Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce

Možnosti regulace výskytu houbových chorob máku setého využitím vybraných biologických přípravků

Bakalářská práce

Patrik Zimmer

Obor studia: Ekologické zemědělství

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

© 2020/2021 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 3.5.2021 _____

Poděkování

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

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 roce 2020 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.

Na základě výsledků lze konstatovat, že varianta s kombinovaným fungicidním ošetřením přípravky Tilmor + Propulse dosáhla nejvyššího výnosu (1,01 t/ha) a jako jediná překonala hranici 1,0 t/ha; tato varianta současně dosáhla ve většině případů nejlepších nebo téměř nejlepších výsledků i u ostatních sledovaných parametrů (zdravotní stav porostu, jednotlivé prvky výnosu, ale i laboratorní klíčivost a energie klíčení sklizených semen máku).

Při samostatném použití však dosáhly varianty s chemickými fungicidy Tilmor a Propulse zpravidla srovnatelných výsledků jako varianty ošetřené biologickými přípravky Polyversum (na bázi hub), Hirundo a Fix H + Fix N (na bázi bakterií) a v některých případech byly varianty s biologickým ošetřením dokonce lepší. Varianta ošetřená biologickým přípravkem Hirundo např. dosáhla druhého nejlepšího výsledku při hodnocení úrovně napadení porostu helmintosporiózou (za kombinací Tilmor + Propulse), dále dosáhla vůbec nejlepšího výsledku v počtu rostlin na m^2 na konci vegetace a ve výnosu překonala obě varianty samostaně ošetřené chemickými přípravky Tilmor a Propulse. Varianty ošetřené biologickými přípravky Hirundo a Fix H + Fix N současně překonaly varianty s chemickým ošetřením přípravky Tilmor a Propulse v průměrném počtu makovic na rostlinu a hmotnosti semen v makovici a v průměrné laboratorní klíčivosti. Je však třeba zohlednit, že se jednalo o jednoleté výsledky a rozdíly mezi všemi hodnocenými variantami zpravidla nebyly velké. Přesto lze považovat získané výsledky za nadějné a nadále pokračovat v testování biologických přípravků, které by byly alternativou chemickému ošetření a mohly by přispět rozšíření pěstování máku v ekologickém zemědělství.

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

Possibilitiest of poppy seed fungal diesease regulation using selected biological agents

Summary

The cultivation of poppy seeds (Papaver somniferum L.) has a long tradition in the Czech Republic, however ist production in organic farming systems still remains an untapped opportunity. Given that poppies often suffers from disease and pests, management and protection against these harmful factors are the basic preconditions for successful poppy cultivation in organic farming. As the use of synthetic chemical plant protection is not allowed in organic farming, it is necessary to focus on other protection options, including the use of available biological products.

The aim of this work was to evaluate the impact of treatment of poppy seed against fungal diseases with biological protection products. The selected products were based on fungi and bacteria and we evaluated the health of the crop, its structure, yield and quality of production. We also compared the effect of used biological protection with crop treated using selected chemical fungicides and untreated crop. Based on the results, it can be stated that the variant with combined fungicidal treatment with Tilmor + Propulse achieved the highest yield (1.01 t / ha) and was the only one to exceed the limit of 1.0 t / ha. At the same time, this variant achieved the best and almost the best results for other monitored parameters (health status of the stand, individual elements of yield, but also laboratory germination and germination energy of harvested poppy seeds).

However, when used alone, the variants with the chemical fungicides Tilmor and Propulse generally achieved comparable results with the variants treated with the biological products Polyversum (fungus-based), Hirundo and Fix H + Fix N (based on bacteria), and in some cases the biologically treated variants were even better. Variant treated biological protection agent Hirundo reached the second best result in evaluation of the level of infection with helminthosporiosis (the first was combination of Tilmor + PROPULS) further reached even the best result in the number of plants per m2 at the end of the vegetation and the yield outperformed both versions separately treated with chemical products Tilmor and Propulse. Variants treated with biological agents Hirundo and Fix H + Fix N exceeded the variants treated with chemicals Tilmor and Propulse in average number of poppyheads per plant, in thousand seed weight and in average laboratory germination of the seed. However, it should be taken into account that these were only one-year results and the differences between all evaluated variants were not that large. Nevertheless, the results obtained can be considered promising. Further testing of biological products, which would be an alternative to chemical treatment and could contribute to the expansion of poppy cultivation in organic farming, should be continued

Keywords: poppy, fungal diseases, protection, biological product, chemical fungicide, organic farming

Obsah

1 Úvod ... 8

2 Cíl práce ... 9

3 Literární rešerše ... 10

3.1 Historie máku setého ... 10

3.2 Využití máku setého ... 11

3.3 Alkaloidy máku setého ... 13

3.4 Aktuální situace máku setého ... 13

3.5 Základní morfologie máku setého ... 15

3.6 Pěstitelská technologie máku setého ... 18

3.6.1 Nároky máku setého ... 18

3.6.2 Vhodná předplodina a příprava pozemku ... 19

3.6.3 Osivo ... 20

3.6.4 Setí ... 21

3.6.4.1 Setí v ekologickém zemědělství ... 22

3.6.5 Výživa máku ... 22

3.6.6 Významní škůdci a choroby máku ... 23

3.7 Mák v ekologickém zemědělství ... 25

3.7.1 Srovnání ekologické a konvenční produkce máku ... 26

3.7.2 Výživa máku v ekologickém zemědělství ... 26

3.7.3 Ochrana máku v ekologickém zemědělství ... 27

3.8 Sklizeň máku ... 27

3.9 Posklizňové úpravy a ošetření ... 27

4 Metodika ... 29

4.1 Charakteristika pokusné lokality ... 29

4.1.1 Klimatické podmínky pokusné lokality ... 29

4.2.2 Charakteristika použité odrůdy máku Aplaus ... 31

4.2.3.1 Polyversum ... 31

4.2.3.3 Fix H + Fix N ... 32

4.2.3.4. Propulse ... 32

4.3 Hodnocení porostů v průběhu vegetace, hodnocení výnosů ... 32

5 Výsledky ... 34

6 Diskuze ... 42

7 Závěr ... 44

8 Literatura..... 45

1 Úvod

Pěstování máku setého (*Papaver somniferum* L.) má v České republice dlouhou tradici z hlediska výměry pěstitelských ploch, objemu i kvality produkce. Semena máku české provenience byla na trhu vždy ceněna díky kvalitě, chuti, jasné a vyrovnané barvě semene. Zvláště modrosemenný mák vždy představoval důležitou exportní položku a ČR byla a je významným vývozcem této komodity na evropské trhy, zejména na Slovensko, do Polska a Ruska, ale i do dalších zemí (Kuchtová et al. 2016).

Lohr (2020) uvádí, že 31 % celosvětové produkce potravinářského máku je vypěstováno právě v České republice a je to jediná pěstovaná plodina, ve které si ČR jako producent drží první místo. Proto bychom si českého máku a jeho produkce měli vážit a snažit se chránit si jeho reputaci na trzích jak u nás, tak ve světě. Podle Mikšíka (2020) je v ČR zřejmě největší spotřeba potravinářského máku na osobu; ta za posledních deset let v průměru dosahuje 380 g na člověka a rok. V roce 1999 činila průměrná výměra pěstovaného máku v České republice 9 994 ha. Od roku 1999 se průměrná výměra máku zvýšila na 38 004 ha s průměrným výnosem 0,67 t/ha a 84 % produkce České republiky je zapotřebí vyvážet.

V ekologickém zemědělství je pěstování a produkce máku zatím nevyužitou příležitostí. 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. Na rozdíl od konvenční produkce však nepodléhá cena ekologického máku výkyvům. Dostupnost nových poznatků ve spojení s modifikacemi užívaných pěstitelských postupů, vhodných pro ekologické aplikace a využitím moderní zemědělské techniky umožňuje přizpůsobit způsob produkce i požadavkům ekologického zemědělství (Kuchtová et al. 2013).

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.

Ověřit možnosti regulace výskytu houbových chorob máku setého využitím vybraných biologických přípravků si klade za cíl i tato bakalářská práce.

2 Cíl práce

Cílem práce je vypracovat literární rešerši k problematice pěstování a využití máku setého a v rámci přesného polního pokusu vyhodnotit vliv ošetření porostu máku setého vybranými biologickými přípravky na bázi hub a bakterií 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 Historie máku setého

Mák (*Papaver somniferum* L.) je využíván a pěstován od starověku (Tétényi 1997). Narkotické a výživné hodnoty produktu máku byly uznávány ve starověkém Egyptě, Řecku a Římě. Hippokrates (460–377 př. N. L.) byl mezi prvními, kdo zdůrazňoval lékařské výhody máku a jeho přípravků. Mák se rozšířil ze svého středoasijského genového centra přes Římskou říši, kde ve všech provinciích začala pravděpodobně ve stejnou dobu kultivace pro využití potravin a léčivých přípravků. Po římském období pokračovalo pěstování máku jak v Evropě, tak v Asii (Bernath 1999).

V minulosti se mnoho autorů pokusilo vystopovat původní stanoviště máku setého a s ním i spojené opium. Jedním z nejstarších důkazů o využívání máku setého je hliněná destička napsaná klínovým písmem, která byla nalezena v Nippuru během archeologických vykopávek provedené Univerzitou z Pensylvánie. Nippur byl duchovním centrem Sumerů a leží jižně od dnešního Bagdádu. Archeologové Anslinger a Tompkins uvedli, že na hliněné destičce bylo uvedeno, jak se získává latex z makovic. Z toho vyplývá, že Sumerové pěstovali mák právě pro zisk opia (Kapoor 1995).

Analýza pozůstkatků z neolitického věku ověřila, že mák byl znám jeskynním lidem žijícím na území Španělska, Francie, Německa a Maďarska už 4-5 tisíc let před naším letopočtem, z toho lze vyvodit, že určitá forma máku byla známá a využívaná ve starověku (Tétényi 1997).

Extrakt z máku setého využívali lidé pro zmírnění bolesti už 3500 př. n. l. Používání čaje z máku pro uspávání je známo v Evropě od počátku, kdy se mák začal pěstovat. Mák, více než jakýkoliv jiný léčivý druh, byl používán a zneužíván lidstvem od raných dob historie. Alkaloidy z této rostliny hrály významnou farmaceutickou roli při zmírňování bolesti (Kapoor 1995).

Slovo opium jako definice makového latexu bylo používáno v prvním století našeho letopočtu. Nejspíše je odvozeno z řeckého slova opos, což znamená džus. Termín opium se rozšířil po celém světě a používá se dodnes. S růstem Římské říše docházelo i k rozšiřování rostlin máku díky jeho léčebným účinkům. Po římském období se pokračovalo s kultivací máku jak v evropských, tak asijských zemích. Zatímco se v Evropě mák pěstoval především pro osivo a olej ze semen, hlavním produktem na východě se stalo právě opium. K zisku opia se dnes používají tradiční metody jako dříve, a to hlavně v oblasti okolo Zlatého trojúhelníku a Zlatého půlměsíce. Mezi lety 1838-1842 se kvůli opiu vedly tzv. „opiové války“ mezi Velkou Británií a Čínou.

V Evropě v období mezi koncem 18. století a první polovinou 19. století docházelo k výrobě velkého množství oleje pro potravinářské účely. Jednalo se především o země jako Německo a Francii.

Roku 1928 došlo k významnému vynálezu maďarského lékárníka Kabaje, který dokázal dostat morfium a jiné alkaloidy z makové slámy, která předtím byla odpadem. Kvůli tomuto pokroku sešlo z pěstování máku pro olej a hlavní formou využití máku se stala průmyslová aplikace, kde se používalo opium dovezené z Turecka či Persie (Bernath 1999).

Ve starověkém Řecku byly taktéž známy účinky a používání máku setého. Například Hippokrates zmiňuje použití makového opia pro své katarzní, hypnotické a návykové účinky. Plinius Maior používal semeno jako hypnotikum a latex jako pomoc při bolesti hlavy, artitritídy a hojení ran. Časem se opium rozšířilo z Malé Ásie a Egypta do Persie a dál do Indie a Číny, kde se prvně zaznamenalo rozsáhlé kouření opia ve druhé polovině 18. století (Kapoor 1995).

V dnešní době je Indie jedinou zemí, ve které je pěstování máku setého pro zisk opia stále legální a proto je největším producentem surového opia. Pravděpodobně sem byl mák přivezen v době invaze Alexandra Velikého (4000 př. N. l.) (Bernath 1999).

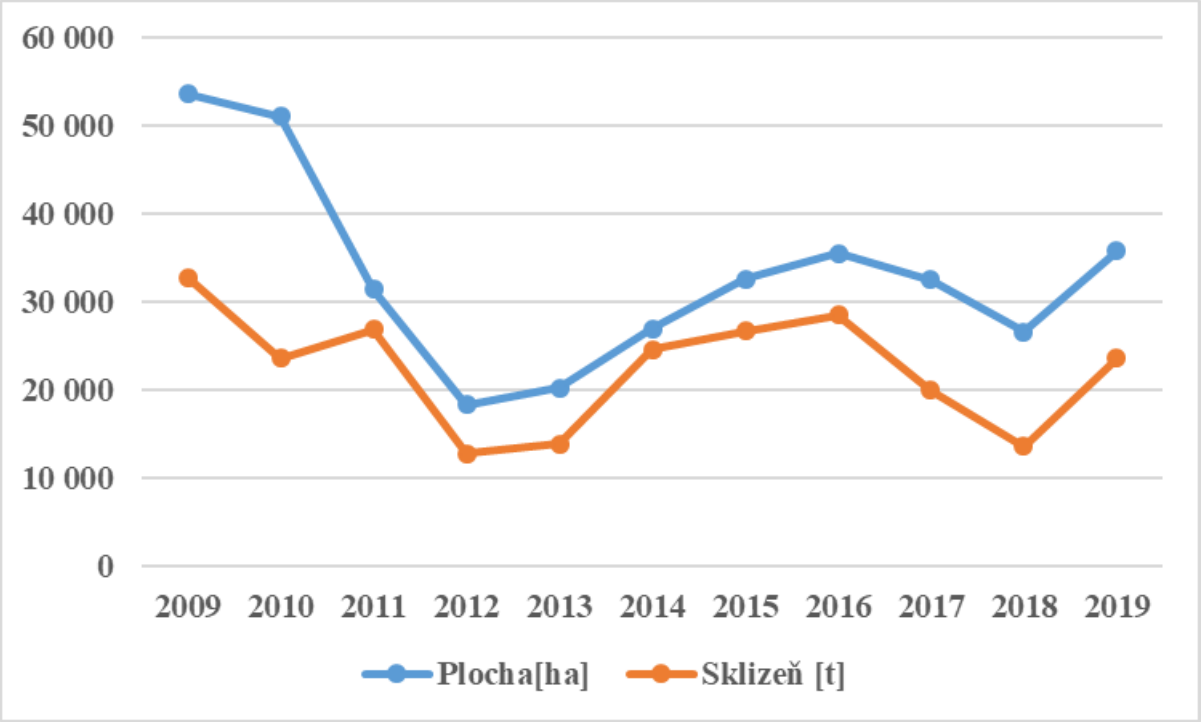
3.2 Využití máku setého

Mák setý (*Papaver somniferum* L.) je v současné době důležitou zemědělskou komoditou. Používá se v potravinářském průmyslu (semena) i ve farmaceutickém průmyslu (morfin a jiné alkaloidy). Produkce máku vede ke specifickému směru šlechtění s cílem získat vysoce produktivní odrůdy pro potravinářské nebo průmyslové využití. Pro hodnocení šlechtění se využívají ukazatele produkčně významných morfologických a zemědělských znaků (velikost tobolek, obsah morfinu v máku, hmotnost suché prázdné tobolky, množství morfinu v makové slámě). Průměrně nižších hodnot ve výše uvedených ukazatelích dosáhly odrůdy s bílým zbarvením semen, včetně množství morfinu v makové slámě (0,40%). Odrůdy s modrými a šedými semeny mají větší množství morfinu v makové slámě (0,80) (Matyášová et al., 2011). Mák typicky pro Evropu má tobolku hrbolatou s malými mléčnicemi, proto obsah morfinu se pohybuje nejčastěji mezi 0,3-0,7%, proto se na produkci opia nehodí. Odrůdy máku používáný v potravinářství mají nejčastěji barvu semen bílou, žlutou, růžovou, červenou, hnědou či stříbrnou, ale nejčastěji se používá odrůda s modrou barvou, která je zodpovědná za charakteristickou makovou vůni a chuť. Nejznámnější modrosemenné odrůdy používané v potravinářství jsou Opat, Major nebo Maraton (Vašák et al. 2010).

