

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Možnosti regulace výskytu houbových chorob máku setého  
využitím vybraných biologických přípravků**

**Diplomová práce**

**Bc. Patrik Zimmer**

**Ekologické zemědělství**

**Vedoucí práce**

**prof. Ing. Ivana Capouchová, CSc.**

© 2023 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Možnosti regulace výskytu houbových chorob máku setého využitím vybraných biologických přípravků" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne \_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou upřímně poděkoval Ing. Matěji Satranskému, Ph.D. a prof. Ing. Ivaně Capouchové, CSc. za jejich neocenitelnou pomoc při tvorbě této diplomové práce. Bez jejich odborného vedení, cenných rad a vstřícnosti bych toho nikdy nedosáhl. Děkuji za trpělivost, inspiraci a úsilí, které věnovali mému vzdělání. Je to pro mě velká čest a privilegium být po Vašem svém boku.

# Možnosti regulace výskytu houbových chorob máku setého využitím vybraných biologických přípravků

## Souhrn

Pěstování máku setého (*Papaver somniferum* L.) má v České republice dlouhou tradici, v ekologickém zemědělství je však pěstování a produkce máku zatím nevyužitou příležitostí. Vzhledem k tomu, že mák je plodinou, která často trpí napadením chorobami a škůdci, je zvládnutí ochrany proti těmto škodlivým činitelům jedním ze základních předpokladů úspěšného pěstování máku v ekologickém zemědělství. Protože využívání prostředků chemické ochrany rostlin není v ekologickém zemědělství možné, je třeba se soustředit na jiné možnosti ochrany, včetně využívání dostupných biologických přípravků.

Cílem práce bylo vyhodnotit v rámci přesného polního pokusu, vedeného na Výzkumné stanici FAPPZ v Červeném Újezdě v letech 2021 a 2022 vliv ošetření porostu máku setého proti houbovým chorobám vybranými biologickými přípravky na bázi hub a bakterií na zdravotní stav porostu, strukturu porostu, výnos a kvalitu produkce a porovnat efekt použitých biologických přípravků s ošetřením vybranými chemickými fungicidy a neošetřenou kontrolou.

Při hodnocení zdravotního stavu porostů v časnější fázi vegetace (především plíseň maková) bylo nejnižší napadení zjištěno u variant, které zahrnovaly ošetření přípravkem Tilmor. Také v případě sledovaných biologických přípravků však došlo ke snížení úrovně napadení oproti neošetřené kontrolní variantě, byť v menší míře.

V pozdnější fázi vegetace, kdy se v porostech máku vyskytuje především pleosporová hnědá skvrnitost, byla nejnižší míra napadení zjištěna u variant, které zahrnovaly ošetření přípravkem Amistar Xtra. Statisticky průkazné snížení úrovně napadení chorobami bylo zjištěno také v případě varianty s dvojitou aplikací biologického přípravku Fix H+N. U ostatních variant s biologickými přípravky byla úroveň napadení oproti kontrolní variantě nižší, nicméně statisticky průkazně se od ní nelišila.

Počet rostlin na m<sup>2</sup> v době sklizně byl ovlivněn především ročníkem, zejména průběhem povětrnostních podmínek v době vzcházení porostu. Naproti tomu, ochrana porostu proti chorobám v průběhu vegetace ovlivnila hmotnost semen v makovici a hmotnost tisíce semen (HTS). Nejvyšší hmotnost semen v makovici i nejvyšší HTS byly zjištěny u variant, které zahrnovaly ošetření přípravkem Amistar Xtra, nejnižší HTS pak dosáhla neošetřená kontrola.

Pozitivní je zjištění, že z hlediska výnosu semen všechny použité varianty ošetření porostu proti chorobám (včetně biologických přípravků) předčily neošetřenou kontrolní variantu. Lze však předpokládat, že v případě použití biologických přípravků bude zapotřebí pro dosažení žádoucí účinnosti, a tím i navýšení výnosu, vícečetná (minimálně dvojitá), aplikace.

Ošetření porostu proti chorobám ovlivnilo i biologické vlastnosti vypěstovaného semene (energie klíčení a laboratorní klíčivost); to by bylo důležité zejména v případě produkce osiva. Všechny hodnocené varianty ošetření porostu, včetně biologických přípravků, vykazaly pozitivní vliv na energii klíčení i výslednou klíčivost semen.

**Klíčová slova:** mák setý; choroby; fungicidy; biologické přípravky; výnos semen

# Regulation of poppy fungal diseases occurrence using selected biological products

## Summary

The cultivation of poppy (*Papaver somniferum* L.) has a long tradition in the Czech Republic, however, the cultivation and production of poppy is still an untapped opportunity in organic farming. As poppy is a crop that often is affected by diseases and pests, managing the control of these harmful factors is one of the basic prerequisites for successful poppy cultivation in organic farming. As the use of chemical plant protection products is not possible in organic farming, it is necessary to concentrate on other protection options, including the use of available biological products.

The aim of this study was to evaluate in a exact field experiment conducted at the FAPPZ Research Station in Červený Újezd in 2021 and 2022 the effect of treating poppy stands against fungal diseases with selected fungal and bacterial-based biological products on stand health, stand structure, yield and production quality, and to compare the effect of the biological products used with treatments with selected chemical fungicides and an untreated control.

When assessing the health of the stands at an earlier stage of the vegetation (mainly downy mildew of poppy), the lowest infestation was found in the variants that included treatment with Tilmor. However, the level of infestation was also reduced in the case of the biological products monitored compared to the untreated control variant, although to a lesser extent.

At the later stage of the growing season, when poppy leaf blight occurs mainly in poppy stands, the lowest level of infestation was found in the variants that included treatment with Amistar Xtra. A statistically significant reduction in the level of disease infestation was also found for the variant with a double application of the biological product Fix H+N. For the other variants with biological products, the level of infestation was lower compared to the control variant, but not statistically significantly different.

The number of plants per m<sup>2</sup> at the time of harvest was mainly influenced by the season, in particular by the weather conditions at the time of stand establishment. On the other hand, protection of the stand against diseases during the growing season influenced seed weight in the poppy capsules and thousand seed weight (TSW). The highest seed weight in the poppy capsule and the highest TSW were found in the variants that included the Amistar Xtra treatment, while the lowest TSW was achieved by the untreated control.

On the positive side, it was found that in terms of seed yield, all observed treatments used (including biological products) outperformed the untreated control. However, it can be assumed that in the case of biological products, multiple (at least double) applications will be required to achieve the desired efficacy and hence yield increase.

The treatment of the crop against diseases also affected the biological characteristics of the produced seeds (germination energy and laboratory germination); this would be particularly important in the case of seed production. All crop treatment options evaluated, including biological products, showed a positive effect on germination energy and resulting seed germination.

**Keywords:** poppy; diseases; fungicides; biological products; seed yield

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>8</b>
<b>2 Vědecká hypotéza a cíle práce</b> .....	<b>9</b>
<b>3 Literární rešerše</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1 Historie máku setého</b> .....	<b>10</b>
<b>3.2 Využití máku setého</b> .....	<b>10</b>
<b>3.3 Alkaloidy máku setého</b> .....	<b>11</b>
<b>3.4 Aktuální situace máku setého</b> .....	<b>11</b>
<b>3.5 Pěstitelská technologie máku setého</b> .....	<b>13</b>
3.5.1 Požadavky máku setého na prostředí.....	13
3.5.2 Osivo máku setého a jeho kvalita.....	13
3.5.3 Založení porostu máku setého.....	15
3.5.4 Výživa máku setého.....	16
3.5.5 Významní škůdci a choroby máku setého.....	17
3.5.6 Sklizeň máku, posklizňové úpravy a ošetření.....	19
<b>3.6 Přirozená obrana rostlin vůči škodlivým činitelům</b> .....	<b>20</b>
3.6.1 Typy interakcí přispívající k biologické kontrole.....	20
3.6.2 Fenolické sloučeniny.....	20
<b>3.7 Využití biologických agens v ochraně rostlin</b> .....	<b>22</b>
3.7.1 Využití bakterií v ochraně rostlin.....	23
3.7.2 Využití hub v ochraně rostlin.....	25
Pythium oligandrum.....	26
<b>3.8 Chemické přípravky využívané v ochraně rostlin</b> .....	<b>26</b>
<b>3.9 Mák v ekologickém zemědělství</b> .....	<b>28</b>
3.9.1 Srovnání ekologické a konvenční produkce máku.....	28
3.9.2 Ochrana rostlin v ekologickém zemědělství.....	29
3.9.3 Pěstování máku v ekologickém zemědělství.....	29
<b>4 Metodika</b> .....	<b>31</b>
<b>4.1 Klimatické a půdní podmínky stanoviště</b> .....	<b>31</b>
<b>4.2 Základní údaje o pokusu</b> .....	<b>33</b>
4.2.1 Agrotechnika pokusu.....	34
4.2.2 Použitá odrůda máku.....	34
4.2.3 Přehled pokusných variant.....	34
4.2.4 Stanovení úrovně napadení porostu chorobami.....	35
4.2.5 Sklizeň pokusů a příprava vzorků pro posklizňové hodnocení.....	36
4.2.6 Stanovení energie klíčení a laboratorní klíčivosti vypěstovaného semene	36

4.2.7 Stanovení obsahu celkových polyfenolů a fenolických kyselin v semeni máku a makovině .....	36
<b>4.3 Statistické hodnocení.....</b>	<b>36</b>
<b>5 Výsledky .....</b>	<b>37</b>
5.1 Hodnocení vlivu ošetření porostu máku setého proti chorobám na výnosotvorné prvky, výnos semen a olejnatost .....	37
5.2 Hodnocení energie klíčení a laboratorní klíčivosti vypěstovaného semene	46
5.3 Hodnocení obsahu fenolických sloučenin v semeni máku a v makovině.....	47
<b>6 Diskuze .....</b>	<b>52</b>
<b>7 Závěry.....</b>	<b>57</b>
<b>8 Literatura.....</b>	<b>58</b>
<b>9 Samostatné přílohy.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

# 1 Úvod

Mák setý je jednou z dávných kulturních plodin. Již ve starověku byl pěstován pro obsah účinných látek (makových alkaloidů), které se využívaly v léčitelství. Celou psanou historii lidstva je znám také pro své narkomanické účinky. V současné době jsou pěstovány moderní odrůdy máku, které jsou šlechtěné s ohledem na jejich využití. Zatímco v zemích jako Francie, Španělsko či Tasmánie jsou pěstovány tzv. technické odrůdy máku setého, které jsou jednostranně zaměřeny na produkci alkaloidů pro potřeby farmaceutického průmyslu, ve střední Evropě (a především v České republice) se pěstují téměř výhradně potravinářské odrůdy máku, které obsahují nízkou hladinu alkaloidů a vysoký obsah oleje.

V evropské kultuře, zejména v té slovanské, má mák dlouholetou tradici jako pochutina s kulinářským využitím (samotné makové semeno či makový olej). Z máku se peče sladké pečivo nebo se používá jako kropení na rohlíky. V České republice je největší spotřeba máku na osobu, za posledních 10 let se pohybuje okolo 380 g na osobu za rok. Česká republika je zároveň jedním z největších producentů potravinářského máku na světě, její podíl na celosvětové produkci činí 31 %. Z toho důvodu je zapotřebí si českého máku vážit a chránit jeho pověst jak na trzích u nás, tak v zahraničí. To že je mák, z hlediska světových trhů, minoritní plodina, je pro Českou republiku, která je tradičním pěstitelem, určitá konkurenční výhoda; na druhou stranu je o to komplikovanější ochrana porostů máku setého proti chorobám a škůdcům. Pro výrobce agrochemikálií není vývoj specializovaných přípravků, určených primárně pro porosty máku setého, perspektivní. Navíc je v současné době všeobecný tlak na celkovou ekologizaci zemědělství (zejména vzhledem ke strategii „farm to fork“, která má významně snížit objem pesticidů v Evropské unii).

Pěstitelé máku v současné době s největší pravděpodobností zasáhne výpadek přípravku Cruiser OSR, který byl určen pro moření osiva máku a kombinoval insekticidní a fungicidní účinek. Za tento přípravek v současné době neexistuje relevantní náhrada. Mimo jiné i proto bude nezbytné klást důraz na ochranu porostů máku setého během vegetace. Mák setý je hostitelem celé řady chorob, z nichž nejvýznamnější jsou plíseň maková (*Peronospora arborescens*) a pleosporová hnědá skvrnitost (*Crivellia papaveracea*). Obě tyto choroby jsou přenosné osivem a mohou působit významné škody během vzcházení máku, ale také v průběhu vegetace. Celá řada konvenčních fungicidů, které byly v pěstební technologii máku používány, jsou buď již zakázány (Dithane) nebo pravděpodobně v blízké budoucnosti budou (přípravky na bázi triazolů). Proto je nutné prověřovat různé alternativní přípravky, které jsou na bázi biologických agens (houby, bakterie). Tyto přípravky mají oproti tradičním fungicidům výrazně lepší perspektivu a jsou využitelné i v ekologickém zemědělství. Nejsou však dosud v pěstební technologii máku dostatečně prověřeny.



## 2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce je vyhodnotit v rámci přesného polního pokusu vliv ošetření porostu máku setého vybranými biologickými přípravky na bázi hub (Polyversum) a bakterií (FIX-H+N) na zdravotní stav porostu, jeho strukturu, výnos a kvalitu produkce a porovnat efekt použitých biologických přípravků s ošetřením vybranými chemickými fungicidy (Tilmor, AmistarXtra) a neošetřenou kontrolou.

Hypotézy:

- Využitím biologických přípravků v ochraně máku setého proti houbovým chorobám lze docílit snížení pesticidní zátěže při zachování uspokojivého výnosu a kvality produkce.
- Lze očekávat, že účinnost použitých biologických přípravků bude rozdílná; jejich ověření v polních podmínkách tak napomůže jejich uplatnění v pěstební technologii máku setého.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Historie máku setého

Mák setý (*Papaver somniferum* L.) je rostlina s dlouhou historií využití v potravinářství a zejména v oblasti medicíny, již ve starověku byl pěstován a využíván v oblastech, jako je Egypt, Řecko a Řím (Bernath 1999). Slovo "opium" pochází ze slova "opos", což znamená šáva (Kapoor 1995). Mezi prvními, kdo zdůrazňoval medicínské využití účinků máku a jeho produktů byl Hippokrates. S rozšířením Římské říše se mák stal populárním po celém světě, kde byl dále pěstován pro lékařské i potravinářské účely (Lal 2022).

Podle Tétényiho (1997) se mák objevil ve 4-5 tisíciletých pozůstatcích v různých oblastech Evropy, včetně Španělska, Francie, Německa a Maďarska. Už v roce 3500 př. n. l. byl mák v Evropě pěstován pro své tlumivé účinky a konzumoval se ve formě čaje. Mák byl v historii více zneužíván a používán než jakýkoliv jiný druh léčivé rostliny.

Na přelomu 18. a 19. století se Německo a Francie staly nejvýznamnějšími producenty máku pro výrobu oleje s potravinářským účelem. Průlom využití máku v medicíně přišel s vynálezem maďarského lékárníka Kabaje, který dokázal využít odpadní makovou slámu k získání morfia a dalších alkaloidů. Tento pokrok znamenal konec pěstování máku pro olej a mák se stal hlavně průmyslovou plodinou (Damania 2011).

Dnes se tradiční metody získávání opia stále používají hlavně v oblastech okolo Zlatého trojúhelníku a Zlatého pŕlměsíce, kde se mezi lety 1838-1842 vedly tzv. "opiové války" mezi Velkou Británií a Čínou. Dnes je pěstování máku setého pro zisk opia legální pouze v Indii, která je také největším producentem surového opia (Bernath 1999).

### 3.2 Využití máku setého

Mák setý (*Papaver somniferum* L.) je v České republice důležitou zemědělskou komoditou, využití nachází jak v potravinářském průmyslu, tak i v průmyslu farmaceutickém. Cílem šlechtění máku je získání vysoce produktivních odrůd pro potravinářské či průmyslové využití. Mezi nejdůležitější ukazatele produkčně významných morfologických a zemědělských znaků patří velikost tobolek, obsah morfinu, hmotnost suché prázdné tobolky a množství morfinu v makové slámě. Jednu z nejnižších z výše uvedených hodnot dosahují bělosemenné odrůdy máku, kdy množství morfinu v makové slámě dosahuje 0,40 %, zatímco odrůdy s modrým nebo šedým zbarvením semen dosahují hodnot okolo 0,80 % (Matyášová et al. 2011).

Mák pěstovaný v Evropě je charakteristický pro svůj nízký obsah morfinu, který se pohybuje v rozmezí mezi 0,3 – 0,7 % a na produkci opia se nehodí. V potravinářství se využívají odrůdy s bílou, žlutou, růžovou, červenou, hnědou či stříbrnou barvou semen, ale nejhojněji se využívají modrosemenné odrůdy, které jsou typické pro svoji makovou vůni a chuť (Vašák et al. 2010).

Indie je jediný stát na světě, ve kterém je legální pěstovat mák pro získání opia. Mezi hlavní regiony specializující se na pěstování máku patří Madhjadpradéš, Uttarpradéš a Radžstán, kde jsou k dispozici ideální podmínky pro pěstování, včetně dostatku srážek, slunečního svitu a vhodné půdy. Odrůdy pěstované v Indii mají na každé rostlině 5 až 8 tobolek, které dozrávají

v květnu a červnu. V té době je vhodné sklízet opium, když se barva tobolek změní z modrozelené na žlutou. Výnos opia se pohybuje od 5 do 40 kg na hektar (Gümüşçü et al. 2008).

### 3.3 Alkaloidy máku setého

Alkaloidy získáváme z mléčné lepkavé tekutiny, která se nazývá latex, ten se nachází v cévní soustavě a zejména v mléčnicích, které jsou přítomné v tobolce. Mléčnice se nachází v listech, stonku, kořenech, kalichu a okvětních lístcích, nenachází se v semenech nebo tyčinkách, protože v těchto orgánech nejsou přítomny cévní svazky (Kapoor 1995).

Alkaloidy se v rostlině vyskytují jako sekundární metabolity, využívají se k odstranění nežádoucích látek z buňky a následně z metabolismu, jsou vodorozpustné a vyskytují se především v buněčné vakuole. Jednotlivé rostlinné orgány se liší množstvím alkaloidů, například se nachází v hojném počtu v tobolce, v listech je tomu naopak. Tvorba alkaloidů se odehrává v mléčnici, článkovitém, trubcovitém útvaru, který se nachází ve floému. Latex obsahuje krom alkaloidů i bílkoviny, kyseliny, pryskyřice, cukry a další látky. V nezralých tobolekách se vyskytuje malé množství opiátu, protože latex je řídký a neobsahuje dostatečné množství alkaloidů. V průběhu zrání makovice latex houstne a s tím se zvyšuje i obsah alkaloidů. Pro největší zisk opia je vhodné sledovat zralost tobolek a nařezávat makovici v nejširší části, kde je největší koncentrace cévních svazků, zvaných mléčnic. V přezralých makovicích se zvyšuje hladina kodeinu na úkor morfinu, což může být pro farmakologické účely žádané (Bechyně & Novák 1987). U máku setého opiového došlo, díky šlechtění, k většímu počtu mléčnic s větším průměrem trubic, než je tomu u máku setého olejného (Vašák et al. 2010).

V máku setém se nachází přes 42 alkaloidů, ale jenom některé z nich mají využití zejména ve farmakologickém průmyslu, mezi tyto alkaloidy patří morfin, kodein, thebain a také papaverin. Mnohé z alkaloidů slouží pouze jako prekurzory, nebo jako meziprodukty v procesech biosyntézy (Kapoor 1995).

### 3.4 Aktuální situace máku setého

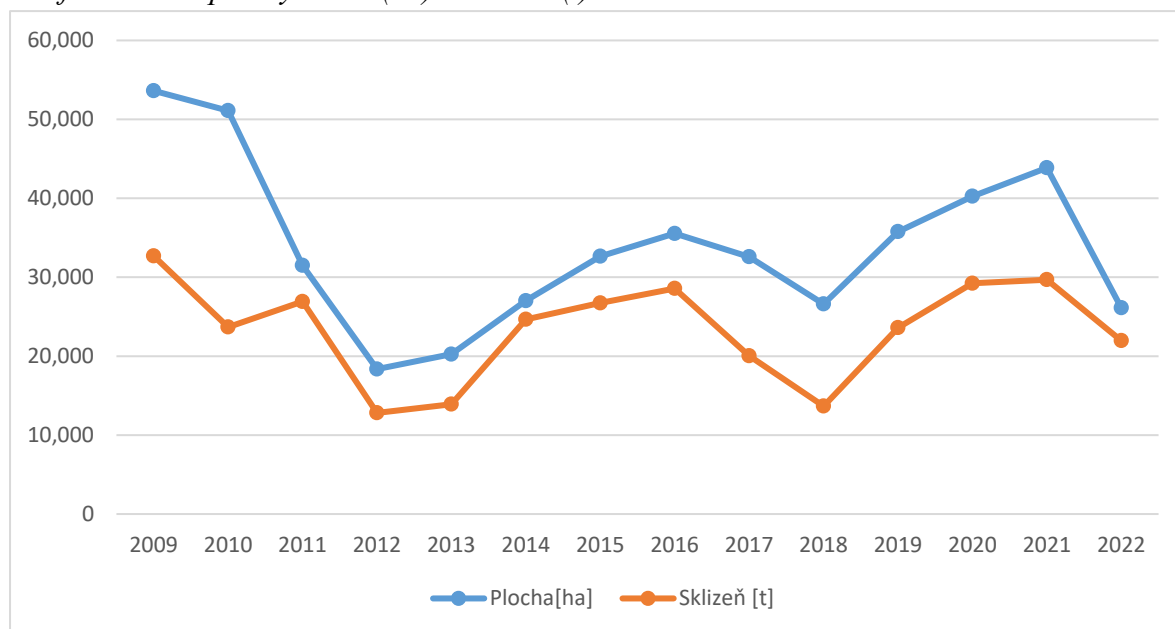
Mák, který pochází z České republiky, je znám pro svou dobrou kvalitu, čistotu a nízký obsah morfinu a jiných alkaloidů, proto je preferován před mákem z jiných částí světa. Mák pěstovaný v České republice podléhá zákonu č. 167/1998 Sb., který ukládá povinnost ohlašovat import, export osiva a pěstování máku na ploše větší než 100 m<sup>2</sup> příslušnému orgánu. V této souvislosti je vhodné zmínit, že v mnoha jiných zemích podléhá pěstování máku značným administrativním překážkám, a proto je komerční produkce téměř neproveditelná a dává značnou konkurenční výhodu právě tuzemské produkci (Prochazka & Smutka 2012; Kuchtová 2012).

Z výše uvedených důvodů je Česká republika jeden z hlavních producentů máku a podílí se na tvorbě cen jak evropských, tak světových. Značná část tuzemské produkce se exportuje, protože spotřeba v ČR pokryje něco mezi čtyřmi až pěti tisíci tunami máku. Mezi hlavní exportní trhy českého máku patří evropské země, kde převládá slovanské obyvatelstvo, nebo země, které osídlili slovanští přistěhovalci (Prochazka & Smutka 2012).

Kvalitní česká produkce máku se, zejména dříve, často mísila s mákem dovezeným ze zahraničí, který má často horší chuťové vlastnosti a vyšší obsah alkaloidů, než je tomu u českého máku. Právě tyto dva parametry znehodnocují kvalitu produktu na trhu a také jsou možným zdravotním rizikem pro konečného zákazníka. Pro ochranu kvality českého máku se využívá metoda hodnocení délky polymorfismu u modrých a nemodrých odrůd máku českého i zahraničního původu. Tato metoda jasně detekuje přítomnost máku nízké kvality ve výrobcích na trhu a je jasným ukazatelem pro původ máku pro pěstitele (Svoboda et al. 2020).

Nelegální produkce opia se odehrává především v Asii a také v Latinské Americe. V Asii dominuje produkce opia Afghánistánem, kde podle OSN téměř 82 % z celosvětové plochy (asi 200 000 ha) nelegálně pěstovaného máku slouží k produkci opia s potenciálem 9 000 tun suchého opia. Plocha, na které se pěstuje nelegálně mák pro opium, je větší než legálně pěstovaný mák (Vašák et al. 2003).

