

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Integrovaná ochrana máku proti houbovým chorobám

Bakalářská práce

Jan Vlk

Rostlinná produkce

Ing. David Bečka, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Integrovaná ochrana máku proti houbovým chorobám" 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 _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval mému vedoucímu Ing. Davidu Bečkovi, Ph.D. za ochotu, strávený čas a cenné rady, které mi byly pro zhotovení pokusu a psaní bakalářské práce velice užitečné. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Martinu Baštýřovi za poskytnutí pokusné plochy. V neposlední řadě děkuji rodině za podporu a pomoc při ruční sklizni máku.

Integrovaná ochrana máku proti houbovým chorobám

Souhrn

Cílem práce bylo zjistit vliv úrovně dusíkatého hnojení a aplikace fungicidních přípravků na výnos a intenzitu napadení máku setého chorobami. Tlak chorob jsme hodnotili podle stupně napadení tobolek s ohledem na dosažený výnos. Porovnávali jsme dvě úrovně dusíkatého hnojení pro zjištění efektivnosti použitých přípravků proti chorobám.

Pokus byl založený v roce 2022 u obce Ondřejov (o. Pelhřimov). Na předem vytyčeném pozemku, který byl rozdělen do dvou úrovní dusíkatého hnojení, 60 kg a 90 kg N/ha, jsme aplikovali přípravky na bázi mědi a síry Coptrac + Thiotrac (2x aplikace), biologický fungicid Prometheus (2x aplikace) a fungicidní přípravek Amistar Gold (1x aplikace). Kontrolní plochy zůstaly bez ošetření s výjimkou dusíkaté výživy. Foliární ochrana proběhla zádovým postřikovačem a sklizeň ručním sestřiháváním makovic. V každé úrovni dusíkatého hnojení se nacházely 4 opakování o velikosti parcely 5 m².

V průběhu pokusu jsme sledovali výšku rostlin, počet tobolek, množství napadených tobolek, míru napadení tobolek, výnos makového semene a hmotnost semen v tobolekách.

Nejlépe z uvedených přípravků dopadla kombinace Coptrac + Thiotrac s výnosem 2,1 t/ha a biologický fungicid Prometheus v jehož ošetřených variantách došlo k razantnímu poklesu počtu napadených tobolek v průměru o 34 %. Překvapivě negativních výsledků bylo zjištěno u přípravku Amistar Gold ve znacích počtu napadených tobolek, výnosu semene, a to v obou úrovních hnojení.

Ekonomické zhodnocení prokázalo zápornou finanční bilanci u varianty s 90 kg N/ha, u které došlo, ve dvou případech v porovnání s kontrolou, ke ztrátě u přípravků Prometheus (-10890 Kč/ha) a Amistar Gold (-9796 Kč/ha) a pouze v jediném případě k zisku u směsi přípravků Coptrac + Thiotrac (+2391 Kč/ha).

Úroveň hnojení s 60 kg N/ha byla oproti kontrole ekonomicky více zisková u Coptracu + Thiotracu (+10931 Kč/ha) a Promethea (+9110 Kč/ha) a ztráta opět vznikla u fungicidu Amistar Gold (-796 Kč/ha). Propad Amistaru Gold mohl způsobit špatný termín aplikace nebo nevhodný průběh počasí.

Byla prokázána dobrá fungicidní ochrana přípravky Coptrac + Thiotrac a Prometheus, které mohou doporučit pro praxi společně s nižší úrovní dusíkatého hnojení 60 kg N/ha.

Došlo k potvrzení hypotézy, že s nižší dávkou dusíkatého hnojení dochází k menšímu tlaku chorob a je tak možné lépe využít biologický přípravek nebo listová hnojiva na bázi mědi a síry.

Klíčová slova: mák, choroby, integrovaná ochrana, biofungicid, síra, měď, výnos

Integrated protection of poppies against fungal diseases

Summary

The aim of the study was to investigate the effect of the level of nitrogen fertilization and fungicide application on yield and intensity of disease attack in poppy. Disease pressure was evaluated according to the degree of pod infestation with respect to the yield obtained. We compared two levels of nitrogen fertilization to determine the effectiveness of the applied products against diseases.

The experiment was established in 2022 near the village of Ondřejov (o. Pelhřimov). We applied copper-sulphur based products Coptrac + Thiotrac (2x application), biological fungicide Prometheus (2x application) and fungicide Amistar Gold (1x application) on a pre-marked plot, which was divided into two levels of nitrogen fertilization, 60 kg and 90 kg N/ha. Control plots remained untreated except for nitrogen nutrition. Foliar protection was done by backpack sprayer and harvesting by hand cutting of poppies. There were 4 replications of 5 m² plot size in each nitrogen fertilization level.

Plant height, number of capsules, capsule infestation rate, poppy seed yield and seed weight in capsules were monitored during the experiment.

The experiment shows that there is less disease pressure at lower nitrogen fertilization rate. The best performing of the products was the combination of Coptrac + Thiotrac, with a yield of 2.1 t/ha, and the biological fungicide Prometheus, in which the treated variants showed a dramatic decrease in the number of infested capsules by an average of 34 %. Surprisingly, negative results were found for Amistar Gold in the traits of number of infested capsules, seed yield, and both fertilization levels.

The economic evaluation showed a negative financial balance for the 90 kg N/ha variant, with losses in two cases compared to the control for Prometheus (-10890 CZK/ha) and Amistar Gold (-9796 CZK/ha) and only one case of gain for the mixture of Coptrac + Thiotrac (+2391 CZK/ha).

The fertiliser level with 60 kg N/ha was more economically profitable than the control for Coptrac + Thiotrac (+10931 CZK/ha) and Prometheus (+9110 CZK/ha) and the loss was again for the fungicide Amistar Gold (-796 CZK/ha). The drop in Amistar Gold could have been caused by poor application timing or unsuitable weather.

Good fungicidal protection was shown with Coptrac + Thiotrac and Prometheus, which I can recommend for practice, based on my results, together with a lower level of nitrogen fertilisation of 60 kg N/ha.

The hypothesis that there is less disease pressure with lower levels of nitrogen fertilisation was confirmed, making it possible to make better use of a biological product or copper-sulphur foliar fertilisers.

Keywords: poppy, diseases, integrated protection, biofungicide, sulphur, copper, yield

Obsah

1	Úvod	9
2	Cíl práce	10
3	Literární rešerše	11
3.1	Mák.....	11
3.1.1	Původ máku	11
3.1.2	Druhy a spotřeba máku v ČR.....	11
3.2	Členění.....	12
3.2.1	Potravinářský a průmyslový mák	12
3.2.2	Opiový a semenný mák.....	12
3.2.3	Jarní a ozimý mák	12
3.3	Biologie máku	13
3.3.1	Morfologie máku	13
3.3.1.1	Kořenová soustava	13
3.3.1.2	Lodyha	13
3.3.1.3	List.....	13
3.3.1.4	Květ	13
3.3.1.5	Tobolka.....	14
3.3.1.6	Semeno a makovina	14
3.3.2	Stanovištní podmínky	14
3.3.2.1	Požadavky na prostředí a předplodinu	14
3.3.3	Agrotechnické postupy.....	15
3.3.3.1	Podmítka	15
3.3.3.2	Minimalizační zpracování	15
3.3.3.3	Orba.....	15
3.3.3.4	Setí	15
3.3.4	Růst a vývoj máku.....	16
3.3.4.1	Klíčící rostlina	16
3.3.4.2	Období pozvolného růstu.....	16
3.3.4.3	Období největší asimilace.....	16
3.3.4.4	Období odumírání rostliny	16
3.3.5	Makrofenologická stupnice vývojových fází máku	17
3.4	Ochrana proti chorobám.....	18
3.4.1	Fungicidy	18

3.4.2	Choroby mák	19
3.4.2.1	Virózy	19
3.4.2.2	Bakteriózy	19
3.4.2.3	Houbové choroby	20
3.5	Výživa a hnojení máku	23
3.5.1	Význam jednotlivých prvků	23
3.5.1.1	Dusík	23
3.5.1.2	Fosfor	24
3.5.1.3	Draslík	24
3.5.1.4	Hořčík	25
3.5.1.5	Vápník	25
3.5.1.6	Zinek	25
3.5.1.7	Síra	25
3.5.1.8	Měď	26
3.5.2	Fungicidní ochrana sírou a mědí	26
4	Metodika	28
4.1	Popis stanoviště	28
4.2	Popis pokusu	28
4.2.1	Sledované znaky	29
4.3	Použité přípravky	29
4.3.1	Prometheus	29
4.3.2	Amistar Gold	30
4.3.3	Coptrac + Thiotrac	30
4.4	Použitá hnojiva	30
4.4.1	DAM 390	30
4.4.2	NP Complex 20/20	30
4.4.3	NAC 27 N	31
4.5	Technologie pěstování	31
4.6	Průběh počasí	32
4.6.1	Srážky	32
4.6.2	Teploty	32
5	Výsledky	34
5.1	Výška rostlin	34
5.2	Počet tobolek	35
5.3	Počet napadených tobolek	36
5.4	Míra napadení tobolek	37
5.5	Výnos makového semene	38

5.6	Průměrná hmotnost semen máku v tobolce.....	39
5.7	Souhrnný přehled vyhodnocených výsledků	40
5.8	Ekonomické zhodnocení	40
6	Diskuze.....	42
7	Závěr	44
8	Literatura	45

1 Úvod

Mák setý (*Papaver somniferum* L.) je významná plodina pro účely potravinářské i průmyslové. V České republice má pěstování máku velkou tradici a naše země patří mezi nejlepší pěstitele ve světě. U nás nejčastěji vyséváme odrůdy jarní s nízkým obsahem morfinu, naopak ve světě jsou nejvíce pěstovány vysoko morfinové odrůdy pro farmaceutické účely.

Mák je z hlediska spektra výživy poměrně náročná plodina. Intenzifikace pěstování této plodiny vede k nutné chemické ochraně. Venkovní prostředí obsahuje velké množství nežádoucích patogenů, kteří mají negativní vliv na zdravotní stav, vývoj, kvalitu semene a výnos rostlin, proto je důležité provádět fungicidní ochranu úsporně, ale zároveň účinně.

Fungicidní ošetření začíná už před výsevem. Certifikovaná osiva jsou mořena fungicidní a insekticidní ochranou Cruiser OSR, kterému končí povolení dne 31. 5. 2023, a významně chrání rostliny v prvních fázích vývoje. Podmínkou dobrého zdravotního stavu je tedy kvalitní osivo. Spousta chorob se totiž šíří přes napadená semena a jejich následným výsevem jimi znovu infikujeme nové rostliny. Intenzita výskytu chorob v prostředí závisí na klimatických podmínkách ročníku. Pokud je teplé a střídavě deštivé počasí, tlak na rostliny je silnější. Toto je častý problém u máku ozimého, který je mnohem intenzivněji napadán plísní makovou nebo helmintosporiózou máku.

