

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**

Bakalářská práce

Autor práce: Jonáš Kyclt

Obor studia: Ekologické zemědělství

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

© 2021-22 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Možnosti regulace výskytu houbových chorob máku setého využitím vybraných biologických přípravků" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 22.4.2022

Poděkování

Rád(a) bych touto cestou poděkoval(a) prof. Ing. Ivaně Capouchové a Ing. Matěji Satranskému za jejich trpělivost, rady a pomoc při zpracování této bakalářské práce.

Možnosti regulace výskytu houbových chorob máku setého využitím vybraných biologických přípravků

Souhrn

Jedním z nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících výnos i kvalitu produkce máku setého je výskyt houbových chorob. Mezi dvě nejvýznamnější choroby patří helmintosporiíza máku a plíseň maková. Ochrana proti houbovým chorobám je tedy velmi důležitou součástí technologie pěstování máku setého. V systému ekologického zemědělství není využívání chemických fungicidů přípustné, a tak je důležité zaměřit se na jiné možnosti ochrany, včetně využití biologických přípravků.

Cílem práce bylo vyhodnotit v rámci přesného polního maloparcelkového pokusu, realizovaného v roce 2021 na Výzkumné stanici FAPPZ ČZU v Červeném Újezdě vliv ošetření porostu máku setého, odrůdy Aplaus, vybranými biologickými přípravky na bázi hub (Polyversum) a bakterií (Fix H+ Fix N) na zdravotní stav porostu, jeho strukturu, výnos a kvalitu produkce a porovnat efekt použitých biologických přípravků s ošetřením vybranými chemickými fungicidy a neošetřenou kontrolou.

U variant ošetřených chemickými přípravky Propulse a Dithane (a především u varianty, kde byla použita kombinace těchto přípravků) byla zaznamenána nižší úroveň napadení porostu plísní makovou a helmintosporiízou než u variant ošetřených biologickými přípravky.

Avšak i varianty ošetřené biologickými přípravky Polyversum a Fix H+Fix N dosáhly nižší úrovně napadení uvedenými chorobami ve srovnání s neošetřenou kontrolou.

Průměrný výnos semen se pohyboval mezi 2,15 t/ha (varianta s ošetřením přípravky Dithane + Propulse) a 1,58 t/ha (neošetřená kontrola). Varianty se samostatným ošetřením přípravky Propulse a Dithane dosáhly v průměru výnosů 1,94 a 1,90 t/ha a převýšily tak varianty s biologickým ošetřením, kde dosáhla lepšího výsledku (výnos 1,76 t/ha) varianta ošetřená přípravkem Fix H+Fix N a překonala tak variantu ošetřenou Polyversem (1,66 t/ha).

Varianta ošetřená přípravkem Fix H+Fix N překonala variantu ošetřenou přípravkem Polyversum i v průměrném počtu rostlin na m² v době sklizně a v průměrném počtu makovic na m², varianta ošetřená přípravkem Polyversum dosáhla lepších výsledků v průměrném počtu makovic na rostlinu, průměrné hmotnosti semen v makovici a v průměrné HTS.

Průměrná laboratorní klíčivost sklizených semen se pohybovala mezi 94 % (varianta zahrnující ošetření přípravky Dithane + Propulse) a 86 % (neošetřená kontrola). Laboratorní klíčivost variant ošetřených biologickými přípravky Polyversum a Fix H+Fix N dosahovala obdobných hodnot jako laboratorní klíčivost variant se samostatným ošetřením přípravky Dithane a Propulse.

Klíčová slova: mák setý, houbové choroby, biologické přípravky, chemické fungicidy, ekologické zemědělství

Possibilitiest of poppy seed fungal disease regulation using selected bioagens agents

Summary

One of the most important factors influencing the yield and quality of poppy production is the presence of fungal disease. The two most important diseases are poppy helminthosporiosis and poppy mold. Protection against fungal disease is therefore a very important part of poppy cultivation technology. Usage of chemical fungicides is not allowed in the organic farming system, so its is important to focus on other protection options, including usage of biological products.

The aim of the work was to evaluate the effect of poppy, variety Aplaus. We selected biological preparations based od fungi (Polyversum) and bacteria (Fix H+Fix N) in a precise field small-plot experiment. We examined the effect on the effect on health of the stand, its structure, yield and quality of production and compare the effect of the used biological preparations with the treatment with selected chemical fungicides and untreated control.

Variants treated with the chemical products Propulse and Dithane (and especially in the modification where a combination of these products was used) showed a lower level of fungal infestation by poppy and helminthosporiosis than variants treated with biological products. However, even the variants treated with the biological preparations Polyversum and Fix H + Fix N achieved a lower level of infestation with the mentioned diseases in comparison with the untreated control.

The average seed yield ranged between 2.15 t / ha (variant with Dithane + Propulse treatment) and 1.58 t / ha (untreated control). Fields with separate treatment with Propulse and Dithane achieved average yields of 1.94 and 1.90 t / ha and exceeded the variants with biological treatment, where the variant treated with Fix H + Fix achieved a better result (yield 1.76 t / ha). Variantl treated with Fix H + Fix N and exceeded the variant treated with Polyvers (1.66 t / ha).

The variant treated with Fix H + Fix N exceeded the variant treated with Polyversum in the average number of plants per m² at harvest and in the average number of poppies per m², the variant treated with Polyversum achieved better results in the average number of poppies per plant, average seed weight in poppies and in average HTS.

The average laboratory germination of harvested seeds ranged between 94% (variant including Dithane + Propulse treatment) and 86% (untreated control). Laboratory germination of variants treated with biological preparations Polyversum and Fix H + Fix N reached similar values as laboratory germination of variants with separate treatment with Dithane and Propulse.

Keywords: opium poppy, fungal diseases, bioagens, chemical fungicides, organic farming

Obsah

1 Úvod	7
2 Cíl práce	8
3 Literární rešerše	9
3.1.1 Historie máku	9
3.1.2 Mák v ČR a ve světě	10
3.1.3 Morfologie máku	12
3.1.4 Využití máku	13
3.1.5 Mák v ekologickém zemědělství	15
3.1.6 Technologie pěstování máku	15
3.1.7 Nároky máku setého	17
3.1.8 Choroby a škůdci máku	20
3.1.9 Sklizeň	23
3.1.10 Posklizňové úpravy a skladování	24
4 Metodika	25
4.1.1 Charakteristika pokusné lokality	25
4.1.2 Klimatické podmínky pokusné lokality	25
4.1.3 Agrotechnika	26
4.1.4 Charakteristika odrůdy Aplaus	27
4.1.5 Charakteristika použitých přípravků	27
4.1.6 Posklizňové laboratorní hodnocení	28
5 Výsledky	29
6 Diskuze	37
7 Závěr	39
8 Literatura	40

1 Úvod

Mák setý (*Papaver somniferum L.*) a jeho pěstování má ve světě a zejména v České republice dlouhodobou tradici. Je to plodina poskytující olejnatá semena využívaná v potravinářství, dále najdeme využití máku také ve farmacii, díky jeho obsahu alkaloidních látek. Semena českého máku byla a jsou na trhu považována za jedna z nejhodnotnějších díky jejich kvalitě, chuti vůni a vyrovnanosti. Ve světě představuje Česká republika významnou roli v exportu především modrosemenných variant máku. Jedním z nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících kvalitu produkce a celkový výnos jsou choroby a škůdci. Mezi dvě nejvýznamnější choroby patří helmintosporióza a plíseň maková, které napadají porost po celou dobu vegetace. Helmintosporióza se nejvíce projevuje v době rychlého růstu, a to v podobě hnědých až černých skrvn a modročerných proužků na stoncích. Na první pohled chorobu nemusíme zpozorovat a porost se může zdát bez napadení, protože choroba vytváří houbové mycelium uvnitř tobolek, kde vytváří semenné zhluky a způsobuje snížení výnosu dokonce až o 80 %. Původcem napadení chorobami je nejčastěji infikované osivo. Ideálními podmínkami pro rozšíření chorob a škůdců je vlhké a teplé podnebí. Spory houbových chorob jsou všudepřítomné a odolné, jejich oospory přežívají v půdě, odkud napadají vyseté osivo. Napadení chorobami a škůdci je pro mák kritickým bodem, protože mák má jen malou konkurenční schopnost proti chorobám a škůdcům. Ochrana proti houbovým chorobám je tudíž velmi důležitou součástí celkové technologie pěstování máku setého. Metody ochrany tvoří výběr zdravého osiva a aplikace fungicidních přípravků na chemické nebo biologické bázi. Dále je důležité dbát na dobrou strukturu porostu a zajistit, aby si rostliny vzájemně nestínily a nepřekrývaly se a tím nevytvářely vhodné podmínky pro šíření škůdců a houbových chorob. V systému ekologického zemědělství není využívání chemických fungicidů přípustné, a tak je důležité zaměřit se na jiné možnosti ochrany, včetně využití biologických přípravků. Provéřit možnosti regulace výskytu houbových chorob máku setého využitím vybraných biologických přípravků si za cíl klade i tato bakalářská práce.

2 Cíl práce

a) vypracovat literární rešerši k problematice pěstební technologie máku a možnostem využití biologických přípravků k ochraně proti houbovým chorobám

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

3 Literární rešerše

3.1.1 Historie máku

Užívání a pěstování máku je lidstvu známo, jak fosilizované nálezy naznačují, více než 30 000 let. Mezi první nálezy z tohoto období řadíme starosumerské hliněné desky pocházející z města Nippuru nacházející se jižně od Bagdádu v Iráku v roce 4000 př.n.l. V tradičním systému medicíny se využíval mléčný latex nebo šťáva z nezralých makovic. Ty byly vysušeny a následně používané pro svoje léčebné účinky způsobené přítomností opiátů (morfin, narkotin, kodein, papaverin, laudenin, oripavin), které mohou snižovat křeče, bolesti, úzkosti, nebo navodit spánek. Morfin byl první aktivní látkou získanou z rostlinného zdroje. Dlouhodobé užívání morfinu způsobovalo závislost a závažné vedlejší účinky, které vedly dokonce až ke smrti (Fejér et Salomon 2014). Samotná technika sběru opia byla popsána 2000 let před naším letopočtem ve starověké Asýrii, jedná se o záznam, kde je získaná šťáva pojmenovaná jako arat-pa-pal, z kterého mělo později přesmykem vzniknout známé latinské pojmenování máku papaver (Tétényi 1997).

Opium a jeho účinky se uctívaly už ve starověkém Egyptě. K produkci opia se nejdříve používal mák vlčí (*Papaver rhoeas*), který obsahuje mohem méně morfinu než mák setý (*Papaver somniferum*). V roce 1500 před naším letopočtem bylo podle Ebersonova lékařského papyrusu doporučováno opium ve směsi s mušincem na utěšení plačícího dítěte, což dokazuje, že účinky opia jsou známé už od dávných dob (Bisset et al. 1994).

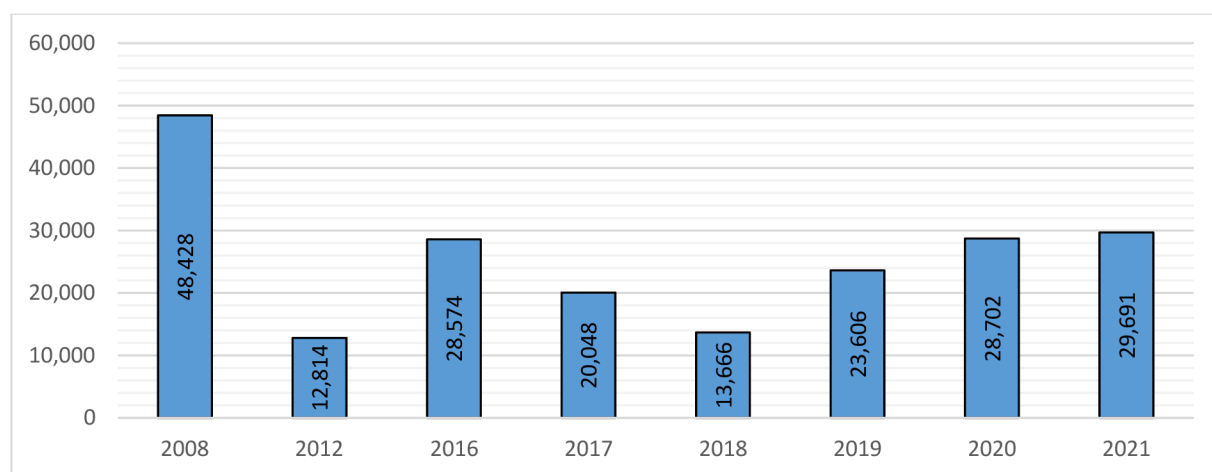
V období 100 let před naším letopočtem se opium dále šířilo z Řecka do Asie a získalo velký ekonomický význam, vojáci zde dostávali místo vína opium. Do Číny a Indie se opium šířilo později, když v roce 1644 bylo zakázáno čínským císařem kouřit tabák, uvolnilo to cestu opiu. V roce 1729 zakázal císař i prodej opia. Vývoz opia byl pozastaven, a tak Británie v roce 1839-1842 vyhlásila první opiovou válku pro udržení vývozu. Druhá opiová válka se odehrála v roce 1856-1860, do ní už se zapojila i Francie a USA (Vašák et al. 2010). V řadě zemí, například v Číně, je dodnes makové semeno zakázáno pro běžné použití, jeho pěstování je střeženo a je určeno pouze na farmaceutickou produkci (Liu et al. 2018).

Pěstování máku setého se rozšířilo až na počátku 20. století po druhé světové válce, a to především ve slovanských národech, a to na Slovensku, v Čechách, Polsku a na Ukrajině. Zprvu nebyla produkce máku populární kvůli náročnosti pěstování a manuální práci s tím spojenou. Také kvalita opiátu a alkaloidů byla mnohem nižší než ve světě. Podstata pěstování máku v Evropě se zaměřila jiným směrem než ve světě, a to ne na opiátovou cestu, ale na využití máku jako suroviny pro výrobu olejů nebo pro přímou konzumaci. Mák se stal součástí mnoha pokrmů ve slovanských národech (Fejer et Salomon 2014).

3.1.2 Mák v ČR a ve světě

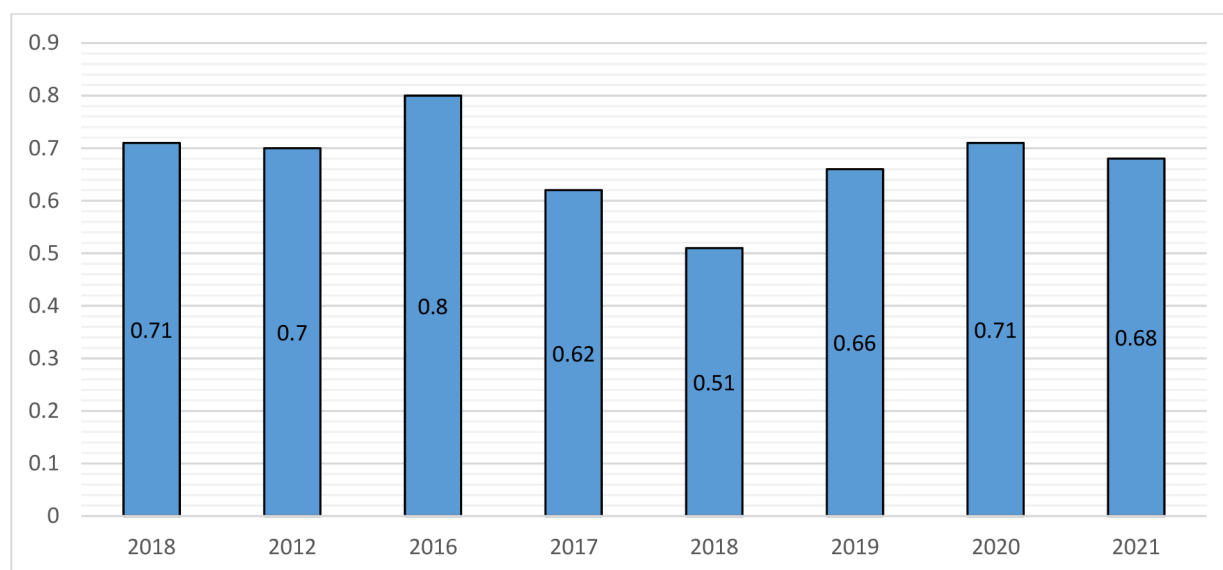
Mák setý (*Papaver somniferum* L.) má v Čechách dlouholetou tradici, vykazuje dobrou kvalitu a tím si získává přednost před mákem vypěstovaným v cizích zemích. Česká republika je jedním z hlavních producentů makového semena a obdržela už několik ocenění a cen jak v Evropě, tak ve světě. Mák vykazuje v ČR vysoký podíl exportu na produkci, nejvýznamnějším odbytíštěm pro mák jsou země hlavně slovanského původu, kde je mák tradiční plodina určená k potravinářskému využití (Matyášová et al. 2011). Pěstování máku v ČR musí dodržovat ustanovení zákona č.167/1988 Sb., to znamená například povinnost nahlašovat pěstování máku na ploše větší než 100 m² a jakýkoliv import nebo export semene. V roce 2008 byl mák vyset na 70 tisíc hektarů zemědělské plochy, po 2 letech přišel velmi důrazný pokles ceny z důvodu převahy nabídky nad poptávkou a v roce 2010 byl mák vysetý jen na 50 tisíc hektarů (Prochazka et Smutka 2012.)