Od 70. let 20. století se používají odrůdy máku k zisku alkaloidů morfinanového charakteru (morfin, kodein, thebain), v rostlinách se ale také nachází papaverin a narkotin. Některé z těchto látek se používají v lékařství, kde mohou sloužit jako analgetikum, antibiotikum nebo jako lék proti kašli (Duke 1973).

Mnohé alkaloidy máku setého se získávají z opia, ze kterého se získává i preparát diacetylmorfin, využívaný k narkomanii (Bechyně & Novák 1987). Plocha, na které se pěstuje mák pro zisk opia, zaujímá větší plochu než legálně pěstovaný mák (Vašák et al. 2003).

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



Zdroj: ČSÚ (2020)

Mnohé alkaloidy máku setého se získávají z opia, ze kterého se získává i preparát diacetylmorfin, využívaný k narkomanii (Bechyně & Novák, 1987). Plocha, na které se pěstuje mák pro zisk opia, zaujímá větší plochu než legálně pěstovaný mák (Jan Vašák et al. 2003).

Latex, který je bohatý na alkaloidy, je obsažen v cévním systému nebo v mléčnici, která se nachází v tobolce. Ta po nařezání začne ronit mléčnou, lepkavou šťávu zvanou latex. Mléčnice se nachází i v jiných částech rostliny, jako například v listech, stonku, kořenech, okvětních lístcích a kalichu. Nevyskytují se ale v semenech nebo tyčinkách, protože cévní svazky těchto orgánů neobsahují mléčnice (Kapoor 1995).

Legální pěstování máku setého opiového se vyskytuje hlavně v severní Indii v regionech Madhjapradéš, Uttarpradéš a Radžastán, kde má dobré hlavní podmínky jako je půda s dostatkem vody a dostatek slunečního světla. Tobolky máku dozrávají v měsících květen a červen, kdy je obvykle přítomno pět až osm tobolek na rostlinu a jejich barva se mění z modrozelené na žlutou. To signalizuje optimální čas pro sběr latexu, ten se získává nažíznutím tobolky ve vodorovném směru pomocí nože se třemi až šesti čepely. Řez musí být proveden dostatečně hluboko, aby došlo k naříznutí mléčných kanálků, ale ne tak hluboko aby pronikly do endokarpu, což by vedlo k tomu,že latex bude vytékat do středu kapsle. Každá tobolka může být naříznutá až čtyřikrát či pětkrát během několika následujících dní. Poté z řezu vyteče bílý latex, který při expozici světlu rychle ztmavne na nahnědlou nebo načernalou barvu. Následující

ráno dojde ke seškrábávání ztuhlého latexu, ze kterého se vytvoří kulička, která se zabalí do makového listu a dá se sušit (Schiff 2002).

3.3 Alkaloidy máku setého

Alkaloidy jsou sekundární metabolity rostliny, které buňka využívá k odstranění odpadů z metabolismu, jsou vodorozpustné a koncentrují se v buncě vakuoly. Množství alkaloidů v jednotlivých organech rostliny se liší, například u listu a tobolky. Za tvorbou alkaloidů stojí mléčnice, které mají článkovitý, trubicovitý útvar a nacházící se ve floému. V mléčnici se nachází tekutina tzv. latex, který obsahuje kromě alkaloidů i bílkoviny, pryskyřice, kyseliny, cukry, barviva a další látky. Pro největší zisk opia je vhodné sledovat zralost makovic. V mladých tobolkách se vyskytuje malé množství opiátu, zatím co u přezrálých makovic se zvyšuje hladina kodeinu na úkor morfinu. Množství latexu a jeho hustota se odvijí od vývojové fáze rostliny a příslušného orgánu, kdy největší zastoupení mléčnic je v nejširší části tobolky. Hustota latexu je v počátečních fázích rostliny řídká, ale vývojem houstne. U máku setého opiového došlo, díky vyšlechtění, k většímu počtu mléčnic s větším průměrem trubic než u máku setého olejného (Bechyně & Novák 1987). Výnos opia činí asi od 5 kg/ha do 40 kg/ha (Vašák et al. 2010).

Z máku setého bylo izolováno přes 42 alkloidů, jen několik z nich má však zásadní význam. Jedná se o morfin, kodein, thebain, a papaverin, které mají využití ve farmaceutickém přípravcích. Ostatní alkaloidy se používají jako prekurzory, nebo jako meziprodukty v drahách biosyntézy (Kapoor 1995). Některé práce uvádí, že největší výnos morfinu nastává mezi čtvrtým a pátým týdnem po odkvětu, ale některé práce noapak tvrdí, že množství morfinu se mezi druhým a osmým týdnem neliší (Bechyně & Novák 1987).

Laughlin (1985) se zabýval výzkumem vlivu děstových srážek a doba sklizně na množství morfinu. V sérii polních experimentů čtyř ročních období byly v oblasti Tasmánie sklizeny tobolky máku (*Papaver somniferum* L.) v různých fázích zralosti. Relativní snížení koncentrace morfinu v tobolkách úzce souviselo s dešťovými srážkami po suché zralosti. Během pěti týdnů s 13mm děště došlo ke snížení z 0,92% na 0,82%, během 6 týdnů se 79mm deště se snížilo množství morfinu z 0,95% na 0,31%. V simulovaném experimentu, kdy se louhovaly rozemleté tobolky s 50ml vody po dobu 10 dní, se koncentrace morfinu v rozemletých tobolkách snížil z 0,56% na 0,22% a morfin byl detekován ve výluhové vodě.

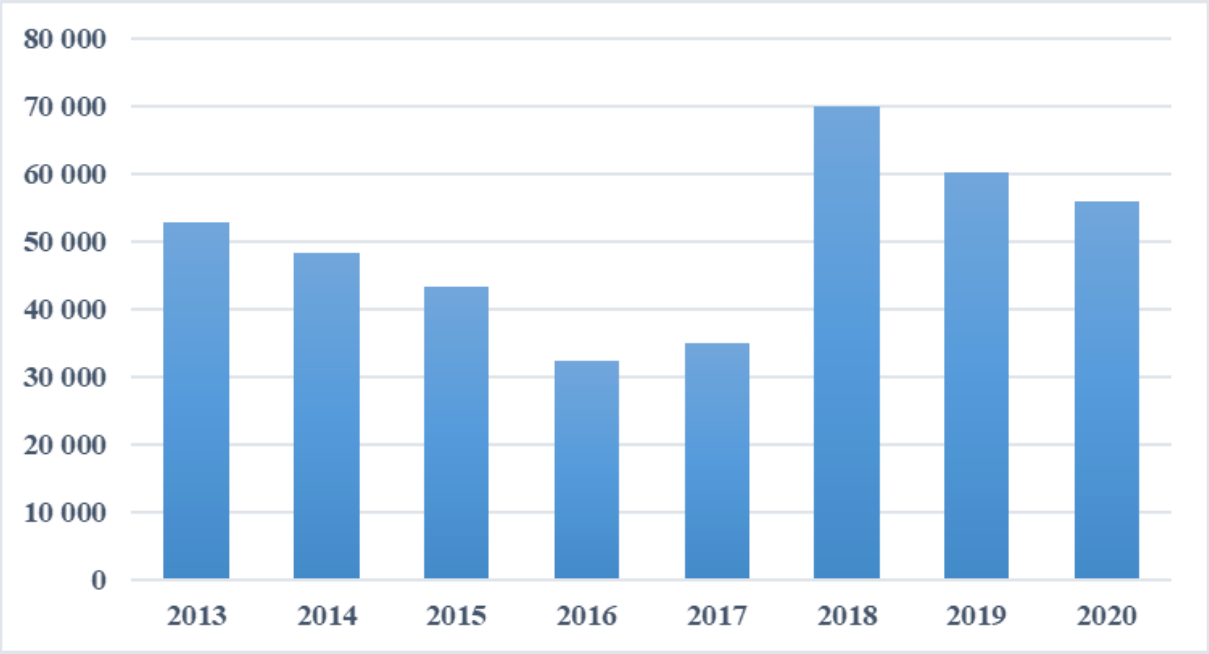
3.4 Aktuální situace máku setého

Mák pěstovaný v České republice má dobrou kvalitu, a proto je upřednostňován před mákem z jiných částech světa, protože zdejší mák je známý především svou čistotou, kdy zrno není znečištěno alkaloidy, především nízkým obsahem morfinu. Pěstování máku musí nutně dodržovat ustanovení zákona č 167/1998 Sb., kdy součástí tohoto zákona je i povinnost ohlašovat pěstování máku na ploše větší než 100m^2, ale také ohlašovat export či import osiva. V této souvislosti je vhodné zdůraznit, že v mnoha zemích světa jsou administrativní překážky

pro pěstování máku tak významné, že komerční produkce je téměř nemožná a dává konkureční výhodu tuzemské produkci (Prochazka & Smutka 2012).

Proto je také Česká republika je hlavním světovým producentem máku a tvůrcem cen evropských i světových. Máková plodina se pěstuje za účelem exportu, protože tuzemská spotřeba se pohybuje pouze mezi čtyřmi a pěti ticíci tunami. Hlavními exportními trhy českého máku jsou evropské země, kde převládá populace slovanského původu nebo země ovlivněné slovanskou kuchyní. Dalším důležitým trhem jsou zámořské země, které byly osídleny slovanskými přistěhovalci (Prochazka & Smutka 2012).

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



Zdroj: ČSÚ (2021)

Semena českého máku používaná pro kulinářské účely se často mísí se semeny dováženého nekvalitního máku, který je znehodnocen vyšším obsahem makových alkaloidů a má horší chuťové vlastnosti než mák pěstovaný v České republice. Tyto dva parametry výrazně snižují kvalitu produktu na trhu, ale také představují potenciální zdravotní riziko pro spotřebitele. Aby se zabránilo falšování máku, je nutná metoda, která by mohla jasně detekovat přítomnost máku nízké kvality ve výrobcích na trhu a která by mohla potvrdit původ máku pro pěstitele. Jako metoda prevence kvality se začala používat metoda hodnocení délky polymorfismu u modrých a nemodrých odrůd máku českého i zahraničního původu (Svoboda et al. 2020)

Pěstování máku pro zisk opia je převážně v Asii, v dnešní době hlavně v Afghánistánu, ale také pro latinskou Ameriku. Právě Afghánistán je největším nelegálním pěstitelem opiového

máku. Podle OSN pro rok 2007 činí výměra plochy pěstovaného máku přibližně 193 tis. hektarů, což činí asi 82% ze světové plochy. Potenciál takové plochy je 8 870 tun suchého opia (Vašák et al. 2010).

Podle Úřadu OSN pro drogy a kriminalitu (UNODC) se v roce 2017 celosvětově vyprodukovalo více než 10 000 tun opia a 90% tohoto množství pochází z Afghánistánu (Kreutzmann 2018). Barma v roce 2007 pěstovala mák asi na ploše 28 tis. ha, což odpovídá 12% světové výměry a řadí Barmu na druhé místo ve výměře pěstovaného máku.

Největším legálním pěstitelem opiového máku pro farmaceutické využití je Indie, které pěstovala opiový mák na ploše více než 11 tis. ha. Celková plocha pro legální pěstování opiového máku byla v roce 2008 cca 12 tis. ha (Vašák et al. 2010).

Farmaceutické společnosti zpracovaly v roce 2007 přibližně 564t a zaměřují se hlavně na zisk alkaloidů a to zejména morfin, kodein a thebain. Legálně pěstovaný mák, dále využívaný ve farmacii, se ve větší míře pěstuje v USA, Íránu a Japonsku nebo Tasmánii. V Evropě to je hlavně Francie a Maďarsko (Vašák et al. 2010).

3.5 Základní morfologie máku setého

Mák je jednoletá bylina náležící do čeledi *Papaveraceae*, do které dále patří více než 100 druhů. Převážně se pěstuje jeho jarní forma. Lodyha měří v rozmězí 0,3 až 1,8m a může být zcela lysá nebo slabě štětinatá (Fejér 2015).

Kořen

Hlavní část kořenové soustavy tvoří kuželovitý kořen, který za příznivých podmínek dorůstá do velké hloubky. Novák (1990) uvádí, že hloubka zakořenění činí až 750 mm. Z hlavního kořene vede mnoho vedlejších kořenů, které mají velké množství vlásečnicových kořínku rozrůstající se v orné vrstvě. Z celkové hmotnosti sušiny dělá jednu pětinu právě hlavní kořen (Bechyně & Novák 1987). Délka a mohutnost kořenové soustavy závisí na půdě, podnebí, termínu setí a agrotechnice. Mák vysetý ve správném termínu má hlubší a větší kořenovou soustavu, než mák vysetý pozdě. V bezorebných systémech je kořen výrazně kratší s menším množstvím bočních kořenů, které se vytváří mělce po povrchem.

Hypokotyl u rostlin máku bývá buď bezbarevný nebo fialový s různou intenzitou. Byl zjištěný korelační vztah mezi zabarvením hypokotylu a korunní skvrnou. Rostliny s fialovou skvrnou mají i zbarvený hypokotyl (Fejér 2015).

List

Listy jsou obvykle podlouhlé, řapíkaté, poloobjímavé, slabě sbíhavé a někdy se zvlněnou čepelí, jejich počet na rostlině se pohybuje od 15 do 28. Tvar čepele je buď zoubkovitý, dvojtě zoubkovitý nebo vykrajovaný. Tvarově jsou kopinaté až obvejčité a ojiněné tmavě zeleným voskem s pérovitou žilnatinou. Rozlišujeme lísty na spodní (do prvního větvení), střední (v paždí vyrůstající větve) a horní (listy rostoucí na vedlejších větvích). Postavení listů na stonku je třířadově střídavé a spirálovitě levotočivé. Největší asimilační plochu listů má mák při tvorbě makovic (Bechyně & Novák 1987). Listová růžice se vyvyjí od vytvoření pravých listů a trvá v průměru 45-60 dní, délka této fáze se odvijí od vnějšího prostředí. Během této fáze můžeme pozorovat průměr listové růžice, výskyt chloupků a bílých skvr (Fejér 2015).

Stonek

Stonek je vzpřímený, vyplněný dření a dosahuje výšky až 1,8m pro středoevropské odrůdy. Délka stonku je odrůdovým znakem s vysokým koeficientem dědičnosti. Ale také se odvijí od sponu, termínu setí, hnojením a půdou a klimatickými podmínkami (Bechyně & Novák 1987). Délka stonku koreluje s ostatními výnosotvorný znaky. Podle Pacoľák (1972) můžeme na základě výšky rostliny odhadnout hmotnost tobolky se semeny.

Korelačním vztahem disponuje výška rostliny a poléhavost. Hlaváčková (1972) uvádí, že existuje pozitivní korelační vztah mezi výškou rostliny a počtem vedlejších větví, a proto rostliny většího vzrůstu vytváří větší počet bočních větví a s tím spojený i početnější množství tobolek, než u menších rostlin (Fejér 2015).

Velice důležité je i ovšem rovnoměrné dozrávání všech tobolek na rostlině a z tohoto pohledu je vhodnější aby rostliny větvili míň. Bechyně a Novák (1987) uvádí, že při vyšší hustotě rostlin na jednotku plochy je potřeba mít rostliny minimálně rozvětvené, takže žádné boční větve nebo maximálně jedna. Takový to porost zaručí větší výnos a lepší mechanizovanou sklizeň z hlediska paralelního dozrávání a stejné výšky rostlin. Bechyně a Novák (1987) dále uvádí, že rozdíl ve výšce jednotlivých tobolek byl měl být maximálně 120 mm, při větším rozpětí se musí žací lišty nastavit také na větší rozpětí, aby došlo ke sběru i níž postavených tobolek. Tím pádem se do sklizně dostává i více stonků, které snižují kvalitu makoviny (Fejér 2015).

