7 ^{ab}	3,0 ^{abc}	3,43 ^{abcd}	0,590 ^{abcde}	1,38 ^{abcde}	44,17 ^{ab}
FIX-H+N - dvojí	27,7 ^{bcde}	34,4 ^a	48,0 ^{ab}	3,7 ^c	3,54 ^{abcd}	0,564 ^{ab}	1,64 ^{abcdef}	44,17 ^{ab}
Hirundo - časná	26,7 ^{bcde}	54,4 ^{cd}	37,7 ^a	1,4 ^a	3,59 ^{abcd}	0,574 ^{abc}	1,35 ^{abcde}	44,02 ^{ab}
Hirundo - pozdní	x	37,7 ^{abcd}	43,0 ^{ab}	3,3 ^{bc}	3,47 ^{abcd}	0,585 ^{abcd}	1,70 ^{abcdef}	44,28 ^{abcd}
Hirundo - dvojí	23,3 ^{abcd}	46,6 ^{abcd}	47,3 ^{ab}	2,2 ^{abc}	3,91 ^{abcde}	0,565 ^{ab}	1,68 ^{abcdef}	44,75 ^{abcde}
Polyversum - časná	18,9 ^{abcd}	44,4 ^{abcd}	47,7 ^{ab}	2,5 ^{abc}	2,89 ^a	0,557 ^a	1,26 ^{abc}	43,87 ^a
Polyversum - pozdní	x	60,0 ^d	39,7 ^a	2,6 ^{abc}	3,59 ^{abcd}	0,587 ^{abcd}	1,24 ^{ab}	44,21 ^{abc}
Polyversum - dvojí	14,5 ^{ab}	55,5 ^{cd}	38,3 ^a	2,2 ^{abc}	3,28 ^{abcd}	0,597 ^{abcdef}	1,48 ^{abcdef}	44,29 ^{abcd}
Kontrola	27,7 ^{cde}	60,0 ^d	38,0 ^a	2,8 ^{abc}	3,12 ^{abc}	0,561 ^{ab}	1,16 ^a	43,99 ^{ab}
HSD _{0,05}	16,5	19,5	16,6	1,7	1,12	0,045	0,57	1,32

Pozn.: DI = Disease Index; x = v časnějším termínu vegetace nebyl přípravek aplikován

6.2.1.1 Ekonomické vyhodnocení fungicidního ošetření máku setého

V tabulce 20 jsou uvedeny ceny jednotlivých přípravků, které byly využity v pokusu s ochranou porostů máku během vegetace. Přípravek Dithane, vzhledem k tomu že již není povolen, nebyl do ekonomického vyhodnocení zahrnut. Stejně tak nebyl do ekonomického hodnocení zařazen přípravek Hirundo, který nebyl hodnocen ve všech sledovaných pokusných letech.

Tabulka 20: Náklady na aplikaci jednotlivých sledovaných přípravků (Kč/ha)

Varianta	Cena přípravku (1 aplikace) (Kč/ha)	Provozní náklady na aplikaci (Kč/ha)	Celková cena ošetření (Kč/ha)
Polyversum	1 440	1 680	3 120
FIX-H+N	650	1 680	2 330
Tilmor	295	1 680	1 975
Pictor	409	1 680	2 089
Propulse	484	1 680	2 164
Amistar	387	1 680	2 067

V tabulce 21 je znázorněno samotné ekonomické vyhodnocení fungicidní ochrany. Ekonomika byla vyhodnocena při výkupní ceně máku 40 Kč/kg. Z tabulky je patrné, že z ekonomického hlediska nejpříznivěji vycházelo kombinované ošetření chemickými přípravky Tilmor+Amistar Xtra. Prakticky na stejné úrovni se finanční přínos pohyboval u varianty se samostatnou aplikací přípravku Pictor Active v pozdější fázi vegetace. Navýšení výnosu bylo u této varianty nižší než u zmíněné kombinované aplikace, ale vzhledem ke sníženým nákladům, které souvisí s absencí ošetření porostů v časnější fázi vegetace, byl celkový ekonomický přínos i tak vysoký. Při této ceně máku by se pozitivně do celkové ekonomiky promítly veškeré varianty mimo variantu s pozdní aplikací přípravku Polyversum. I u této varianty k navýšení výnosu došlo, nicméně cena přípravku a náklady na jeho aplikaci předčily celkové navýšení tržeb. U obou sledovaných biologických přípravků byl ekonomický přínos výraznější v případě jejich dvojích aplikací (tedy v časnější i pozdější fázi vegetace).

Celkově je ve vztahu k ekonomickému vyhodnocení třeba mít na paměti, že se jednalo o výsledky přesného polního maloparcelkového pokusu; v provozních podmínkách by výnos máku, a tím i pravděpodobný ekonomický přínos fungicidního ošetření, byl nejspíše nižší.

Tabulka 21: Vyhodnocení ekonomického přínosu – fungicidní ošetření během vegetace

Varianta	Výnos (t/ha)	Navýšení výnosu oproti kontrole (t/ha)	Celková cena ošetření (Kč/ha)	Ekonomické zhodnocení při 40 Kč/kg
Tilmor	1,50	0,20	1 975	6 025
Propulse	1,74	0,44	2 164	15 436
Pictor Active	1,87	0,57	2 089	20 711
Amistar Xtra	1,81	0,51	2 067	18 333
Tilmor + Propulse	1,86	0,56	4 138	18 262
Tilmor + Pictor Active	1,78	0,48	4 063	15 137
Tilmor + Amistar Xtra	1,92	0,62	4 041	20 759
Polyversum – časná aplikace	1,44	0,14	3 120	2 480
Polyversum – pozdní aplikace	1,35	0,05	3 120	-1 120
Polyversum – dvojí aplikace	1,54	0,24	6 240	3 360
FIX-H+N – časná aplikace	1,38	0,08	2 330	870
FIX-H+N – pozdní aplikace	1,39	0,09	2 330	1 270
FIX-H+N – dvojí aplikace	1,59	0,29	4 660	6 940
kontrola	1,30	x	x	x

6.2.2 Vliv fungicidní ochrany na klíčivost a energii klíčení vyprodukovaného semene

Z předchozí kapitoly je zřejmé, že způsob a termín ošetření porostů máku setého během vegetace se projevily především na úrovni napadení chorobami, hmotnosti semen v makovici a hmotnosti tisíce semen, s čímž souvisela i diverzifikace variant z hlediska průměrného výnosu. Je ale zajímavé zhodnotit také vliv fungicidní ochrany na klíčivost a energii klíčení semen, které pochází z těchto variant; bylo by to důležité zejména v případě, že by byl mák pěstován za účelem produkce osiva. Jak již bylo uvedeno, nejzávažnější choroby máku – plíseň maková a pleosporová hnědá skvrnitost jsou přenosné osivem (Landa et al. 2007; Schmitt et Lipscomb 1975; Thangavel et al. 2018) a je známo, že přítomnost chorob snižuje jeho klíčivost a životaschopnost (Ahmed et al. 2013; Cram et Fraedrich 2009).

Výsledky hodnocení laboratorní klíčivosti a energie klíčení semen v závislosti na ošetření porostů proti chorobám a ročníku uvádí tabulka 22.

Tabulka 22: Laboratorní klíčivost a energie klíčení (%) v závislosti na ošetření proti chorobám a ročníku (Tukey HSD test, $P < 0,05$) (2020 – 2022)

Varianta	Energie klíčení 3. den	Energie klíčení 5. den	Energie klíčení 8. den	Laboratorní klíčivost 10. den
Dithane	56,7 ^{abc}	81,1 ^{abcde}	84,7 ^{abcd}	86,0 ^{abcd}
Tilmor	63,3 ^{abcde}	84,6 ^{cde}	88,1 ^{cdefgh}	88,5 ^{abcde}
Amistar Xtra	77,4 ^{ef}	86,7 ^{de}	90,8 ^{gh}	91,9 ^g
Pictor Active	74,9 ^{def}	85,4 ^{de}	88,0 ^{cdefgh}	89,5 ^{defg}
Propulse	75,5 ^{def}	85,8 ^{de}	88,9 ^{defgh}	89,8 ^{defg}
Dithane + Amistar Xtra	75,8 ^{def}	85,1 ^{cde}	89,4 ^{efgh}	90,9 ^{fg}
Dithane + Pictor Active	79,9 ^f	88,4 ^e	91,5 ^h	92,5 ^{cdefg}
Dithane + Propulse	76,3 ^{ef}	86,5 ^{de}	89,6 ^{efgh}	90,9 ^{afg}
Tilmor + Amistar Xtra	75,7 ^{def}	86,4 ^{de}	90,6 ^{gh}	91,9 ^g
Tilmor + Pictor Active	71,1 ^{cdef}	84,3 ^{cde}	87,6 ^{bcdefg}	89,1 ^{cdefg}
Tilmor + Propulse	80,0 ^f	87,8 ^e	90,5 ^{fgh}	91,3 ^g
FIX-H+N - časná	50,5 ^a	76,5 ^{ab}	83,3 ^{ab}	85,1 ^{ab}
FIX-H+N - pozdní	58,5 ^{abc}	80,0 ^{de}	86,1 ^{abcde}	87,8 ^{bcdef}
FIX-H+N - dvojí	68,0 ^{bcdef}	81,9 ^{bcde}	86,5 ^{abcdefg}	88,5 ^{bcdefg}
Polyversum - časná	49,4 ^a	73,8 ^a	82,5 ^a	83,5 ^a
Polyversum - pozdní	63,3 ^{abcde}	83,6 ^{de}	87,9 ^{cdefgh}	88,7 ^{bcdefg}
Polyversum - dvojí	69,8 ^{cdef}	85,3 ^{bcde}	88,9 ^{defgh}	90,1 ^{efg}
Kontrola	53,2 ^{ab}	77,7 ^{abc}	84,4 ^{abc}	85,3 ^{abc}
<i>HSD_{0,05}</i>	15,8	7,4	4,4	4,1
2020	62,3 ^a	78,3 ^a	83,7 ^a	85,0 ^a
2021	68,7 ^b	84,5 ^b	89,3 ^b	90,5 ^b
2022	71,1 ^b	86,0 ^b	89,8 ^b	90,9 ^b
<i>HSD_{0,05}</i>	4,3	2,0	1,2	1,1

Z tabulky 22 je patrné že, z hlediska ročníku, byla nejnižší celková klíčivost zjištěna v roce 2020 (resp. z materiálu sklizeného v roce 2020), což byl ročník s nejvyšší mírou napadení rostlin v pozdějším období vegetace. Nabízí se tedy závěr, že napadení porostu máku chorobami se projeví také na klíčivosti sklizených semen. To rovněž potvrzují Rajput et al. (2005), kteří sledovali klíčivost pšenice seté (*Triticum aestivum* L.) v závislosti na míře napadení houbovými chorobami přenosnými osivem. Dospěli k závěru, že výskyt houbových chorob na osivu klíčivost semen významně ovlivňuje. Rovněž energie klíčení, zjištěná 3. den po založení testu klíčivosti, která, jak uvádějí Matthews et Powell (2012) a Akbarpour et al. (2019), odpovídá vitalitě osiva, byla u semen máku ze sklizně roku 2020 nejnižší. Tento rok se také jak v energii klíčení, tak v celkové klíčivosti statisticky průkazně odlišoval od ostatních sledovaných ročníků. K podobným závěrům dospěli také Tylkowska et Dorna (1997), kteří sledovali kvalitu osiva cibule v závislosti na podmínkách ročníku. Uvádějí, že osivo, které bylo vyprodukováno v roce s nižším tlakem houbových chorob, se vyznačovalo statisticky průkazně vyšší vitalitou. Rovněž Begum et al. (2008) zaznamenali nižší klíčivost i vitalitu osiva sóji, která byla napadena houbovými chorobami oproti osivu s nižším výskytem fytopatogenních hub. Z tabulky 23 je zřejmé, že jak vitalita osiva (vyjádřená jako energie klíčení 3. den po založení) tak i laboratorní klíčivost (%) byla statisticky průkazně ovlivněna mírou napadení porostů chorobami, především v pozdějším období vegetace s vyšším výskytem pleosporové hnědé skvrnitosti. Úroveň napadení v této části vegetace se v rámci našich pokusů celkově jevila jako významnější. Silná pozitivní korelace byla zjištěna také v případě HTS a hmotnosti

semen v makovici. Pozitivní vztah mezi hmotností semen a energií klíčení a celkovou laboratorní klíčivostí zjistili také Turk et al. (2004) v případě čočky jedlé (*Lens culinaris* L.). Naopak k neprůkaznému vztahu mezi klíčivostí a vitalitou semen a hmotností semen dospěli Moshatati et Gharineh (2012). V pokusech výše uvedených autorů však šlo o hmotnost semen různých odrůd. Lze předpokládat, že zjištěná průkazná korelace mezi hmotností semen a semenářskými parametry v rámci našich pokusů souvisí spíše s tím, že vyšší hmotnost semen byla zjištěna u variant, které vykazovaly nižší míru napadení chorobami.

Tabulka 23: Vzájemné korelace mezi sledovanými produkčními ukazateli máku a vybranými semenářskými parametry (Pearsonův korelační koeficient, $P < 0,01$; $P < 0,05$)

	Úroveň napadení (BBCH 31-39)	Úroveň napadení (BBCH 71-79)	Počet rostlin/m ²	Hmotnost semen v makovici	HTS
Energie klíčení 3. den	-0,2125	-0,5118**	0,1792	0,6251**	0,6044**
Laboratorní klíčivost	-0,0170	-0,5324**	0,2499	0,7873**	0,8081**

$P < 0,05$ *; $P < 0,01$ **

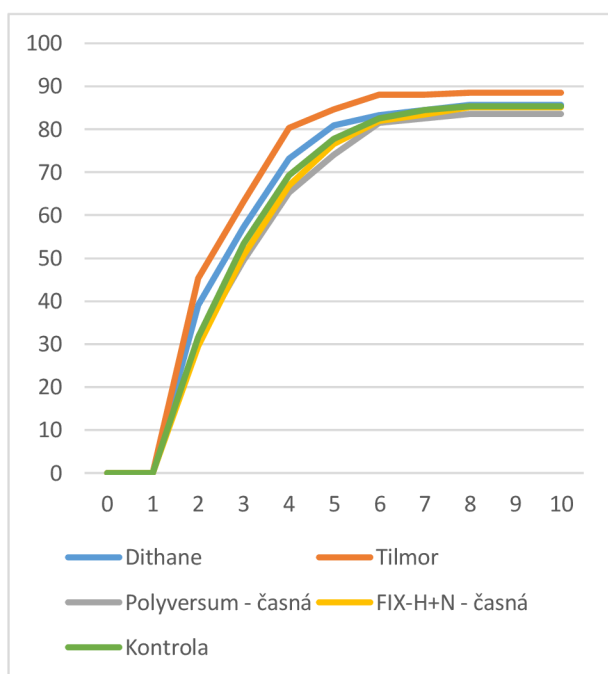
Pokud jde o jednotlivé varianty s různými způsoby ošetření proti chorobám, nejvyšší energie klíčení 3. den po založení testů klíčivosti byla zjištěna u varianty s kombinovaným chemickým ošetřením (Tilmor + Pictor Active) a dosahovala, v průměru všech tří sledovaných ročníků hodnoty, hodnoty 80,0 % (tab. 22). Tato varianta se energií klíčení stanovenou 3. den po založení testu klíčivosti statisticky průkazně odlišovala nejen od kontrolní varianty (53,2 %) ale také od všech variant, které byly fungicidně ošetřeny pouze v časnějším termínu (BBCH 14-21; fáze tvorby pravých listů – listové růžice). Podobně vysoké hodnoty energie klíčení 3. den po založení testu laboratorní klíčivosti byly zjištěny rovněž u ostatních variant s kombinovaným chemickým ošetřením a u variant s fungicidní aplikací v pozdějším termínu. Všechny tyto varianty dosahovaly 3. den od založení testu klíčivosti hodnot energie klíčení v rozmezí 71,1-79,9 %. Nejnižší energie klíčení ve 3. dni od založení testu byla zjištěna u varianty s časným ošetřením přípravkem Polyversum. Tato varianta byla prakticky na stejné úrovni jako neošetřená kontrolní varianta a varianta ošetřená přípravkem FIX-H+N v časnějším termínu. U těchto variant, ale také u variant s chemickými přípravky aplikovanými v časnější fázi vegetace, byla zjištěna také nižší celková klíčivost semen. Pozitivním zjištěním je fakt, že v případě dvojích aplikací „biologických“ přípravků (FIX-H+N, Polyversum; aplikovaných v časnějším i pozdějším termínu) došlo ke statisticky průkaznému navýšení energie klíčení i celkové laboratorní klíčivosti osiva ve srovnání s neošetřenou kontrolní variantou. To by bylo významné zejména pro produkci osiva máku v biokvalitě. Absenci certifikovaného bio osiva máku setého zmiňuje (Kuchtová et al. 2013). Situace se za posledních let nezměnila a na trhu osivo máku setého v biokvalitě stále není dostupné.

Názorněji je celý průběh klíčení zobrazen v grafech 20-22. V grafu 20 je vyznačen průběh klíčení (průměr sledovaných ročníků) u variant, kde bylo provedeno ošetření proti houbovým chorobám v časnější fázi vegetace. Z grafu je patrné, že jak „biologické“ varianty, tak varianta ošetřená přípravkem Dithane měly velmi podobný průběh klíčení jako kontrolní varianta. Vyšší rychlost klíčení a celková klíčivost byla zjištěna pouze u varianty ošetřené

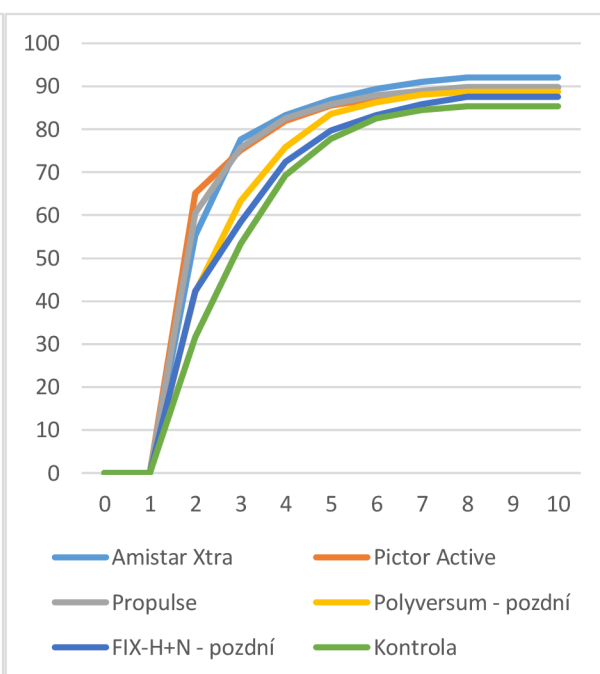
přípravkem Tilmor. V předchozí kapitole je zmíněno, že právě přípravek Tilmor (účinné látky na bázi triazolů) může působit v delším časovém horizontu vzhledem k jeho systémovému působení.

Výrazněji byl průběh klíčení ovlivněn v případě variant s pozdnější aplikací fungicidních přípravků (Graf 21). Z grafu je patrné, že ve srovnání s kontrolní variantou došlo k navýšení průměrné klíčivosti, především ale došlo k výraznému navýšení energie klíčení (zejména u variant s konvenčními fungicidy). V Grafu 22 je pak znázorněn průběh klíčení v případě dvojích aplikací (v časnější i pozdnější fázi vegetace). V případě těchto variant byla zaznamenána celkově nejvyšší průměrná klíčivost i energie klíčení. Zajímavé je, že k výrazně rychlejšímu průběhu klíčení, ale také k nárůstu laboratorní klíčivosti došlo také v případě dvojích aplikací biologických přípravků.