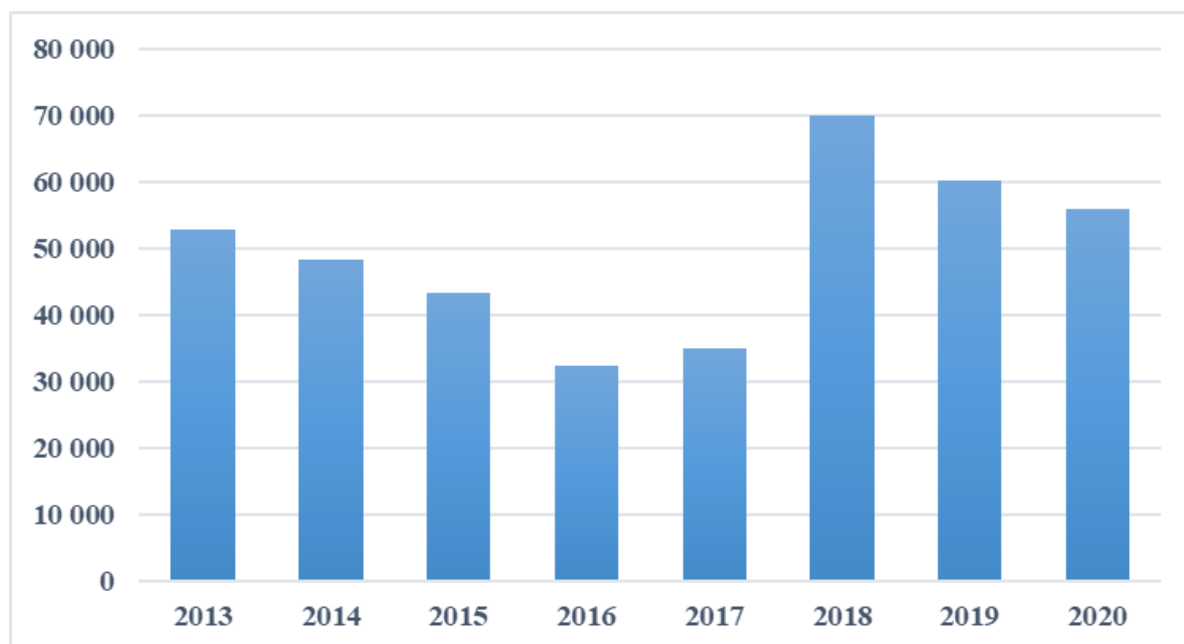
Graf 1: Osevní plochy máku (ha) a sklizeň (t) v ČR



Zdroj: ČSÚ (2023)

Oproti roku 2021, kdy plochy máku byly největší za poslední 11 let, se rozloha pěstovaného máku v roce 2022 značně snížila z důvodu války na Ukrajině, protože pro české pěstitele představují státy východní Evropy (Rusko, Ukrajina, Bělorusko) hlavní odbytiště. Pěstitelé se proto rozhodli na poslední chvíli změnit osevní plány v neprospěch máku (Velechovská 2022).

Graf 2: Vývoj průměrné ceny máku v ČR (Kč/t)



Zdroj: ČSÚ (2023)

### 3.5 Pěstitelská technologie máku setého

Pro pěstování máku v České republice se využívá zejména řepařská a bramborářská výrobní oblast. Je náchylnější na nevyrovnanost půdy, výživu a povětrnostní podmínky. Jelikož se jedná o drobnosemennou plodinu, je důležité se zaměřit na předseťovou přípravu pozemku, aby došlo ke správnému vcházení a rovnoměrnému založení porostu (Vašák et al. 2010; Bechyně & Novák 1987).

Pokud je mák pěstován na ploše větší než 100 m<sup>2</sup>, je pěstitel povinen podat hlášení Celnímu úřadu podle zákona č. 167/1998. V daném hlášení je nutné uvést výměru vyseté plochy (do 31.5.), způsob likvidace (do 5 dnů před likvidací) a hlášení o roční sklizni, a to do 31.12. daného roku. V případě vývozu a dovozu makového semene či makoviny je nutné získat povolení od Ministerstva zdravotnictví (Kuchtová 2012; Vašák et al. 2010).

#### 3.5.1 Požadavky máku setého na prostředí

Pro úspěšné pěstování máku jsou klíčové faktory, jako je dostatečné množství světla, teplo a vhodné půdní podmínky. Mák patří mezi rostliny dlouhodobní a nedostatek světla může způsobit oslabení rostlin a snížení výnosu semene a obsahu alkaloidů. Nejdůležitější je zajištění světla v době, kdy mají rostliny malou asimilační plochu. Dostatek světla je žádoucí zejména ve fázi listové růžice a během zrání makovic, což urychluje celkový proces zrání. Mák setý je teplomilná rostlina, jejíž nároky na teplotu se mění během růstu. Ideální teplota pro klíčící semena je 18-20 °C, kdy semena vyklíčí během 3-4 dnů. Při teplotě okolo 10 °C se klíčení semene prodlužuje na 4-5 dní, zatímco teploty nad 20 °C jsou nežádoucí a při teplotě nad

30 °C semena vyklíčí pouze zřídka. Letální teplota pro rostliny se pohybuje v rozmezí -6 až -8°C, což umožňuje pěstování i na podzim nebo v zimě (Fejér & Salamon 2011).

Pro pěstování máku jsou nejvhodnější hluboké, středně těžké, hlinité půdy s optimálním množstvím vzduchu a humusu. Půdy s vysokou náchylností k zasolení jsou nevhodné, protože jsou citlivé na vodní škraloup. Ideální pH půdy se pohybuje v rozmezí 6,2-6,8. V době klíčení a vcházení rostlin je nutné zajistit dostatečné množství vody. Písečné půdy jsou nevhodné, protože způsobují špatný růst rostlin a tvorbu menších makovic s nízkou hmotností semen. Těžké jílovité půdy jsou také nevhodné z důvodu nedostatečného provzdušnění. Pro pěstování máku se doporučují mírně svažité až rovinaté plochy v nadmořské výšce 300-600 m.n.m., kde nedosahuje vítr vysoké intenzity. Polehání rostlin může nastat i u odolných odrůd, zejména v době tvorby makovic. Kromě toho je nutné zajistit dostatečné množství světla, teplo a vody, aby se rostliny vyvíjely správně a dosáhly co nejlepšího výnosu semen a obsahu alkaloidů (Bechyně & Novák 1987).

### 3.5.2 Osivo máku setého a jeho kvalita

Pro získání zdravého porostu s uspokojivým výnosem je důležité používat zdravé osivo, které dosáhlo certifikace. U takového osiva je menší šance pro přenos houbových chorob, a to hlavně *Crivellia papaveracea*, která zodpovídá za výskyt hnědé skvrnitosti, a *Peronospora arborescens*, která je původcem plísně makové. Mezi důležité parametry pro hodnocení osiva patří semenářská a biologická hodnota osiva. Semenářská hodnota se skládá ze 3 znaků – klíčivost, čistota osiva a hmotnost tisíce semen (HTS). U zdravého, certifikovaného osiva je vyžadována klíčivost minimálně 80 %. Biologická hodnota osiva je ovlivněna podmínkami vnějšího prostředí a je též podmíněna geneticky. Pro polní vzházivost a zapojení porostů je klíčová. Rozdíl mezi laboratorní klíčivostí v optimálních podmínkách a vzházivostí v polních podmínkách je ovlivněn vitalitou osiva (Cihlár & Honsová 2020).

#### Klíčivost osiva

Klíčivost osiva je proces, který závisí na různých faktorech, včetně genetiky, fyziologie a prostředí, v němž osivo klíčí. Klíčení osiva začíná tím, že osivo absorbuje vodu a zvyšuje svůj objem. Tento proces je řízen kyselinou abscisovou, která právě ovlivňuje schopnost osiva absorbovat vodu. Poté enzymy v osivu začnou rozkládat zásobní látky, jako jsou škrob, tuky a bílkoviny. Tento proces uvolňuje energii, kterou osivo potřebuje k růstu (Koller et al. 1962).

Pro správné klíčení osiva jsou důležité vhodné podmínky prostředí, jako jsou teplota, vlhkost, světlo a kyslík. Různé druhy rostlin mají různé nároky na tyto podmínky, a proto mohou mít i různou rychlost klíčení. Některé druhy rostlin mohou klíčit pouze v určitých podmínkách, jako jsou například určité teplotní rozmezí. Dále je klíčivost osiva ovlivněna i faktory, jako jsou například stáří osiva, chemické složení, poškození škůdci a chorobami. Některé faktory mohou vést k nízké klíčivosti osiva nebo dokonce k úplnému selhání klíčení. Správná péče o osivo může zlepšit klíčivost a zdraví nové rostliny. To zahrnuje správné skladování osiva v suchu a temnu, pravidelnou kontrolu na přítomnost chorob a škůdců, a dodržování optimálních podmínek klíčení pro daný druh rostliny (Rajjou et al. 2012).

## Vitalita osiva

Vitalita osiva předurčuje schopnost osiva vyklíčit a vytvořit zdravou a vitální rostlinu. Závisí na mnoha faktorech, jako jsou kvalita osiva, podmínky skladování, stáří osiva, zdravotní stav mateřské rostliny a osiva, půdní podmínky a klimatické faktory během klíčení. Kvalita osiva je klíčovým faktorem pro jeho vitalitu. Kvalitní osivo by mělo být dobře vyvinuté a zdravé. Pokud jsou osiva nízké kvality nebo jsou poškozena škůdci, chorobami nebo nepříznivými podmínkami skladování, může to negativně ovlivnit jejich vitalitu.

Podmínky skladování jsou dalším důležitým faktorem pro vitalitu osiva. Pokud jsou osiva skladována v optimálních podmínkách, jako jsou správná teplota a vlhkost, mohou být uchována déle a zachovat svou vitalitu. Na druhé straně, pokud jsou skladována v nevhodných podmínkách, mohou se zhoršit a ztratit svou vitalitu. Stáří osiva je dalším faktorem, který může ovlivnit vitalitu osiva. Čím starší jsou osiva, tím menší je pravděpodobnost, že vyklíčí a vytvoří zdravou a vitální rostlinu. Zkrátka, vitalita osiva závisí na mnoha faktorech a lze ji zlepšit správným výběrem, skladováním a zpracováním semene, stejně jako poskytováním optimálních podmínek pro jeho klíčení a růst (Bewley et al. 2012).

## Ošetření osiva máku

Záměrem úprav a ošetření osiva máku je podpora a zlepšení jeho klíčivosti, vcházivosti a zajištění ochrany proti patogenům v průběhu klíčení a vcházení. Moření osiva je nejpoužívanější způsob ochrany osiva. Mořidlo chrání vcházející rostliny před houbovými patogeny a škůdci, především krytonosci kořenovému. Účinnost moření je závislá na aplikované látce, formě aplikace a dávce mořidla. Při vyšších dávkách mořidla může dojít k toxickým či nepříznivým účinkům na kvalitu osiva (Satranský 2020).

V současné době nejsou v České republice žádná registrovaná ekologická mořidla pro ochranu máku proti škůdcům. Jako náhrada této absence se nejvíce využívá Spintor, což je neregistrovaný přípravek, který je instekticidně účinný a lze použít i v systému ekologického zemědělství (Havel 2020). V posledních letech dochází v Evropské unii ke značnému omezování přípravků na bázi neonikotionoidů, které mají údajný negativní vliv na opylující hmyz. Z důvodu těchto zákazů přišli zemědělci o vhodný prostředek v boji proti *krytonosci kořenovému*, Cruiser OSR. Proto se pro ochranu máku začaly více využívat fyzikální metody ochrany, podpurné a stimulační přípravky a přípravky na bázi mikroorganismů (Satranský 2020).

Mezi fyzikální metody ošetření osiva, využitelné i v ekologickém zemědělství, patří metoda E-ventus, která využívá nízkonoenergetických elektronů. Při této metodě proud elektronů, který se pusť do osiva, odstraní z osiva máku všechny patogeny a jejich spory a zvyšuje klíčivost a vcházivost. Po provedení ošetření, lze makové semeno využít v potravinářském průmyslu, protože je zdravotně nezávadné. Mezi další ekologické metody ošetření osiva patří používání bioagens na bázi různých mikroorganismů – hub a bakterií, které díky své aktivitě regulují nežádoucí patogeny vyskytující se na osivu. Účinnost závisí na typu a množství použitých bioagens, době a formě aplikace (Havel 2018).

### 3.5.3 Založení porostu máku setého

Vhodná doba setí se odvíjí od vlastností půdy, kdy je potřeba zajistit půdu optimálně prohrátou a strukturní, proto se doporučuje setí neuspěchat. Poněvadž je mák drobnosemenná plodina, dochází snadněji k zamazání osiva než u jiných plodin. Za optimální stav se považuje, když dojde k výsevu semen na přiměřeně vlhké set'ové lůžko, které zaručí ideální vlhkost pro klíčení a vcházení. Při optimálních podmínkách nedochází k zamazání a nevytváří se hrudky. K takovým podmínkám dochází v České republice mezi měsíci březen a duben (Cihlár & Honsová 2020). Při setí do studené půdy odchází k dlouhému vcházení a zvýšenému riziku napadení nežádoucími patogeny. K setí se využívají speciálně upravené secí stroje pro drobnosemenné plodiny, nejčastěji diskové a botkové výsevní jednotky. K setí semen máku lze využít i secí stroje konstruované pro setí semen zelenin (Vašák et al. 2010). V praxi se uplatnily i speciální secí stroje strip till, které zpracovávají půdu v úzkém řádku. Za ideální výsevek máku se dá považovat množství mezi 1–2 kg/ha, tzn. 300–400 semen/m<sup>2</sup>. Na konci vegetace je optimální dosáhnout přibližně 50 – 70 rostlin/m<sup>2</sup> s počtem makovic přibližně 100–120 ks/m<sup>2</sup> (Cihlár & Honsová 2020). Při menším počtu rostlin na m<sup>2</sup> se rostliny máku příliš rozvětvují a počet makovic na rostlinu je větší, než je žádoucí, což vede k nerovnoměrnému zrání makovic (Havel 2020). Za redukcí počtu rostlin je nejčastěji zodpovědná špatná struktura půdy. Avšak pokud má pěstitel k dispozici kvalitní půdní podmínky a správné technické vybavení, lze snížit výsevek až na 0,8 kg/ha (Vašák 2011). Oproti tomu v ekologickém režimu hospodaření je žádoucí zvýšit výsevek až na 1,5 – 2krát více oproti konvenčnímu systému, kvůli redukcí prutovými bránami, které se využívají na začátku vegetace k redukcí plevelů, nicméně dochází i k nechtěnému mechanickému poškození drobných rostlin máku (Kuchtová 2012). Při setí máku jako úzkořádkové plodiny je vzdálenost mezi řádky v rozmezí 20–25 cm a hloubka výsevu 1–2 cm, v sušších oblastech a na písčitých půdách se využívá hlubšího setí k zajištění optimální vlhkosti pro klíčení (Bechyně 1993).

### 3.5.4 Výživa máku setého

#### 3.5.5 Výživa máku setého

Mák setý spadá do skupiny plodin s nižší náročností na živiny, ale má nízkou schopnost osvojování živin (Fejér & Salamon 2011). Proto je potřeba ve správný čas aplikovat rychle rozpustná hnojiva, která mák snadno přijme. Mák dobře reaguje i na použití slamnatého hnoje, který je vhodné zapravit na dno brázdy (Havel 2020). Pro optimální výnos (1,2 t/ha) je vhodné dostat do půdy živiny v následujícím množství: 50 kg N, 21 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 61,7 kg K<sub>2</sub>O a 67 kg CaO (Fejér & Salamon 2011). V případě horší předplodiny je vhodné množství N navýšit na 100 kg/ha. Pro správný příjem živin je vhodné pH půdy v rozmezí 6,2 – 7,0, tedy slabě kyselé až neutrální. Při nižším pH dochází ke špatnému růstu kořenové soustavy. Proto je vhodné vápněním pH upravit (Černý 2019).

Zvýšenou potřebu dusíku je potřeba zajistit zejména v době vcházení až do vytvoření generativních orgánů, proto je vhodné rozdělit dávku dusíku na základní dávku a na přihnojení během vegetace. Před hnojením dusíkem je důležité zjistit obsah minerálního dusíku z půdních vzorků, stanovených 1–2 týdny před aplikací. Poté se dávka dusíku dopočítá podle odběrného



normativu máku setého (70 kg N/t semen) (Škarpa & Richter 2016). Základní dávka hnojení by měla tvořit přibližně 60–80 % celkového množství dusíku. Druhá část se aplikuje během vegetace, ve fázi 5 – 7 pravých listů, kdy se doba hnojení upravuje dle počasí (Černý 2019). Před setím nebo při vcházení se nejčastěji využívají hnojiva jako LAV, LAD, DASA nebo močovina, při hnojení během vegetace se využívají LAV, LAD či močovina (Škarpa & Richter 2016).

Při jednorázové dávce dusíku se pěstitelé setkávají s tím, že se na rostlině vytvoří více menších tobolek, což je nežádoucí z důvodu nerovnoměrné sklizně (Bechyně 1993). Dále dochází k prodloužení stonkových částí, které jsou následně míň pevné a dochází ke zvýšení šance na poléhání. V případě nedostatku dusíku se rostlina pomalu vyvíjí, má nedostatečnou asimilační plochu, listy jsou světle zelené, které přechází do žluté barvy. Dále dochází ke snižování množství semen v makovici, HTS a obsahu morfinu (Vašák et al. 2010). Pokud se bere v úvahu obsah mineralizovaného N v půdě před setím a dvojitá dávka N, může se výnos semen zvýšit až od 25,6 – 42,1 % (Škarpa et al. 2015).

Fosfor, který má kladný vliv na příjem ostatních prvků, hlavně dusík a vápník, se dodává ve formě Amofosu nebo Superfosfátu. Při jeho nedostatku se omezuje růst kořenové soustavy a dochází k vychýlení energetického metabolismu (Černý 2019). Draslík má vliv na správné zabudování dusíku do rostliny a s jeho dostatkem je rostlina schopna přežít delší období bez nedostatku vody (Fejér & Salamon 2011). Vápník má kladný vliv na kořenové vlášení a tvorbu semen; podzimní aplikace je z důvodu pomalého rozpouštění efektivnější, než aplikace jarní (Černý 2019).

### 3.5.6 Významní škůdci a choroby máku setého

#### **Krytonosec kořenový (*Stenocarus ruficornis*)**

Jedná se o 3-3,5 mm dlouhého tmavohnědého brouka z čeledi nosatcovití. K identifikaci slouží červená a bílá skvrnka na krovkách. Larvy mají zbarvení žlutobílé, jsou beznohé a 5-6 mm dlouhé. Dospělý brouk přezimovává v půdě a na jaře nalítává do porostu a požírá ho. Poté někdy okolo května po dobu 2 měsíců klade vajíčka. Krytonosec má pouze jednu generaci za rok. Larvy vyžírají chodbičky parenchymu a poté se přesunou do kořenů, kde také tvoří chodbičky. Nejzranitelnější je mák v období od vcházení do 4. nebo 5. listu. Mák poškozený krytonosem je menšího vzrůstu, mívá menší makovice a s tím spojený nižší počet semen v makovici.

Výskyt krytonosce je značně ovlivněn počasím daného roku, nepříznivě na ně působí chladné a deštivé počasí, zatímco suché a teplé počasí představuje optimální podmínky pro jeho vyšší výskyt (Bečka et al. 2014). Zákaz neonikotinoidových pesticidů, do kterých patří Cruiser OSR, který díky své insekticidní a fungicidní složce bránil namořené osivo proti krytonosci kořenovému a jiným patogenům, působí problémem mnoho pěstitelům máku (Satranský 2020).

#### **Plíseň maková (*Peronospora arborescens*)**

Plíseň maková je hlavním problémem pro produkci máku na celém světě (Kapoor 1995; Landa et al. 2005). Ve střední Evropě je onemocnění způsobené převážně patogenem

*Peronospora arborescens* a je jednou z nejničivějších chorob této plodiny, kvůli systémovému charakteru infekce. Lokální infekce listů sporangii *Peronospora arborescens* vede k systémové infekci celé rostliny včetně semen (Montes-Borrego et al. 2017), která často bývají zdrojem další infekce (Landa et al. 2005). K dalším původcům této choroby patří *Peronospora somniferi*, *Peronospora cristata* nebo *Peronospora meconopsidis* (Thangavel et al. 2018). Zdrojem infekce mohou být oospory nacházející se v infikované půdě, osivu či na planě rostoucích druzích, které slouží jako rezervoár. Oospory se mohou přenášet na stovky kilometrů vzduchem (Ray et al. 2021).

Patogen způsobuje různé příznaky onemocnění, které způsobují i sekundární infekce. V raných vývojových stádiích dochází k primární infekci. Příznaky onemocnění se projevují v podobě nepravidelně tvarovaných chlorotických až světle žlutých skvrn na listech o velikosti od 0,5 do 4 cm. Během rozvoje choroby jsou postižená pletiva deformována, zkroutí se, ztloustnou a nakonec odumřou. Tyto léze se mohou spojovat, čímž vznikají velké nekrotické plochy na listech nebo dokonce celé listy odumírají. Při vlhkém počasí nebo vysoké relativní vlhkosti se na spodní straně listů, a občas i na horní straně, objevuje hustá plstnatá vrstva sporangioforů se sporangii, které jsou často místem vzniku sekundární infekce (Landa et al. 2005; Montes-Borrego et al. 2017).

V případě sekundární infekce se na listech vytvoří hranaté žlutozelené skvrny, které jsou na spodní straně obvykle pokryty šedofialovou vrstvou mycelia a konidioforů. Časem se skvrny zmenší a zčernají. Rostliny často zakrňují a větví se, mají ohnuté stonky, protože vegetativní vrchol je poškozen nebo odumírá (Thangavel et al. 2018).

### **Pleosporová hnědá skvrnitost (*Crivellia papaveracea*)**

Pleosporová hnědá skvrnitost je onemocnění, které se projevuje plísní na rostlinách, listech, působí hnilobu korunky a hnilobu makovic. Způsobuje ji houba *Crivellia papaveracea*, starším názvem *Pleospora papaveracea* (Plachká et al. 2018). Hlavním zdrojem infekce je napadené osivo a k rozšíření patogena dochází hlavně za deštivého počasí a při vyšším porostu. Napadené rostliny zasychají a špatně dozrávají, mezi příznaky onemocnění patří výskyt hnědých, hranatých skvrn na listech a černohnědých proužků na stonku v období začátku květu máku (Inderbitzin et al. 2006). K infekci dochází prostřednictvím sporangioforů, které se vytvářejí na infikovaných rostlinách. Tyto struktury jsou velmi drobné a mohou se snadno rozšířit pomocí větru nebo vody. Infekce mohou probíhat na listech, kmenech a květech rostliny (Singh et al. 2020). Infikované rostliny mohou také vykazovat zakrslé růstové formy, vysokou citlivost na abiotické stresory a sníženou produkci plodů (O'Neill et al. 2000).

Kontrola této choroby zahrnuje prevenci opatření, jako je odstraňování infikovaných rostlin, rotace plodin a výběr odolných odrůd. Při výskytu v porostu se používají fungicidy, jako jsou triazoly a strobiluriny (Inderbitzin et al. 2006). Tyto fungicidy mohou účinně snižovat výskyt a intenzitu choroby. Biofungicidy, jako jsou mikrobiální přípravky, mohou být účinnou alternativou k syntetickým fungicidům v boji proti této chorobě. Tyto biofungicidy mohou snížit výskyt choroby a současně minimalizovat negativní dopad na životní prostředí. Vzhledem k tomu, že patogen je přenosný půdou, je důležité, aby byla dodržována správná zemědělská praxe (Farr et al. 2000).

## **Hlízenka (*Sclerotinia sclerotiorum*)**

Bílou plíseň neboli hnilobu stonků máku způsobuje houba *Sclerotinia sclerotiorum*. *Sclerotinia sclerotiorum* je kosmopolitně rozšířený druh, který napadá velké množství hospodářsky významných rostlin. Běžně se vyskytuje v mnoha plodinách používaných v rotaci s mákem (Havel 2018). Mezi příznaky infekce patří vodou nasáklé poškození listů a stonků. V pozdější fázi infekce se v napadeném pletivu hostitele tvoří černá sklerocia, které jsou schopna přežít mnoho let v půdě v nepřítomnosti hostitele

K největšímu riziku napadení porostu máku dochází obvykle 5 až 7 týdnů po odkvětu. Provedené polní studie ukázaly, že při pozdějším nastupu této infekce je projev na výnosu nízký až zanedbatelný. Škodlivý účinek této choroby se projevuje oslabením stonku rostliny, což vede k poléhání a zhoršení kvality sklizně (Ben-Yephet et al. 1993).

### **3.5.7 Sklizeň máku, posklizňové úpravy a ošetření**

Ke sklizni na jaře zasetého máku dochází zejména v měsících červenec až září, zejména v srpnu, pro ozimé odrůdy se termín sklizně pohybuje zpravidla o měsíc dříve. Doba sklizně se odvíjí od vlhkosti porostu, kdy vlhkost semene by neměla přesahovat 10 % a u makoviny přibližně 17 %. V takovém porostu jsou semena suchá s typickou barvou, která se při přítomnosti vzduchu nemění. Dále by měla být semena volně uložena na dně makovice a při zatřesení je slyšet typický šustivý zvuk makovice (Brezinova et al. 2009). Vlk (2008) doporučuje sklízet semeno a makovinu při nižší vlhkosti, zpravidla o 2-3 %. Při zapleveleném či nerovnoměrně zrajícím porostu mohou konvenční farmáři použít regulátory růstu a herbicidy na pozdní zaplevelení, protože jednou z podmínek úspěšné sklizně je mít porost zřetelně nezaplevelený, suchý a nepolehlý. V případě pozdní sklizně se zvyšuje výskyt alternáriových černí, které snižují následnou kvalitu makoviny (Cihlář et al. 2008).

V případě malé výměry máku je vhodné zvolit ruční sklizeň, při které jsou nižší ztráty, a je možné vyselektovat napadené tobolek. Při ruční sklizni je nutné počítat s cca 20-25 lidmi/ha za den. Při větší výměře je na místě využít mechanizovanou sklizeň. Sklízecí mlátičky nejsou vyráběné přímo pro sklizeň máku, proto je potřeba trochu experimentovat s žací lištou a také vzhledem k velikosti makového semene utěsnit všechny otvory pro zamezení sklizňových ztrát. Při sklizni je dále důležité, aby mlátička zvládla rozdrtit i nejmenší tobolek. Sklízet se dá čistě jenom semeno, kdy sláma je ponechána na poli pro zaorání, nebo se dá sklízet semeno společně s makovinou, při takové sklizni jsou posklizňové ztráty až o 20 % menší než u sklizně samostatného semene (Vlk 2008).