Květ

Květ tvoří dva kališní lístky,čtyři korunní lístky, pestík a větší počet tyčinek, tudíž je květ oboupohlavný a souměrný. Po rozkvětu kališní lístky opadávají. Tyčinky mají žluté prašníky, vyskytují se ovšem i fialově zbarvené. Počet tyčinek na rostlině je podle Bechyně et Nováka (1987) okolo 100-250, počet se odvijí od termínu setí, kdy pozdě zaseté rostliny mají menší počet tyčinek. Nitky jsou bílé, popřípadě fialové až černé. Semeník se skládá z 6-25

plodolistů, které tvoří lamely, kde se později tvoří vajíčka. Korunní lístky jsou bílé, fialové, růžové či červené barvy se skvrnou na bázi, která může chybět. Tvar korunních lístků bývá celistvý, zvlněný nebo vykrajovaný (Bechyně & Novák 1987).

Tobolka

Plodem máku je vícesemenná tobolka, kterou vytváří pestík společně s lamelami. Jedná se o nejdůležitější orgán této rostliny, protože udává hospodářský výnos a proto je nejvíce stuovaný. Počet makovic na jedné rostlině se odivjí od počtu rostlin na jednotce plochy. V době zralosti makovice může docházet k pukavosti tobolky, obvykle pod terčem, která vede ke snižování výnosů, proto je důležitým hospodářským požadavkem mít typ tobolky, která má nízkou náchylnost k tomuto jevu. Voškeruša (1965) uvádí, že pukavost makovic se odvijí od průběhu počasí ve fázi dozrávání, s větším množstvím srážek se zvyšuje šance na tvorbu děr. Při plné zralosti tobolka nabývá hnědé, žlutohnědé a u některých odrůd i nafialovělé barvy. Objemově makovice dosahuje hodnot 15-40 cm^3 a tloušťka stěny se pohybuje okolo 0,6-1,0 mm (Fejér 2015).

Tvar a velikost tobolky se odvijí od odrůdy, podmínek prostředí a agrotechnice. Nejznámější tvary tobolek jsou plochý, obdélníkovitý, kulovitý, elipsoidní, široko elipsoidní a huškovitý. Z hlediska podílu semene v tobolce je nejvhodnější kulovitý tvar (Bechyně & Novák 1987). Při pozdním zasetí máku můžeme předpokládat náchylnost k elipsoidnějšímu tvaru tobolek a při hruškovitém tvaru makovice lze očekávat vyšší podíl obsahu morfinu. Dalšími znaky tobolky je žebrování, ojínění voskem a tvar báze, která nabývá zašpičatělého, plochého nebo žlabkovitého tvaru (Fejér 2015).

Semeno

Je ledvinkovitého tvaru se zvásněným povrchem. Důležitý výnosotvorný prvek pro zjištění potenciálu dané odrůdy je hmotnost tisíce semen (HTS), kdy se variační koeficient tohoto znaku pohybuje někde okolo 0,5 %. Z toho plyne, že je tento znak dědičný a záleží na dané odrůdě, v menší míře i na podmínkách prostředí (Fejér 2015).

Bechyně a Novák (1987) uvádí HTS 0,25-0,35 g u drobnosemenných odrůdách a 0,65-0,75 g pro velkosemenné odrůdy, ale hmotnost jednoho semene je ovlivněna i počtem tobolek na rostlině. Množství semene v tobolce je ovlivněno počtem a velikostí přehrádek, neboli lamel. Optimální počet lamel v makovici je 13-15 ks a v jedné makovici se vyskytuje asi 1000 až 12 000 semen (Bechyně 2001).

Dalším velice významným znakem u semene máku je jeho barva, která silně koreluje s barvou korunních lístků a v menší míře koreluje i s množstvím oleje a obsahem morfinu. Mezi nejběžnější barvy semene máku patří bílá, modravá, okrová, sivá, hnědá a jejich různé barevné odstíny (Fejér 2015).

Semena máku mají vysoký obsah polovysychavého oleje (40-60%), který se společně s mákem používá jako přísada při výrobě pekárenských výrobků (Aksoy 2011). Na produkci oleje se značně podílí mastné kyseliny – stearová, palmitová a linolová (Fejér 2015).

3.6 Pěstitelská technologie máku setého

Máku setému se v České republice daří zejména v řepařské a bramborářské výrobní oblasti. Je citlivější na nevyrovnanost půdy, výživu nebo povětrnostní podmínky (Fejér, n.d.). Jedná se drobnosemennou plodinu a proto se při pěstování musíme zaměřit na přípravu pozemku, vcházení a správnému založení porostu (Havel 2020).

Při pěstování máku na ploše větší než 100 m^2 je osoba povinna předat hlášení danému Celnímu úřadu podle zákona č.167/1998. Hlášení musí obsahovat výměru o vyseté ploše (do 31.5), o vyseté výměře a způsobu zneškodnění (do 5 dnů před zněškodněním) a hlášení o roční sklizni (do 31.12). Při vývozu a dovozu makoviny je potřeba povolení, které vydává Ministerstvo zdravotnictví (Kuchtová 2012).

3.6.1 Nároky máku setého

Světlo

Středoevropské kultivary patří mezi rostliny dlouhodenní, proto musíme zajistit dostatek světla při pěstování. V prostředí dlouhého dne projdou rostliny rychle z vegetativní do generativní fáze. Při jejím nedostatku se projevu oslabením rostliny a s tím spojený nižší výnos semene i obsah alkaloidů. Největší poškození způsobuje nedostatek světla u menších rostlin s malou asimilační plochou, kde může ohrozit celkovou vitalitu rostliny. Při zastínění květů či mladých tobolek dochází k tvorbě menších semen nebo se semena nevytváří vůbec. Dostatek slunečného záření je nezbytný pro růst silných rostlin ve fázi listové růžice, ale také v období kvetení a zrání makovic, protože urychluje proces zrání (Bechyně & Novák 1987).

Teplo

Mák setý je plodina teplomilná (Vašák 2011). Požadavky na teplo se během růstu mění, ale nejdůležitější je při klíčení. Při 18-20°C semeno klíčí během 3-4 dnů, při teplotě okolo 10°C se klíčení prodlužuje na 4-5 dní. Teplota nad 20°C působí nepříznivě a klíčení se zpomaluje, při 30°C semena klíčí jen zřídka (Vašák 2011). Rostliny, které vzchází, odumírají až při teplotě -6 až -8°C, tudíž je možné sázet mák na podzim či v zimě (Kuchtová 2012).

Půda

Máku nejvíce vyhovují půdy hluboké, středně těžké,hlinité, optimálně provzdušněné a dobře zásobené humusem. Velice špatně reaguje, hlavně během vcházení, na vodní škraloup a

proto nevybíráme půdy, které mají náchylnost ke kornatění (Vašák 2011). Podle Bechyně a Nováka (1987) je ideální rozpětí pH okolo 6,2-6,8. Nevybíráme ani lehké písčité půdy, kde může mák trpět nedostatkem vody a s tím spojeným špatným růstem, kdy jsou rostliny slabé a vytváří menší tobolky s nízkou hmotnostní semen. Také jsou nevhodné těžké jílovité půdy, které zadržují větší množství vody a do půdy se nemůže dostat vzduch. V rané fázi listové růžice se rostlina stává odolnější vůči abiotickému stresu (Fejer & Salamon 2014).

Podle Vrbenského (1960) vyhovují máku mírně svažité až rovinatější plochy v nadmořské výšce okolo 300-600 m.n.m. Při výběru stanoviště je důležité se zaměřit na povětrnostní podmínky daného území, kdy je důležité ochránit pěstovaný mák před silnými větry. V případě vystavení silnému větru dochází k vyvrácení a to i u odrůd, které jsou odolné vůči poléhání. Dále bychom se měli vyhnout uzavřenějším místům, kde je vyšší vlhkost a s tím spojený i vyšší výskyt houbových onemocnění (Fejér 2015).

Voda

Mák setý je rostlina s vyšším nárokem na vláhu, o čemž svědčí jeho transpirační koeficient, který činí 500 (Čvančara 1962). Nejvíce vody spotřebuje ve vegetační fázi. Pro klíčení a vcházení je důležitá zejména podzemní voda. Nedostatek vody se negativně projeví ve výnosu (Fejér 2015).

Bechyně (2001) uvádí, že nedostatek vláhy je kritický hlavně 2-3 týdny před květem, protože snižuje hmotnost semen a makovic. Vašák (2011) uvádí, že mák je na vodu extrémně náročný, neboť pro tvorbu 3,5 t semene z hektaru je zapotřebí až 1200 mm srážek.

3.6.2 Vhodná předplodina a příprava pozemku

Při volbě předplodiny pro mák setý musíme brát v potaz citlivost máku na rezidua pesticidů, a to zejména herbicidy obsahující sulfonylmočovinu. Při pěstování máku musíme zajistit, aby byl pozemek čistý od plevelů. Plodiny náchylné na výdrol, například řepka ozimá, nejsou proto vhodné jako předplodina máku setého. Naopak mezi vhodné předplodiny se patří hnojem hnojené okopaniny, obilniny, luskoviny a také jeteloviny. V osevním postupu zařazujeme mák jednou za 5 let (Fejér 2015)

Pozemek by neměl být zamokřený, ale také výsušný. Mezi hlavní faktory, na které se musíme zaměřit, je zaplevelení. Během pěstování máku je velice složité jakkékoliv potlačení vytrvalých plevelů. Avšak největší hrozbu představuje výskyt vlčího máku, který nelze nikterak herbicidně zneškodnit, protože u nás registrované přípravky na hubení plevelů na vlčí mák nepůsobí. Při vyšším výskytu dokáže potlačit mák setý a nemusí dojít ani ke sklizni. Také při výskytu na pozemku doplní půdní zásobu semen a ztíží jakoukoliv produkci na daném pozemku na delší dobu (Havel 2020).

Po sklizni předplodiny je potřeba provést podmítku, po vzejití výdrolu či plevelů je nutnost podmítku opakovat, nebo plevel zlikvidovat chemicky. Dalším agrotechnickým úkonem při podzimní přípravě půdy je orba (Havel 2018).

Vašák et al. (2010) nedoporučují dříve používané urovnání hrubé brázdy před zimou. Taková půda totiž hůře propouští vodu a proto má větší náchylnost ke kornatění. Velice důležité je jarní zpracování půdy, které má docílit ideálně 4-5 cm hluboko nakypřenou půdu s pevnějším seťovým lůžkem. V případě příliš nakypřené půdy dojde k nepravidelnému vcházení máku, taková půda má i tendenci k vytváření půdního škraloupu. Proto nejvhodnější agrotechnické opatření na jaře je vláčení, které vytvoří ideální půdní podmínky pro vcházení máku (Baranyk & Fábry 2000).

3.6.3 Osivo

Zdravé osivo je jedním ze základních předpokladů pro uspokojivý výnos, proto se pro pěstování máku doporučuje používat certifikované osivo, u kterého je malá šance přenosu houbových chorob a to zejména *Pleospora papaveracea*, která způsobuje hnědou skvrnitost máku a *Peronospora arborescens*, která způsovuje plíseň makovou. Zdravé osivo určují dvě vlastnosti – semenářská a biologická hodnota. Semenářskou hodnotu vyjadřují 3 znaky. První z nich je klíčivost, kdy se za certifikované osivo dá považovat takové osivo, které má za vhodných podmínek klíčivost aspoň 80%. Další dvě jsou čistota a hmotnost tisíce semen; jedná se o znaky, které lze změřit laboratorními rozbory vzorku osiva. Biologickou hodnotu lze vyjádřit jako kvalitu daného odrůdy, která je určena jakostí živé hmoty semen a je nejvíce ovlivněna genetickou vybaveností daného osiva či podmínkami prostředí. Další důležitý aspekt při výběru osiva je jeho vitalita, která je daná jako schopnost osiva rychle klíčit či vcházet za různorodých podmínek. Je to diference mezi klíčivostí dané odrůdy za optimálních podmínek a reálnou či polní vcházivostí (Cihlář & Honsová 2020).

Při úpravě osiva máme za cíl zvýšení produktivity osiva a to hlavně klíčivost, podpora vcházení a ochranu rostlin během vcházení proti různým patogenům. Osivo z podzimních výsevů má zpravidla větší klíčivost, vcházivost, vyšší HTS a také větší jednotlivá semena, než osivo z jarních výsevů. Avšak výsev jarních odrůd na podzim bývá často riskantní, úspěch takového pokusu bývá jednou za 2 až 3 roky. Delší období růstu také znamená vyšší šance napadení houbovými chorobami a to především peronosporou máku. Další riziko je, že rostliny nemusí úspěšně přezimovat, mohou totiž vymrznout nebo být zasaženy mrazem (Vašák et al. 2010).

Moření je nejrozšířenější způsob ochrany osiva. Chrání osivo před houbovými chorobami či škůdci, zejména krytonosci kořenovému. Účinnost moření se odvíjí od aplikované látky, formy aplikace a dávky mořidla. Při vyšších dávkách může působit toxicky a nepříznivě na kvalitu osiva (Vašák et al. 2010).

V České republice nejsou v dnešní době žádná registrovaná ekologická mořidla do máku proti škůdcům. Jedna z účinných variant je použití neregistrovaného přípravku Spin Tor, který je ekologicky přijatelný a jako insecticid je účinný (Havel 2020). Evropská unie totiž začala omezovat přípravky na bázi neonikotinoidů, kvůli předpokládaným špatným vlivům na opylující hmyz. Vlivem těchto zákazů se přišlo o vhodný přípravek Cruiser OSR v boji proti *krytonosci kořenovému*, a proto se musí pěstitelé máku spoléhat na fyzikální metody ochrany, podpůrné a stimulační přípravky či přípravky na bázi mikroorganismů (Satranský 2020).

K fyzikálním metodám ošetření osiva patří metoda E-ventus, která využívá nízkoenergetických elektronů. Jedná se o zasažení osiva proudem, který zbaví osivo všech patogenů a jejich spór. Jedná se o ekologickou metodu ošetření osiva máku, protože za sebou nezanechává jakákoliv rezidua a zvyšuje klíčivost a vcházivost. Výhodná je také určitě proto, že lze semena po ošetření použít v potravinářském průmyslu. Další ekologicky šetrnou metodou je použití bioagens, jedná se o používání organismů, které díky své činnosti regulují nebezpečné patogeny, které se vyskytují na osivu. Efektivita této metody záleží na počtu jednotek bioagens, době a formě aplikace (Vašák et al. 2010).

3.6.4 Setí

Optimální doba setí se odvíjí od předjarního počasí, půda totiž musí být optimálně prohřátá, ale s optimálně vlhkým seťovým lůžkem ke správnému klíčení. Dostatečně prohřátá půda bývá v měsících březen a duben, tudíž je potřeba zasít nejpozději do konce dubna. Při setí máku do studené půdy dochází k dlouhému vcházení a s tím spojené i napadení různými patogeny. Secí stroje, které se používají k výsevu máku, jsou speciálně upraveny na drobnosemené plodiny. Jedná se o diskové a botkové výsevní jednotky (Vašák 2011). Avšak dají se využít i stroje používané pro setí zeleninových semen (Havel 2020). Během setí by mělo dojít k promíchání suché vrstry s hlubší, vlhčí zeminou, díky čemuž vznikne hnědý pruh za secím strojem. Tento hnědý pruh, který má vyšší vlhkost než vrchní část půdy, v noci orosí a dá za vznik dostatečně vlhké zemině, ve které může mák setý ideálně naklíčit. Pokud pruh země nezmění barvu, nejspíše nedojde k vyklíčení máku, protože je seťové lůžko moc suché (Vašák et al. 2010).