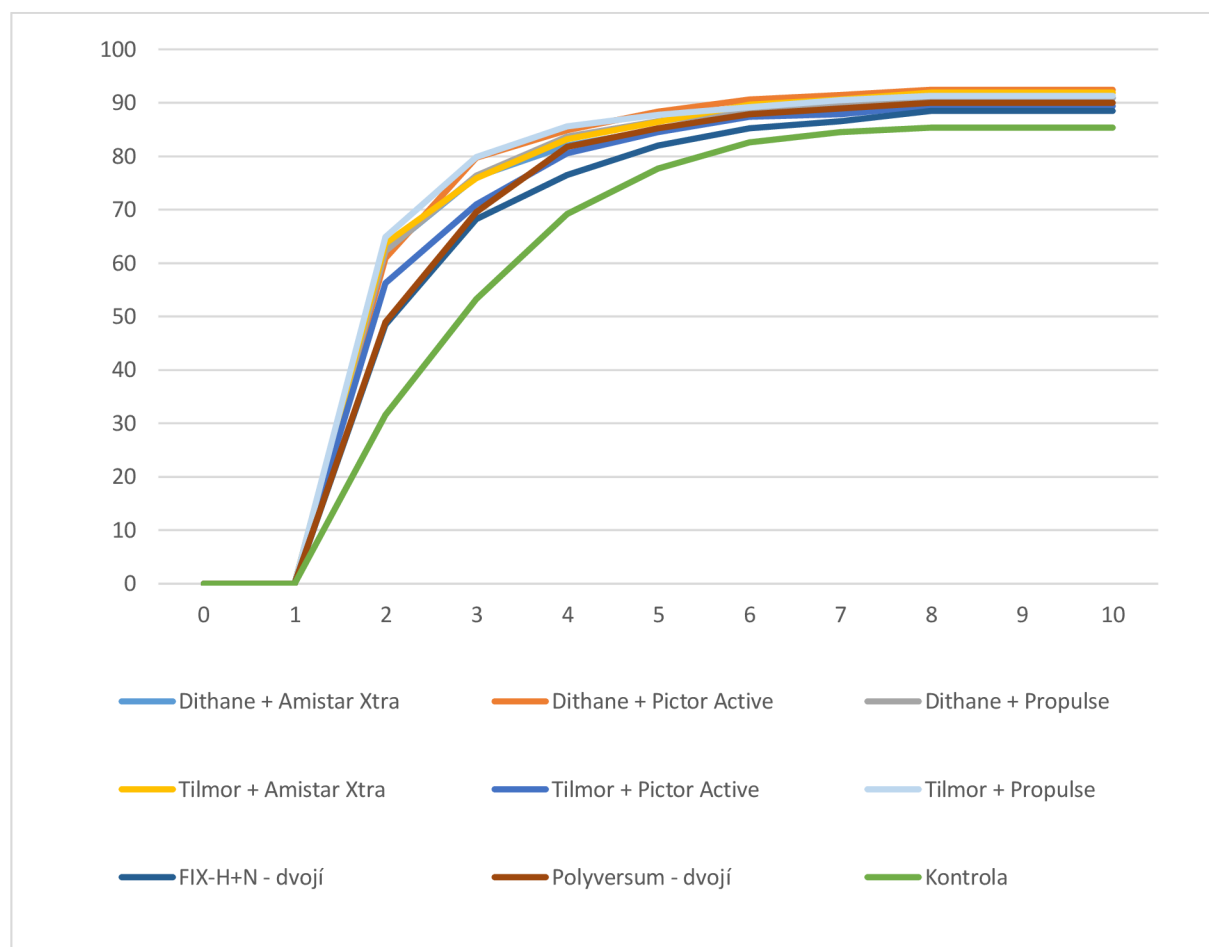
Graf 20: Energie klíčení a výsledná laboratorní klíčivost (%) v závislosti na fungicidním ošetření – časná aplikace



Graf 21: Energie klíčení a výsledná laboratorní klíčivost (%) v závislosti na fungicidním ošetření – pozdní aplikace



Tabulka 24: Energie klíčení a výsledná laboratorní klíčivost (%) v závislosti na fungicidním ošetření – dvojí aplikace



Z výsledků je zřejmé, že fungicidní ochrana porostů máku celkově pozitivně ovlivnila hodnoty výnosotvorných prvků, a tedy přispěla ke zvýšení výnosu, ale také se příznivě projevila na semenářských parametrech osiva. Vyšší klíčivost a energie klíčení byly zjištěny zejména u variant s komplexní fungicidní ochranou porostů, tedy při aplikaci fungicidů v časnějším i pozdějším termínu (BBCH 14-21; fáze tvorby pravých listů – plně vyvinutá listová růžice, BBCH 59-61; konec butonizace – počátek kvetení). Nadějně výsledky byly zjištěny také v případě dvojí aplikace biologických přípravků.

6.2.3 Vyhodnocení biologické ochrany máku setého během vegetace (vícečetné aplikace biologických přípravků)

Jak již bylo zmíněno, v současné době je kladen důraz na celkovou „ekologizaci“ zemědělství a také relativně velký zájem veřejnosti o potraviny z ekologické produkce. Proto byly jako doplněk k fungicidním experimentům zařazeny 3 varianty, které byly ošetřovány pouze pomocí biologických přípravků. Osivo v rámci tohoto pokusu bylo ošetřeno přípravkem Polyversum. Biologické přípravky byly v rámci tohoto pokusu aplikovány celkem čtyřikrát. Dvakrát v časnější fázi vegetace (BBCH 14-21; fáze tvorby pravých listů – fáze listové růžice) s odstupem přibližně 10 dní a dvakrát v pozdnější fázi vegetace (BBCH 59-65; konec butonizace – fáze plného kvetení); opět se aplikace opakovala přibližně po 10 dnech. Jedná se v zásadě o otestování intenzivní „ekologické“ ochrany rostlin máku během vegetace.

Z výsledků (tab. 25) je patrné, že úroveň napadení chorobami v obou termínech hodnocení (BBCH 31-39, BBCH 71-79) byla oproti fungicidním variantám v hlavním pokusu, celkově vyšší. To lze přisoudit pravděpodobně ošetření osiva. Varianty představené v kapitole 6.2.1. byly totiž shodně vysety s osivem namořeným přípravkem Cruiser OSR. Ten vzcházející rostliny účinně chrání před napadením chorobami. Vzhledem k absenci chemického moření pravděpodobně došlo k vyšší míře napadení chorobami v samotném počátku vegetace. To souviselo také s celkově nižším počtem rostlin na m². Obě varianty s ošetřením během vegetace se vyznačovaly statisticky průkazně nižší mírou napadení v obou termínech hodnocení oproti neošetřené kontrolní variantě. V rámci těchto pokusů byla nepatrně nižší míra napadení v časnější fázi vegetace (BBCH 31-39 zjištěna u varianty s přípravkem FIX-H+N. V pozdnější fázi vegetace (BBCH 71-79) byla ale neprůkazně nižší míra napadení zjištěna u varianty, která byla vícenásobně ošetřena přípravkem Polyversum. U této varianty byla zjištěna nepatrně vyšší hmotnost semen v makovici, hmotnost tisíce semen a výnosu semen oproti variantě, která zahrnovala ošetření přípravkem FIX-H+N. Obě varianty se ale statisticky průkazně lišily od neošetřené kontrolní varianty.

Tabulka 25: Vybrané produkční ukazatele máku v závislosti na vícečetným ošetření proti chorobám a ročníku (Tukey HSD test, $P < 0,05$)

Varianta	Úroveň napadení (BBCH 31-39) (DI)	Úroveň napadení (BBCH 71-79) (DI)	Počet rostlin/m ²	Počet makovic/rostlinu	Hmotnost semen v makovici (g)	HTS (g)	Výnos (t/ha)
FIX-H+N	38,6 ^a	66,7 ^a	43,1 ^b	2,5 ^a	3,01 ^a	0,562 ^b	1,19 ^b
Kontrola	58,7 ^b	76,1 ^b	35,7 ^a	2,8 ^b	2,79 ^a	0,544 ^a	0,95 ^a
Polyversum	42,5 ^a	60,8 ^a	42,3 ^b	2,5 ^a	3,05 ^a	0,570 ^b	1,25 ^b
<i>HSD_{0,05}</i>	9,9	9,2	5,2	0,3	0,29	0,017	0,14
2020	38,8 ^a	71,4 ^b	35,1 ^a	2,8 ^b	2,72 ^a	0,544 ^a	0,92 ^a
2021	49,7 ^a	66,9 ^a	48,7 ^b	2,2 ^a	2,99 ^{ab}	0,561 ^{ab}	1,37 ^c
2022	51,4 ^a	65,3 ^a	37,3 ^a	2,9 ^b	3,14 ^b	0,571 ^b	1,10 ^b
<i>HSD_{0,05}</i>	9,8	9,3	5,1	0,3	0,28	0,016	0,15

Tabulka 26 pak znázorňuje efektivitu sledovaných přípravků v závislosti na konkrétním ročníku. V roce 2020 byl celkově nejvyšší výnos zjištěn u varianty s vícenásobným ošetřením

přípravkem FIX-H+N (1,01 t/ha). U této varianty byla zjištěna také nejnižší úroveň napadení chorobami v pozdější fázi vegetace (DI 62,5) a nejvyšší hmotnost semen v makovici (2,91 g). Navýšení oproti kontrolní variantě bylo na úrovni 31 %. Naopak v roce 2021 a 2022 byl nejvyšší průměrný výnos zjištěn u varianty vícenásobně ošetřené přípravkem Polyversum. Je ale pozitivní, že ve všech sledovaných letech došlo oproti kontrolní variantě k určitému snížení úrovně napadení a zvýšení hodnot výnosotvorných parametrů, což vedlo k nárůstu průměrného výnosu.

Tabulka 26: Vybrané produkční ukazatele máku v závislosti na vícečetným ošetření proti chorobám v jednotlivých ročnících (Tukey HSD test, $P < 0,05$)

Ročník	Varianta	Úroveň napadení (BBCH 31-39) (DI)	Úroveň napadení (BBCH 71-79) (DI)	Počet rostlin/m ²	Počet makovic/rostlinu	Hmotnost semen v makovici (g)	HTS (g)	Výnos (t/ha)
2020	FIX-H+N	36,7 ^a	62,5 ^b	37,0 ^a	2,7 ^a	2,91 ^a	0,544 ^a	1,01 ^a
	Kontrola	45,0 ^a	82,5 ^a	30,8 ^a	3,0 ^a	2,47 ^b	0,527 ^a	0,77 ^b
	Polyversum	33,1 ^a	69,2 ^{ab}	37,5 ^a	2,6 ^a	2,79 ^{ab}	0,561 ^a	0,97 ^{ab}
	HSD _{0,05}	24,0	16,7	9,8	0,5	0,38	0,033	0,24
2021	FIX-H+N	39,2 ^a	71,7 ^{ab}	50,0 ^a	2,0 ^b	2,98 ^a	0,565 ^a	1,40 ^{ab}
	Kontrola	62,5 ^a	75,0 ^a	45,0 ^a	2,7 ^a	2,96 ^a	0,546 ^a	1,20 ^a
	Polyversum	47,5 ^a	54,2 ^b	51,0 ^a	2,1 ^b	3,04 ^a	0,572 ^a	1,51 ^b
	HSD _{0,05}	25,1	18,5	9,1	0,5	0,72	0,030	0,30
2022	FIX-H+N	40,0 ^b	65,8 ^a	42,3 ^a	2,8 ^a	3,15 ^a	0,578 ^a	1,15 ^{ab}
	Kontrola	67,5 ^a	70,8 ^a	31,4 ^a	2,8 ^a	2,94 ^a	0,559 ^a	0,87 ^a
	Polyversum	46,7 ^b	59,2 ^a	38,3 ^a	3,0 ^a	3,32 ^a	0,576 ^a	1,28 ^b
	HSD _{0,05}	19,2	14,6	12,5	0,7	0,52	0,038	0,35

6.2.3.1 Ekonomické vyhodnocení biologické ochrany (vícečetné aplikace) během vegetace

V tabulce 27 jsou znázorněny ceny jednotlivých biologických přípravků které byly využity v pokusu s vícečetným ošetřením během vegetace. Oba sledované přípravky byly v tomto doplňkovém experimentu aplikovány, v průběhu vegetace, celkem čtyřikrát. Celková cena ošetření zahrnuje jak náklady na přípravek, tak i náklady na aplikaci přípravků při vícečetné aplikaci.

Tabulka 27: Náklady na aplikaci jednotlivých sledovaných biologických přípravků (Kč/ha)

Varianta	Cena přípravku (Kč/ha) (1 aplikace)	Provozní náklady na aplikaci (Kč/ha)	Počet aplikací	Celková cena ošetření (Kč/ha)
FIX-H+N	650	1680	4	9320
Polyversum	1440	1680	4	12480

V tabulce 28 je uvedeno samotné ekonomické zhodnocení u sledovaných variant. U obou sledovaných variant s vícečetným ošetřením došlo, oproti neošetřené kontrole, ke statisticky průkaznému navýšení výnosu. Vzhledem k vysokým nákladům, které jsou spojené především s provozními náklady, se při průměrné výkupní ceně 40 Kč/kg vícečetné ošetření prakticky nezhodnotilo (u přípravku Polyversum se dokonce ekonomické zhodnocení pohybovalo v záporných hodnotách). Je ale třeba zohlednit, že metodické přístupy v tomto pokusu se přibližují k ekologickému režimu produkce, kde je běžná vyšší výkupní cena máku. Proto byly tyto varianty ekonomicky také vyhodnoceny při výkupní ceně 60 Kč/kg a také při „optimistické“ ceně 100 Kč/kg. Při teoretických vyšších cenách za produkci se již vícenásobné aplikace mohou vyplatit a pěstitelům biomáku je lze doporučit.

Tabulka 28: Vyhodnocení ekonomického přínosu – vícečetných aplikací biologických přípravků během vegetace při různých výkupních cenách máku

Varianta	Výnos (t/ha)	Navýšení výnosu oproti kontrole (t/ha)	Ekonomické	Ekonomické	Ekonomické
			zhodnocení 40 Kč/kg	zhodnocení 60 Kč/kg	zhodnocení 100 Kč/kg
FIX-H+N	1,19	0,24	280	5080	14680
Polyversum	1,25	0,3	-480	5520	17520
Kontrola	0,95	x	x	x	x

6.2.4 Vliv fungicidní ochrany na obsah a složení fenolických sloučenin v semeni máku a makovíně

V předchozích kapitolách byla věnována pozornost hodnocení vlivu fungicidní ochrany máku na úroveň napadení porostů chorobami, výnosotvorné prvky, výnos a kvalitu vyprodukovaných semen. Určitou roli v boji proti biotickým i abiotickým stresům však mohou sehrávat i přirozené obranné mechanismy rostlin, jejichž součástí je i tvorba různých fytochemických látek, z nichž mnohé mají i antioxidační účinky. K těm fytochemickým látkám, jejichž akumulace v rostlinných pletivech může zvyšovat odolnost rostlin proti celé řadě stresorů, včetně chorob, patří fenolické sloučeniny (Anesini et al. 2008; Yedidia et al. 2000). Jak již bylo uvedeno, fenolické sloučeniny patří mezi fytochemické látky, známé svými antioxidačními vlastnostmi. Vyskytují se přirozeně v rostlinných pletivech, kde mimo jiné přispívají ke zvýšení odolnosti buněčných stěn a obraně proti patogenům (Daniel et al. 1999; Ou et Kwok 2004). Přestože nelze specifikovat všechny biotické a abiotické vlivy, které se v době našich pokusů na tvorbě a obsahu těchto látek mohly podílet, pokusili jsme se v této části práce posoudit, zda a jak se projeví změny v obsahu těchto sloučenin v semeni máku a v tomto případě i v makovíně ve vztahu k úrovni napadení rostlin máku chorobami, k různým variantám ochrany rostlin, resp. účinným látkám, obsaženým v použitých fungicidních přípravcích, ale také v závislosti na ročníku.

Tabulka 29: Míra ovlivnění jednotlivých ukazatelů sledovanými faktory a jejich interakcemi (ANOVA, hodnoty testovacího kritéria F, kompletní dvoufaktorový model s interakcemi)

Faktor	kyselina kávová	kyselina p-kumarová	kyselina ferulová	suma FK makovina	kyselina protokatechová
Ročník	111,56***	330,70***	140,56***	146,91***	2,27 ^{ns}
Ošetření	40,57***	70,50***	106,28***	87,03***	27,07***
R × O	11,78***	40,94***	21,50***	14,43***	10,73***

Faktor	ostatní deriváty k. benzoové	suma FK semena	polyfenoly makovina	polyfenoly semena
Ročník	47,75***	23,24***	351,36***	510,09***
Ošetření	55,53***	64,78***	29,6***	11,16***
R × O	11,54***	11,68***	27,5***	21,60***

P < 0,001***; ns – neprůkazné

Z hodnot testovacího kritéria F, které vyjadřují míru ovlivnění sledovaných parametrů způsobem ošetření proti chorobám, ročníkem a jejich interakcí (tab. 29) je patrné, že při hodnocení obsahu všech sledovaných fytochemických látek (mimo kyseliny protokatechové v semenech) byl zjištěn převažující vliv ročníku. Pouze v případě kyseliny protokatechové převažoval vliv fungicidního ošetření. Obsah sledovaných látek byl však statisticky průkazně ovlivněn i fungicidním ošetřením. Ve všech případech se statisticky průkazně projevil také vliv interakce R × O.

Ke stanovení obsahu fenolických sloučenin v semeni máku i v makovině byl použit pouze vybraný soubor variant, které byly hodnoceny v přechozí kapitole o fungicidní ochraně porostů máku. Z konvenčních chemických fungicidů byly vybrány varianty s ošetřením přípravkem Dithane (aplikovaný v časnější fázi vegetace) a Amistar Xtra (aplikovaný v pozdnější fázi vegetace) a jejich kombinace (dvě aplikace). Z biologických přípravků pak byly použity varianty ošetřené přípravkem Polyversum a přípravkem FIX-H+N (opět v časnější, pozdnější i dvojí aplikaci). Výsledky byly opět porovnány s neošetřenou kontrolní variantou. Pro větší přehlednost jsou výsledky hodnocení úrovně napadení chorobami, výnosotvorných prvků a výnosu zvolených variant zopakovány v tabulce 30 a samostatně statisticky vyhodnoceny. Celkový obsah polyfenolů, zjišťovaný v rámci našich pokusů, zahrnuje ve vodě rozpustné fenolické kyseliny a širokou škálu rozpustných sloučenin (jednoduché fenoly, flavonoidy, třísloviny, lignany atd.). Naproti tomu fenolické kyseliny (FK), které byly stanoveny pomocí alkalické hydrolýzy, zahrnují jak vodorozpustné formy těchto látek, tak i vázané formy, které se přirozeně vyskytují jako součást některých složek buněčných stěn (Paznocht et al. 2020).

Z výsledků (tab. 31) je zřejmé, že v případě celkového obsahu polyfenolů byla napříč všemi variantami i ročníky zaznamenána v makovině výrazně vyšší koncentrace těchto látek než v semeni. Nejvyšší celkový obsah polyfenolů v makovině (v průměru tři let na úrovni 414 mg GAE/kg) byl zjištěn u varianty ošetřené přípravkem Amistar Xtra, jehož účinné látky tvoří azoly a strobiluriny (u této varianty byl současně zjištěn nejnižší obsah polyfenolů v semeni). K variantám s nejvyšším celkovým obsahem polyfenolů (359,7 mg GAE/kg) patřila neošetřená kontrola. Nejnižší obsah polyfenolů v makovině byl pak v průměru zjištěn u varianty ošetřené přípravkem Dithane (účinná látka mancozeb) – 281,2 mg GAE/kg. Téměř shodný celkový

obsah polyfenolů byl zaznamenán rovněž v případě varianty ošetřené přípravkem FIX-H+N (dvojitá aplikace) – 281,3 mg GAE/kg.

Rovněž u fenolických kyselin byla zaznamenána jejich výrazně vyšší koncentrace v makovině oproti semenu, byť v tomto případě byl jejich obsah v makovině ve srovnání se semenem pouze cca trojnásobný. Podobně jako u celkového obsahu polyfenolů byl nejnižší celkový obsah fenolických kyselin v makovině v průměru zjištěn u varianty ošetřené přípravkem Dithane (378,8 mg/kg), nejvyšší pak u varianty ošetřené přípravkem Amistar Xtra (950,4 mg/kg). Na skladbě fenolických kyselin v makovině se převážujícím způsobem podílela kyselina ferulová (423,6 mg/kg v průměru za všechny varianty), která je známa svým silným antifungálním působením (Boz 2015; Ou et Kwok 2004). V menší míře pak byly zastoupeny kyselina p-kumarová - 209,3 mg/kg a kávová - 72,7 mg/kg, které jsou rovněž známy svými antimikrobiálními účinky (Fernandez de Simon et al. 1992). Fenolické kyseliny, zjištěné v makovině, patří do skupiny hydroxyksyloxykyselin (Li et al. 2008).

Z výše uvedených výsledků jsou patrné určité rozdíly v celkovém obsahu polyfenolů i fenolických kyselin v makovině v závislosti na ošetření proti chorobám; jednalo se především o rozdílný obsah těchto sloučenin u variant ošetřených přípravky Amistar Xtra a Dithane.

Amistar Xtra, jak již bylo zmíněno, obsahuje dvě účinné látky; cyproconazole a azoxystrobin. Azoxystrobin má, mimo přímý kurativní fungicidní účinek, vliv také na zvyšování obsahu chlorofylu a karotenoidů (Schiattone et al. 2021). Někteří autoři zmiňují také vliv azoxystrobinu na obsah fenolických látek v různých částech rostlin – například u špenátu došlo u variant ošetřených fungicidem na bázi azoxystrobinu ke zvýšení obsahu fenolických látek v listech oproti neošetřené kontrole (Conversa et al. 2014); obdobný efekt byl popsán v případě chřestu (Sergio et al. 2019). Naproti tomu, Schiattone et al. (2021) u rukoly žádné změny v obsahu fenolických látek v případě aplikace azoxystrobinu nezaznamenali.