Napadení chorobami způsobuje široké spektrum hub, bakterií a virů. Fungicidní ochrana zabraňuje chorobám v jejich rozvoji, které se mohou projevovat deformací stonků, změnou barev listů, padáním rostlin, hnědnutím infikovaných míst nebo hnilobami. Důležitým aspektem je načasování ošetření. Některé fungicidně účinné přípravky musí být aplikovány před projevem dané choroby, jiné dokáží potlačit původce napadení i po rozvinutí infekce. Pro snížení nákladů a hledání nových způsobů ochrany máku proti chorobám byly do pokusu použity přípravky na bázi mědi (Coptrac) a síry (Thiotrac), dále biologický fungicid (Prometheus), s možností použití i v ekologickém zemědělství, a také v polní praxi běžně používaný fungicid Amistar Gold.

Mák je z hlediska intenzity hnojení vůči ostatním pěstovaným plodinám méně náročný. Potřebuje spíše lehčí zásobené půdy a v průběhu vegetace dodání vyrovnané výživy s makro i mikro prvky.

Záměrem této práce také bylo zjistit vliv výše dusíkatého hnojení na výnos a intenzitu výskytu chorob, neboť mák nejeví silné odezvy na přihnojení dusíkem jako např. obilniny. V pokusu byla použita hnojiva DAM 390, NP Complex 20/20 a NAC 27 N. Celý pokus byl rozdělen do dvou variant hnojení, po 60 a 90 kg N/ha.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce bylo ověřit vliv fungicidně účinných přípravků a různé úrovně dusíkatého hnojení na množství a intenzitu chorob u máku setého. Míra tlaku chorob byla sledována u tobolek s ohledem na jejich výnos. V pokusu bylo dusíkaté hnojení rozděleno do dvou úrovní hnojení.

Hypotéza: Při nižších dávkách dusíku je nižší tlak chorob, a proto je k ochraně možné efektivněji využít biologický přípravek nebo listová hnojiva s obsahem mědi a síry.

3 Literární rešerše

3.1 Mák

3.1.1 Původ máku

Mák setý (*Papaver somniferum*, L.) z čeledi makovitých (*Papaveraceae*) a rodu *Papaver*, také označovaný mákem snodárným nebo spánkodárným, byl rozšířen z východní a přední Asie (Schwanitz 1969). V minulosti bylo objeveno více než 100 druhů máku (*Papaver* sp.) (Bechyně et al. 2010). Rostliny z této čeledi se vyznačují vytékajícím mléčným latexem uvolňovaným ze všech částí kromě semen (Tétényi 1996). Lidstvo mák využívalo už od raných dob historie (Kapoor 1995). Jeho pěstování bylo deklarováno v Sumeru před 6 tis. lety. V Evropě byla tato plodina rozšířena a využívána již 3 tisíce let př. n. l. (Kuchtová et al. 2013). Největšího rozmachu ale dostal ve Středověku, kde byl nejvíce pěstován na širokých roztečích, kolem 45 cm, včetně následného jednocení, okopávání a ručního sklizení s vyklepáváním seříznutých makovic. Jeho aktivní pěstování na polích v řádcích 125-250 mm začalo v sedmdesátých letech minulého století, kdy se odplevelení začalo řešit herbicidně, a sklizeň se změnila z ruční na kombajnovou (Bechyně et al. 2010). Je nejvíce pravděpodobné, že kulturní forma máku vznikla z druhu *Papaver setigerum* DC., rostoucí ve středomoří. Tato úvaha je podepřena počtem chromozomů *Papaver* = 11. Oba druhy jsou tvořeny jedinci diploidními ($2n = 22$), tak i tetraploidními ($4n = 44$). Mimo karyotypu jsou si jedinci velmi podobní, jak z hlediska morfologických znaků, tak vlastnostmi (Bechyně & Vašák 2001). Během evoluční diferenciacce byl rod *Papaver* adaptován, jako mnoho dalších vytrvalých taxonů máku, čímž vznikl mák s kratší vegetační dobou a antokyanovou pigmentací (Tétényi 1996).

3.1.2 Druhy a spotřeba máku v ČR

Mezi nejvýznamnější druhy nacházející se v České republice jsou řazeny: mák vlčí (*Papaver rhoeas*), mák pochybný (*Papaver dubium*), mák časný (*Papaver confine*), mák polní (*Papaver argemone*) a mák zvrhlý (*Papaver hybridum*) (Bechyně et al. 2010).

Mák vyprodukovaný v České republice dostává, především díky jeho kvalitativním parametrům, přednost před máky produkovanými v jiných zemích. Česká republika je nejdůležitější světový producent a hlavní obchodník s mákem ve světě. Tuzemský mák je z hlavní části exportován, protože zdejší spotřeba se pohybuje kolem 4-5 tisíc tun (Procházka & Smutka 2012). Spotřeba na osobu v Česku je kolem 300 g. Stejně tak je tomu i v sousedním Rakousku. Nejvyšší spotřeba máku na obyvatele je pravděpodobně v Polsku, přibližně 400 g (Vašák & Vlk 2010). V České republice bylo v roce 2022 vyseto 26 125 ha, z toho nejvíce na Vysočině, téměř 6000 ha. Oproti tomu v roce 2021 bylo oseto přes 43 000 ha máku s průměrným výnosem 0,68 t/ha (ČSÚ 2022).

3.2 Členění

3.2.1 Potravinářský a průmyslový mák

Potravinářské máky mají bílé, červeně, růžově, šedě, žlutě, okrově nebo hnědě zbarvená semena. Nejčastěji pěstovanými máky jsou ovšem modro semenné s obsahem morfinu maximálně do 1 %. Máky průmyslové s barvou černou, šedou a modrou jsou pěstovány s obsahem morfinu v makovině mezi 1,5 – 2,5 % (Vašák & Vlk 2010). Ze semen využitých v potravinářství je využíván olej, jako surovina pro výrobu barev a laků (Laughlin et al. 1998). Mezi nejvýznamnější alkaloidy získávané z máku patří kodein, thebain a papaverin, které jsou hodnotné pro jejich léčivé účinky (Shukla & Singh 2004). Je strategické mák pěstovat, protože je jedinou rostlinou, která tyto alkaloidy produkuje (Patel et al. 2020).

3.2.2 Opiový a semenný mák

V zemědělství jsou nejdůležitější formy máku členěny na mák opiový a semenný, také nazývaným olejným.

Mák opiový je tvořen řadou poddruhů. Opiové máky produkují bílý latex, který je uvolňován z makovic. Produkce tohoto opia je mezi 5 kg/ha až 40 kg/ha. Po ukončení kvetení, a to přibližně 9 dní po opadu květních lístků, nastává opiová zralost. V tuto chvíli se makovice nařezávají, neboť vysoce produktivní mléčnice mají nejvyšší obsah alkaloidů a intenzivně mléčí. Doba vhodná pro zaschnutí latexu na povrchu tobolky je přibližně 24 hodin. Hlavní oblastí pěstující mák za účelem opia a z něj vyrobeného heroinu nebo morfinu je Afghánistán a Latinská Amerika (Kubánek 2009; Vašák & Vlk 2010).

Mák semenný je hojně využíván v potravinářství stejně jako jeho olej ze semen (Dang et al. 2012). Stavba makovice je tvořena menšími mléčnicemi, jejichž produkce je nízká. Mléčnice nevytváří dostatečnou produkci latexu, přesto jsou vídány pokusy s nařezáváním makovic pro získání látky na výrobu drog (Havel et al. 2010).

3.2.3 Jarní a ozimý mák

Mák jarní se v závislosti na letech nachází přibližně na 90-100 % plochy (Vašák & Vlk 2010). Postupující změna klimatu dává možnost vysévat některé jarní plodiny již na podzim. Vyseté jarní plodiny mají mnohdy problémy s nevyrovnaným vzcházením a přisušky (Petr & Honsová 2009). Jarní mák se svou nízkou hmotností vyžaduje mělké setí. Některé roky ukazují, že nepříznivé počasí dokáže prodloužit vzcházení máku až na 30 dní (Zajac et al. 2010).

Ozimý mák je typický bohatě ochlupenými mladými listy s mléčnými skvrnami. Byl vyšlechtěn a pěstován od roku 1990. Z ozimého máku nelze vyšlechtit mák jarní. Příčina je v morfologické změně, která u ozimé varianty nastala. Přednost ozimého máku je v rozvinutém kořenovém systému z podzimu, s nímž odolává jarním přisuškům s mnohdy vyšším výnosem semen než u máku jarního, který špatně reaguje na negativní vláhové podmínky. Ozimý mák je sklizen dříve, což nahrává pěstiteli jak z hlediska počasí, tak i obchodu s touto komoditou. Důležitým bodem v kvalitě semen je olejnatost, která u ozimého máku dosahuje o 5 % vyššího obsahu oleje než u máku jarního (Vašák & Vlk 2010). Při dozrávání je nevhodné deštivé počasí, jelikož semena žluknou a mák je silně napaden chorobami. Čas sklizně ozimého máku mnohdy negativně ovlivňují „medardovské deště“ na konci června a začátkem července (Bechyně & Vašák 2001). Ozimé máky trpí vyšší náchylností k napadení chorobami především k helmintosporióze a plísni makové (Havel & Kosek 2010).

3.3 Biologie máku

3.3.1 Morfologie máku

3.3.1.1 Kořenová soustava

Kořenovou soustavu tvoří hlavní kulovitý kořen dosahující do hloubky cca 75 cm. Na kulovitý kořen navazuje několik silných postranních kořenů s jemnými vláscitými kořínky (Bechyně et al. 2010). Soustava kořenů je poměrně slabá, ale hlavní kulový kořen lehce proniká do půdy (Křištín et al. 1975).

3.3.1.2 Lodyha

Rostlina máku je jednoletá se vzpřímenou chlupatou lodyhou, která může dorůst do výšky 1,8 m. Její povrch je obarven modře voskovým ojněním. Listy nejnižšího patra mají vykrajovanou čepel a jsou protáhlé. Výše postavené listy mají tvar oválný či vejčitý a srdčítým tvarem obklopují lodyhu (Kuhn 1936). V průřezu je lodyha dutá s houbovitou dřevinou. Větve vyrůstající z úžlabí listů se dále rozvětvují. Druhořadé větvení většinou převyšuje stonek (Havel et al. 2010).



Obrázek 1: *Papaver somniferum*
(Syrennius 1613)

3.3.1.3 List

Listy se odlišují dělením na horní, střední a spodní. Horní listy rostou přisedle k větvím. Středním listům v jejich úžlabí vyrůstají větve a spodní se nacházejí pod rozvětvením rostliny. Počet větví závisí na odrůdě a je ovlivňován sponem rostlin. Agrotechnika a vývoj zemědělství by však ocenil rostliny máku nevětvící se, především pro ideální dozrávání (Bechyně et al. 2010).

3.3.1.4 Květ

V květu nalezneme 100 až 250 kusů tyčinek včetně 5 až 24 plodolistů (Habán et al. 2008). Makové květy jsou oboupohlavní. Dva kališní lístky zakrývají poupata, které nejdříve rostou vzpřímeně, potom se celé ohnou a narovnávají se těsně před rozkvetem. V květu máku se nachází čtyři korunní lístky celokrajně utvářené až lehce zvlňené. K dozrání pylu dochází před rozkvetem, proto jsou rostliny opyleny již ve stadiu poupatek. Mák je především samosprašná rostlina, přesto se za špatných podmínek může objevit až 30 % cizosprašnost pomocí větru nebo hmyzu (Havel et al. 2010). Miller et al. (2005) sledovali průběh opylení máku a zjistili, že k opylení větrem došlo v malé míře a nejčastěji byly rostliny opyleny hmyzem.