Graf 1: Vývoj produkce semene máku v ČR (t)



Zdroj: ČSÚ (2022)

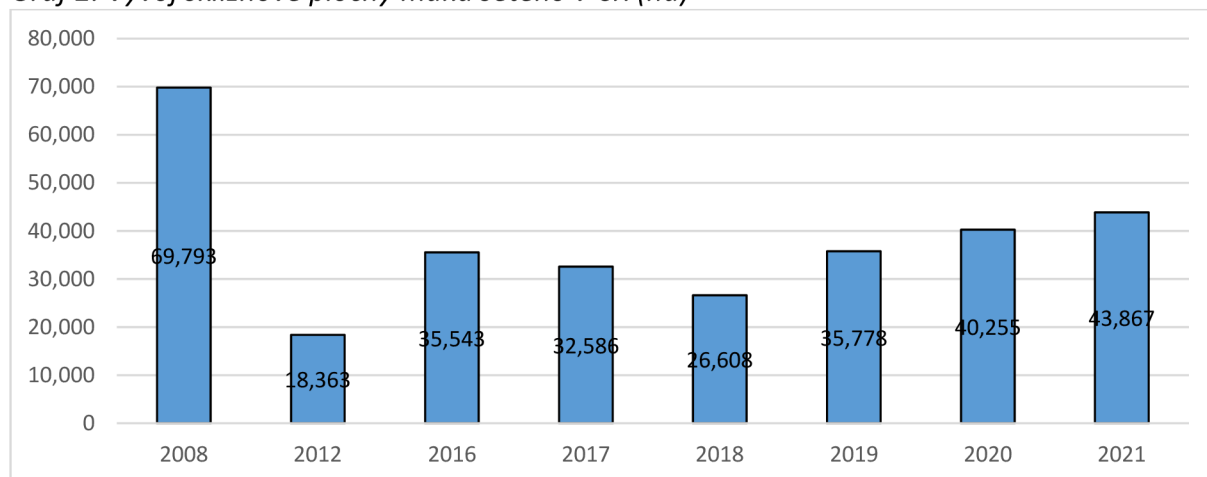
Graf 2: Průměrné výnosy máku v ČR (t/ha)



Zdroj: ČSÚ (2022)

V roce 2013 byl v České republice mák vysetý na ploše 20 300 ha. Spotřeba máku se v České republice pohybuje okolo 3,5 tisíce tun. Celková produkce se pohybuje okolo 17 tisíc tun semene za rok, což naznačuje vysoký potenciál exportu. Nákupní cena se pohybuje okolo 30 Kč za kilogram (Cihlář et al. 2014). V České republice dochází v posledních letech ke zvětšení pěstební plochy. V roce 2018 se produkce máku pohybovala na ploše 26 608 ha, zatímco v roce 2020 čeští pěstitelé oseli plochu 35 778 ha. Vývoz českého máku činil v roce 2020 15 317 tun. První místo v exportu obsadilo Rusko s více než 4,5 tisíci tun, druhé bylo Rakousko s 3,9 tisíci tunami, do Německa bylo vyvezeno 1,3 tisíce tun, do Polska o sto kilogramů víc a na Slovensko bylo exportováno 1,4 tisíc tun českého máku. Do České republiky se dovezlo v roce 2020 jen 1 tisíc tun, což je oproti přechozím rokům pokles. Největším zdrojem je pro Českou republiku Slovensko (Honsová 2021). Evropský trh máku je ovlivňován celkovou výměrou pěstování mimo Evropskou unii, hlavně na Ukrajině a v Turecku. Tyto dvě země významně ovlivňují trh máku zejména v Rusku, které je nejvýznamnějším světovým importérem máku (Doležalová et al. 2010).

Graf 2: Vývoj sklizňové plochy máku setého v ČR (ha)



Zdroj: ČSÚ (2022)

Mezi Světově největší producenty patří Indie, Barma, Afghánistán, Egypt, Tasmánie a Pákistán. Zaměřují se hlavně na produkci morfinu, kodeinu, thebainu a papaverinu, který se dále využívá ve farmacii (Alam et al. 2014). V Indii se mák pěstuje a využívá od 10. století. Po získání nezávislosti převzala indická vláda kontrolu nad jeho výrobou a zpracováním. Indická vláda oznámila v roce 2014, že produkce máku zde dosáhla 1200 tun semene, což byla stanovená hodnota jako zákonný cíl sklizně proto, aby Indie pokryla svůj podíl ve světové produkci (Krishna et al. 2014). Největší část zaujímá mák pěstovaný nelegálně, legálně pěstovaný mák je využíván hlavně ve farmaceutickém průmyslu, ve kterém se zaměřují na získání kodeinu a morphia. Menší část máku je využívána pro svoje potravinářské využití nebo jako okrasná rostlina (Tétényi 1997).

3.1.3 Morfologie máku

Kořen

Mák vytváří kulovitý tvar kořene a je schopný za předpokladu vhodných podmínek dosahovat velké hloubky, rostlina intenzivně zakořeňuje už od počátečních fází vegetace. Kořen vytváří vysoký počet bočních kořenů s velkým množstvím vlásečnicovitých kořínků, které se rozprostírají v orné vrstvě (Liu et al. 2018). Na hloubku zakořenění a celkovou mohutnost kořenové sestavy má vliv půda, podnebí a termín setí. Mák vysetý dříve vytváří kulovitý kořen se slabými bočními kořeny. Dále tvar ovlivňuje orba, v bezorebných systémech je kořen kratší a má menší počet bočních kořenů, to znamená, že je porost náchylnější na sucho, přemokřenou půdu a úrodnost je nejistá (Fejér 2015).

Stonek

Stonek máku je vzpřímený, mohutný a vyplněný dřevem, jeho výška se pohybuje od 1-1,8 metrů. Výška je ovlivněna pěstitelským postupem, termínem setí, výživou a půdně-klimatickými podmínkami. Větvení stonků výrazně ovlivňuje úrodu (počet stonků=počet tobolek). Z hlediska poléhavosti jsou vhodnější rostliny, s menším počtem odvětvení. Stonek je buď hladký, nebo pokrytý chloupky, záleží na odrůdě (Brezinová et al. 2009).

Listy

Listy jsou jednoduché, podlouhlé, mírně zvlněné a zubovité. Na jejich povrchu je vosková vrstva, která hraje roli v ochraně herbicidy i listovými hnojivami (Vašák et al. 2010). U některých genotypů mohou být pokryty i malými chloupky. Listy se dělí na spodní, střední a horní. Spodní listy jsou podlouhlé s vykrojenou čepelí a vyrůstají od půdy po rozvětvení rostliny, ze středních se tvoří větve a mají světle zelenou až tmavozelenou barvu s modrým nádychem, horní jsou pak přisedlé k jednotlivým větvím. (Fejér 2015). Rostliny s vysokým počtem zdravých listů a odvětví nám značí potenciální vysoký výnos a kvalitu porostu jako například následný vysoký počet makovic, což je jeden z ukazatelů výnosu (Mishra et al. 2016).

Tobolka

Plodem máku je tobolka, nazývaná také makovice. Tobolky se od sebe odlišují především v závislosti na odrůdě (genotypu), podmínkami prostředí a agrotechnikou. Shukla et Khanna (1997) hodnotí velikost a tvar tobolky jako hlavní faktor ovlivňující úrodu. Dalším faktorem ovlivňujícím výnos je pukavost tobolek, tato vada vzniká ve fázi dozrávání, při deštivém počasí se počet pukavých tobolek zvyšuje (Fejér 2015). Množství a velikost semen se odvíjí od počtu lamel, na které přisedají semena máku, v tobolce může být až dvanáct tisíc semen. Tvar makovic může být oválný, kulovitý, kuželovitý nebo zploštělý. Nejvíce velikostně vyrovnaných a plnohodnotných semen dosahují tobolky oválného nebo kulovitého tvaru, dále je významná i velikost makovice, malé jsou přirozeně nežádoucí, stejně jako tobolky nadměrně vyvinuté. (Vašák et al. 2010)

Tbolky dosahují délky 20-60 mm, šířky 15-50 mm, povrch tobolky je orosený, hladký, šterbovitý, vrásněný nebo hrbolatý, v plné zralosti má hnědou až žlutohnědou barvu. Síla stěny se pohybuje mezi 0,6-1,0 mm. Podíl semene na hmotnosti plné tobolky tvoří $\frac{3}{5}$ – $\frac{2}{3}$, podíl makoviny $\frac{1}{3}$ – $\frac{2}{5}$, celková hmotnost se pohybuje mezi 2-8 gramy. Objem dosahuje hodnot 15-40 cm³ (Bechyně et Novák 1987).

Květ

Květ se skládá z dvou kališních lístků, pestíku, velkého počtu tyčinek a čtyř korunních lupínků. U většiny genotypů je květ jednoduchý, u okrasných typů se vyskytuje květ poloplný a plný. Počet tyčinek ovlivňuje termín setí, který se pohybuje mezi 100-250, závisí na odrůdě (genotypu), jejich barva je žlutá a přechází až do fialova. Květy mají v závislosti na odrůdě různou velikost a barvu. Okraj květů může být celistvý, zvlněný až rozstřepeň. Barva květu může mít odstín mnoha barev-od bílé po růžovou, červenou až fialovou (Fejér 2015).

Semeno

Semeno je ledvinovité, dlouhé asi 1,0-1,5mm. Jeho povrch je drsný, což zvyšuje přilnavost prostředků na ošetření osiva a vody. Má modrou, šedomodrou či bílou barvu, může být i růžová, hnědá až černá. Průměrná hmotnost tisíce semen se pohybuje okolo 0,55 g. Modrá barva značí typickou makovou chuť, bílá barva značí nevýraznou chuť a vůni a nízký obsah vlákniny a ligninu. Osemení je velmi tenké a náchylné na propuštění vody, proto semeno lehce přijímá vodu, ale zároveň lehce vyschne. Do mechanicky porušených semen pronikají kapičky oleje a ten rychle žlukne, to výrazně zvyšuje obsah morfinu až nad povolenou hranici. 20 ppm (20 mg/kg semene) (Vašák et al. 2010). Zralé semeno obsahuje 42-55 % polovysychavého oleje (Singh et al. 1998). Semena jsou bohatá na kyselinu linolovou, palmitovou a olejovou ve zhruba stejném procentuálním poměru (Bajpai et al. 1999).

3.1.4 Využití máku

Mák setý (*Papaver somniferum* L.) je zemědělskou plodinou, která najde své využití jak v potravinářském průmyslu, kde se využívá semeno máku převážně v pekárenském průmyslu, tak i ve farmaceutickém průmyslu, kde se využívá převážně morfin, kodein a další alkaloidy obsažené v máku (Weid et al. 2004). Produkce máku vede ke specifickému směru šlechtění s cílem získat odrůdy vysoké kvality potravinářského nebo průmyslového typu (Matyášová et al. 2011).

Mák je známý díky svým prospěšným účinkům na zdraví člověka, obsahuje řadu živin, jako jsou bílkoviny, oleje, vláknina, antioxidanty a další mikroživiny. Zkoumá se jeho využití s ohledem na řešení zdravotních problémů-od bolesti po hypertenzi, až po rakovinu. Mák dále obsahuje esenciální bioaktivní sloučeniny jako jsou alkaloidy, flavonoidy nebo polonenasyčené mastné kyseliny. Právě díky relativně vysokému obsahu a dobrému poměru mastných kyselin, je makový olej považován za vysoce kvalitní (Muhammad et al. 2021).

Potravinářská kvalita máku

Máky potravinářské se pěstují v bohaté škále barev. Pěstují se máky barvy bílé, modré, žluté, růžové, okrové, hnědé, červené až stříbrné či šedé barvy. Modrosemenné máky jsou v našich podmínkách nejpěstovanějšími odrůdami pro potravinářské využití díky jejich typické vůni a „makové“ chuti. Zároveň obsahují méně morfinu (Vašák et al. 2010). Právě morfin a sekundární metabolity, jako jsou alkaloidy máku, snižují potravinářskou kvalitu máku. Česká republika podporuje stanovení maximálního limitu obsahu morfinu. Velkým rizikem v potravinářském zpracování máku jsou příměsi levného máku z ciziny, semena mívají celkově

nižší vyrovnanost, kvalitu a také bývají bohatší na obsah morfinu, tato semena se následně smíchají s mákem vypěstovaným v České republice a sníží celkovou potravinářskou hodnotu (Zukalová et al. 2013). Běžně jsou semena máku určená ke konzumaci považována za bezpečná, existuje u nich redukce obsahu morfinu až o 90 %. Ovšem na první pohled nelze rozeznat mák opiový od máku potravinářského (Lachenmeier et al. 2010).

Mastné kyseliny

Obsah a poměr mastných kyselin máku záleží především na zvolené odrůdě. Hlavními mastnými kyselinami jsou kyselina olejová (16,1-19,4 %), linolová (59,4-62,4 %) a palmitová (10,6-16,3 %). Ve světlejších odrůdách máku je ve vyšším zastoupení obsažena kyselina linolová, dále také vyšší obsah alkaloidů a antioxidantů oproti odrůdám modrého zbarvení, kde nacházíme vyšší procenta kyseliny olejové. Kyselina linolová působí kladně na snížení úrovně cholesterolu v krvi a je prospěšná při řešení kardiovaskulárních problémů (Bajpai et al. 1999).

Mikroživiny

Semena máku nejsou bohatá pouze na vlákninu, tuk a bílkoviny, ale obsahují také řadu mikroživin, jako jsou: Zn (10mg/ 100 g), Mg (333mg/ 100 g), vitamin E (4mg/ 100 g), vitamin B (0,55-0,86 mg/ 100 g), dále vitamin A, nebo kyselina listová ve stopovém množství (Vašák et al. 2010).

Složení

Při vyrovnaném obsahu mastných kyselin v semeni může být mák zdravotně prospěšnou plodinou, výživová hodnota máku se pohybuje okolo 495 kcal/100 g, z hlediska výživového je mák bohatý hlavně na vlákninu, která se pohybuje okolo 23 %, sacharidů obsahuje celkově okolo 3 %. Z vitaminů je nejvýznamnější vitamin E (Rahimi et al. 2011). Dalším vitaminem obsaženým v semenu je vitamin C, kterého se nachází ve vyvinutém semeni okolo 15,5 mg/ 100 g. Celkově se dá mák považovat z hlediska výživy člověka za plodinu, která díky svému složení a obsahu antioxidantů může pozitivně ovlivňovat zdraví člověka (Katarzyna 2020).

Tabulka 1: Složení semene máku

Obsah vody	4,3–5,2 %
Bílkoviny	22,3–24,4 %
Mastné kyseliny	46,5–49,1 %
Popeloviny	5,6–6,0 %
Vápník	1,03–1,45 %
Fosfor	0,79–0,89 %
Železo	8,5–11,1 mg.100 g ⁻¹
Tiamin	740–1181 mg.100 g ⁻¹
Riboflavin	765–1203 mg.100 g ⁻¹

Zdroj: (Fejér 2015)

Polyfenoly

Fenolickým látkám je přisuzován antimutagenní, antioxidační, antibakteriální, protizánětlivý a antivirový účinek. Hlavní třídou polyfenolů jsou fenolové kyseliny, flavonoidy, lignany, stilbeny a anthokyany. Celkový obsah polyfenolů se v máku pohybuje okolo 395 mg/100 g. Díky vysoké konzumaci máku v České republice u nás existuje alergie na makové semeno, v jiných zemích je alergie spíše raritou (Sabolová 2020).

3.1.5 Mák v ekologickém zemědělství

V posledních letech vzrostl trend pěstování olejnin a jednou z velmi dobře obchodovatelných komodit se stal mák setý. Pro mák pěstovaný v ekologickém zemědělství platí, že díky obecnému nedostatku olejnin vypěstovaných v ekologickém systému pěstování rostlin je mák žádanou plodinou s rostoucí poptávkou. Ta tlačí na ekologické farmáře, kteří se začínají soustředit na ekologické pěstování olejnin. Mák se z pohledu ekologické produkce stává zajímavou plodinou. Díky setí do širokých řádků máme možnost pravidelného plečkování a provzdušnění půdy. Dobrého výnosu v ekologických podmínkách docílíme při vhodném použití organických hnojiv. Největším nepřítelem pěstování máku v ekologickém zemědělství jsou houbové choroby a škůdci (Kuchtová 2012).

Z celkového pohledu má mák v ekologickém zemědělství nízký podíl plochy. Jednou z příčin je nedostatek kvalitního osiva. Toto bylo vyřešeno zákonem, který umožňuje pěstitelům použít osivo nakoupené v kvalitě konvenčního zemědělství, ovšem pouze za podmínky, že neexistuje osivo ekologické. K moření se využívá forma E-ventus – ošetření osiva za použití účinku nízkenergetických elektronů proti virům, bakteriím a houbovým chorobám. Dále se může využít technologie HWT – jde o moření horkou vodou, kdy se semena ponoří do vody o teplotě cca 50 °C, následně se nechají vyschnout, výhoda této metody je cena a rychlost, nevýhodou je nízká skladovatelnost (Pšenička et al. 2007). Polyversum a Supresivit jsou bioagens s fungicidním účinkem, které jsou povolené pro použití v ekologickém zemědělství, jejich aplikace prokázala zvýšení výnosu a snížení výskytu chorob (Paulsen et al. 2008).