Výsevek máku je ideálně v rozmezí 0,8 – 1,2 kg/ha, což činí asi 200 semen na 1 m^2 (Bechyně 1993). Kuchtová (2012) uvádí, že ideální dávka zdravého a chemicky neošetřeného osiva činí 1,4 kg/ha. Nicméně pokud provedeme úpravu osiva, kdy nejčastěji se aplikuje mořidlo, množství se nám snižuje na 0,9 – 1 kg/ha. Dále uvádí, že v ekologickém systému produkce se musí počítat s vyšším výsevkem až o 1,5 – 2 násobek než při konvenčním systému produkce.

Vzdálenost mezi jednotlivými řádky by měla činit přibližně 20 – 25 cm a hloubka výsevu okolo 1 – 2 cm, za sucha provádíme hlubší výsev a to platí i pro lehčí půdy (Vašák, 2011). Tento výsevek by měl zajistit optimální rozmístění rostlin, které se v ideálním případě pohybuje asi 30 – 40 rostlin na m^2, avšak reálně se počet rostlin pohybuje okolo 18 – 25 rostlin

na m^2, kdy se počítá se 2 – 3 makovicemi na jednu rostlinu (Kuchtová 2012). Při menším počtu rostlin na m^2 se rostliny příliš rozvětvují a dochází k nerovnoměrnému dozrávání; tento způsob se používá spíše pro menší podniky, které dokáží postupnou ruční sklizeň (Havel 2020).

3.6.4.1 Setí v ekologickém zemědělství

Jak již bylo zmíněno, výsevek v ekologickém systému produkce by měl být asi 1,5 – 2x vyšší, což odpovídá přibližně 1,5 – 2 kg na hektar. Zatímco v konvenčním zemědělství se mák začal pěstovat jako úzkořádková plodina, v ekologickém zemědělství se zdá být efektivnější pěstování jako širokořádková plodina na vzdálenost 45 cm mezi řádky, to z důvodu regulace zaplevelení plečkováním, které se provede minimálně dvakrát. V stádiu 2. – 3. listů dojde ke sjednocení na vzdálenost 9 – 12 cm, což nám vychází asi 15-25 rostlin na m^2. Sklizeň probíhá ručně na dvě fáze. Při takémto systému pěstování jsme schopni dosáhnout i lepších výnosů než v konvenčním zemědělství, kdy bývají rostliny vystaveny stresu z fytotoxické aplikace herbicidů (Vašák et al. 2010).

3.6.5 Výživa máku

Mák patří mezi skupiny plodin s nižší náročností na množství živin (Vašák et al. 2010). Mezi základní požadavky při výživě máku patří správná struktura půdy a její chemické a fyzikální vlastnosti, které ovlivňují trasport živin. Mák příznivě působí na pěstovaní po zlepšující předplodině, také dobře reaguje i na užití slamnatého hnoje, který je vhodné zapravit na dno brázdy (Havel 2020). Pro příjem živin a správný růst kořenového systému je zásadní pH půdy, které by se mělo pohybovat mezi 6,2 – 7,0, tedy slabě kyselé až neutrální. Při hodnotě pH pod 6 dochází ke špatnému růstu kořenového systému, s tím je spojený i horší příjem živin a vody, nižší nadzemní část a v posledním případě i nižší výnos. Proto je vhodné vápněním nastavit optimální pH. Při přímém vápnětí nastává problém s pohyblivostí některých prvků, a proto se doporučuje tzv. meliorační vápnění, kdy se aplikuje větší dávka vápnění k předplodině a menší dávka na podzim před vysetím máku. Množství půdních živin by mělo zabezpečit dostatečnou výživu po celou dobu vegetační a generativní fáze, ovšem literární zdroje se různí v daných hodnotách přijatelných živin na tvorbu jedné tuny semen (Černý 2019).

Správnou výživu máku můžeme zajistit i před setím, kdy se používají vodorozpustná směsná hnojiva. Jedním z prvků, který dodáváme v minerální formě, je fosfor, a to zejména v typu Amofos nebo Superfosfát. Jeho funkce je zejména v kladném příjmu ostatních živin, zejména dusíku a vápníku (Černý 2019). Při deficienci fosforu dochází k omezení růstu kořenového systému, vychýlení energetického metabolismu a s tím je spojená nižší hmotnost. Vliv draslíku je zejména v příjmu a zabudování dusíku do rostliny. Rostlina s nedostatkem draslíku vytváří nižší obsah sušiny a má větší náchylnost k polehnutí. Naopak s jeho dostatkem je rostlina schopna přežít i období bez nedostatku vody. Vápník a s tím spojené pH půdy má vliv zejména na půdní procesy, fyzikální, fyzikálně chemické i chemické. Vápnění vede k okyselování půdy, při kterém se uvolní větší množství cizorodých látek, které je rostlina schopna lépe přijmout (Vašák et al. 2010). Proto vápník působí příznivě na kořenový systém,

především na kořenové vlášení a také na tvorbu semen. Podzimní aplikace vápníku, který se rozpouští pomaleji než jarní, je efektivnější (Černý 2019).

Jednorázová aplikace dusíku působí nepříznivě na rostlinu, z důvodu většího počtu menších tobolek (Bechyně 1993), rostliny prodlužují stonkovou část a jsou méně pevné (Vašák et al., 2010). Proto je vhodné rozdělit aplikaci dusíku na dvě části, základní a přihnojovací během vegetace. Základní aplikace by měla tvořit 60-80% celkové dávky dusíku a jsou vhodné formy dusíku na bázi ledku amonného. Druhá část dusíku se aplikuje, když má rostlina 5-7 pravých listů, ale doba aplikace se přizpůsobuje průběhu počasí. Přihnojovací dávka má pozitivní vliv na zvětšění listové plochy a používá se zejména nitrátová forma ledku vápenatého, kdy příznivě působí dodávaný vápník (Černý 2019). Při nedostatku dusíku se rostlina pomalu vyvijí, má menší asimilační plochu světle zeléne barvy, která se postupně mění na žlutou. Množství semen v makovici, jejich HTS a obsah morfinu v makovině se také snižuje (Vašák et al. 2010).

3.6.6 Významní škůdci a choroby máku

Žlabatka stonková (*Iraella luteipes*)

Je jedním z hlavních škůdců máku setého. Dříve se nedostávalo pozornosti tomuto škůdci, ale v poslední době se v některých lokalitách vyskytuje hojně a způsobuje značné ekonomické ztráty. Žlabatka stonková dosahuje až 3,5 mm a jedná se o největšího zástupce ze všech žlabatek. Larva je bělavá, beznohá s hnědými kusadly. Samice kladou vajíčka do stonku a po vylíhnutí se larvy zavrtávají do stonku a požírají ho, tím dochází k přerušení vodivých cest (Havel 2018). Poškození končí předčasným vysycháním makovic, což může způsobit ztráty ve výnosu. Kukly zůstavají v posklizňových zbytcích a přestavuje potenciální hrozbu pro další sezónu. V konvenčním zemědělství je chemická ochrana obtížná, protože larvy jsou ukryté uvnitř stonku a vylézají až ve formě dospělců. Mezi její přirozené nepřátele patří houba *Beauveria bassianaz* řádu Hypocreale, která dokáže infikovat larvy ve stoncích máku. Mikrobiologické a mikroskopické metody ukázaly, že se tento kmen dokáže v rostlině endofyticky usadit (Quesada-Moraga et al. 2009). V konvenčním zemědělství se využívá přípravek Nurelle D, u kterého se projevila kvalitní účinnost (Havel 2018).

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 krytnoscem je menšího vzrůstu, mívá menší makovice a s tím spojený menší počet semen v makovici.

Výskyt krytonosce je značně ovlivněno počasím daného roku, nepříznivě na ně působí chladné a deštivé počasí, zatímco suché a teplé počasí představují 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 problém mnoho pěstitelům máku (Satransk, 2020).

Krytonosec makovicový (*Neoglocianus maculaalba)*

Další brouk z čeledi nosatcovití, který dosahuje délky 3 mm. Stejně jako u krytonosce kořenového jsou i tyto larvy beznohé a rohlíčkovitě protáhlé s červenohnědou hlavou až 7 mm dlouhé. Na jaře parazitují na divoce rostoucích druzích máku a do vegetace se přesunují v době tvorby poupat. Po výkrmu na máku setém dojde k páření a samičky kladou vajíčka do nejmladších tobolek, přibližně 1-3 dny staré. Jedna samička je schopna snést až 400 vajíček. Larvy uvnitř makovic vyžírají tvořící se semena, někdy jsou schopny zcela vyžrat vnitřek makovice. Vývoj larev trvá přibližně 4-5 týdnů, po vývoji se vytvoří otvor ve stěně makovic a spadnou na zem, kde se zakuklí. Poté na začátku září se brouci vylíhnou, ale neopouštějí kokón ve kterém přezimují. Poškozené makovice se dají lehce rozeznat, po žíru stěny makovices se roní latex , který po ztuhnutí vytváří tmavé skvrny. Otvory do stěny tobolky mohou být vstupní částí pro různé patogeny, např. *Helminthosporium papaveris*. Při aplikaci insekticidu je důležité dbát na monitoring jeho výskytu a také zohlednit meziroční kolísání a danou pěstitelskou oblast, protože jeho škodlivost není ve všech oblastech. Proti krytonosci makovicému se používají přípravky Cyperkill 25 EC, Rapid, Nexide nebo Decis Mega, který se dá použít i proti bejlomorce makové (Stancă-Moise 2016).

Bejlomorka maková (*Dasineura papaveris)*

Hnědý 2 mm dlouhý komárek je škůdce, u kterého samičky kladou vajíčka do otvorů makovic, může se jednat o otvory způsobené krytonoscem makovým. Beznohé larvy jsou menší velikosti než u krytonosců, asi 1 mm velcí s červeno oranžovým zbarvením. V tobolce máku vysávají zbylá pletiva přepážek, které se pak zduřía semena jsou znehodnocena. Asi 6% makovic zaujímá napadení bejlomorkou (Kolařík et al. 2019).

Mšice maková *(Doraris fabae)*

Dříve známá pod názvem mšice bobová (*Doraris fabae*). Samičky mají tmavězelené až černé zbarvení a dosahují přibližně 2,5mm délky. Jsou častými přenašeči mnoha druhů viróz. Mezi její hostitelské rostliny řadíme až 250 druhů a za infikovanou považujeme i rostlinu s jedinou mšicí. Mšice tvoří kolonie na stonku či spodní části listu, ale napadají i vegetační vrchol či jiné rostoucí orgány. Mezi přirozené predátory patří slunéčka, zlatoočka či houby z rodu *Beauveria* (Jones 1942)

Helmintosporiová nekróza máku (*Pleospora papaveracea*)

Je známý vysoce ničivý patogen, který způsobuje plíseň rostlin, listů, hnilobu korunky a hnilobu makovic. Způsobuje jí houba *Crivellia papaveracea*, starším názvem *Pleospora papaveracea*. Hlavním zdrojem infekce je napadené osivo a k rozšíření patogenu dochází hlavně za děšťivého 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 u máku (O'Neill et al. 2000).

Plíseň maková (*Peronospora arborescens*)

I u plísně makové je povětšinou zdrojem infikované osivo. Kritická fáze nakažení u máku je zejména při vcházení a během kvetení či odkvétání. U rostlin, které jsou napadeny patogenem během vzejití hrozí zakrnělost, jsou světlezelené, mají deformované listy a na spodní straně listu se vytváří povlak sporangií, které vytváří sekundární infekci. Ta vytváří hranaté, žlutozelené skvrny na listech, které tmavnou a pletiva v místě infekce postupně odumírají a rostlině většinou odumírá vegetační vrchol. Při objevení infekce u rostliny v době květu, je zpravidla pozdě na jakýkoliv fungicidní zásah. Rostliny při své výšce jednoduše infikují ostatní jedince a navíc vyčerpají z půdy živiny. Proti plísni makové se preventivně používají přípravky proti plísni bramborové či plísním pravým, které se uplatňují v prvních fázích vegetace (Landa et al. 2005).

3.7 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. 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 zlepšujích plodin. V momentě, kdy hrozí značné rozšíření patogena, je možnost použít přípravky na ochranu rostlin, které jsou povoleny legislativou pro ekologické zemědělství (Letourneau et van Bruggen 2006).

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 užít 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 (Kuchtová & Dvořák 2016).

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 je nevyužitou příležitostí. Na rozdíl od konvenční produkce nepodléhá cena ekologického máku 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).

3.7.1 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.

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

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).

3.7.2 Výživa máku v ekologickém zemědělství

Aplikace rychle působících průmyslových hnojiv, jimiž dodáváme živiny máku v konvenčním zemědělství, není v ekologickém zemědělství možná. Proto musíme najít vhodnou náhradu této ztráty. Mezi základní hnojiva, užívaná v ekologickém zemědělství, určitě patří kompostovaný hnůj, který máku dodáváme v dávce 30-40 t/ha. Tzv. zelené hnojení dokáže vyprodukovat 50 – 200 kg N/ha, nicméně záleží na použité rostlině a fázi jejího zaorání. Nevýhodou zeleného hnojení je pomalé uvolňování živin, proto se doporučuje přihnojovat

v menších dávkách minerálními hnojivy, která jsou povolená v ekologickém zemědělství; jedná se například o měkký fosforit, surovou draselnou sůl a nebo síran hořečnatý (Vašák et al. 2010).

3.7.3 Ochrana máku v ekologickém zemědělství

Mezi hlavní pilíře úspěchu v ochraně máku v ekologickém zemědělství řadíme prevenci a správnou diagnózu. Mnoho patogenů si na pole přivodíme s osivem, proto výběr zdravého osiva je jedním ze základů prevence a předpokladu zdravých rostlin. Osivo je vhodné ošetřit některou z nechemických metod, jako je např. fyzikální metoda E-ventus či použití biofungicidních přípravků, např. Polyversum. Jedním z dalších důležitých kroků je se zaměřit se na klíčící a vcházející rostliny a ochránit je vhodným ošetřením (Satranský 2020).

Proti krytonosci kořenovému (*Stenocarus fuliginosus*) neexistuje žádná podobně účinná náhrada. Na pozemcích o menším rozměru lze krytonosce ručně sbírat, či sklepávat, ale jedná se o náročnou metodu na pracovní sílu a čas. Zemědělci v Rakousku a Německu mají na seznamu registrovaných přípravků insekticidní preparát na rostlinné bázi, avšak u nás není registrovaný a tudíž ho používat nesmíme. Další vhodnou ochranou je na podzim vysévat rostliny na souvrať od sebe asi 6 m. Tyto rostliny, které jsou v pokročilejší fázi růstu, bývají lákavější pro škůdce a mohly by zachytit většinovou populaci na daném pozemku (Vašák et al. 2010).

3.8 Sklizeň máku

Hlavní podmínkou sklizně máku je, aby byl dostatečně suchý, a to odpovídá vlhkosti makoviny do 17 % a vlhkost semene maximálně 10 %. Jarní mák má hlavní termín sklizně v srpnu, ovšem záleží na podmínkách ročníku. Ozimý mák je připraven ke sklizni asi o měsíc dřív než jarní, někdy v období července. Suchý, nepolehlý porost bez výrazného zaplevelení je jednou z podmínek úspěšné sklizně (Vašák et al. 2010).

3.9 Posklizňové úpravy a ošetření

Důležitým posledním krokem je oddělení semen od makoviny a následné čištění. Při oddělení semen je podstatné vyčistit i makovinu od nežádoucích zbytků, které mají minimální či nulový obsah morfinu; jedná se především o zbytky makovic, stonků, listů nebo prach. K čištění se běžně používají síťové čističky a předčističky, jako například CIMBRIA HEID DELTA 142, 143. Pro správný chod čištění musí docházet k neustálému plnění čističky. Při čištění v den sklizně, kdy má směs velkou vlhkost, se používají otvory 6 mm. S takovou směsí se ale hůře manipuluje a dochází k shlukám na síti. Požadovanou vlhkost semen a makoviny dosáhneme v prostorech s aktivním větráním, které dokáže vyprodukovat 2000 – 4000 m^2 vzduchu za hodinu. Hala či prostor, kde dochází k dosoušení, by měla mít vhodnou podlahu s mezerami, aby docházelo k efektivnímu proudění vzduchu. Pro mák se vyžaduje veliká čistota finálního produktu a to až 99,9 %. Síťové otvory by měli tedy být velké asi 1,1 – 1,3 mm. Doba

čištění se nedá přesně určit, protože nevíme, jak velké znečištění bude mít vstupní produkt (Vašák et al. 2010).