Fungicidy na bázi azolů působí systémově a mechanismus jejich účinku spočívá v destrukci membrán houbových patogenů (Mustapha et al. 2009). Někteří autoři ovšem zmiňují také vliv azolů v souvislosti se syntézou fenolických sloučenin v rostlinných pletivech u ošetřených rostlin. Uvádějí, že přípravky na bázi azolů mají schopnost ovlivňovat aktivitu některých enzymů či dalších mechanismů, které jsou zodpovědné za tvorbu fenolických sloučenin, růst rostlin, oxidaci, syntézu chlorofylu atd. (Gopi et al. 2007; Jakl et al. 2021a; Tuna 2014). Jakl et al. (2021b) zvýšenou syntézu fenolických látek dávají do souvislosti se zvýšením oxidačního stresu, který je u sledovaných rostlin vyvolán aplikací přípravků na bázi azolů. Gill et Tuteja (2010) se domnívají, že vlivem triazolu jsou v rostlinách do jisté míry blokovány antioxidantní enzymy, jako je superoxidismutáza, kataláza, glutathionperoxidáza či askorbátperoxidáza. Tedy enzymy, které jsou do jisté míry zodpovědné za první obrannou odpověď rostlin po kontaktu s vnějšími stresovými podmínkami. Je možné, že proto se v rostlinách zvyšuje produkce fenolických sloučenin, které nahrazují antioxidantní funkci těchto enzymů (Agati et al. 2012). Lin et al. (2011) zjistili, že po aplikaci fungicidů na bázi azolů při ochraně plodů manga se jednak snížila míra napadení, ale ve srovnání s kontrolou také došlo k navýšení obsahu fenolických látek.

O vlivu fungicidů na bázi mancozebu (v případě našich pokusů Dithane) na obsah fenolických látek je k dispozici ještě méně informací. Pereira et al. (2014), kteří zkoumali vliv ošetření salátu přípravky na bázi mancozebu mimo jiné také na obsah fenolických látek zjistili, že k určitému ovlivnění došlo pouze v případě ošetření mladých rostlinek. V době sklizně byly

rozdíly neprůkazné. Emara et al. (2021) uvádějí, že degradace fungicidů na bázi mancozebu způsobuje v ošetřených rostlinách zvýšení aktivity polyfenoloxidázy, což by mohlo vést ke sníženému obsahu fenolických sloučenin. Tento závěr by odpovídal našim zjištěním, neboť u varianty ošetřené přípravkem Dithane byl zaznamenán nejnižší obsah fenolických kyselin i celkových polyfenolů v makovině.

Celkový obsah polyfenolů v semeni máku dosahoval v průměru přibližně 6 x nižší úrovně ve srovnání s jejich obsahem v makovině. Nejnižší byl, jak již bylo uvedeno, zaznamenán u konvenční varianty a kombinovaným ošetřením Dithane+Amistar Xtra (45,9 mg GAE/kg), nejvyšší pak v případě neošetřené kontrolní varianty (58,3 mg GAE/kg). Krošlák et al. (2017) uvádějí obsah polyfenolů v semenech máku na podobné úrovni, byť ve větším rozpětí; 33,1-144,9 mg GAE/kg. Vyšší koncentraci polyfenolů v semenech máku zjistili Bozan et Temelli (2008), kteří uvádějí jejich průměrný obsah na úrovni 93,0 mg GAE/kg.

Co se týče fenolických kyselin, v semenech máku byly zjištěny výhradně deriváty kyseliny hydroxybenzoové, z nichž se podařilo bezpečně určit pouze kyselinu protokatechovou; ta v průměru za všechny varianty tvořila 40,2 % z celkové sumy fenolických kyselin v makovém semeni. Nejvyšší obsah fenolických kyselin v semenech máku byl zjištěn u kontrolní varianty (299,7 mg/kg). U ostatních variant (s výjimkou varianty s časným ošetřením přípravkem FIX-H+N) byl zjištěn statisticky průkazně nižší obsah FK v semenech. Nejnižší obsah byl pak zjištěn u variant, které zahrnovaly ošetření přípravkem Amistar Xtra (Amistar Xtra – 182,9 mg/kg; Dithane + Amistar Xtra – 175,6 mg/kg). Rozdíly v obsahu FK v semeni nebyly mezi těmito variantami statisticky průkazné, ale statisticky průkazně se lišily od všech ostatních variant. Obsah kyseliny protokatechové se napříč variantami pohyboval v rozmezí od 74,4 (Dithane + Amistar Xtra) do 119,9 (kontrolní varianta) mg/kg.

U sledovaných variant ošetřených biologickými přípravky byl celkový obsah polyfenolů i fenolických kyselin v makovině a v semenech máku zpravidla mírně nižší oproti jejich obsahu u kontrolní varianty (být v některých případech statisticky neprůkazně). Meena et al. (2000) zaznamenali zvýšení obsahu fenolických sloučenin v rostlinných pletivech rýže po foliární aplikaci bakterií *Pseudomonas* spp. v důsledku zvýšení enzymatické aktivity fenylalanin-amoniaklyázy, což je, jak uvádí Koca et Karaman (2015), běžný prekurzor fenolických sloučenin v rostlinných pletivech. Meena et al. (2000) dále uvádějí, že tento efekt byl nejvíce patrný 4 dny po ošetření. Poté opět obsah fenolických látek klesal. Jedná se o jeden z podpůrných efektů PGPB bakterií; stimulují rostlinu k produkci fenolických látek a tím podpoří její přirozenou obranyschopnost (M'piga et al. 1997). K velmi podobným závěrům dospěli také Takenaka et al. (2003), kteří sledovali vliv ošetření pšenice seté a cukrové řepy pomocí proteinů buněčné stěny s elicitrovými vlastnostmi, které byly extrahovány z houby *Pythium oligandrum*. Zjistili že, podobně jako v případě PGPB bakterií, bezprostředně po ošetření se v rostlinách zvýší aktivita fenylalanin-amoniaklyázy a chitinázy - dle Kurosaki et al. (1986) se jedná o další enzymatický prekurzor fenolických sloučenin - a zvýší se obsah fenolických sloučenin (kyseliny ferulové). Panina et al. (2007) sledovali další látku patřící do skupiny BCA (biocontrol agent) – *Trichoderma* spp. Také zaznamenali zvýšenou syntézu fenolických sloučenin (kyselinu kávovou a ferulovou). Zjistili ale, že zatímco v rostlinných tkáních kořenů se koncentrace fenolických látek postupně zvyšuje, v biomase listů se bezprostředně po aplikaci koncentrace zvýší, ale vzápětí klesá – ve většině případů pod úroveň neošetřené kontroly. V našem případě byl obsah fenolických sloučenin stanoven po sklizni

porostů máku, tedy relativně dlouhou dobu po aplikaci biologických přípravků; ve shodě s výše uvedenými autory jsme rovněž zaznamenali mírně snížené obsahy fenolických sloučenin u variant s biologickým ošetřením oproti neošetřené kontrole. Případné bezprostřední navýšení obsahu fenolických sloučenin po aplikaci přípravků nelze vyloučit, v našich pokusech však nebylo sledováno.

Podrobné vyhodnocení celkového obsahu polyfenolů a fenolických kyselin v jednotlivých letech je uvedeno v tabulce 32.

Ze sledovaných ročníků byl nejvyšší obsah fenolických látek (fenolických kyselin v makovině i v osivu, polyfenolů v makovině) zjištěn v roce 2020; v tomto roce byl zaznamenán vyšší výskyt chorob v pozdnější části vegetace (úroveň napadení v tomto roce převyšovala oba další sledované ročníky) a současně byl v tomto roce relativně suchý červenec, především jeho druhá polovina. V roce 2021 byl zjištěn, oproti ostatním ročníkům, nejnižší obsah fenolických kyselin v makovině (především kyseliny ferulové a kyseliny p-kumarové). V tomto roce byla současně zaznamenána nejnižší míra napadení chorobami v pozdní fázi vegetace. Oproti ročníku 2020 byl zjištěn také nižší obsah fenolických kyselin v makovém semeni. V roce 2021 byl také zaznamenán nejnižší celkový obsah polyfenolů v semeni i v makovině. V roce 2022 byl zjištěn vyšší obsah fenolických kyselin v makovině (oproti roku 2021), ale nižší obsah fenolických kyselin v semeni. Celkový obsah polyfenolů v makovině byl nižší než v roce 2020, ale vyšší oproti roku 2021, přičemž rozdíl byl statisticky průkazný. Celkový obsah polyfenolů v makovém semeni byl téměř na stejné úrovni jako v roce 2020, a statisticky průkazně převyšoval celkový obsah polyfenolů, zjištěný v roce 2021.

Tabulka 30: Obsah fenolických sloučenin v semenech a makovině v závislosti na ošetření proti chorobám a ročníku (Tukey HSD test, $P < 0,05$) (2020 – 2022)

Varianta	kyselina kávová	kyselina p-kumarová	kyselina ferulová	Suma FK - makovina	kyselina protokatechová	ostatní deriváty k. benzoové	Suma FK - semena	celkové polyfenoly	
	makovina				semena			makovina	semena
	mg/kg sušiny				mg GAE/kg sušiny				
Amistar Xtra	75,5 ^{def}	310,3 ^g	564,6 ^h	950,4 ^f	85,1 ^{ab}	97,8 ^a	182,9 ^a	414,8 ^f	47,1 ^a
Dithane	42,0 ^a	108,9 ^a	227,8 ^a	378,8 ^a	89,3 ^{bc}	109,8 ^a	199,1 ^{ab}	281,2 ^a	49,8 ^{ab}
Dithane + Amistar Xtra	117,4 ^g	268,9 ^f	501,3 ^g	887,6 ^f	74,4 ^a	101,2 ^a	175,6 ^a	381,5 ^{ef}	45,9 ^a
FIX-H+N - časná	77,6 ^{def}	195,5 ^{cde}	441,1 ^{ef}	714,2 ^{cd}	102,3 ^d	177,9 ^e	280,2 ^{de}	292,9 ^{ab}	51,1 ^{abc}
FIX-H+N - pozdní	49,8 ^{ab}	234,2 ^e	482,0 ^{fg}	766,0 ^{de}	95,6 ^{bcd}	169,5 ^{de}	265,2 ^{cd}	310,6 ^{abc}	54,4 ^{bcd}
FIX-H+N - dvojí	63,3 ^{bcd}	172,9 ^{bc}	315,0 ^b	551,2 ^b	100,4 ^d	141,5 ^{bc}	241,9 ^c	281,3 ^a	50,4 ^{abc}
Polyversum - časná	61,1 ^{bc}	164,8 ^b	433,1 ^{de}	659,0 ^c	100,4 ^d	152,8 ^{cd}	253,2 ^c	297,2 ^{ab}	56,0 ^{cd}
Polyversum - pozdní	69,3 ^{cde}	201,6 ^{cd}	376,9 ^c	647,8 ^c	99,1 ^{de}	155,3 ^{cd}	254,4 ^c	343,6 ^{cde}	56,1 ^{cd}
Polyversum - dvojí	87,5 ^f	219,3 ^{de}	392,5 ^{cd}	699,3 ^{cd}	85,7 ^b	129,3 ^b	215,0 ^b	329,3 ^{bcd}	54,4 ^{bcd}
Kontrola	83,9 ^{ef}	216,7 ^{de}	501,7 ^g	802,4 ^e	119,9 ^e	179,8 ^e	299,7 ^e	359,7 ^{de}	58,3 ^d
<i>HSD</i> _{0,05}	15,5	40,0	44,8	81,7	11,1	19,28	24,1	38,7	7,1
2020	51,3 ^a	276,6 ^c	481,8 ^c	809,7 ^c	93,0 ^a	159,0 ^c	252,0 ^b	388,6 ^c	61,0 ^b
2021	78,2 ^b	143,9 ^a	357,2 ^a	579,3 ^a	95,9 ^a	136,8 ^b	232,7 ^a	231,2 ^a	34,9 ^a
2022	88,8 ^c	207,4 ^b	431,8 ^b	728,0 ^b	96,7 ^a	128,7 ^a	225,4 ^a	367,8 ^b	61,1 ^b
<i>HSD</i> _{0,05}	6,2	12,4	18,0	32,7	4,4	7,7	9,7	15,5	1,7

Tabulka 31: Vybrané produkční a kvalitativní ukazatele máku v závislosti na ošetření proti chorobám a ročníku (Tukey HSD test, $P < 0,05$) (2020 – 2022)

Varianta	Hodnocení úrovně napadení (BBCH 31-39) (DI)	Hodnocení úrovně napadení (BBCH 71-79) (DI)	Počet rostlin/m ²	Počet makovic/ rostlinu	Hmotnost semen v makovici (g)	HTS (g)	Výnos (t/ha)
Amistar Xtra	x	34,5 ^a	56,2 ^{ab}	2,4 ^a	3,61 ^{bc}	0,590 ^{bc}	1,81 ^{bc}
Dithane	14,4 ^a	44,1 ^{abc}	55,5 ^{ab}	2,5 ^a	3,16 ^{ab}	0,562 ^{ab}	1,54 ^{ab}
Dithane + Amistar Xtra	17,7 ^{ab}	36,3 ^a	56,4 ^{ab}	2,4 ^a	3,65 ^c	0,618 ^c	1,86 ^c
FIX-H+N - časná	31,1 ^{cd}	50,0 ^{bcd}	52,0 ^{ab}	2,6 ^a	2,88 ^a	0,557 ^a	1,38 ^a
FIX-H+N - pozdní	x	51,9 ^{bcd}	53,6 ^{ab}	2,7 ^a	3,32 ^{abc}	0,569 ^{ab}	1,39 ^a
FIX-H+N - dvojí	30,7 ^{cd}	48,1 ^{bcd}	52,4 ^{ab}	2,9 ^a	3,26 ^{abc}	0,545 ^a	1,59 ^{abc}
Polyversum - časná	21,1 ^{abc}	53,3 ^{cd}	58,0 ^b	2,7 ^a	2,89 ^a	0,550 ^a	1,44 ^a
Polyversum - pozdní	x	50,7 ^{bcd}	56,0 ^{ab}	2,5 ^a	3,28 ^{abc}	0,565 ^{ab}	1,35 ^a
Polyversum - dvojí	27,0 ^{bcd}	42,6 ^{ab}	51,3 ^{ab}	2,8 ^a	3,11 ^a	0,592 ^{ab}	1,54 ^{abc}
Kontrola	38,5 ^d	55,6 ^d	49,6 ^a	2,7 ^a	2,94 ^a	0,547 ^a	1,27 ^a
<i>HSD</i> _{0,05}	13,1	10	8,2	0,6	0,45	0,03	0,32
2020	20,9 ^a	55,2 ^c	48,6 ^b	2,9 ^b	2,79 ^a	0,532 ^a	1,33 ^a
2021	36,7 ^b	40,1 ^a	70,1 ^c	2,4 ^a	3,38 ^b	0,592 ^b	1,75 ^c
2022	17,4 ^a	44,8 ^b	43,5 ^a	2,5 ^a	3,45 ^b	0,585 ^b	1,48 ^b
<i>HSD</i> _{0,05}	5,3	4	3,3	0,2	0,18	0,01	0,13

Pozn.: DI = Disease Index; x = v časnějším termínu vegetace nebyl přípravek aplikován

Tabulka 32: Obsah fenolických sloučenin v semenech a makovině v závislosti na ošetření proti chorobám v jednotlivých letech (Tukey HSD test, $P < 0,05$)

Ročník	Varianta	kyselina	kyselina	kyselina	Suma FK -	kyselina	ostatní deriváty	Suma FK -	Celkové polyfenoly	
		kávová	p-kumarová	ferulová	makovina	protokatechová	k. benzoové	semena	makovina	semena
		makovina				semena				makovina
mg/kg sušiny										
mgGAE/kg sušiny										
2020	Amistar Xtra	65,4 ^{bcde}	265,2 ^{abc}	666,3 ^e	996,9 ^{de}	99,8 ^a	118,4 ^{ab}	218,2 ^{ab}	477,1 ^c	57,5 ^a
	Dithane	37,5 ^{abcd}	208,6 ^a	311,1 ^a	557,2 ^a	88,7 ^a	120,5 ^{ab}	209,2 ^a	319,7 ^{ab}	49,9 ^a
	Dithane + Amistar Xtra	97,8 ^e	387,8 ^d	555,1 ^{de}	1040,7 ^e	81,5 ^a	109,6 ^a	191,2 ^a	530,8 ^c	50,9 ^a
	FIX-H+N - časná	71,7 ^{de}	288,0 ^{abc}	531,6 ^{cd}	891,3 ^{de}	85,6 ^a	199,1 ^d	284,8 ^{cd}	242,8 ^a	57,4 ^a
	FIX-H+N - pozdní	19,2 ^a	261,9 ^{abc}	574,6 ^{de}	855,7 ^{cde}	96,7 ^a	181,6 ^{cd}	278,3 ^{bcd}	483,4 ^c	73,6 ^{bc}
	FIX-H+N - dvojí	24,5 ^{abcd}	305,7 ^{bcd}	454,4 ^{bcd}	784,6 ^{abcd}	83,5 ^a	167,1 ^{bcd}	250,6 ^{abcd}	292,0 ^{ab}	60,3 ^{ab}
	Polyversum - časná	27,4 ^{abc}	228,8 ^{ab}	360,4 ^{ab}	616,7 ^{ab}	97,5 ^a	196,5 ^d	293,9 ^d	243,3 ^a	54,9 ^a
	Polyversum - pozdní	55,4 ^{abcde}	215,8 ^{ab}	359,9 ^{ab}	631,0 ^{abc}	104,7 ^a	169,0 ^{bcd}	273,7 ^{bcd}	359,3 ^b	52,4 ^a
	Polyversum - dvojí	44,9 ^{abcd}	329,6 ^{cd}	429,7 ^{abc}	804,2 ^{bcd}	83,8 ^a	141,9 ^{abc}	225,7 ^{abc}	470,9 ^c	74,6 ^{bc}
	Kontrola	68,8 ^{cde}	274,9 ^{abc}	574,6 ^{de}	918,3 ^{de}	107,9 ^a	186,4 ^{cd}	294,3 ^d	466,7 ^c	78,9 ^c
<i>HSD</i> _{0,05}	43,6	90,1	120,3	230,4	29,4	52,8	63,8	91,3	15,7	
2021	Amistar Xtra	79,4 ^b	306,8 ^e	492,0 ^d	878,2 ^f	77,0 ^{ab}	77,3 ^a	154,3 ^a	254,4 ^d	35,0 ^{abc}
	Dithane	44,2 ^a	59,1 ^a	186,2 ^a	289,6 ^a	89,5 ^{bc}	104,5 ^{ab}	194,0 ^b	204,4 ^b	32,6 ^a
	Dithane + Amistar Xtra	147,0 ^d	115,5 ^c	366,7 ^c	629,1 ^d	73,0 ^a	79,4 ^a	152,4 ^a	242,3 ^d	35,9 ^{abc}
	FIX-H+N - časná	70,6 ^b	115,9 ^c	375,3 ^c	561,7 ^{cd}	105,4 ^{de}	188,2 ^{de}	293,6 ^{de}	242,0 ^d	36,9 ^c
	FIX-H+N - pozdní	47,0 ^a	117,2 ^c	393,9 ^c	558,1 ^{cd}	113,7 ^c	212,8 ^e	326,5 ^e	171,2 ^a	33,4 ^{ab}
	FIX-H+N - dvojí	46,9 ^a	84,0 ^b	266,7 ^b	397,6 ^b	91,2 ^c	112,4 ^{bc}	203,6 ^b	220,7 ^{bc}	36,7 ^{bc}
	Polyversum - časná	74,8 ^b	130,9 ^c	520,3 ^d	726,0 ^e	101,8 ^{cde}	137,5 ^c	239,3 ^c	245,3 ^d	35,3 ^{abc}
	Polyversum - pozdní	83,7 ^b	113,4 ^c	291,3 ^b	488,4 ^c	98,9 ^{cd}	173,3 ^d	272,2 ^{cd}	249,1 ^d	33,4 ^{ab}
	Polyversum - dvojí	114,7 ^c	119,4 ^c	255,4 ^b	489,4 ^c	95,4 ^{cd}	101,3 ^{ab}	196,7 ^b	234,7 ^{cd}	35,6 ^{abc}
	Kontrola	73,3 ^b	277,4 ^d	424,7 ^c	775,4 ^e	113,4 ^c	181,4 ^d	294,8 ^{de}	248,0 ^d	33,7 ^{abc}
<i>HSD</i> _{0,05}	18,1	23,9	58,1	86,2	12,9	27,4	34,6	20,2	3,4	
2022	Amistar Xtra	81,5 ^{bc}	359,1 ^g	535,5 ^{de}	976,1 ^{fg}	78,5 ^{abc}	97,8 ^a	176,3 ^a	513,0 ^f	48,9 ^a
	Dithane	44,2 ^a	59,1 ^a	186,2 ^a	299,6 ^a	89,5 ^{cde}	104,5 ^a	194,0 ^{abc}	319,7 ^{abc}	66,9 ^d
	Dithane + Amistar Xtra	107,5 ^{de}	303,4 ^{ef}	582,0 ^e	992,9 ^g	68,7 ^a	114,6 ^{ab}	183,3 ^a	371,3 ^{cde}	50,9 ^{ab}
	FIX-H+N - časná	90,6 ^{cd}	182,6 ^d	416,5 ^b	689,7 ^c	115,9 ^{ef}	146,3 ^c	262,2 ^f	393,9 ^{cde}	58,9 ^{bcd}
	FIX-H+N - pozdní	83,1 ^{bc}	323,5 ^{fg}	477,4 ^c	884,1 ^{ef}	76,4 ^{ab}	114,2 ^{ab}	190,6 ^{ab}	277,3 ^a	56,3 ^{abc}
	FIX-H+N - dvojí	118,6 ^e	129,0 ^{bc}	223,8 ^a	471,3 ^b	126,4 ^{fg}	145,2 ^c	271,5 ^f	331,1 ^{abcd}	54,2 ^{abc}
	Polyversum - časná	81,0 ^{bc}	134,7 ^c	418,7 ^b	634,4 ^c	101,9 ^{de}	124,5 ^b	226,5 ^e	403,1 ^{de}	77,7 ^e
	Polyversum - pozdní	68,8 ^b	275,5 ^e	479,7 ^{cd}	824,0 ^e	93,7 ^{abc}	123,5 ^b	217,2 ^{bcd}	422,4 ^e	82,3 ^e
	Polyversum - dvojí	103,0 ^{de}	208,9 ^d	492,5 ^{cd}	804,4 ^{de}	77,8 ^{abc}	144,8 ^c	222,6 ^{de}	282,2 ^{ab}	53,0 ^{ab}
	Kontrola	109,7 ^e	97,9 ^b	505,8 ^{cd}	713,4 ^{cd}	138,3 ^g	171,5 ^d	309,8 ^g	364,3 ^{bcde}	62,1 ^{cd}
<i>HSD</i> _{0,05}	17,1	36,4	56,5	96,5	15,9	18,7	29,0	83,1	9,0	

7 Závěry a doporučení pro praxi

- 1) Prvním cílem práce bylo prověřit vliv různých způsobů ošetření osiva máku setého (chemické, biologické, fyzikální ošetření, přípravky stimulačního charakteru) na biologické vlastnosti osiva, jeho vzcházivost v polních podmínkách a produkční schopnost z něj vypěstovaných porostů; na základě toho doporučit ošetření osiva, které by mohlo být určitou alternativou chemického přípravku Cruiser OSR s kombinovaným fungicidně-insekticidním účinkem, jehož použití k ošetření osiva máku již bude od roku 2024 roku zakázáno.