Fejér & Salamon (2011) uvádějí, že semeno a makovinu lze sušit a uskladňovat společně, nejčastěji v prostorách s aktivním větráním do doby, kdy se dosáhne požadované vlhkosti. Poté následují dvě důležité operace – separace a vyčištění. Při separaci dochází k oddělení semen od makoviny. Dál se makovina čistí od nežádoucích zbytků, které mají minimální nebo nulový obsah morfinu (stonky, listy, prach). K čištění se běžně používají čističky, např. CIMBRIA HEID DELTA 142, 143. U makového semene jako finálního produktu je požadování čistota až

99,9 %. V průběhu všech operací je zapotřebí nakládat s makovým semenem opatrně, protože v případě mechanického poškození dochází ke žluknutí a ke snižování potravinářské jakosti Vlk (2008).

Pokud pěstitel potřebuje uchovat mák dalších pár měsíců, je vhodné ho uložit na suchém místě s teplotou mezi 10-15°. V případě vyšší vlhkosti, například z důvodu nezajištění dostatečného odvětrávání v místě uchovávání, se zvyšuje riziko napadení některými škůdci, zejména roztoče zhoubného a roztoče ničivého (Baranyk 2010).

### 3.6 Přirozená obrana rostlin vůči škodlivým činitelům

Přirozená obrana rostlin je systém, který umožňuje rostlinám ochránit se před různými patogeny (např. bakterie, viry, houby) a škůdci (např. hmyz, plži). Tyto obranné mechanismy jsou součástí rostlinné imunity. Mezi přirozené obranné mechanismy rostlin patří mechanické bariéry, kdy některé rostliny mají trny, ostny nebo chlupy, které brání přístupu škůdců k rostlině. Chemické obranné látky: rostliny produkují různé chemické sloučeniny, jako jsou třeba fenolické sloučeniny, které mohou odradit nebo potlačit škodlivé organismy. Rostliny také produkují různé aromatické oleje obsahující silice, které jsou toxické pro některý hmyz a mikroorganismy. Mezi přirozenou obranu rostlin patří i jejich imunitní systém, kdy rostliny mají vrozenou schopnost rozpoznat a reagovat na invaze patogenů. Když jsou napadeny, produkují speciální proteiny a enzymy, které bojují proti patogenům. Některé rostliny mají symbiotický vztah s mikroorganismy, jako jsou například bakterie nebo houby, které jim pomáhají bojovat proti patogenům. Tyto obranné mechanismy společně umožňují rostlinám přežít v prostředí, kde jsou vystaveny různým biotickým a abiotickým stresům (War et al. 2012).

#### 3.6.1 Typy interakcí přispívající k biologické kontrole

Odun (1954) navrhl, aby interakce dvou populací byly definovány na základě výsledků pro každou z nich. Tyto typy interakcí označil jako mutualismus, protokooperace, komensalismus, neutralismus, konkurence, amensalismus, parazitismus a predátorství. Ačkoli tato terminologie byla vytvořena pro makroekologii, příklady všech těchto interakcí lze v přírodě nalézt jak na makroskopické, tak na mikroskopické úrovni.

Z pohledu rostlin lze biologickou kontrolu považovat za čistý pozitivní výsledek vyplývající z řady specifických i nespecifických interakcí. S využitím spektra Odunových pojmů můžeme začít klasifikovat a funkčně vymezovat rozmanité složky ekosystémů, které přispívají k biologické kontrole (Goudard & Loreau 2008).

**Mutualismus** je spojení mezi dvěma nebo více druhy, z něhož mají oba druhy prospěch. Někdy se jedná o obligátní celoživotní interakci zahrnující těsný fyzický a biochemický kontakt, jako je tomu například mezi rostlinami a mykorrhizními houbami. Obecně však mají fakultativní a oportunní charakter. Například bakterie rodu *Rhizobium* se mohou rozmnožovat buď v půdě, nebo v mnohem větší míře prostřednictvím svých bakterií mutualistické interakce s bobovitými rostlinami. Tyto typy mutualismu mohou přispívat k biologické kontrole tím, že posilují rostlinu lepší výživou anebo stimulují obranyschopnost hostitele. Protokooperace je formou mutualismu, ale organismy, které se jí účastní, nejsou na sobě závislé. Mnohé z mikrobů

využívaných jako BCA (biological agents) se mohou považovat za fakultativní mutualisty zapojené do protokooperace, protože přežití zřídka závisí na hostiteli a potlačování chorob se liší v závislosti na převládajícím hostiteli a podmínkách prostředí (Thébault & Fontaine 2010).

**Komenzalizmus** je symbiotickou interakcí mezi dvěma živými organismy, kdy jeden organismus má prospěch a druhý není poškozován ani neprospívá. U většiny mikroorganismů vázaných na rostliny se předpokládá, že jsou komenzály, protože jejich přítomnost, ať už jednotlivě nebo v souhrnu, zřídka vede k vysloveně pozitivním nebo negativním důsledkům pro rostlinu. **Neutralismus** popisuje biologické interakce, kdy populační hustota jednoho druhu nemá naprosto žádný vliv na populaci jiného druhu (Mougi 2016).

Naproti tomu **antagonismus** mezi organismy vede k negativnímu výsledku pro jeden nebo oba organismy. Konkurence uvnitř a mezi druhy vede ke snížení růstu, aktivity nebo rozmnožování i vzájemně se ovlivňujících druhů organismů. K biokontrolě může dojít, když nepatogenní organismy soutěží s patogeny o živiny v okolí hostitelské rostliny. Přímé interakce, které přinášejí prospěch jedné populaci na úkor druhé, i toto chování ovlivňuje naše chápání biologické kontroly (Dracxler & Kissling 2022).

**Parazitismus** je vztah, při něm dva fylogeneticky nepříbuzné organismy koexistují po delší dobu. V tomto typu jeden z organismů, obvykle fyzicky menší z nich (nazývaný parazit) má prospěch a druhý (nazývaný hostitel) je do určité měřitelné míry poškozen. Činnost různých hyperparazitů, tj. těch původců, kteří parazitují na rostlinných patogenech, může vést k biologické kontrole. Zajímavé je, že infekce hostitele relativně avirulentních patogenů mohou vést k biologické kontrole virulentnějších patogenů prostřednictvím stimulace obranných systémů hostitele. **Predace** znamená lovení a usmrcování jednoho organismu jiným organismem za účelem konzumace nebo obživy. Zatímco termín predátor se obvykle vztahuje na živočichy, kteří se živí na vyšších trofických úrovních v makroskopickém světě, používá se také pro působení mikrobů, např. houbové hlístice a mikroartropody, které konzumují biomasu patogenů (Pal & McSpadden Gardener 2006).

### 3.6.2 Fenolické sloučeniny

Fenolické sloučeniny jsou skupinou organických sloučenin, které obsahují fenolovou skupinu (-OH) vázanou na aromatické jádro. Tyto sloučeniny jsou běžné v rostlinách, ale mohou být také syntetizovány v laboratoři nebo izolovány z různých zdrojů, včetně potravin, rostlinných extraktů a přírodních produktů. Fenolické sloučeniny mají různorodé biologické účinky, včetně antioxidačních, protizánětlivých, antimikrobiálních a antikarcinogenních vlastností. Tyto účinky jsou často spojovány s jejich schopností neutralizovat reaktivní kyslíkové druhy (ROS), které mohou poškodit buňky a způsobovat stres (Manach et al. 2004).

Některé fenolické sloučeniny, jako je katechin, kvercetin a resveratrol, jsou známé pro své příznivé účinky na zdraví, včetně snižování rizika srdečních onemocnění, cukrovky a rakoviny. Tyto sloučeniny také mohou pomoci snížit záněty v těle, posílit imunitní systém a chránit proti poškození buněk způsobenému oxidativním stresem. V potravinářství jsou fenolické sloučeniny využívány jako přírodní konzervační látky a aroma, a také jako potenciální léčiva pro léčbu různých onemocnění. Vzhledem k jejich příznivým účinkům na

zdraví jsou fenolické sloučeniny předmětem intenzivního výzkumu a zájmu v oblasti výživy a zdravotní péče (Clifford & Scalbert, 2000).

Fenolické sloučeniny mají v zemědělství mnoho využití, zejména jako přírodní pesticidy, stimulatory růstu rostlin a ochranné látky proti stresovým podmínkám. Mnoho fenolických sloučenin má antimikrobiální, antifungální a insekticidní vlastnosti a může být použito k ochraně rostlin před škůdci a chorobami. Například katechiny, flavonoidy a tanniny mají pesticidní účinky proti hmyzu, plísním a virům. Fenolické sloučeniny jsou také známy pro své antioxidační a antimikrobiální vlastnosti, které mohou pomoci stimulovat růst mikroorganismů v půdě a snížit množství patogenních organismů. To může vést ke zlepšení kvality půdy a zvýšení výnosů rostlin. Dále lze využít některé fenolické sloučeniny, jako jsou kyselina salicylová a jiné fytohormony, k podpoře růstu a vývoje rostlin. Tyto sloučeniny mohou pomoci zlepšit odolnost rostlin vůči stresovým podmínkám, jako je sucho, sluneční záření a vysoké teploty. Využití fenolických sloučenin v zemědělství může pomoci snížit potřebu syntetických pesticidů a fungicidů, což může vést k lepšímu zdraví a bezpečnosti potravin a ochraně životního prostředí (Singh et al. 2020).

### 3.7 Využití biologických agens v ochraně rostlin

Biocontrol agens jsou organismy a organické sloučeniny, které se používají v boji proti škůdcům a chorobám. Bioagens se často používají jako alternativy ke konvenčním pesticidům, protože jejich použití nemá negativní dopady na životní prostředí. Působí tak, že cíl buď usmrcují, odrazují, nebo narušují. Mezi biocontrol agens řadíme některé makroorganismy, mikroorganismy, semiochemikálie a přírodní látky (Xu et al. 2011).

Makroorganismy, známí také jako bezobratlí biokontrolní činitelé, jsou ti, kteří se živí škůdci zemědělských plodin, jako jsou mšice, roztoči, třásněnky a využívají se i k ochraně proti houbovým chorobám. Mezi makrobiotické agens patří například draví roztoči, hmyzí predátoři, parazitické vosičky a entomopatogenní hád'átka. Parazitoidi neboli parazitické vosičky mohou pomoci kontrolovat populace motýlů a můr z řádu *Lepidoptera*. V závislosti na druhu mohou parazitické vosičky napadat škůdce v různých životních stádiích (vejčička, larvy nebo dospělci) (Copping 2004).

Mezi mikroorganismy řadíme bakterie, houby, viry a také jejich deriváty, které díky produkci speciálních sloučenin a buněčných fragmentů jsou schopné hubit patogenní organismy přímou infekcí nebo vytvořit fyzickou bariéru a zabránit tak v dalším rozšíření patogenů, ale také mají schopnost příznivě ovlivňovat růst rostlin a zlepšovat jejich obranyschopnost.

Mezi nejvyužívanější mikroorganismy sloužící k ochraně rostlin patří *Metarhizium acridum*, *Purpureocillium lilacinum* nebo *Trichoderma* spp., která patří mezi nejoblíbenější a nejrozšířenější mikrobiální biopesticidy. Tyto houby se využívají zejména proti plísním z rodu *Fusarium*, parazitickým hlísticím (hád'átka), kobylkám a sarančatům (Whipps 2001).

Další významnou roli v biologické ochraně rostlin hrají semiochemikálie, které slouží k mezidruhové a vnitrodruhové chemické komunikaci. Předávají zprávu nebo signál, který může změnit chování škůdců. Semiochemikálie používáme jako odpuzovače škůdců, atraktanty nebo k zabránění páření. Jedná se o chemické sloučeniny, které přirozeně fungují ke komunikaci

mezi rostlinami, hmyzími škůdci, parazitoidy a predátory. Feromonony fungují pro dorozumívání v rámci jednoho druhu, zatímco polochemikálie, známé jako alelochemikálie slouží mezi příslušníky různých druhů a zahrnují alomony (důležité pro vysílače), kairomony (důležité pro příjemce) synomony (důležité pro oba druhy) a apneumony (nevýznamné pro oba druhy) (Landolt & Phillips 1997).

Kasinger et al. (2008) uvádí, že semiochemikálie patří do různých chemických skupin, jako jsou aldehydy, alkoholy, sloučeniny obsahující síru, estery, terpeny, alkanů, heterocyklických aromatických sloučenin, proteinů, aminokyselin, triglyceridů a solí. Semiochemikálie lze také vyrábět synteticky, aby napodobily přírodní sloučeninu.

Přírodní bioaktivní látky jsou látky rostlinného a živočišného původu, ale mohou být také syntetického původu. Podporují růst rostlin a podílejí se na obranných reakcích rostlin, včetně omezování rozvoje patogenů. Tyto sloučeniny obvykle patří do jedné ze tří velkých chemických tříd: terpenoidy, fenolické látky a alkaloidy (Freeman & Beattie 2008).

Působení těchto přírodních sloučenin není specifické a jejich účinek na patogeny je všestranný. Přírodní bioaktivní sloučeniny používané v ochraně rostlin ničí patogeny (fungicidní účinek) nebo omezují jejich vývoj (fungistatický účinek) a také vyvolávají obranné reakce rostlin jako elicitory (Babosha 2004). Každá molekula/sloučenina, která spouští nebo stimuluje určitý obranný mechanismus v rostlině, se nazývá elicitor. V důsledku interakce elicitoru s receptorem buňky, na kterou působí, vzniká metabolický podnět, nazývaný "signál", vzhledem k možnosti jeho pohybu jak intracelulárně, tak intercelulárně a systémově. Rostliny, na které byly aplikovány tyto sloučeniny, reagují následovně: membránové receptory rostlinných buněk vážou molekuly elicitoru, vyvolávají lokální rezistenci a následně generují molekulární odpověď rostlin. Elicitory jsou klasifikovány jako fyzikální nebo chemické, biotické nebo abiotické a komplexní nebo definované v závislosti na jejich původu a molekulární struktuře (Thakur & Sohal 2013).

Využití biologických agens může být významnou součástí udržitelného zemědělství (Xu et al. 2011). Pro jejich úspěšné využití v ochraně rostlin je však důležité porozumět dynamice interakcí mezi agens a patogenem (Paulitz 2000).

### 3.7.1 Využití bakterií v ochraně rostlin

#### *Bacillus* spp.

*Bacillus* je tyčinkovitá, endospory tvořící aerobní nebo fakultativně anaerobní bakterie, grampozitivní bakterie a u některých druhů se mohou kultury s věkem změnit na gramnegativní. Mnoho druhů tohoto rodu vykazuje širokou škálu fyziologických schopností, které jim umožňují žít v každém přírodním prostředí. V každé buňce se tvoří pouze jedna endospora. Spory jsou odolné vůči teplu, chladu, záření, vysychání a dezinfekčním prostředkům. Druhy rodu *Bacillus* se používají v mnoha lékařských, farmaceutických, zemědělských a průmyslových procesech, které využívají jejich široké škály fyziologických charakteristik a jejich schopností produkovat řadu enzymů, antibiotik a dalších metabolitů (Turnbull et al. 1996).

### ***Paenibacillus* spp.**

*Paenibacillus* jsou tyčinkovité, grampozitivní organismy, vytváří oválné endospory, které se rozšiřují v sporangium. Jsou aerobní nebo fakultativně anaerobní a pohyblivé pomocí peritrichických bičků (Priest 2015).

Bakterie patřící do rodu *Paenibacillus* byly izolovány z různých prostředí, od polárních oblastí po tropy a od vodního prostředí až po nejsušší pouště. Mnoho těchto druhů je významných pro člověka, zvířata, rostliny a životní prostředí. Většina z nich se vyskytuje v půdě, často ve spojení s kořeny rostlin, proto tyto rhizobakterie, mohou být využity v zemědělství. Mnoho druhů rodu *Paenibacillus* produkuje antimikrobiální sloučeniny, které jsou užitečné v medicíně nebo jako pesticidy, a mnohé poskytují enzymy, které by mohly být využity k bioremediaci nebo k výrobě cenných chemických látek (Grady et al. 2016).

Na zemědělských polích se vyskytují rozmanité populace aerobních bakterií tvořících endospory, které mohou přímo i nepřímo přispívat k produktivitě plodin. Zatímco původní populace rodu *Bacillus* a *Paenibacillus* se hojně vyskytují ve většině zemědělských půd, rostlinná pletiva jsou různě kolonizována odlišnými subpopulacemi. Více druhů rodu *Bacillus* a *Paenibacillus* může různými způsoby podporovat zdraví plodin. Některé populace potlačují rostlinné patogeny a škůdce produkcí antibiotických metabolitů, zatímco jiné mohou přímo stimulovat obranyschopnost rostlinného hostitele před infekcí. Některé kmeny mohou také stimulovat příjem živin rostlinami, a to buď podporou rhizobiálních a mykorhizních symbióz, nebo přímou fixací atmosférického dusíku (McSpadden & Gardener 2004).

### ***Pseudomonas* spp.**

*Pseudomonas* jsou bakterie, které jsou vázané na rostliny a žijí jako saprofyty a parazité na povrchu rostlin a uvnitř rostlinných tkání. Důležitým faktorem patogenity a virulence je produkce sekundárních metabolitů, jako jsou fytotoxiny, pektolytické enzymy, exopolysacharidy a produkce hormonů. Mnohé s rostlinami asociované bakterie *Pseudomonas* spp. podporují růst rostlin tím, že potlačují patogenní mikroorganismy, syntetizují růst stimuluující rostlinné hormony a podporují zvýšenou odolnost rostlin vůči chorobám. Jiné inhibují růst rostlin a způsobují příznaky chorob od hniloby a nekrózy až po vývojové dystrofie, jako jsou háčky. Není snadné jasně rozlišit mezi patogenními a růst rostlin podporujícími *Pseudomonas* spp. Kolonizují stejné ekologické niky a mají podobné mechanismy kolonizace rostlin. Patogenní, saprofytické a růst rostlin podporující kmeny se často vyskytují v rámci téhož druhu a výskyt a závažnost chorob způsobených *Pseudomonas* spp. jsou ovlivněny faktory prostředí a interakcemi specifickými pro hostitele. Rostliny čelí výzvě, jak rozpoznat a vyloučit patogeny, které představují skutečnou hrozbu, a zároveň tolerovat benignější organismy (Preston 2004).

Z kmenů kolonizujících rostliny některé pozitivně ovlivňují zdraví a výživu rostlin, jako jsou například izoláty SBW25 a Pf-5. Mechanistické základy těchto účinků zůstávají nejasné, ale je známo, že zahrnují produkci růstových hormonů rostlin, potlačování patogenů (zejména hub a oomycet) škodlivých pro zdraví rostlin prostřednictvím kompetitivních a nebo alelopatických účinků a přímé vyvolávání obranných reakcí rostlin (Silby et al. 2009).



V našich pokusech byly k ochraně porostů máku setého proti chorobám použity následující biologické přípravky na bázi bakterií:

#### Hirundo

Jedná se o biofungicid, který obsahuje živé buňky bakterií rodu *Bacillus*. Tyto bakterie produkují fytoalexiny v kořenové soustavě a chrání tak kořeny před houbovými patogeny. Bakterie dále napomáhají mineralizaci organických zbytků a zpřístupňování obtížně rozložitelných komplexů pro rostliny. Přípravek je rezistentní proti pesticidům, díky tvorbě endospor. Aplikuje se v poměru 1 l na množství vody 200 – 600 l/ha (Prokinová 2017).

#### Fix H + Fix N

Biologický přípravek obsahující bakterie rodu *Pseudomonas* a *Paenibacillus*. Tyto bakterie vytvářejí symbiotický vztah s kořenovou soustavou, kde vytváří hlízky, které pomáhají přeměňovat vzdušný dusík. Dále tyto bakterie zlepšují pomocí enzymů a hormonů dostupnost živin, které podporují růst rostlin. Dále ovlivňují pH v rhizosféře, které napomáhá rostlině přečkávat nepříznivé podmínky, jako je například období sucha a chrání kořenovou soustavu před napadením patogenních hub rodu *Fusarium*, *Colletotrichum* a *Sclerotinia*. Fix H + Fix N se aplikuje pomocí záливky v poměru 1,0 l/ha a dá se využít na všech typech půdy v České republice (Lovecká 2020).

### **3.7.2 Využití hub v ochraně rostlin**

Biocontrol fungi jsou houby používané k biologickému boji proti škůdcům a chorobám rostlin. Tyto houby se přirozeně vyskytují v půdě a jsou schopny napadat škodlivé organismy, jako jsou například houby, bakterie, viry a mnoho dalších. Biocontrol fungi fungují jako přirození predátoři škůdců a mohou tak pomoci snížit potřebu chemických pesticidů v zemědělství. Použití biocontrol fungi v ochraně rostlin je považováno za ekologicky šetrné a bezpečné pro lidi a zvířata. Tyto houby se používají nejen v zemědělství, ale také v lesnictví, zahradnictví a dalších oblastech, kde je potřeba chránit rostliny před škůdci a chorobami (Shah & Pell 2003).

Mezi biocontrol fungi patří různé druhy hub, které se používají k ochraně rostlin před škodlivými organismy, jako jsou plísně, bakterie a hmyz. Patří sem například:

- *Trichoderma* spp. - jedna z nejvíce studovaných biocontrol hub. Tento rod hub obsahuje mnoho druhů, které jsou schopny inhibovat růst a šíření patogenních organismů v půdě i na rostlinách.
- *Beauveria bassiana* - houba, která se používá k boji proti mnoha druhům hmyzu, jako jsou mšice, brouci a mouchy.
- *Metarhizium* spp. - další druh biocontrol houby, který se používá k boji proti hmyzu, včetně termitů, mravenců a much.
- *Paecilomyces lilacinus* - houba, která se používá k boji proti půdním hlísticím, parazitickým houbám a jiným škodlivým organismům v půdě.

- *Myrothecium verrucaria* - houba, která produkuje látky s antimikrobiálními a antifungálními vlastnostmi, které se používají k ochraně rostlin před patogenními organismy.
- *Lecanicillium lecanii* - houba, která se používá k boji proti mšicím a molice.
- *Pythium oligandrum*

Tyto houby jsou využívány v integrované ochraně rostlin, jako alternativní metoda k syntetickým pesticidům a fungicidům. Jejich výhodou je, že jsou biologického původu, což znamená, že jsou ekologicky šetrné a nezanechávají zbytky chemických látek na rostlinách a v půdě (Sharma 2019; Gerbore et al. 2014).

### ***Pythium oligandrum***

*Pythium oligandrum*, nepatogenní oomyceta žijící v půdě, kolonizuje kořenový ekosystém mnoha druhů plodin. Zatímco většina zástupců rodu *Pythium* je rostlinnými patogeny, *P. oligandrum* se od patogenních druhů odlišuje svou schopností chránit rostliny před biotickými stresy a zároveň podporovat růst rostlin. Úspěch *P. oligandrum* při ochraně před půdními patogeny částečně souvisí s přímým antagonismem zprostředkovaným mykoparazitismem a antimikrobiálními sloučeninami. Zajímavé je, že se u *P. oligandrum* vyvinuly specifické mechanismy pro napadání kořisti, i když patří k blízce příbuzným druhům (Benhamou et al. 2012).

Vallance et al. (2009) uvádí, že tři kmeny *Pythium oligandrum* mají schopnost tvořit oospory a produkovat tryptamin, sloučeninu podobnou auxinu, a oligandrin, který spadá mezi glykoproteinové elicitory, které napomáhají rostlině zvýšit odolnost proti houbovým chorobám.

V našich pokusech byl k ochraně porostů máku setého proti chorobám použit následující biologický přípravek na bázi hub:

### Polyversum

Jedná se o biologický fungicid obsahující pro rostlinu užitečný mikroorganismus *Pythium oligandrum*. Houba má mykoparazitické účinky, kdy inhibuje růst fytopatogenních mikroorganismů pomocí narušení buněčné stěny hub a vytváří v kořenovém systému ochranný film. Dále napomáhá zvyšovat odolnost rostlin proti různým stresovým podmínkám, jako je sucho, zasolení půdy nebo napadení škůdci. Přípravek Polyversum celkově zlepšuje vitalitu rostlin a kvalitu plodů a je vhodný do ekologického systému hospodaření, protože není toxický pro životní prostředí. Polyversum se aplikuje buď na osivo před setím, nebo v průběhu vegetace (Boček et al. 2013)

## **3.8 Chemické přípravky využívané v ochraně rostlin**

Mezi účinné látky, nejčastěji užívané v chemických fungicidech, patří triazoly a strobiluriny. K fungicidům, které tyto účinné látky obsahují, a které byly použity v našich pokusech pro porovnání účinnosti ošetření proti chorobám máku setého s výše zmíněnými biologickými přípravky na bázi hub a bakterií, patří Amistar Xtra a Tilmor.

### Amistar Xtra

Amistar Xtra je pesticidní přípravek používaný k ochraně rostlin před škůdci a chorobami. Jeho účinné látky jsou azoxystrobin a cyprokonazol, které patří do skupiny triazolových a strobilurinových fungicidů (Parween et al. 2016).