4 Metodika

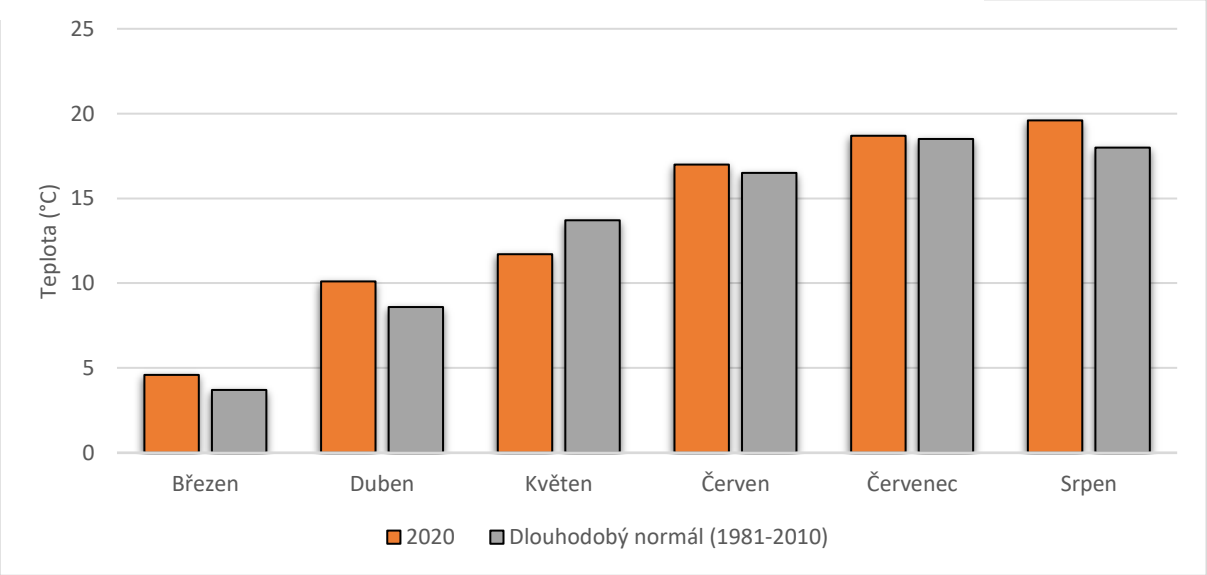
4.1 Charakteristika pokusné lokality

Přesný polní pokus s mákem setým byl založen na Výzkumné stanici Červený Újezd, která leží v nadmořské výšce 405 m. n. m. Jedná se demonstrační a experimentální pozemek FAPPZ ČZU, který byl založen roku 1978 a jeho rozloha činí cca 7 ha; ornou půdu tvoří cca 5 ha. Na pozemku převládá černozem s obsahem humusu okolo 3 %, průměrná teplota činí 9,3 °C.

4.1.1 Klimatické podmínky pokusné lokality

V grafu 3 je zachycena průměrná měsíční teplota roku 2020 v porovnání s dlouhodobým normálem z let 1981 až 2010 pro Prahu a Středočeský kraj. Z grafu je zřejmé, že průměrná teplota všech pozorovaných měsíců v roce 2020 byla lehce nadprůměrná (březen, duben, srpen) či stejná (červen, červenec) než je dlouhodobý normál, s výjimkou měsíce květen, který vykazoval vyšší teplotu dlouhodobého normálu.

Graf 3 : Průměrné měsíční teploty v porovnání s dlouhodobým normálem

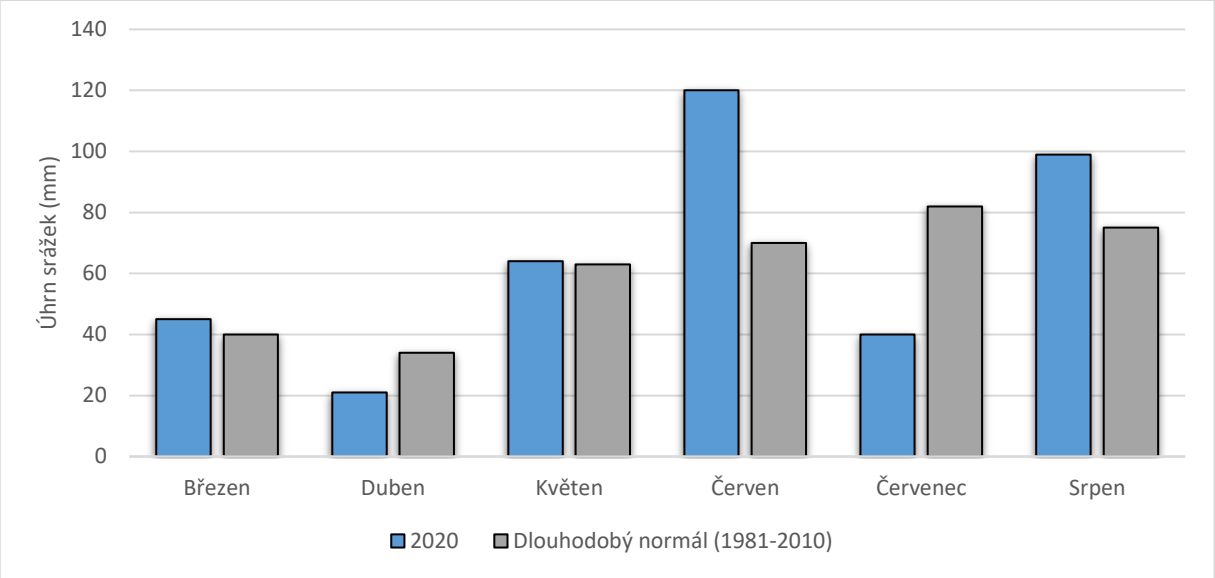


Zdroj: ČHMÚ (2020)

V grafu 4 jsou znázorněné průměrné měsíční úhrny srážek z roku 2020 v porovnání s dlouhodobým normálem (1981 – 2010) pro Prahu a Středočeský kraj. Březen a květen v roce 2020 vykazuje hodnoty srovnatelné s dlouhodobým normálem, naopak hodnoty pro duben a červenec zaostávají za normálem, v případě července o více než polovinu. Úhrn srážek v červnu

roku 2020 byl o 50 mm vyšší oproti normálu. V případě srpna byly také zaznamenány vyšší úhrny srážek než tomu je v normálu.

Graf 4 : Průměrné měsíční úhrny srážek v porovnání s dlouhodobým normálem



Zdroj : ČHMÚ (2020)

4.2. Charakteristika pokusu

4.2.1 Základní údaje o pokusu a použité agrotechnice

Přesný polní maloparcelkový pokus s mákem setým byl veden metodou znáhodněných bloků, ve 4 opakováních, velikost pokusné parcely 10 m^2. V pokusu byla použita modrosemenná odrůda máku setého Aplaus s výsevkem 2 kg/ha, výsev byl proveden 18. 3. 2020. V době výsevu bylo aplikováno hnojivo NPK v poměru 15:15:15 v množství 200 kg/ha. Dne 9. června bylo provedeno přihnojení porostu ledkem amonným s dolomitem v dávce 200 kg/ha. Před vzejitím porostu byly aplikovány herbicidy Callisto a Comande, po vzejití rostlin herbicidy Laudis, Starane a Karate Zeon, v dávce doporučené vyrobcem.

Tabulka 2: Charakteristika jednotlivých sledovaných variant

Ošetření	Účinná látka	Termín aplikace	datum	dávkování	Patogen
Tilmor	Prothioconazole, Tebuconazole	Dlouživý růst - 20 cm	12.06.2020	1 l/ha	Plíseň maková
Polyversum	*Pythium Oligandrum*	4-6 pravý list	22.05.2020	0,1 kg/ha	Plíseň maková
Propulse	Fluorpyram, Prothioconazole	Plná butonizace	26.06.2020	1 l/ha	Helmintosporióza
Tilmor+Propulse	Fluorpyram, Prothioconazole,Tebuconazole	Plná butonizace		1+1 l/ha	Helmintosporióza
Hirundo	*Bacillus* sp.	Plná butonizace	26.06.2020	1 l/ha	Helmintosporióza
Fix H + Fix N	*Pseudomonas* spp., *Paenibacillus spp.*	Plná butonizace	26.06.2020	0,5+0,5 l/ha	Helmintosporióza
Kontrola	X	X	X	X	X

4.2.2 Charakteristika použité odrůdy máku Aplaus

Pro pokusy byla vybrána odrůda máku Aplaus, jejíž udržovatel je v České republice společnost ČESKÝ MÁK s.r.o., Praha. Jedná se o středně ranou odrůdy s modrou barvou semen typu slepák. Semena se využívají v potravinářském průmyslu a díky středně vysokému až vysokému obsahu morfinu, lze makovinu od roku 2014 používat ve farmaceutickém průmyslu.

Rostlina dosahuje středního vzrůstu s dobrou odolností proti nežádoucímu polehání a otvírání tobolek. Středně odolná proti plísni makové a helmintosporióze na listech i v tobolkách. Tato odrůda se vyznačuje dobrou adaptabilitou okolním podmínkám, proto je vhodná do všech zemědělských oblastí (Honsová 2021).

4.2.3 Charakteristika přípravků, použitých k ochraně proti houbovým chorobám

4.2.3.1 Polyversum

Biologický přípravek obsahující oospory houby *Pythium oligandrum*. V přípravku se vyskytuje koncentrace přibližně 1000 000 spór/g. Biofungicid působí mykoparaziticky, rozkládá houbové patogeny, inhibuje růst fytopatogeních mikroorganismů pomocí morfologické a biochemické bariéry v rostlině a nepřímo zvyšuje příjem fosforu a mikroživin v rostlině. Při foliární aplikaci se doporučuje dávka 0,1 kg Polyversum na 200 – 400 l/ha (Boček et al. 2013).

4.2.3.2 Hirundo

Biologický přípravek, který obsahuje bakterie rodu *Bacillus*. Přípravek se aplikuje zálivkou buď ke vzcházejícím rostlinám, či foliárně. Přípravek nereaguje na vysoké či nízké

teploty a je rezistentní proti pesticidům, díky vytváření endospor, které jsou odolné stresovým faktorům. Navíc napomáhá k rozkládání organických zbytků a zpřístupnění živin rostlině. Aplikuje se v poměru 1 l na množství vody 200 – 600 l/ha (Prokinová 2017).

4.2.3.3 Fix H + Fix N

Účinnou látkou ve složce Fix – H je *Pseudomonas* spp., ve složce Fix – N je to *Paenibacillus* spp.. Bakterie Fix N dokáže vázat vzdušný dusík, při dostatečném obsahu organických zbytků je schopna navázat 15 – 40 kg N/ha. Fix N dále zvyšuje tvorbu cytokininů, rostlinných hormonů, díky kterým se zlepšuje životaschopnost plodiny a s tím zvyšující se výnos. Fix H ovlivňuje pH ve rhizosféře a napomáhá rostlině přečkávát například období sucha, kořenový systém chrání před napadením patogenů rodu *Fusaria* nebo *Colletotrichum*. Také potlačuje výskyt hub z rodu *Sclerotinia* a *Verticillium*, které mohou potenciálně ohrožovat následující plodinu. Přípravek se aplikuje zálivkou buď ke vzcházejícím rostlinám, či foliárně Aplikační dávka přípravku Fix H + Fix N činí 1,0 l/ha. Tato kombinace je vhodna k použití ve všech typech půdy v České republice (Lovecká 2020).

4.2.3.4. Propulse

Fungicid, který se začal používat na ochranu ozimé řepky, ale v roce 2018 byl zaregistrován i pro používaní v máku, slunečnici a kukuřici. Jeho dvě hlavní učinné látky jsou fluopyram a prothioconazole. Přípravek Propulse působí proti helmintosporióze máku a mezi jeho výhody patří douhá aplikační doba, dále přispívá k životaschopnosti rostlin antistresovým působením a má prevetnivní, kurativní a eradikativní účinek. Aplikace probíhá postřikem jednou ročně v dávce 1,0 l/ ha (Poláková 2014)

4.2.3.5 Tilmor

Tilmor je fungicid se dvěma účinnými látkami - prothioconazole a tebuconazole; registrován byl v roce 2017. Jedná se o přípravek používaný proti plísni makové a významně ovlivňuje i výskyt padlí u porostu máku. Mezi výhody přípravku patří dlouhá aplikační doba, která se pohybuje v rozmezí od prvního postranního výhonku až po konec kvetení v dávce 1,0 l/ha (Doubková 2017).

4.3 Hodnocení porostů v průběhu vegetace, hodnocení výnosů

- 11.6.2020 – hodnocení napadení porostů plísní makovou – stupnice ÚKZÚZ
- 7.7.2020 – hodnocení napadení porostů helmintosporiózou – stupnice ÚKZÚZ
- 8.8.2020 – hodnocení porostů před sklizní
    - Počet rostlin/m^2
    - Výška roslin

    - Počet makovin na rostlině
    - Odběr makovic
- 11.8.2020 – sklizeň pomocí maloparcelové sklízecí mlátičky
- 12.8.2020 – 31.8.2020 – posklizňový rozbor sklizených vzorků
    - Hmotnost semen sklizených z jednotlivých parcel – výnos
    - Stanovení HTS (2x500 semen)
    - Hmotnost semen v jedné makovici

4.4. Posklizňové laboratorní hodnocení

4.4.1 Stanovení laboratorní klíčivosti a energie klíčení

- 4 opakování pro každou variantu (50 semen)
- Klíčení probíhalo v označených laboratorních miskách
- Podklad – tři vrstvy filtračního papíru z čisté celulózy + 30 ml vody
- Klíčení probíhalo v řízených podmínkách klimatizovaných boxů
    - 20 °C
    - vlhkost 95 %
- 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 při založení.

5 Výsledky

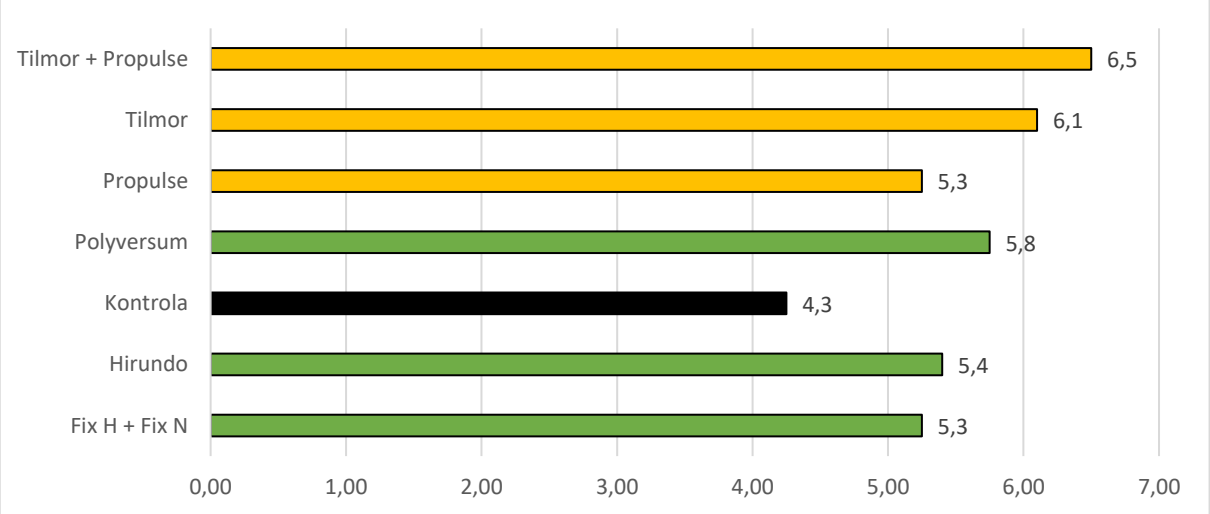
Následující část práce je věnována hodnocení vlivu jednotlivých variant ošetření porostu máku proti napadení houbovými chorobami (plísní makovou a helmintosporiózou máku) na výnosotvorné prvky máku (počet rostlin na na m^2 před sklizní, počet makovic na rostlinu, hmotnost semen v makovici, HTS) a na výnos semen. Výsledky byly doplněny vyhodnocením laboratorní klíčivosti a energie klíčení sklizených semen máku.