3.1.6 Technologie pěstování máku

Výsevek máku obvykle činí 1,5 – 1,75 kg osiva/ha. V ekologickém zemědělství může výsevek činit až 3 kg osiva na hektar. Vyséváme tedy cca 250-300 klíčivých semen na m². Jako optimální hustotu porostu vnímáme porost s 100-120 makovicemi na m². (Vašák et al. 2010).

Vhodné předplodiny

Mák bychom měli zařazovat jako plodinu 1. trati, to znamená po organicky hnojených okopaninách či leguminózách, ale mák zaznamenává úspěch, i když je zařazen po obilninách.

Nevhodnou předplodinou je řepka, protože její obtížně likvidovatelný výdrol je rizikem fyto toxického působení herbicidů, dále je zde riziko infekce polyfágními houbovými patogeny (hlízenky). Barevný mák je jako předplodina vyloženě nevhodný, jeho semena mají klíčivost někdy až 4 roky, takže hrozí, že se nám další roky začnou míchat barevné formy máku dohromady. Vhodný interval pěstování je pro mák 4 roky, předcházíme tím zhoršení stavu porostů, zvláště výskytu houbových chorob (Satranský 2020).

Příprava pozemku

Rozdílnost půd mezi pozemky a regiony je veliká. Oblasti humidní s dostatkem vody je vhodné obhospodařovat klasickou orbou s hlobkou 18-25 cm. V sušších oblastech se daří pěstování s využitím technologie bezorebné, kde půdu pouze kypříme. V obou případech zahajujeme přípravu mělkou podmítkou do hloubky 8-10 cm, používáme kombinované kypřiče s šípovými radlicemi, disky a prutové válce. Podmítka napomůže vzejití plevelů a výdrolu, následuje orba či hluboké kypření do 20 cm. Orba by měla proběhnout již na podzim, mák pak vzchází rovnoměrněji. V neorebném systému vytváříme mulč neboli zapravení hnojiv a posklizňových zbytků do horní části ornice bez obracení půdy. V praxi je nejpoužívanější předplodinou obilnina. Dávku dusíku volíme v rozmezí 30-50 kg/ha. Jarní příprava půdy probíhá ve chvíli, kdy už je půda proschlá a nelepí se, půdu upravujeme smykováním a vláčením (Vašák et al. 2010).

Osivo

Z preventivních důvodů je důležité využívat osivo zdravotně nezávadné a dbát na výběr vhodné odrůdy, dodržovat zásady střídání plodin a správné agrotechniky a zakládat spíše řidší porosty. Osivo můžeme ošetřit přípravky na bázi mykoparazitických hub a tím zabránit primární infekci mladých rostlin a zvýšit obranyschopnost rostlin. Dále dodržujeme pravidlo vysévání máku v rozmezí 3-4 let z důvodu prevence před výskytem chorob a celkového oslabení zdravotního stavu porostu. Snížená kvalita osiva se projevuje poklesem polní vzcházivosti, klíčivosti, vyrovnanosti porostu a zvýšenou náchylností k napadení chorobami a škůdci. Semena s vyšší vitalitou jsou schopna vzejít i za nepříznivých podmínek lépe oproti semenům s nižší vitalitou, avšak se stejnou laboratorní klíčivostí (Honsová 2021).

Při podání žádosti pro uznání množitelského porostu je potřeba prokázat původ osiva, mít souhlas držitele šlechtitelských práv a splnit požadavky na vlastnosti množitelského porostu máku podle vyhlášky č.384/2006 Sb. Uznání osiva je podmíněno kontrolou jeho druhové pravosti, čistoty a zdravotního stavu, vstupní a vegetační zkouškou. Ta probíhá na plochách o výměře 10 m² na parcelách zkušebních stanic UKZÚZ. Klíčivost by měla dosahovat minimálně 80 % a jeho čistota by měla dosahovat 98 %. Základní úpravou osiva je také třídění velikosti semen na semena větší než 1,1 mm, semena středně velká o velikosti 1-1,1 mm a semena menší než 1 mm. Nejvhodnější jsou semena střední velikosti a nejméně vhodná jsou semena menší než 1 mm. Dalším, ještě účinnějším faktorem je hmotnost tisíce semen, nejvhodnější jsou semena těžká (Vašák et al. 2010). Ošetřování osiva je dlouhodobě užívanou strategií v pěstování máku. Při samotném ošetřování osiva využíváme metod fyzikálních (separace podle velikosti, elektronická desinfekce), termických, jako je ošetření horkou vodou

(HWT – hot water treatment), dále využíváme i metody biologické jako je předklíčování a aplikace bioagens. Semeno máku má velice tenké osemení, takže při úpravě osiva musíme volit metody, které jsou šetrné k osivu (Kuchtová et al. 2013). Vhodné je osivo ošetřit mořením za pomoci přípravku Cruiser OSR, pro který dostali pěstitelé i v roce 2021 výjimku, a tak mohou tento zatím nejosvědčenější přípravek využívat. Do dalších sezón se předpokládá, že tento přípravek bude zakázán, a tak se výzkum zaměřuje na stimulační látky a rostlinné výtažky, které by mohly Cruiser nahradit. Tyto přípravky prokazují pozitivní vliv na výnos a strukturu porostu, ovšem těžko předpovídat, jak obstojí proti krytonosci kořenovému, který zatím neošetřené porosty naprosto decimuje (Satranský et al. 2021).

Setí

Mák je vhodný vysévat ve chvíli, kdy je půda vlhká tak, že jsme po ní schopni přejet secím strojem za podmínky, že se nám nebude půda lepit na secí stroj. Na druhou stranu půda nesmí být úplně vyschlá. Obecně se doporučuje sít ve druhé polovině března, záleží na vlhkostních podmínkách. Ve značně suchých jarních měsících můžeme zvolit dřívější setí, kterým máku zajistíme dostatečnou vláhu (Satranský 2020).

K setí je vhodné použít přístroj, který je schopen zasít 0,8-1,2 kg máku. Setí musí být rovnoměrné a mělce pod povrch půdy. Pro optimální rozmístění rostlin volíme meziřádkovou vzdálenost na 15-25 cm. Optimální rozmístění rostlin po zasetí, produkční vlastnosti, růst a vývoj závisí do značné míry na biologické hodnotě osiva. Velká semena s větší hmotností mají vyšší růstovou aktivitu a přijímají vodu rychleji a ve větším množství, také rychleji zvětšují svůj objem a hmotnost. Vyznačují se vyšší klíčivostí a obecně rychlejším přírůstkem kořínků a hypokotylů. To všechno hraje důležitou roli při vzcházení a překonání půdního škraloupu, nedostatku živin, vzduchu, vláhy v půdě nebo napadením chorob a škůdců. Proto má výsev velkých semen a třídění osiva praktický význam (Bechyně et Novák 1987). Pro vyklíčení co nejvyššího počtu semen je důležitá vlhkost půdy, půda by měla být vlhká, ovšem ne přemokřená kvůli vzniku houbových chorob, které by značně ovlivnily vzejití porostu. Samotné klíčení trvá v první fázi v intervalu 20-25 dní. Následuje období, kdy rostlina potřebuje dostatek slunečního záření pro dobré zakořenění a celkový dobrý start porostu (Mishra et al. 2013).

3.1.7 Nároky máku setého

Půdně-klimatické podmínky

Mák je plodina nenáročná na životní prostředí, snese i mrazíky a je pro něj vhodná zejména bramborářská nebo řepařská výrobní oblast (Prochazka et Smutka 2012). Vyhovují mu mírně svažité až rovinaté polohy s nadmořskou výškou 300-600 m.n.m. Ve výběru plochy je nutné zvážit i povětrnostní podmínky, nevyhovující jsou stanoviště se silnými větry, i odrůdy odolné polehání mohou být poničeny právě silnými větry. Dále bychom měli volit stanoviště, která nejsou uzavřená a přemokřená, tím předcházíme riziku vzniku houbových chorob. Půda vhodná pro zakládání porostu máku je půda, která je kyprá, dostatečně hluboká pro dobré zakořenění a také bohatá na humus a přístupné živiny. Tyto požadavky splňují půdy hlinité až písčito-hlinité při pH 6-2-6-8. Nevhodné jsou půdy písčité, v důsledku nízkého obsahu vody v

půdě a následného slabého vzrůstu rostlin, menší velikostí tobolek a nízké hmotnosti semen. Jílovité půdy jsou taktéž nevhodné, v deštivých měsících jsou příliš zamokřené, tím riskujeme vznik půdního škraloupu a mák nám nemusí vůbec vzejít, nebo vzejde, ale zdaleka ne s takovou mírou úspěšností jako u půd lehčích (Fejér 2015).

Světlo

Odrůdy máku patří mezi rostliny dlouhodobní a celkově náročné na světlo (Lisson 2007). Nedostatek světla se na rostlinách projevuje celkovým oslabením, snížením výnosu semene a menším obsahem alkaloidů v tobolkách. Zastíněné rostliny vytvářejí drobná semena a při silném zastínění se dokonce semena nemusí vůbec vytvořit. Spon, ve kterém mák pěstujeme, může být osvětlením a pronikáním svitu velmi ovlivěn. Dostatečné osvětlení má pozitivní vliv na vývin silných a zdravých rostlin, zvláště v období listové růžice a období rychlého růstu rostlin máku. Žádané je slunečné počasí v období dozrávání tobolek, urychluje rychlost těchto procesů, mák reaguje velmi citlivě na výkyvy v délce a intenzitě osvětlení (Bechyně 1993). Stín je z hlediska úrody obecně nejnepříznivější v raném období růstu máku. Zastínění rostliny zapříčiní dramatické snížení konečné velikosti makovice, výnosu alkaloidů a počet semen, dokonce může mít vliv na zvýšení obsahu morfinu i při návratu na plné slunce. Během zastínění porostu ve fázi dozrávání makovic dochází k zvětšení tobolek, ale k negativnímu vlivu na složení alkaloidů a počtu semen. Z toho vyplývá, že rané procesy vegetace vyžadují více sacharidů získaných fotosyntézou než procesy pozdější a rostliny nedostatečně zásobené slunečním svitem v raných fázích vegetace budou mít nižší výnosnost (Hope et al. 2020).

Teplo

Nároky máku na teplo se významně mění v průběhu vegetace. Zpočátku vegetace snáší jarní mák nižší teploty, a to až do nástupu rychlého růstu. Při vzcházení překonají rostliny teploty -6 až -8 stupňů. Pokud při trvalém mrazu přečkají rostliny 2 dny, vzcházející mák je zničený i mírnějším chladem, v suchém mrazu porost uschne, nebo se potrhají kořínky z důvodu pohybu půdy. S přibývajícím růstem a vývojem rostliny se postupně odolnost proti nízkým teplotám výrazně snižuje. Zejména květy jsou nízkými teplotami ohroženy. To je podstatné hlavně u máku vysetého už na podzim. U podzimních výsevů, které se na jaře velmi rychle vyvíjí a ve srovnání s mákem vysetým na jaře se při jarních mrazících snadno poškodí. To bývá obvyklou příčinou, proč sklízíme ozimé porosty s velkými a dobře vyvinutými makovicemi, ale se sníženým počtem semen nebo dokonce bez semen. Z toho důvodu se nedoporučuje pěstovat ozimé porosty v kotlinách a na bohatších půdách v údolí nebo nižších polohách. Celkově je mák teplomilnou plodinou, nesnáší vlhké počasí při dozrávání, protože je napadán černěmi a semena pak žluknou. To je vážný problém pro mák, který dozrává v období koncem června a počátku července v období dešťů (Vašák et al. 2010).

Voda

Při zakládání porostu je důležité, aby mělo osivo dostatek vláhy. Při klíčení totiž semeno přijímá okolo 90 % vody ve srovnání s vlastní hmotností semene. V následném období po klíčení vyžaduje slabá rostlina dostatek vláhy pro růst vlastního hlavního kořene a jeho větvení a následné pronikání děložních lístků nad povrch půdy. Vlhké a suché období je důsledkem vytvoření půdního škraloupu, a to může být pro rostliny kritické. Slabé osemení nejen dobře propouští vodu, ale také v suchých podmínkách napomáhá i rychlému výparu vody v nabobtnalém semenu (Bechyně et Novák 1987).

Všeobecně je voda jeden z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících růst a vývoj rostlin máku. Svědčí o tom jeho vysoký transpirační koeficient, který je 800. Pro porovnání: například pšenice má transpirační koeficient 500. Bechyně (2001) považuje za velmi kritické období nedostatku vláhy 2-3 týdny před květem, kdy nedostatek vláhy snižuje hmotnost semene. Ani přebytek vody máku neprospívá. Může dojít k odumření rostlin, hlavně v období silných dešťů a silného přemokření půdy, které napomáhá tvorbě a rozvoji houbových chorob (Fejér 2015). Při nedostatku vláhy dosahuje porost nižšího vzrůstu a celkového objemu biomasy, což nepříznivě ovlivňuje výnosnost porostu a produkci alkaloidů (Mahdavi-Damghani et al. 2010).

Výživa a hnojení máku

Pro vytvoření efektivního výnosu je významnější vyrovnání obsahu živin po předplodinách než vlastní odběr živin mákem. Pokud je dlouhodobě vyrovnán obsah živin v půdě, je naplněn předpoklad plné půdní úrodnosti, jako je zadržování vláhy, transformace živin apod. (Havel 2018). Mák řadíme do kategorie méně náročných plodin. Na výnos 1 t semene na hektar a odpovídající množství makoviny odčerpá podle Edelbauera a Stangela (1993) 70 kg N, 90 kg K, 26 kg P, 15 kg Mg a 0,11 kg B a také 18 kg S. Při intenzivních systémech pěstování by se měl zajistit obsah pohotových živin odpovídající výnosu 2 t semene máku na hektar. Než mák vytvoří kulový kořen, který má osvojovací schopnost na živiny, je potřeba zajistit dostatečné množství živin v dostupné formě. Jde o období pozvolného růstu. Mák vyžaduje střední až těžší půdy se slabě kyselou až neutrální reakcí pH 6,2 – 7,2 (Vašák et al. 2010). Vysoká potřeba B souvisí s tvorbou velkého množství meristematických pletiv pro tvorbu latexu, pro které je B nezbytným mikroprvkem (Vaněk et al. 2016).

Vysoké nároky na výživu provázejí mák prakticky od vzejití do vzniku generativních orgánů. Od fáze listové růžice narůstá potřeba Ca, K a N. V dalších fázích růstu pozitivně působí nadměrný příjem dusíku k větvení, prodlužuje dobu kvetení a zrání, ale zvyšuje riziko polehání. Celková dávka N by neměla překročit 70 kg/ha, výjimkou jsou půdy chudší nebo situace, kdy následuje mák po obilnině. Mák má rovněž vysoké nároky na B, Mn a Zn. Rovněž pravidelné kypření a provzdušňování spojené s plečkováním v počátečních fázích porostu má spolu s regulací plevelů význam pro zajištění lepších výživových podmínek v půdě (Kuchtová et al. 2013). Vysoké požadavky na bor řešíme přípravkem borax před výsevem, nebo použijeme postřik boraxu ve fázi 4-6 pravých listů. Mák je velmi senzitivní na obsah mědi v půdě. I malé

a nepatrné dávky mědi dokážou na mák působit toxicky, proto se při pěstování máku snažíme měďnatým přípravkům vyhnout (Kalina 2005).

Hnojení máku vychází z jeho celkové potřeby živin a jeho specifických vlastností, při kterých je nutné zdůraznit jeho pomalý růst a příjem živin na začátku vegetace. Celková potřeba živin je závislá na hmotnosti semene i nadzemních částí porostu. Stanoviště, kde se pěstuje mák se běžně hnojí statkovými hnojivy za předpokladu, že jsou aplikovaná včas a v ideálním množství. Vhodným statkovým hnojivem je vyzrálý, případně kompostovaný chlévský hnůj, aplikovaný na podzim. Dalším vhodným hnojivem je kejda aplikovaná také už na podzim, vhodnější je kejda od prasat než u skotu, u té hrozí vyšší riziko zaplevelení, které je u máku těžce regulovatelné. Dobře vyzrálý a kvalitní kompost je také vhodné hnojivo. Hnojení dusíkem můžeme rozdělit na tři části, a to na hnojení před setím, po zasetí, nebo je možné přihnojovat během vegetace, a to nejpozději deset dní po vzejití za předpokladu, že nebylo hnojeno dostatečně v předchozím období. Pro hnojení P, K a Mg platí obecné pravidlo, že by se měl mák pěstovat na půdách, které jsou dobře zásobené na P a K. Hnojení P a K provádíme zásadně po sklizni předplodiny v období léta nebo začátkem podzimu. V semenech je z pozemku exportován N a P, velká část K a Ca zůstává na pozemku, takže mák je vhodný jako předplodina pro většinu obilnin (Vaněk et al. 2016). Hnojení dusíkem má lepší výsledky při rozdělení dávky alespoň na dvě části. Rostliny pak dosahují vyššího výnosu a obsahu alkaloidů (Lošák et Richter 2011).