3.3.1.5 Tobolka

Tobolka neboli makovice zcela uzavřená se nazývá mák slepák. Pokud se pod paprsky blizny nacházejí otvory, jde o mák hledák. Podmínky, prostředí a agrotechnika ovlivňují tvar a velikost tobolek (Bechyně et al. 2010). Tvar makovice napovídá o vyšším obsahu alkaloidů. Kulatý tvar naznačuje vyšší obsah morfinu (Fulara 1968).

V pokusu Iqbal et al. (2017) byla pomocí RGB kamer zjištěna korelace mezi výškou rostlin a naplněním tobolek. Dokázali předpovědět 81 % naplnění makovic.

Počet paprsků na blizně je shodný s počtem lamel v makovicích. Lamely by měly být co nejširší pro maximální osazení semeny. Bliznový terč ovlivňuje vsakování vody do tobolky. Pro odtok vody je ideální tvar střechovitý, při dozrávání je totiž menší tlak chorob než u terčů miskovitých, které vodu pohlcují (Bechyně & Vašák 2001).

3.3.1.6 Semeno a makovina

Maková semena jsou oválná, drobná a obsahují 40-50 % oleje. Jsou využívány ke konzumu, získání oleje a makoviny potřebné ve farmaceutickém průmyslu. Morfin je, stejně jako ostatní alkaloidy, obsažen ve vedlejším produktu, makovině, která obsahuje 7-21 % morfinu, 0,3-6,5 % kodeinu a 5-7,5 % tebainu. Samotná semena alkaloidy neobsahují (Fejér et al. 2008). Jejich struktura je měkká, proto špatně odolávají poškození. Obsažený olej následně proniká na povrch, semena žluknou a hořknou (Havel et al. 2010). Semena jsou zbarvena modře, černě, bíle, šedě, hnědě, žlutě nebo růžově s hmotností tisíce semen v rozpětí 0,3-0,5 g (Křištín et al. 1975). Semena druhu *Papaver* jsou schopné přežít v půdě i pět let (Baskin et al. 2001).

3.3.2 Stanovištní podmínky

Mák je plodinou, která nemá jasně vyhraněné nároky na přírodní podmínky. Pěstování této plodiny je úspěšné ve všech oblastech ČR, které mají nadmořskou výšku až do 700 m. Jeho vegetační doba je 125-140 dnů a nevadí jí jarní mrazíky, které mohou přesáhnout i více než $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ve fázi dlouhivého růstu překoná mrazy do $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při velikosti listové růžice asi 4-8 cm a současně za holomrazu, vydrží rostlina máku po dobu 2-4 hodiny až $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$. Některé odrůdy máku ozimého jsou odolné vůči mrazu až do $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Bechyně et al. 2010)

3.3.2.1 Požadavky na prostředí a předplodinu

Půdní požadavky u máku jsou velmi specifické. Požaduje strukturní půdy s dobrou zásobou vody. Mák velmi zřetelně reaguje na půdní nevyrovnanost, půdní změny nastávající během vegetačního období, kvůli nedokonalým agrotechnickým zásahům, vliv nedostatečné výživy i počasí. Proto je velmi důležitá počáteční důkladná příprava půdy. Pro správný růst máku je nejlepší kyprá, přiměřeně hluboká půda, která má dostatečné množství živin a humusu. Tomu odpovídají zejména středně těžké, hlinité až písčitohlinité nebo hlinitopísčité půdy. Naopak nejhorší půdou je půda suchá a mělká, ale i těžká, neprovzdušená a jílovitá (Bechyně et al. 2010). Ideální předplodina je taková, ke které byl zapraven chlévský hnůj. Nejvíce vhodné jsou okopaniny, luskoviny nebo jeteloviny s dobrým obsahem vápníku. (Křištín et al. 1975).

3.3.3 Agrotechnické postupy

3.3.3.1 Podmítka

Všechny technologie zpracování půdy začínají podmítkou předplodiny na hloubku 8-10 cm. Podmítka obnovuje vzejití plevelů, výdrolu a šetří vláhu zamezením výparu vody. Zajišťuje důkladné rozmístění posklizňových zbytků. Pokud je sláma na pozemku rozdrčena, je vhodné vyrovnat poměr C:N, a to 30-50 kg N/ha v podobě kapalných nebo pevných hnojiv, jako jsou DAM 390 nebo LAV 27. Mák je nejčastěji řazen do osevního postupu po obilovině (Michalíček & Vlk 2010).

3.3.3.2 Minimalizační zpracování

Zpracování půdy minimalizací je doporučeno provést na minimální hloubku 15 cm, jinak dochází na těžších a utužených půdách k větvení hlavního kulového kořene. Rostlina nemá schopnost poutat živiny ze spodních vrstev a je náchylná k poléhání. Jarní předseťovou přípravou půdy se snažíme docílit drobtovité struktury bez zbytečné ztráty vláhy s hloubkou přípravy max. do 5 cm (Cihlár et al. 2007, Michalíček & Vlk 2010).

3.3.3.3 Orba

Při zakládání porostu orbou je ideální provést operaci v termínu, který dovolí podzimní urovnání povrchu. Možností je také provádět orbu společně s taženým drobicím zařízením pro vytvoření povrchu půdy bez hrud, především na těžkých půdách, kde se půda na jaře lehce „maže“. Jarní přípravu půdy je užitečné redukovat pro úsporu vláhy. Jarní příprava půdy se nevyužívá, pokud je secí stroj vybaven aktivním nebo pasivním agregátem na přípravu půdy před secím strojem (Cihlár et al. 2007). Předseťová příprava by měla vytvořit ideální podmínky pro co nejvyšší vzcházejivost rostlin, a přitom brát zřetel na rezidua herbicidů použitých v předcházející plodině (Cihlár & Škoda 2001). V oblastech s rychlým nástupem jara je ideální urovnání povrchu po orbě provést na podzim, aby se před setím snížil počet přejezdů po poli (Habán et al. 2008).

3.3.3.4 Setí

Pro setí máku jsou nevhodné půdy jílovité, stejně jako půdy lehké a písčité. Po předseťové přípravě ihned navazuje setí. Půda by měla být prohrátá, aby nedošlo k zamazání semen, která by nemohla vzcházet (Křištín et al. 1975).

Při rozteči botek 75-150 mm je ideální hodnota výsevku mezi 0,8-1,2 kg/ha k dosažení 50-70 rostlin/m² (Bechyně & Kadlec 2001). Počet vysetých semen by podle Habána et al. (2008) měl být mezi 145–218/m².

Osivo je potřebné zasít na dno seťového lůžka do hloubky 1-2 cm. Semeno by mělo být na těžších půdách zaseto do rýhy, tedy bez pomocných zavlačovačů, a zasypano jemnými hrudkami spadlými z boku brázdičky. Při použití zavlačovačů na písčitých půdách může dojít k rozplavení půdy, rýžky budou zatopeny, a semeno se může dostat až do hloubky 5 cm. Trvalé deště po zasetí podporují vznik nežádoucího půdního škraloupu, který zabraňuje rostlinám pronikat na povrch půdy. Za sucha je možnost převálet pozemek cambridge válci (Bechyně & Kadlec 2001, Michalíček & Vlk 2010).

3.3.4 Růst a vývoj máku

3.3.4.1 Klíčící rostlina

Klíčící rostlina po zasetí vyrůstá ze země ohnutým hypokotylem za 15-20 dnů a špičaté děložní lístky se vidlicovitě rozevírají. V této fázi je rostlina velmi náchylná a zranitelná, proto nedostatek vzduchu, dlouhé sucho, půdní škraloup, choroby a škůdci mohou klíčící rostlinu v krátkém časovém rozmezí zcela zničit. Aby se zabránilo případnému napadení rostlin, je aplikováno insekticidní a fungicidní moření (Cihlár & Vašák 2010).

3.3.4.2 Období pozvolného růstu

Do období pozvolného růstu se řadí fáze klíčení semen, vcházení rostlin a vytváření prvních pravých listů. Růst vzešlých rostlin postupuje velmi pozvolně. Po 3-4 týdnech vzejití mají rostliny 4-5 párů pravých listů. V této době se kulový kořen více zahlubuje do půdy a sílí. Děložní lístky zasychají a rostlina začíná rychle narůstat. V období 7-8 týdnu růstu se prodlužují internodia, lodyha se rychle prodlužuje a sílí (Bechyně et al. 2001).

3.3.4.3 Období největší asimilace

Období největší asimilace je hlavním obdobím růstu rostlin. Rostlině začíná rychle narůstat organická hmota až do úplného vývoje zelených tobolek. Poté začínají odumírat listy a asimilační plocha zmenší svůj objem. V tomto období je důležitá ochrana fungicidy proti chorobám listů, poupat a zelených tobolek před květem (Helmintosporioza). Do tohoto období spadá i kvetení (Bechyně et al. 2001). Pro vývoj květu není primárně hlavní teplota (Wang et al. 1997). Ale délka slunečního svitu, která významně ovlivňuje růst a obsah alkaloidů v rostlině (Chung 1982).

3.3.4.4 Období odumírání rostliny

V době odumírání rostliny roste semeník a po odkvětu ještě více zrychluje jeho nárůst. Postupně se začínají vytvářet tobolky. Nejprve naroste makovice do výsledného tvaru a velikosti, poté, nejprve bezbarvá, semena tmavnou a makovice vysychají. Tobolka se v průběhu zrání proměňuje ze zelené a dužnaté na vybledlou žlutohnědou. Stěna tvrdne a dřevnatí, čímž tobolka dokončí etapu zrání (Bechyně et al. 2010).

3.3.5 Makrofenologická stupnice vývojových fází máku

Tabulka 1: Makrofenologická stupnice máku podle Nováka (Bechyně & Vašák 2010)

1	suché semeno
2	nabobtnalé semeno
3	prasknutí osemení
6	vyrašení zárodečného kořínku ze semene
12	začátek vzcházení, objevení se hypokotylu se složenými dělohami na povrchu
14	dělohy vidlicovitě rozevřeny
22	fáze 1. a 2. pravého listu
24	fáze 3. a 4. pravého listu
27	fáze 7. pravého listu
35	fáze růžice
41	objevení mladého poupěte na krátkém stonku mezi listy přízemní růžice
43	stonek s poupětem je kratší než listy přízemní růžice
45	fáze mladého poupěte-převíslé poupě na stonku nepřevyšuje horní lodyžní listy
47	stonek s převíslým poupětem převyšuje všechny lodyžní listy
49	plná butonizace, květní stopka přímá, poupě vzpřímené
52	začátek kvetení – 10 % rostlin kvete
54	plný květ, kvete většina rostlin
56	konec květu, 90 % rostlin odkvetlých
62	fáze mladé tobolky, dosažení konečného tvaru a velikosti u 10 % tobolek
64	zelená zralost, konečný tvar a velikost u většiny tobolek
72	začátek zrání (žloutnutí tobolek)
74	žlutá zralost, vysychání a zrání tobolek
76	dozrívání tobolek a semen
81	plná zralost, semena v tobolekách chrastí
91	dormance semen
93	ztráta dormance semen

3.4 Ochrana proti chorobám

3.4.1 Fungicidy

Podle Latijnhouwers et al. (2003) se fungicidy dělí na biologické nebo chemické, které inhibují růst hub. U dnešních fungicidů nedochází ke zničení patogena, ale k inhibici jeho růstu, v řádu dnů v lepším případě týdnů. Choroby dokáží silně poničit pěstovanou plodinu a vytvořit významné ztráty na výnosech a kvalitě.