Varianty, kde bylo použito ošetření chemickými přípravky a jejich kombinací jsou v následujících grafech vyznačeny žlutohnědou barvou, varianty, kde byly použity přípravky biologické jsou znázorněny zeleně a kontrola bez ošetření je černá.

Úroveň napadení porostů plísní makovou

Výsledky průměrného hodnocení úrovně napadení porostů máku plísní makovou (hodnoceno 11.6. 2020, fáze dlouživého růstu) uvádí graf 5. Hodnocení bylo provedeno pomocí bonitační stupnice 1-9 bodů, kdy 1 bod znamená porost totálně napadený, 9 bodů porost zcela zdravý. Z výsledků je patrné, že výskyt plísně makové se pohyboval v průměru mezi 4,3-6,5 body, což naznačuje střední až vyšší úroveň napadení. Nejlepšího výsledku na úrovni 6,5 bodu dosáhla kombinace chemických přípravků Tilmor + Propulse, celkově nejhorší výsledek (4,3 bodu) byl zaznamenán u neošetřené kontroly. Z porovnání vlivu ošetření použitými chemickými a biologickými přípravky je zřejmé, že při použití chemického ošetření dosáhly hodnocené porosty mírně lepších výsledků, nicméně rozdíly mezi biologickým a chemickým ošetřením nebyly velké, zpravidla na úrovni cca 1 bodu.

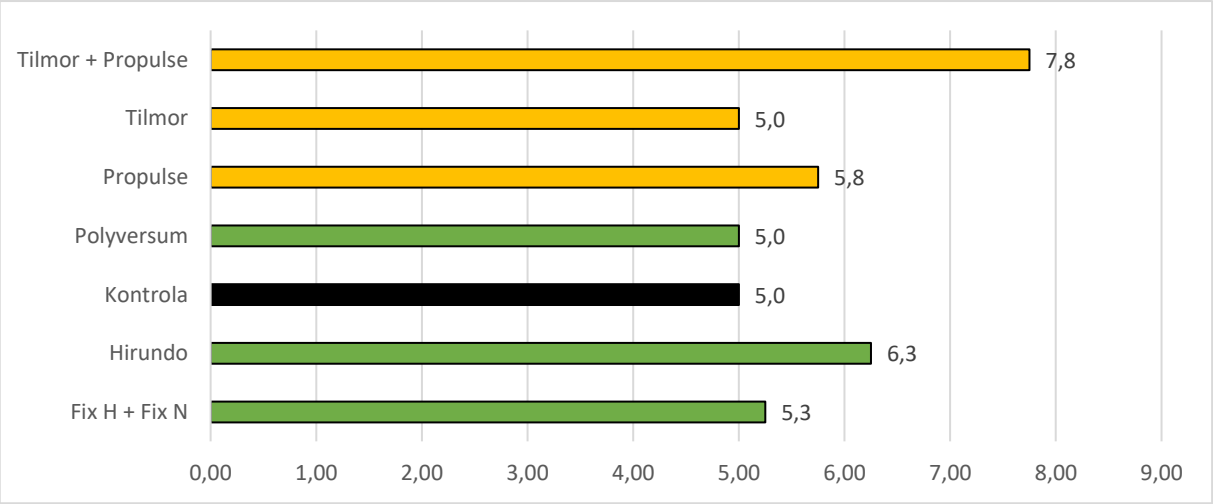
Graf 5 : Napadení porostu plísní makovou (1-9 bodů)



Úroveň napadení porostů helmintosporiózou

Výsledky hodnocení výskytu helmintosporiózy máku v porostu (hodnoceno 7.7. 2020 na konci květu) uvádí graf 6. Z výsledků je patrné, že úroveň výskytu helmintosporiózy máku se pohybovala v průměru mezi 5,0-7,8 body, přičemž nejlepší hodnocení (7,8 bodu) získala varianta s kombinovanou fungicidní ochranou Tilmor + Propulse. Z ostatních variant pouze varianta ošetřená biologickým přípravkem Hirundo přesáhla hranici 6 bodů (6,3 bodu). K ní se přiblížila i varianta ošetřená přípravkem Propulse (5,8 bodu). Nejnižší bodové hodnocení na úrovni 5 bodů a tím pádem i nejvyšší výskyt helmintosporiózy byl shodně zaznamenán u neošetřené kontroly a u varianty ošetřené Polyversem.

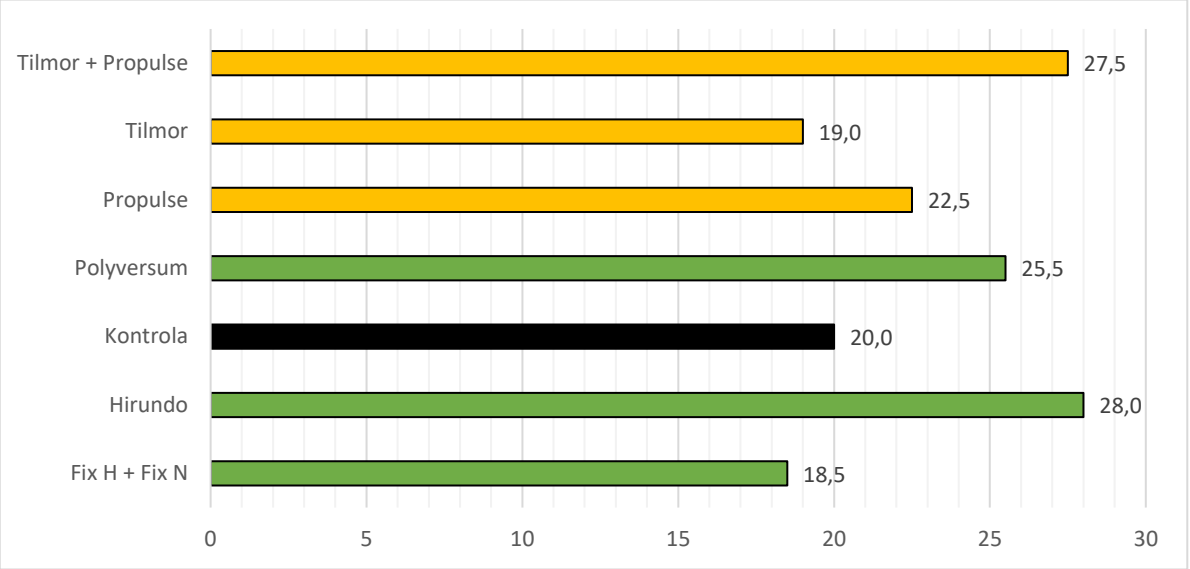
Graf 6 : Napadení porostu helmintosporiózou (1-9 bodů)



Průměrný počet rostlin na m^2

Výsledky hodnocení průměrného počtu rostlin na m^2 před sklizní jsoiu znázorněny v grafu 7. Nejvýšší počet rostlin (28 rostlin/$m^{2)}$ byl zjištěn u varianty ošetřené biologickým přípravkem Hirundo a prakticky totožného výsledku dosáhla varianta s plnou fungicidní ochranou (Tilmor + Propulse) – 27,5 rostlin/m^2, uvedeným variantám se blížila varianta ošetřená biologickým přípravkem Polyversum (25,5 rostlin/m^2). Na druhé straně, nejnižšího průměrného počtu rostlin (18,5 rostlin/m^2 a 19,0 rostlin/m^2) dosáhly varianty ošetřené přípravky Fix H + Fix N a Tilmor, které byly překonány i neošetřenou kontrolou (20,0 rostlin/m^2). Z celkového porovnání vlivu biologického a chemického ošetření vyplývá v případě toho znaku prakticky srovnatelný efekt, u biologického ošetření výsledek dokonce celkově nepatrně lepší. Žádná z hodnocených variant nepřesáhla hranici 30 rostlin/m^2.

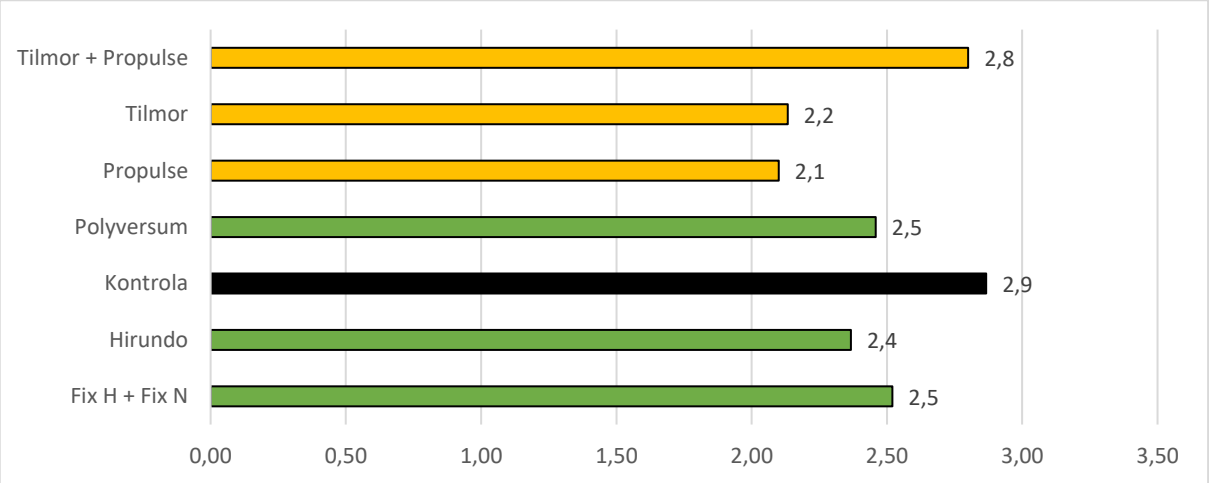
Graf 7 : Průměrný počet rostlin na m^2



Průměrný počet makovic na rostlinu

Hodnocení průměrného počtu makovic na rostlinu uvádí graf 8. Nejvyšší průměrný počet makovic na rostlinu byl zjištěn u neošetřené kontroly (2,9), těsně následovala varianta s kombinovanou fungicidní ochranou Tilmor + Propulse (2,8). Nejnižší průměrný počet makovic na rostlinu (2,1 a 2,2) byl zaznamenán u variant ošetřených přípravky Tilmor a Propulse, které byly překonány všemi použitými biologickými přípravky - Polyversum a Fix H + Fix N shodně v průměru 2,5 makovic na rostlinu a Hirundo (2,4).

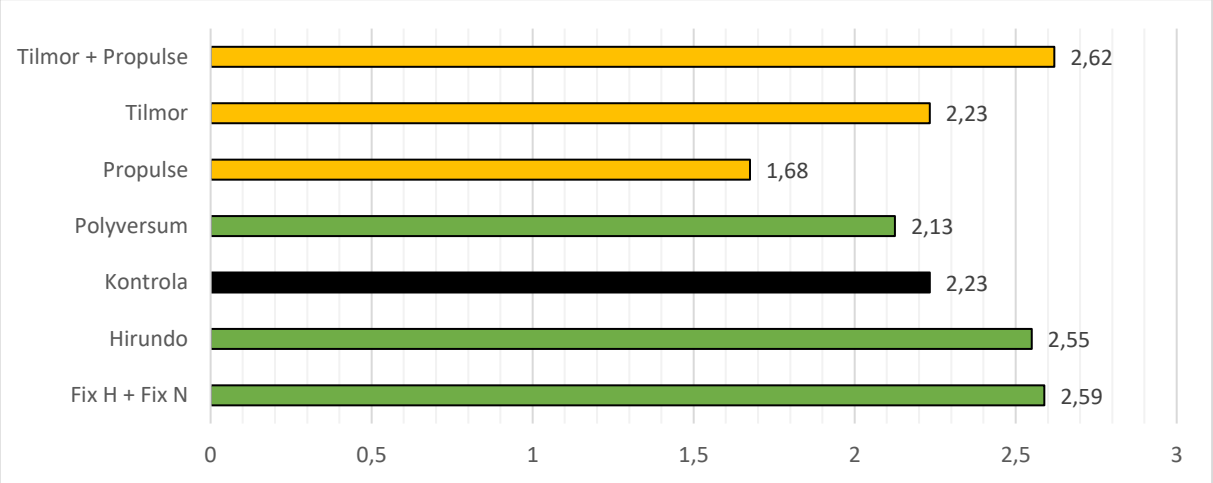
Graf 8 : Průměrný počet makovic na rostlinu



Průměrná hmotnost semen v makovici

Výsledky hodnocení průměrné hmotnosti semen v makovici uvádí graf 9. Nejvyšší hodnota (2,62 g) byla zjištěna u varianty ošetřené kombinací přípravků Tilmor + Propulse; těsně následovala varianta ošetřená přípravkem Fix H + Fix N (2,59 g). Nejnižší průměrná hmotnost semen v makovici byla zaznamenána u varianty ošetřené přípravkem Propulse (1,68 g); tato hodnota byla překonána všemi ostatními variantami, včetně neošetřené kontroly. Z porovnání vlivu chemického a biologického ošetření na tento parametr je zřejmé, že celkově dosáhly varianty ošetřené biologickými přípravky lepších výsledků než varianty s chemickým ošetřením a s výjimkou varianty ošetřené Polyversem překonaly neošetřenou kontrolu. Je však třeba zmínit, že rozdíly mezi variantami nebyly zpravidla velké, více se od zbylých variant lišila varianta ošetřená Propulsem.

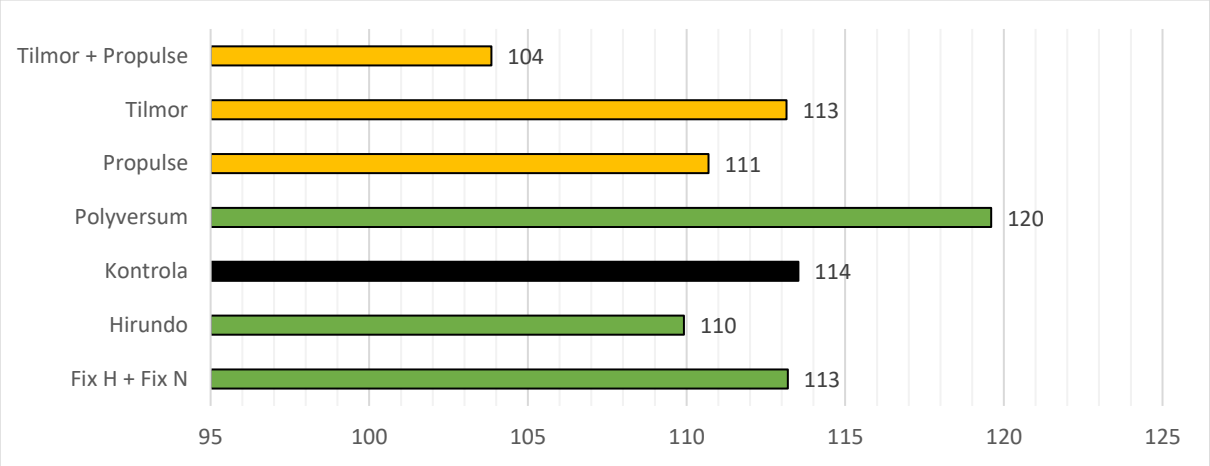
Graf 9 : Průměrná hmotnost semen v makovici (g)



Průměrná výška porostu před sklizní

Výška porostu je jedním z ukazatelů zdravého porostu. Graf 10 znázorňuje výsledky průměrné výšky porostu před sklizní. Ta se pohybovala v rozmezí 104 cm (Tilmor + Propulse) a 120 cm (Polyversum). Průměrný rozdíl výšky porostu mezi variantou Tilmor + Propulse a Polyversum tak činil 16 cm. Z výsledků je dále zřejmé, že varianty ošetřené přípravky Tilmor, Fix H + Fix N a neošetřená kontrola dosahovaly téměř shodné výšky 113-114 cm. Průměrná výška variant ošetřených přípravky Propulse a Hirundo se pohybovala okolo 110 cm. Z celkového porovnání výšky porostu před sklizní v závislosti na ošetření je zřejmé, že varianty ošetřené biologickými přípravky dosáhly větší výšky porostu ve srovnání s variantami s chemickým ošetřením.