3.1.8 Choroby a škůdci máku

Mák během ontogeneze trpí na fyziologické vady, virové, bakteriální a houbové choroby. Jejich včasná diagnostika a jejich následná ochranná opatření mají význam v rámci tvorby výnosu a obsahu látek – alkaloidů. Houbovými chorobami jsou napadány tobolek i semena, v nich obsaženy, což snižuje celkovou kvalitu výnosu a zároveň i jeho klíčivost (Fejér 2015). Mezi nejzávažnější choroby máku patří helmintosporiíza máku, plíseň maková, srdéčková hniloba a spála máku (Bechyně 2001). Pro mák je z hlediska chorob a škůdců kritické podnebí a srážky. Při vlhkém podnebí vzniká riziko napadení porostu houbovými chorobami a škůdci (Mishra et al. 2013).

Helmintosporiíza máku (*Pleospora papaveracea*)

Je nejzhoubnější chorobou máku, která snižuje výnos semene až o 80 %. Napadá všechny části rostlin po celou dobu vegetace. Nejvíce se choroba projevuje v době rychlého růstu, a to v podobě hnědých až černých skvrn a modročerných proužků na stoncích. Napadené makovice jsou menší a můžeme na nich pozorovat tmavé šedozelené plstnaté povlaky, které později přecházejí v hnědou barvu. Uvnitř tobolek se nachází nevyvinutá a zdeformovaná semena (Bechyně 2001). Výskyt choroby byl zaznamenán v celé Evropě, Asii a v Africe. Poprvé ji popsal Corda v roce 1938. Jde o chorobu fakultativní, která se vyskytuje na druzích *Papaver* a může přežívat i jako saprofyt na odumírajících částech rostlin. Na první pohled nemusí být viditelné, že je tobolek napadena, uvnitř je však silně rozrostlé houbové mycelium. Vývoj a přenos choroby je silně ovlivněn povětrnostními a půdními i podmínkami, proto může být její průběh

a její symptomy velmi rozmanité (Fejér 2015). Z hlediska ochrany a prevence je důležité vyhnout se setí máku do těžkých slévaných půd, zakládání přehuštěných porostů a důraz musíme klást i na vyrovnanost a dostupnost živin a podporu rozkladu posklizňových zbytků. Dále je důležité dodržovat zásadu střídání plodin, což znamená zařazovat mák s odstupem minimálně 3-4 let. Je možné využít biologické přípravky na bázi mykoparazitických hub (Havel 2018). Tato choroba je známá tím, že je vysoce destruktivním patogenem přenášeným semeny a způsobuje plíseň listů, hnilobu vegetačního vrcholu, hnilobu samotných semen nebo zesvětlování barvy listů. Symptomy helmintosporií pozorujeme na porostu jako zakrnělé listy a stonky až nekrózu listů, uvadlé nebo hnilobné kořeny (O'Neill et al. 2000).

Spála máku (*Pythium ultimum*)

Spála máku je choroba nacházející se hlavně na půdách se škraloupem na povrchu. Rostliny jsou v oblasti kořenového krčku zaškrceny a následně napadány houbovými chorobami. Napadené rostliny následně chřadnou, padají a hynou. Ochranou proti spále je hlavně pěstovat mák na provzdušených půdách (Bechyně 2001). Dále nepěstovat mák na půdách s tendencí slévání a vytváření půdního škraloupu, lze použít moření osiva pomocí přípravku Cruiser OSR nebo použít osivo, které bylo ošetřeno metodou E-ventus (Vašák et al. 2010).

Srdéčková hniloba máku

Je to choroba vyskytující se ve všech oblastech máku, asi do roku 2005 nebyla moc rozšířena. Napadá zvláště ozimý mák vysetý z méně kvalitních osiv. Napadá vzcházející rostliny z infikovaných semen, tudíž se v porostech vyskytuje z napadeného osiva a takto napadené rostliny mohou zcela umřít, jinak může vytvářet zdeformované rostliny a makovice (Vašák et al. 2010). Srdéčková hniloba je příznakem nedostatku bóru. Projevuje se zpomalením růstu vegetačního vrcholu, následným odumíráním vrcholových listů a samotného vrcholu. Nedostatek boru je nejčastějším důsledkem převápnění a bývá zvýrazněn suchým počasím (Kalina 2005).

Plíseň maková (*Peronospora arboscens*)

Je to jedna z nejvýznamnějších chorob ovlivňující ekonomiku máku. První příznaky plísně makové poznáme díky nedostatku chlorofylu v listech, což vede až k zakroucení a zeslabení listů až nekróze (Calderón et al. 2014). Na listech pozorujeme také bílý až načernalý povlak a následuje rozšíření choroby v porostu (Thangavel et al. 2018). Nejohroženější jsou listy bazální se špatnou cirkulací vzduchu, proto musíme dbát na takovou strukturu porostu, která bude dobře osvětlená a provzdušněná (Garibaldi et al. 2003). Plíseň může způsobit silnou deformaci stonku, která vede až k následnému odumření rostliny (Thangavel et al. 2017). Je to choroba způsobená patogenem *Peronospora arborences*, k infekci dochází od května až do sklizně. Je přenášena zejména osivem, nicméně její oospory jsou schopny přežít v půdě a být tak zdrojem primární infekce. Vhodnými podmínkami pro napadení a rozvoj jsou nižší teploty a vysoká vzdušná vlhkost a hustý porost. Patogen způsobuje lokální nebo systémovou infekci. Příznaky nemoci se liší podle doby, kdy došlo k napadení. Rostliny vyrůstající z osiva bývají zakrnělé

s deformovanými a ztluštěnými listy. Vegetační vrchol rostliny zpravidla odumírá. Na spodní vrstvě listů se vytváří šedofialový hustý povlak. Rostliny napadené ve fázi listové růžice a dlouhivého růstu často odumírají nebo nedosahují vysokého výnosu. Makovice jsou deformované, drobné a zbarvené do fialova. Choroba se rychle šíří a napadené rostliny zasychají. Z hlediska ochrany je potřeba vysévat zdravé osivo, dbát na výběr vhodně odrůdy a dodržovat zásady střídání plodin (Havel 2018).

Krytonosec makovcovitý (*Neoglocianus maculaalba*)

Patří mezi hlavní škůdce na máku, jeho napadení můžeme zpozorovat podle vyžraných otvorů na tobolkách a kolonií larev uvnitř makovic (Kolařík et al. 2019). Je původcem známé červivosti makovic. Přezimuje v půdě v podobě dospělých brouků, kteří vyhledávají rostliny máku před kvetením. Vylíhnuté larvy se živí jak ze semen máku, tak i z lamel v makovicích. Larvy jsou beznohé, bílé barvy s hnědou hlavou, vyvinuté larvy opouští makovice a zakuklí se do půdy, za rok mají jen jednu generaci (Fejér 2015). Silněji poškozené rostliny chřadnou, žloutnou a zasychají. Často hynou ve velkých ohniscích a chemická ochrana je málo účinná, funkční jsou insekticidy na základu pyretroidů (Bechyně 2001). Proti krytonosci můžeme použít registrovaný prostředek Actellic 50 EC (Kolařík et al. 2019).

Mšice maková (*Aphis Fabae*)

Jde o ekonomicky významného škůdce máku ve všech oblastech pěstování. Mák napadá od fenofáze přízemní růžice listu do tvorby zelených makovic. Vyskytuje se ve formě hojných skupin černých mšic na spodních částech listů, na stoncích i zelených makovicích. Poškozené části porostu se zakrucují a listy s makovicemi žloutnou. Chemická ochrana se provádí od chvíle, kdy je napadeno více jak 5 % porostu. Mšice mohou být napadeny mšicomarem, kdy nacházíme na rostlinách mumifikované mšice (Vašák et al. 2010). Za určitých podmínek může ochraně pozitivně přispět střídání meziplodin a kontrola populací škůdců, což může vést ke snížení ztrát a výnosu (Trenbath 1993). K ochraně proti mšici makové můžeme využít registrované přípravky jako je Cyperkill 25 EC, Rapid, Nexide, Primor 50 WG, Nurelle D nebo Daskor (Havel 2018).

Žlabatka stonková (*Timaspis Papaveris*)

Je oligofágní hmyzí škůdce vyvíjející se ve stoncích máku. Škody tímto škůdcem jsou známy po celé Evropě a u nás je škůdce známý od roku 1953, ovšem to se mák pěstoval na malých parcelách a nebyl pozorován velký škodlivý výskyt. Zvýšená intenzita pěstování připravila dobré podmínky pro rozšíření žlabatky a v roce 2001 byl na Moravě zjištěn první větší výskyt. Nárůst se připisuje generacím, které se v dřívějších letech rozmnožily na divokém máku a migrovaly do polí, odkud se přesunuly na makové pole. Poškozuje cévní pletiva máku a ty následně hnědnou a odmírají, čímž brání přísunu vody do rostliny (Šedivý et Cihlár 2005). Od roku 2007 se žlabatka nepovažuje za závažného škůdce máku a v České republice nezaznamenáváme větší napadení tímto škůdcem, jako ochranný prostředek můžeme použít registrovaný prostředek Talstar 10 EC (Kolařík et al. 2019).

Krytonosec kořenový (*Stenocarus ruficornis*)

Brouci krytonosce napadají vzcházející rostliny máku, kdy ze spodu listů můžeme pozorovat okénkový žír. U starších rostlin jsou vykousávány okrouhlé a nepravidelné otvory do jejich listů. Škodí hlavně u pozdně setých porostů a za suchého a teplého podnebí. Na starších listech vykousávají nepravidelné nebo okrouhlé tvary. Larvy škodí na kořenech, na kterých vyžírají hluboké rýhy nebo chodbičky o velikosti 1-3 mm, které mohou následně být zdrojem infekcí a nemocí máku. Tělo brouků je klenuté, 3-3,5 mm dlouhé, 2 mm široké, černého zbarvení. Larvy jsou rohlíčkovitého tvaru a žlutobílého zbarvení, 5-6 mm dlouhé. Kromě postřikových insekticidů se hledají nová řešení ve formě moření osiva (Cihlár et al. 2003). K ochraně se používají přípravky Furadan 350 F, 10G, Cruiser OSR, Nurelle D, Talstar 10 EC. Optimální strategií v boji proti krytonosci kořenovému je kombinace moření osiva, které působí jen určitou dobu po zasetí semene a použití postřku insekticidními přípravky (Sikora 2008).

Bejломorka maková (*Dasineura papaveris*)

Bejломorky škodí hlavně v průběhu svého vývoje, kdy vysávají pletiva lamel, také parazitují na vnitřních stranách makovic, které následně napadají houbové choroby a semena se zduří a vyvíjejí se zdeformovaná a neplnohodnotná. Jedná se o 2 mm dlouhého komárka hnědé barvy s načervenalým zadečkem. Pro vstup do makovice, kam samice vkládají vajíčka, mohou využívat chodbiček vytvořených krytonoscem makovicovým. Do jednoho roka mají jednu generaci. Larvy bejломorky jsou beznohé, žluté až oranžové barvy o velikosti 1 mm (Havel 2018). Dospělé larvy se v makovicích zakuklí a po rozříznutí makovice najdeme larvy oranžové barvy (Fejér 2015). Pěstitelé mohou využít k ochraně přípravky Cyperkill 25 EC, které ovšem působí nepříznivě na včely, další registrované přípravky jsou Nexide, Rapid, Decis mega, Proteus 110 OD, Biscaya 240 OD, Mospilan 20 SP. Přípravky k ochraně proti Bejломorce makové lze využít i v ochraně proti krytonosci makovému (Havel 2018).

3.1.9 Sklizeň

Sklízíme varianty máku, které od sebe mohou být odlišné, a to ve tvaru, obsahu oleje nebo barvě. Semena mají modrou, žlutou, světle hnědou, černou nebo bílou barvu. Tvar semen by měl být kulovitý a vyrovnaný (Özbunar et al. 2019).

Termín sklizně určuje zralost porostu, kterou poznáme podle jednotného zbarvení rostlin a vyschlých tobolek, u kterých po zatřepání slyšíme pohyb semen. Pokud po odlomení makovice vysypeme na ruku semena, která následně nezesvětlají, mají správnou sklizňovou zralost. Při nevhodném určení termínu sklizně a pozdní sklizni hrozí riziko napadení alternáriovou černí, která snižuje kvalitu výnosu a následnou cenu výkupu máku. Makovice je možné sklídit dříve a následně dosušet a skladovat v suchém a dobře provětraném prostředí. Mák lze vymlátit na stacionární mlátičce nebo lze semena vymlátit ručně, což je náročnější na práci a pracovní sílu, ale můžeme semena lépe roztřídit (Kuchtová et al. 2013).

Obsah olejové, palmitové a stearové kyseliny, což jsou hlavní mastné kyseliny v máku, se pohybuje v rozmezí mezi 9-40 % nebo více. Pro dobrý výnos se soustředíme hlavně na výběr

odrůdy, která má velikostně a tvarově vyrovnaná semena, která mají vysoký obsah polonenasycených mastných kyselin (Bajpai et al. 1999).

Hospodářský výnos máku ovlivňuje hustota porostu, jeho prosvětlenost, která souvisí s hustotou porostu, dbáme na to, aby si rostliny vzájemně nestínily, dále na počet rostlin, zejména makovic, jejich velikost a hmotnost jeho semen. V technologii pěstování máku klademe důraz na optimální strukturu porostu (Dudai 2014).

3.1.10 Posklizňové úpravy a skladování

Delší dobu lze skladovat pouze maková semena nepoškozená, ta jinak na vzduchu rychle žluknou a hořknou. Velké nebezpečí představují také roztoči, jako je roztoč zhoubný nebo roztoč ničivý. Pro prevenci napadení roztoči je potřeba, aby mák měl maximální vlhkost 12 %. Samotnou separaci semene a makoviny z tobolky nelze provádět souběžně. Makovina musí být čistá, bez příměsí semen a prachu. Příměsí snižují výtěžnost a efektivitu výroby morfinu. K dosoušení makoviny a semen máku využíváme hlavně prostorů, jako jsou haly s aktivním odvětráním s použitím běžného, nečištěného vzduchu. Ideální vrstva máku ve skladu by měla mít rovnoměrný vyrovnaný povrch, což napomáhá cirkulaci vzduchu. Při nerovnoměrnosti povrchu může dojít ke kondenzaci a plsnivění. Výška hromady by měla být okolo 2 metrů (Havel 2018).

4 Metodika

4.1.1 Charakteristika pokusné lokality

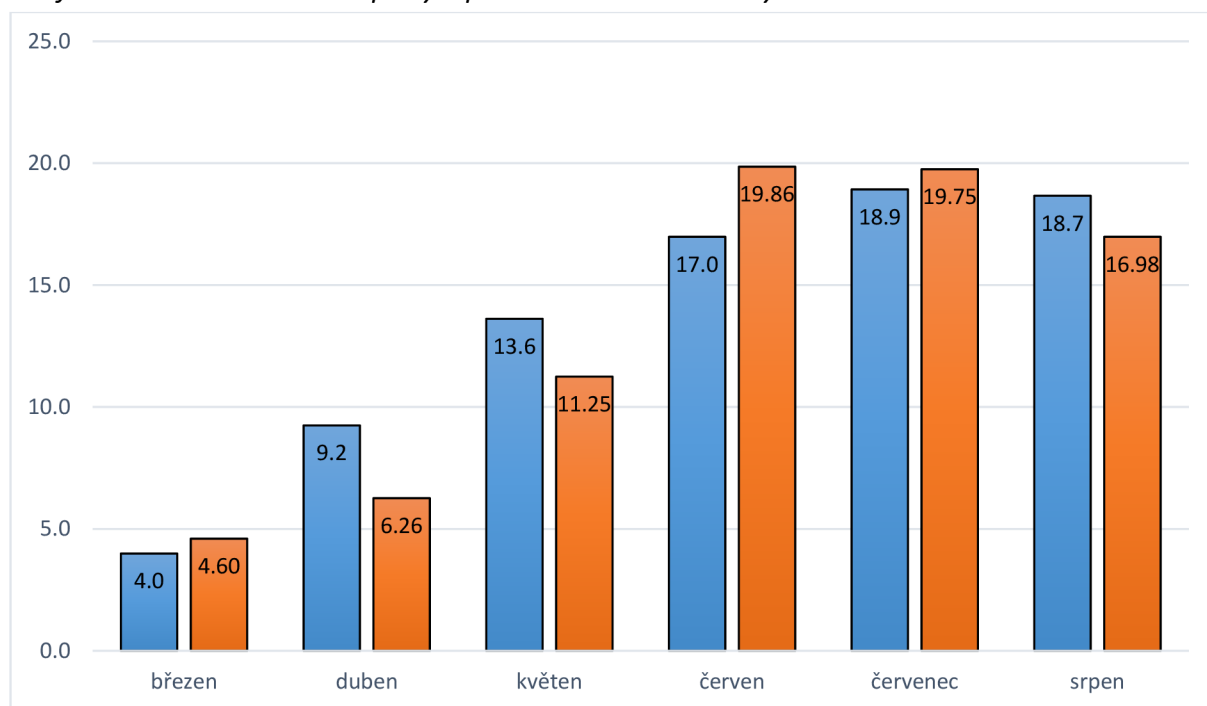
Přesný polní maloparcelkový pokus byl založen na Výzkumné stanici v Červeném Újezdě. Stanice slouží jako experimentální pracoviště pro katedry Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské univerzity v Praze. Území je převážně na spraších. Stanice Červený Újezd obhospodařuje 30 ha zemědělské plochy, na pokusy je vymezeno 6 ha.