Azoxystrobin působí inhibicí dýchacího řetězce škodlivých organismů, což vede k jejich úhynu. Tato látka má systémový a kontaktní účinek a působí na široké spektrum chorob, včetně plísní, padlí a dalších hub. Azoxystrobin také zvyšuje odolnost rostlin vůči stresu a pomáhá jim lépe překonat nepříznivé podmínky (Rodrigues et al. 2013).

Cyprokonazol je další účinnou látkou v Amistar Xtra a patří do skupiny triazolů. Jeho mechanismus účinku spočívá v inhibici biosyntézy ergosterolu, který je nezbytný pro vývoj a fungování buněčných membrán škodlivých organismů. Cyprokonazol má systémový a kontaktní účinek a působí na mnoho různých chorob, jako jsou plísně, houby a rzi. Kombinace obou účinných látek v Amistar Xtra umožňuje účinnou ochranu rostlin před širokou škálou chorob a škůdců. Přípravek je vhodný pro použití u mnoha různých plodin, včetně obilovin, ovoce, zeleniny a olejnin (Świerczyńska et al. 2014)

### Tilmor

Tilmor je pesticidní přípravek určený pro ochranu rostlin, který obsahuje účinné látky prothioconazole a tebuconazole. Patří do skupiny triazolových fungicidů a působí na houbové choroby tím, že zasahují do biosyntézy ergosterolu, který je zodpovědný za udržení stability buněčné stěny a její propustnosti pro živiny a metabolity. Pokud je biosyntéza ergosterolu narušena, dochází k porušení struktury buněčné stěny houby, což způsobuje její oslabení a smrt.

Účinná látka prothioconazole působí jako inhibiční látka proti enzymu cytochrom P450 v patogenních houbách, jako je bílá hniloba, padlí, rez a skvrnitost. Tato účinná látka se vstřebává do rostlinné tkáně a šíří se systémově, což znamená, že dokáže působit i na části rostliny, které nebyly přímo ošetřeny přípravkem (Parker et al. 2013).

Tebuconazole také patří mezi systémové fungicidy a působí proti podobným chorobám jako prothioconazole. Účinná látka se vstřebává do rostliny a šíří se v ní, což zajišťuje účinnou ochranu proti chorobám. Působí na buněčnou membránu patogenních hub, což vede k inhibici buněčného dýchání. Tento fungicid se používá k ochraně rostlin v mnoha zemědělských plodinách, jako jsou pšenice, ječmen, kukuřice, ale také v pěstování máku (Muñoz-Leoz et al. 2011).

Účinnost přípravku Tilmor je zajištěna vysokou absorpcí do rostliny, rychlou distribucí v rostlině a dlouhodobým účinkem. Tilmor se aplikuje na rostliny postřikem a lze ho používat jak preventivně, tak i kurativně. Je důležité dodržovat doporučené dávkování a aplikovat přípravek v optimálním období, aby bylo dosaženo maximální účinnosti a minimalizováno riziko výskytu rezistence. V pěstování máku se prothioconazole a tebuconazole používají k ochraně proti plísním a hnilobám, jako je například hlízenka obecná (*Sclerotinia sclerotiorum*) nebo plíseň šedá (*Botrytis cinerea*) (Doubková 2017).

### 3.9 Mák v ekologickém zemědělství

V České republice se nachází řada podniků, které ekologicky hospodaří již více než dvacet let. Dodržování pravidel správné pěstitelské praxe, stabilizace ekosystému a dodržování preventivních opatření přinášejí mnohé pozitivní výsledky, ale jedním z hlavních problémů je ohrožení porostů polních plodin chorobami a škůdci, což může vést i k výraznému snížení výnosů. Ochrana plodin v ekologickém zemědělství je založena především na preventivních opatřeních, která mají zabránit množení a šíření škůdců a chorob (Lotter 2003). Mezi supresivní způsoby patří podpora konkurentů a přirozených nepřátel, jako například predátorů a parazitoidů škodlivých a patogenních organismů. Zásadní je i výběr zdravého osiva či sadby a správně sestavený osevní postup s dostatečným zastoupením zlepšujících plodin. V momentě, kdy hrozí značné rozšíření patogena, je možnost použít přípravky na ochranu rostlin, které jsou povoleny legislativou pro ekologické zemědělství (Letourneau & van Bruggen 2006).

Jedním z cílů ekologického zemědělství je udržení půdní úrodnosti, proto je dobré správně nakládat s posklizňovými zbytky, které nám zvyšují úroveň organické hmoty v půdě, což příznivě působí na půdní mikroorganismy. Dále pomáhají ke snižování eroze, udržení správné struktury půdy a jsou zdrojem důležitých makro i mikroprvků (Šarapatka et al. 2009).

Ekologičtí zemědělci tedy mají možnost využití přípravků povolených v ekologickém zemědělství. Na stránkách ÚKZÚZ je dostupný seznam přípravků na ochranu rostlin, který obsahuje mimo jiné i informace o účinných látkách. Povolení užití prostředky ochrany rostlin se omezuje pouze na případy, kdy se preventivní a agrotechnická opatření ukážou být nedostatečná. Použití těchto přípravků podléhá evidenci a při kontrole může dojít k situaci, kdy bude konstatováno porušení zákona a může být odebrána certifikace (Hájková & Dvořák 2010).

Na semena máku se vztahují požadavky dle ČSN 46 2300-3 a způsob jejich produkce musí odpovídat podmínkám vyplývajícím z legislativních podmínek a omezení pro ekologické zemědělství. Pěstování a produkce máku v ekologickém zemědělství je nevyužitou příležitostí. Na rozdíl od konvenční produkce nepodléhá cena ekologického máku takovým výkyvům. Pro ekologické pěstitele není cestou návrat k dřívějším praktikám; dostupnost nových poznatků ve spojení s modifikacemi užívaných pěstitelských postupů, vhodných pro ekologické aplikace a využitím moderní zemědělské techniky umožňuje přizpůsobit způsob produkce požadavkům ekologického zemědělství (Kuchtová et al. 2013).

#### 3.9.1 Srovnání ekologické a konvenční produkce máku

V ekologickém systému je výnos a celkově pěstování máku více závislé na průběhu počasí a na biotických vlivech. I přesto se ekologická produkce může vyrovnat produkci konvenční, případně ji i překonat (Šarapatka et al. 2009).

V ekologických pokusech, realizovaných v letech 2006 – 2007 a za První republiky probíhala ruční sklizeň, při které dochází k minimálním ztrátám. I to je jeden z důvodů, proč se ekologická produkce vyrovnala té konvenční. Výrazně nízký výnos v roce 2008 byl dán bezpochyby abnormálně velkým výskytem krytonosce makovicového (Vašák et al. 2010).

Tabulka 1: Porovnání výnosů českého máku mezi ekologickou a intenzivní produkcí

Ukazatel	První republika	Intenzivní produkce	Ekologické pokusy
Období	1920-38	2004-08	2006-07
Výnos [t/ha]	0,861	0,724	1,45

Zdroj: Vašák, 2010

### 3.9.2 Ochrana rostlin v ekologickém zemědělství

Základním pilířem ochrany rostlin v ekologickém zemědělství (EZ) je prevence a správná diagnóza, protože v momentě, kdy je porost silně napaden patogeny či škůdci, nemá ekologický zemědělec dostatek funkčních prostředků pro záchranu porostu. Mnoho patogenů si může na pole přivést dotyčný farmář, a to zejména v osivu. Proto je výběr zdravého osiva a jeho správné ošetření jedním z nejdůležitějších preventivních opatření. Osivo je vhodné ošetřit buď biofungicidní metodou (Polyversum) nebo fyzikální cestou, jako je např. E-ventus. Nejzranitelnější jsou rostliny máku ve fázi klíčení a vcházení, proto je důležité se zaměřit na jejich ochranu v tuto dobu (Satranský 2020).

Podle (Letourneau & van Bruggen 2006) je ochrana v ekologickém zemědělství rozdělena na 3 základní pilíře:

1. Preventivní opatření, které zabraňuje v prvotní fázi rozšíření nežádoucích patogenů a škůdců
2. Použití přirozených biologických procesů při výskytu patogenů či škůdců v menší míře (bioagens)
3. V případě většího rozšíření škůdců nebo patogenů lze využít některých z přípravků na ochranu rostlin, který je povolen legislativou pro ekologické zemědělství

Mezi hlavní přípravky, které jsou povolené pro EZ, patří fungicidní preparát Contans WG, Polyversum nebo Serenade ASO, jako instekticidní ochrana se využívá například NeemAzal (Satranský 2020).

Proti krytonosci kořenovému (*Stenocarus fuliginosus*) neexistuje v České republice v současné době účinná ochrana. Na farmách o menší výměře je možné krytonosce sbírat či sklepávat, ale jedná se o proces velice náročný na sílu a čas. Jedna z dalších preventivních metod je zakládání obsevů, kdy na souvrati vysejeme odrůdu, která kvete dříve než naše hlavní plodina. Tyto obsevy dokáží zachytit většinou populaci, protože jsou pro škůdce atraktivnější než hlavní plodina (Bečka et al. 2014).

### 3.9.3 Pěstování máku v ekologickém zemědělství

Pro úspěšné pěstování máku v EZ je třeba najít vhodné stanoviště pro pěstování, zvolit správnou rotaci plodin a vybrat správnou odrůdu. Máku se relativně daří ve všech výrobních

oblastech a typech, ale nejlepších výsledků dosahuje v řepařsko-ječné až bramborářsko-pšeničné oblasti, na pozemcích s lehkou svažitostí a nadmořskou výškou mezi 300 – 600 m.n.m (Kuchtová 2012). Mák příznivě reaguje na správnou bilanci živin v půdě, proto je vhodné používat pro hnojení máku vyzrálý hnůj v dávce 30–40 t/ha, buď na podzim, nebo k předplodině. Místo hnoje mohou ekologičtí zemědělci také použít kompost, zelené hnojení nebo pěstování luskovin. Dále lze přidat minerální ekologická hnojiva, jako je například měkký fosforit, draselná sůl nebo síran hořečnatý (Černý 2019). Mezi nejvhodnější předplodiny patří takové, které zanechají pozemek nezaplevelený a aplikuje se k nim organické hnojivo (hnůj), mezi takové řadíme – cukrovou řepu, horčici jarní, brambory, pelušku, bob nebo hrách. Naopak mezi nevhodné řadíme kukuřici na zrno, žito nebo sóju, které zanechávají nevyhovující strukturu půdy (Hájková & Dvořák 2010).

Dalším krokem k získání zdravého porostu a uspokojivého výnosu je výběr zdravého osiva a zvolení odrůdy, která je přizpůsobena místním klimatickým podmínkám a je odolná vůči chorobám a škůdcům (Satranský 2020). V rámci ekologického hospodaření se čím dál více využívá pěstování máku jako širokořádkové plodiny (45 cm), což je vhodné zejména pro plečkování k regulaci plevelů, které se provádí minimálně 2x, kdy záleží na míře zaplevelení. Ve stádiu 2. – 3. listu dochází k sjednocení porostu na vzdálenost 9–12 cm, aby se dosáhlo přibližně 12 – 25 rostlin na m<sup>2</sup>, neboť takový porost má lepší světelný požitek a i s tím související lepší vitalitu. V rámci ekologických ploch probíhá ruční sklizeň, které se obvykle rozdělí na 2 části, kdy dochází k minimálním posklizňovým ztrátám (Vašák et al. 2010).

## 4 Metodika

### 4.1 Klimatické a půdní podmínky stanoviště

Výzkumná stanice FAPPZ v Červeném Újezdě se nachází na souřadnicích 50°4'22"N, 14°10'19"E s nadmořskou výškou 398 m.n.m. Průměrná roční teplota zde dosahuje 7,7 °C a průměrný roční úhrn srážek je kolem 493 mm. Jedná se o demonstrační a experimentální pozemek, který byl založen roku 1978 s rozlohou cca 7 ha, kdy orná půda zaujímá necelých 5 ha. Půdním typem je hnědozem se středním obsahem humusu (3 %), neutrální reakcí půdy a průměrnou sorpční kapacitou. Obsah fosforu a draslíku je střední až dobrý (af.czu.cz 2023).

Přehled průměrných měsíčních teplot a úhrnů srážek v experimentálních letech 2021 – 2022 uvádí tabulka č. 2, podrobný přehled průměrných denních teplot s rážek ve sledovaném období je uveden v grafech č. 3 – 6.

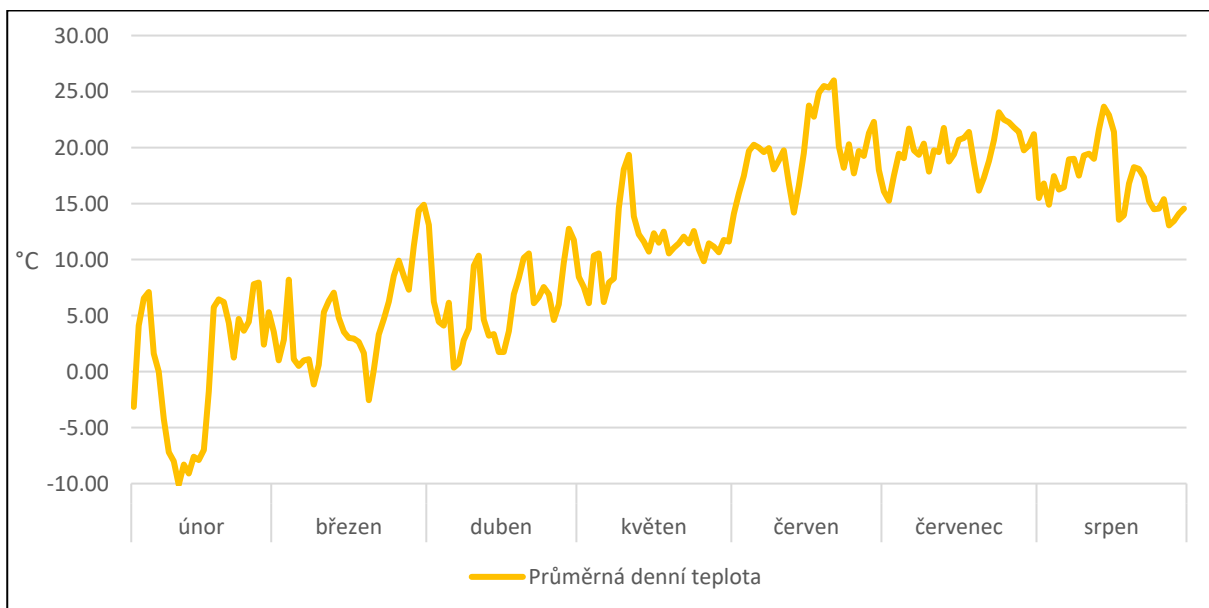
Tabulka 2: Přehled průměrných měsíčních teplot a úhrnů srážek v experimentálních letech 2021 - 2022 v porovnání s dlouhodobým normálem

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

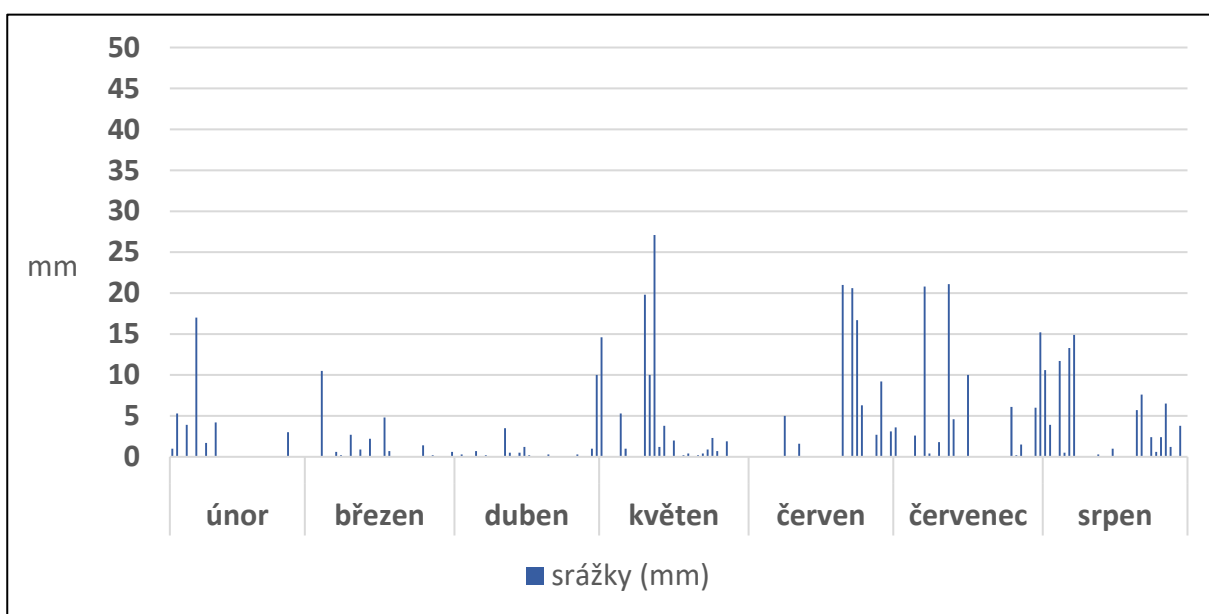
Podmínky pro růst a vcházení máku v roce 2021 byly příznivé. Úhrny srážek byly relativně nízké, ale přicházely pravidelně a vzházející mák tak nebyl vystaven stresu suchem. Tento stav se prakticky v celém vegetačním období udržoval na úrovni či nad dlouhodobým průměrem, až na měsíc duben. Průměrné denní teploty byly většinou podobné dlouhodobému průměru, s výjimkou června, kdy byly výrazně vyšší.

V roce 2022 byly průměrné teploty během vegetačního období (s výjimkou května) vyšší než dlouhodobý průměr. Srážky byly podprůměrné v březnu, květnu a červenci, zatímco duben, červen a srpen byly nadprůměrné.

Graf 3: Podrobný přehled průměrných denních teplot ve sledovaném období (2021)

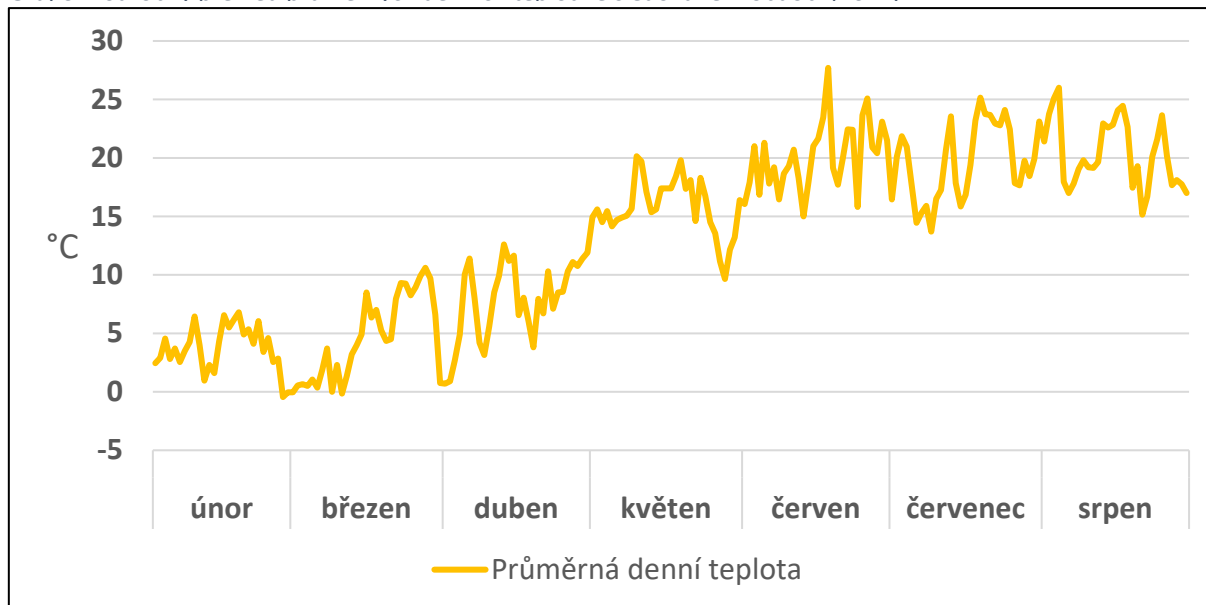


Graf 4: Podrobný přehled úhrnů srážek ve sledovaném období (2021)

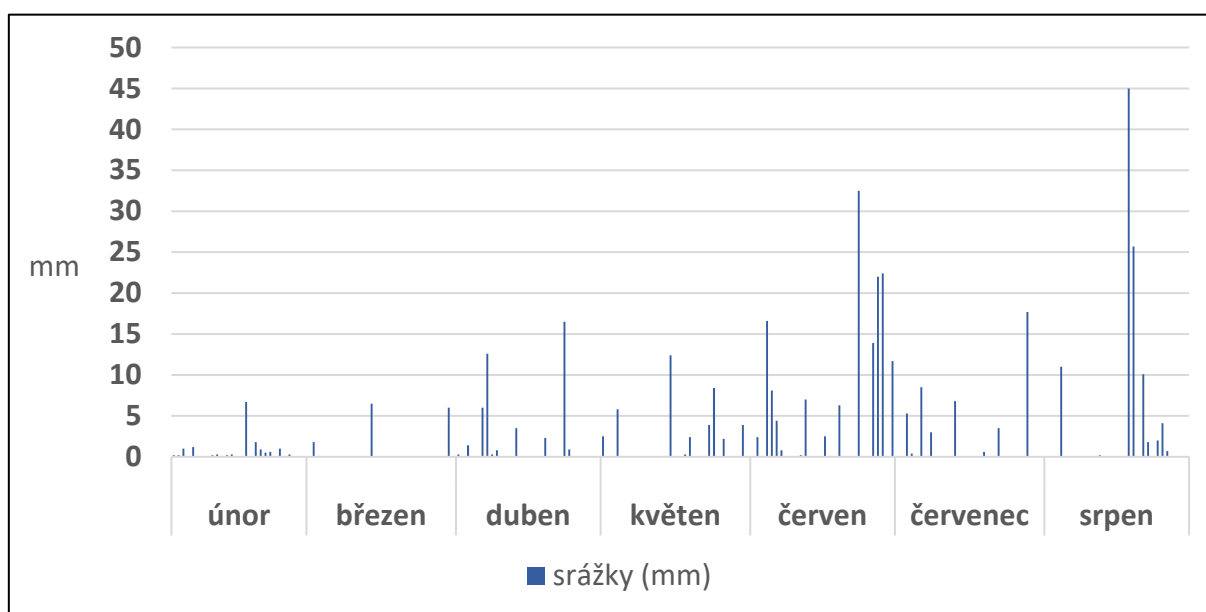




Graf 5: Podrobný přehled průměrných denních teplot ve sledovaném období (2022)



Graf 6: Podrobný přehled úhrnů srážek ve sledovaném období (2022)



## 4.2 Základní údaje o pokusu

Těžištěm diplomové práce byly přesné maloparcelkové pokusy. Každá varianta byla vyseta ve čtyřech opakování. Velikost sklizňové parcely byla 12 m<sup>2</sup>. Aby byly výsledky co nejvíce relevantní, byly parcely randomizovány (metoda znáhodněných bloků).

#### 4.2.1 Agrotechnika pokusu

Polní experimenty byly založeny 30. března 2021 a 28. března 2022. Referenční odrůdou byla modrosemenná odrůda Aplaus (výsevek: 1,75 kg osiva/ha). Osivo bylo ošetřeno přípravkem Cruiser OSR (25 ml/kg). Proti plevelům byly porosty ošetřeny preemergentně (Callisto 480 SC – 0,2 l/ha + Command 36 CS 0,25 l/ha) a posteemergetně (Laudis WG – 0,5 kg/ha + Tomahawk – 0,5 l/ha). Pokusy byly pohnojeny před setím (185 kg LAD/ha – 50 kg N/ha) a přihnojeny v době 6-8 pravého listu (185 kg LAD/ha – 50 kg N/ha). V druhé polovině května byly porosty insekticidně ošetřeny (Karate 5 CS – 0,125 l/ha). Sklizeň, pomocí maloparcelové sklízecí mlátičky Wintersteiger, byla realizována 19. srpna 2021 a 16. srpna 2022.

#### 4.2.2 Použitá odrůda máku

V roce 2014 byla registrována středně raná odrůda modrosemenného máku s názvem Aplaus, která je vhodná pro produkci semene pro potravinářské účely a makoviny pro farmaceutický průmysl. Rostliny této odrůdy dosahují střední výšky a jsou středně odolné proti poléhání před sklizní. Co se týče odolnosti proti helmintosporióze, je tato odrůda méně až středně odolná na listech. Proti plísni makové je středně odolná (elita.cz 2022).