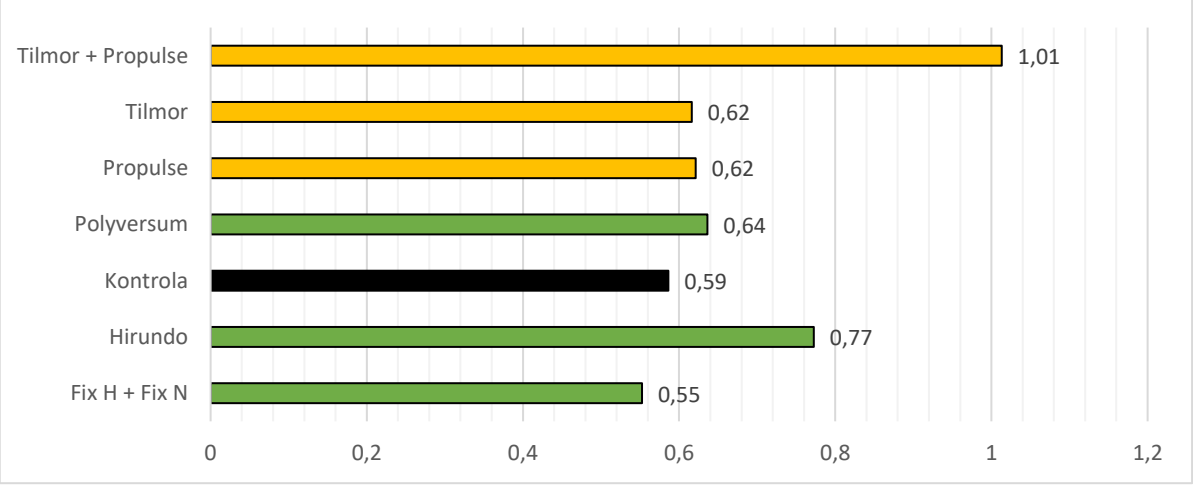
Graf 6 : Průměrná výška porostu před sklizní (cm)



Průměrný výnos

Výnos semen je hlavním produkčním parametrem. Výsledky hodnocení výnosu jsou uvedeny v grafu 11. Z grafu je patrné, že nejvyššího průměrného výnosu (1,01 t/ha) dosáhla kombinace s plnou fungicidní ochranou – Tilmor + Propulse, která jako jediná překonala hranici 1,0 t/ha. Výnosy variant, kde byly použity přípravky Tilmor a Propulse jednotlivě, dosáhly výnosu výrazně nižšího (shodně 0,62 t/h). Z variant ošetřených biologickými přípravky byla nejlepší varianta s přípravkem Hirundo (0,77 t/ha), která tak překonala i varianty s chemickým ošetřením přípravky Tilmor a Propulse. Tyto dvě varianty byly nepatrně překonány i variantou ošetřenou Polyversem. Varianta ošetřená přípravkem Fix H + Fix N (0,55 t/ha) byla na úrovni kontroly (0,59 t/ha). Z celkového porovnání výsledků variant s biologickým a chemickým ošetřením je zřejmé, že pouze varianta s kombinací Tilmor + Propulse výrazně výnosově překonala všechny ostatní varianty. V případě samostatného použití byly varianty s uvedenými přípravky zpravidla dokonce mírně překonány variantami s biologickým ošetřením.

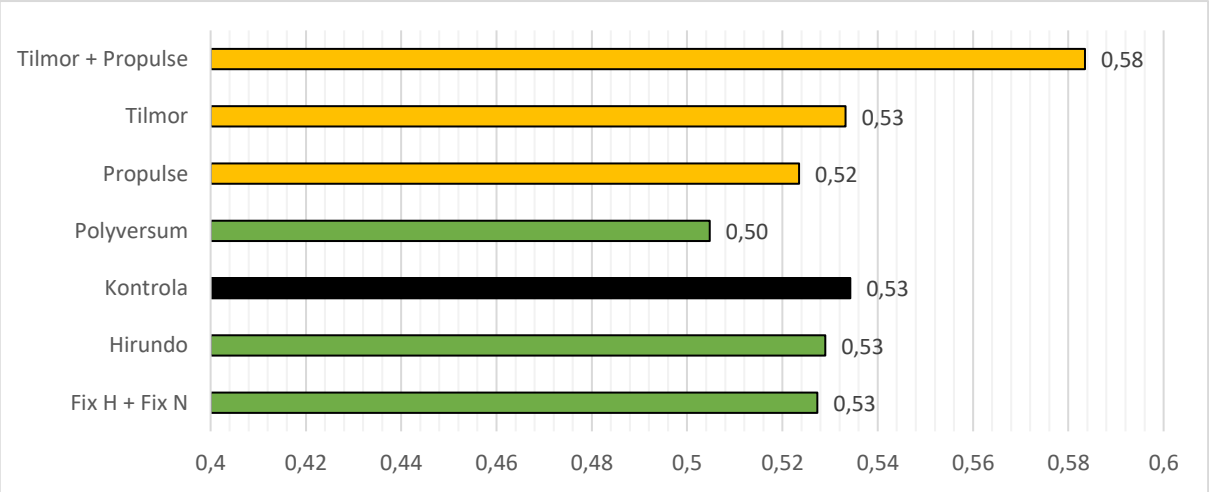
Graf 11 : Průměrný výnos (t/ha)



Průměrná HTS

Graf 12 vyjadřuje průměrnou hmotnost tísíce semen (HTS) u hodnocených variant. Z grafu je patrné, že nejvyšší průměrné HTS (0,58 g) dosáhla kombinace Tilmor + Propulse. Nejnižší hodnota HTS (0,50 g) byla zaznamenána u varianty ošetřené přípravkem Polyversum. Ostatní sledované varianty shodně dosáhly velmi podobných hodnot HTS okolo 0,52-0,53 g. Z celkového porovnání rozdílů v HTS mezi variantami s chemickým a biologickým ošetřením je zřejmé, že s výjimkou varianty s kombinací Tilmor + Propulse byly rozdíly mezi variantami minimální; stejně tak platí, že neošetřená kontrola se v HTS od ošetřených variant prakticky nelišila.

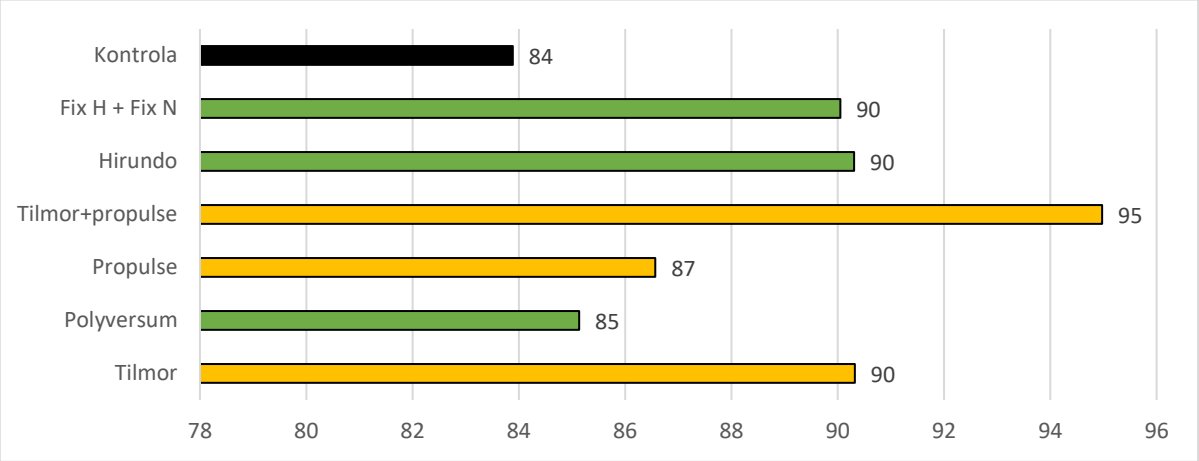
Graf 12 : Průměrná HTS (g)



Průměrná laboratorní klíčivost sklizených semen

Výsledky hodnocení výskytu houbových chorob a produkčních parametrů máku byly v rámci posklizňového hodnocení doplněny vyhodnocením laboratorní klíčivosti sklizených semen (graf 13) – toto hodnocení je důležité zejména v případě, že by byl mák pěstován za účelem produkce osiva. Z grafu je zřejmé, že laboratorní klíčivost přesáhla u všech testovaných variant 80 %. Rozmezí hodnot klíčivosti se pohybovalo v relativně velkém rozpětí mezi 94 % (kombinované ošetření Tilmor + Propulse) a neošetřená kontrola (84 %). Té se blížila varianta ošetřená Polyversem (85 %), zatímco varianty ošetřené přípravky Hirundo, Fix H + Fix N a Tilmor dosáhly shodně klíčivosti na úrovni 90 %. Ze vzájemného porovnání ošetření biologickými a chemickými přípravky je opět patrné, že kombinace ošetření přípravky Tilmor + Propulse (tedy plná fungicidní ochrana) poměrně výrazně překonala ostatní sledované varianty. Z výsledků je dále zřejmé, že v případě samostatně použitých chemických přípravků Tilmor a Propuls byly zjištěny obdobné výsledky laboratorní klíčivosti, jako v případě biologicky ošetřených variant. Jak již bylo uvedeno, všechny varianty s chemickým i biologickým ošetřením překonaly neošetřenou kontrolu.

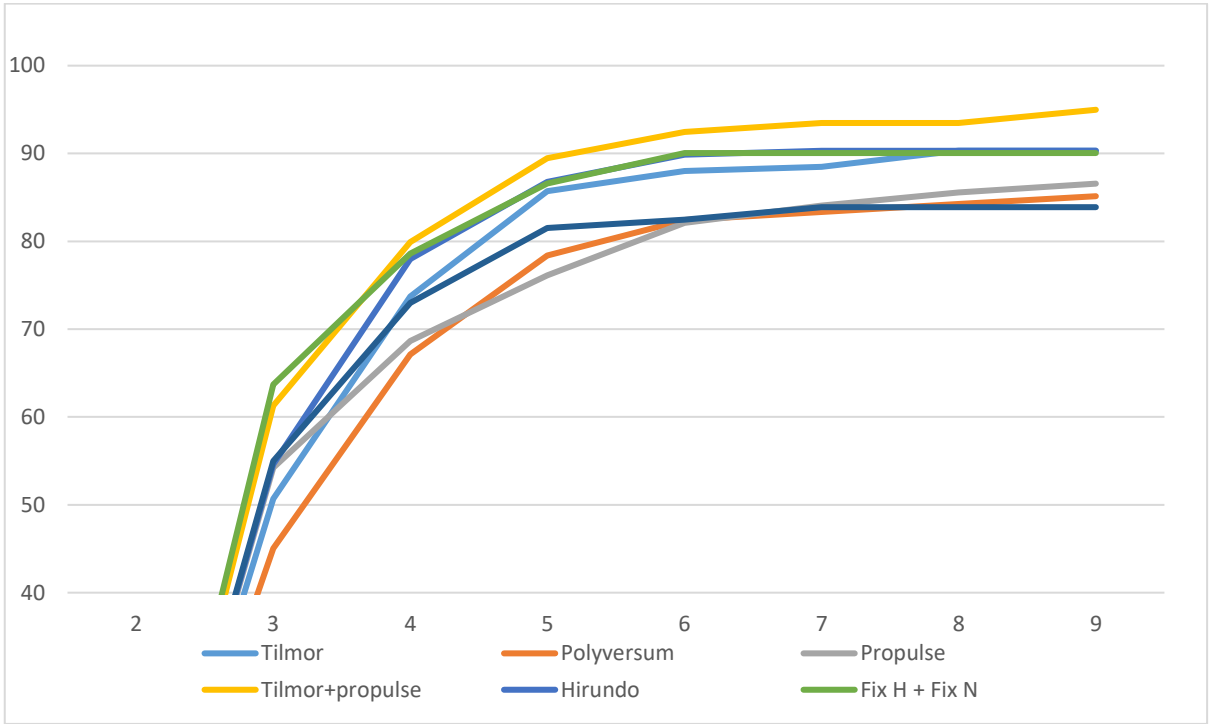
Graf 7 : Průměrná laboratorní klíčivost (%)



Průměrná energie klíčení sklizených semen

Posledním sledovaným ukazatelem byla energie klíčení. V rámci tohoto hodnocení bylo sledováno procento vyklíčených semen v průběhu jednotlivých dnů (graf 14). Z grafu je patrné, že na počátku hodnocení ve třetím dni od založení klíčivosti dosáhly nejlepších výsledků varianty ošetřené přípravkem Fix H + Fix N a kombinací Tilmor + Propulse, které si současně udržely nejvyšší procentuální klíčivost až do konce testu, na úrovni 90-95 % (v době konce testu dosáhla shodné klíčivosti jako varianta s přípravkem Fix H + Fix N varianta ošetřená přípravkem Tilmor, která se v průběhu sledovaných dnů držela v rámci hodnocených variant zpravidla na průměrných hodnotách). Varianty ošetřené přípravky Propulse, Hirundo a zejména Polyversum, které vykázaly pomalejší „start“, se v závěru testu navzájem téměř vyrovnaly a vytvořily skupinu s klíčivostí na úrovni 84-86 %.

Graf 8 : Průměrná energie klíčení (%)



6 Diskuze

Helmintosporióza a plíseň máku patří mezi dvě nejvýznamnější houbové choroby, které se přenáší infikovaným osivem (Vašák et al. 2010). Proto je výběr zdravého osiva či jeho ošetření zásadní pro růst prospěšného porostu. Původcem Helmintosporiové nekrózy máku je *Pleospora papaveraceae*. Vyskytuje se na listech, ale při vlhkém počasí napadá i stonek a tobolku. Tobolky většinou nejeví příznaky napadení, avšak po otevření makovice se objeví silný výskyt houbového mycelia (Fejér 2015). Při vhodných podmínkách se může patogen značně rozšířit a způsobit snížení výnosu semene až o 50 % (Vašák et al. 2010). Bechyně (1993) uvádí, že helmintosporióza nekróza máku může snížit výnos semene dokonce až o 80 %.

Plíseň máku způsobuje houba *Peronospora arborescens*, která se objevuje buď lokálně, kdy rostlina napadená patogenem sice přežívá, ale snižuje se její výnos, nebo systémově, kdy rostlina předčasně umírá (Singh et al. 1995). Z toho důvodu se doporučuje uskutečnit ochranu porostu fungicidními přípravky už ve fázi prvního páru pravých listů (Cihlář et al. 2013). To potvrzuje i Bechyně (1993), který uvádí, že nejlepší ochrana je právě aplikace systémových fungicidů do porostu.