Fungicidy se dělí podle působení na systémové (rozdávěné po celé rostlině), kontaktní (v místě styku) a translaminární (hloubkově působící). Systémové fungicidy jsou xylémem rozváděné po celé rostlině, avšak nárůst nové biomasy látku ředí a chrání tuto část rostliny pouze krátkodobě. Kontaktní fungicidy chrání rostlinu pouze v místě, kde byla aplikovaná látka nanesena. Translaminární fungicidy mají schopnost prostupu aplikované látky z horní strany listu na spodní. Tyto fungicidní prostředky nejčastěji obsahují síru. Málo účinné jsou v koncentraci 0,08 % a silně účinkují v koncentraci do 0,5 %. Práškové formy fungicidů obsahující až 90 % síry, jsou silně toxické a dobře účinné (Brooks & Roberts 1999).

Velký rozmach ve vývoji chemických fungicidů proběhl v 70. letech 20. století. Benzimidazolové fungicidy byly hojně využívány v ochraně rostlin proti padlí (*Erysiphales*). Jejich špatné používání dospělo k příznakům rezistence už v prvním roce používání. Jeho účinnost závisela na inhibici mikrotubulů během mitózy v interakci tubulin-benzimidazolu. Morfolinové fungicidy svou účinností inhibují tvorbu buněčné stěny. Jejich využití je v ochraně zeleniny, révy vinné a proti napadení padlím (*Erysiphales*). Patří do velké skupiny fungicidů inhibující biosyntézu sterolů (SBI), ke kterým patří např. Piperaziny, Imidazoly (účinná látka Prochloraz) a Pyrimidiny (Morton & Staub 2008).

Triazoly jsou skupina širokospektrálních systémových fungicidů, které inhibují demetylaci, zabraňují biosyntéze ergosterolu, jsou nezbytné pro růst a reprodukci plísní. Do této skupiny se řadí účinné látky difenokonazol, fenbukonazol, myklobutanil, propikonazol, tebukonazol, tetrakonazol, triadimefon a tritikonazol. Musí být aplikovány před začátkem infekce patogenem, protože pokud houba začne produkovat spory, triazoly nejsou účinné (Rouabhi 2010).

Strobiluriny, jejichž prodej začal po roce 1996, jsou jednou z nejdůležitějších tříd fungicidů používaných v zemědělství. Účinnost strobilurinů spočívá v inhibici mitochondriálního dýchání v místě cytochromu. Všechny používané strobiluriny, jako jsou azoxystrobin, kresoxim-methyl, metominostrobin, trifloxystrobin, picoxystrobin a pyroclostrobin, mají široké spektrum účinnosti proti chorobám. Každá účinná látka má proti odlišné chorobě různou úroveň ochrany (Bartlett et al. 2002).

SDHI fungicidy inhibují sukcinátdehydrogenázu a zamezují plísním dýchat blokací ubiquinonu v mitochondriálním komplexu. Jejich výhodou je jedinečné působení a místo účinku, u kterého nedochází ke křížení rezistence s jinými třídami fungicidů. Mezi používané inhibitory v zemědělské praxi patří flutolanil, atpenin A5, carboxin, penthiopyrad, boscalid, fluopyram a dinitrophenol – 17 (Avenot & Michailides 2010).

Během vývoje fungicidů došlo k výskytu rezistencí u celé řady účinných látek, u některých došlo ke ztrátě účinnosti celých tříd (Deising & Pascholati 2008).

V maloparcelkových pokusech bylo prokázáno, že fungicidní ošetření máku vede ke zvýšení výnosu v průměru o 17 %. V pokusech byly použity fungicidy Dithane (2 kg/ha), Acanto (0,5 l/ha), Ridomil Gold (2,5 kg/ha), Amistar Xtra (0,5 l/ha), Symetra (1 l/ha) a Propulse (1 l/ha) (Plachká et al. 2016). Od roku 2018 má fungicidně-insekticidní mořidlo Cruiser OSR, hojně využívané v máku, vydanou výjimku k užívání od ÚKZÚZ. Jako možná náhrada se jeví použití biologických látek (Venclová 2022).

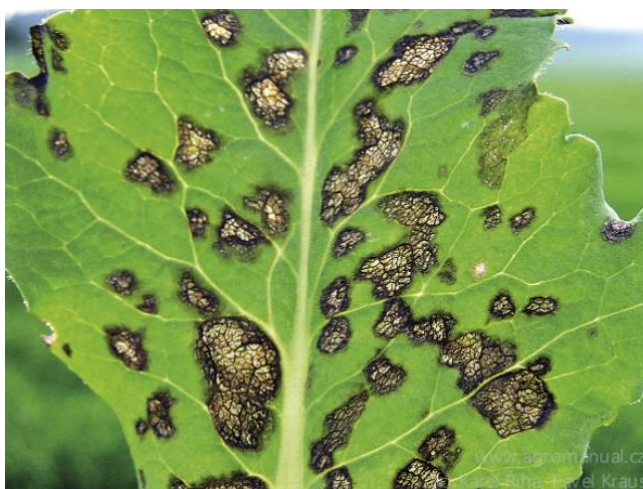
3.4.2 Choroby máku

3.4.2.1 Virózy

Virózy u máku jsou málo probádané. Nejčastější napadení je virem žloutenky řepy (BYV), virem mozaiky řepy (BMV) a virem mozaiky tuřínu. Ostatní viry byly u máku uměle infikovány, proto může být využitý jako hostitelská rostlina i u ostatních virů (Havel et al. 2010). V pokusech bylo prokázáno snížení výnosu napadením virem o 22 %. Výskyt virů v prostředí je vysoký, kvůli vektorům, které napadají i jiné rostlinné druhy. Jako hlavní vektor v porostech máku se prosazuje mšice maková. Rostliny po napadení celistvě žloutnou. Listy mají žluté až hnědé skvrny. Virové žloutenky u máku mají stálý výskyt, ale škody na porostech doposud nedosáhly hospodářsky významné úrovně. Základem ochrany je odstranění vektorů – mšic insekticidy (Bittner et al. 2010).

3.4.2.2 Bakteriózy

Bakteriální skvrnitost máku (*Xanthomonas papavericola*) napadá rostlinu v období dlouhivého růstu. Výskyt je nízký. Místo napadení je viditelné podle zelených okrouhlých skvrn, které rostou, později žloutnou a vysychají. Za nějakou dobu po proniknutí bakterií do rostliny jsou napadené skvrny průsvitné. Světlé skvrny jsou odlišné od tmavých, protože jsou prorostlé bakteriálními vlákny. Ochrana spočívá ve střídání plodin, likvidaci infikovaných listů a hlubokou orbou. (Bittner et al. 2010, Šedivý 2001).



Obrázek 2: Bakteriální skvrnitost listů máku – pergamenovité skvrny na listech, Agromanuál (© Karel Říha, Pavel Kraus)

Stonková bakterióza máku (*Erwinia carotovora*) je málo se vyskytující onemocnění, které se projevuje vadnutím. Zelené rostliny od vrcholu ztrácí turgor a v průběhu 2 až 3 dní vadnou. Pletivo je v horní polovině stonku lámavé a změkklé (Bittner et al. 2010). Stonek je vyplněn hnědým až černým slizovitým hlenem páchnoucím po kvasnicích. U starších rostlin nedochází k lámání stonku, ale pletivo je rozkládáno uvnitř stonku. Nákaza se rozšiřuje na vlhčích půdách (Fejér 2015).

3.4.2.3 Houbové choroby

Helmintospori óza máku (*Helminthosporium papaveris*) byla popsána v roce 1917 (Sawada 1917). Je nejčastěji vyskytující se choroba, která škodí od vzházení do sklizně (Havel et al. 2000). Tato věckovýtrusná houba je nejvíce rozšířena ve strništi makových polí, odkud na jaře vypouští askospory z pseudothecií (Bailey 2000). Mycelium napadá celé tělo rostliny, včetně velké části semen, které mají velmi nízkou klíčivost (Christoff 1930). Příznakem choroby je upadání klíčících rostlin, které vynáší osemení na povrch půdy. V přízemní růžici choroba zaškrcuje kořenový krček. Rostliny nemají přísun vody, odumírají a žloutnou. Na lodyhách se vyskytují modročerné pruhy (Havel et al. 2000). Pruhy mohou být nepravidelně ohraněné, hnědé až světle fialově zbarvené. Napadení se rozšiřuje, skvrny se propojují a listy přednostně zasychají. Houba napadá makovice, nejčastěji menší tobolekky s lehkou deformací. Vnější povrch mycelia je hnědofialový, vnitřní mycelium se proplétá a slepuje semena do shluků. Přenos infekce je přes osivo. Choroba přežívá na pozemku v rostlinných zbytcích napadeného jedince. Její rozvoj podporuje teplé a vlhké počasí (Kazda et al. 2003). Ochrana spočívá v tří až čtyřletém odstupu pěstování máku společně s důkladným zapravením posklizňových zbytků na podzim (Bittner 2010). Napadení houbou způsobuje snížení výnosu až o 50 % (Cihlár & Vašák 2001). Choroba je označována jako nejničivější z hub napadajících listy (Schmitt & Lipscomb 1975). Ballarin (1950) uvádí ve svém pokusu, že houba se zaměřuje hlavně na druhu *Papaver*.

Plíseň šedá (*Botryotinia fuckeliana*) je houba vyskytující se u velkého množství rostlin (Faretra & Antonacci 1987). Jedince napadne v místě poškozeného a křehkého pletiva. Zasažené místo je prorostlé myceliem a láme se. Pokud dojde k napadení poupat, patogen přemění poupě do kašovitě hmoty porostlé konidiofory (Havel et al. 2010). Vhodné podmínky pro rozvoj plísně jsou v hustě založených porostech (Šedivý 2001). Napadení plísní se nejčastěji projevuje na listech starších. Ideální pro její rozvoj jsou vlhké období od fáze dlouhivého růstu po zelené makovice. Vyskytuje se v částech rostliny s vysokou vzdušnou vlhkostí, jako jsou úžlabí listů, odkud prorůstá do stonku. Napadená místa s myceliem mají šedohnědé zbarvení s velkým počtem konidií. Patogen není náročný na teplotu potřebnou k infekci, ta se pohybuje mezi +4 až 28 °C. Onemocnění u máku je bráno jako méně významné (Bittner et al. 2010). Ochrana spočívá v preventivní aplikaci fungicidů. Proti některým přípravkům je plíseň rezistentní (Šedivý 2001).

Plíseň maková (*Peronospora arborescens*) je velice podobná druhu *Peronospora cristata*. Tyto dva druhy mají téměř stejné velikosti konidií. Využívají stejné hostitele a jejich rozpoznání je z morfologického hlediska náročné (Landa et al. 2007). Patogen je schopný vytvořit lokální infekci nebo rozvinout napadení po celé rostlině. Vytváří oospory, jejichž rozšíření vzduchem může být několik set metrů až stovky kilometrů vzdálené (Renfro & Shankara 1987, Davis 1987).