#### 4.2.3 Přehled pokusných variant

Celkem bylo do pokusů zařazeno 10 variant. Byly sledovány dva konvenční fungicidy (Tilmor a Amistar Xtra). Přípravek Tilmor byl aplikován ve fázi vyvinuté listové růžice (BBCH 14-21), kdy se v porostech máku vyskytuje především plíseň maková. Přípravek Amistar Xtra byl aplikován v pozdější fázi vegetace (BBCH 59-61; plná butonizace až počátek kvetení), kdy můžeme v porostech máku očekávat především výskyt pleosporové hnědé skvrnitosti. Do pokusů byla zařazena také kombinovaná aplikace obou sledovaných konvenčních fungicidních přípravků. Dále do pokusů byly dále zařazeny dva biologické přípravky s fungicidním (či fungistatickým) působením. Přípravek Polyversum na bázi hub (*Pythium oligandrum*) a přípravek Fix H+N na bázi bakterií (*Pseudomonas* spp + *Paenibacillus* spp.). Oba sledované biologické přípravky byly aplikovány jednak v časnější fázi vegetace (BBCH 14-21) a jednak v pozdní fázi vegetace (BBCH 59-61). Také byla do pokusů zařazena varianta s dvojí aplikací biologických přípravků (BBCH 14-21 + BBCH 59-61). Přehled pokusných variant uvádí tabulka č. 3.

Tabulka 3: Přehled pokusných variant, účinná látka a termín aplikace

Varianta	Účinná látka	Dávka/ha	Termín aplikace		
			BBCB	2021	2022
Tilmor	prothioconazole 80 g, tebuconazole 160 g	1 l	14-21	3.6.	30.5.
Amistar Xtra	azoxystrobin 200 g, cyproconazole 80 g	1 l	59-61	28.6.	24.6
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	27.5.	25.5.
Polyversum – pozdní aplikace	<i>Pythium oligandrum</i>	0,1 kg	59-61	28.6.	24.6
Polyversum – dvojitá aplikace	<i>Pythium oligandrum</i>	0,1 kg	14-21	27.5.	25.5.
			+ 59-61	+ 28.6.	+ 24.6.
FIX-H+N – časná aplikace	<i>Pseudomonas</i> spp. + <i>Paenibacillus</i> spp.	1 l	14-21	27.5.	25.5.
FIX-H+N – pozdní aplikace	<i>Pseudomonas</i> spp. + <i>Paenibacillus</i> spp.	1 l	59-61	28.6.	24.6
FIX-H+N – dvojitá aplikace	<i>Pseudomonas</i> spp. + <i>Paenibacillus</i> spp.	1 l	14-21	27.5.	25.5.
			+ 59-61	+ 28.6.	+ 24.6.
Kontrola					

#### 4.2.4 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:

Bodový stupeň	Rozsah napadené listové plochy (%)
0	Rostliny bez známek napadení
1	do 20 %
2	20 – 40 %
3	více než 40 %

Poté byl, pomocí následujícího vzorec vypočten tzv. „Disease index“ (DI). Ten nabývá hodnot od 0 do 100, kde 0 znamená, že sledovaná varianta nejeví žádné známky napadení, 100 potom znamená, že hodnocená varianta je zcela napadená.

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

N = počet rostlin v dané skupině podle bodového stupně

T = celkový počet hodnocených rostlin

Hodnocení výskytu chorob v porostech máku bylo prováděno přibližně 2-3 týdny po aplikaci testovaných přípravků (BBCH 31-39; fáze stonkování rostlin), dne 18. června 2021 a 13. června 2022 a (BBCH 71-79; období tvorby tobolek) ve dnech 14. července 2021 a 10. července 2022.

#### **4.2.5 Sklizeň pokusů a příprava vzorků pro posklizňové hodnocení**

Před sklizní byly zjištěny následující ukazatele: průměrný počet rostlin na m<sup>2</sup>, počet makovic na rostlinu a délka rostlin (20 náhodně vybraných rostlin) a následně bylo z každé pokusné parcely odebráno 20 makovic pro laboratorní analýzy, které zahrnovaly hodnocení hmotnosti semen v makovici a stanovení obsahu fenolických sloučenin v semeni a makovině. Po sklizni byla zjištěna HTS a stanoven obsah oleje v sušině semen dle metody publikované Satranským et al. (2022).

#### **4.2.6 Stanovení energie klíčení a laboratorní klíčivosti vypěstovaného semene**

Energie klíčení a laboratorní klíčivost vypěstovaného semene máku byla hodnocena dle metodiky, kterou publikoval Satranský (2023).

#### **4.2.7 Stanovení obsahu celkových polyfenolů a fenolických kyselin v semeni máku a makovině**

Celkový obsah polyfenolů byl stanoven spektrofotometricky dle metody, kterou publikovali Lachman et al. (2011). Výsledky byly vyjádřeny jako mg ekvivalentu kyseliny gallové na kg sušiny (mg GAE/kg sušiny).

Pro stanovení obsahu fenolických kyselin byla použita metoda dle Paznochta et al. (2020), s drobnými modifikacemi, které dále uvádí Satranský (2023). Vzorky byly analyzovány s využitím systému Ultimate 3000 HPLC od společnosti Thermo Fisher Scientific, USA. Podrobnosti o parametrech chromatografické separace a identifikaci a kvantifikaci fenolických kyselin jsou uvedeny v publikaci Paznochta et al. (2020).

### **4.3 Statistické hodnocení**

Výsledky byly analyzovány pomocí dvoufaktorové analýzy rozptylu (ANOVA) s interakcí 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 ověřena pomocí Tukeyova HSD testu na hladině významnosti  $P < 0,05$ .

## 5 Výsledky

### 5.1 Hodnocení vlivu ošetření porostu máku setého proti chorobám na výnosotvorné prvky, výnos semen a olejnatost

Ve dvouletých polních pokusech s mákem setým, odrůdou Aplaus, byl hodnocen vliv různých variant ošetření porostu proti chorobám v průběhu vegetace s využitím vybraných biologických přípravků a pro porovnání i chemických fungicidů na úroveň napadení porostu chorobami v časnější (BBCH 31-39) a pozdnější (BBCH 71-79) fázi vegetace, strukturu výnosotvorných prvků, výnos semen a obsah oleje v semeni. Míru ovlivnění jednotlivých hodnocených parametrů sledovanými faktory (ročník, ošetření proti chorobám) a jejich interakcí vyjadřují hodnoty testovacího kritéria  $F$  (Tabulka 4).

Tabulka 4: Míra ovlivnění jednotlivých hodnocených parametrů sledovanými faktory a jejich interakcí (ANOVA, hodnoty testovacího kritéria  $F$ )

	Úroveň napadení porostu chorobami v BBCH 31-39	Úroveň napadení porostu chorobami v BBCH 71-79	Počet rostlin/m <sup>2</sup> v době sklizně	Počet makovic na rostlinu	Délka rostlin před sklizní
Ročník (R)	17,98***	4,06	264,87***	0,06	8,85**
Ošetření proti chorobám (O)	7,46***	5,75***	2,04	2,75*	1,04
R × O	19,59***	8,49***	7,49***	7,08***	1,02
	Hmotnost semen v makovici	HTS	Obsah oleje v semeni	Výnos semen	
Ročník (R)	0,28	1,47	7,02*	21,99***	
Ošetření proti chorobám (O)	8,95***	16,10***	23,42***	6,56***	
R × O	0,55	2,75*	7,09***	0,66	

$P < 0,05^*$ ;  $P < 0,01^{**}$ ;  $P < 0,001^{***}$

Z hodnocení úrovně napadení porostu v časnější fázi vegetace (hodnoceno v BBCH 31-39, tedy fáze stonkování), kdy jde především o výskyt plísně makové je zřejmé, že úroveň napadení byla ovlivněna v největší míře interakcí  $R \times O$ ; vliv ročníku byl nepatrně nižší a ještě slabší, přesto však stále ještě statisticky průkazný, byl vliv ošetření.

Převažující vliv interakce  $R \times O$  na úroveň napadení porostu byl zaznamenán i při hodnocení v pozdnější fázi vegetace (hodnoceno v BBCH 71-79, tedy fáze tvorby tobolek); následoval vliv způsobu ošetření, který byl rovněž statisticky průkazný, zatímco vliv ročníku se v tomto případě statisticky průkazně neuplatnil.

V případě počtu rostlin/m<sup>2</sup> v době sklizně byl zaznamenán výrazně převažující vliv ročníku na tento parametr; následoval výrazně slabší, přesto statisticky průkazný vliv interakce  $R \times O$ ; vliv ošetření byl statisticky neprůkazný. Počet makovic na rostlinu byl ovlivněn v převažující míře interakcí  $R \times O$ , následoval ještě stále statisticky průkazný vliv ošetření;

naproti tomu vliv ročníku byl v tomto případě neprůkazný. Délka rostlin před sklizní byla ovlivněna převážně ročníkem, vliv ošetření proti chorobám i interakce  $R \times O$  byl neprůkazný.

Hmotnost semen v makovici byla ovlivněna převažujícím způsobem ošetřením proti chorobám, vliv ročníku a interakce  $R \times O$  se statisticky průkazně neuplatnil. Poměrně výrazně převažujícím způsobem byla ovlivněna ošetřením proti chorobám hmotnost tisíce semen (HTS); statisticky průkazně, i když výrazně méně, se uplatnila i interakce  $R \times O$ ; vliv ročníku na HTS byl naproti tomu statisticky neprůkazný.

Obsah oleje v semeni byl ovlivněn statisticky průkazně oběma sledovanými faktory i interakcí  $R \times O$ ; přitom převažoval vliv ošetření proti chorobám na tento parametr. Téměř shodná míra vlivu byla zaznamenána v případě ročníku a interakce  $R \times O$ .

Výnos semen byl ovlivněn převažujícím způsobem ročníkem. Statisticky průkazně, i když v menší míře, se uplatnil i vliv ošetření proti chorobám, zatímco vliv interakce  $R \times O$  byl v tomto případě statisticky neprůkazný.

Průkaznost rozdílů v hodnotách jednotlivých sledovaných parametrů mezi průměry variant ošetření porostu proti chorobám a ročníků, zjištěná na základě testu dle Tukeye, uvádí tabulka 5.

Z výsledků je zřejmé, že z variant ošetření proti chorobám, které byly realizovány v časnější fázi vegetace, dosáhla v průměru nejnižší, a tedy nejprůzračnější hodnoty Disease Indexu (DI 22,2) varianta, kde byl použit přípravek Tilmor; tato varianta se statisticky průkazně neodlišovala od varianty, kde bylo použito kombinované ošetření Tilmor + AmistarXtra, ale ani od varianty s časnější aplikací biologických přípravků FIX-H+N a Polyversum (v případě Polyversa i varianty s dvojí aplikací tohoto přípravku). Nejvyšší úroveň napadení byla zaznamenána v případě neošetřené kontroly (DI 42,8). Vliv ročníku na úroveň napadení v časnější fázi vegetace byl statisticky průkazný, nižší, a tedy příznivější hodnocení bylo zaznamenáno v roce 2022.

V případě hodnocení úrovně napadení porostu chorobami v pozdnější fázi vegetace byla zaznamenána v průměru nejnižší, a tedy nejprůzračnější hodnota Disease Indexu (DI 31,7) u varianty ošetřené chemickým fungicidem AmistarXtra; tato varianta se statisticky průkazně nelišila od varianty s kombinací ošetření Tilmor + AmistarXtra, ale ani od některých variant s biologickými přípravky. Nejvyšší, a tedy nejhorší hodnota DI byla opět zaznamenána u neošetřené kontroly (DI 55,6), která se však statisticky průkazně neodlišovala jak od většiny variant, kde byly použity biologické přípravky Polyversum a FIX-H+N. Vliv ročníku byl v případě hodnocení úrovně napadení porostu v pozdnější fázi vegetace statisticky neprůkazný.

Průměrný počet rostlin na  $m^2$  před sklizní se pohyboval mezi 53 rostlinami (kontrola a varianta s dvojí aplikací přípravku Polyversum) a 61 rostlinami na  $m^2$  (AmistarXtra a varianta ošetřená Polyversem – pozdní aplikace). Rozdíly mezi jednotlivými variantami byly statisticky neprůkazné. Statisticky průkazně se naproti tomu od sebe lišily oba ročníky; výrazně vyšší počet rostlin na  $m^2$  byl zaznamenán v roce 2021.

Průměrný počet makovic na rostlinu se pohyboval mezi 2,1 makovice (varianty AmistarXtra a Tilmor+AmistarXtra) a 3,0 makovicemi na rostlinu (FIX-H+N, dvojí aplikace). S výjimkou uvedených variant s mezními hodnotami počtu makovic na rostlinu se ostatní varianty od sebe statisticky průkazně nelišily. Statisticky průkazný rozdíl nebyl zaznamenán ani mezi oběma ročníky.

Hmotnost semen v makovici se pohybovala v průměru v rozmezí od 2,93 g (Polyversum, časná aplikace) po 4,02 g (AmistarXtra). Rozdíly v hmotnosti semen v makovici mezi jednotlivými variantami byly v některých případech statisticky průkazné, jindy neprůkazné. Celkově dosahovala hmotnost semen v makovici vyšších hodnot u variant, které byly ošetřeny chemickými fungicidy; tyto varianty se od sebe zpravidla statisticky průkazně nelišily a z pohledu statistické průkaznosti k nim náležely i varianty s pozdním a/i dvojným ošetřením biologickými přípravky Polyversum a FIX-H+N. Rozdíl mezi oběma ročníky byl statisticky neprůkazný.

Hodnoty HTS se v průměru pohybovaly mezi 0,556 g (dvojitá aplikace FIX-H+N) a 0,633 g (Tilmor + AmistarXtra). K variantám s nižší HTS náležela neošetřená kontrola a varianty s časnou aplikací biologických přípravků, které se statisticky průkazně odlišovaly od variant ostatních. Hodnoty HTS mezi oběma ročníky se od sebe statisticky průkazně nelišily.

Nejnižšího průměrného výnosu semen (1,29 t/ha) dosáhla neošetřená kontrola; nejvyšší výnos (2,01 t/ha) pak byl zaznamenán u varianty Tilmor + AmistarXtra. Rozdíly ve výnosu mezi jednotlivými variantami tedy byly značné, avšak pouze dvě varianty s nejvyšším výnosem (AmistarXtra a již zmíněná varianta Tilmor + AmistarXtra) se statisticky průkazně lišily od neošetřené; důvodem byla poměrně vysoká hodnota minimální průkazné difference, pravděpodobně díky velkým rozdílům mezi opakováními. Vliv ročníku na výnos byl statisticky průkazný; vyššího výnosu bylo dosaženo v roce 2021.

Délka rostlin před sklizní se pohybovala mezi 86,8 cm (varianta s dvojitou aplikací Polyversa) a 93,6 cm (AmistarXtra). Rozdíly mezi variantami byly statisticky neprůkazné. Statisticky průkazně se však od sebe odlišovaly oba ročníky; v roce 2021 byla průměrná výška rostlin o cca 5 cm vyšší oproti roku 2022.

Obsah oleje v semen dosahoval hodnot mezi 43,68 % (varianta Polyversum, časná aplikace) a 45,79 % (Tilmor + AmistarXtra). K variantám s nižší olejnatostí se kromě variant ošetřených biologickými přípravky (časná aplikace) řadila i neošetřená kontrola; tyto varianty se od sebe statisticky průkazně neodlišovaly. K variantám s vyšší olejnatostí náležely varianty ošetřené chemickými fungicidy, ale také varianty s dvojitou aplikací biologických přípravků; ani mezi těmito variantami nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Malý, přesto však statisticky průkazný rozdíl v obsahu oleje v semeni byl zjištěn mezi oběma ročníky; mírně vyšší byl v roce 2021.

Podrobnější pohled na výsledky hodnocených variant v jednotlivých letech přináší grafy č 7-15.

#### Vliv ošetření porostu na napadení chorobami v časnější fázi vegetace

Výsledky hodnocení vlivu ošetření porostu na výskyt chorob v časnější fázi vegetace jsou uvedeny v grafu č. 7. Z výsledků je patrné, že v roce 2021 dosahovaly hodnocené varianty vyšších, a tedy méně příznivých hodnot Disease Indexu (DI), přičemž účinnost obou biologických přípravků FIX-H+N a zejména Polyversum byla v roce 2021 na obdobné úrovni, jako u neošetřené kontroly, v roce 2022 dosáhly výše zmíněné varianty nižších, a tedy příznivějších hodnot Disease Indexu ve srovnání s neošetřenou kontrolou. Účinnost chemického ošetření byla oproti kontrole vyšší, a to zejména v roce 2021.

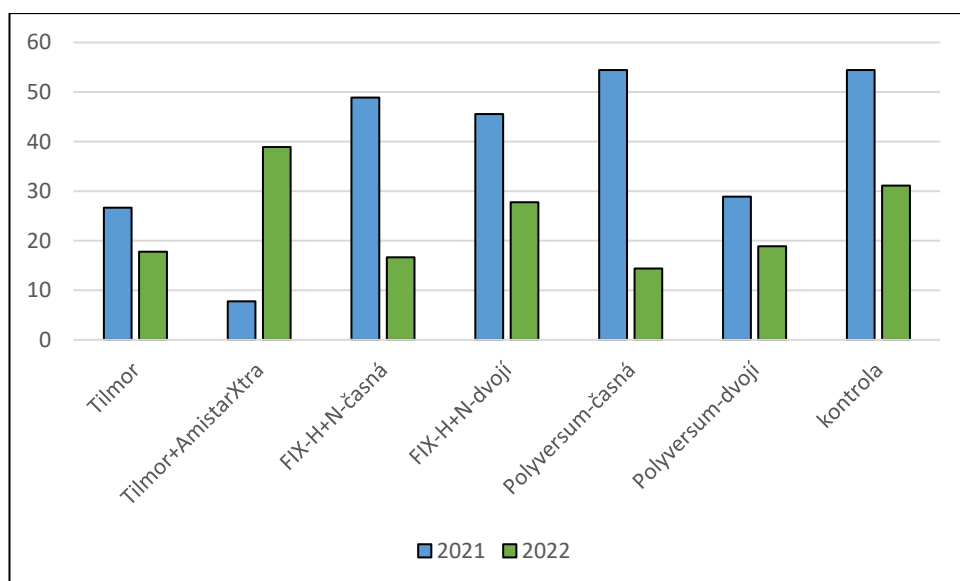
Tabulka 5: Průkaznost rozdílů v hodnotách jednotlivých sledovaných parametrů mezi průměry variant ošetření porostu a ročníků (Tukey HSD<sub>0,05</sub> test)

	Hodnocení úrovně napadení (BBCH 31-39) DI	Hodnocení úrovně napadení (BBCH 71-79) DI	Počet rostlin/m <sup>2</sup>	Počet makovic/rostlinu	Hmotnost semen v makovici (g)	HTS (g)	Výnos (t/ha)	Výška rostlin (cm)	Obsah oleje (%)
Tilmor	22,2 a	47,2 bc	56 a	2,3 ab	3,58 bc	0,591 bcd	1,62 ab	88,6 a	45,08 d
AmistarXtra	x	31,7 a	61 a	2,1 a	4,02 c	0,610 de	2,00 b	93,6 a	45,24 de
Tilmor+AmistarXtra	23,3 a	39,4 ab	56 a	2,1 a	3,97 c	0,633 e	2,01 b	91,5 a	45,79 e
FIX-H+N-časná	32,8 ab	42,8 abc	55 a	2,6 ab	2,98 a	0,580 abc	1,44 ab	91,1 a	44,06 ab
FIX-H+N-pozdní	x	40,0 ab	54 a	2,5 ab	3,59 bc	0,607 cde	1,51 ab	94,8 a	44,75 cd
FIX-H+N-dvojí	36,7 b	47,2 bc	55 a	3,0 b	3,53 abc	0,556 a	1,72 ab	90,5 a	45,03 d
Polyversum-časná	34,4 ab	44,4 abc	60 a	2,7 ab	2,93 a	0,575 ab	1,48 ab	92,8 a	43,68 a
Polyversum-pozdní	x	45,6 bc	61 a	2,5 ab	3,47 abc	0,592 bcd	1,38 ab	87,8 a	44,35 bc
Polyversum-dvojí	23,9 a	51,7 bc	53 a	2,6 ab	3,24 ab	0,603 bcd	1,60 ab	86,8 a	45,10 d
kontrola	42,8 b	55,6 c	53 a	2,2 ab	3,10 ab	0,557 a	1,29 a	89,2 a	43,94 ab
<i>HSD<sub>0,05</sub></i>	<i>16,9</i>	<i>15,4</i>	<i>10</i>	<i>0,8</i>	<i>0,58</i>	<i>0,028</i>	<i>0,65</i>	<i>9,1</i>	<i>0,65</i>
2021	36,1 b	42,8 a	67 b	2,4 a	3,42 a	0,593 a	1,75 b	93,1 b	44,82 a
2022	29,1 a	46,3 a	45 a	2,5 a	3,46 a	0,588 a	1,46 a	88,3 a	44,59 b
<i>HSD<sub>0,05</sub></i>	<i>5,2</i>	<i>7,5</i>	<i>5</i>	<i>0,3</i>	<i>0,33</i>	<i>0,015</i>	<i>0,33</i>	<i>3,9</i>	<i>0,21</i>

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



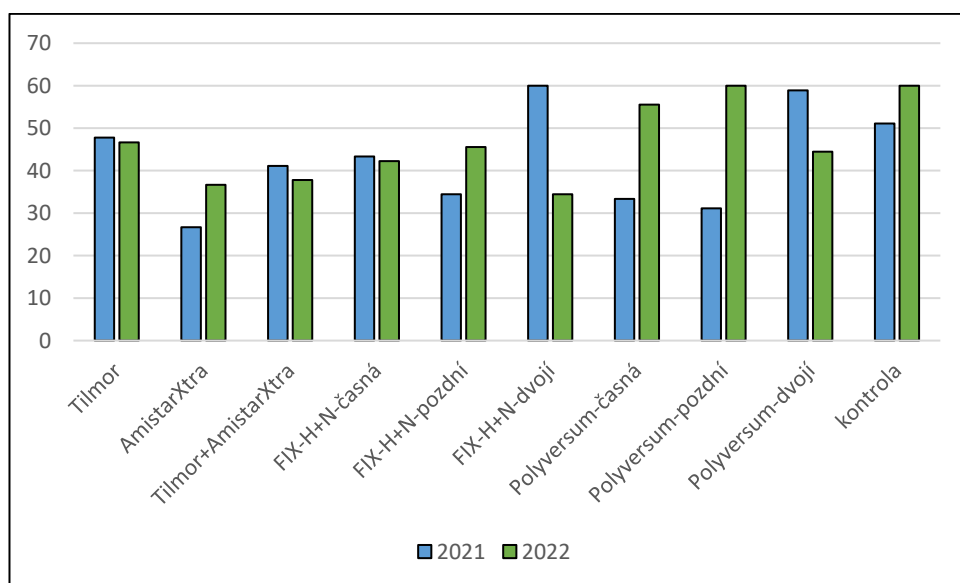
Graf 7: Průměrné napadení chorobami v časnější fázi vegetace (Disease Index - DI)



#### Vliv ošetření porostu na napadení chorobami v pozdnější fázi vegetace

Výsledky hodnocení vlivu ošetření porostu na výskyt chorob v časnější fázi vegetace jsou uvedeny v grafu č. 8. Z výsledků je patrná vyšší účinnost chemických přípravků, především přípravku AmistarXtra v samostatné aplikaci a dále ve variantě Tilmor + AmistarXtra oproti neošetřené kontrole. Avšak i některé varianty s ošetřením biologickými přípravky dosáhly pozitivního efektu, takřka na úrovni chemických fungicidů, a to varianta s pozdním ošetřením FIX-H+N v obou letech, varianta s dvojitým ošetřením FIX-H+N v roce 2022 a varianty s časným a dvojitým ošetřením Polyversem v roce 2021.

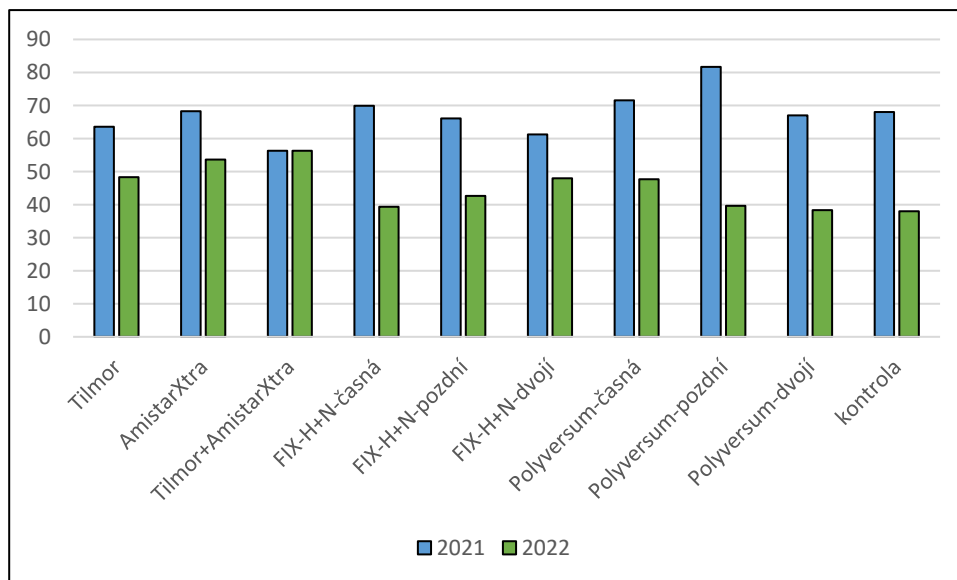
Graf 8: Průměrné napadení chorobami v pozdnější fázi vegetace (Disease Index - DI)



### Vliv ošetření porostu na počet rostlin na m<sup>2</sup> na konci vegetace

Výsledky hodnocení vlivu ošetření porostu na počet rostlin na m<sup>2</sup> na konci vegetace uvádí graf č. 9. Z výsledků je patrný především vliv ročníku na tento ukazatel, kdy poměrně výrazně vyššího počtu rostlin na m<sup>2</sup> dosáhly hodnocené varianty v roce 2021. Výjimkou byla pouze varianta Tilmor + AmistarXtra, kde byl počet rostlin na m<sup>2</sup> na konci vegetace v obou hodnocených letech srovnatelný. Oproti neošetřené kontrole, ale i variantám ošetřeným biologickými přípravky dosáhly vyššího počtu rostlin na m<sup>2</sup> v roce 2022 varianty ošetřené chemickými fungicidy; v roce 2021 se vliv ošetření na počtu rostlin na m<sup>2</sup> projevil jen minimálně; případné výkyvy pravděpodobně souvisí s přirozenou variabilitou porostu.