Výsledky pokusu tomu též nasvědčují. V obou případech byly nejlepší výsledky ve prospěch fungicidní kombinace Tilmor + Propulse. Pokud se podíváme na kontrolní variantu, její porost byl v obou případech nejvíce napaden. Všechny výsledky u plísně makové byly o minimálně jeden bod vyšší než v případě kontroly, zatímco u helmintosporiózy se většina výsledků pohybovala na stejné hranici s kontrolou. Výjimku v obou případech tvořil biologický přípravek Hirundo a konvenční kombinace fungicidů Tilmor + Propulse, který v obou měřeních předčil všechny ostatní sledované varianty. Dále můžeme zmínit, že fungicidní přípravky ovlivňují kvalitativní parametry osiva a strukturu porostu, jako je výška rostlin, výnosotvorné prvky a následné klíčení a energie klíčení semen získaných z jednotlivých variant.

Dle Bechyněho (1993) je mák je náročný na vodu od vzejití do rozkvětu, což odpovídá době do konce června. Právě v období vzcházení byly v rámci sledovaných pokusů srážky podprůměrné, což pravděpodobně vedlo k menšímu množství vzešlých rostlin. Poté se jeho požadavky na vláhu snižují. Dále uvádí, že nejkritičtější období nedostatku vody je 2-3 týdny před žáčátkem květu, protože nedostatek vody začne snižovat hmotnost semen a tobolek. V našem případě v červnu spadlo 2x více srážek než je dlouhodobý normál a rostliny se do stresových podmínek nedostaly. Fejér a Salamon (2011) však uvádí, že nadbytek srážek na konci června a během první poloviny července neprospívá z hlediska vyššího výskytu houbových chorob. S tím souvísí i znatelný pokles celkového výnosu.

Ideální pořet rostlin v konvečním zemědělství činí podle Kuchtové (2012) v rozmezí 56-70 rostlin na m^2. Vašák et al. (2010) uvádí, že kvalitní porost před sklizní je charakterizován přibližným počtem 65-70 rostlin na m^2. V rámci uvedených pokůsů se průměrný počet rostlin pohyboval v rozmezí 18,5-28 rostlin/m^2. Výsledky ukazují, že pro optimální porost v konvečním systému produkce je počet rostlin/m^2 v porovnání s literaturou nedostatečný.

Bechyně a Novák (1987) prezentují, že při optimálním počtu tobolek na rostlině (1-2) dochází k vyrovnanosti a stejnoměrnému dozrávání tobolek a také menšímu výškovému rozdílu v jejich nasazení. Ideální počet makovic na jednu rostlinu v konvečním 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 více rostlinami méně rozvětvenými. Průměrný počet makovic na rostlinu se v pokusu pohyboval od 2,1-2,9. V tomto výnosotvorném prvku by se dle Bechyně a Nováka (1987) a Vašáka et al. (2010) ideotypu nejvíce přiblížily varianty Tilmor a Propulse s 2,1 makovic na rostlinu. Naopak 2,9 makovic na rostlinu dosáhla kombinace těchto dvou přípravků a kontrola. Vašák et al. (2010) dále uvádí, že je optimální, když mák poskytne 2,2-2,5 g semen na makovici, podle Kuchtové (2012) je optimum 2,5 g. Dle Vašáka et al. (2010) by došlo ke shodě pouze u 2 variant pokusu – Tilmor a Kontrola s průměrnou váhou semen v jedné tobolce 2,23 g. Hirundo, Tilmor + Propulse a Fix H + Fix N vyšly nad vrchní hranicí ideotypu. Podle Kuchtova (2012) by hodnoty konvenčního zemědělství splňovaly varianty Hirundo a Fix H + Fix N. Přípravek Propulse by nesplňoval ani jednu z výše uvených kritérií.

Bechyně a Novák (1987) uvádí, že výška rostlin je vlastnost rostliny s vysokou dědivostí a pohybuje se v rozmezí 0,70-0,75 m. Fejér (2015) rozděluje výšku rostlin máku následovně: nízký vzrůst rostlin je v rozmezí 0,75-1,00 m, středně vysoký 1,01-1,30 m a vysoký 1,31-1,60 m. Výsledek pokusu se v žádné z variant neshodl s Bechyně a Novákem (1987) a podle Fejéra (2015) by všechny naše varianty patřily mezi středně vysoké rostliny, žádné nízké ani vysoké varianty zde nebyly. Podle Vašáka et al. (2010) by výška rostlin měla být v rozmezí 0,9-1,0 m, i zde by se výsledky nedostaly do shody.

Podle Fejéra (2015) dochází k hodnocení HTS po sklizni, kdy semeno musí být suché a co nejméně poškozené. Hmotnost se udává v gramech a rozděluje se do třech váhových kategorií – malá s hmotností pod 0,46 g, střední s rozmezím 0,46-0,65 a velká nad 0,65 g. Vašák et al. (2010) uvádí, že pro tento morfologický znak je žadoucí hodnota nad 0,55 g. Této hodnoty dosáhla ve sledovaných pokusech pouze varianta pokusu s kombinovanou fungicidní ochranou Tilmor + Propulse. U zbylých variant byla hodnota HTS pod úrovní 0,55 g. Podle váhových kategorií, které uvádí Fejér (2015), by se všechny možnosti řadily do středního intervalu hmotnosti s rozmezím 0,46-0,65.

Pří dosažení klíčivosti aspoň na úrovni 80 % lze podle Vašáka et al. (2010) a Cihláře & Honsové (2020) považovat mák za vhodný k osivářskému využití. Naše výsledky ukazují, že veškeré sledované varianty tuto hodnotu překonaly. Nejnižšího procenta klíčivosti 84 % dosáhla kontrola bez ošetření.

Kuchtová (2012) uvádí, že výnosový potenciál u máku setého činí 2,8 t/ha, avšak průměrný výnos v ČR se pohybuje okolo 0,65 t/ha. Z hlediska ideotypu produkce je optimální dosáhnout výnosu v rozmezí 2,2-2,5 t/ha semene (Vašák et al. 2010). Naše výsledky ukazují, že nejvyšší průměrný výnos 1,01 t/ha byl u kombinované varianty Tilmor + Propulse, zbylé varianty pokusu se pohybovaly v rozmezí 0,55-0,77 t/ha.

7 Závěr

Cílem práce bylo v rámci přesného polního pokusu vyhodnotit 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.

Na základě získaných výsledků lze konstatovat, že:

- Varianta s kombinovaným fungicidním ošetřením přípravky Tilmor + Propulse dosáhla nejvyššího výnosu (1,01 t/ha) a jako jediná překonala hranici 1,0 t/ha; tato varianta současně dosáhla ve většině případů nejlepších nebo téměř nejlepších výsledků i u ostatních sledovaných parametrů (zdravotní stav porostu, průměrný počet rostlin na m^2 na konci vegetace, počet makovic na rostlinu, hmotnost semen v makovici, HTS, ale i laboratorní klíčivost a energie klíčení sklizených semen máku)

- Při samostatném použití však dosáhly varianty s chemickými fungicidy Tilmor a Propulse zpravidla srovnatelných výsledků jako varianty ošetřené biologickými přípravky Polyversum (na bázi hub), Hirundo a Fix H + Fix N (na bázi bakterií) a v některých případech byly varianty s biologickým ošetřením dokonce lepší.

- Varianta ošetřená biologickým přípravkem Hirundo např. dosáhla druhého nejlepšího výsledku při hodnocení úrovně napadení porostu helmintosporiózou (za kombinací Tilmor + Propulse), dále dosáhla vůbec nejlepšího výsledku v počtu rostlin na m^2 na konci vegetace a ve výnosu překonala obě varianty samostaně ošetřené chemickými přípravky Tilmor a Propulse.

- Varianty ošetřené biologickými přípravky Hirundo a Fix H + Fix N současně překonaly varianty s chemickým ošetřením přípravky Tilmor a Propulse v průměrném počtu makovic na rostlinu a hmotnosti semen v makovici a v průměrné laboratorní klíčivosti.

- Je třeba zohlednit, že se jednalo o jednoleté výsledky a rozdíly mezi všemi hodnocenými variantami zpravidla nebyly velké.

- Přesto lze považovat získané výsledky za nadějné a nadále pokračovat v ověřování a testování biologických přípravků, které by byly alternativou chemickému ošetření a mohly by i přispět rozšíření pěstování máku v ekologickém zemědělství.

8 Literatura

Buer CS, Muday GK, Djordjevic MA. 2007. Flavonoids Are Differentially Taken Up and Transported Long Distances in Arabidopsis. Plant Physiology **145**:478–490. Available from http://www.plantphysiol.org/cgi/doi/10.1104/pp.107.101824.

Filippi A, Petrussa E, Braidot E. 2016. Flavonoid facilitated/passive transport: Characterization of quercetin microsomal uptake by a DPBA-dependent assay. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics **1857**:e64. Elsevier. Available from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0005272816302614?via%3Dihub (accessed May 31, 2018).

Frangne N, Eggmann T, Koblischke C, Weissenbock G, Martinoia E, Klein M. 2002. Flavone Glucoside Uptake into Barley Mesophyll and Arabidopsis Cell Culture Vacuoles. Energization Occurs by H+-Antiport and ATP-Binding Cassette-Type Mechanisms. Plant Physiology **128**:726–733. Available from http://www.plantphysiol.org/cgi/doi/10.1104/pp.010590.

Jeandet P, Hébrard C, Deville M-A, Cordelier S, Dorey S, Aziz A, Crouzet J. 2014. Deciphering the Role of Phytoalexins in Plant-Microorganism Interactions and Human Health. Molecules **19**:18033–18056. Available from http://www.mdpi.com/1420-3049/19/11/18033.

Pawlak-Sprada S, Stobiecki M, Deckert J. 2011. Activation of phenylpropanoid pathway in legume plants exposed to heavy metals. Part ii. Profiling of isoflavonoids and their glycoconjugates induced in roots of lupine (Lupinus luteus) seedlings treated with cadmium and lead. Acta Biochimica Polonica **58**:217–223.

Villegas M, Sommarin M, Brodelius PE. 2000. Effects of sodium orthovanadate on benzophenanthridine alkaloid formation and distribution in cell suspension cultures of Eschscholtzia californica. Plant Physiology and Biochemistry **38**:233–241.

Ye Y, Ding Y, Jiang Q, Wang F, Sun J, Zhu C. 2017. The role of receptor-like protein kinases (RLKs) in abiotic stress response in plants. Plant Cell Reports **36**:235–242. Available from https://doi.org/10.1007/s00299-016-2084-x.

Aksoy, L. 2011. Opium poppy (Papaver somniferum L.) oil for preparation of biodiesel: Optimization of conditions. Applied Energy. 88 (12). 4713–4718.

Baranyk, P., Fábry, A. 2000. Present level of rapeseed production and the development of the crop in the Czech Republic. IOBC WPRS BULLETIN. 23 (6). 3–10.

Bechyně, M 2001. a kol.: Mák. Monografie. Agrospoj Praha. 127.

Bechyně, Miroslav 1993. Základy pěstování máku. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky. ISBN: 8071050377.

Bechyně, Miroslav, Novák, J. 1987. Biologie máku a systém jeho produkce. MON.

Bečka, D., Cihlář, 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.

Bernath, J. 1999. Poppy: the genus Papaver. CRC Press. ISBN: 0203304187.

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.

Černý, J. 2019. Jaký má vliv hnojení na produkci máku? Makový Občasník. 60.

Cihlář, P., Honsová, H. 2020. Klíčivost a vitalita osiva máku ve vztahu ke produktivitě porostu v roce 2019. 19. Makový Občasník. 49.

Doubková, J. 2017. , March 27 Tilmor - pro jaro bez chorob. . Retrieved April 26, 2021, from https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/tilmor-pro-jaro-bez-chorob

Duke, J. A. 1973. Utilization of papaver. Economic Botany. 27 (4). 390–400.

Fejér, J. (2015) MORFOLOGICKO–BIOLOGICKÁ DIVERZITA DRUHU MAK SIATY (PAPAVER SOMNIFERUM L.) A JEJ HODNOTENIE. .

Havel 2020. Zakládání porostů máku a možnosti regulace plevelů. Oseva Vývoj a Výzkum. 46 .

Havel, J. 2018. The specific abiotic and biotic damage of poppy (Papaver somniferum)—a

review. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin. (284). 75–94.

Honsová, H. 2021. , April 22 Vitalita osiva máku a struktura výnosových prvků. . Retrieved April 26, 2021, from https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/vitalita-osiva-maku-a-struktura-vynosovych-prvku

Vašák, J. 2011. Český mák. Makový Občasník.

Jones, M. G. 1942. The Summer Hosts of Aphis fabae, Scop. Bulletin of Entomological Research. 33 (3). 161–169.

Kapoor, L. 1995. Opium poppy: botany, chemistry, and pharmacology. CRC Press. ISBN: 1560249234.

Kolařík, P., Rotrekl, J., Kolaříková, K. 2019. Efficacy of biological formulations against Neoglocianus maculaalba and Dasineura papaveris in Papaver somniferum. Plant Protection Science. 55 (2). 123–128.

Kreutzmann, H. 2018. Afghan Poppy Production for the World: Dynamics and Entanglements. Brown J. World Aff. 25 . 145.

Kuchtová, P. 2012. Mák setý v ekologickém zemědělství. Zemědělec. 2012 (36). 31.

Landa, B. B., Montes-Borrego, M., Muñoz-Ledesma, F. J., SA, A., Jiménez-Díaz, R. M. 2005. First report of downy mildew of opium poppy caused by Peronospora arborescens in Spain. Plant Disease. 89 (3). 338.

Letourneau, D., van Bruggen, A. 2006. Crop protection in organic agriculture. CSIRO Publishing Australia.

Lovecká, P. 2020. , September 17 Role mikroorganizmů v udržitelném zemědělství - Články - Agromanuál.cz. . Retrieved April 26, 2021, from https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/role-mikroorganizmu-v-udrzitelnem-zemedelstvi

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.

Novák, J. 1990. Genetické zdroje Papaver somniferum L. a příbuzných druhů. MON. ISBN:

8021300620.

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.

Poláková L. 2014. Nový fungicid pro ošetření řepky v květu. Zemedelec. Avaible from https://www.zemedelec.cz/novy-fungicid-pro-osetreni-repky-v-dobe-kvetu/

Prochazka, 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.

Prokinová, E. 2017. , September 27 Využití biologické ochrany rostlin v systému ekologického pěstování plodin - Články - Agromanuál.cz. . Retrieved April 26, 2021, from https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/vyuziti-biologicke-ochrany-rostlin-v-systemu-ekologickeho-pestovani-plodin

Quesada-Moraga, E., Munoz-Ledesma, F. J., Santiago-Alvarez, C. 2009. Systemic protection of Papaver somniferum L. against Iraella luteipes (Hymenoptera: Cynipidae) by an endophytic strain of Beauveria bassiana (Ascomycota: Hypocreales). Environmental Entomology. 38 (3). 723–730.

Satranský M. 2020. Ošetření osiva jarního máku. Agromanual. Retrieved from https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/osetreni-osiva-jarniho-maku

Schiff, P. L. 2002. Opium and its alkaloids. American Journal of Pharmaceutical Education. 66 (2). 188–196.

Singh, S. P., Khanna, K. R., Shukla, S., Dixit, B. S., Banerji, R. 1995. Prospects of breeding opium poppies (Papaver somniferum L.) as a high-linoleic-acid crop. Plant Breeding. 114 (1). 89–91.

Stancă-Moise, C. 2016. Observations on the biology, ecology and ethology of the poppy weevil Neoglocianus maculaalba (Herbst, 1795)(Coleoptera, Curculionidae) in a garden with spontaneous poppy in the city of Sibiu (Romania) under 2014 climate conditions. Analele Universității Din Oradea, Facicula Biologie. 23 (2). 85–87.

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.

Tétényi, P. 1997. Opium poppy (Papaver somniferum): botany and horticulture. Horticultural Reviews. 19 . 373–408.

Vašák, J., Cihlář, P., Zukalová, H., Doležalová, J., Kuchtová, P., Pšenička, P. 2010. Mák. Kolektiv Autorů Pod Vedenim Jana Vašáka. Praha. 5–337.

Vašák, J., Kosek, Z., Cihlář, P. 2003. Český mák a jeho perspektivy. Sdružení Český Mák. 128–133.