Lze konstatovat, že v závislosti na ošetření osiva, použitého pro založení polních pokusů, byly zaznamenány rozdíly v energii klíčení v prvních dnech laboratorního testu klíčivosti. Pomalejším začátkem klíčení se v tomto období vyznačovala varianta s osivem ošetřeným přípravkem Cruiser OSR; nejrychleji pak klíčily varianty s ošetřením stimulačními přípravky Sunagreen, TS Osivo a především Envisseed. Na výsledné laboratorní klíčivosti se vliv ošetření osiva neprojevil (bylo použito velmi kvalitní certifikované osivo, kde i u neošetřené kontroly laboratorní klíčivost v průměru přesáhla 90 %).

U varianty s osivem ošetřeným přípravkem Cruiser OSR byl, stejně jako v případě laboratorního testování, zaznamenán pomalejší start vzcházení v polních podmínkách, zejména ve srovnání s variantami ošetřenými stimulačními přípravky. Na konci vzcházení však tato varianta dosáhla nejvyššího počtu rostlin na m^2 , následována variantami s osivem ošetřeným stimulačními přípravky TS Osivo a Envisseed, které se jí téměř vyrovnaly. Varianty s osivem ošetřeným biologickými přípravky Gliorex a Polyversum, a stejně tak i varianta s osivem ošetřeným systémem E-ventus, se vyznačovaly celkově nižší polní vzcházivostí, avšak i přesto v počtu vzešlých rostlin mírně překonaly neošetřenou kontrolu.

Pro dosažení uspokojivého výnosu byl rozhodujícím parametrem počet rostlin na jednotku plochy na konci vegetace; ten se v průměru pohyboval mezi 28,7 rostlinami/ m^2 (varianta ošetřená přípravkem Polyversum) a 55,7 rostlinami/ m^2 v případě varianty s osivem ošetřeným přípravkem Cruiser OSR. Varianty ošetřené stimulačními přípravky Envisseed (47,4 rostlin/ m^2) a TS osivo (48,9 rostlin na m^2) výrazně v tomto znaku překonaly ostatní varianty a statisticky průkazně se od nich lišily. Pro výsledný výnos byl velmi významným parametrem i počet rostlin na m^2 na počátku vegetace, který byl s počtem rostlin na m^2 před sklizní v těsné korelaci (0,8243**). Hodnoty ostatních výnosotvorných prvků (počet makovic na rostlinu, hmotnost semen v makovici, HTS), ale i olejnatost semen byly podstatně vyrovnanější a rozdíly mezi jednotlivými variantami ošetření osiva zpravidla statisticky neprůkazné. Výnos semene se v průměru tří let pohyboval v rozmezí 0,89 t/ha (neošetřená kontrola) a 1,39 t/ha (tj. navýšení výnosu o 56 % oproti kontrole) v případě varianty ošetřené přípravkem Cruiser OSR. Této variantě se nejvíce blížily varianty s osivem ošetřeným stimulačními přípravky TS Osivo (1,23 t/ha, tj. navýšení výnosu o 38 % oproti kontrole) a Envisseed (1,16 t/ha, tj. navýšení výnosu o 30 % ve srovnání s kontrolou). Varianty s ošetřením osiva biologickými přípravky (Polyversum a Gliorex) a fyzikálním systémem E-ventus se výnosem spíše blížily

nešetřené kontrole. Na celkově poměrně nízkých výnosech (v průměru tři let) se negativně podepsal průběh povětrnostních podmínek, který byl v roce 2022, ale především v roce 2020 pro mák velmi nepříznivý (sucho v období klíčení a vzcházení, ale i v průběhu dozrávání).

Pozitivní je zjištění, že varianty s osivem ošetřeným sledovanými stimulačními přípravky (TS Osivo a Envisseed) v našich pokusech dosáhly velmi dobrých výsledků. Je však třeba mít na paměti, že v jejich případě se jedná o stimulační, nikoliv kurativní efekt. Lze tedy předpokládat, že účinnost stimulačních přípravků může být nižší v případě vyššího tlaku chorob a škůdců (choroby přenosné osivem, ale i patogenní organismy přítomné v půdním prostředí a také výskyt krytonosce kořenového v období vzcházení). Účinnost fyzikálního ošetření osiva systémem E-ventus a použitých biologických přípravků Gliorex a Polyversum byla v našich pokusech slabší; problémem byla zejména nižší polní vzcháživost a nízký počet rostlin na konci vegetace. To však neznamená, že v příznivějších podmínkách, zejména v době setí, klíčení a vzcházení porostů, než tomu bylo v našich pokusech, by se jejich efekt nemohl projevit výrazněji.

Kombinované ošetření osiva (fyzikální ošetření systémem E-ventus v kombinaci s vybranými stimulačními přípravky) se v našich pokusech projevilo pozitivně a mohlo by být dobrou alternativou pro praxi (kombinované ošetření osiva bylo testováno pouze u jedné odrůdy máku Aplaus). Polní vzcháživost variant s kombinovaným ošetřením osiva ve všech případech překonala varianty, kde byly stimulační přípravky a ošetření systémem E-ventus použity samostatně a v případě kombinace E-ventus + Sunagreen + Envisseed dokonce polní vzcháživost v průměru mírně překonala variantu s ošetřením osiva přípravkem Cruiser OSR. Velmi dobře se osvědčilo kombinované ošetření osiva i ve vztahu k výnosu; ten se v průměru tří let pohyboval v rozmezí od 0,85 t/ha (nešetřená kontrola) po 1,34 t/ha (tedy navýšení výnosu o 58 % oproti nešetřené kontrole) u varianty ošetřené přípravkem Cruiser OSR. Této variantě se blížily varianty s kombinovaným ošetřením osiva E-ventus + Sunagreen + Envisseed (1,31 t/ha; tj. navýšení výnosu o 54 %) a E-ventus + Envisseed (1,27 t/ha; tj. navýšení výnosu o 49 % ve srovnání s kontrolou), které se ve výnosu od varianty s osivem ošetřeným Cruiserem OSR statisticky průkazně nelišily. Uvedené varianty s kombinovaným ošetřením osiva rovněž dosáhly, ve srovnání s variantou s osivem ošetřeným přípravkem Cruiser OSR, téměř shodného počtu rostlin/m² na konci i počátku vegetace.

I přes výše uvedené příznivé výsledky, kterých v našich pokusech dosáhly varianty s osivem ošetřeným hodnocenými stimulačními přípravky a jejich kombinace s fyzikálním ošetřením osiva, nelze popřít, že přípravek Cruiser OSR bude v zemědělské praxi chybět. Alternativou k němu by mohl být přípravek Buteo start (flupyradifurone), který se na základě našich pokusů (rok 2022) zdá být nadějný; do disertační práce však tyto jednoleté výsledky nebyly zařazeny.

- 2) Druhým cílem práce bylo navrhnout a ověřit možnosti ochrany porostů máku setého proti chorobám v průběhu vegetace, založené na využití vybraných biologických přípravků na bázi hub a bakterií.

V pokusu s biologickými přípravky Polyversum (*Pythium oligandrum*), FIX-H+N (*Pseudomonas* spp.+ *Paenibacillus* spp.) a Hirundo (*Bacillus amyloliquefaciens*)

a vybranými konvenčními fungicidy na bázi různých účinných látek byly testovány různé termíny aplikace sledovaných přípravků (časnější termín ve fázi pravých listů až listové růžice, pozdnější termín ve fázi plné butonizace až počátku květu a dvojí aplikace v obou termínech) ve vztahu k úrovni napadení porostu chorobami, struktuře výnosotvorných prvků a výnosu. Aby bylo možné objektivně porovnat účinnost použitých biologických přípravků i konvenčních fungicidů během vegetace, bylo osivo všech variant jednotně ošetřeno přípravkem Cruiser OSR.

Při časnějším termínu aplikace přípravků, kdy šlo především o výskyt plísně makové, byl ve vztahu k úrovni napadení porostů chorobami (Disease Index) zaznamenán oproti neošetřené kontrolní variantě určitý pozitivní efekt aplikace biologických přípravků Polyversum a Fix-H+N, byť jejich účinek byl nižší ve srovnání s konvenčními fungicidy. V případě variant s pozdnějším termínem ošetření (především výskyt pleosporové hnědé skvrnitosti) přípravky Polyversum a Fix-H+N nevykázaly výraznější efekt a blížily se neošetřené kontrole. Pro toto pozdnější ošetření se jevil nadějně přípravek Hirundo, který byl sice hodnocen pouze v letech 2020 a 2022, ale v obou těchto ročnících vykázala v době hodnocení varianta ošetřená tímto přípravkem znatelně nižší (v roce 2022 statisticky průkazně) úroveň napadení chorobami oproti neošetřené kontrole.

Co se týče výnosu, výraznější efekt (oproti neošetřené kontrole) byl zaznamenán dle předpokladu v případě dvojí aplikace biologických přípravků – v časnějším i pozdnějším termínu. V průměru tří let dosáhla neošetřená kontrola výnosu 1,30 t/ha; varianta s dvojí aplikací přípravku Polyversum 1,54 t/ha, tedy navýšení výnosu o 18 %; varianta s dvojí aplikací přípravku FIX-H+N 1,59 t/ha, tedy na zvýšení výnosu o 22 % ve srovnání s kontrolou. Velmi nadějně výsledky byly zaznamenány v případě použití přípravku Hirundo (použité pouze v letech 2020 a 2022); varianta s dvojí aplikací tohoto přípravku dosáhla v roce 2020 výnosu 1,57 t/ha, tj. navýšení o 26 % oproti kontrole (1,25 t/ha) a v roce 2022 1,68 t/ha, tj. navýšení výnosu o 45 % oproti kontrole (1,16 t/ha).

Z našich výsledků dále vyplynulo, že úroveň napadení porostů máku chorobami určitým způsobem ovlivnila biologické vlastnosti semene, vyprodukovaného z těchto porostů. U variant, které zahrnovaly ošetření v pozdnějším termínu vegetace, a to včetně variant ošetřených biologickými přípravky, byla zjištěna vyšší energie klíčení zejména 3. den po založení testu laboratorní klíčivosti, ale také výsledná laboratorní klíčivost. To by bylo významné zejména v případě, že by se jednalo o množitelské porosty, pěstované za účelem produkce osiva.

S ohledem na určitou perspektivu rozšíření pěstování máku v ekologickém zemědělství byly do našich pokusů zařazeny i dvě „plně ekologické“ varianty; v obou případech bylo osivo ošetřeno přípravkem Polyversum. V průběhu vegetace bylo u jedné varianty použito opakované ošetření přípravkem FIX-H+N (dvě aplikace v časnějším období vegetace, po 7 – 10 dnech, a dvě aplikace v pozdnějším období vegetace, opět po 7 – 10 dnech); shodný způsob ošetření byl zvolen i pro variantu, kde byl v průběhu vegetace použit přípravek Polyversum. Pozitivní vliv ošetření byl zaznamenán v případě sledovaných výnosotvorných prvků (zejména hmotnost semen v makovici a HTS) a také u výnosu; zde se obě varianty s opakovaným biologickým ošetřením v průběhu vegetace statisticky průkazně lišily od neošetřené kontroly, která dosáhla průměrného výnosu 0,95 t/ha; varianta ošetřená přípravkem FIX-H+N dosáhla výnosu 1,19 t/ha, tedy navýšení

výnosu o 25 % oproti kontrole, varianta ošetřená přípravkem Polyversum 1,25 t/ha, tj. navýšení výnosu o 31 % ve srovnání s kontrolou. Důvodem skutečnosti, že i při čtyřech aplikacích biologických přípravků během vegetace v našem pokusu hodnocené varianty výnosově nepřekonalaly varianty s dvojitou aplikací biologických přípravků v pokusu předchozím, byla pravděpodobně skutečnost, že v pokusu s vícečetnými aplikacemi bylo osivo ošetřeno biologickým přípravkem Polyversum; to pravděpodobně ovlivnilo celkově nižší vzešlost porostů a vyšší úroveň napadení chorobami především v časnějším období vegetace. Vzhledem ke zvýšeným provozním nákladům se při průměrné výkupní ceně máku cca 40 Kč/kg vícečetné ošetření v našem pokusu prakticky nezhodnotilo. Je ale třeba zohlednit, že v případě bioprodukce máku by výkupní cena byla nejspíše vyšší; při výkupní ceně 60 Kč/kg (případně i vyšší) se již vícenásobné aplikace biologických přípravků mohou vyplatit.

3) Třetím cílem práce bylo posoudit efekt použitých přípravků biologického charakteru v ochraně porostů máku setého proti chorobám v porovnání s chemickým fungicidním ošetřením.

Efekt biologických přípravků, použitých k ochraně máku v průběhu vegetace, je popsán v předchozí části „Závěrů“ (bod 2). Dle očekávání byla účinnost sledovaných konvenčních fungicidů oproti biologickým přípravkům celkově vyšší.

Při časnějším termínu ošetření byla nejnižší úroveň napadení porostů chorobami v době hodnocení zaznamenána u varianty ošetřené přípravkem Dithane (mancozeb). Vzhledem k tomu, že uvedený přípravek je v současné době již zakázán, dobrou alternativou z konvenčních fungicidů se zdál být pro tento časnější termín ošetření přípravek Tilmor (tebuconazole+prothioconazole). Na základě aktuálních informací má však v průběhu následujících 3 – 4 let dojít k zákazu použití všech přípravků na bázi azolů (minimálně tebuconazolu); pak by bylo nezbytné hledat pro časnější termín ošetření fungicidní přípravky na bázi účinných látek, které by ještě přicházely v úvahu (strobiluriny, fluoropyram ...). Avšak tlak na celkovou „ekologizaci“ zemědělství je značný a v nejbližších letech pravděpodobně dojde k zákazu i dalších typů konvenčních fungicidů. Při pozdějším termínu ošetření dosáhla nejvyššího efektu v době hodnocení úrovně napadení chorobami varianta ošetřená přípravkem Amistar Xtra (azoxystrobin+cyproconazole). Dvojitě ošetření (v časnějším i pozdějším termínu) přineslo dle očekávání nejvyšší efekt i v případě konvenčních fungicidů.

Nejvyšší výnosy byly v průměru tří let zaznamenány u variant s dvojitou aplikací přípravky Dithane + Propulse (1,94 t/ha) a Tilmor + Amistar Xtra (1,92 t/ha), které výrazně překonaly neošetřenou kontrolní variantu (1,30 t/ha), a překonaly rovněž i varianty s dvojitou aplikací biologických přípravků (Polyversum 1,54 t/ha, FIX-H+N 1,59 t/ha). Navýšení výnosu u výnosnějších variant spočívalo ve vyšším počtu rostlin na m² na konci vegetace, vyšší HTS, ale především ve vyšší hmotnosti semen v makovici. Ve vztahu k výnosu se ukázalo být výrazně efektivnější pozdější ošetření oproti ošetření časnějšímu. Svědčí to o tom, že v našich pokusech bylo napadení chorobami v pozdější části vegetace ve vztahu k výnosu významnější.

V rámci jakostního hodnocení vypěstované produkce máku byly kromě hmotnosti tisíce semen (HTS), která je významným produkčním, ale současně i kvalitativním

ukazatelem, hodnoceny obsah oleje a obsah fenolických sloučenin v semeni (v případě fenolických sloučenin i v makovině). Obsah oleje v sušině semen zpravidla souvisel s HTS; celkově se však jednalo o parametr, u kterého nebyly v rámci našich pokusů zaznamenány výraznější rozdíly mezi jednotlivými variantami (hodnoty obsahu oleje se v průměru tři let pohybovaly na úrovni 42 – 44 %).

V rámci hodnocení celkového obsahu polyfenolů, které zahrnují ve vodě rozpustné fenolické kyseliny a širokou škálu rozpustných sloučenin (jednoduché fenoly, flavonoidy, třísloviny, lignany atd.) a fenolických kyselin, které zahrnují jak vodorozpustné formy těchto látek, tak i vázané formy přirozeně se vyskytující jako součást některých složek buněčných stěn, byly zaznamenány určité rozdíly v jejich obsahu ve vztahu k fungicidnímu ošetření, resp. k různým účinným látkám, obsaženým ve fungicidech, a také ve vztahu k ročníku. Celkově byly zjištěny výrazně vyšší obsahy těchto látek v makovině ve srovnání s makovým semenem.

8 Vyjádření k hypotézám

- 1) Vhodným ošetřením a úpravou osiva máku setého lze ovlivnit jeho semenářské parametry, podpořit polní vzcházivost a zapojení porostu a docílit navýšení výnosu.

Hypotéza potvrzena: v závislosti na způsobu ošetření osiva byly zaznamenány rozdíly v energii klíčení i laboratorní klíčivosti, ovlivněna polní vzcházivost a následně i výsledný výnos. V našich pokusech se osvědčily především vybrané stimulační přípravky a jejich kombinace s fyzikálním ošetřením osiva; tato ošetření osiva by mohla být alternativou k chemickému ošetření přípravkem Cruiser OSR.

- 2) Optimalizace ošetření máku setého proti chorobám zlepší zdravotní stav porostů a povede ke zvýšení výnosů a jakosti produkce.

Hypotéza potvrzena: byly prověřeny četné varianty ochrany máku setého proti chorobám v časnější i pozdnější části vegetace a jejich kombinace. Pozitivní, ovšem rozdílný efekt ve vztahu k výnosu i jakosti produkce byl zaznamenán téměř ve všech případech; na základě výsledků byly vybrány varianty, které se osvědčily nejlépe.

- 3) Využitím podpůrných přípravků biologického charakteru v ochraně porostů máku setého lze docílit snížení pesticidní zátěže při zachování uspokojivého výnosu.