Mladé rostliny viditelně blednou a zaostávají v růstu (Havel et al. 2010). Rostliny jsou napadány v průběhu všech fází. Příznaky jsou zakrnělost, deformace stonků a to, že jedinec ukončuje prodlužovací růst a nenavětvuje, poupatům je zabráněno vykvetení a části rostlin jsou zdeformované a pokryty šedo fialovým povlakem. Makovice jsou špatně vyvinuté a uvnitř se nachází rezavý prášek z přeměněných semen (Cihlár & Vašák 2001). Spodní stranu listu obaluje bílé až šedofialové mycelium. Mycelium ve stonku se nachází pod epidermis v korovém a dřevném parenchymu. Část stonku může být napadena jen z části, která uvadá, a druhá část je deformovaná různým zakroucením. Primární infekce předchází sekundární, která se nejčastěji projevuje před kvetením. Jde pouze o lokální infekci s nekrózami na listech a jemnou sporulací. Vysoké napadení je především u ozimého máku. Dřívější příčinou přenosu bylo setí

nekvalitních infikovaných osiv. Značné je napadení z ozimého máku na jarní, pokud jsou plodiny poblíž. Ochrana je vhodná mořením osiva fungicidním přípravkem (Cruiser OSR), který zabraňuje přenosu infekce ze semen na rostlinu (Bittner et al. 2010). Obecně se plíseň maková nachází na velkém množství sklizených semen (Thangavel 2018).



Obrázek 3: Plíseň maková, Agromanuál (© Karel Říha, Pavel Kraus)

Černání stonku máku je postižení způsobené bakteriemi *Erwinia carotovora ssp.* nebo *Verticillium spp.* Jde o tmavě zbarvené báze stonku, které jsou uvnitř rostliny zčernalé. Vyskytuje se maximálně do 1/3 výšky stonku. U rostlin dochází k předčasnému zrání, makovice jsou menší a napadené rostliny jsou nižší. Kořeny jsou úplně černé s redukcí všech postranních kořenů. Mezi hostitelské rostliny u nás patří řepka ozimá, mák a brambory (Bittner et al. 2010). Prostup do rostliny je velice pravděpodobný jako sekundární infekce po napadení kořenového krčku larvami krytonosce kořenového. Ochrana spočívá v dodržování agrotechnických opatření (Havel et al. 2010).

Sklerociová hniloba máku (*Sclerotinia sclerotiorum*) je houba polyfágní objevující se na velkém množství pěstovaných plodin. Nástup onemocnění a napadení hostitele je přesným a koordinovaným postupem hub (Hegedus & Rimmer 2005). Sklerocia přežívající na posklizňových zbytcích v půdě infikují rostliny přímo myceliem, nebo při povrchu půdy vytvářejí plodničky, které produkují ve vřecích askospory. Tato poletující askospora infikuje rostlinu. Nejlepší podmínky pro vznik infekce je střídavá vlhkost a vyšší teplota (Havel et al. 2010). Napadeny jsou paždí listů a místa rozvětvení jsou zbarvena světle zeleně. Později probíhá zonální postup choroby šířící se po stonku. Napadené části hnědnou, hniloba se rozrůstá po celém obvodu stonku a boční větve odumírají. Při dozrávání semen jsou ve stonku černá

tělíska – sklerocia. Lodyhu rostliny vyplňuje vatovité mycelium (Šedivý 2001). Houba přežívající v půdě udržuje životaschopnost minimálně 3 roky, mnohokrát i déle. Ochrana spočívá v dostatečné vzdálenosti osevního sledu od řepky ozimé nebo slunečnice. Variantou může být použití biologické ochrany pomocí přípravku Contans WG s parazitujícími spory *Coniothyrium minitans*, které se aplikují na strniště po předplodině. Důležité je však neprodleně po aplikaci postřík zapravit do půdy (Bittner et al. 2010). Hniloba nenapadá velké množství rostlin, avšak vyšší až totální napadení se může rozvinout u máku ozimého (Havel et al. 2010). Pokus Laughlina & Munra (2009) ukazuje zvýšený výskyt infekce po aplikaci fosforečných hnojiv.



Obrázek 4: Hlízenka obecná na máku, Agromanuál (© Karel Říha, Pavel Kraus)

Spála a padání rostlin máku je onemocnění, které se na rostlinách máku objevuje před a po vzejití. Nejčastější výskyt je na těžkých půdách, kdy je použito nemořené osivo. Rostliny na slévavých půdách jsou omezeny půdním škraloupem. Během vzcházení upadají a hynou. Jedinci, kteří přežijí mají zaškrcený krček a jsou zvadlí. Vystresované a málo životaschopné rostliny jsou jednoduše napadány ostatními chorobami. Nejúčinnější ochranou je fungicidní moření osiva (Cruiser OSR) nebo ošetření osiva metodou E-ventus (Bittner et al. 2010). E-ventus je nízkoenergetický generátor, který vytváří elektrony pronikající do semen s předem nastavenou hloubkou průniku, jež ionizací zabíjí veškeré patogeny nacházející se v semeni (Röder et al. 2009).

3.5 Výživa a hnojení máku

Mák je rostlina, která nemá silnou absorpční schopnost poutat živiny z půdní zásoby, a proto je nesprávně nazývaná plodinou s nízkým nárokem na živiny. Optimální výživa makro i mikro biogenními prvky ovlivňuje vysokou kvalitu i výnos semen (Havel et al. 2010). Podle Pinke et al. (2011) je mák sporadicky pěstovaný druh s vybíravým postojem na životní podmínky.

3.5.1 Význam jednotlivých prvků

3.5.1.1 Dusík

Mák je plodina, která potřebuje zásobu živin během všech růstových fází (Costes et al. 1976; Ramanathan 1979). Velmi významná je také forma, kterou rostlině poskytneme. Potřeba čerpání dusíku je ihned po vyklíčení až do fáze vývoje generativních orgánů (Pavlíková et al. 1994). V průběhu vegetace rostlina čerpá dusík především z listů (Xu et al. 2012).

V pokusu Lošáka & Richtera (2004) bylo zjištěno, že dusičnan amonný aplikovaný jednorázově, významně neovlivňuje počet tobolek, zatímco dělené dávky a postupné navýšení jejich počet a kvalitu zvyšoval.

Jako ideální se nabízí dělená dávka dusíku $\frac{1}{4}$ při setí, $\frac{1}{2}$ ve fázi listové růžice a $\frac{1}{4}$ před květem (Jain 1990).

V oblastech zranitelných dusičnany se řídí výše dávky dusíku maximální povolenou dávkou 120 kg/ha. Tato dávka je vypovídající pro výnos 1,7 t/ha semen a makoviny. Teplé zimy a vlhké počasí podporuje využití mineralizovaného dusíku (NO_3^- a NH_4^+) z organických látek. Naopak pokud je zima chladnější, probíhá mineralizace v menší míře a je zapotřebí dodat chybějící množství N (Cihlár et al. 2010).

Dusičnanová forma dusíku, kterou v pokusu uvádí Costes et al. (1976), je nejlepší forma dusíku pro růst a vývoj máku. Forma dusičnanová NO_3^- vykazovala vyšší nárůst objemu stonku než forma amonná (NH_4NO_3).

Nitrátový dusík uvolňovaný mineralizací je v půdě mobilní a jeho určitá část se po nějaké době kořenům rostlin vzdaluje (Balík et al. 2012). Hlavní předností u hnojiv obsahujících pouze tuto formu je, že u dusíku nedochází k těkání, volatilizace je 0 % (Ecetoc 1994). Příjem dusičnanů je od teploty 5 °C a před jeho zabudováním ho rostlina musí přeměnit na amoniakální (NH_4^+) (Cihlár et al. 2010). Pohyb a přeměnu dusičnanového dusíku v rostlině ovlivňuje draslík, který při vyšších teplotách a stáří rostliny zvyšuje redukci NO_3^- (Hunter et al. 1982).

Amoniakální forma dusíku se v půdě vyskytuje jako kationt NH_4^+ nebo NH_3 . Velmi malá část je obsažena v půdním roztoku ve formě amonné soli, odkud je pro rostliny ihned využitelná. Ostatní dusík této formy je vázán na sorpční komplex nebo může na horších půdách volatilizovat (20-30 %). Při jeho vytěsnění může být využitý rostlinou nebo fixován (Cihlár et al. 2010). Rostliny přijímají dusík ve formě nitrátové, močovinové, amonné a aminokyselinami.

Velkou roli ve výživě rostlin nese močovina, její příjem rostlinami je zanedbatelný. Musí se rozložit pomocí mikrobiálního enzymu ureázy a následně vzniká uhličitán amonný, který je jednoduše rozkládán společně s uvolňováním amoniaku. Vzniklý amonný dusík je buď ihned zdrojem pro rostliny nebo s pomocí nitrifikačních bakterií oxidován až na dusičnany, které rostliny přijmout mohou (Zehnálek et al. 2006).

Možnost přihnojení máku je při preemergentní aplikaci herbicidu tank mix s DAM 390 dávka 200 l/ha. Nebo formou pevných hnojiv po vzejití (LAV, LAD) do výše 70 kg N/ha (Cihlár et al. 2007). Dávka dusíkatých hnojiv by se měla řídit podle N_{\min} zásoby v půdě. Pokud není dusík dodán jednorázově, je vhodnější variantou rozdělení dávek po 40-60 kg N/ha, od listové růžice až do konce dlouhivého růstu pevnými hnojivy DA, DASA, LAV, LAS. Rostlina

máku pro vytvoření 1 t semen a odpovídající množství makoviny odčerpá 70 kg N/ha (Havel et al. 2010).

V pokuse Roubala (2003) byl výnos máku významně ovlivněn vyšší dávkou N u varianty s podporou regulátoru růstu (metconazol). Nejvyšší výnos byl u hladiny dusíku 100 kg/ha.

Nadbytek dusíku je méně vyskytující se jev u celé řady rostlin. Vzházející jedince negativně ovlivňuje především amonná forma. V ostatních fázích růstu dochází k hromadění minerální formy v rostlinách. Přehnojení porostů a jejich přebujelý růst ovlivňuje vyšší napadení chorobami. Do porostu se špatně dostává světlo a je zde vyšší vlhkost. Při extrémním přehnojení dochází k nekrotám na okrajích listů, z kterého může vyplynout i odumření rostliny. Je to důsledek ukládání velkého množství dusíku k okraji listu. Poškození se projevuje u amonné i nitrátové formy stejně (Vaněk et al. 2007). Nadměrné přehnojení dusíkem negativně ovlivňuje tobolky máku, ty jsou poté křehčí a dochází k lehčímu průniku chorob (Kádár 2001).

Nedostatek dusíku je nejprve vidět na žloutnutí starých listů, které při velkém nedostatku odumírají. V rostlině nastává proteolýza. Dusík ze starších částí rostliny se přesouvá do mladších pro vytvoření semen. Pro odhalení nedostatku dříve, než vizuálně je možné použití chemického rozboru (Zehnálek et al. 2006). Silným projevem nedostatku je světlé zbarvení listů odvislé od nižší tvorby chlorofylu v rostlině (Vaněk et al. 2007). Deficience dusíku v půdě ovlivňuje horší vývin a špatný růst máku. Jedinci jsou nevyrovnaní. Listy jsou zbarveny od bledě zelené po žlutou, dle množství deficitu. Snižuje se HTS a počet semen v makovici (Cihlár et al. 2010).