4.1.2 Klimatické podmínky pokusné lokality

Pokusná lokalita spadá do mírně suché, mírně teplé oblasti s mírnou zimou. Území pokusné lokality se nachází v nadmořské výšce 405 m.n. m. Terén pokusných pozemků je rovinatý, převážně s jižní expozicí. Pozemky se vyznačují dobrým zásakem srážek a dobrou vododržností.

V grafu 4 je zobrazena průměrná měsíční teplota roku 2021 v porovnání s dlouhodobým normálem měřeným v pražské Ruzyni mezi roky 1999-2020. Z grafu lze vyčíst, že měsíc březen byl lehce nadprůměrný oproti normálu. Měsíce duben a květen byly naopak chladnější oproti normálu. Měsíce červen a červenec byly teplejší; v porovnání s normálem vidíme, že teplota v červnu byla ve srovnání s normálem výrazně nadnormální, červenec byl lehce nad dlouhodobým průměrem. Měsíc srpen byl naopak lehce podprůměrný v porovnání s teplotním normálem.

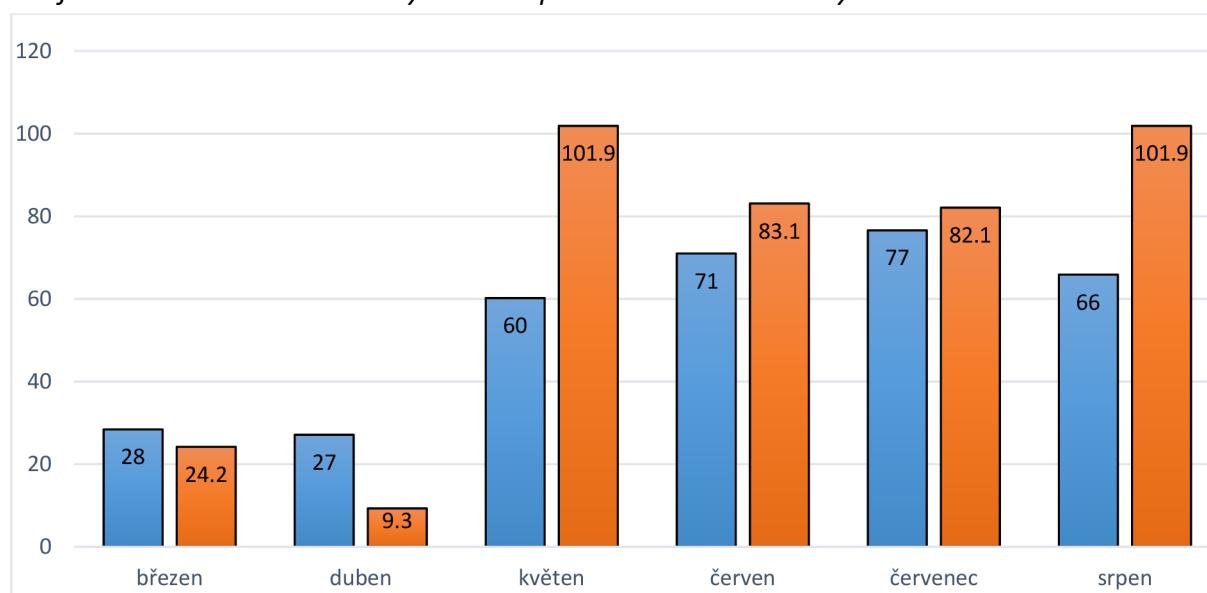
Graf 4: Průměrné měsíční teploty v porovnání s dlouhodobým normálem



Zdroj: (ČHMÚ 2021)

V Grafu 5 jsou zobrazeny průměrné měsíční úhrny srážek z roku 2021 v porovnání s dlouhodobým normálem měřeným mezi lety 1991-2020 v Ruzyni. Březen byl v porovnání s normálem lehce podprůměrným měsícem. Měsíc duben byl podprůměrný, srážek napadalo oproti normálu o skoro 20 mm méně. V květnu se pohybujeme v nadprůměrném úhrnu srážek, spadlo o 40 mm více oproti normálu. Měsíce červen a červenec byly v porovnání s normálem lehce nadprůměrné; spadlo o cca 10 mm srážek víc, než činí dlouhodobý úhrn. Srpen byl srážkově nadprůměrný, spadlo o skoro 40 mm srážek více v porovnání s normálem.

Graf 5: Průměrné měsíční úhrny srážek v porovnání s dlouhodobým normálem



Zdroj: (ČHMÚ 2021)

4.1.3 Agrotechnika

Pokus byl založen formou znáhodněných bloků, o velikosti pokusné parcely 12 m². Každá varianta byla založena ve čtyřech opakováních. Pro pokus byla zvolena odrůda máku Aplaus s výsevkem 1,75 kg/ ha. Setí bylo provedeno 30.3. 2021. K hnojení před zasetím bylo použito 200 kg ledku/ha. Jako preemergentní herbicidy byly použity přípravky Callisto v koncentraci 0,25 l/ ha spolu s přípravkem Command 36 SC v koncentraci 0,15 l/ ha. Ve fázi 2. pravého listu byl aplikován insekticid Karate zeon v koncentraci 0,1 l/ ha. Ve fázi cca 20 cm (výška rostlin) se aplikovaly další dva herbicidy: Laudis 1,7 l/ ha spolu s přípravkem Tomahawk v koncentraci 0,3 l/ha. Pro přihnojení během vegetace byl použit ledek (7.5. 2021) v dávce 200 kg/ ha. Sklizeň se uskutečnila 19. 8. 2021.

Přehled variant ochrany máku setého proti houbovým chorobám uvádí tabulka č. 2.

Tabulka 2: Přehled variant ochrany máku setého proti houbovým chorobám

Ošetření	Účinná látka	Termín aplikace	Datum	Dávkování	Patogen
Dithane	mancozeb	4.-6. pravý list	27.5.2021	2 kg/ha	Plíseň maková
Propulse	fluoropyram, prothioconazole	Plná butonizace	28.6. 2021	1 l/ha	Helmintosporiíza máku
Dithane + Propulse	mancozeb, fluoropyram, prothioconazole	4.–6. pravý list + plná butonizace	27.5.2021 + 28.6.2021	2 kg/ha + 1 l/ha	Plíseň maková + Helmintosporiíza
Polyversum	<i>Pythium oligandrum</i>	4.-6. pravý list	27.5. 2021	0,1 kg/ha	Plíseň maková
Fix H + Fix N	<i>Pseudomonas</i> spp., <i>Paenibacillus</i> spp.	Plná butonizace	28.6. 2021	0,5+0,5 l/ha	Helmintosporiíza máku
Kontrola	X	X	X	X	X

4.1.4 Charakteristika odrůdy máku Aplaus

Je to odrůda modrosemenného máku středního vzrůstu s dobrou odolností proti polehání a vyvracení. Výnos semene vysoký se středně vysokým obsahem morfinu. Tato odrůda je díky své vysoké přizpůsobivosti vhodná do všech pěstitelských oblastí. Vyznačuje se střední odolností proti chorobám a velmi dobré odolnosti proti nežádoucímu otevírání tobolek.

4.1.5 Charakteristika přípravků použitých k ochraně máku proti houbovým chorobám

Fix H+Fix N

Jedná se o biologický přípravek na bázi dvou druhů bakterií. Přípravek je určený pro aplikaci do plodin, aplikuje se v tekuté formě. Účinek přípravku je založen na oboustranně prospěšném vztahu mezi kořeny hostitelské rostliny a bakterií, symbióza vzniká kolonizací rhizosféry kořenů rostlin. Ke kolonizaci dochází v průběhu několika dní po aplikaci prostředku. Bakterie váže za anaerobních podmínek vzdušný dusík, bakterie jsou schopné za předpokladu anaerobních podmínek a dostatku organické hmoty v půdě navázat 15-40 kg N/ha. Aplikáční dávka přípravku je 0,5 l/ha složky FIX-H a 0,5 l/ha složky FIX-N.

Dithane

Je kontaktní fungicidní přípravek ve formě granulí, jeho účinnou látkou je mancozeb. Přípravek se používá v boji proti houbovým chorobám. Aplikuje se pozemním postřikem nebo rosením v případě že není očekáván déšť.

Propulse

Není pouze fungicidní přípravek, ale působí pozitivně i na vitalitu rostlin a prospívá rostlinám ve stresových podmínkách. Přípravek propulse byl v roce 2018 registrován do ochrany máku proti helmintosporiíze v dávce 1 l /ha. Jeho hlavní účinné látky jsou fluoropyram a prothioconazole. Aplikace přípravku se provádí jednou ročně.

Polyversum

Polyversum je mikrobiologický fungicidní přípravek, používaný k ochraně rostlin proti houbovým chorobám, aplikuje se preventivně před výskytem choroby, aplikace po zjištění prvních příznaků může snížit účinnost. K aplikaci se doporučuje používat nejvyšší dávky a zkracovat intervaly mezi aplikacemi. Přípravek se aplikuje formou zálivky nebo postřikem, další možností je přípravek smíchat s osivem a využít ho jako mořidlo. V zálivce mícháme 1 g přípravku s 2 litry vody. Při moření aplikujeme 5 g přípravku na 1 kg osiva.

4.1.6 Hodnocení prováděná v průběhu vegetace

V průběhu vegetace bylo u jednotlivých pokusných variant provedeno hodnocení úrovně napadení porostu plísní makovou (18.6. 2021) a helmintosporiózou (22.7. 2021). Pro hodnocení byla použita bonitační stupnice 0–100 bodů (čím vyšší hodnota, tím vyšší napadení) - metodika PP 1/78 (4), <https://doi.org/10.1111/epp.12791> (uvedené hodnocení je detailnější a přesnější než u zpravidla používané bonitační stupnice 0–9 bodů).

Dále byla zjištěna výška porostu před sklizní a provedeno hodnocení výnosotvorných prvků, jako jsou počet rostlin na m², počet makovic na m² (16.8. 2021), po sklizni z odebraných rostlin počet makovic na rostlinu, HTS, hmotnost semen v makovici a výnos semen.

4.1.7 Posklizňové laboratorní hodnocení

Stanovení laboratorní klíčivosti a energie klíčení

- 4 opakování pro každou variantu (50 semen)
- Klíčení probíhalo v předem označených laboratorních miskách
- V miskách podklad z 3 vrstev filtračního papíru z čisté celulozy + 30ml vody
- Podmínky klíčení: 20 °C, vlhkost 95 % (probíhalo v řízených podmínkách klimatizovaných boxů)
- Od třetího dne byla odebírána plně vyklíčená zdravá semena pro stanovení energie klíčení
- Celková klíčivost byla vyhodnocena jako procentuální podíl vyklíčených semen z celkového počtu semen

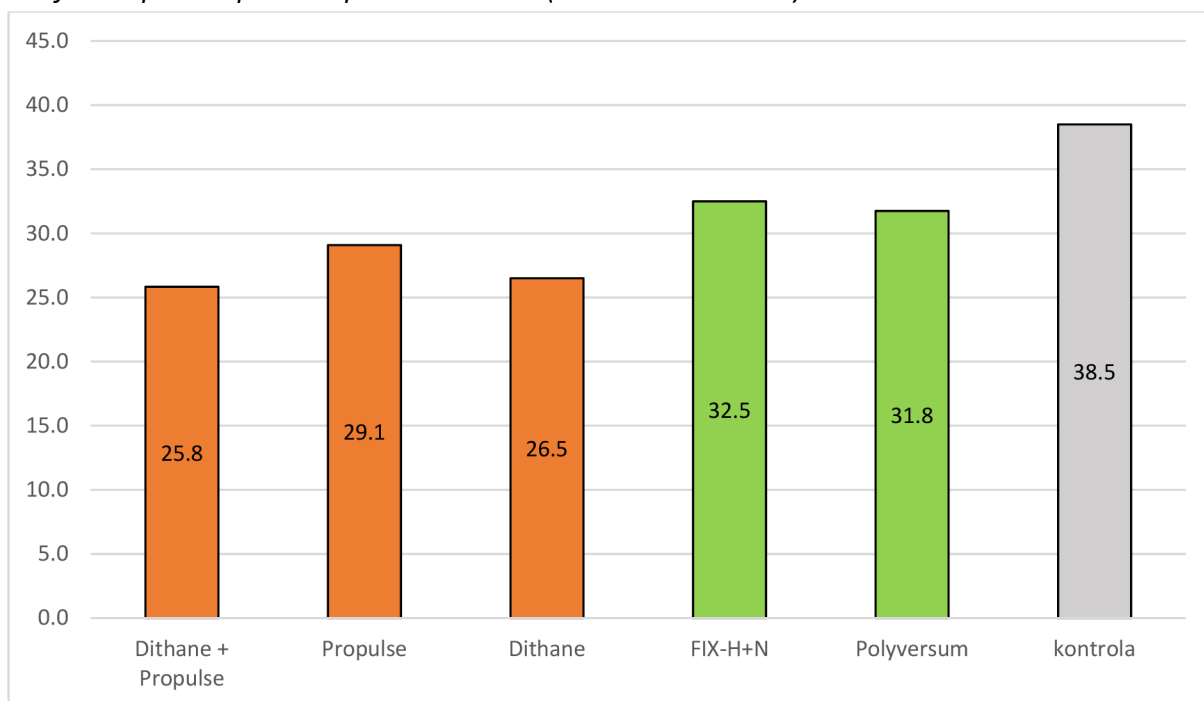
5 Výsledky

Výsledky zahrnují zhodnocení vlivu jednotlivých variant ochrany porostu máku na napadení zejména helmintosporiózou máku a plísní makovou, dále hodnocení výnosotvorných prvků, jako jsou počet rostlin na m², počet makovic na rostlině, HTS, počet makovic na m², hmotnost semen v makovici a výnos. Po sklizni byla hodnocena klíčivost a energie klíčení semen máku. Varianty, kde byly v ochraně máku použity chemické přípravky a jejich kombinace jsou znázorněny v grafech oranžovou barvou, varianty s biologickými přípravky jsou znázorněny zeleně a k neošetřené kontrole je označena šedou barvou.

Úroveň napadení porostů plísní makovou

Výsledky hodnocení úrovně napadení porostu plísní makovou jsou znázorněny v grafu č. 6. Úroveň napadení charakterizuje index (0–100 bodů), u kterého platí, že čím vyšších hodnot dosahuje, tím bylo napadení plísní makovou vyšší. Z grafu lze konstatovat, že průměrná hodnota indexu se pohybovala mezi 25,8 až 38,5 body. Z výsledků je patrné, že nejlepších hodnot dosahovaly varianty, které zahrnovaly chemické přípravky Dithane a Propulse. Celkově nejlépe si vedla varianta, kde byla použita kombinace obou uvedených přípravků. Ošetření porostu za pomoci biologických přípravků Polyversum a Fix H+Fix N překročilo hranici 30 bodů, přičemž varianta s Polyversem dosáhlo nepatrně lepšího výsledku oproti Fix H+Fix N. Nejvyšší napadení porostu plísní makovou bylo zaznamenáno u neošetřené kontroly.