Hypotéza potvrzena: Byly prověřeny vybrané biologické přípravky na bázi hub a bakterií a posouzena jejich účinnost při aplikacích v různých obdobích vegetace; hodnoceny byly i vícečetné aplikace těchto přípravků. Naprostá většina hodnocených variant přinesla pozitivní výsledky, byť ve srovnání s přípravky konvenčními byl jejich efekt zpravidla nižší. Je třeba mít na paměti vysokou citlivost agens k podmínkám prostředí; při vícečetných aplikacích v průběhu vegetace se tak zvyšuje pravděpodobnost dosažení žádoucího efektu

9 Literatura

- Abdourahime H et al. 2020. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance mancozeb. *EFSA Journal* **18**. Blackwell Publishing Ltd.
- Acea MJ, Alexander M. 1988. Growth and survival of bacteria introduced into carbon amended soil. *Soil Biol Biochem* **20**:703–709.
- Adámková S, Luhová L, Petrivalsky M, Pec P. 2006. Role L-fenylalainamoniumlyasy při obranné reakci rostlin. *Chemické listy* **100**:486–494. Academia.
- Adamčík J, Tomášek J, Pulkrábek J, Pazderů K, Dvořák P. 2016. Stimulation sorghum seed leading to enlargement of optimum conditions during germination and emergence. *Plant, Soil and Environment* **62**(12):547–551.
- Agati G, Azzarello E, Pollastri S, Tattini M. 2012. Flavonoids as antioxidants in plants: Location and functional significance. *Plant Science* **196**:67–76.
- Ahmed M, Hossain M, Hassan K, Dash C K. 2013. Efficacy of different plant extract on reducing seed borne infection and increasing germination of collected rice seed sample. *Universal Journal of Plant Science* **1**(3):66–73.
- Akbarpour M, Khajeh-Hosseini M, Seifi A. 2019. Potential of a single radicle emergence count in predicting field emergence of Desi chickpea seed lots as an alternative vigour test. *Seed Science and Technology* **47**(3):319–324.
- Akgül DS, Mirik M. 2008. Biocontrol of *Phytophthora capsici* on pepper plants by *Bacillus megaterium* strains. *Journal of Plant Pathology*:29–34. JSTOR.
- Akpa E, Jacques P, Wathelet B, Paquot M, Fuchs R, Budzikiewicz H, Thonart P. 2001. Influence of culture conditions on lipopeptide production by *Bacillus subtilis*. *Applied biochemistry and biotechnology* **91**:551–561. Springer.
- Aksoylu Özbek Z, Günç Ergönül P. 2020. Determination of Physicochemical Properties, Fatty Acid, Tocopherol, Sterol, and Phenolic Profiles of Expeller–Pressed Poppy Seed Oils from Turkey. *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society* **97**:591–602. Wiley-Blackwell.
- Aladjadjiyan A. 2007. The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. *Journal of Central European Agriculture* **8**:369–380. Agronomski fakultet Zagreb.
- Alam M, Sattar A, Janardhanan KK. 1998. Management of damping-off disease of opium poppy. *Indian Phytopathology* **51**:269–272.
- Alam M, Samad A, Khaliq A, Ajayakumar P, Dhawan O P, Singh H N. 2011. Disease incidence and its management on opium poppy: A global perspective. *International Symposium on Papaver* **1036**:123–139.
- Alder A, Govender D. 2018. Gene of the month: SDH. *Journal of clinical pathology* **71**:95–97. BMJ Publishing Group.
- Amin AA, Gharib FAE, El-Awadi M, Rashad E-SM. 2011. Physiological response of onion plants to foliar application of putrescine and glutamine. *Scientia horticulturae* **129**:353–360. Elsevier.
- Anesini C, Ferraro GE, Filip R. 2008. Total Polyphenol Content and Antioxidant Capacity of Commercially Available Tea (*Camellia sinensis*) in Argentina. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56**:9225–9229. American Chemical Society.

- Angioni A, Garau A, Caboni P, Russo MT, Farris GA, Zara S, Cabras P. 2005. Gas chromatographic ion trap mass spectrometry determination of zoxamide residues in grape, grape processing, and in the fermentation process. *Journal of Chromatography A* **1097**:165–170. Elsevier.
- Anjum MZ, Adnan M, Ali SM, Bilal HM, Javaid H. 2019. Antifungal potential of biocontrol agents against *Phytophthora capsici* causing chili fruit rot. *Agric. Res. Technol* **22**:156–159.
- Araújo S, Paparella S, Dondi D, Bentivoglio A, Carbonera D, Balestrazzi A. 2016. Physical methods for seed invigoration: Advantages and challenges in seed technology. *Frontiers in Plant Science* **7**:646. Frontiers Media S.A.
- Avenot HF, Michailides TJ. 2010. Progress in understanding molecular mechanisms and evolution of resistance to succinate dehydrogenase inhibiting (SDHI) fungicides in phytopathogenic fungi. *Crop protection* **29**:643–651. Elsevier.
- Azcan N, Ozturk Kalender B, Kara M. 2004. Investigation of Turkish poppy seeds and seed oils. *Chemistry of Natural Compounds* **40**:370–372. Engineering and Architecture Faculty, Department of Chemical Engineering, Anadolu University, 26470, Eskisehir, Turkey.
- Babu S, Jayaraman S. 2020. An update on β -sitosterol: A potential herbal nutraceutical for diabetic management. *Biomedicine et Pharmacotherapy* **131**:110702. Elsevier.
- Bagárová K. 2023. Ústní sdělení na odborném semináři spolku “Český modrý mák z.s.”, Větrný Jeníkov, 7.2.2023 (Specialistka Odboru přípravků na ochranu rostlin ÚKZÚZ).
- Bahme MS. 1987. Spatial-temporal colonization patterns of a rhizobacterium on underground organs of potato. *Phytopathology* **77**:1093–1100. Scientific Societies.
- Bandara Y, Weerasooriya D K, Tesso T T, Prasad P V, Little C R. 2017. Stalk rot fungi affect grain sorghum yield components in an inoculation stage-specific manner. *Crop Protection*, **94**:97–105.
- Bailey BA, Apel-Birkhold PC, O’Neill NR, Plaskowitz J, Alavi S, Jennings JC, Anderson JD. 2000. Evaluation of infection processes and resulting disease caused by *Dendryphon penicillatum* and *Pleospora papaveracea* on *Papaver somniferum*. *Phytopathology* **90**:699–709. Am Phytopath Society.
- Balba H. 2007. Review of strobilurin fungicide chemicals. *Journal of Environmental Science and Health Part B* **42**:441–451. Taylor et Francis.
- Bartlett DW, Clough JM, Godwin JR, Hall AA, Hamer M, Parr-Dobrzanski B. 2002. The strobilurin fungicides. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science* **58**:649–662. Wiley Online Library.
- Barnawal D, Pandey S S, Bharti N, Pandey A, Ray T, Singh S, Chanotiya C S, Kalra, A. 2017. ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria protect *Papaver somniferum* from downy mildew. *Journal of Applied Microbiology* **122**(5):1286–1298.
- Bashan Y, Holguin G. 1998. Proposal for the division of plant growth-promoting rhizobacteria into two classifications: biocontrol-PGPB (plant growth-promoting bacteria) and PGPB. *Soil Biol Biochem* **30**:1225–1228. Elsevier Ltd.
- Bashir A, Rizwan M, Ali S, Zia ur Rehman M, Ishaque W, Atif Riaz M, Maqbool A. 2018. Effect of foliar-applied iron complexed with lysine on growth and cadmium (Cd) uptake in rice under Cd stress. *Environmental Science and Pollution Research* **25**:20691–20699. Springer.

- Begum M M, Sariah M, Puteh A B, Abidin M A Z. 2008. Pathogenicity of *Colletotrichum truncatum* and its influence on soybean seed quality. *International Journal of Agriculture and Biology*, **10**(4):393–398.
- Bělonožníková K, Hýsková V, Chmelík J, Kavan D, Čeřovská N, Ryšlavá H. 2022. *Pythium oligandrum* in plant protection and growth promotion: Secretion of hydrolytic enzymes, elicitors, and tryptamine as auxin precursor. *Microbiological Research*:126976. Elsevier.
- Benhamou N, Bélanger RR, Rey P, Tirilly Y. 2001. Oligandrin, the elicitor-like protein produced by the mycoparasite *Pythium oligandrum*, induces systemic resistance to *Fusarium* crown and root rot in tomato plants. *Plant Physiology and Biochemistry* **39**:681–696. Elsevier Masson.
- Benhamou N, le Floch G, Vallance J, Gerbore J, Grizard D, Rey P. 2012. *Pythium oligandrum*: an example of opportunistic success. *Microbiology* **158**:2679–2694. Microbiology Society.
- Benhamou N, Rey P, Picard K, Tirilly Y. 1999. Ultrastructural and cytochemical aspects of the interaction between the mycoparasite *Pythium oligandrum* and soilborne plant pathogens. *Phytopathology* **89**:506–517. Am Phytopath Society.
- Berge O, Guinebretière M-H, Achouak W, Normand P, Heulin T. 2002. *Paenibacillus graminis* sp. nov. and *Paenibacillus odorifer* sp. nov., isolated from plant roots, soil, and food. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* **52**:607–616. Microbiology Society.
- Bersching K, Jacob S. 2021. The molecular mechanism of fludioxonil action is different to osmotic stress sensing. *Journal of Fungi* **7**:393. MDPI.
- Bewely JD, Black M. 1994. *Seeds: Physiology of development and germination*. Plenum Press New York and London.
- Booth M. 2013. *Opium: A history*. St. Martin's Griffin.
- Boz H. 2015. Ferulic acid in cereals-a review. *Czech Journal of Food Sciences* **33**:1–7.
- Bozan B, Temelli F. 2008. Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. *Bioresource Technology* **99**:6354–6359. Elsevier.
- Bowden L, Landais L. 2018. The impact of light and high light on seed germination and the radicle emergence test. *Seed Science and Technology* **46**(3):465–471.
- Brandt U, Haase U, Schaegger H, von Jagow G. 1993. Species specificity and mechanism of action of strobilurins. *Dechema Monogr* **129**:27–38.
- Cacco G, Dell'Agnola G. 1984. Plant growth regulator activity of soluble humic complexes. *Canadian Journal of Soil Science* **64**:225–228. NRC Research Press Ottawa, Canada.
- Calderón R, Montes-Borrego M, Landa BB, Navas-Cortés JA, Zarco-Tejada PJ. 2014. Detection of downy mildew of opium poppy using high-resolution multi-spectral and thermal imagery acquired with an unmanned aerial vehicle. *Precision Agriculture* **15**:639–661. Springer.
- Cao YP, Gao ZK, Li JT, Xu GH, Wang M. 2006. Effects of extraneous glutamic acid on nitrate contents and quality of chinese chive. Pages 91–98 *International Symposium on Vegetable Safety and Human Health* 856.
- Caraveo C, Valdez F, Castillo O, Melin P. 2016. A new metaheuristic based on the self-defense techniques of the plants in nature. Pages 1–5 *2016 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*. IEEE.

- Casida JE, Durkin KA. 2013. Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annu Rev Entomol* **58**:99–117.
- Cerdán M, Sánchez-Sánchez A, Jordá JD, Juárez M, Sánchez-Andreu J. 2013. Effect of commercial amino acids on iron nutrition of tomato plants grown under lime-induced iron deficiency. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **176**:859–866. Wiley Online Library.
- Çevik R, Demir S, Türkölmez Ş, Boyno G. 2022. The Effect of *Clonostachys rosea* (sch.) Schroers and Samuels Against *Verticillium wilt* (*Verticillium dahliae* Kleb.) and Early Blight (*Alternaria solani*). *Diseases in Tomato Plants. Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences* **32**:372–382.
- Chen YP, Rekha PD, Arun AB, Shen FT, Lai W-A, Young CC. 2006. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Applied soil ecology* **34**:33–41. Elsevier.
- Chen YP, Yue M, Wang X-L. 2005. Influence of He–Ne laser irradiation on seeds thermodynamic parameters and seedlings growth of *Isatis indogotica*. *Plant Science* **168**:601–606. Elsevier.
- Chet I. 1987. *Trichoderma*: application, mode of action, and potential as biocontrol agent of soilborne plant pathogenic fungi. *Innovative approaches to plant disease control*:137–160. John Wiley et Sons.
- Cheynier V, Comte G, Davies KM, Lattanzio V, Martens S. 2013. Plant phenolics: Recent advances on their biosynthesis, genetics, and ecophysiology. *Plant Physiology and Biochemistry* **72**:1–20. Elsevier Masson.
- Chouvy PA. 2010. *Opium: uncovering the politics of the poppy*. Harvard University Press.
- Christoff A. 1930. The *Pleospora* disease of cultivated Poppy. The *Pleospora* disease of cultivated Poppy. Sofia, Government Printing Office.
- Cihlár P, Martin L, Pšenička P, Vašák J. 2008. Výsledky z pokusů v roce 2007. *Sborník Odborných Seminářů „Mák v Roce 2007“* 7:86–88.
- Cihlár P, Tomášek J, Vašák J. 2017. Zakládání porostů máku - známé skutečnosti a možnosti podpory vzcházení rostlin. *Agromanuál* **2**:98-99
- Cihlár P, Vašák J, Pšenička P. 2007. Agrotechnika 2 t/ha máku a poznatky. *Sborník Odborných Seminářů „Mák v Roce 2007“* 7:66–71.
- Cihlár P, Vašák J, Pšenička P, Mikšík V, Vlk R, Kosek Z. 2008. Intenzivní pěstování máku. *Pestovanie Maku. Zborník z Odborného Seminára, Piešťany* **26**, 19–22.
- Cihlár P, Vašák J, Tomášek J. 2014. Mák ve výsledcích pokusů roku 2014. *Sborník z Konference „Prosperující Olejny“* 11–12.
- Cocco P. 2022. Time for Re-Evaluating the Human Carcinogenicity of Ethylenedithiocarbamate Fungicides? A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **19**:2632. MDPI.
- Copeland LO, McDonald MB. 1995. *Principles and practices of seed production*. New York: Chapman and Hall.
- Conversa G, Bonasia A, Lazzizzera C, Elia A. 2014. Pre-harvest nitrogen and azoxystrobin application enhances raw product quality and post-harvest shelf-life of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture* **94**(15):3263–3272.

- Cram M M, Fraedrich S W. 2009. Seed diseases and seedborne pathogens of North America. Plant pathologist, Forest Service, Forest Health Protection, Athens, Georgia **53**(2):35-44
- Crosier WF, Heit CE. 1964. Seed-borne fungi of anchusa, China aster, poppy, and zinnia. Pages 87–92 Proceedings of the Association of Official Seed Analysts. JSTOR.
- Dąbrowski G, Czaplicki S, Konopka I. 2020. Composition and quality of poppy (*Papaver somniferum* L.) seed oil depending on the extraction method. LWT **134**:110167. Academic Press.
- Daniel O, Meier M S, Schlatter J, Frischknecht P. 1999. Selected phenolic compounds in cultivated plants: ecologic functions, health implications, and modulation by pesticides. Environmental Health Perspectives **107**(1):109–114.
- Debeaujon I, Koornneef M. 2000. Gibberellin requirement for *Arabidopsis* seed germination is determined both by testa characteristics and embryonic abscisic acid. Plant physiology **122**:415–424. Am Soc Plant Biol.
- del Serrone P, Annesi T. 1988. Pathogenicity and hostspecificity of *Pleospora papaveracea*, a candidate for biological control of poppy (*Papaver rhoeas*). VII International Symposium on Biological Control of Weeds, Rome 6–11.
- Delouche JC, Caldwell WP. 1960. Seed vigor and vigor tests. Pages 124–129 Proceedings of the Association of Official Seed Analysts. JSTOR.
- Dewar A, Tait M, Stevens M. 2011. Efficacy of thiamethoxam seed treatment against aphids and turnip yellows virus in oilseed rape. Aspects of Applied Biology **106**:195-202
- Dewar A. 2013. If Neonicotinoids Go, What Next? Outlooks on Pest Management **24**:146. Research Information Ltd.
- Diederichsen A, Raney J P. 2006. Seed colour, seed weight and seed oil content in *Linum usitatissimum* accessions held by Plant Gene Resources of Canada. Plant Breeding **125**(4):372–377.
- Droby S, Wisniewski M, Macarasin D, Wilson C. 2009. Twenty years of postharvest biocontrol research: is it time for a new paradigm? Postharvest biology and technology **52**:137–145. Elsevier.
- Duffy B, Schouten A, Raaijmakers JM. 2003. Pathogen self-defense: mechanisms to counteract microbial antagonism. Annual review of phytopathology **41**:501–538.
- Duman E, Özcan M M. 2015. Proximate analysis and fatty acid composition assessment of three different colored poppy seed oils. La Rivista Italiana Delle Sostanze grasse **97**:183-186.
- Dündar E D, Aydeniz B, Yilmaz E. 2015. Effects of roasting and enzyme pretreatments on yield and quality of cold-pressed poppy seed oils. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, **39**(2):260–271.
- Dutzmann S, Suty-Heinze A. 2004. Prothioconazole: a broad spectrum demethylation-inhibitor (DMI) for arable crops. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer **57**:249–264. Bayer AG.
- Ehrenbergerová J. 2014. Odrůdy, osivo a sadba. Mendelova univerzita v Brně.
- Eilenberg J, Hajek A, Lomer C. 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. BioControl **46**:387–400. Springer.
- Erinç H, Tekin A, Özcan MM. 2009. Determination of fatty acid, tocopherol and phytosterol contents of the oils of various poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds. Grasas y Aceites **60**:375–381.

- Emara A R, Ibrahim H M, Masoud S A. 2021. The role of storage on Mancozeb fungicide formulations and their antifungal activity against *Fusarium oxysporium* and *Rhizoctonia solani*. *Arabian Journal of Chemistry* **14**(10):103322.
- Fábry A. 1992. Olejniny. Park Centrum.
- Fahimi F, Soury MK, Yaghobi F. 2016. Growth and development of greenhouse cucumber under foliar application of Biomin and Humifolin fertilizers in comparison to their soil application and NPK. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* **7**. Isfahan University of Technology.
- Farr DF, O'Neill NR, Berkum PB van. 2000. Morphological and molecular studies on *Dendryphion penicillatum* and *Pleospora papaveracea*, pathogens of *Papaver somniferum*. *Mycologia* **92**:145–153. Taylor et Francis.
- Fatema U, Broberg A, Jensen DF, Karlsson M, Dubey M. 2018. Functional analysis of polyketide synthase genes in the biocontrol fungus *Clonostachys rosea*. *Scientific Reports* **8**:1–17. Nature Publishing Group.
- Fejér J, Salamon I. 2011. Poppy (*Papaver somniferum* L.) as a special crop in the Slovakian history and culture. Pages 107–109 International Symposium on Papaver 1036.
- Fernandez de Simon B, Perez-Illarbe J, Hernandez T, Gomez-Cordoves C, Estrella I. 1992. Importance of phenolic compounds for the characterization of fruit juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **40**(9):1531–1535.
- Finch-Savage WE, Leubner-Metzger G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New phytologist* **171**:501–523. Wiley Online Library.
- Finkelstein R, Reeves W, Ariizumi T, Steber C. 2008. Molecular aspects of seed dormancy. *Annual review of plant biology* **59**.
- Fotschki B, Opyd P, Juśkiewicz J, Wiczowski W, Jurgoński A. 2020. Comparative effects of dietary hemp and poppy seed oil on lipid metabolism and the antioxidant status in lean and obese zucker rats. *Molecules* **25**:2921. MDPI.
- Francis I, Holsters M, Vereecke D. 2010. The Gram-positive side of plant–microbe interactions. *Environmental Microbiology* **12**:1–12. Wiley Online Library.
- Gardan L, Cottin S, Bollet C, Hunault G. 1991. Phenotypic heterogeneity of *Pseudomonas syringae* van Hall. *Res Microbiol* **142**:995–1003.
- Gehmann K, Nyfeler R, Leadbeater AJ, Nevill DJ, Sozzi D. 1990. CGA 173506: a new phenylpyrrole fungicide for broad-spectrum disease control. Brighton Crop Protection Conference, Pests and Diseases-1990 **2**:399-409. British Crop Protection Council.
- Gerbore J, Benhamou N, Vallance J, le Floch G, Grizard D, Regnault-Roger C, Rey P. 2014. Biological control of plant pathogens: advantages and limitations seen through the case study of *Pythium oligandrum*. *Environmental Science and Pollution Research* **21**:4847–4860. Springer.
- Gerhardson B. 2002. Biological substitutes for pesticides. *Trends Biotechnol* **20**:338–343.
- Ghafoor K, Özcan MM, AL-Juhaimi F, Babiker EE, Fadimu GJ. 2019. Changes in quality, bioactive compounds, fatty acids, tocopherols, and phenolic composition in oven- and microwave-roasted poppy seeds and oil. *LWT* **99**:490–496. Academic Press.
- Gill S S, Tuteja N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry* **48**(12):909–930.