3.5.1.2 Fosfor

Fosfor ovlivňuje hmotnost rostlin, výnos semen i tobolek, a také nárůst listové plochy při aplikacích v dávkě 20-40 kg/ha. Dobrá zásoba fosforu ovlivňující nárůst sušiny má také kladný vliv na odběr N, K, Ca a Mg (Richter et al. 2006). Mák odčerpá na vytvoření 1 t semene 26 kg P/ha (Havel et al. 2010). Rostlina přijímá fosfor formou aniontů kyseliny trihydrogen fosforečné. K příjmu fosforu potřebuje dostatečné množství energie. Podmínkou dobrého přijímání z půdy je rozvinutí bohaté kořenové soustavy. Dostatečným příjmem následuje rychlejší přechod ke generativní fázi růstu. Rostlina dříve dozrává a její vegetační doba je kratší (Vaněk et al. 2007).

Nadbytek fosforu se téměř nevyskytuje, jeho výskyt je možný v případech nedostatku železa či zinku (Kalina 2005).

Nedostatek fosforu se v prvotních fázích vyznačuje slabě rozvinutými kořeny a pomalým vývinem rostlin. Dochází k narušení energetického metabolismu a jejím důsledkem je snížení hmotnosti rostliny. Hrozí nebezpečí polehnutí. Na listech dochází k hyperchlorofilaci (fialovění) (Cihlár et al. 2010).

3.5.1.3 Draslík

Draslík rostliny přijímají jako kationt K^+ a v rostlinách koluje v iontové formě. Rostlině napomáhá s transportem látek do kořenů, funkcí fotosyntézy a má výrazný podíl na hospodaření s vodou v rostlině. Draslík podporuje dozrávání pletiv a jejich stavbě. Tím zabraňuje poléhání a napadení škůdci. Zvýrazňuje barvy květů a plodů, urychluje stárnutí pletiv. Končící vegetace má nárok na draslík nižší (Vaněk et al. 2007).

Nadbytek draslíku se může projevit omezením příjmu hořčíku a vápníku, což odpovídá nedostatkům těchto živin (Kalina 2005).

Nedostatkem draslíku dochází ke změně metabolismu cukrů a dochází k nižšímu zabudování dusíku do bílkovin. Výsledkem je nižší produkce sušiny. Rostliny špatně odolávají

suchu a zvyšuje se nebezpečí poléhání. Na rostlinách se deficit draslíku viditelně neprojevuje (Cihlár et al. 2010).

3.5.1.4 Hořčík

Hořčík se v rostlinách objevuje jako sloučenina v chlorofylu, fyтину nebo oxalátu. Má důležitou funkci ve fotosyntéze. Jeho příjem rostlinami je v průběhu celé vegetace stálý a nedochází k výkyvům jako u jiných prvků (Vaněk et al. 2007). Pokus Richtera & Lošáka (2006) poukazuje vyšší příjem hořčíku na snížení obsahu kadmia v semenech o 20 %.

Rostlina máku odčerpá přibližně 15 kg Mg/ha (Havel et al. 2010).

Nadbytek hořčíku se u rostlin nevyskytuje, je to dáno dobrou sorpční schopností tohoto prvku a aplikací omezeného množství hořečnatých hnojiv (Vaněk et al. 2007).

Nedostatek hořčíku je viditelný na světle zelených listech, kvůli nízké tvorbě chlorofylu. Typická korálkovitá mozaika na listech se u máku nevyskytuje (Cihlár et al. 2010).

3.5.1.5 Vápník

Vápník je, stejně jako bór, významný v prvních fázích růstu máku, protože zlepšuje zakořenění. Druhé období vyžadující aplikaci vápníku nastává ve fázi háčkování, neboť v semenech je značný obsah vápníku (Nawrath & Hašková 2016). Vápník je rostlinami přijímán kořenovými špičkami. Podporuje dlouhivý růst buněk, má velký vliv na růst kořenů, a především kořenového vlášení. Dostatek vápníku zlepšuje odolnost pletiv proti nepříznivým vlivům, jako je střídání teplot, a napomáhá vyšší odolnosti proti chorobám a škůdcům (Vaněk et al. 2007).

Nadbytek vápníku a jeho negativní vlivy nejsou známy (Kalina 2005).

Nedostatek vápníku zapříčiňuje špatné fyzikální a chemické vlastnosti půdy, dochází k okyselování půdy a snížení pufrace. Tím dochází k rozpouštění cizorodých prvků, které rostlina přijímá. Dochází také ke zlomům vegetačních vrcholů, ohýbání rostlin a špatné tvorbě pylu (Cihlár et al. 2010).

3.5.1.6 Zinek

Zinek je prvek určený k účasti a aktivaci mnoha enzymů a metabolismu uhlíku, lipidů, auxinů, nukleových kyselin, proteinů, respirace a zachovává strukturu biomembrán. Výživa zinkem je velice důležitá pro rostliny a ovlivňuje výnos a kvalitu semene. Je nápomocen ve stresových situacích především v době sucha. Využití mimokořenové aplikace se zlepšuje při vyšších relativních vlhkostech vzduchu (Škarpa et al. 2015). Zinek ve výživě máku příznivě ovlivňuje vývoj pylových tetrad a zlepšuje opylování a vývoj semen (Ender et al. 1983).

Nadbytek zinku a jeho toxicita se objevuje velmi zřídka. Určitá stájová hnojiva mohou zinek obsahovat (Vaněk et al. 2007).

Nedostatek zinku se projevuje tak, že jsou na listech mezi žilnatinou viditelné světlé až bílé skvrny. Vytvářejí se červené nekrotické zóny a listy odumírají, je snížena syntéza RNK, snižuje se obsah bílkovin a škrobu (Vaněk et al. 2007).

3.5.1.7 Síra

Síra je velmi významný činitel při příjmu a transportu dusíku v rostlině (Škarpa & Školníková 2018). Rostlinami je přijímána jako aniont SO_4^{2-} . Do půdy se dostává hnojivy nebo vzdušným spadem. V půdě se uvolňuje a oxiduje na sírany, které rostliny dokáží přijmout. Síra je v rostlině dobře pohyblivá a je dopravována do listů a meristémů. Je zodpovědná za tvorbu specifických látek, jako je vůně, chuť nebo aroma (Vaněk et al. 2007). Síra podporuje dobrý

zdravotní stav máku, využití dusíku a navyšuje zabudování morfinu do makoviny (Richter et al. 2007). Mák patří mezi plodiny, které jsou na dostatek síry velmi náročné (Páleníček et al. 2005). Jeho nároky k vytvoření 1 t semen jsou mezi 17–18 kg síry (Richter & Lošák 2002). Při aplikaci 60 kg S/ha může dojít ke zvýšení výnosu až o 28,2 % a navýšení olejnatosti o 1,5 % (Subrahmanyam et al. 1992).

Nadbytek síry většinou nezpůsobuje žádné negativní účinky, ale při spolupůsobení chlóru s kationty draslíku a sodíku, můžou způsobovat vyšší koncentraci solí v půdním roztoku (Vaněk et al. 2007).

Nedostatkem síry je zprvu omezena syntéza bílkovin a enzymů. Nitráty jsou v nízké míře převáděny na amoniak. Jsou zhoršeny kvalitativní parametry produkce. Viditelný projev je žloutnutí listů, začínající od nejmladších. Později můžou mít i lehce růžové zbarvení. Rostliny hůře rostou, dochází k vyššímu výskytu některých chorob (Vaněk et al. 2007). Každý deficitní kilogram síry limituje růst a dochází ke ztrátám 4-15 kg/N (Schnug 1991).

3.5.1.8 Měď

Náročnost rostlin na výživu mědi je velmi malá. Není kumulována v pletivech, ale je silně fixována v kořenech. Pohyb v rostlině je nízký. Měď podporuje stálost a vitalitu chlorofylu, proto je skoro 70 % obsažena v chloroplastech (Vaněk et al. 2007). Měď je při chemické aplikaci usazena na listech rostlin. Do půdy se z listu dostane pomocí větru nebo smyvem. Jelikož jde o anorganický prvek usazuje se v povrchových vrstvách půdy a následně je využit rostlinami (La Torre 2018).

Nadbytek mědi je nežádoucí, inhibuje růst rostlin a negativně působí na transport při fotosyntéze (Braz 2005).

Nedostatek mědi je pro rostlinu problém. Snižuje se produktivita, ale dochází k aktivaci systémů, které začnou s mědí pracovat hospodárně (Burkhead et al. 2009). Může docházet ke snížení výnosů a nevyužití vyšších dávek dusíku. Také dochází k oddálení generativní fáze růstu (Vaněk et al. 2007).

3.5.2 Fungicidní ochrana sírou a mědí

První zmínky o aplikaci mědi pochází od Prevosta z roku 1807, který prokázal účinnost proti sněti v pšenici. Poté v roce 1882 Millardet a Prilleux vynalezli Bordeauxskou směs pro ochranu plísně v révě vinné (Padney et al. 2016). Pokusy byly také prováděny v Anglii po roce 1845, kde byla síra aplikovaná fungicidně. Později byla Francouzi používána jemná forma síry v kombinaci s mědí a vápnem, což bylo později prokázáno jako velmi účinné proti plísní bramborové a škodám vzniklým chorobami v révě vinné. Po druhé světové válce již byly fungicidy účinkující systémově a fungicidy účinkující nesystémově jako např. síra a měď. Velkou intenzifikací zemědělství a používáním malého spektra fungicidů si choroby vytvářely rezistence (Oliver & Hewitt 2014). Koncem 19. stol došlo k objevu kombinace směsi síranu měďnatého a limetky, která působila proti *Peronospora viticola* (Johnson 1935). Používáním měďnatých látek proti rozvinutým chorobám často nevede k dobrému účinku. Vhodnější je však používání přípravků jako preventivní opatření (Richardson 1997).

Síra je pravděpodobně jeden z nejstarších pesticidů. Její první aplikace byly k fungicidní ochraně ovocných stromů ve směsi s vápnem, pupeny černého bezu a tabákem. Zvýšení účinnosti poskytovalo přimíchání mýdla, které bylo vhodné pro ulpění aplikované látky na rostlině. Na začátku 20. stol byla síra používána jako jeden z nejdůležitějších fungicidů (Tweedy 1981).

Nízké koncentrace mědi jsou dostatečně toxické. Tato vlastnost je využívána k ochraně rostlin proti napadení plísní a bakteriemi. V ekologickém zemědělství je ochrana proti chorobám závislá na prostředcích s obsahem mědi (Richardson 1997). Aktivně zasahuje proti

oomycetám, houbám a bakteriím. Měď musí být dodána na povrch rostlin ještě před propuknutím choroby. Je nízká pravděpodobnost, že by si choroby vytvořily rezistenci, jelikož ionty mědi působí na více místech v rostlině. Toto bohužel neplatí pro bakteriální choroby, u kterých se náhlá rezistence vyskytla (La Torre et al. 2018).