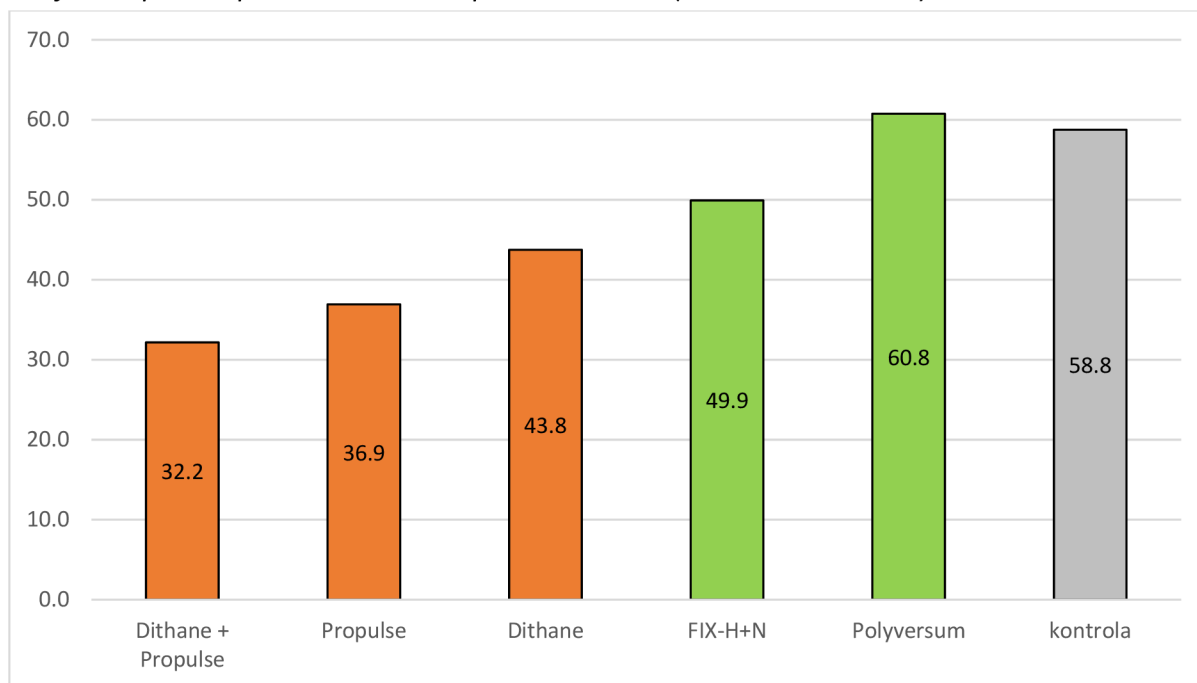
Graf 6: Napadení porostu plísní makovou (bodové hodnocení)



Úroveň napadení porostů helmintosporiózou máku

Výsledky hodnocení úrovně napadení porostu helmintosporiózou jsou znázorněny v grafu č. 7. Z grafu je patrné, že průměrná hodnota indexu se pohybovala mezi 32,2 až 60,8 body. Nejlepších hodnot dosáhla kombinace dvou fungicidních přípravků Dithane a Propulse, dosáhla 32,2 bodů; v případě samostatného použití obou přípravků bylo zjištěné napadení mírně vyšší. Efekt použití biologických přípravků byl stejně jako v případě hodnocení napadení plísní makovou oproti chemickým fungicidům slabší a v tomto případě byl rozdíl mezi chemicky a biologicky ošetřenými variantami větší, než tomu bylo u plísně makové. Použití přípravku Fix H + Fix N se ve vztahu k napadení porostu helmintosporiózou projevilo pozitivněji, než tomu bylo v případě ošetření Polyversem. Varianta ošetřená Polyversem dokonce dosáhla celkově nejhoršího výsledku a mírně překonala i neošetřenou kontrolu.

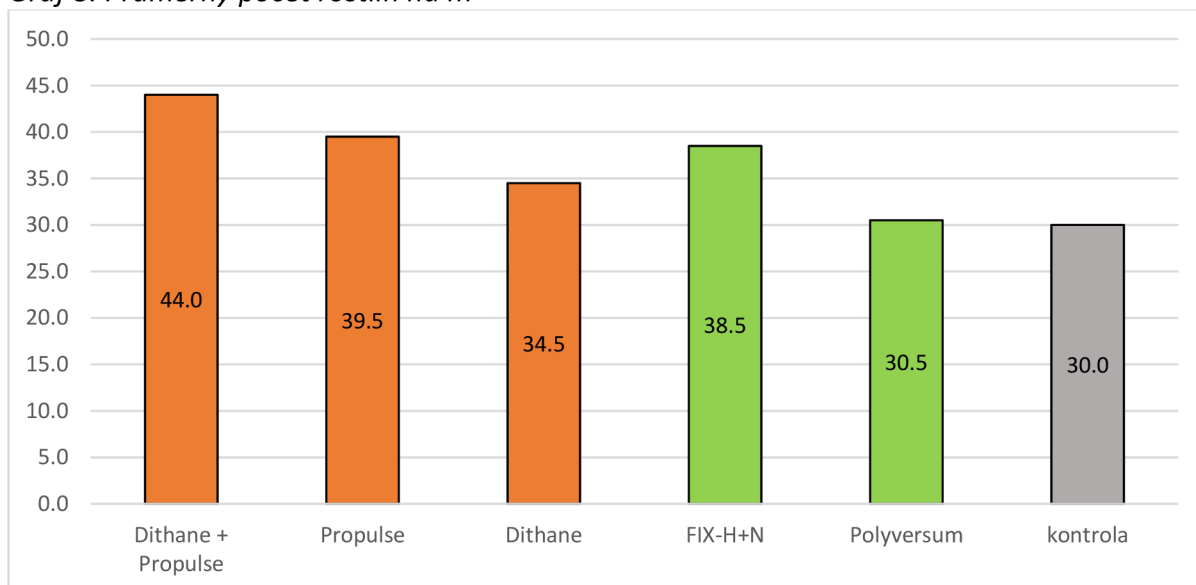
Graf 7: Napadení porostu helmintosporiózou máku (bodové hodnocení)



Průměrný počet rostlin na m²

Výsledky hodnocení počtu rostlin jsou znázorněny v grafu č. 8. Nejvyššího počtu rostlin na m² (44 rostlin) dosáhla varianta ošetřená kombinací obou chemických přípravků Dithane + Propulse; následovala varianta samostatně ošetřená Propulsem a velmi podobný počet rostlin na m² byl zaznamenán u varianty ošetřené přípravkem Fix H + Fix N. Nejnižší průměrný počet rostlin na m² (30 rostlin) byl zaznamenán u neošetřené kontroly; téměř shodné hodnoty dosáhla varianta ošetřená Polyversem.

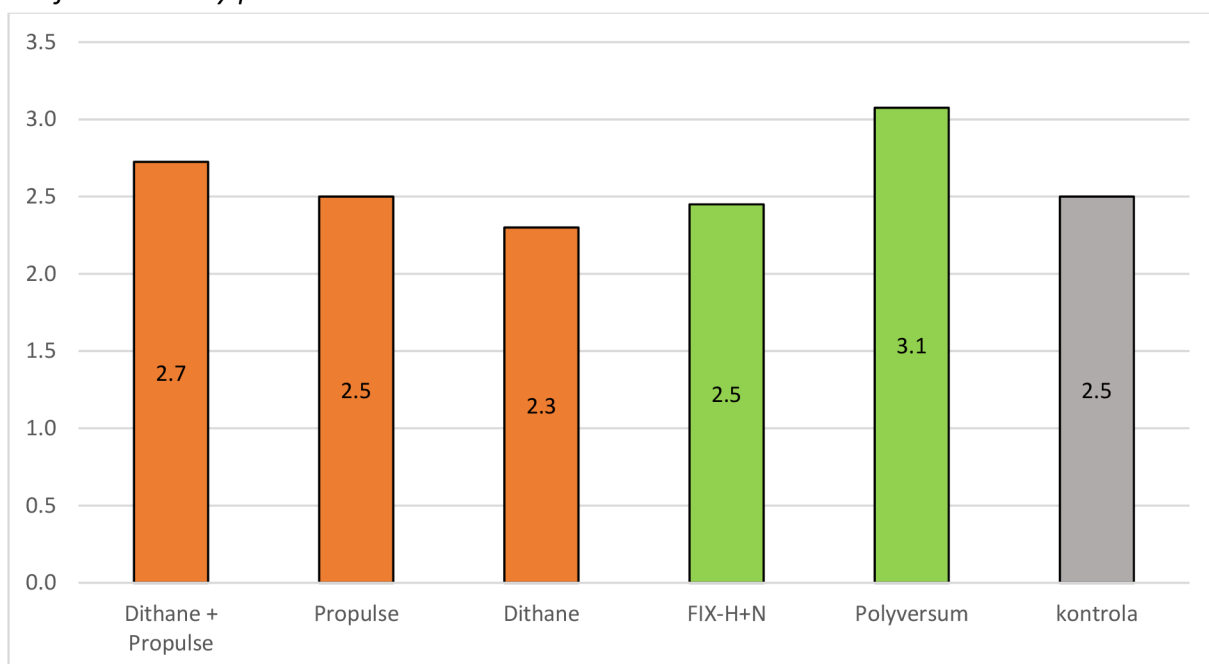
Graf 8: Průměrný počet rostlin na m²



Průměrný počet makovic na rostlinu

Výsledky hodnocení průměrného počtu makovic na rostlinu jsou znázorněny v grafu č. 9. Z grafu lze konstatovat, že nejlepší výsledků dosáhla varianta ošetřená biologickým přípravkem Polyversum (v průměru 3,1 makovice na rostlinu). Varianta ošetřená kombinací chemických přípravků Dithane a Propulse dosáhla druhé nejvyšší hodnoty průměrného počtu makovic na rostlinu (2,7 makovice). Varianty ošetřené chemickým přípravkem Propulse a biologickým přípravkem Fix H+Fix N dosáhly shodného výsledku, a to v průměru 2,5 makovic na rostlinu stejně jako neošetřená kontrola. Celkově nejnižší průměrný počet makovic na rostlinu byl zaznamenán u varianty ošetřené přípravkem Dithane (2,3 makovice).

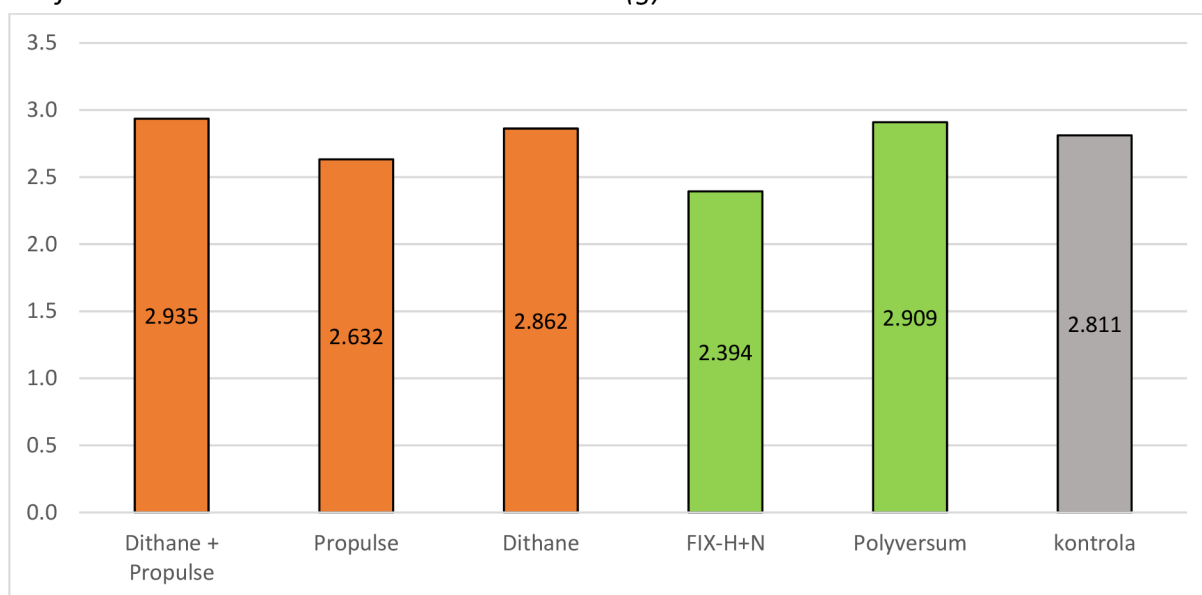
Graf 9: Průměrný počet makovic na rostlinu



Průměrná hmotnost semen v makovici

Výsledky hodnocení průměrné hmotnosti semen v makovici jsou znázorněny v grafu č.10. Nejvyšší průměrné hmotnosti semen dosáhla varianta ošetřená kombinací přípravků Dithane a Propulse (2,935 g). Na téměř shodné úrovni byla varianta ošetřená přípravkem Polyversum, u které činila průměrná hmotnost semen v makovici 2,909 g. Následovala varianta samostatně ošetřená přípravkem Dithane. Celkově nejhorších výsledků dosáhly varianty ošetřené přípravkem Propulse (2,632 g) a přípravkem Fix H+Fix N (2,394g), které dokonce překonala i neošetřená kontrola.

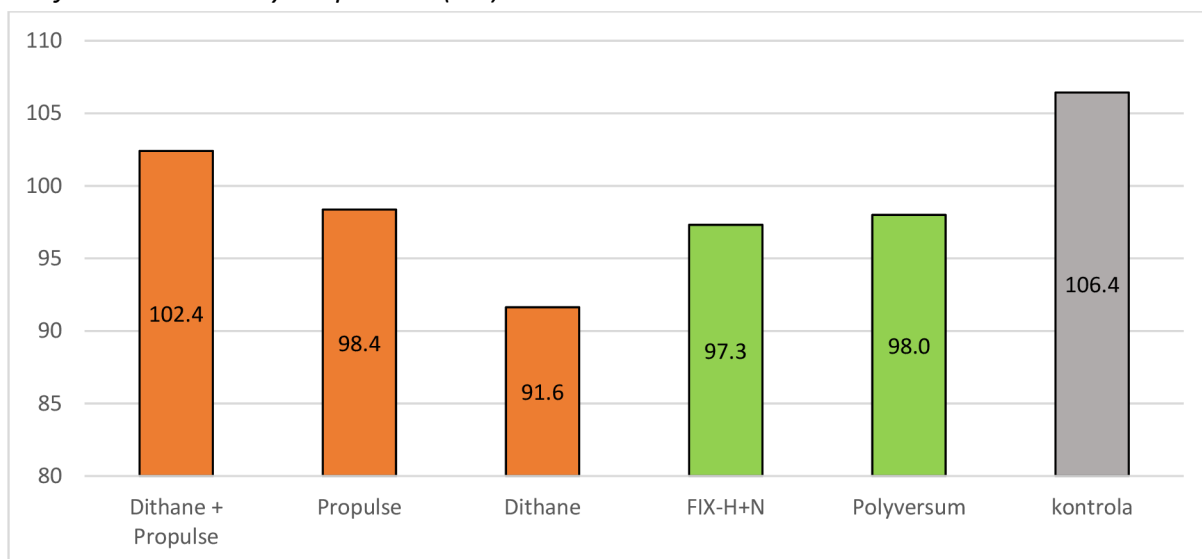
Graf 10: Průměrná hmotnost semen v makovici (g)



Průměrná výška porostu

Výsledky hodnocení průměrné výšky porostu před sklizní jsou znázorněny v grafu č. 11. Z grafu je zřejmé, že ze všech variant dosáhla nejvyššího průměrného vzrůstu varianta kontrolní (106,4 cm). Varianta ošetřené kombinací chemických přípravků Dithane a Propulse se nejvíce přiblížila výšce porostu varianty kontrolní, dosáhla průměrné výšky 102,4 cm. Nejnižší průměrná výška porostu (91,6 cm) byla zaznamenána u varianty ošetřené chemickým přípravkem Dithane. V případě použití biologických přípravků Polyversum a Fix H+Fix N byla zaznamenána téměř totožná průměrná výška porostu – 98,0 a 97,3 cm.

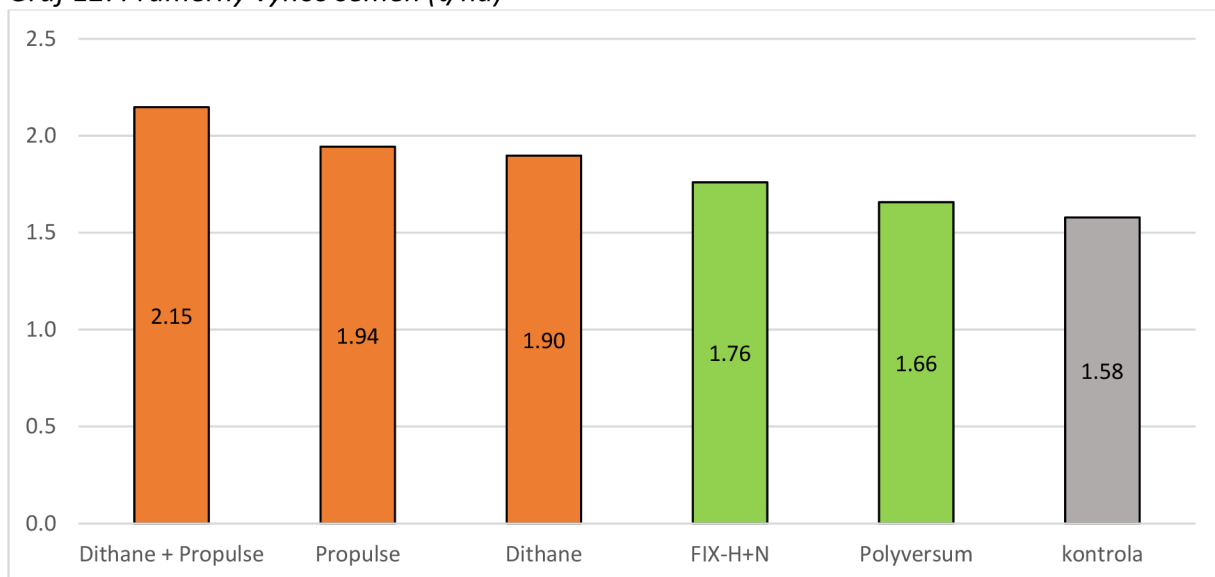
Graf 11: Průměrná výška porostu (cm)



Průměrný výnos semen

Výsledky hodnocení průměrného výnosu semen jsou znázorněny v grafu č. 12. Z grafu je zřejmé, že nejvyššího výnosu v průměru dosáhla varianta ošetřená kombinací chemických přípravků Dithane a Propulse (2,15 t/ha). Téměř shodného výsledky (1,94 a 1,90 t/ha) dosáhly varianty samostatně ošetřené přípravky Propulse a Dithane. Varianta ošetřená biologickým přípravkem Fix H+Fix N dosáhla průměrného výnosu 1,76 t/ha a překonala tak variantu ošetřenou přípravkem Polyversum (1,66 t/ha). Nejnižší průměrný výnos byl zaznamenán u neošetřené kontroly (1,58 t/ha).