- Gillmeister M, Ballert S, Raschke A, Geistlinger J, Kabrodt K, Baltruschat H, Deising HB, Schellenberg I. 2019. Polyphenols from *Rheum* roots inhibit growth of fungal and oomycete phytopathogens and induce plant disease resistance. *Plant Disease* **103**:1674–1684. American Phytopathological Society.
- Glick BR. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can J Microbiol* **41**:109–117. Canadian Science Publishing.
- Gök V. 2015. Effect of replacing beef fat with poppy seed oil on quality of Turkish sucuk. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* **35**:240–247. Korean Society for Food Science of Animal Resources.
- Gopi R, Jaleel CA, Sairam R, Lakshmanan GMA, Gomathinayagam M, Panneerselvam R. 2007. Differential effects of hexaconazole and paclobutrazol on biomass, electrolyte leakage, lipid peroxidation and antioxidant potential of *Daucus carota* L. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* **60**:180–186. Elsevier.
- Govindasamy V, Senthilkumar M, Magheshwaran V, Kumar U, Bose P, Sharma V, Annapurna K. 2010. *Bacillus* and *Paenibacillus* spp.: potential PGPR for sustainable agriculture. *Microbiology Monographs* **18**:333–364. Springer.
- Gravel V, Antoun H, Tweddell RJ. 2007. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: possible role of indole acetic acid (IAA). *Soil Biology and Biochemistry* **39**:1968–1977. Elsevier.
- Grohs M, Marchesan E, Roso R, Formentini T C, Oliveira M L. 2012. Desempenho de cultivares de arroz com uso de reguladores de crescimento, em diferentes sistemas de cultivo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **47**:776–783.
- Gullino ML, Tinivella F, Garibaldi A, Kemmitt GM, Bacci L, Sheppard B. 2010. Mancozeb: past, present, and future. *Plant Disease* **94**:1076–1087. Am Phytopath Society.
- Guy P A, Black M. 1998. Germination-related proteins in wheat revealed by differences in seed vigour. *Seed Science Research* **8**(2):99–112.
- Hagel JM, Macleod BP, Facchini PJ. 2007. II. 2 Opium poppy. *Biotechnology in agriculture and forestry, Transgenic Crops VI* **61**. Springer.
- Harman GE, Donzelli BGG. 2001. Enhancing crop performance and pest resistance with genes from biological control agents. *Proc. of the NATO Advanced Research Workshop on Enhancing Biocontrol Agents and handling Risks* 9-15.
- Harman GE, Shores M. 2007. The mechanisms and applications of symbiotic opportunistic plant symbionts. *Novel biotechnologies for biocontrol agent enhancement and management* 131-155. Springer.
- Hasan M M, Rahman S M E, Kim G H, Abdallah E, Oh D H. 2012. Antagonistic potentiality of *Trichoderma harzianum* towards seed-borne fungal pathogens of winter wheat cv. Protiva in vitro and in vivo. *Journal of Microbiology and Biotechnology* **22**(5):585–591.
- Hermosa R, Viterbo A, Chet I, Monte E. 2012. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. *Microbiology* **158**:17–25. Microbiology Society.
- Hlinková A, Havrlentová M, Šupová J, Bednářová A. 2019. Poppy seed (*Papaver somniferum* L.): Effect of genotype and year of cultivation on variation in its lipid composition. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* **9**:908–922.

- Honda H, Tomizawa M, Casida JE. 2007. Insect muscarinic acetylcholine receptor: pharmacological and toxicological profiles of antagonists and agonists. *Journal of agricultural and food chemistry* **55**:2276–2281. ACS Publications.
- Honsová H, Cihlár P. 2018. Klíčivost a vitalita osiva máku ve vztahu k produktivitě porostu v roce 2018. *Prosperující olejnin* 99–101. Česká zemědělská univerzita.
- Houba M, Hosnedl V. 2002. Osivo a sadba. Ing. Martin Sedláček.
- Hussain A, Ali S, Rizwan M, Zia ur Rehman M, Hameed A, Hafeez F, Alamri SA, Alyemeni MN, Wijaya L. 2018. Role of zinc–lysine on growth and chromium uptake in rice plants under Cr stress. *Journal of plant growth regulation* **37**:1413–1422. Springer.
- Ijaz M, Honermeier B. 2012. Effect of triazole and strobilurin fungicides on seed yield formation and grain quality of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). *Field Crops Research* **130**:80–86. Elsevier.
- ISTA - International Seed Testing Association, Switzerland. (2018). International rules for seed testing. Edition 2018.
- Jacob S, Brandhorst TT. 2020. The mechanism of phenylpyrrole fungicides cannot be explained by a stearic effect upon triosephosphate isomerase alone. OSF Preprints.
- Jacob S, Foster AJ, Yemelin A, Thines E. 2015. High osmolarity glycerol (HOG) signalling in *Magnaporthe oryzae*: Identification of MoYPD1 and its role in osmoregulation, fungicide action, and pathogenicity. *Fungal Biology* **119**:580–594. Elsevier.
- Jakl M, Kovač I, Čavar Zeljković S, Jaklová Dytrtová J. 2021a. Triazole fungicides in soil affect the yield of fruit, green biomass, and phenolics production of *Solanum lycopersicum* L. *Food Chemistry* **351**:129328. Elsevier.
- Jakl M, Zeljković SČ, Kovač I, Bělonožníková K, Dytrtová JJ. 2021b. Side effects of triazoles on treated crops. *Chemosphere* **277**:130242. Elsevier.
- Jeppsen RB. 1991. Mineral supplementation in plants via amino acid chelation. *Biological Trace Element Research* **445**(25): 320-331. ACS.
- Jensen B, Knudsen I M B, Jensen D F. 2000. Biological seed treatment of cereals with fresh and long-term stored formulations of *Clonostachys rosea*: biocontrol efficacy against *Fusarium culmorum*. *European Journal of Plant Pathology* **106**:233–242.
- Jesus A, Bonhomme V, Evin A, Ivorra S, Soteras R, Salavert A, Antolin F, Bouby L. 2021. A morphometric approach to track opium poppy domestication. *Scientific reports* **11**:1–11. Nature Publishing Group.
- Jiang J, He X, Li L, Li J, Shao H, Xu Q, Ye R, Dong Y. 2014. Effect of cold plasma treatment on seed germination and growth of wheat. *Plasma Science and Technology* **16**:54. IOP Publishing.
- Kabdwal B C, Sharma R, Tewari R, Tewari A K, Singh R P, Dandona J K. 2019. Field efficacy of different combinations of *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas fluorescens*, and arbuscular mycorrhiza fungus against the major diseases of tomato in Uttarakhand (India). *Egyptian Journal of Biological Pest Control* **29**(1):1–10.
- Kai M, Effmert U, Berg G, Piechulla B. 2007. Volatiles of bacterial antagonists inhibit mycelial growth of the plant pathogen *Rhizoctonia solani*. *Archives of Microbiology* **187**:351–360.
- Kara N. 2017. The effects of autumn and spring sowing on yield, oil and morphine contents in the Turkish poppy (*Papaver somniferum* L.) cultivars. *Turkish Journal of Field Crops* **22**(1):39-46

- Karlin A. 2002. Emerging structure of the nicotinic acetylcholine receptors. *Nature Reviews Neuroscience* **3**:102–114. Nature Publishing Group.
- Kavitha S, Senthilkumar S, Gnanamanickam S, Inayathullah M, Jayakumar R. 2005. Isolation and partial characterization of antifungal protein from *Bacillus polymyxa* strain VLB16. *Process biochemistry* **40**:3236–3243. Elsevier.
- Kgatle MG, Flett B, Truter M, Aveling TAS. 2020. Control of *Alternaria* leaf blight caused by *Alternaria alternata* on sunflower using fungicides and *Bacillus amyloliquefaciens*. *Crop protection* **132**:105146. Elsevier.
- Khanzada KA, Rajput MA, Shah GS, Lodhi AM, Mehboob F. 2002. Effect of seed dressing fungicides for the control of seed borne mycoflora of wheat. *Asian J. Plant Sci* **1**:441–444.
- Kilani J, Fillinger S. 2016. Phenylpyrroles: 30 years, two molecules and (nearly) no resistance. *Frontiers in microbiology* **7**:2014. Frontiers Media SA.
- Knicker H, Fründ R, Lüdemann H-D. 1993. The chemical nature of nitrogen in native soil organic matter. *Naturwissenschaften* **80**:219–221. Springer-Verlag.
- Koca N, Karaman Ş. 2015. The effects of plant growth regulators and L-phenylalanine on phenolic compounds of sweet basil. *Food Chemistry* **166**:515–521.
- Koeduka T, Sugimoto K, Watanabe B, Someya N, Kawanishi D, Gotoh T, Ozawa R, Takabayashi J, Matsui K, Hiratake J. 2014. Bioactivity of natural O-prenylated phenylpropenes from *Illicium anisatum* leaves and their derivatives against spider mites and fungal pathogens. *Plant Biology* **16**:451–456. John Wiley et Sons, Ltd.
- Król B, Paszko T. 2017. Harvest date as a factor affecting crop yield, oil content and fatty acid composition of the seeds of calendula (*Calendula officinalis* L.) cultivars. *Industrial Crops and Products* **97**:242–251.
- Krošlák E, Maliar T, Nemeček P, Viskupičová J, Maliarová M, Havrlentová M, Kraic J. 2017. Antioxidant and proteinase inhibitory activities of selected poppy (*Papaver somniferum* L.) genotypes. *Chemistry et Biodiversity* **14**(9):e1700176.
- Kubicek CP, Mach RL, Peterbauer CK, Lorito M. 2001. *Trichoderma*: from genes to biocontrol. *Journal of Plant Pathology*: **1**:1–23. JSTOR.
- Kuchtová P. 2012. Mák setý v ekologickém zemědělství. *Zemědělec* 31.
- Kuchtová P, Dvořák P, Tomášek J, Pšenička P. 2008. Treatment effects of fungicidal bioagents on poppy seeds (*Papaver somniferum* L.). *Bioacademy 2008-Proceedings, New Developments in Science and Research on Organic Agriculture* 78–81.
- Kuchtová P, Hájková M, Havel J, Kazda J, Plachká E, Dvořák P. 2013. Pěstitelská technologie máku pro ekologické zemědělství. *Certifikovaná Metodika. Česká Zemědělská Univerzita v Praze. OSEVA Vývoj a Výzkum Sro.*
- Kuchtová P, Plachká E, Hájková M, Kazda J, Dvorak P. 2010. Results of trials with poppy seed (*Papaver somniferum*) in organic and integrated production technology. *Pestovatelske Technologie a Ich Význam Pre Praxi* **1**(1):14–19.
- Kuklinsky-Sobral J, Araújo WL, Mendes R, Pizzirani-Kleiner AA, Azevedo JL. 2005. Isolation and characterization of endophytic bacteria from soybean (*Glycine max*) grown in soil treated with glyphosate herbicide. *Plant Soil* **273**:91–99.
- Kurosaki F, Amin M, Nishi A. 1986. Induction of phytoalexin production and accumulation of phenolic compounds in cultured carrot cells. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, **28**(3):359–370.

- Kurzawińska, H, Mazur, S. 2009. The evaluation of *Pythium oligandrum* and chitosan in control of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary on potato plants. *Folia Horticulturae*, **21**(2), 13–23.
- Lachman J, Miholová D, Pivec V, Jírů K, Janovská D. 2011. Content of phenolic antioxidants and selenium in grain of einkorn (*Triticum monococcum*), emmer (*Triticum dicoccum*) and spring wheat (*Triticum aestivum*) varieties. *Plant, Soil and Environment* **57**:235–243.
- Lančaričová A, Havrlentová M, Muchová D, Bednářová A. 2016. Oil content and fatty acids composition of poppy seeds cultivated in two localities of Slovakia. *Agriculture* **62**:19–27. Walter de Gruyter GmbH.
- Landa BB, Montes-Borrego M, Muñoz-Ledesma FJ, Jiménez-Díaz RM. 2007. Phylogenetic analysis of downy mildew pathogens of opium poppy and PCR-based in planta and seed detection of *Peronospora arborescens*. *Phytopathology* **97**:1380–1390. Am Phytopath Society.
- Landa BB, Montes-Borrego M, Muñoz-Ledesma FJ, SA A, Jiménez-Díaz RM. 2005. First report of downy mildew of opium poppy caused by *Peronospora arborescens* in Spain. *Plant Disease* **89**:338. Am Phytopath Society.
- Lanka S K, Senthil-Nathan S, Blouin D J, Stout M J. 2017. Impact of thiamethoxam seed treatment on growth and yield of rice, *Oryza sativa*. *Journal of Economic Entomology*, **110**(2):479–486.
- le Floch G, Rey P, Benizri E, Benhamou N, Tirilly Y. 2003. Impact of auxin-compounds produced by the antagonistic fungus *Pythium oligandrum* or the minor pathogen *Pythium* group F on plant growth. *Plant and Soil* **257**:459–470. Springer.
- Leader A, Kemmitt G, Orpin C. 2008. Dithane keeping an old friend going. Page Proc. 2008 Euroblight Workshop, Hamar, Norway.
- Leroux P. 1996. Recent developments in the mode of action of fungicides. *Pesticide Science* **47**:191–197. Wiley Online Library.
- Levent H, Sayaslan A, Yeşil S. 2020. Physicochemical and sensory quality of gluten-free cakes supplemented with grape seed, pomegranate seed, poppy seed, flaxseed, and turmeric. *Journal of Food Processing and Preservation* **45**:e15148. Blackwell Publishing Ltd.
- Lifshitz R, Simonson C, Scher FM, Kloepper JW, Rodrick-Semple C, Zaleska I. 1986. Effect of *rhizobacteria* on the severity of *Phytophthora* root rot of soybean. *Can J Plant Pathol* **8**:102–106.
- Ligon JM, Hill DS, Hammer PE, Torkewitz NR, Hofmann D, Kempf H, Pée K van. 2000. Natural products with antifungal activity from *Pseudomonas* biocontrol bacteria. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science* **56**:688–695. Wiley Online Library.
- Li L, Shewry PR, Ward JL. 2008. Phenolic acids in wheat varieties in the HEALTHGRAIN diversity screen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56**(21):9732–9739.
- Lim J-H, Kim S-D. 2010. Biocontrol of *Phytophthora* blight of red pepper caused by *Phytophthora capsici* using *Bacillus subtilis* AH18 and *B. licheniformis* K11 formulations. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry* **53**:766–773. Springer.
- Lin J, Gong D, Zhu S, Zhang L, Zhang L. 2011. Expression of PPO and POD genes and contents of polyphenolic compounds in harvested mango fruits in relation to Benzothiadiazole-induced defense against anthracnose. *Scientia Horticulturae* **130**:85–89. Elsevier.

- Lohr V. 2022. Mák v roce 2021 a výhled na další období. Makový občasník **21**:27–33. Česká zemědělská univerzita v Praze.
- Loper JE, Haack C, Schroth MN. 1985. Population dynamics of soil pseudomonads in the rhizosphere of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Applied and Environmental Microbiology* **49**:416–422. Am Soc Microbiol.
- López-Bucio J, Pelagio-Flores R, Herrera-Estrella A. 2015. *Trichoderma* as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. *Scientia horticulturae* **196**:109–123. Elsevier.
- Lorito M, Woo SL, Harman GE, Monte E. 2010. Translational research on *Trichoderma*: from 'omics to the field. *Annual review of phytopathology* **48**:395–417. Annual Reviews.
- Malandrakis AA, Apostolidou ZA, Louka D, Markoglou A, Flouri F. 2018. Biological and molecular characterization of field isolates of *Alternaria alternata* with single or double resistance to respiratory complex II and III inhibitors. *European Journal of Plant Pathology* **152**:199–211. Springer.
- Malandrakis AA, Kavroulakis N, Avramidou M, Papadopoulou KK, Tsaniklidis G, Chrysikopoulos C v. 2021a. Metal nanoparticles: Phytotoxicity on tomato and effect on symbiosis with the *Fusarium solani* FsK strain. *Science of The Total Environment* **787**:147606. Elsevier.
- Malandrakis AA, Kavroulakis N, Chrysikopoulos C v. 2021b. Copper nanoparticles against benzimidazole-resistant *Monilinia fructicola* field isolates. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **173**:104796. Elsevier.
- Margot P, Huggenberger F, Amrein J, Weiss B. 1998. CGA 279202: a new broad-spectrum strobilurin fungicide. British Crop Protection Council.
- Marinković B, Grujić M, Marinković D, Crnobarac J, Marinković J, Jaćimović G, Mircov D-V. 2008. Use of biophysical methods to improve yields and quality of agricultural products. *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)* **53**:235–242.
- Marchi J L, de Cicero S M, Gomes Junior F G. 2011. Using computerized analysis of seedlings to evaluate the physiological potential of peanut seeds treated with fungicide and insecticide. *Revista Brasileira de Sementes* **33**:652–662
- Marschner H. 2011. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press.
- Matthews S, Khajeh-Hosseini M. 2007. Length of the lag period of germination and metabolic repair explain vigour differences in seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed Science and Technology* **35**(1):200–212.
- Matthews S, Powell A. 2012. Towards automated single counts of radicle emergence to predict seed and seedling vigour. *Seed Testing International (ISTA Bulletin)* **142**:44–48.
- Meena B, Radhajeyalakshmi R, Vidhyasekaran P, Velazhahan R. 2000. Effect of foliar application of *Pseudomonas fluorescens* on activities of phenylalanine ammonia-lyase, chitinase and β -1, 3-glucanase and accumulation of phenolics in rice. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* **34**(4):307–315.
- Mercado-Blanco J, Bakker PAHM. 2007. Interactions between plants and beneficial *Pseudomonas* spp.: exploiting bacterial traits for crop protection. *Antonie van Leeuwenhoek* 2007 92:4 **92**:367–389. Springer.

- Meru G, Fu Y, Leyva D, Sarnoski P, Yagiz Y. 2018. Phenotypic relationships among oil, protein, fatty acid composition and seed size traits in *Cucurbita pepo*. *Scientia Horticulturae* **233**:47–53.
- Meszka B, Bielenin A. 2010. Polyversum WP a new biological product against strawberry grey mould. *Phytopathologia* **58**:13–19.
- Miller JS, Olsen N, Woodell L, Porter LD, Clayson S. 2006. Post-harvest applications of zoxamide and phosphite for control of potato tuber rots caused by oomycetes at harvest. *American Journal of Potato Research* **83**:269–278. Springer.
- Miransari M, Smith DL. 2014. Plant hormones and seed germination. *Environmental and Experimental Botany* **99**:110–121. Elsevier.
- Montes-Borrego M, Muñoz-Ledesma FJ, Jiménez-Díaz RM, Landa BB. 2009. A nested-PCR protocol for detection and population biology studies of *Peronospora arborescens*, the downy mildew pathogen of opium poppy, using herbarium specimens and asymptomatic, fresh plant tissues. *Phytopathology* **99**:73–81.
- Montes-Borrego M, Muñoz-Ledesma FJ, Jiménez-Díaz RM, Landa BB. 2011. Real-time PCR quantification of *Peronospora arborescens*, the opium poppy downy mildew pathogen, in seed stocks and symptomless infected plants. *Plant Disease* **95**:143–152. American Phytopathological Society.
- Morales-Rodríguez A, Wanner KW. 2015. Efficacy of thiamethoxam and fipronil, applied alone and in combination, to control *Limonius californicus* and *Hypnoidus bicolor* (Coleoptera: Elateridae). *Pest Management Science* **71**(4):584–591.
- Morton V, Staub T. 2008. A short history of fungicides. *APSnet Features* **308**. American Phytopathological Society.
- Moshatati A, Gharineh MH. 2012. Effect of grain weight on germination and seed vigor of wheat. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* **4**(8):458–460.
- M'piga P, Belanger RR, Paulitz TC, Benhamou N. 1997. Increased resistance to *Fusarium oxysporum* sp. radialis-lycopersici in tomato plants treated with the endophytic bacterium *Pseudomonas fluorescens*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* **50**(5):301–320.
- Mueller D, Wise KA, Dufault NS, Bradley CA, Chilvers MI. 2013. Fungicides for field crops. American Phytopathological Society.
- Musa Özcan M, Atalay Ç. 2006. Determination of seed and oil properties of some poppy (*Papaver somniferum* L.) varieties. *Grasas y Aceites* **57**:169–174.
- Mustapha Y, Réda D, Houria B, Nacira H. 2009. Effects of artea, a systemic fungicide, on the antioxidant system and the respiratory activity of durum wheat (*Triticum durum* L.). *African Journal of Biotechnology* **7**(5):591–594.
- Nardi S, Ertani A, Francioso O. 2017. Soil–root cross-talking: The role of humic substances. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **180**:5–13. John Wiley et Sons, Ltd.
- Navas-Cortés JA, Montes-Borrego M, Muñoz-Ledesma FJ, Jiménez-Díaz RM, Landa BB. 2009. Soil-borne oospores of *Peronospora arborescens* as a major primary inoculum for opium poppy downy mildew epidemics in Southern Spain. Pages 108–110 Proc 10th Int Epidemiol Workshop.
- Nergiz C, Ötles S. 1994. The proximate composition and some minor constituents of poppy seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **66**:117–120. Wiley Online Library.