4 Metodika

4.1 Popis stanoviště

Farma Baštýř se nachází na katastrálním území Ondřejov v okrese Pelhřimov, kde byl založen maloparcelkový pokus. Nadmořská výška lokality je 590 m n. m.

Pozemek se nachází v klimatickém regionu 7 – mírně teplý, vlhký. Půda je na tomto půdním bloku hlinitopísčité s hloubkou ornice mezi 0,2 – 0,3 m s celkovým obsahem skeletu do 25 % (VÚMOP 2023).

Katastr se nachází v oblasti chráněné nitrátovou směrnicí a spadá do oblastí znevýhodněných půd ANC-02. Obec a přilehlé pozemky se nachází v ochranném pásmu vodního zdroje Švihov v nejnižším stupni PHO3, bez omezení používání přípravků na ochranu rostlin (eAGRI 2023).



Obrázek 5: Poloha pokusného pozemku Pod Lomem; měřítko 1:1500

4.2 Popis pokusu

Na pozemku Pod Lomem (DPB 8701/5) byl na jaře v roce 2022 realizován pokus s 32 parcelkami. Pokus byl koncipován 4 variantami s 8 opakováními. Založený porost máku byl rozdělen do dvou variant hnojení (60 kg/N a 90 kg/N), každý po 4 opakováních. Byly použité přípravky Amistar Gold, Coptrac + Thiotrac a Prometheus.

Porost založený odrůdou Harlekýn vyšlechtěný ve východním Slovensku je bíle kvetoucí, středně ranou odrůdu s dobrou odolností proti poléhání, díky jeho středně vysokému vzrůstu. Odrůda má dědičné předpoklady pro vysoké výnosy modro semenného máku se spousty semen v makovici (6-8 tis.) a HTS (0,55-70 g). Makovice obsahuje více lamel (Labris 2023). Pokus byl založen ve 4 variantách. K veškerým variantám bylo před setím aplikováno hnojivo NP (20 kg N/ha) a po zasetí byly preemergentně ošetřeny tankmixem DAM 390 (40 kg N/ha) + herbicid Callisto 480 SC.

Po vzejití porostu se vyměřila plocha pokusu. Cesty na procházení široké 30 cm byly prokypřeny ruční plečkou. Rozměr jednotlivých variant byl vyměřen na 5 m². Ošetřování porostu probíhalo zádovým postřikovačem Pilmet Sano 2 o objemu zásobníku 15 litrů. První aplikace proběhla ve fázi BBCH 24 (3. až 4. pravého listu) s přípravkem Prometheus 1 l/ha

v pozdních večerních hodinách pro ideální spojení bakterií s půdou. Následovala ve fázi BBCH 27 (7. pravých listů) aplikace směsi Coptrac (0,5 l/ha) + Thiotrac (5 l/ha) a přihnojení variant s vyšší dávkou N 110 kg hnojiva NAC (30 kg/N). Druhá aplikace přípravku Prometheus probíhala ve fázi BBCH 35 (listové růžice). Poslední aplikační den ve fázi BBCH 47–49 (fáze mladého poupěte až fáze poupěte převyšujícího všechny děložní listy) byl nanesen fungicid Amistar Gold (1 l/ha) a poloviční dávka Coptrac (0,25 l/ha) + Thiotrac (2,5 l/ha).

Tabulka 2: Varianty pokusu

DAM 390 (40 kg/N)							
NP (20 kg/N)				NP (20 kg/N) + NAC (30 kg/N)			
P	C+T	AG	K	P	C+T	AG	K
AG	K	P	C+T	AG	K	P	C+T
AG	P	K	C+T	AG	P	K	C+T
K	C+T	P	AG	K	C+T	P	AG
60 kg/N				90 kg/N			

Přípravky: P – Prometheus; AG – Amistar Gold; C+T – Coptrac + Thiotrac; K – kontrola

4.2.1 Sledované znaky

Účelem sledování bylo zmapovat vliv dvou výší dusíkatého hnojení v kombinaci s variantami fungicidního přípravku (Amistar Gold), biologického přípravku (Prometheus) a fungicidně účinných prvků mědi a síry (Coptrac a Thiotrac) na napadení rostlin máku chorobami s důrazem na výnos semen.

Sledovanými znaky byl počet rostlin, výška rostlin, míra napadení tobolek, počet napadených tobolek, výnos semene a naplnění tobolek.

Počet rostlin dosahoval množství 120 rostlin/m². Na jednu rostlinu připadala v průměru 1,1 ks makovice. Výška rostlin se hodnotila dne 10.7.2022 v zelené zralosti (BBCH 64). Pro hodnocení výšky bylo vybráno 10 průměrně vysokých jedinců. Napadení rostlin chorobami bylo částečně posuzováno během ruční sklizně prováděné 17.8.2022. Pokud rostlina měla viditelné poškození zasahující větší část rostliny a napadení ovlivňovalo velikost makovice a její habitus, byla tobolka sestříhnuta společně s částí stonku a vložena do připraveného igelitového pytle. K posouzení napadení rostlin a její ovlivnění tobolek došlo až těsně před vyklepáváním makovic. Vlastní stupnice napadení vytvořená v rozsahu 1-10 vykazovala sílu poničení patogenem, z čehož hodnoty 1-7 definovaly mírné až střední poškození rostliny s minimálním až středním vlivem na výnos tobolky a hodnoty 8-10 vykazovaly těžké poškození bez schopnosti vysypání semen z tobolek. Zjištění výnosu probíhalo ručním sestříhnutím tobolky pod korunkou a vážením naplněných a vysypaných makovic. Po vyhodnocení výnosu následovalo zjištění množství naplnění tobolek, které se hodnotilo podílem výnosu a celkového počtu makovic z varianty.

4.3 Použité přípravky

4.3.1 Prometheus

Prometheus je biologický přípravek chránící řepku, hořčici, slunečnici, mák a druhy zelenin proti houbovým chorobám postihující rostliny z půdy. Snižuje pH půdy a uvolňuje

živiny z organickém materiálu. Původcem ochrany jsou bakterie rod *Pseudomonas*. Bakterie pracují v symbióze s rostlinou. Chrání kořen před chorobami, neboť jsou schopny omezovat životaschopnost půdních sklerocií. Pozitivum je v dobré odolnosti bakterie proti intenzivnímu zemědělství, není ovlivněna hnojivy ani pesticidy. Naopak pomáhá rozložení reziduí pesticidů. Vytvořenou symbiózou dochází k lepšímu příjmu živin, i těch, které doposud nebyly rostlině dosažitelné. Preparát byl laboratorně testován na chorobách *Sclerotinia*, *Phoma lingam*, *Botrytis cinerea* a *Verticillium*, kde bylo zjištěno, že bakterie díky uvolňování metabolických látek dokáží udržovat patogeny v odstupu. Ročníky s nižším výskytem chorob vykazují zlepšení výnosů a olejnatosti u rostlin, díky zpřístupňování živin a uvolňování nepřístupných anorganických sloučenin. Přípravek je vhodný do všech půd kromě černozemí s vysokým obsahem organických látek (Monas Technology 2023).

4.3.2 Amistar Gold

Amistar Gold je fungicidní přípravek proti fómové hnilobě, hlízence obecné, červenohnědé skvrnitosti slunečnice a mnoha chorobám v cukrové řepě. Minoritní povolení je také do máku proti padlí, hlízence obecné, fómové hnilobě a alternariové skvrnitosti. Účinnou látkou je *azoxystrobin* (125 g/l) a *difenoconazol* (125 g/l). *Azoxystrobin* má systematické účinky, ukončuje přenos elektronů během dýchání mitochondrií. Jeho účinek je především ochranný, musí být aplikován před nebo v prvních fázích vývoje patogena. *Difenoconazol* je látka schopná pozastavit vývin hub inhibicí ingosterolu v buněčné membráně. Jde o systémový fungicid s účinky preventivními a kurativními (Syngenta 2023).

4.3.3 Coptrac + Thiotrac

YaraVita Coptrac 500 je suspenzní přípravek obsahující oxidy mědi o koncentraci 500 g/l. Jde o koncentraci s 5x vyšším obsahem chelátů mědi než u jiných přípravků.

YaraVita Thiotrac je přípravek obsahující velmi dobře rozpustnou síru pro rostliny. Příjem rostlinou je rychlejší v podobě suspenze. Obsah síry je 300 g/l. Přípravek obsahuje 200 g N / l (z toho 138 g/l N amonného) pro vyrovnaný poměr N:S v rostlině.

4.4 Použitá hnojiva

4.4.1 DAM 390

DAM 390 je hnojivo obsahující dusičnan amonný (42,2 %) a močovinu (32,7 %). Rozložení forem dusíku je ½ amidická, ¼ nitrátová a ¼ amonná. DAM je možné kombinovat s celou řadou pesticidů a mnohdy se dávka pesticidu snižuje z důvodu vyšší účinnosti při kombinaci s hnojivem. Je vhodný pro základní přihnojení jarních plodin. K vyšší účinnosti dospějeme, pokud je hnojivo zapraveno do půdy. Aplikaci přes list je důležité provádět mimo silné sluneční záření – hrozí popálení listů. Kombinace s vodou je mnohdy nebezpečnější k popálení než aplikace čistého hnojiva (Vaněk et al. 2007).

4.4.2 NP Complex 20/20

Complex 20/20 +8SO₃+Zn je hnojivo obsahující 20 % dusíku z toho 7,5 % v dusičnanové formě a 12,5 % ve formě amonné. P₂O₅ je obsažené z 20 %, SO₃ z 8 % a zinek z 0,015 %. Hnojivo je vhodné především pro aplikaci pod patu u kukuřice. Všechny živiny jsou vodorozpustné a pro rostliny dostupné (Borealis 2023).

4.4.3 NAC 27 N

NAC je hnojivo ledek amonný s vápencem obsahující 27 % dusíku. Dusík je ve hnojivu rozdělen na formu dusičnanovou 13,5 % a amonnou 13,5 %. Obsažený oxid vápenatý (CaO) je zde z 11,5 % (Borealis 2023). Hnojivo je fyziologicky zásadité s dobrou rozpustností ve vodě. Dusík je z hnojiva lehce přijatelný rostlinami a dobře pohyblivý v půdě, až snadno vyplavitelný do hlubších vrstev půdy.