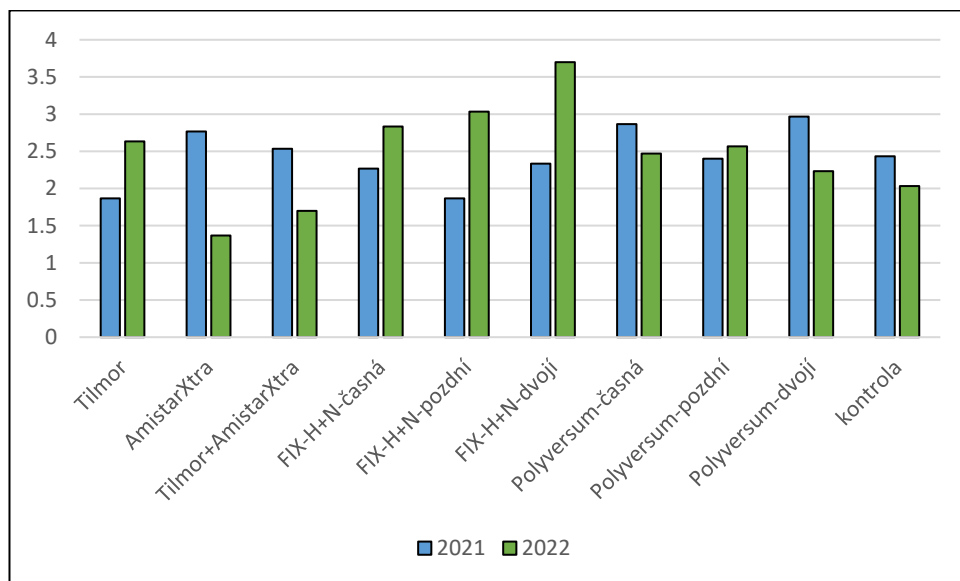
Graf 9: Průměrný počet rostlin na m<sup>2</sup> na konci vegetace



### Vliv ošetření porostu na počet makovic na rostlinu

Výsledky hodnocení vlivu ošetření porostu na počet makovic na rostlinu jsou uvedeny v grafu č. 10. Z výsledků je opět patrný určitý vliv ročníku na tento parametr, výsledky však nejsou jednoznačné. Dále je patrný určitý vliv ošetření porostu, byť stejně nejednoznačný jako vliv ročníku. U variant ošetřených chemickými fungicidy zjevný spíše nižší počet makovic na rostlinu, a to zejména v roce 2022 u variant obsahujících Amistar Xtra. Celkově nejvyšší počet makovic na rostlinu byl zaznamenán v roce 2022 u varianty s dvojitou aplikací přípravku Fix H+N.

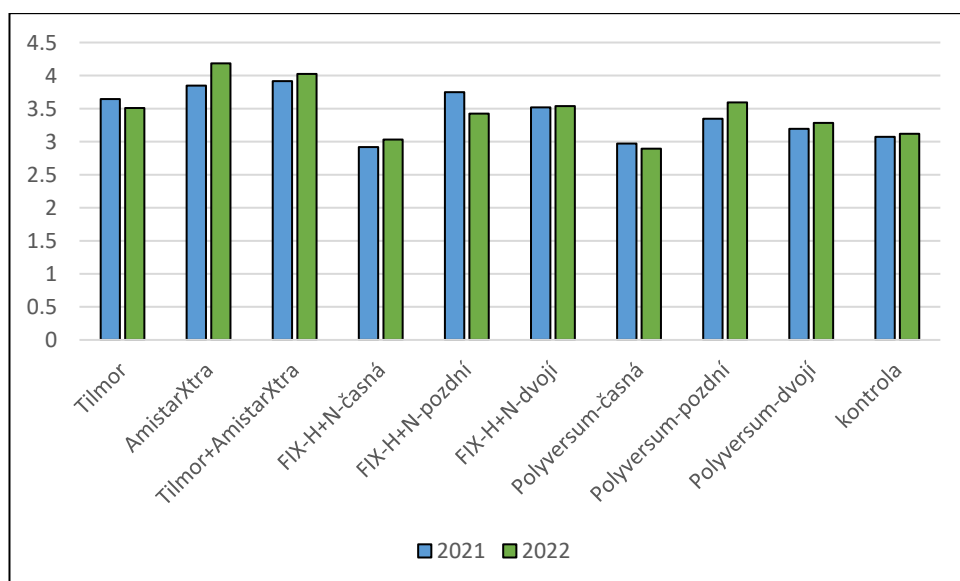
Graf 10: Průměrný počet makovic na rostlinu



### Vliv ošetření porostu na hmotnost semen v makovici

Výsledky hodnocení ošetření porostu na hmotnost semen v makovici jsou uvedeny v grafu č. 11. Hmotnost semen v makovici byla v obou letech poměrně vyrovnaná. Z výsledků je dále zjevné, že v obou letech dosahovaly nejvyšší hmotnosti semen v makovici varianty zahrnující chemický přípravek AmistarXtra. Neošetřenou kontrolu však převýšily i varianty s pozdní i dvojí aplikací biologických přípravků Polyversum a FIX-H+N. Varianty s časnou aplikací obou biologických přípravků dosáhly průměrné hmotnosti semen v makovici přibližně na úrovni neošetřené kontroly.

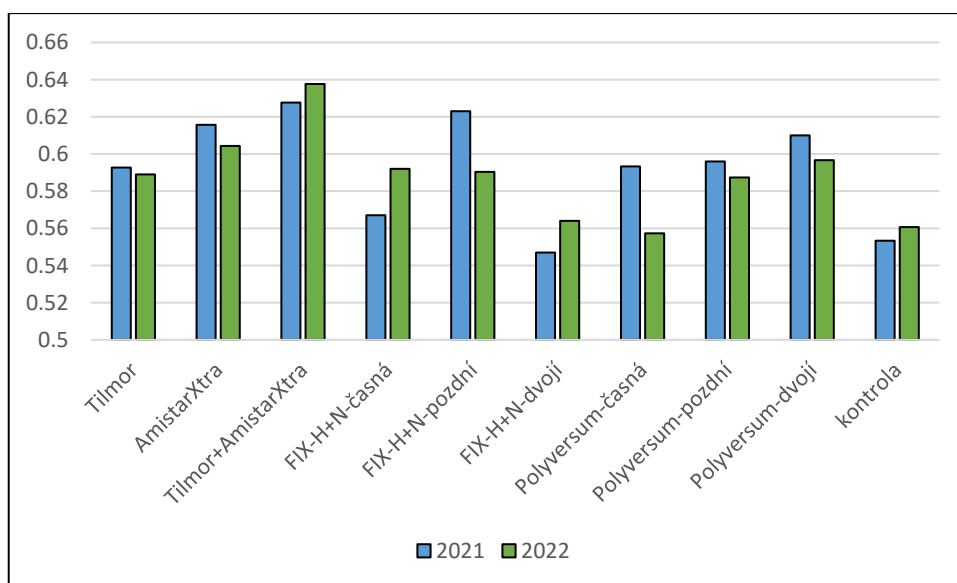
Graf 11: Průměrná hmotnost semen v makovici (g)



### Vliv ošetření porostu na hmotnost tisíce semen (HTS)

Výsledky hodnocení ošetření porostu na HTS znázorňuje graf č. 12. Z výsledků je patrné, že vliv ročníku na HTS byl nejednoznačný; některé varianty dosáhly mírně vyšší HTS v roce 2021, jiné v roce 2022. Celkově nejvyšší HTS byla v obou letech zaznamenána u varianty Tilmor + AmistarXtra, následovala varianta ošetřená pouze přípravkem AmistarXtra. Té se (v roce 2021) takřka vyrovnala varianta s pozdní aplikací biologického přípravku FIX-H+N. Znatelně lepších výsledků oproti kontrole dosáhly i varianty s pozdní a dvojitou aplikací Polyversa. Pozitivní je zjištění, že ve srovnání s kontrolou byl u naprosté většiny hodnocených variant, včetně biologických přípravků, zaznamenán pozitivní vliv ošetření porostu na tento znak.

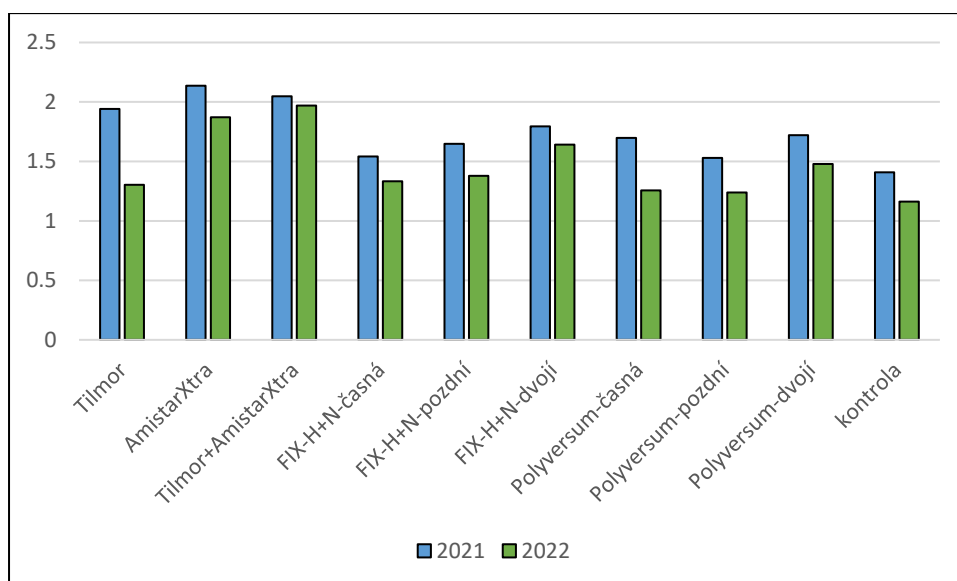
Graf 12: Průměrná HTS (g)



### Vliv ošetření porostu na výnos semen

Výsledky hodnocení ošetření porostu na výnos semen jsou uvedeny v grafu č. 13. Z výsledků jsou patrné rozdíly ve výnosu v závislosti na ročníku, kdy všechny hodnocené varianty dosáhly vyšších výnosů v roce 2021. U některých variant byl meziročníkový rozdíl ve výnosu poměrně výrazný, ale např. u varianty s ošetřením Tilmor + AmistarXtra byl rozdíl ve výnosu mezi oběma ročníky jen velmi malý. Zřejmý je rovněž vliv ošetření porostu na výnos; nejvyšších výnosů v obou letech dosáhly varianty zahrnující chemický fungicid AmistarXtra, avšak pozitivní vliv na výnos je patrný i u variant ošetřených biologickými přípravky FIX-H+N a Polyversum, a to zejména v případě variant s dvojitou aplikací těchto přípravků. Varianty s časnou aplikací uvedených biologických přípravků (u Polyversa i varianta s pozdní aplikací) se ve výnosu spíše blížily neošetřené kontrole, nicméně i u nich je patrné mírné navýšení výnosu ve srovnání s kontrolou.

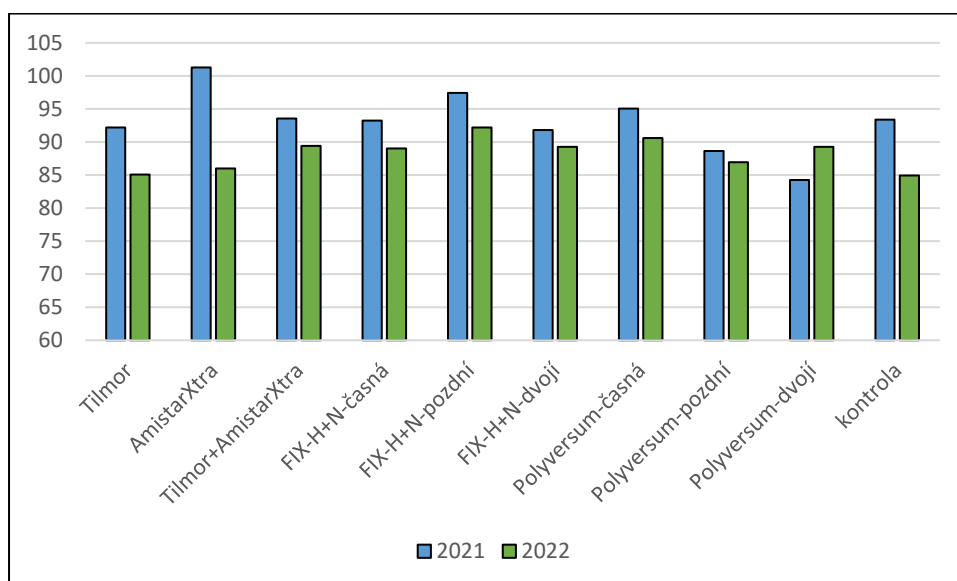
Graf 13: Průměrný výnos semen (t/ha)



### Vliv ošetření porostu na délku rostlin před sklizní

Výsledky hodnocení ošetření porostu na délku rostlin před sklizní uvádí graf č. 14. Z výsledků jsou patrné určité rozdíly mezi ročníky, kdy větší délka rostlin před sklizní byla zaznamenána v roce 2021, s výjimkou varianty s dvojným ošetřením přípravkem Polyversum. Výrazný meziročníkový rozdíl byl zaznamenán zejména u varianty s ošetřením přípravkem AmistarXtra, která v roce 2021 dosáhla vůbec největší délky rostlin ze všech hodnocených variant, ale v roce 2022 se v tomto znaku spíše blížila neošetřené kontrole. Vliv ošetření porostu proti chorobám na délku rostlin před sklizní nebyl jednoznačný; k variantám s větší délkou rostlin náležela např. varianta s pozdní aplikací přípravku FIX-H+N, k variantám s kratší délkou rostlin např. varianta s dvojnou aplikací přípravku Polyversum.

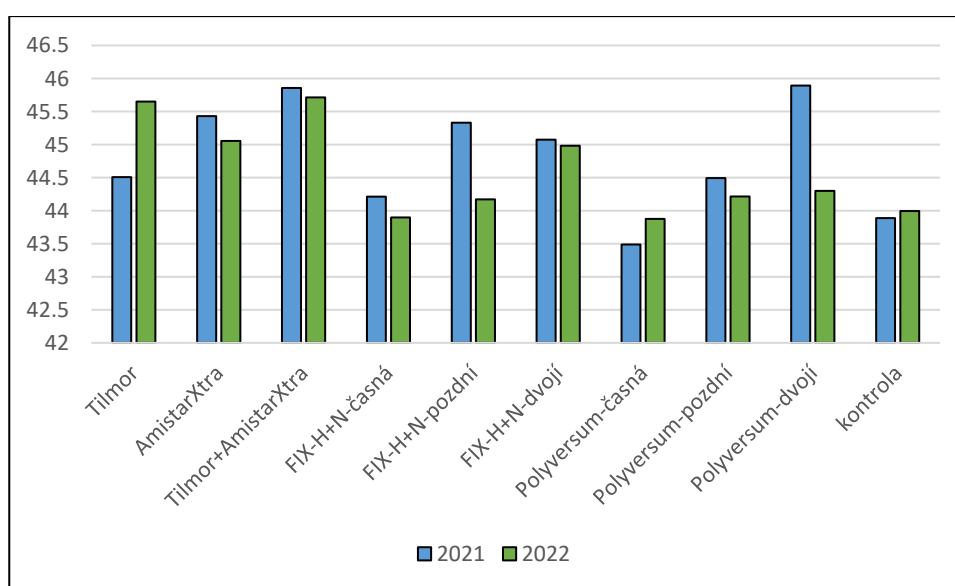
Graf 14: Průměrná délka rostlin před sklizní (cm)



### Vliv ošetření porostu na obsah oleje v semeni

Výsledky hodnocení ošetření porostu na obsah oleje v sušině makového semene znázorňuje graf č. 15. Celkově nejnižšího obsahu oleje v sušině semene dosáhly v obou hodnocených letech varianty s časnou aplikací biologických přípravků FIX-H+N a Polyversum spolu s neošetřenou kontrolou. Nejvyššího obsahu oleje v sušině semene dosáhly v obou letech varianty, kde byl použit chemický fungicid AmistarXtra. Výsledky obsahu oleje v sušině semene v obou letech byly zpravidla poměrně vyrovnané; výjimkou byla varianta s dvojitou aplikací přípravku Polyversum, kde byl v roce 2021 obsah oleje znatelně vyšší oproti roku 2022; podobná situace byla zaznamenána v případě varianty s pozdní aplikací přípravku FIX-H+N.

Graf 15: Průměrný obsah oleje v sušině semen (%)



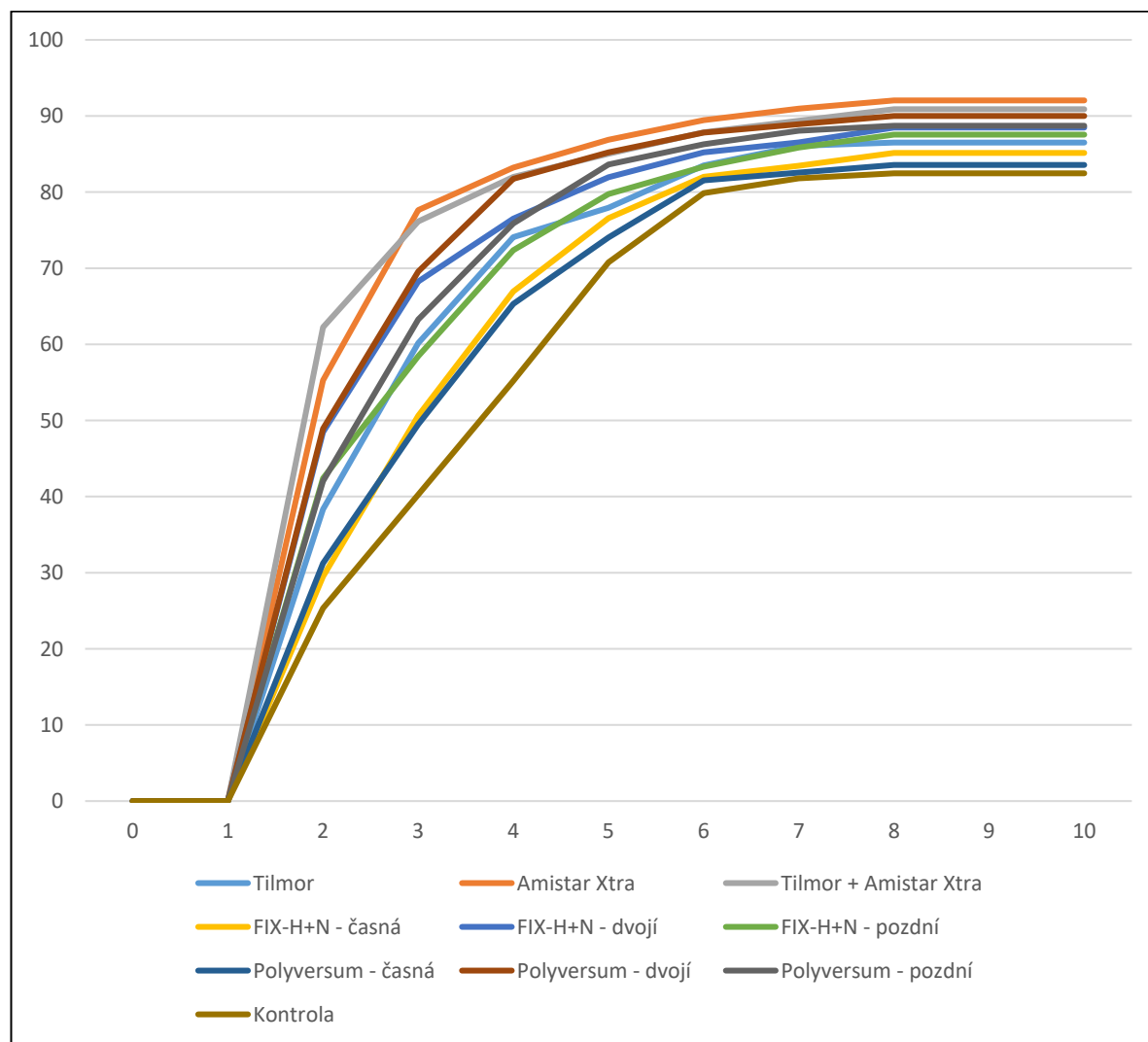
## 5.2 Hodnocení energie klíčení a laboratorní klíčivosti vypěstovaného semene

Pro doplnění celkového pohledu na vlastnosti porostu a sklizeného semene máku v závislosti na způsobu ošetření proti chorobám uvádíme ještě výsledky hodnocení energie klíčení a laboratorní klíčivosti vypěstovaného semene (graf 16). Tyto hodnoty jsou důležité zejména v případě, že je mák pěstován za účelem produkce osiva.

Z grafu jsou patrné, počínaje druhým dnem od založení testu klíčivosti, určité rozdíly v energii klíčení v závislosti na ošetření porostu proti chorobám. V průběhu celého testu, od počátku sledování energie klíčení, až po výslednou laboratorní klíčivost, hodnocenou desátý den od založení testu, vykazovalo nejnižší hodnoty energie klíčení a současně i nejnižší výslednou laboratorní klíčivost semeno sklizené z neošetřené kontrolní varianty. Nejvyšší hodnoty energie klíčení i výsledné laboratorní klíčivosti dosáhly varianty, kde byl použit přípravek Amistar Xtra. Pozitivní je zjištění, že i varianty ošetřené biologickými přípravky

Polyversum a FIX-H+N vykázaly vyšší hodnoty laboratorní klíčivosti a vyšší energii klíčení, zejména mezi 2. – 5. dnem od založení testu ve srovnání s neošetřenou kontrolní variantou. To je důležité zejména v případě, že by byl porost máku pěstován za účelem produkce osiva.

Graf 16: Vliv ošetření porostu na průměrnou energii klíčení a laboratorní klíčivost vypěstovaného semene máku (%)



### 5.3 Hodnocení obsahu fenolických sloučenin v semeni máku a v makovině

Míru ovlivnění jednotlivých hodnocených parametrů sledovanými faktory (ročník, ošetření proti chorobám) a jejich interakcí vyjadřují hodnoty testovacího kritéria  $F$  (Tabulka 6). Z výsledků je patrné, že celkový obsah fenolických kyselin v makovině byl ovlivněn převažujícím způsobem ročníkem, avšak statisticky průkazně se uplatnil i vliv ošetření proti chorobám a interakce  $R \times O$ . Naproti tomu, celkový obsah fenolických kyselin v semeni byl

ovlivněn převážně ošetřením porostu, následovala interakce R × O a statisticky průkazný, avšak slabší, byl vliv ročníku.

Celkový obsah polyfenolů v makovině byl rovněž ovlivněn v převažující míře ročníkem; statisticky průkazně, i když výrazně méně, se uplatnil i vliv ošetření porostu a interakce R × O. Celkový obsah polyfenolů v semeni ovlivnil převažujícím způsobem ročník; následovala interakce R × O a statisticky průkazně, i když výrazně méně, se uplatnil i vliv ošetření porostu.

Tabulka 6: Míra ovlivnění jednotlivých hodnocených parametrů sledovanými faktory a jejich interakcí (ANOVA, hodnoty testovacího kritéria F)

	Celkový obsah fenolických kyselin makovina	Celkový obsah fenolických kyselin semeno	Celkový obsah polyfenolů makovina	Celkový obsah polyfenolů semeno
Ročník (R)	412,37***	18,49***	479,74***	2334,31***
Ošetření proti chorobám (O)	197,19***	95,03***	29,94***	55,26***
R × O	76,37***	53,00***	11,67***	65,44***

P < 0,05\*; P < 0,01\*\*; P < 0,001\*\*\*

Průkaznost rozdílů v hodnotách jednotlivých sledovaných parametrů mezi průměry variant ošetření osiva a ročníků, zjištěná na základě testu dle Tukeye, uvádí tabulka 7.

Z výsledků je zřejmé, že nejvyšší celkový obsah fenolických kyselin v makovině (927,15 mg/kg sušiny) byl zaznamenán u varianty ošetřené přípravkem AmistarXtra; ta se statisticky průkazně lišila od všech ostatních variant. Následovala neošetřená kontrola a nejnižší celkový obsah fenolických kyselin (434,47 mg/kg sušiny) byl zaznamenán u varianty ošetřené přípravkem FIX-H+N, dvojí aplikace.