- Nerson H. 1980. Effects of population density and number of ears on wheat yield and its components. *Field Crops Research* **3**(C):225–234.
- Ngalimat MS, Yahaya RSR, Baharudin MMA, Yaminudin SM, Karim M, Ahmad SA, Sabri, S. 2021. A review on the biotechnological applications of the operational group *Bacillus amyloliquefaciens*. *Microorganisms* **9**(3):614.
- Nimet K, Baydar H. 2018. Examining of relationships among traits using correlation, path and principal components analysis methods in Turkish opium poppy (*Papaver somniferum* L.) cultivars. *Journal of Agricultural Sciences* **24**(2):286–295.
- Norn S, Kruse PR, Kruse E. 2005. History of opium poppy and morphine. *Dansk medicinhistorisk arbog* **33**:171–184.
- Novák J, Skalický M. 2017. *Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika*. Powerprint.
- Kwok OCH. 1987. Interactions between bacteria and *Trichoderma hamatum* in suppression of Rhizoctonia damping-off in bark compost media. *Phytopathology* **77**:1206–1212. Scientific Societies.
- Oh BT, Hur H, Lee KJ, Shanthi K, Soh BY, Lee WJ, Myung H, Kamala-Kannan S. 2011. Suppression of Phytophthora blight on pepper (*Capsicum annuum* L.) by bacilli isolated from brackish environment. **21**:1297–1311. Taylor et Francis
- O'Neill NR, Jennings JC, Bailey BA, Farr DF. 2000. *Dendryphion penicillatum* and *Pleospora papaveracea*, destructive seedborne pathogens and potential mycoherbicides for *Papaver somniferum*. *Phytopathology* **90**:691–698. American Phytopathological Society.
- Ongena M, Duby F, Jourdan E, Beaudry T, Jadin V, Dommes J, Thonart P. 2005. *Bacillus subtilis* M4 decreases plant susceptibility towards fungal pathogens by increasing host resistance associated with differential gene expression. *Applied Microbiology and Biotechnology* **67**:692–698. Springer.
- Ongena M, Jacques P. 2008. *Bacillus lipopeptides*: versatile weapons for plant disease biocontrol. *Trends in microbiology* **16**:115–125. Elsevier.
- Ou S, Kwok K. 2004. Ferulic acid: pharmaceutical functions, preparation, and applications in foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **84**:1261–1269. Wiley Online Library.
- Ozden E, Ozdamar C, Demir I. 2018. Radicle emergence test estimates predictions of percentage normal seedlings in standard germination tests of aubergine (*Solanum melongena* L.) seed lots. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* **46**(1):177–182.
- Özer H, Oral E, Dogru Ü. 1999. Relationships between yield and yield components on currently improved spring rapeseed cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* **23**(6):603–608.
- Palleroni NJ, Kunisawa R, Contopoulou R, Doudoroff M. 1973. Nucleic acid homologies in the genus *Pseudomonas*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* **23**:333–339. Microbiology Society.
- Pandey S, Giri K, Kumar R, Mishra G, Raja Rishi R. 2018. Nanopesticides: opportunities in crop protection and associated environmental risks. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences* **88**:1287–1308. Springer.

- Pánek M, Hanáček A, Wenzlová J, Maňasová M, Zouhar M. 2021. A comparison of the ability of some commercially produced biological control agents to protect strawberry plants against the plant pathogen *Phytophthora cactorum*. *Agriculture* **11**:1086. MDPI.
- Panina Y, Fravel DR, Baker CJ, Shcherbakova LA. 2007. Biocontrol and plant pathogenic *Fusarium oxysporum*-induced changes in phenolic compounds in tomato leaves and roots. *Journal of Phytopathology* **155**(7-8):475–481.
- Patel AK, Pande SK, Singh S, Vishwakarma S. 2020. Eco-friendly Management of Downy Mildew of Opium Poppy. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci* **9**:1297–1302.
- Paulitz TC, Bélanger RR. 2001. Biological control in greenhouse systems. *Annual review of phytopathology* **39**:103–133. Annual Reviews 4139 El Camino Way, PO Box 10139, Palo Alto, CA 94303-0139, USA.
- Pawar S, Chaudhari A, Prabha R, Shukla R, Singh DP. 2019. Microbial pyrrolnitrin: Natural metabolite with immense practical utility. *Biomolecules* **9**:443. MDPI.
- Pazderů K. 2009. Význam energie klíčení pro hodnocení kvality osiva. *Osivo a sadba: IX. odborný a vědecký seminář* **9**:56–60.
- Paznocht L, Kotíková Z, Burešová B, Lachman J, Martinek P. 2020. Phenolic acids in kernels of different coloured-grain wheat genotypes. *Plant, Soil and Environment* **66**:57–64.
- Peng J, Harberd NP. 2002. The role of GA-mediated signalling in the control of seed germination. *Current opinion in plant biology* **5**:376–381. Elsevier.
- Pereira SI, Figueiredo PI, Barros AS, Dias MC, Santos C, Duarte IF, Gil AM. 2014. Changes in the metabolome of lettuce leaves due to exposure to mancozeb pesticide. *Food Chemistry* **154**:291–298.
- Pérez-García A, Romero D, de Vicente A. 2011. Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological applications of *Bacilli* in agriculture. *Current opinion in biotechnology* **22**:187–193. Elsevier.
- Perry DA. 1981. Report of the vigour test committee 1977-1980. *Seed Science and Technology*.
- Picard K, Ponchet M, Blein J-P, Rey P, Tirilly Y, Benhamou N. 2000. Oligandrin. A proteinaceous molecule produced by the mycoparasite *Pythium oligandrum* induces resistance to *Phytophthora parasitica* infection in tomato plants. *Plant Physiology* **124**:379–396. American Society of Plant Biologists.
- Piccolo A. 2001. The supramolecular structure of humic substances. *Soil science* **166**:810–832. LWW.
- Pięta D, Pastucha A, Patkowska E. 2007. A possibility of using grapefruit extract, chitosan and *Pythium oligandrum* to protect soybean (*Glycine max* (L.)) from pathogens. Polish Chitin Society, Łódź. *Monograph* **12**:197–203.
- Pisarčík M, Hakl J, Szabó O, Hrevušová Z. 2021. Efficacy of variable timing of *Pythium oligandrum* applications on red clover grown under field conditions. *Crop Protection* **149**:105780. Elsevier.
- Populer C. 1981. Epidemiology of downy mildews. *The downy mildews*:57–105. Academic Press New York, NY, USA.
- PP 1/78 (4) Root, stem, foliar and pod diseases of oilseed rape. 2022. *EPPO Bulletin* **52**:30–38. John Wiley and Sons Inc.
- Prasad R. 2006. Management of *Alternaria* blight of mustard with combination of chemicals and botanicals. *Annals of Plant Protection Sciences* **14**(2):400–403.

- Procházka P, Štranc P, Vostřel J, Řehoř J, Křováček J, Brinar J, Pazderů K. 2019. The influence of effective soybean seed treatment on root biomass formation and seed production. *Plant, Soil and Environment* **65**(12):588–593.
- Procházka P, Řehoř J, Vostřel J, Fraňková A. 2022. Use of botanicals to protect early stage growth of hop plants against *Pseudoperonospora humuli*. *Crop Protection* **157**:105978. Elsevier.
- Procházka S, Macháčková I, Krekule J, Šebánek J. 1998. *Fyziologie rostlin*. Academia.
- Prosba-Bialczyk U, Szajsner H, Grzys E, Demczuk A, Sacala E, Bak K. 2013. Effect of seed stimulation on germination and sugar beet yield. *International Agrophysics* **27**:195-201.
- Pšenička P, Hosnedl V. 2007. Nechemické ošetření osiva jarního máku jako možnost ochrany v alternativním zemědělství. Page Proceeding of conference „Organic farming 166-168.
- Rabindran R, Vidhyasekaran P. 1996. Development of a formulation of *Pseudomonas fluorescens* PfALR2 for management of rice sheath blight. *Crop Protection* **15**(8):715–721.
- Rahimi A, Kiralan M, Arslan N, Bayrak A, Doğramacı S. 2011. Variation in fatty acid composition of registered poppy (*Papaver somniferum* L.) seed in Turkey. *Akademik Gıda* **9**:22–25.
- Rai VK. 2002. Role of amino acids in plant responses to stresses. *Biologia plantarum* **45**:481–487. Springer.
- Rajjou L, Duval M, Gallardo K, Catusse J, Bally J, Job C, Job D. 2012. Seed germination and vigor. *Annual review of plant biology* **63**:507–533. Annual Reviews.
- Rajput MA, Pathan MA, Lodhi AM, Shah GS, Khanzada KA. 2005. Studies on seed-borne fungi of wheat in Sindh Province and their effect on seed germination. *Pakistan Journal of Botany* **37**(1):181–185.
- Ramawat KG, Dass S, Mathur M. 2009. *Herbal drugs: ethnomedicine to modern medicine*. Springer.
- Rathore BS, Sundria MM. 2011. Comparative efficacy of pesticides and botanicals against diseases and pests of blond psyllium. *Indian Phytopathology* **64**(1):97–99.
- Rey P, le Floch G, Benhamou N, Tirilly Y. 2008. *Pythium oligandrum* biocontrol: its relationships with fungi and plants. *Plant-microbe interactions*:43–57. Research Signpost Kerala.
- Röder O. 2004. Screening seeds using the laws of physics. *Asian Seed et Planting Material* **11**.
- Röder O, Jahn M, Schröder T, Stahl M, Kotte M, Beuermann S. 2009. Die e-ventus Technologie–eine Innovation zur nachhaltigen Reduktion von Pflanzenschutzmitteln mit Empfehlung für Bio-Saatgut. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* **4**:107–117. Springer.
- Rodriguez MA, Cabrera G, Gozzo FC, Eberlin MN, Godeas A. 2011. *Clonostachys rosea* BAFC3874 as a *Sclerotinia sclerotiorum* antagonist: mechanisms involved and potential as a biocontrol agent. *Journal of applied microbiology* **110**:1177–1186. Wiley Online Library.
- Roman DL, Voiculescu DI, Filip M, Ostafe V, Isvoran A. 2021. Effects of triazole fungicides on soil microbiota and on the activities of enzymes found in soil: A review. *Agriculture* **11**:893. MDPI.
- Romero D, de Vicente A, Rakotoaly RH, Dufour SE, Veening J-W, Arrebola E, Cazorla FM, Kuipers OP, Paquot M, Pérez-García A. 2007. The iturin and fengycin families of

- lipopeptides are key factors in antagonism of *Bacillus subtilis* toward *Podosphaera fusca*. *Molecular Plant-Microbe Interactions* **20**:430–440. Am Phytopath Society.
- Rosa R la, Palmeri R, Tessitori M, Barbera AC, Marranzano M, Rosa RL, Malaguarnera M. 2018. Polyphenols: Plant Sources and Food Industry. *Current Pharmaceutical Design* **24**:4125–4130
- Runkle J, Flocks J, Economos J, Dunlop AL. 2017. A systematic review of Mancozeb as a reproductive and developmental hazard. *Environment International* **99**:29–42. Pergamon.
- Russo RO, Berlyn GP. 1991. The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture* **1**:19–42. Taylor et Francis.
- Ryan CA, Jagendorf A. 1995. Self defense by plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **92**:4075. National Acad Sciences.
- Sabaté DC, Brandán CP. 2022. *Bacillus amyloliquefaciens* strain enhances rhizospheric microbial growth and reduces root and stem rot in a degraded agricultural system. *Rhizosphere* **22**:100544.
- Saha S, Chakrabarty PK, Banerjee K. 2022. Producing crops without mancozeb? Perspectives on recent regulatory dilemmas and ways out. *ACS Agricultural Science et Technology* **2**(2):272–275.
- Saini S, Davar V. 2012. Calcium content of locally and commonly consumed foods of Kurukshetra, Haryana, India. *International Research Journal of Biological Sciences* **1**:1–6. Citeseer.
- Santísima-Trinidad ABL, del Mar Montiel-Rozas M, Diéz-Rojo MÁ, Pascual JA, Ros M. 2018. Impact of foliar fungicides on target and non-target soil microbial communities in cucumber crops. *Ecotoxicology and environmental safety* **166**:78–85. Elsevier.
- Santos PM, Simões T, Sá-Correia I. 2009. Insights into yeast adaptive response to the agricultural fungicide mancozeb: a toxicoproteomics approach. *Proteomics* **9**:657–670. Wiley Online Library.
- Satranský M, Fraňková A, Kuchtová P, Pazderů K, Capouchova I. 2021. Oil content and fatty acid profile of selected poppy (*Papaver somniferum* L.) landraces and modern cultivars. *Plant, Soil and Environment* **67**:579–587.
- Sattar A, Samad A, Alam M, Zaim M, Dhawan OP, Singh SP, Bajpai S, Lal RK. 1995. Screening of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) germplasm for disease resistance. *Curr Res Med Arom Plants* **17**:315–320.
- Sauter H, Ammermann E, Benoit R, Brand S, Gold RE, Grammenos W, Kohle H, Lorenz G, Muller B. 1995. Mitochondrial respiration as a target from research on strobilurins. Paper presented at the conference ‘The discovery and mode of action of antifungal agents’, Grantham 11-12.
- Schiattone MI, Boari F, Cantore V, Castronuovo D, Denora M, di Venere D, Perniola M, Renna M, Sergio L, Candido V. 2021. Effects of Nitrogen, Azoxystrobin and a Biostimulant Based on Brown Algae and Yeast on Wild Rocket Features at Harvest and During Storage. *Agronomy* **11**(11):2326.
- Schmitt CG, Lipscomb B. 1975. Pathogens of selected members of the *Papaveraceae*: An annotated bibliography. Northeastern Region, Agricultural Research Service US Department of Agriculture.

- Scott JB, Hay FS, Wilson CR, Cotterill PJ, Fist AJ. 2003. Spatiotemporal analysis of epiphytotics of downy mildew of oilseed poppy in Tasmania, Australia. *Phytopathology* **93**(6):752–757.
- Seldin L, van Elsas JD, Penido EGC. 1984. *Bacillus azotofixans* sp. nov., a nitrogen-fixing species from Brazilian soils and grass roots. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* **34**:451–456. Microbiology Society.
- Senila L, Neag E, Cadar O, Kovacs MH, Becze A, Senila M. 2020. Chemical, nutritional and antioxidant characteristics of different food seeds. *Applied Sciences (Switzerland)* **10**(5):1589. MDPI
- Šerá B. 2014. Klíčivost jako běžný test v botanickém pozorování, šlechtění a experimentech. Příspěvky k Problematice Zemědělského Pokusnictví. Katedra biologie, Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- Šerá B, Hájková M. 2015. Stimulační vliv přípravků Trisol na klíčivost a vzcházivost máku setého (*Papaver somniferum* L.). Konference Osivo a Sadba.
- Šerá B, Novák F. 2021. Stimulation of seed germination and early growth by humic substances on poppy, pepper, rape, and hemp. *Biologia* **77**:641–648 .
- Sergio L, Gonnella M, Renna M, Linsalata V, Gatto MA, Boari F, di Venere D. 2019. Biochemical traits of asparagus cultivars and quality changes in two differently coloured genotypes during cold storage. *LWT* **101**:427–434.
- Sh Sadak M, Abdelhamid MT, Schmidhalter U. 2015. Effect of foliar application of aminoacids on plant yield and some physiological parameters in bean plants irrigated with seawater. *Acta biológica colombiana* **20**:141–152. Universidad Nacional de Colombia.
- Sharma A, Gupta G, Ahmad T, Krishan K, Kaur B. 2020. Next generation agents (synthetic agents): Emerging threats and challenges in detection, protection, and decontamination. Pages 217–256 *Handbook on Biological Warfare Preparedness*. Elsevier.
- Sharma SS, Dietz K-J. 2006. The significance of amino acids and amino acid-derived molecules in plant responses and adaptation to heavy metal stress. *Journal of experimental botany* **57**:711–726. Oxford University Press.
- Shoresh M, Yedidia I, Chet I. 2005. Involvement of jasmonic acid/ethylene signaling pathway in the systemic resistance induced in cucumber by *Trichoderma asperellum* T203. *Phytopathology* **95**:76–84. Am Phytopath Society.
- Short S, Robinson A, Lahive E, Green Etxabe A, Hernádi S, Pereira MG, Kille P, Spurgeon DJ. 2021. Off-target stoichiometric binding identified from toxicogenomics explains why some species are more sensitive than others to a widely used neonicotinoid. *Environmental Science et Technology* **55**:3059–3069. ACS Publications.
- Sijpesteijn AK. 1982. Mechanism of action of fungicides. Fungicide resistance in crop protection. Centre for Agricultural Publishing and Documentation Wageningen:32–45.
- Sikora K. 2014. The protection of the poppy plant (*Papaver somniferum* L.) against poppy weevil (*Stenocarus ruficornis*) by foliar application. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **56**:123–130. Mendel University Press.
- Silva J de O, Loffredo A, da Rocha MR, Becker JO. 2019. Efficacy of new nematicides for managing *Meloidogyne incognita* in tomato crop. *Journal of Phytopathology* **167**:295–298. Wiley Online Library.

- Sivanesan A, Holliday P. 1982. *Pleospora papaveracea*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria **7320**:1–2.
- Sood M, Kapoor D, Kumar V, Sheteiwy MS, Ramakrishnan M, Landi M, Araniti F, Sharma A. 2020. *Trichoderma*: The “secrets” of a multitasking biocontrol agent. Plants **9**:762. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Souri MK, Hatamian M. 2019. Aminochelates in plant nutrition: a review. Journal of Plant Nutrition **42**:67–78. Taylor et Francis.
- Spitzer T, Bílovský J. 2017. Management of poppy (*Papaver somniferum* L.) stand height using growth regulators. Plant Protection Science **53**(1):55–60.
- Spitzer T, Spitzerova D, Matušinský P, Kazda J. 2014. Possibility of using seed treatment to suppress seed-borne diseases in poppy. Plant Protection Science **50**:78–83.
- Strickland TC, Potter TL, Joo H. 2004. Tebuconazole dissipation and metabolism in Tifton loamy sand during laboratory incubation. Pest Management Science: formerly Pesticide Science **60**:703–709. Wiley Online Library.
- Stamm MD, Enders LS, Donze-Reiner TJ, Baxendale FP, Siegfried BD, Heng-Moss TM. 2014. Transcriptional response of soybean to thiamethoxam seed treatment in the presence and absence of drought stress. BMC Genomics **15**(1):1–13.
- Stevens MM, Reinke RF, Coombes NE, Helliwell S, Mo J. 2008. Influence of imidacloprid seed treatments on rice germination and early seedling growth. Pest Management Science: Formerly Pesticide Science **64**(3):215–222.
- Sun T, Li M, Saleem M, Zhang X, Zhang Q. 2020a. The fungicide “fluopyram” promotes pepper growth by increasing the abundance of P-solubilizing and N-fixing bacteria. Ecotoxicology and Environmental Safety **188**:109947. Academic Press.
- Sun Z-B, Li S-D, Ren Q, Xu J-L, Lu X, Sun M-H. 2020b. Biology and applications of *Clonostachys rosea*. Journal of applied microbiology **129**:486–495. Wiley Online Library.
- Svartz G, Acquaroni M, Pérez Coll C. 2018. Differential sensitivity of developmental stages of the South American toad to a fungicide based on fludioxonil and metalaxyl-M. Environmental Science and Pollution Research **25**:23857–23863. Springer.
- Takenaka S, Nakamura Y, Kono T, Sekiguchi H, Masunaka A, Takahashi H. 2006. Novel elicitor-like proteins isolated from the cell wall of the biocontrol agent *Pythium oligandrum* induce defence-related genes in sugar beet. Molecular plant pathology **7**:325–339. Wiley Online Library.
- Teale WD, Paponov IA, Palme K. 2006. Auxin in action: signalling, transport and the control of plant growth and development. Nature reviews Molecular cell biology **7**:847–859. Nature Publishing Group.
- Tendulkar SR, Saikumari YK, Patel V, Raghotama S, Munshi TK, Balaram P, Chattoo BB. 2007. Isolation, purification and characterization of an antifungal molecule produced by *Bacillus licheniformis* BC98, and its effect on phytopathogen *Magnaporthe grisea*. Journal of applied microbiology **103**:2331–2339. Wiley Online Library.
- Thangavel T, Jones S, Scott JB, Livermore M, Wilson CR. 2018. Detection of two *Peronospora* spp., responsible for downy mildew, in opium poppy seed. Plant Disease **102**(11):2277–2284.