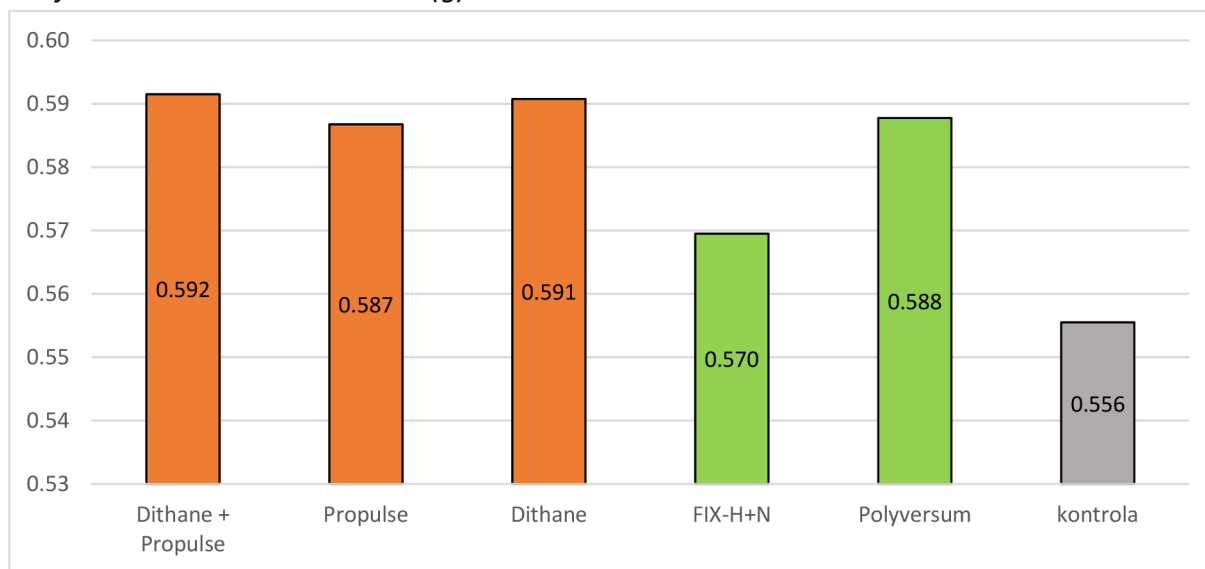
Graf 12: Průměrný výnos semen (t/ha)



Průměrná HTS (hmotnost tisíce semen)

Průměrnou hmotnost tisíce semene (HTS) znázorňuje graf č. 13. Lze konstatovat, že nejvyšších hodnot HTS dosáhly shodně varianta ošetřená kombinací přípravků Dithane + Propulse a varianta samostatně ošetřená přípravkem Dithane (0,592 a 0,591 g). Následovala varianta ošetřená přípravkem Polyversum, jejíž HTS (0,588) byla téměř totožná jako HTS varianty se samostatným ošetřením přípravkem Propulse (0,587 g). Nejnižší hodnoty HTS dosáhla v průměru neošetřená kontrola (0,556 g).

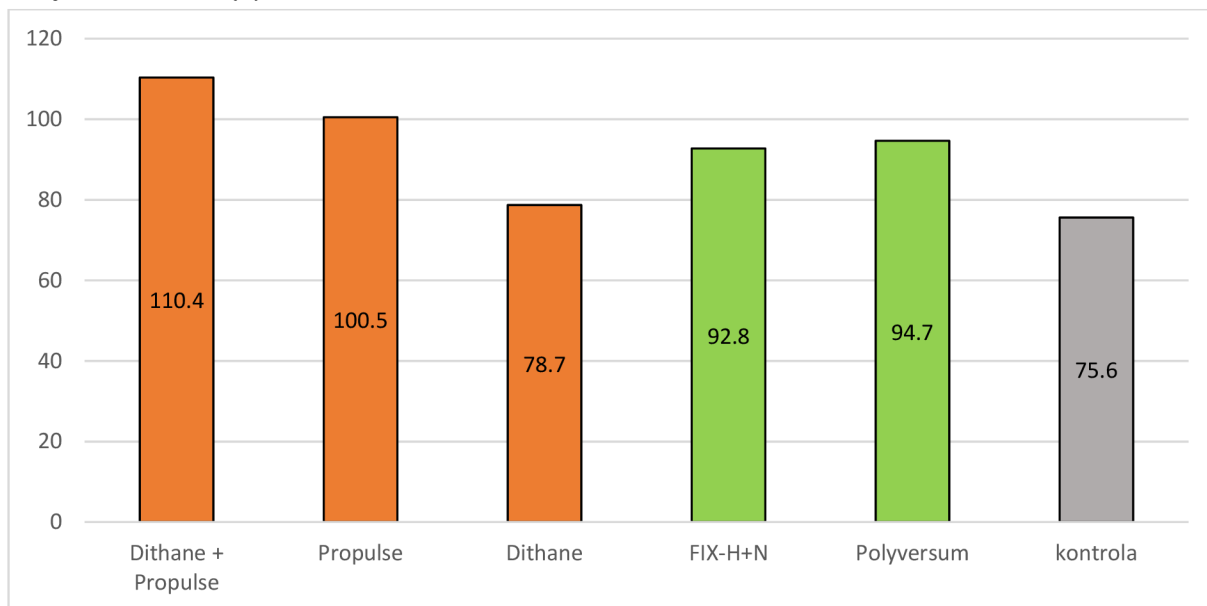
Graf 13: Průměrná hodnota HTS (g)



Průměrný počet makovic na m²

Výsledky hodnocení průměrného počtu makovic na m² jsou znázorněny v grafu č. 14. Z grafu je zřejmé, že varianta ošetřená kombinací chemických přípravků Dithane + Propulse dosáhla nejvyššího průměrného počtu makovic na m² (110,4); následovala varianta ošetřená samostatně přípravkem Propulse (100,5 makovic na m²). Varianty ošetřené biologickými přípravky Polyversum a Fix H+Fix N dosáhly velmi podobného průměrného počtu makovic na m² (94,7 a 92,8 makovic) a překonaly jak variantu ošetřenou samostatně přípravkem Dithane (78,7 makovic), tak i neošetřenou kontrolu (75,6 makovic na m²).

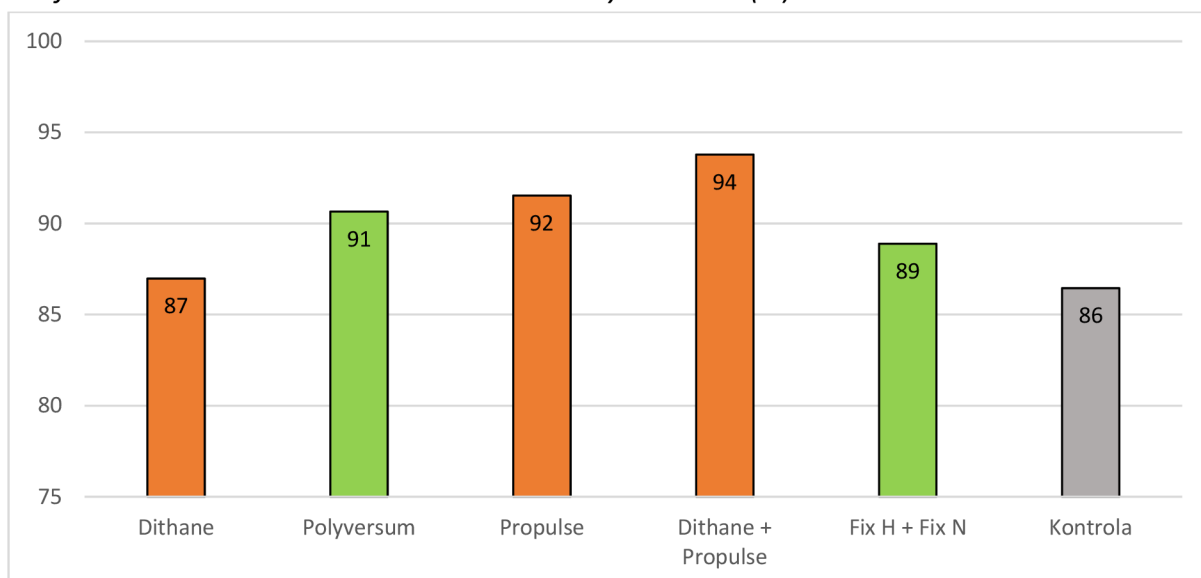
Graf 14: Průměrný počet makovic na m²



Průměrná laboratorní klíčivost sklizených semen

Výsledky hodnocení laboratorní klíčivosti jsou znázorněny v grafu č. 15. Průměrná laboratorní klíčivost se pohybovala v rozmezí od 86 % do 94 %. Nejvyšší průměrná laboratorní klíčivost sklizených semen (94 %) byla zjištěna u varianty ošetřené kombinací chemických přípravků Dithane + Propulse. Téměř shodné laboratorní klíčivosti dosáhla semena z variant ošetřených chemickým přípravkem Propulse a biologickým přípravkem Polyversum (92 a 91 %). Následovala varianta ošetřená přípravkem Fix H+Fix N (89 %) a nejnižších hodnot průměrné laboratorní klíčivosti sklizených semen dosáhla varianta samostatně ošetřená přípravkem Dithane (87 %) a neošetřená kontrola (86 %).

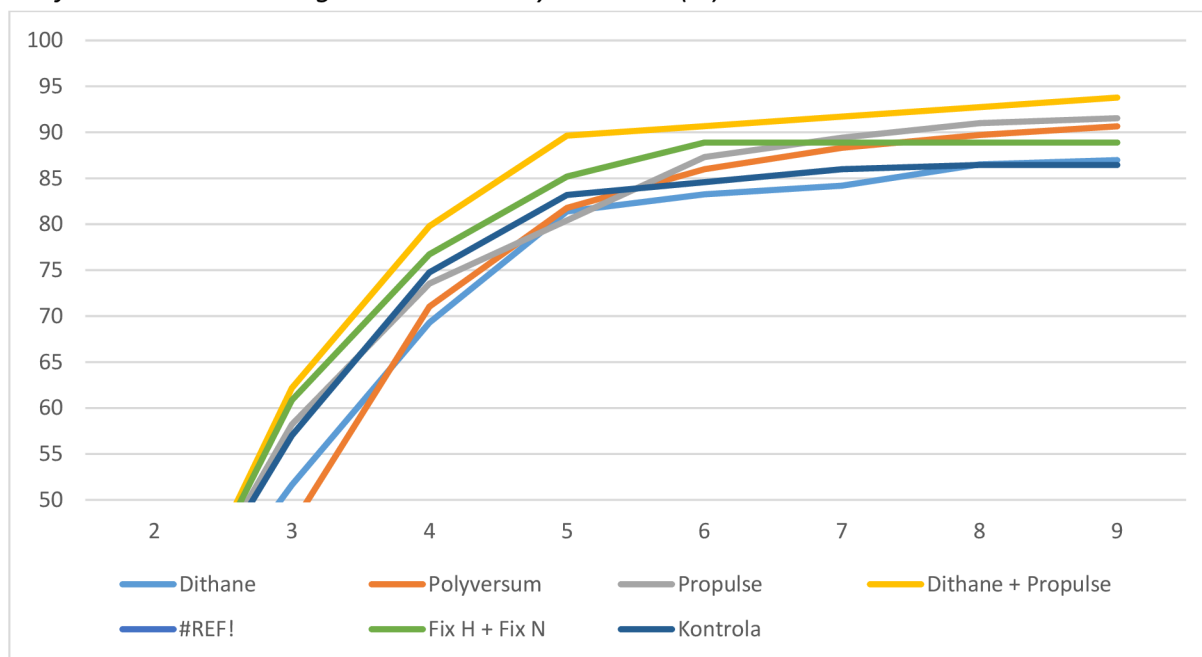
Graf 15: Průměrná laboratorní klíčivost sklizených semen (%)



Průměrná energie klíčení sklizených semen

V rámci hodnocení energie klíčení sklizených semen se hodnotí a sleduje procento vyklíčených semen v průběhu jednotlivých dní. Průměrná energie klíčení je zobrazena v grafu č. 16. Z grafu je zřejmé, že nejlépe si v energii klíčení vedla varianta ošetřená kombinací přípravků Dithane a Propulse, a to od počátku hodnocení (od 3. dne) až po konec měření, kde dosahuje hodnoty 94 %. Varianta ošetření přípravkem Fix H+Fix N se v průměrné energii klíčení držela na druhém místě až do 6. dne, poté se však již průměrná energie klíčení nezvyšovala a držela se na 89 % až do konce měření. Varianta ošetřená přípravkem Polyversum dosahovala na počátku měření nižších hodnot energie klíčení, ale postupně se u ní energie klíčení zvyšovala, až dosáhla konečných 91 %. Téměř srovnatelné finální hodnoty energie klíčení dosáhla varianta ošetřená chemickým přípravkem Propulse. Varianta ošetřená přípravkem Dithane patřila od počátku až do konce měření k variantám s nejnižšími hodnotami energie klíčení a dosáhla téměř shodné finální hodnoty jako neošetřená kontrola, která sice v počátcích měření dosahovala vyšších hodnot, ale od cca 5. dne začala stagnovat a skončila na výsledných 86 % klíčivosti.

Graf 16: Průměrná energie klíčení sklizených semen (%)



6 Diskuze

Helmintosporióza a plíseň máku patří k nejvýznamnějším houbovým chorobám máku. Původcem napadení máku helmintosporiózou je *Pleospora papaveracea* (Vašák et al., 2010). Choroba napadá listy, stonky, ale zejména její houbové mycelium proniká do tobolek, kde se rozrůstá a vytváří semenné zhluky (Fejér, 2015). Škodlivost helmintosporiózy je velmi vysoká, v příznivých podmínkách dokáže snížit výnos až o 50 % (Vašák et al., 2010).

Plíseň máku je závažnou chorobou způsobenou patogenem *Peronospora arborescens*. Je přenášena především osivem, nicméně její oospory přežívají v půdě a mohou být zdrojem infekce. Ve vhodných podmínkách může patogen způsobovat lokální nebo systémovou infekci, která následně ovlivní růst a vývoj rostlin, a tím také výnos (Havel, 2018). Nejúčinnější ochranou proti těmto dvěma nejzávažnějším houbovým chorobám je aplikace fungicidních přípravků (Fejér, 2015).

V našem pokusu ošetření porostu proti napadení helmintosporiózou zaznamenala nejlepší výsledky kombinace dvou fungicidních přípravků Dithane a Propulse. V porovnání s kontrolní variantou byl výskyt choroby nižší téměř o 50 %. Celkově lepších výsledků a nižšího indexu napadení dosahovaly varianty ošetřené konvenčními fungicidy Propulse a Dithane. Z biologických přípravků se v tomto případě lépe osvědčil přípravek Fix H+Fix N. Naproti tomu, varianta ošetřená Polyversem dosáhla mírně horšího hodnocení oproti neošetřené kontrole (je však třeba zmínit, že varianta ošetřená přípravkem Polyversum byla cílena především na ochranu proti plísni makové). V rámci ochrany proti plísni makové byly výsledky v porovnání s kontrolou vyrovnanější. Nejlepších výsledků dosáhla kombinace fungicidních přípravků Dithane a Propulse; varianta se samostatným ošetřením přípravkem Dithane dosáhla nepatrně lepších výsledků oproti variantě ošetřené přípravkem Propulse, která byla cílena především na ochranu proti helmintosporióze. Varianty ošetřené biologickými přípravky dosáhly srovnatelného výsledku, mírně lepší byla varianta ošetřená Polyversem.

Bechyně (2001) uvádí, že mák je náročný na vodu od fáze vzházení do fáze kvetení, kde se jeho požadavky na vláhu snižují. Toto období odpovídá kalendářně období do konce června. V tomto období byly v rámci testované lokality srážky v dubnu podprůměrné a následně v květnu nadprůměrné, kdy spadlo 1,5krát více srážek. Tyto výkyvy mohly být důsledkem nižšího počtu rostlin. Dále Bechyně (2001) uvádí, že nedostatek vody 2-3 týdny před květem je nejkritičtější období, následuje snižování hmotnosti semen a tobolek. Měsíc červen byl srážkově lehce nadprůměrný, tudíž se rostliny do stresové situace nedostaly. Fejér (2015) dále uvádí, že nadměrné množství srážek a promočené půdy působí negativně ve smyslu vyššího výskytu houbových chorob. S tím z hlediska výsledků souhlasí znatelný pokles výnosu u neošetřené kontrolní varianty.

Ideální počet rostlin na m² se podle Bechyně (1987) a Vašáka et al. (2010) pohybuje v rozmezí 65-70 rostlin na m². Kuchtová uvádí, že porost před sklizní by měl být v rozmezí 56-70 rostlin na m². Z výsledků našich pokusů je zřejmé, že se průměrný počet rostlin před sklizní pohyboval v rozmezí 30-44 rostlin na m²; byl tedy velmi nízký.