Naproti tomu, u varianty ošetřené přípravky AmistarXtra byl zjištěn nejnižší celkový obsah fenolických kyselin v makovém semeni (165,30 mg/kg sušiny); nejvyšší pak u neošetřené kontroly (302,31 mg/kg sušiny). V případě variant ošetřených biologickými přípravky byly rozdíly mezi variantami v některých případech statisticky průkazné, jindy neprůkazné, ale ne příliš výrazné.

Vliv ročníku na celkový obsah fenolických kyselin v makovině i v semeni byl statisticky průkazný; vyšší celkový obsah fenolických kyselin v makovině byl zjištěn v roce 2022; v tomto roce byl současně zaznamenán mírně nižší celkový obsah fenolických kyselin v semeni.

Nejvyšší celkový obsah polyfenolů (383,67 mg GAE/kg sušiny) v makovině byl opět zjištěn u varianty ošetřené přípravkem AmistarXtra; tato varianta se statisticky průkazně lišila od všech ostatních variant. Nejnižší celkový obsah polyfenolů (224,25 mg GAE/kg sušiny) byl pak zaznamenán u varianty ošetřené přípravkem FIX-H+N (pozdnější aplikace), která se průkazně lišila od ostatních variant s výjimkou varianty ošetřené dvojí aplikací Polyversa.

Varianta ošetřená přípravkem AmistarXtra dosáhla nejnižšího obsahu celkových polyfenolů (41,95 mg GAE/kg sušiny) v semeni; nejvyšší obsah v semeni (57,88 mg GAE/kg sušiny) byl zaznamenán u varianty s pozdní aplikací přípravku Polyversum.

Vliv ročníku na celkový obsah polyfenolů v makovině i semeni byl statisticky průkazný, vyšší obsah jak v makovině, tak i v semeni byl zjištěn v roce 2022.



Tabulka 7: Obsah fenolických sloučenin v semenech a makovině v závislosti na ošetření proti chorobám a ročníku (Tukey HSD test,  $P < 0,05$ ) (2021 – 2022)

	Celkový obsah fenolických kyselin mg/kg sušiny		Celkový obsah polyfenolů mg GAE/kg sušiny	
	makovina	semeno	makovina	semeno
Amistar Xtra	927,15f	165,30a	383,67e	41,95a
FIX-H+N časnější aplikace	625,71b	277,90e	317,99d	47,88b
FIX-H+N pozdnější aplikace	721,07de	258,57de	224,25a	44,85ab
FIX-H+N dvojí aplikace	434,47a	237,58c	275,91bc	45,49ab
Polyversum časnější aplikace	625,21cd	232,89c	324,17d	56,50c
Polyversum pozdnější aplikace	656,19bc	244,68cd	335,78d	57,88c
Polyversum dvojí aplikace	646,90bc	209,65b	258,43ab	44,27a
Kontrola	744,37e	302,31f	306,17cd	47,92b
HSD <sub>0,05</sub>	53,25	19,21	45,25	3,51
2021	609,35a	247,63b	233,17a	35,01a
2022	749,67b	234,59a	373,42b	61,67b
HSD <sub>0,05</sub>	45,57	8,92	38,25	4,25

Podrobnější pohled na výsledky hodnocených variant v jednotlivých letech přinášejí grafy č 17-20.

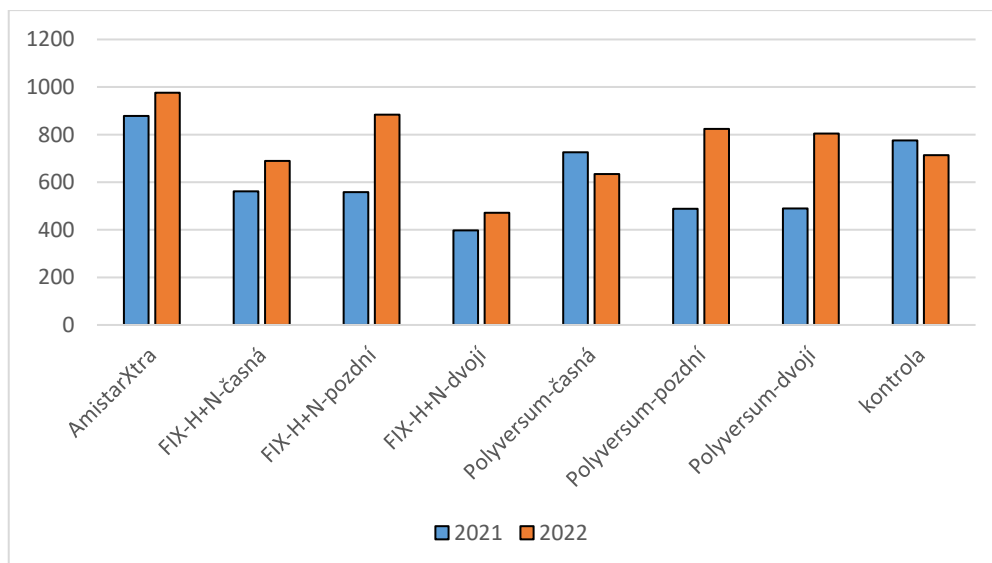
#### Vliv ošetření porostu na celkový obsah fenolických kyselin v makovině

Výsledky hodnocení ošetření porostu na celkový obsah fenolických kyselin v makovině jsou uvedeny v grafu č. 17. Jsou z něj patrné určité meziročníkové rozdíly na celkový obsah fenolických kyselin; vliv ročníku však nebyl jednoznačný. Nejvyšší celkový obsah fenolických kyselin v makovině byl v obou letech zjištěn u varianty ošetřené přípravkem AmistarXtra, nejnižší pak u varianty s dvojí aplikací biologického přípravku FIX-H+N.

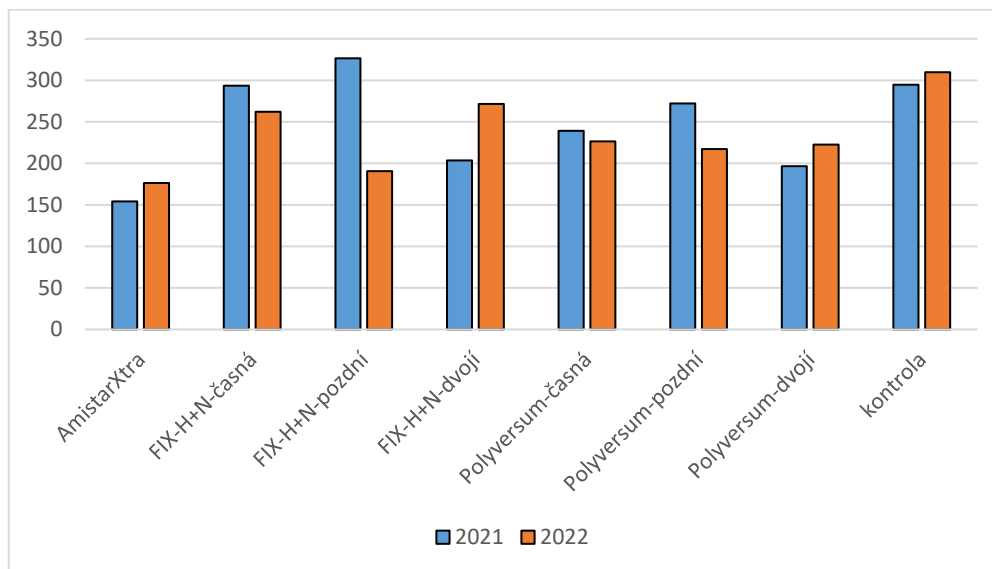
#### Vliv ošetření porostu na celkový obsah fenolických kyselin v semeni

Výsledky hodnocení ošetření porostu na celkový obsah fenolických kyselin v makovině jsou uvedeny v grafu č. 18. S výjimkou varianty ošetřené přípravkem FIX-H+N, kde byl zaznamenán poměrně výrazný meziročníkový rozdíl, nebyly rozdíly v obsahu fenolických kyselin v semeni příliš velké. Nejvyšší celkový obsah fenolických kyselin byl v obou letech zjištěn u neošetřené kontroly a u variant ošetřených biologickými přípravky s časnou a pozdní aplikací (v roce 2021); nejnižší pak v obou letech u varianty ošetřené přípravkem AmistarXtra.

Graf 16: Celkový obsah fenolických kyselin v makovině (mg/kg sušiny)



Graf 17: Celkový obsah fenolických kyselin v semeni (mg/kg sušiny)



### Vliv ošetření porostu na celkový obsah polyfenolů v makovině

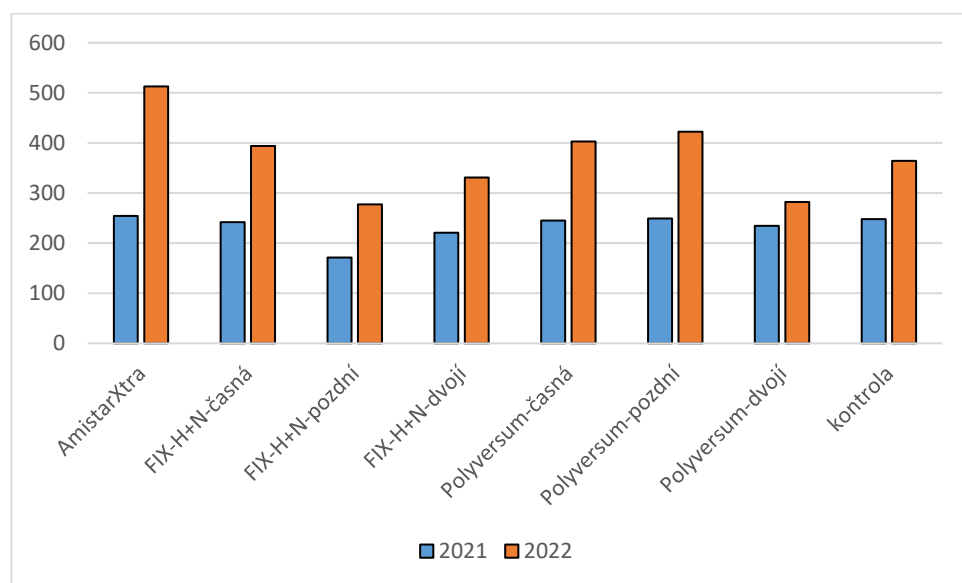
Výsledky hodnocení ošetření porostu na celkový obsah polyfenolů v makovině jsou uvedeny v grafu č. 19. V roce 2021 nebyly rozdíly v celkovém obsahu polyfenolů v makovině příliš výrazné; v roce 2022 byl zaznamenán, ve srovnání s ostatními variantami, výrazně vyšší

celkový obsah polyfenolů u varianty ošetřené přípravkem AmistarXtra. Celkově vyšší obsah polyfenolů v makovině byl u všech variant zaznamenán v roce 2022.

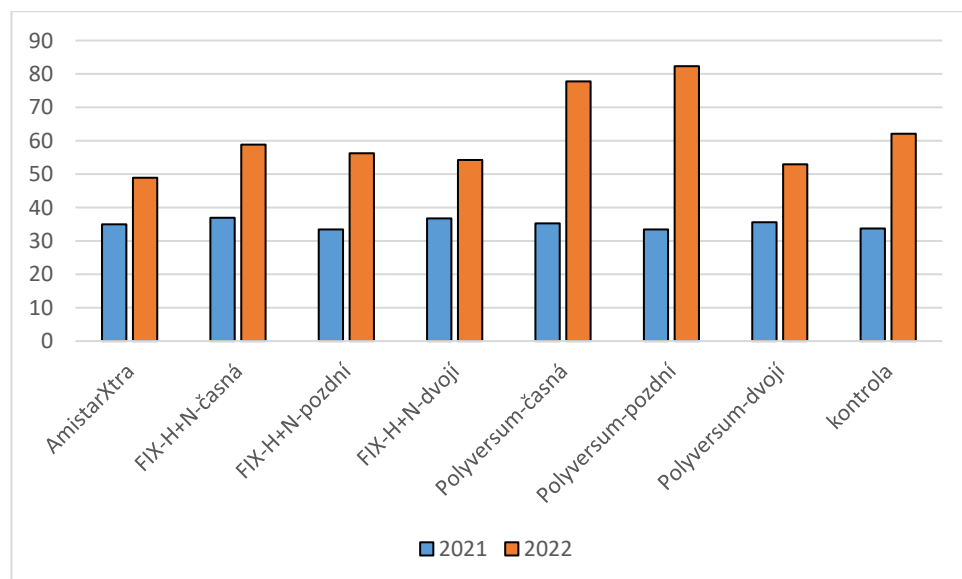
### Vliv ošetření porostu na celkový obsah polyfenolů v semeni

Výsledky hodnocení ošetření porostu na celkový obsah polyfenolů v semeni jsou uvedeny v grafu č. 20. Je z něj patrný vliv ročníku, kdy všechny hodnocené varianty dosáhly vyššího celkového obsahu polyfenolů v roce 2022. V roce 2021 byl celkový obsah polyfenolů v semeni v rámci jednotlivých variant poměrně vyrovnaný, v roce 2022 byly rozdíly mezi variantami větší, přičemž nejvyššího obsahu celkových polyfenolů dosáhly varianty ošetřené Polyversum (časná a pozdní aplikace) a neošetřená kontrola.

Graf 18: Celkový obsah polyfenolů v makovině (mg GAE/kg sušiny)



Graf 19: Celkový obsah polyfenolů v semeni (mg GAE/kg sušiny)



## 6 Diskuze

Vašák et al. (2010) a Bechyně & Novák (1987) uvádějí, že mák je drobnosemenná plodina, která je velice náchylná na nevyrovnanost půdy, zejména v době vcházení; proto je potřeba se důkladně zaměřit na předseťovou přípravu pozemku, aby došlo k rovnoměrné vzházivosti a založení porostu. Mák nepříznivě reaguje na vytváření půdního škraloupu, proto často za redukci rostlin stojí právě špatná struktura půdy. Při setí do studené půdy odchází k dlouhému vcházení a zvýšenému riziku napadení nežádoucími patogeny. Cihlář & Honsová (2020) uvádějí, že doba setí se nesmí uspěchat; je potřeba zajistit půdu optimálně prohrátou a strukturní. U máku snadno dochází k zamazání osiva, ale zároveň je potřeba zajistit přiměřeně vlhké seťové lůžko, které zaručí optimum vláhy pro klíčení a vcházení. Naše pokusné porosty byly založeny 30. března 2021 a 28. března 2022. Rok 2021 byl během počátku dubna chladnější a úhrny srážek byly relativně nízké, srážky ale přicházely pravidelně. Díky tomu došlo k optimálnímu zapojení porostu. Rok 2022 začal velice suchým březnem. Mák byl vyset do velmi suché půdy a s ohledem na nepříznivou předpověď počasí se porosty bezprostředně po zasetí uválely pomocí Cambridge válců. To je důležitý krok při nedostatku vláhy. Uválením půdy se podpoří kapilarita a vztlínání vody ke vzházejícím rostlinám (Cihlář et al. 2014; Bechyně 1993). Je potřeba brát v potaz určitý risk spojený s tímto agronomickým zásahem, a to z důvodu, že utužená půda, pokud v následujících dnech po uválení spadne větší úhrn srážek, je často náchylnější k tvorbě půdního škraloupu, na který mák reaguje velmi negativně. Bohužel se ukázalo, že byl tento krok nevhodný. Navzdory předpovědi třetí den po zasetí spadlo 6 mm srážek a došlo k tvorbě půdního škraloupu, což v konečném důsledku vedlo k výrazně horšímu vzházení a nižšímu zapojení porostu.

Jak již bylo zmíněno, velmi důležitým faktorem k získání zdravého porostu s uspokojivým výnosem jeho ochrana proti chorobám během vegetace. Z toho důvodu je vhodné ošetřit porost fungicidními přípravky už ve fázi pravých listů (Cihlář et al. 2013). To potvrzuje i Bechyně (1993), který uvádí, že nejlepší ochrana je právě aplikace systémových fungicidů do porostu. Nejvýznamnější choroby máku setého jsou helmintosporiíza (pleosporová hnědá skvrnitost) a plíseň máku, které se přenáší infikovaným osivem (Vašák et al. 2010). Plíseň maková je hlavním problémem pro produkci máku na celém světě (Kapoor 1995; Landa et al. 2005). Ve střední Evropě je onemocnění způsobené převážně patogenem *Peronospora arborescens* a je jednou z nejničivějších chorob této plodiny, kvůli systémovému charakteru infekce. Lokální infekce listů sporangii *Peronospora arborescens* vede k systémové infekci celé rostliny včetně semen (Montes-Borrego et al. 2017), která často bývají zdrojem další infekce (Landa et al. 2005).

Pleosporová hnědá skvrnitost je onemocnění, které se projevuje plísní na rostlinách, listech, působí hnilobu korunky a hnilobu makovic (Singh et al. 2020). Způsobuje jí houba *Crivellia papaveracea*, starším názvem *Pleospora papaveracea* (Plachká et al. 2018). Hlavním zdrojem infekce je napadené osivo a k rozšíření patogena dochází hlavně za deštivého počasí a při vyšším porostu. Napadené rostliny zasychají a špatně dozrávají, mezi příznaky onemocnění patří výskyt hnědých, hranatých skvrn na listech a černohnědých proužků na stonku v období začátku květu máku (Inderbitzin et al. 2006).

Vzhledem k neustálému tlaku Evropské unie a veřejnosti na omezování chemických přípravků do porostu, jsou pěstitelé máku nuceni hledat vhodné alternativní a ekologičtější

ošetření do porostu máku během vegetace. Proto se v rámci tohoto pokusu porovnávaly varianty konvenční plné fungicidní ochrany a varianty ošetřené vybranými biologickými přípravky. Aby došlo k zvýšení pravděpodobnosti vzejití porostu a zajištění tak spolehlivého výchozího stavu pro všechny sledované varianty, bylo v rámci našich pokusů s různými způsoby ochrany rostlin proti chorobám během vegetace u všech variant použito osivo, které před setím bylo ošetřeno přípravkem Cruiser OSR.

Ošetření porostu vybranými chemickými i biologickými přípravky bylo provedeno ve fázi růstu 4. – 6. pravého listu až po listovou růžici (BBCH 14-21), kdy lze očekávat výskyt zejména plísně makové (Landa et al. 2005). Hodnocení stupně napadení bylo prováděno v odstavu 2 – 3 týdnů, tedy v první polovině června, ve fázi plné stonkování (BBCH 31-39). Právě v tomto období přizemní růžice a stonkování (BBCH 19-39), lze projevy plísně makové nejlépe pozorovat (Vašák et al. 2010) .

Varianty ošetřené přípravkem Fix H+N a Polyvesrum (pozdní aplikace) byly aplikovány ve fázi od plné butonizace až po začátek kvetení (BBCH 59-61). Ve stejné fázi (BBCH 59-61) byl aplikován chemický přípravek Amistar Xtra, který byl vybrán pro své účinné složky azoxystrobin a cyprokonazol. Právě výskyt hnědých, hranatých skvrn na listech a černohnědých proužků na stonku, lze nejlépe pozorovat v období začátku květu máku setého (Inderbitzin et al. 2006). K druhému, pozdnímu hodnocení úrovně napadení porostu máku chorobami došlo ve fázi vývoje tobolky (BBCH 71-79). Hodnocení probíhalo systémem, kdy bylo náhodně vybráno 20 rostlin z každé pokusné parcely a následně bylo každé rostlině přiřazeno bodové hodnocení na základě stupně napadení. Poté byl vypočten „Disease index“ (DI), kde 0 znamená, že nejsou zjištěny žádné známky napadení, zatím zcela napadené rostliny nabývají hodnot 100.

V rámci ochrany porostu v rané fázi (BBCH 31-39) vegetace vyšly nejlepší výsledky ve prospěch přípravku Tilmor, který dosáhl 22 DI a kombinované fungicidní ochrany Tilmor + Amistar Xtra s 23 DI. Z biologické ochrany byl nejméně napaden porost ošetřený dvojí aplikací přípravku Polyversum (24 DI). Nejvyššího napadení v rámci ošetření porostů dosáhla dvojí aplikace přípravku Fix H+N (34 DI). Neošetřený porost kontroly dosáhl hodnocení na úrovni 43 DI. Co se týče ochrany porostu v pozdní fázi (BBCH 71-79), zde dosáhla varianta Amistar Xtra nejnižšího stupně napadení (32 DI). Z výsledků lze usoudit, že chemická ochrana dosáhla stabilnějších a lepších výsledků oproti biologické, zejména varianta ošetřená přípravkem Amistar Xtra v kombinaci s Tilmorem. Inderbitzin et al. (2006) uvádějí, že využití fungicidů na bázi triazolů a strobilurinů redukuje výskyt chorob, zejména v pozdější fázi vegetace, kdy se jedná hlavně o pleosporovou hnědou skvrnitost. To se nám v rámci našich pokusů potvrdilo. Plachká et kol (2018) uvádějí, že použití biologického přípravku Polyversum mělo pozitivní vliv na snížení výskytu chorob oproti kontrole.

Vhodný výsevek máku setého se podle Cihlář et Honsová (2020) pohybuje v rozmezí 1 – 2 kg/ha, při počtu 300-400 klíčivých semen/m<sup>2</sup>. V průběhu vegetace dochází k úbytku rostlin, zejména na začátku, kdy za redukcí stojí špatná struktura půdy, tlak fytopatogenních činitelů, nedostatek srážek či právě výše zmíněné kornatění (půdní škraloup). Na konci vegetace je optimální počet rostlin na m<sup>2</sup> mezi 50 – 70 (Kuchtová 2012). I přes určité nepříznivé podmínky na začátku vegetace se průměrný počet rostlin v našich pokusech pohyboval v rozmezí 53-61 rostlin/m<sup>2</sup>. Nejzapojenější porost byl zaznamenán u varianty s fungicidní ochranou přípravkem Amistar Xtra. Naopak nejméně zapojený porost byl u varianty u neošetřené kontroly. Výsledky nazačují, že počet rostlin/m<sup>2</sup> v našem pokusu, v porovnání s literaturou, byl uspokojivý.

Thakur et Sohal (2013) a Plachká et kol (2018) uvádějí, že k rozvoji chorob dochází zejména za deštivého počasí, při vyšší hustotě porostu. Z variant našeho pokusu dosáhla nejvyššího počtu rostlin/m<sup>2</sup> varianta ošetřená přípravkem Amistar Xtra, u které bylo současně zaznamenáno nejnižší napadení chorobami; bylo to však nepochybně ovlivněno vysokou účinností tohoto přípravku.

Bechyně & Novák (1987) uvádějí, že při optimálním počtu tobolek na rostlině (1-2) dochází k rovnoměrnému dozrávání tobolek, což je pro mechanizovanou sklizeň velmi podstatné. Ideální počet makovic na jednu rostlinu v konvenčním zemědělství je 1,0-1,1 (Kuchtová 2012). Ideotyp podle Vašáka et al. (2010) je v dnešní době počet 1-2 makovice na jednu rostlinu, neboť je prokázáno, že je žádoucí porost s vyšším počtem méně rozvětvených rostlin. Průměrný počet makovic na rostlinu se v našem pokusu pohyboval od 2,1-3,0. V tomto výnosotvorném prvku by se dle Bechyně & Nováka (1987) a Vašáka et al. (2010) ideotypu nejvíce přiblížily varianty Amistar Xtra a kombinace Amistar Xtra+Tilmor s 2,1 makovic na rostlinu. Naopak varianta Fix H+N s dvojitou aplikací dosáhla v průměru 3,0 makovic/rostlinu, což dle literatury není optimální. Fejér (2015) podotýká, že počet makovic na jedné rostlině se odvíjí od počtu rostlin na jednotce plochy. To potvrzuje i Havel (2020), kdy při menším počtu rostlin na m<sup>2</sup> se rostliny máku příliš rozvětvují, a počet makovic na rostlinu je větší, než je žádoucí, což vede k nerovnoměrnému zrání makovic. Výsledky našich pokusů naznačily vliv použitých biologických přípravků na větvení rostlin, kdy rostliny ošetřené biologickými přípravky dosáhly vyššího rozvětvení, než chemicky ošetřené porosty, i než neošetřená kontrola.

Důležitý výnosotvorný prvek je hmotnost tisíce semen (HTS). Tento znak se vyznačuje vysokou dědivostí a záleží tedy především na dané odrůdě, v menší míře i na podmínkách prostředí (Fejér 2015). Množství semene v tobolce je ovlivněno počtem a velikostí lamel, kdy optimální počet v makovici je 13-15 ks a v jedné makovici se vyskytuje až 12 000 semen, ale nejčastěji v rozmezí čtyř až šest tisíc (Bechyně 2001). Nejnižší hmotnost semen v makovici byla zjištěna u varianty ošetřené přípravkem Polyvesrum s jednou aplikací v časně fázi (2,89 g/makovici). Varianta ošetřená přípravkem Amistar Xtra dosáhla nejvyšší hmotnosti semen v makovici (4,02 g) a jako jediná přesáhla mezník 4 g, i v kombinaci s Tilmorem bylo dosaženo příznivého výsledku (3,95 g). Vašák et al. (2010) uvádí, že je optimální, když mák poskytne 2,2-2,5 g semen na makovici, podle Kuchtové (2012) je optimum 2,5 g. Všechny sledované varianty v našem pokusu dosáhly u tohoto parametru vyšších hodnot.