- Thangavel T, Scott J, Jones S, Gugalothu R, Wilson C. 2020. Effect of physio-chemical seed treatments on opium poppy downy mildews caused by *Peronospora meconopsidis* and *P. somniferi*. PLoS one **15**:e0230801. Public Library of Science San Francisco, CA USA.
- Thompson H, Coulson M, Ruddle N, Wilkins S, Harrington P, Harkin S. 2016. Monitoring the effects of thiamethoxam applied as a seed treatment to winter oilseed rape on the development of bumblebee (*Bombus terrestris*) colonies. Pest Management Science **72**:1737–1742. Wiley Online Library.
- Tigges J, Röder O, Lindner K. 2002. e®-ventus®–ein praxisreifes, physikalisches Saatgutbehandlungsverfahren gegen samenbürtige Getreideschaderreger. Gesunde Pflanzen **54**:170–175. Springer.
- Tomizawa M, Casida JE. 2005. Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. Annual review of pharmacology and toxicology **45**:247. Annual Reviews, Inc.
- Tuna AL. 2014. Influence of foliarly applied different triazole compounds on growth, nutrition, and antioxidant enzyme activities in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under salt stress. Australian Journal of Crop Science **8**:71–79.
- Turk MA, Rahman A, Tawaha M, Lee KD. 2004. Seed germination and seedling growth of three lentil cultivars under moisture stress. Asian Journal of Plant Sciences (Pakistan) **3**(3):394-397.
- Tylkowska K, Dorna H. 1997. Relationship between the health status of onion (*Allium cepa*) seeds, their viability and vigour. ISTA **1**:197
- Valizadeh N, Rahimi A, Arslan N. 2014. Variation in fatty acid composition of three turkish slit flower opium poppy (*Papaver somniferum* L.) lines. Int. J. Biosci **4**:268–274.
- Vášák J, Cihlář P, Zukalová H, Doležalová J, Kuchtová P, Pšenička P. 2010. Mák. Powerprint, s. r. o., Praha.
- Vasilevski G. 2003. Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. Bulgarian Journal of Plant Physiology **29**:179–186. Citeseer.
- Veloukas T, Karaoglanidis GS. 2012. Biological activity of the succinate dehydrogenase inhibitor fluopyram against *Botrytis cinerea* and fungal baseline sensitivity. Pest Management Science **68**:858–864. Wiley Online Library.
- Voglmayr H, Montes-Borrego M, Landa BB. 2014. Disentangling *Peronospora* on Papaver: phylogenetics, taxonomy, nomenclature, and host range of downy mildew of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) and related species. PLoS One **9**:e96838. Public Library of Science San Francisco, USA.
- von Jagow G, Becker WF. 1982. Novel inhibitors of cytochrome b as a valuable tool for a closer study of oxidative phosphorylation. Bulletin of Molecular Biology and Medicine **7**:1–16. IDELSON SCIENTIFIC PUBLICATION
- Wang HK, Xiao RF. 2013. Antifungal activity of *Bacillus coagulans* TQ33, isolated from skimmed milk powder, against *Botrytis cinerea*. Food Technology and Biotechnology **51**:78–83. Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
- Wang B, Shen Z, Zhang F, Raza W, Yuan J, Huang R, Ruan Y, Li R, Shen Q. 2016. *Bacillus amyloliquefaciens* Strain W19 can Promote Growth and Yield and Suppress *Fusarium* Wilt in Banana Under Greenhouse and Field Conditions. Pedosphere **26**(5):733–744.

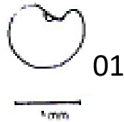





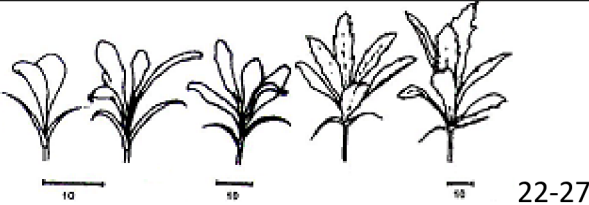
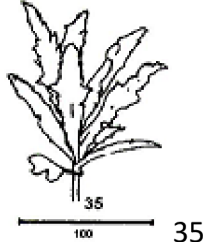
- Wang D, Deng X, Wang B, Zhang N, Zhu C, Jiao Z, Li R, Shen Q. 2019. Effects of foliar application of amino acid liquid fertilizers, with or without *Bacillus amyloliquefaciens* SQR9, on cowpea yield and leaf microbiota. PLoS One **14**(9):e0222048.
- War AR, Buhroo AA, Hussain B, Ahmad T, Nair RM, Sharma HC. 2020. Plant defense and insect adaptation with reference to secondary metabolites 795–822. Co-Evolution of Secondary Metabolites. Springer.
- Weltzien HC. 1978. Geographical distribution of powdery mildews. The powdery mildews. Academic.
- Woodcock BA et al. 2018. Neonicotinoid residues in UK honey despite European Union moratorium. PLoS ONE **13**(1):e0189681
- Wu YJ. 2012. Heterocycles and Medicine. A Survey of the Heterocyclic Drugs Approved by the U.S. FDA from 2000 to Present. Progress in Heterocyclic Chemistry **24**:1–53. Elsevier Ltd.
- Xue AG. 2003. Efficacy of *Clonostachys rosea* strain ACM941 and fungicide seed treatments for controlling the root rot complex of field pea. Canadian Journal of Plant Science **83**(3):519–524.
- Yacoub A, Gerbore J, Magnin N, Chambon P, Dufour MC, Corio-Costet MF, Guyoneaud R, Rey P. 2016. Ability of *Pythium oligandrum* strains to protect *Vitis vinifera* L., by inducing plant resistance against *Phaeoemoniella chlamydospora*, a pathogen involved in Esca, a grapevine trunk disease. Biological Control **92**:7–16.
- Yanicostas C, Soussi-Yanicostas N. 2021. SDHI Fungicide Toxicity and Associated Adverse Outcome Pathways: What Can Zebrafish Tell Us? International Journal of Molecular Sciences **22**:12362. MDPI.
- Yedidia I, Benhamou N, Kapulnik Y, Chet I. 2000. Induction and accumulation of PR proteins activity during early stages of root colonization by the mycoparasite *Trichoderma harzianum* strain T-203. Plant Physiology and Biochemistry **38**:863–873. Elsevier Masson.
- Yoshimi A, Kojima K, Takano Y, Tanaka C. 2005. Group III histidine kinase is a positive regulator of Hog1-type mitogen-activated protein kinase in filamentous fungi. Eukaryotic cell **4**:1820–1828. Am Soc Microbiol.
- Záruba J. 2016. Vliv aplikace fungicidů Dithane DG neotec, Amistar Xtra a Polyversum na výskyt houbových chorob a výnos máku setého. Prosperující Plodiny **9**:93–95.
- Zhang H, Godana EA, Sui Y, Yang Q, Zhang X, Zhao L. 2020. Biological control as an alternative to synthetic fungicides for the management of grey and blue mould diseases of table grapes: a review. Critical Reviews in Microbiology **46**:450–462. Taylor et Francis.

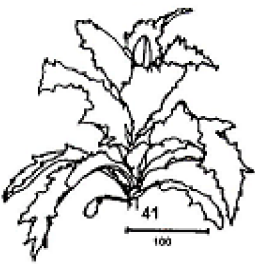
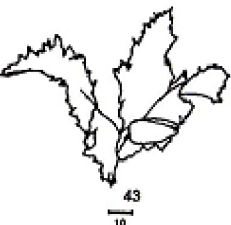
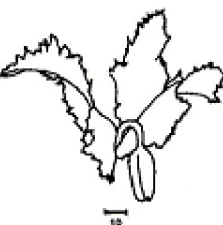
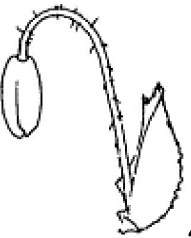

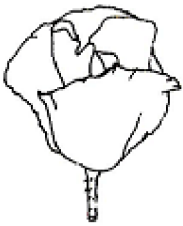
10 Použité internetové zdroje

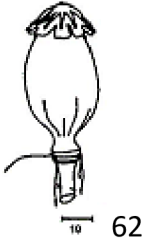
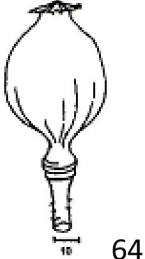
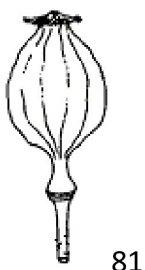
- Envised [online]. [cit. 2022-15-06]. Dostupné z:
<<https://www.enviprodukt.cz/agro/produkty/envised>>
- TS OSivo [online]. [cit. 2022-25-06]. Dostupné z:
<http://www.trisol.farm/pripravky_profi/osivo.html>
- Honsová, H. (2019). Vitalita osiva máku ve vztahu k polní vzcházivosti a výnosu - Články Agromanuál,3 [cit. 2022-29-10]. Dostupné z:
<<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/vitalita-osiva-maku-ve-vztahu-k-polni-vzchazivosti-a-vynosu>>
- Nariadení komise (EU) 2021/2142. "Maximální limit opiových alkaloidů v některých potravinách". [online]. [cit. 2022-22-08]. Dostupné z:
<<https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32021R2142>>
- Odrůdy máku [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z:
<<http://www.elita.cz/mak-sety-2>>
- Cechovní normy [online]. [cit. 2022-17-07]. Dostupné z:
<<https://www.cehovninormy.cz/index.php/cehovni-normy/270-modry-mak>>
- Chráněné zeměpisné označení [online]. [cit. 2022-17-07]. Dostupné z:
<<https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/food-safety-and-quality/certification/quality-labels/geographical-indications-register/details/EUGI00000015163>>
- Ročenka ekologického zemědělství [online]. [cit. 2023-15-01]. Dostupné z:
<<https://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/ekologicke-zemedelstvi/dokumenty-statistiky-formulare/rocenky/>>
- Předpis 399/2013 Sb. „Zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích“. [online]. [cit. 2022-22-08]. Dostupné z:
<<https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=399&r=2013>>
- Přibík O. 2016. Dovážený technický mák bývá často vydáván za potravinářský. [online]. [cit. 2022-16-05]. Dostupné z:
<<https://zemedelec.cz/dovazeny-technicky-mak-byva-casto-vydavan-za-potravinarsky/>>
- Statistiky FAO. 2022. [online]. [cit. 2022-15-08]. Dostupné z:
<<https://www.fao.org/faostat/en/>>
- Statistiky ČSÚ. 2022. [online]. [cit. 2022-13-10]. Dostupné z:
<https://www.czso.cz/csu/czso/zemedelstvi_zem>

11 Samostatné přílohy

Příloha 1: Makrofenologická stupnice růstových fází máku setého

BBCH ¹	Bechyně, Novák (1987), Bechyně (2001)	Popis fáze
	I. Klíčení	
00	 01	suchá semena
01	 03	nabobtnalá semena
03	 05	prasknutí osemení
05	 06	vyrašení zárodečného kořínku ze semene
	II. Vzcházení	
09	 12	objevení hypokotylu na povrchu půdy
10	 14	dělohy vidlicovitě rozevřeny
	III. Vytváření pravých listů	
11-17	 22-27	1. až 7. pravý list
	IV. Listová růžice	
19	 35	listová růžice
31-39	V. Stonkování a butonizace	1. - 9. internodium viditelné - prodlužovací růst

51	 41	objevení mladého poupěte mezi horními listy
53	 43	stonek s poupětem je kratší než horní listy
55	 45	mladé převislé poupě nepřevyšuje horní lodyžní listy
57	 47	stonek s převislým poupětem převyšuje všechny listy
59	 49	plná butonizace, poupě je vzpřímené
VI. Kvetení		
61		začátek květu - kvete 10% rostlin
65	 54	plný květ
69		konec květu, 90 % rostlin je odkvetlých
VII. Vývoj tobolky a zrání (zelená zralost)		

71		fáze mladé tobolky - dosažení konečné velikosti u 10% tobolek
79		zelená zralost - konečný tvar a velikost u většiny tobolek
81		začátek zrání - začátek žloutnutí tobolek
	VIII. žlutá zralost	
85		žlutá zralost - vysychání a zrání tobolek
88		dozrávání tobolek a semen, tobolky kožovité konzistence
	IX. plná zralost	
89		plná zralost, semena v tobolkách chrastí
97		rostlina odumřela
99		sklizené produkty
	X. Posklizňové dozrávání a dormance semen	dormance semen
		ztráta dormance semen

Příloha 2: Klíčivost a energie klíčení v závislosti na odrůdě a ošetření osiva (2020-2022)

Varianta	Odrůda	energie klíčení 3. den	energie klíčení 5. den	energie klíčení 8. den	Laboratorní klíčivost 10. den
Cruiser	Aplaus	63,6	89,2	94,8	95,4
Envisseed	Aplaus	86,5	94,5	95,8	96,0
E-ventus	Aplaus	74,2	88,4	92,5	93,3
Gliorex	Aplaus	73,3	88,3	92,3	92,8
Kontrola	Aplaus	74,5	89,6	92,5	93,2
Polyversum	Aplaus	75,5	90,1	93,1	93,7
Sunagreen	Aplaus	79,1	90,2	93,0	93,8
TS Osivo	Aplaus	86,6	92,6	94,7	94,9
Cruiser	Major	68,8	87,6	91,3	91,7
Envisseed	Major	82,8	90,0	92,4	93,1
E-ventus	Major	68,1	86,9	90,8	91,8
Gliorex	Major	71,8	87,3	89,7	90,7
Kontrola	Major	71,4	87,4	90,3	91,0
Polyversum	Major	75,1	88,2	91,2	92,1
Sunagreen	Major	76,9	88,1	89,8	90,6
TS Osivo	Major	79,9	90,0	91,9	92,7

Příloha 3: Kličovost a energie klíčení v závislosti na odrůdě a ošetření osiva v jednotlivých ročnících

Ročník	Varianta	Odrůda	energie klíčení 3. den	energie klíčení 5. den	energie klíčení 8. den	Laboratorní kličovost 10. den	
2020	Cruiser	Aplaus	69,1	90,4	94,7	95,2	
	Enviseed	Aplaus	82,7	91,5	93,5	94,2	
	E-ventus	Aplaus	76,3	87,6	91,4	92,4	
	Gliorex	Aplaus	77,8	88,6	91,4	92,0	
	Kontrola	Aplaus	74,6	87,9	91,2	91,2	
	Polyversum	Aplaus	67,3	86,8	89,4	90,7	
	Sunagreen	Aplaus	81,7	91,1	93,1	93,1	
	TS Osivo	Aplaus	81,8	89,9	91,1	91,7	
	Cruiser	Major	71,3	84,1	87,4	87,4	
	Enviseed	Major	78,0	85,4	87,2	87,8	
	E-ventus	Major	66,4	83,1	84,5	85,2	
	Gliorex	Major	71,7	84,6	86,7	87,2	
	Kontrola	Major	64,6	83,1	86,8	87,6	
	Polyversum	Major	81,9	88,1	89,6	90,5	
	Sunagreen	Major	72,9	82,8	83,8	85,0	
	TS Osivo	Major	80,0	87,7	88,8	89,9	
	2021	Cruiser	Aplaus	61,8	88,2	96,7	98,0
		Enviseed	Aplaus	90,0	96,7	98,0	98,0
E-ventus		Aplaus	69,6	88,2	94,0	94,0	
Gliorex		Aplaus	76,1	92,2	97,2	97,2	
Kontrola		Aplaus	78,6	92,1	93,9	95,3	
Polyversum		Aplaus	76,3	90,3	94,0	94,6	
Sunagreen		Aplaus	80,4	92,1	96,5	97,6	
TS Osivo		Aplaus	88,6	93,3	97,4	97,4	
Cruiser		Major	64,5	88,2	92,4	93,0	
Enviseed		Major	87,4	92,3	95,1	95,7	
E-ventus		Major	66,0	88,8	95,5	96,5	
Gliorex		Major	70,6	86,7	89,4	89,8	
Kontrola		Major	72,6	89,2	91,7	92,7	
Polyversum		Major	67,6	88,3	92,5	93,0	
Sunagreen		Major	75,1	88,2	90,9	92,0	
TS Osivo		Major	76,6	90	92,7	93,4	
2022		Cruiser	Aplaus	59,9	88,8	93	93
		Enviseed	Aplaus	86,8	95,1	95,8	95,8
	E-ventus	Aplaus	76,6	89,4	92,2	93,6	
	Gliorex	Aplaus	65,9	84,1	88,3	89,3	
	Kontrola	Aplaus	70,3	88,7	92,5	93,0	
	Polyversum	Aplaus	83,0	93,3	95,8	95,8	
	Sunagreen	Aplaus	75,1	87,4	89,6	90,7	
	TS Osivo	Aplaus	89,5	94,5	95,7	95,7	
	Cruiser	Major	70,7	90,6	94	94,6	
	Enviseed	Major	83	92,4	95	95,6	

E-ventus	Major	71,8	88,7	92,4	93,7
Gliorex	Major	73,1	90,6	93,1	95
Kontrola	Major	77	89,9	92,2	92,8
Polyversum	Major	75,9	88,3	91,6	92,9
Sunagreen	Major	82,5	93,4	94,6	94,6
TS Osivo	Major	83,3	92,2	94,1	94,7

Příloha 4: Kličovost a energie klíčení v závislosti na ošetření porostů během vegetace (2020)

2020	energie klíčení	energie klíčení	energie klíčení	Laboratorní
	3. den	5. den	8. den	kličovost 10. den
Dithane	51,9	73,8	78,4	79,5
Tilmor	59,1	78,8	85,0	84,3
Amistar Xtra	77,1	85,5	88,8	88,8
Propulse	77,6	83,6	86,2	86,8
Pictor Active	61,1	79,0	82,4	84,4
Dithane + Amistar Xtra	71,7	82,1	86,2	86,8
Dithane + Pictor Active	75,1	84,0	88,2	90,0
Dithane + Propulse	73,0	84,1	87,4	89,4
Tilmor + Amistar Xtra	72,3	84,5	88,0	89,3
Tilmor + Pictor Active	67,8	79,4	82,9	84,3
Tilmor + Propulse	80,4	85,8	89,6	90,8
FIX-H+N - časná	31,6	65,9	78,4	80,4
FIX-H+N - pozdní	45,5	70,7	79,0	80,8
FIX-H+N - dvojí	69,5	81,2	85,2	86,5
Hirundo - časná	50,9	77,3	82,1	82,7
Hirundo - pozdní	56,3	75,9	83,1	84,4
Hirundo - dvojí	66,0	79,8	83,6	85,5
Polyversum - časná	48,8	66,2	78,3	78,3
Polyversum - pozdní	60,6	81,5	84,4	85,9
Polyversum - dvojí	62,4	78,8	84,4	87,2
Kontrola	40,2	70,8	81,7	82,4

Příloha 5: Klíčivost a energie klíčení v závislosti na ošetření porostů během vegetace (2021)

2021	energie klíčení 3. den	energie klíčení 5. den	energie klíčení 8. den	Laboratorní klíčivost 10. den
Dithane	55,2	85,5	87,6	88,9
Tilmor	57,6	82,5	90,0	90,0
Amistar Xtra	78,8	87,0	92,4	93,8
Propulse	71,7	84,5	88,5	89,9
Pictor Active	79,7	89,0	90,8	92,0
Dithane + Amistar Xtra	78,9	86,9	91,6	93,5
Dithane + Pictor Active	81,6	91,2	93,1	93,7
Dithane + Propulse	71,6	85,2	88,5	89,9
Tilmor + Amistar Xtra	76,1	87,7	91,6	92,9
Tilmor + Pictor Active	71,7	83,8	87,6	89,5
Tilmor + Propulse	77,8	88,7	90,8	91,4
FIX-H+N - časná	62,6	81,4	86,3	87,7
FIX-H+N - pozdní	66,7	83,3	87,9	90,6
FIX-H+N - dvojí	58,8	84,7	90,7	92,7
Polyversum - časná	43,5	72,0	83,7	85,5
Polyversum - pozdní	77,7	88,8	92,1	92,1
Polyversum - dvojí	70,4	84,6	88,4	89,1
Kontrola	59,7	81,0	86,0	86,6

Příloha 6: Klíčivost a energie klíčení v závislosti na ošetření porostů během vegetace (2022)

2022	energie klíčení 3. den	energie klíčení 5. den	energie klíčení 8. den	Laboratorní klíčivost 10. den
Dithane	63,0	83,9	88,3	89,5
Tilmor	72,3	89,1	89,4	91,4
Amistar Xtra	76,3	87,4	91,2	93,1
Propulse	77,4	89,3	91,9	92,6
Pictor Active	83,8	88,3	90,9	92,2
Dithane + Amistar Xtra	76,7	86,1	90,5	92,4
Dithane + Pictor Active	82,8	90,1	93,2	93,8
Dithane + Propulse	84,3	90,2	92,8	93,4
Tilmor + Amistar Xtra	78,6	86,8	92,1	93,4
Tilmor + Pictor Active	73,7	89,8	92,3	93,6
Tilmor + Propulse	81,9	88,7	91,2	91,9
FIX-H+N - časná	57,4	82,2	85,3	87,1
FIX-H+N - pozdní	71,2	84,5	88,5	89,8
FIX-H+N - dvojí	67,9	81,1	86,3	88,2
Hirundo - časná	63,4	85,1	89,4	90,7
Hirundo - pozdní	71,5	87,3	91,1	92,4
Hirundo - dvojí	68,0	83,1	88,7	90,0
Polyversum - časná	55,7	83,3	85,6	86,8
Polyversum - pozdní	59,0	84,6	91,0	91,0
Polyversum - dvojí	69,5	88,4	90,3	90,9
Kontrola	59,7	81,2	85,5	86,8