Podle Vašáka et al. (2010) se optimální počet makovic na rostlinu pohybuje v rozmezí 1-2 makovice. Podle Fejéra (2015) je průměrný počet makovic na rostlinu 2-3. Bechyně a Novák (1987) uvádí, že při optimálním počtu makovic na rostlinu (1-2) dochází k největší rovnoměrnosti dozrání a vyrovnanosti porostu, obecně jsou žádané porosty s nižším počtem větvení. V našem pokusu se průměrný počet makovic na rostlinu pohyboval v rozmezí 2,3-3,1, přičemž varianta ošetřená přípravkem Dithane dosáhla v průměru 2,3 makovice na rostlinu, varianta ošetřená kombinací přípravků Dithane + Propulse 2,6 makovic na rostlinu a varianta ošetřená biologickým přípravkem Polyversum 3,1 makovice na rostlinu.

Bechyně a Novák (1987) uvádí, že je optimální, když tobolka máku obsahuje 2,4 g semene. Vašák et al. (2010) tvrdí, že optimální hmotnost semene v makovici by se měl pohybovat mezi 2,2-2,5g. Z našich výsledků lze konstatovat, že dle doporučení Vašáka et al. (2010) a Bechyně a Nováka (1987), bychom našli shodu pouze u jedné varianty ošetřené přípravkem Fix H+Fix N s průměrnou hmotností 2,39 g. Varianty Dithane + Propulse, Polyversum, Dithane, Propulse a kontrol dosahovaly vyšší průměrné hmotnosti semene v makovici.

Vašák et al. (2010) uvádí, že optimální výška porostu se pohybuje v rozmezí 0,9 – 1 m. Fejér (2015) uvádí, že výška porostu máku ve střední Evropě zpravidla dosahuje 1 – 1,8 m. Bechyně a Novák (1987) uvádí výšku v rozmezí 0,7-0,75 m. Z výsledků našich pokusů je patrné, že se výška porostu pohybovala mezi 91–106 cm, přičemž nejvyšší porost byl zaznamenán u neošetřené kontroly a nejnižší u varianty ošetřené přípravkem Dithane.

Dle Fejéra (2015) je HTS z hlediska hospodářského výnosu máku velmi důležitým faktorem. Její optimální hmotnost se pohybuje v rozmezí 0,25 – 0,35 g u drobných semen, středních 0,45 – 0,65 g a 0,65 – 0,75 g u semen větší velikosti. Vašák et al. (2010) uvádí optimální hodnotu HTS nad 0,55 g. Z hlediska váhových rozpětí, které uvádí Fejér (2015), by se všechny testované varianty v našem pokusu řadily do kategorie semen středně velkých. Hodnot, které uvádí Vašák et al. (2010), by dosáhly všechny testované varianty.

Dle Vašáka et al. (2010) by měl mák, který má být využitý k osivářskému použití, splňovat minimální hranici klíčivosti 80 %. V našem pokusu se hodnoty laboratorní klíčivosti pohybovaly mezi 86–94 %.

Bechyně (2001) uvádí, že výnos máku setého dosahuje hodnot zpravidla na úrovni 1,2 t/ha. Vašák et al. (2010) považuje za optimální výnos máku 2,2-2,5 t/ha. K této hodnotě se v našem pokusu nejvíce přiblížila varianta ošetřená kombinací chemickými fungicidů Dithane a Propulse (2,15 t/ha). U ostatních variant se výnos pohyboval v rozmezí 1,58 – 1,94 t/ha, přičemž nejnižšího výnosu dosáhla neošetřená kontrola.

7 Závěr

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

Na základě výsledků lze konstatovat, že:

- U variant ošetřených chemickými přípravky Propulse a Dithane (a především u varianty, kde byla použita kombinace těchto přípravků) byla zaznamenána nižší úroveň napadení porostu plísní makovou a helmintosporiózou máku než u variant ošetřených biologickými přípravky.
- Avšak i varianty ošetřené biologickými přípravky Polyversum a Fix H+Fix N dosáhly nižší úrovně napadení uvedenými chorobami ve srovnání s neošetřenou kontrolou.
- Průměrný výnos semen se pohyboval mezi 2,15 t/ha (varianta s ošetřením přípravky Dithane + Propulse) a 1,58 t/ha (neošetřená kontrola).
- Varianty se samostatným ošetřením přípravky Propulse a Dithane dosáhly v průměru výnosů 1,94 a 1,90 t/ha a převýšily tak varianty s biologickým ošetřením, kde dosáhla lepšího výsledku (výnos 1,76 t/ha) varianta ošetřená přípravkem Fix H+Fix N a překonala tak variantu ošetřenou Polyversem (1,66 t/ha).
- Varianta ošetřená přípravkem Fix H+Fix N překonala variantu ošetřenou přípravkem Polyversum i v průměrném počtu rostlin na m² v době sklizně a v průměrném počtu makovic na m², varianta ošetřená přípravkem Polyversum dosáhla lepších výsledků v průměrném počtu makovic na rostlinu, průměrné hmotnosti semen v makovici a v průměrné HTS.
- Průměrná laboratorní klíčivost sklizených semen se pohybovala mezi 94 % (varianta zahrnující ošetření přípravky Dithane + Propulse) a 86 % (neošetřená kontrola). Laboratorní klíčivost variant ošetřených biologickými přípravky Polyversum a Fix H+Fix N dosahovala obdobných hodnot jako laboratorní klíčivost variant se samostatným ošetřením přípravky Dithane a Propulse.

8 Literatura

- Alam M, Samad A, Khaliq A, Ajayakumar P. V, Dhawa O. P, Singh H. N. 2014. Disease incidence and its management on opium poppy: a global perspective. *Acta Horticulturae*, 1036, 123–139. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1036.14>
- Bajpai S, Prajapati S, Luthra R, Sharma S, Naqvi A, Kumar S. 1999. Variation in the seed and oil yields and oil quality in the Indian germplasm of opium poppy *Papaver somniferum*. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 46(5), 435–439. <https://doi.org/10.1023/A:1008753604907>
- Bechyně M, Novák J. 1987. Biologie máku setého a jeho produkce. MON.
- Bechyně M. 1993. Základy pěstování máku. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR. ISBN 8071050377.
- Bisset N. G, Bruhn J. G, Curto S, Holmstedt B, Nyman U, Zenk M. H. 1994. Was opium known in 18th dynasty ancient Egypt? An examination of materials from the tomb of the chief royal architect Kha. *Journal of Ethnopharmacology*, 41(1–2), 99–114. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(94\)90064-7](https://doi.org/10.1016/0378-8741(94)90064-7)
- Brezinová B, Macák M, Eftimová J. 2009. Morfologická diverzita vybraných vlastností světové kolekce máku (rod papaver). *Journal of Central European Agriculture* 10.2: 183-192.
- Calderón R, Montes-Borrego M, Landa B. B, Navas-Cortés J. A, Zarco-Tejada P. J. 2014. Detection of downy mildew of opium poppy using high-resolution multi-spectral and thermal imagery acquired with an unmanned aerial vehicle. *Precision Agriculture*, 15(6), 639–661. <https://doi.org/10.1007/s11119-014-9360-yy>
- Cihlář P, Vašák, J, Kosek, Zdeněk. 2003. Technologie máku setého pro dvoutunové výnosy semen. In: Sbor. mezin. Konf. Řepka, mák, hořčice, ČZU, Praha. p. 134-141.
- Cihlář P, Vašák J, Tomášek J. 2014. Mák ve výsledcích pokusů roku 2014. In: Sborník z konference „Prosperující olejniny“. p. 11-12.12.
- Doležalová J, Zukalová H, Cihlář P, Vašák J. 2010. Výnos semen a obsah morfinu v závislosti na odrůdě a zvolené agrotechnice u máku setého. Sborník z konference „Prosperující olejniny“. p. 91-95.

- Dudai N, Zohara Y. 2014 Medicinal and Aromatic Plants of the Middle-East. Medicinal and Aromatic Plants of the World, 2. ISBN 978-94-017-9275-2.
- Fejér J, Salamon I. 2014. Poppy (*Papaver somniferum* L.) as a Special Crop in the Slovakian History and Culture. *Acta Horticulturae*. 1036. 10.17660/ActaHortic.2014.1036.11.
- Fejér J. 2015. Morfológicko – biologická diverzita druhu mak siaty (*Papaver somniferum* L.) a jej hodnotenie / Morphological and biological diversity of opium poppy species (*Papaver somniferum* L.) and its evaluation.
- Garibaldi A, Minuto A, Bertetti D, Gullino M. L. 2003. First Report of *Peronospora arborescens* as the Causal Agent of Downy Mildew on *Papaver nudicaule* in Italy. *Plant Disease*, 87(10), 1265–1265. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.10.1265B>
- Havel, J. 2018. The specific abiotic and biotic damage of poppy (*Papaver somniferum*) a 47 review. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*. (284). 75–94.
- Honsová, H. 2021, Úroda máku bude vyšší než loni. Retrieved from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/uroda-maku-bude-vyssi-nez-loni>
- Hope E, Carins-Murphy M. R, Hudson C, Baxter L, Gracie A. 2020. Opium poppy capsule growth and alkaloid production is constrained by shade during early floral development. *Annals of Applied Biology*, 176(3), 296–307. <https://doi.org/10.1111/aab.12581>
- Kadar I, Foldesi D, Voros J, Szilagyi J, Lukacs, D. 2001. Mineral fertilisation of poppy (*Papaver somniferum* L.) on calcareous loamy chernozem soil. II. *Novenytermeles*, 50(4), pp.467-478.
- Kalina, M. 2005. Hnojení v zahradě. 2., aktualiz. vyd. Praha: Grada. Česká zahrada. ISBN 80-247-1275-x.
- Katarzyna J, Karolina J, Patrycja K, Mateusz B, Izabela G. 2021. Mineral Composition and Antioxidant Potential in the Common Poppy (*Papaver rhoeas* L.) Petal Infusions. *Biological trace element research*, 199(1), pp.371-381.
- Kharwara O. P, Awasthi C, Singh M. 1986. "Effect of nitrogen, phosphorus and time of nitrogen application on yield and quality of opium poppy (*Papaver somniferum* L.)." *Indian Journal of Agronomy* 31.1 (1986): 26-28.
- Kolařík P, Rotrekl J, Kolaříková K. 2019. Efficacy of biological formulations against *Neoglocianus maculaalba* and *Dasineura papaveris* in *Papaver somniferum*. *Plant Protection Science*, 55(No. 2), 123–128. <https://doi.org/10.17221/25/2018-PPS>

- Krishna A, Kumar V, Yadav R. P. 2014. production and trade related issues of opium poppy cultivation with special reference to barabanki district, uttar pradesh, india. *Acta Horticulturae*, 1036, 111–118. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1036.12>
- Kuchtová P. 2013. Pěstitelská technologie máku pro ekologické zemědělství: certifikovaná metodika. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-2429-9.
- Kuchtova P. 2012. Mák setý v ekologickém zemědělství. *Zemědělec*, 2012.36: 31-31.
- Lachenmeier D. W, Sproll C, Musshoff F. 2010. Poppy Seed Foods and Opiate Drug Testing-Where Are We Today? *Therapeutic Drug Monitoring*, 32(1), 11–18. <https://doi.org/10.1097/FTD.0b013e3181c0eee0>
- Lisson S. N. 2007. Temperature and photoperiod effects on the growth and development of opium poppy (*Papaver somniferum*). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47(6), 742. <https://doi.org/10.1071/EA06045>
- Liu X, Tian Y, Yuan C, Zhang F, Yang G. 2018. Opium Poppy Detection Using Deep Learning. *Remote Sensing*, 10(12), 1886. <https://doi.org/10.3390/rs10121886>
- Lošák T, Richter R. 2011. Split nitrogen doses and their efficiency in poppy (*Papaver somniferum* L.) nutrition. *Plant, Soil and Environment*, 50(No. 11), 484–488. <https://doi.org/10.17221/4062-PSE>
- Mahdavi-Damghani A, Kamkar B, Al-Ahmadi M. J, Testi L, Muñoz-Ledesma F. J, Villalobos F. J. 2010. Water stress effects on growth, development and yield of opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Agricultural Water Management*, 97(10), 1582–1590. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.05.011>
- Matyášová E, Novák J, Stránská I, Hejtmánková A, Skalický M, Hejtmánková K, Hejnák V. 2011. Production of morphine and variability of significant characters of *Papaver somniferum* L. *Plant, Soil and Environment*, 57(No. 9), 423–428. <https://doi.org/10.17221/222/2011-PSE>
- Mishra B.K, Rastogi A, Siddiqui A, Srivastava M, Verma N, Pandey R, Sharma N.C, Shukla S, 2013. Opium poppy: genetic upgradation through intervention of plant breeding techniques. *Plant breeding from laboratories to fields*, pp.209-238.
- Mishra B. K, Mishra R, Jena S. N, Shukla S. 2016. Gene actions for yield and its attributes and their implications in the inheritance pattern over three generations in opium poppy (*Papaver*

- somniferum L.). *Journal of Genetics*, 95(3), 705–717. <https://doi.org/10.1007/s12041-016-0689-z>
- Muhammad A, Akhtar A, Aslam S, Khan R. S, Ahmed Z, Khalid N. 2021. Review on physicochemical, medicinal and nutraceutical properties of poppy seeds: a potential functional food ingredient. *Functional Foods in Health and Disease*, 11(10). <https://doi.org/10.31989/ffhd.v11i10.836>
- Nesměrák Karel. 2016 "Historie analgetik." *Bolest* 19: 103-112.
- O'Neill N. R, Jennings J. C, Bailey B. A, Farr D. F. 2000. *Dendryphon penicillatum* and *Pleospora papaveracea*, Destructive Seedborne Pathogens and Potential Mycoherbicides for *Papaver somniferum*. *Phytopathology*®, 90(7), 691–698. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2000.90.7.691>
- Özbunar E, Aydoğdu M, Döğler R, Bostancı H. İ, Koruyucu M, Akgür S. A. 2019. Morphine Concentrations in Human Urine Following Poppy Seed Paste Consumption. *Forensic Science International*, 295, 121–127. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.11.026>
- Paulsen H. M. 2008. Jak ekologické jsou různé agroenergetické koncepce? smíšené plodiny a využití energie. *bioacademy 2008–proceedings bioakademie 2008–sborník*, 165.
- PP 1/78 (4) Root, stem, foliar and pod diseases of oilseed rape. <https://doi.org/10.1111/epp.12791>
- Procházka P, Smutka L. 2012. Czech Republic as an important producer of poppy seed. *Agris On-Line Papers in Economics and Informatics*. 4 (665-2016–44881). 35–47.
- Pšenička P, Hosnedl V. 2007 Nechemické ošetření osiva jarního máku jako možnost ochrany v alternativním zemědělství. In: *Proceeding of conference „Organic farming*.
- Rahimi A, Kiralan M, Arslan N, Bayrak A, Doğramacı S. 2011. Variation in fatty acid composition of registered poppy (*Papaver somniferum* L.) seed in Turkey. *Akademik Gıda*, 9(3), p.22-25.
- Sabolová M. 2020. Role máku ve výživě člověka. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. p.8-12
- Satranský M. 2021. Zakládání porostů jarního máku. Retrieved from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zakladani-porostu-jarniho-maku>
- Síkora K. 2008. The protection of the poppy plant (*Papaver somniferum* L.) against poppy weevil (*Stenocarus ruficornis* Stephens) by foliar application. *Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun.*, 2008, LVI, No. 2, p. 123–130

- Singh S. P, Shukla S, Khanna K. R, Dixit B. S, Banerji R. 1998. Variation of major fatty acids in F8 generation of opium poppy (*Papaver somniferum* × *Papaver setigerum*) genotypes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76(2), 168–172. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199802\)76:2<168::AID-JSFA919>3.3.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199802)76:2<168::AID-JSFA919>3.3.CO;2-O)
- Šedivý, J, Cihlář, P. 2005 "Infestation of Poppy Cultures with the Poppy Stem Gall." <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/16311.pdf>
- Tétényi P. 1997 "Opium poppy (*Papaver somniferum*): botany and horticulture." *Horticultural reviews* 19: 373-408.
- 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. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-18-0503-RE>
- Thangavel T, Wilson C. R, Jones S, Scott J. B. Voglmayr, H. 2017. First Report of Systemic Downy Mildew of Opium Poppy Caused by *Peronospora somniferi* in Australia. *Plant Disease*, 101(2), 392–392. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-16-0796-PDN>
- Trenbath B. R. 1993. Intercropping for the management of pests and diseases. *Field Crops Research*, 34(3–4), 381–405. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(93\)90123-5](https://doi.org/10.1016/0378-4290(93)90123-5)
- Vaněk V, Pavlíková, D, Tlustoš P. 2016 *Výživa a hnojení polních plodin*. Praha: Profi Press. ISBN 978-80-86726-79-3.
- Vašák Jan. 2010 *Mák*. Praha: Powerprint. ISBN 978-80-904011-8-1.
- Weid M, Ziegler J, Kutchan T. M. 2004. The roles of latex and the vascular bundle in morphine biosynthesis in the opium poppy, *Papaver somniferum*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(38), 13957–13962. <https://doi.org/10.1073/pnas.0405704101>
- Zukalová H, Bečka D, Cihlář P, Mikšík V. Vašák, J. 2013 *kvalita hlavních olejnin ČR v roce 2013*.