HTS se pohybuje v rozmezí 0,25-0,35 g u drobnosemenných odrůd a 0,65-0,75 g pro velkosemenné odrůdy, ale hmotnost semen je ovlivněna i počtem tobolek na rostlině (Fejér 2015). Pro naše pokusy byla použita odrůda Aplaus, která dosahuje středního výnosu semene se středně vysokou HTS. Z chemicky ošetřených variant byla nejvyšší hmotnost tisíce semen zjištěna u kombinované varianty Amistar Xtra + Tilmor (0,633 g), z biologicky ošetřených variant dosáhla nejlepších výsledků varianta s dvojitou aplikací přípravku Polyversum (0,603 g).

Z hlediska výnosů opět dominovala varianta ošetřená přípravkem Amistar Xtra, jak při samostatné aplikaci (2,00 t/ha), tak v kombinaci s přípravkem Tilmor (2,01 t/ha). U biologicky ošetřených variant byl dosažen nejvyšší výnos (1,72 t/ha) u varianty s dvojitou aplikací přípravku Fix H+N. Neošetřená kontrola dosáhla nejhoršího výsledku s průměrným výnosem 1,29 t/ha. Pozitivní je, že všechny sledované varianty dosáhly vyšších výnosů a vyšší průměrné HTS, než neošetřená kontrolní varianta. Navýšení výnosu u biologicky ošetřených variant bylo v rozmezí

6 – 33 % oproti neošetřené kontrolní variantě. U chemicky ošetřených variant bylo zaznamenáno navýšení výnosů o 25 – 55 % ve srovnání s kontrolou. Plachká et al. (2018) uvádí, že v případě jejího pokusu došlo k navýšení výnosu u varianty ošetřené přípravkem Amistar Xtra o 32 % oproti kontrole, v našem případě to bylo o zmíněných 55 %.

Vašák et al. (2010) udává, že optimální výška porostu je v rozmezí 90 – 100 cm. Průměrná výška rostlin v našem pokusu se pohybovala v rozpětí od 86,8 cm (Polyversum – dvojí aplikace) do 94,8 cm (Fix H+N pozdní aplikace). Porost ošetřený přípravkem Amistar Xtra dosáhl nejvyšší průměrné výšky (93,6 cm). Nejvyšší délka rostlin z biologicky ošetřených variant byla zjištěna u varianty ošetřené přípravkem Fix H+N (94,8 cm).

Hlaváčková (1972) udává, že existuje pozitivní vztah mezi výškou rostlin a množstvím vedlejší větví. Rostliny s vyšším vzrůstem se vyznačují vyšší početností větví a tím i vyšším nasazením tobolek. V našem pokusu však varianta ošetřená přípravkem Amistar Xtra, která patřila k nejvyšším variantám (93,6 cm), dosáhla nejnižšího počtu makovic na rostlinu - 2,1 tobolek/rostlinu. Fejér (2015) rozděluje výšku porostu následovně – nízký vzrůst 75 – 100 cm, středně vysoký 101 – 130 cm a vysoký. Z hlediska tohoto rozdělení by všechny naše varianty byly kategorizovány jako nízký vzrůst.

Průměrný obsah oleje v sušině semen se u sledovaných variant pohyboval v rozmezí 43,68 % (Polyversum – časná aplikace) – 45,79 % (Tilmor + Amistar Xtra). DüNDAR et al. (2015) uvádějí, že v jejich pokusech byl zjištěn průměrný obsah oleje u modrosemenných odrůd máku na úrovni 46,3 %. Naproti tomu Azcan et al. (2004) uvádějí průměrný obsah oleje 33,6 %.

Posledními sledovanými parametry byly obsahy fenolických sloučenin v makovém semeni a v makovině, neboť tyto látky jsou součástí přirozeného obranného mechanismu rostlin proti stresovým činitelům a naší snahou bylo ověřit případnou vazbu na provedenou ochranu proti chorobám. Fenolické sloučeniny se běžně vyskytují v rostlinách. Mají různorodé biologické účinky – antioxidační, antimikrobiální atp. (Singh et al. 2020).

V případě našich pokusů byla zaznamenána výrazně vyšší koncentrace v makovině oproti semenu. Výrazně vyšší obsah fenolických sločenin v makovině oproti semenu dává smysl; makovice je mnohem více vystavena působení veškerých stresových faktorů, ať již máme na mysli nepříznivý průběh povětrnostních podmínek a další abiotické stresy, a/nebo působení celé řady patogenních organismů. Rostlina pak v reakci na vnější stresové faktory může reagovat zvýšenou syntézou fenolických látek v těchto, více exponovaných, částech rostlin. Tento ochranný efekt makovic, byť je logický, není v případě máku ve vědecké literatuře popsán. Je ale vysvětlen u některých jiných plodin. Zrcková et al. (2019) tento efekt popisují v případě pšenice, kdy ve svých pokusech hodnotili roli pluch u pšenice ve vztahu k napadení zrna patogeny *Fusarium* spp. a zjistili v případě pluchatých druhů pšenice (špalda, jednozrnka, dvouzrnka) až o 50 % nižší napadení zrna druhu rodu *Fusarium* ve srovnání s pšenicí setou. Z uvedených výsledků autoři vyvozují, že zejména v případě pluchatých druhů pšenice, kdy je zrno pevně sevřeno v tuhých silných pluchách, je poměrně účinně vůči *Fusarium* spp. chráněno.

Nejvyšší koncentrace fenolických kyselin v makovině byla zaznamenána u varianty ošetřené Amistar Xtra (927 mg/kg sušiny), nejnižší u varianty ošetřené přípravkem Fix H+N s dvojí aplikací. V rámci FK v semeni dosáhla varianta Amistar Xtra nejnižšího obsahu – 165 mg/kg sušiny, kontrolní varianta naopak nejvyššího - 302 mg/kg sušiny. Obsah celkových

polyfenolů v makovině se pohyboval v rozmezí 224 mg GAE/kg sušiny u Fix H+N (pozdní aplikace) až 383 mg GAE/kg sušiny u varianty ošetřené přípravkem Amistar Xtra.



## 7 Závěry

Cílem práce bylo vyhodnotit vliv ošetření porostu máku setého proti chorobám pomocí vybraných biologických přípravků na bázi hub a bakterií na zdravotní stav porostu, strukturu výnosotvorných prvků, výnos a kvalitu produkce a porovnat účinnost použitých přípravků biologického charakteru s vybranými chemickými fungicidy.

- Při hodnocení zdravotního stavu porostů v časnější fázi vegetace (především plíseň maková) bylo nejnižší napadení zjištěno u variant, které zahrnovaly ošetření přípravkem Tilmor, jež se statisticky průkazně lišily od neošetřené kontroly. Také v případě sledovaných biologických přípravků došlo ke snížení úrovně napadení oproti neošetřené kontrolní variantě; rozdíly však nebyly statisticky průkazné.
- V pozdnější fázi vegetace, kdy se v porostech máku vyskytuje především pleosporová hnědá skvrnitost, byla nejnižší míra napadení zjištěna u variant, které zahrnovaly ošetření přípravkem Amistar Xtra; ty se statisticky průkazně lišily od neošetřené kontrolní varianty. Statisticky průkazné snížení úrovně napadení chorobami bylo zjištěno také v případě varianty s dvojnásobnou aplikací přípravku Fix H+N. U ostatních variant s biologickými přípravky byla úroveň napadení oproti kontrolní variantě nižší, nicméně statisticky průkazně se od ní nelišila.
- Počet rostlin na  $m^2$  v době sklizně byl ovlivněn především ročníkem, zejména průběhem povětrnostních podmínek v době vzcházení porostu.
- Naproti tomu, ochrana porostu proti chorobám v průběhu vegetace ovlivnila hmotnost semen v makovici a hmotnost tisíce semen (HTS). Nejvyšší hmotnost semen v makovici i nejvyšší HTS byly zjištěny u variant, které zahrnovaly ošetření přípravkem Amistar Xtra; ty se statisticky průkazně lišily od neošetřené kontroly. Nejnižší hmotnost semen v makovici byla zjištěna u varianty s časnou aplikací biologického přípravku Polyversum, která se statisticky průkazně nelišila od kontrolní varianty. Nejnižší HTS pak dosáhla neošetřená kontrola.
- Pozitivní je zjištění, že z hlediska výnosu semen všechny použité varianty ošetření porostu proti chorobám (včetně biologických přípravků) předčily neošetřenou kontrolní variantu.
- V případě použití biologických přípravků bude zapotřebí pro dosažení žádoucí účinnosti, a tím i navýšení výnosu, vícečetná (minimálně dvojnásobná), aplikace.
- Ošetření porostu proti chorobám ovlivnilo i biologické vlastnosti vypěstovaného semene (energie klíčení a laboratorní klíčivost); to by bylo důležité zejména v případě produkce osiva. Všechny hodnocené varianty ošetření porostu, včetně biologických přípravků, vykazaly pozitivní vliv na energii klíčení i výslednou klíčivost semen.
- Obsah fenolických sloučenin v makovině byl ovlivněn převažujícím způsobem ročníkem, nicméně statisticky průkazný byl i vliv ošetření porostu proti chorobám. Výrazně vyšší celkový obsah polyfenolů i fenolických kyselin byl zjištěn v makovině.

## 8 Literatura

- 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.
- Babosha A V. 2004. Changes in lectin activity in plants treated with resistance inducers. *Biology Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. **31**:51–55.
- Baranyk, P. (2010). Olejniny. Praha, Profi Press s. r. o., 978-80-86726-38-0. Bechyně M, Kadlec T, Vašák, J. 2001. Mák. Monografie. Agrospoj Praha. 127.
- Bechyně M. 1993. Základy pěstování máku. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky.
- Bechyně M, Novák J. 1987. Biologie máku a systém jeho produkce. MON.
- Bečka D, Cihlár P, Vlažný P, Pazderů K, Vašák J. 2014. Poppy root weevils (*Stenocarus ruficornis*, Stephens 1831) control in opium poppy (*Papaver somniferum L.*). *Plant, Soil and Environment*. **60**(10):470–474.
- Benhamou N, Le Floch G, Vallance J, Gerbore J, Grizard D, Rey P. 2012. *Pythium oligandrum*: an example of opportunistic success. *Microbiology*. **158**(11):2679–2694.
- Ben-Yephet Y, Genizi A, Siti E. 1993. Sclerotial survival and apothecial production by *Sclerotinia sclerotiorum* following outbreaks of lettuce drop. *Phytopathology*. **83**(5):509–513.
- Bernath J. 1999. Poppy: the genus *Papaver*. CRC Press.
- Bewley J D, Bradford K, Hilhorst H. 2012. Seeds: physiology of development, germination and dormancy. Springer Science & Business Media.
- Boček S, Salaš P, Sasková H, Mokričková J. 2013. Effect of Alginure®(seaweed extract), Myco-Sin® VIN (sulfuric clay) and Polyversum®(*Pythium oligandrum* Drechs.) on yield and disease control in organic strawberries. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. **60**(8):19–28.
- Březinová B, Macak M, Eftimova J. 2009. The morphological diversity of selected traits of world collection of poppy genotypes (genus *Papaver*). *Journal of Central European Agriculture*. **10**(2):183–192.
- Černý J. 2019. Jaký má vliv hnojení na produkci máku. *Makový Občasník*. 60.
- Cihlár P, Honsová H. 2020. Klíčivost a vitalita osiva máku ve vztahu ke produktivitě porostu v roce 2019. *Makový Občasník* **19**:49.
- Cihlár P, Vašák J, Hlaváček J. 2013. Krytonosec kořenový a plíseň maková v roce 2012. *Makový Občasník* **13**:48–50.
- Cihlár P, Vašák J, Pšenicka 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 Olejniny”* 11–12.
- Clifford M N, Scalbert A. 2000. Ellagitannins—nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **80**(7):1118–1125.
- Copping L G. 2004. The manual of biocontrol agents. British Crop Protection Council.
- Damania A B. 2011. The Origin, History, and Commerce of the Opium Poppy (*Papaver somniferum*) in Asia and the United States. *Asian Agri-History*. **15** (2).

- Farr D F, O'Neill N R, van Berkum P B. 2000. Morphological and molecular studies on *Dendryphon penicillatum* and *Pleospora papaveracea*, pathogens of *Papaver somniferum*. *Mycologia*. **92**(1):145–153.
- Fejér J, Salamon I. 2011. Agro-technology of the poppy: large-scale cultivation in Slovakia. Pages 181 – 185 in International Symposium on Papaver 1036.
- Fejér J. 2015. Morfológicko-biologická diverzita druhu mak siaty (*Papaver somniferum L.*) a jej hodnotenie. Univerzita of Presov in Presov.
- Freeman B, Beattie G. 2008. An overview of plant defenses against pathogens and herbivores.
- Goudard A, Loreau M. 2008. Nontrophic interactions, biodiversity, and ecosystem functioning: an interaction web model. *The American Naturalist*. **171**(1):91–106.
- Grady E N, MacDonald J, Liu L, Richman A, Yuan Z-C. 2016. Current knowledge and perspectives of *Paenibacillus*: a review. *Microbial Cell Factories*. **15**:1–18.
- Gümüřçü A, Arslan N, Sarihan E O. 2008. Evaluation of selected poppy (*Papaver somniferum L.*) lines by their morphine and other alkaloids contents. *European Food Research and Technology*. **226**:1213–1220.
- Hájková M, Kuchtová P, Dvořák P, Kazda J. 2010. Výsledky pokusů u máku (*Papaver somniferum L.*) v ekologické a integrované pěstitelské technologii. A ich význam pre praxi. 14.
- Havel J. 2018. The specific abiotic and biotic damage of poppy (*Papaver somniferum L.*). *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*. **284**:75–94.
- Havel J. 2020. Zakládání porostů máku a možnosti regulace plevelů. *Oseva Vývoj a Výzkum*. 46 .
- Hlaváčková Z. 1972. Korelace šlechtitelsky důležitých znaků u odrůd máku. *Rostlinná výroba Praha*. **8**:379-388
- Inderbitzin P, Shoemaker R A, O'Neill N R, Turgeon B G, Berbee M L. 2006. Systematics and mating systems of two fungal pathogens of opium poppy: the heterothallic *Crivellia papaveracea* with a *Brachycladium penicillatum* asexual state and a homothallic species with a *Brachycladium papaveris* asexual state. *Botany*. **84**(8):1304–1326.
- Kapoor L. 1995. *Opium poppy: botany, chemistry, and pharmacology*. CRC Press.
- Kasinger H, Bauer B, Denzinger J. 2008. The meaning of semiochemicals to the design of self-organizing systems. 2008 Second IEEE International Conference on Self-Adaptive and Self-Organizing Systems. 139–148.
- Koller D, Mayer A M, Poljakoff-Mayber A, Klein S. 1962. Seed germination. *Annual Review of Plant Physiology*. **13**(1):437–464.
- Kuchtová P. 2012. Mák setý v ekologickém zemědělství. *Zemědělec*. 2012.(36):31
- 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.
- 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.
- Lal R K. 2022. The opium poppy (*Papaver somniferum L.*): Historical perspectives recapitulate and induced mutation towards latex less, low alkaloids in capsule husk

- mutant: a review. *J Med Plant Stud.* **10**(3 Part A):19–29.
- Landa B B, Montes-Borrego M, Muñoz-Ledesma F J, Jiménez-Díaz R M. 2005. First report of downy mildew of opium poppy caused by *Peronospora arborescens* in Spain. *Plant Disease.* **89**(3):338.
- Landolt P J, Phillips T W. 1997. Host plant influences on sex pheromone behavior of phytophagous insects. *Annual Review of Entomology.* **42**(1):371–391.
- Letourneau D, van Bruggen A. 2006. *Crop protection in organic agriculture.* CSIRO publishing Australia.
- Lotter D W. 2003. Organic agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture.* **21**(4):59–128.
- Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jiménez L. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition.* **79**(5):727–747.
- 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.
- Dracxler M C, Kissling W D. 2022. The mutualism–antagonism continuum in Neotropical palm–frugivore interactions: from interaction outcomes to ecosystem dynamics. *Biological Reviews.* **97**(2):527–553.
- Matyášová E, Novak J, Stranska I, Hejtmankova A, Skalický M, Hejtmankova K, Hejnak V. 2011. Production of morphine and variability of significant characters of *Papaver somniferum* L. *Plant, Soil and Environment.* **57**(9):423–428.
- McSpadden Gardener B B. 2004. Ecology of *Bacillus* and *Paenibacillus* spp. in agricultural systems. *Phytopathology.* **94**(11):1252–1258.
- Montes-Borrego M, Muñoz-Ledesma F J, Jiménez-Díaz R M, Landa B B. 2017. Local infection of opium poppy leaves by *Peronospora somniferi* sporangia can give rise to systemic infections and seed infection in resistant cultivars. *Spanish Journal of Agricultural Research.* **15**(3).
- Mougi A. 2016. The roles of amensalistic and commensalistic interactions in large ecological network stability. *Scientific Reports .* **6**(1):29929.
- Muñoz-Leoz B, Ruiz-Romera E, Antigüedad I, Garbisu C. 2011. Tebuconazole application decreases soil microbial biomass and activity. *Soil Biology and Biochemistry.* **43**(10): 2176–2183.
- O’Neill N R, Jennings J C, Bailey B A, Farr D F. 2000. *Dendryphion penicillatum* and *Pleospora papaveracea*, destructive seedborne pathogens and potential mycoherbicides for *Papaver somniferum*. *Phytopathology.* **90**(7):691–698.
- Odun E. 1954. Pages 134 in *Fundamentals of Ecology.* London.
- Pal K K, McSpadden Gardener B B. 2006. Pages 25 in *Biological Control of Plant Pathogens.* Ohio
- Parker J E, Warrilow A G S, Cools H J, Fraaije B A, Lucas J A, Rigdova K, Griffiths W J, Kelly D E, Kelly S L. 2013. Prothioconazole and prothioconazole-desthio activities against *Candida albicans* sterol 14- $\alpha$ -demethylase. *Applied and Environmental Microbiology.* **79**(5):1639–1645.
- Parween T, Bhandari P, Bajya D R. 2016. Evaluation of Amistar Xtra 280 SC (Azoxystrobin 18.2%+ Cyproconazole 7.3%) against Yellow rust (*Puccinia striiformis*), Brown rust (*P. triticina*) and powdery mildew in wheat. *Annals of Plant Protection Sciences.* **24**(1):132–

- Paulitz T C. 2000. Population dynamics of biocontrol agents and pathogens in soils and rhizospheres. *European Journal of Plant Pathology*. **106**:401–413.
- 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.
- Plachká E, Cihlár P, Bárnet M. 2018. Výsledky fungicidních pokusů v máku v roce 2017. *Agromanual*. 2018. **13**(3):44-48
- Preston G M. 2004. Plant perceptions of plant growth-promoting *Pseudomonas*. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biological Sciences*. **359**(1446):907–918.
- Priest F G. 2015. *Paenibacillus*. *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*. 1–40.
- Procházka P, Smutka L. 2012. Czech Republic as an important producer of poppy seed. *Agris On-Line Papers in Economics and Informatics*. **4**(2):1-13.
- 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.
- Ray T, Pandey A, Pandey S S, Singh S, Shanker K, Kalra A. 2021. Molecular insights into enhanced resistance of *Papaver somniferum* against downy mildew by application of endophyte bacteria *Microbacterium* sp. SMR1. *Physiologia Plantarum*. **173**(4):1862–1881.
- Rodrigues E T, Lopes I, Pardal M Â. 2013. Occurrence, fate and effects of azoxystrobin in aquatic ecosystems: a review. *Environment International*. **53**:18–28.
- Šarapatka B, Urban J, Čížková S, Hejduk S, Hradil R, Jurcik J, Leibl M, Matlova V, Moudrý J, Plisek B. 2009. *Organic agriculture*. IAEI. Praha
- Satranský M, Capouchová I, Burešová B, Procházka P. (2022): Effects of various poppy seed pre-sowing treatments on the dynamics of field emergence, structure of yield parameters, oil content and yield of seed. *Plant Soil Environ*. **68**:533–541.
- Satranský M. 2023. Alternativní možnosti ošetření osiva a ochrany rostlin v rámci pěstitelské technologie máku setého [PhD Thesis]. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.
- Shah P A, Pell J K. 2003. Entomopathogenic fungi as biological control agents. *Applied Microbiology and Biotechnology*. **61**(5):413–423.
- Sharma A. 2019. Fungi as biological control agents. *Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment*. 395–411.
- Silby M W, Cerdeño-Tárraga A M, Vernikos G S, Giddens S R, Jackson R W, Preston G M, Zhang X-X, Moon C D, Gehrig S M, Godfrey S A C. 2009. Genomic and genetic analyses of diversity and plant interactions of *Pseudomonas fluorescens*. *Genome Biology*. **10**:1–16.
- Singh M, Srivastava M, Kumar A, Singh A K, Pandey K D. 2020. Endophytic bacteria in plant disease management. Pages 61-89 in *Microbial endophytes*. Elsevier.
- Škarpa P, Richter R. 2016. Effect of foliar fertilizers carbon on poppy production in different yield levels. *Prosperous oil crops*. 2016. 128–132.
- Škarpa P, Richter R, Hlavinka P, Trnka M. 2015. Mimokořenová aplikace zinku snižuje riziko stresu suchem u máku setého (*Papaver somniferum* L.). *Prosperující Olejníny*. 123–126.
- Svoboda P, Vašek J, Vejl P, Ovesná J. 2020. Genetic features of Czech blue poppy (*Papaver*

- somniferum L.*) revealed by DNA polymorphism. Czech Journal of Food Sciences. **38**(3):198–202.
- Świerczyńska I, Perek A, Pieczul K. 2014. Influence of the selected active substances of fungicides on the growth of *Trichoderma viride* Wpływ wybranych substancji czynnych fungicydów na wzrost *Trichoderma viride*. Progress in Plant Protection. **54**(4):487–490.
- Tétényi, P. 1997. Opium poppy (*Papaver somniferum*): botany and horticulture. Horticultural Reviews. **19**:373–408.
- Thakur M, Sohal B S. 2013. Role of elicitors in inducing resistance in plants against pathogen infection: a review. International Scholarly Research Notices. 2013 .
- Thangavel T, Jones S, Scott J B, Livermore M, Wilson C R. 2018. Detection of two *Peronospora* spp., responsible for downy mildew, in opium poppy seed. Plant Disease. **102**(11):2277–2284.
- Thébault E, Fontaine C. 2010. Stability of ecological communities and the architecture of mutualistic and trophic networks. Science. **329**(5993):853–856.
- Turnbull P C B, Kramer J M, Melling J. 1996. *Bacillus*. Medical Microbiology. 4 .
- Vallance J, Le Floch G, Déniel F, Barbier G, Lévesque C A, Rey P. 2009. Influence of *Pythium oligandrum* biocontrol on fungal and oomycete population dynamics in the rhizosphere. Applied and Environmental Microbiology. **75**(14):4790–4800.
- Vašák J, Cihlár P, Zukalová H, Doležalová J, Kuchtová P, Pšenička P. 2010. Mák. Powerprint, s. r. o., Praha. 5–337.
- Vašák J, Kosek Z, Cihlár P. 2003. Český mák a jeho perspektivy. Sdružení Český Mák. 128–133.
- Vašák J, Kosek Z. 2011. Český mák. Makový Občasník **13**:19-20
- Vlk R. 2008. Sklizeň a posklizňová úprava máku a makovin.
- War A R, Paulraj M G, Ahmad T, Buhroo A A, Hussain B, Ignacimuthu S, Sharma H C. 2012. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. Plant Signaling & Behavior. **7**(10):1306–1320.
- Whipps J M. 2001. Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. Journal of Experimental Botany. **52**(1):487–511.
- Xu X-M, Jeffries P, Pautasso M, Jeger M J. 2011. Combined use of biocontrol agents to manage plant diseases in theory and practice. Phytopathology. **101**(9):1024–1031.
- Zrcková M, Svobodová-Leišová L, Bucur D, Capouchová I, Konvalina P, Pazderů K, Janovská D. (2019). Occurrence of *Fusarium* spp. in hulls and grains of different wheat species. Romanian Agricultural Research. **36**(17):4-18.

## 9 Použité internetové zdroje

- Af.czu.cz. Česká zemědělská univerzita v Praze. (Accessed April, 2023). Available from <https://www.af.czu.cz/cs/r-6779-katedry-a-soucasti/r-8736-ostatni-pracoviste/r-8759-vyzkumna-stance-cerveny-ujezd>
- Doubková J. 2017. Tilmor - pro jaro bez chorob. Agromanual. (Accessed April, 2023). Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/tilmor-pro-jaro-bez-chorob>
- Elita.cz. 2022. Odrůda máku Aplaus. elita.cz. (Accessed April, 2023) Available from <http://www.elita.cz/mak-sety>
- Lovecká P. 2020. Role mikroorganismů v udržitelném zemědělství. Agromanual. (Accessed March, 2023) Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/role-mikroorganizmu-v-udrzitelnem-zemedelstvi>
- Prokinová E. 2017. Využití biologické ochrany rostlin v systému ekologického pěstování plodin. Agromanual. (Accessed February, 2023) Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/vyuziti-biologicke-ochrany-rostlin-v-systemu-ekologickeho-pestovani-plodin>
- Satranský M. 2020. Ošetření osiva jarního máku. Agromanual. (Accessed February, 2023) Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/osetreni-osiva-jarniho-maku>
- Velechovská J. 2022. Máku u nás letos méně než loni. Uroda.cz. (Accessed March, 2023) Available from <https://uroda.cz/maku-u-nas-letos-mene-nez-loni/>