4.5 Technologie pěstování

Tabulka 3: Přehled termínů a operací na pokusném pozemku

Podzim 2021

09.10.2021	sklizeň předplodiny (brambory)
15.10.2021	aplikace dolomitického vápence (2,5 t)
19.10.2021	hloubkové kypření (28 cm)

Jaro 2022

10.03.2022	předseťová příprava půdy (5 cm)
24.03.2022	základní dávka hnojiva NP (20 kg/N)
24.03.2022	setí, hloubka 1 cm, rozteč řádků 14,5 cm
25.03.2022	pre. Callisto 480 SC (0,25/ha) + DAM 390 (40 kg/N)
09.05.2022	post. Agil 100 EC (0,8 l/ha)
19.05.2022	post. Laudis (2,25 l/ha)

Jaro 2022 - vlastní aplikace do pokusu zádovým postřikovačem

10.05.2022	Prometheus (1 l/ha) + 400 l vody
14.05.2022	Coptrac (0,5 l/ha) + Thiotrac (5 l/ha) + 400 l vody
14.05.2022	NAC (30 kg/N)
05.06.2022	Prometheus (1 l/ha) + 400 l vody
16.06.2022	Amistar Gold (1 l/ha) + 300 l vody
16.06.2022	Coptrac (0,25 l/ha) + Thiotrac (2,5 l/ha) + 400 l vody
17.08.2022	ruční sklizeň

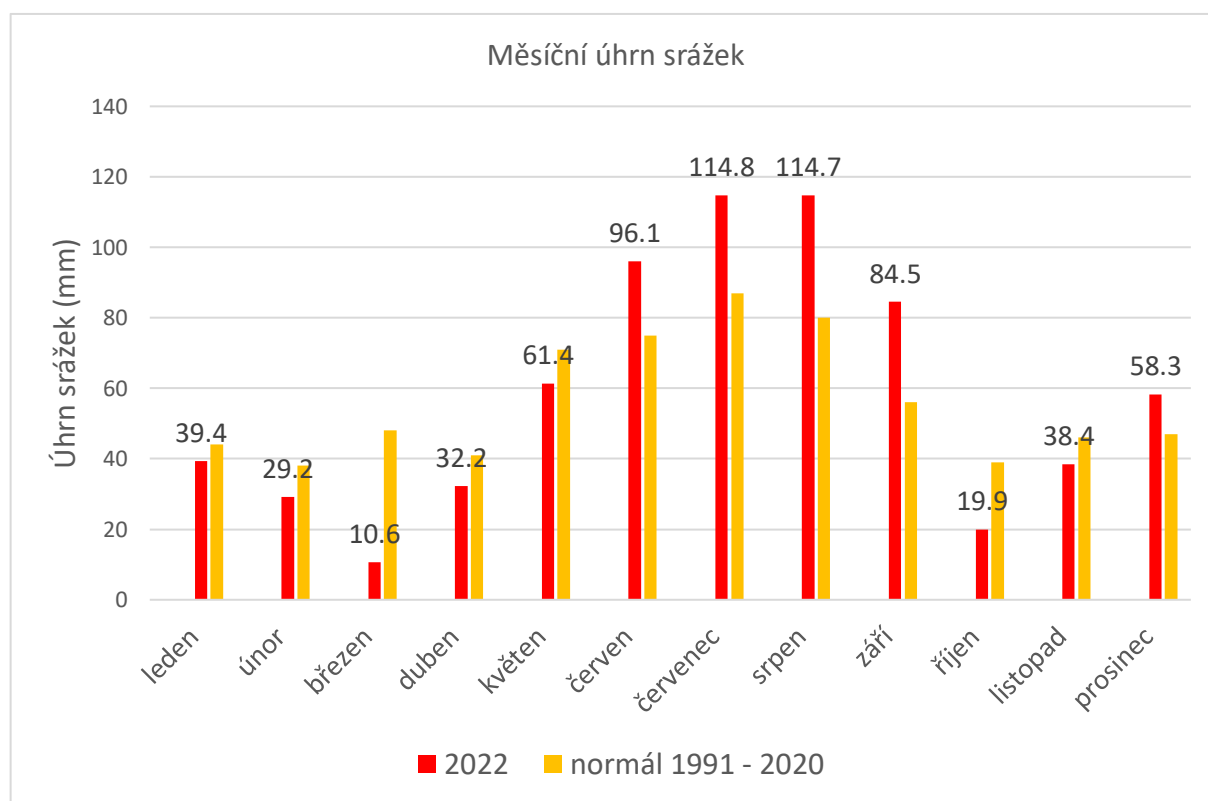
Předplodinou máku setého byly v roce 2021 škrobárenské brambory, pod které bylo na podzim v roce 2020 aplikováno 30 t hnoje na ha. Po sklizených bramborách následovalo vápnění dolomitickým vápencem o dávce 2,5 t/ha a podzimní kypření strojem Horsch Terrano 3 FX do hloubky cca 28 cm bez osazení křídly. Hlavním cílem bylo dobré urovňání povrchu po zbytcích hrůbků brambor a rozrušení utužených půdních agregátů v místech častých přejezdů odvozové techniky. Jarní příprava půdy probíhala diskovým podmiřákem Horsch Joker 6 CT do hloubky 5 cm. Po přípravě půdy došlo k zamoknutí urovnaného povrchu. Na prokypřený povrch bylo aplikováno 100 kg hnojiva NP 20/20. Výsev probíhal secím strojem Horsch Pronto 4 DC s demontovanými zavlačeči na secích botkách a roztečí výsevních disků 14,5 cm. Hloubka výsevu byla 1 cm a pracovní rychlost dosahovala v rovinných úsecích 15 km/hod. Odrůda máku Harlekýn byla vysévána v dávce 1,5 kg/ha. Během 24 hodin byl aplikovaný preemergentní herbicid Callisto 480 SC v tankmixu se 100 l DAMu 390. Poslední herbicidní zásahy na pokusné části pozemku byly ze strany pana majitele v aplikaci graminicidu Agil 100 EC a později ještě postemergentní aplikace herbicidu Laudis.

4.6 Průběh počasí

4.6.1 Srážky

V lednu roku 2022 lze srážky charakterizovat jako střední až nižší a jejich úhrn byl 39,4 mm. Ne jinak je tomu v dalším měsíci únoru, kde byl rozdíl srážek s normálem v množství 8,8 mm. Je zřejmé, že tyto nižší úhrny srážek ovlivnily jarní vzcházení máku setého. Březen byl velmi suchý a teplý, s minimálními srážkami ve výši 10,6 mm. Dlouhodobý průměr v tento měsíc dosahoval 48 mm, což komplikovalo vzcháživost rostlin. Duben je srážkově srovnatelný s rokem 2020, ale přesto je hodnota normálu na 41 mm, to je o 21 % více než ve sledovaném roce 2022. Květnový úhrn srážek lze charakterizovat jako lehce podprůměrný. Prokazuje to i porovnání s předchozími dvěma lety, jde o nejnižší úhrn z uvedených ročníků, nevyjímaje normálu. Měsíce červen, červenec a srpen byly srážkově velmi vydatné v průměru o 25,7 %. Jejich tři měsíční souhrn srážek 325,6 mm je téměř polovina všech srážek za celý rok 2022.

Počátek vegetace byl pro rostliny srážkově silně nedostatkový. Květnové deště v době nejvyšší potřeby vláhy dosahovaly nižšího až středního množství ve srovnání s dlouhodobým průměrem. Přesto došlo v roce 2022 k dosažení hranice 700 mm, čemuž nejvíce napomohly letní deště, které pozitivně ovlivnily druhou polovinu vegetace máku.

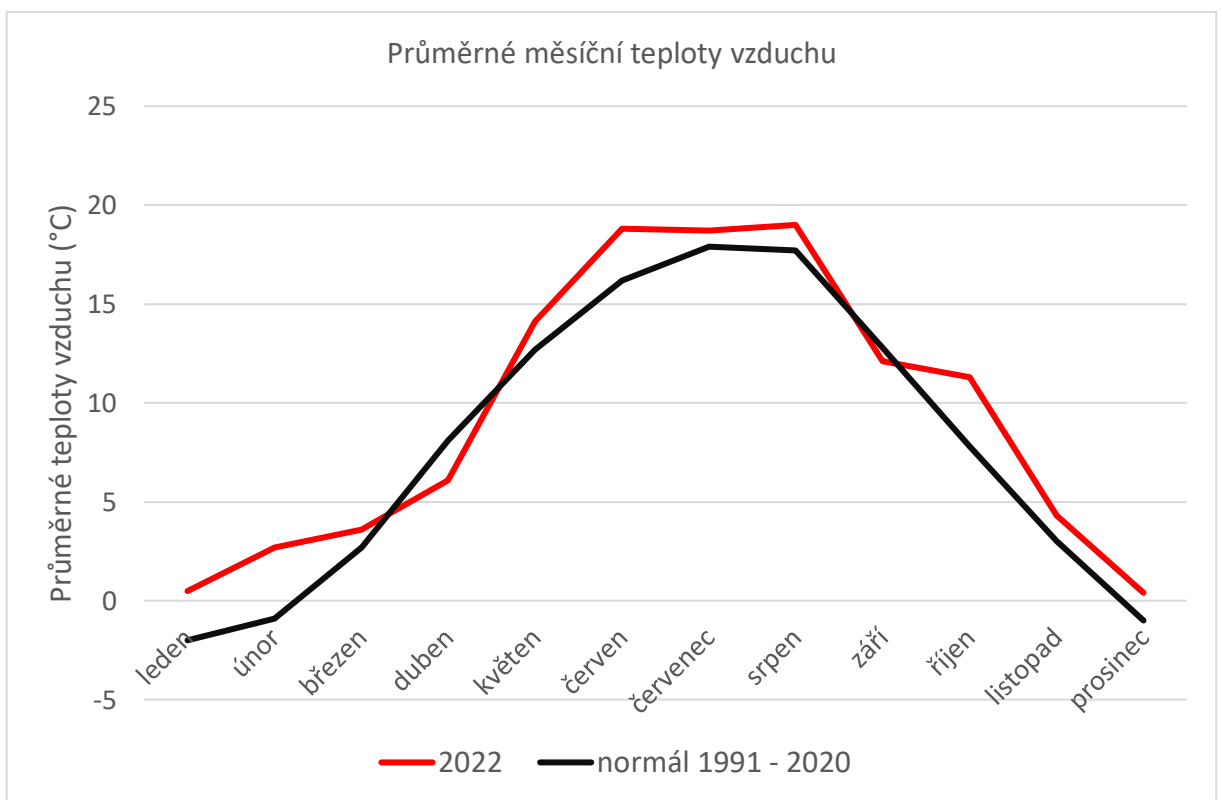


Graf 1: Měsíční úhrn srážek – lokalita Božejov (mm)

4.6.2 Teploty

Přechod z prosince 2021 do ledna 2022 byl velmi teplý, jeho teplota byla 0,5 °C. Průměrná teplota měsíce únor byla 2,7 °C, teplejší byl jenom rok 2020, kdy byla teplota ještě o jeden stupeň vyšší. Celkově bylo zimní období před výsevem máku teplé. Suchý březen 2022 napomáhal k časnému založení porostů a jeho průměrná teplota dosahovala 3,6 °C, což ale po

zasetí máku (24.3.2022) komplikovalo vzházení klíčících rostlin. Duben 2022 lze charakterizovat jako chladný, teploty se držely nízko a průměrná měsíční teplota vzduchu byla na úrovni 6,1 °C, což je přesně o 2 °C pod normálem. Mák přešel z relativně teplého a slunečného měsíce března do chladného měsíce dubna a jeho porost byl nevyrovnaný, nehledě na první tři mrazivé dubnové dny. Měsíc květen byl teplotně nadprůměrný a společně s červnem byl rozdíl teplot oproti dlouhodobému průměru vyšší o více jak 2 °C. Červenec s průměrnou teplotou 18,7 °C lze charakterizovat jako mírně teplý. Téměř s totožným průměrem teplot můžeme definovat i měsíc srpen. Sklizeň máku probíhala 17.8.2022 a od 20.8.2022 přišlo chladné období, ve kterém se na několik dní teplota snížila rázem o 6 °C na teploty mezi 13-16 °C.



Graf 2: Denní hodnoty teploty vzduchu – lokalita Košetice (°C)

5 Výsledky

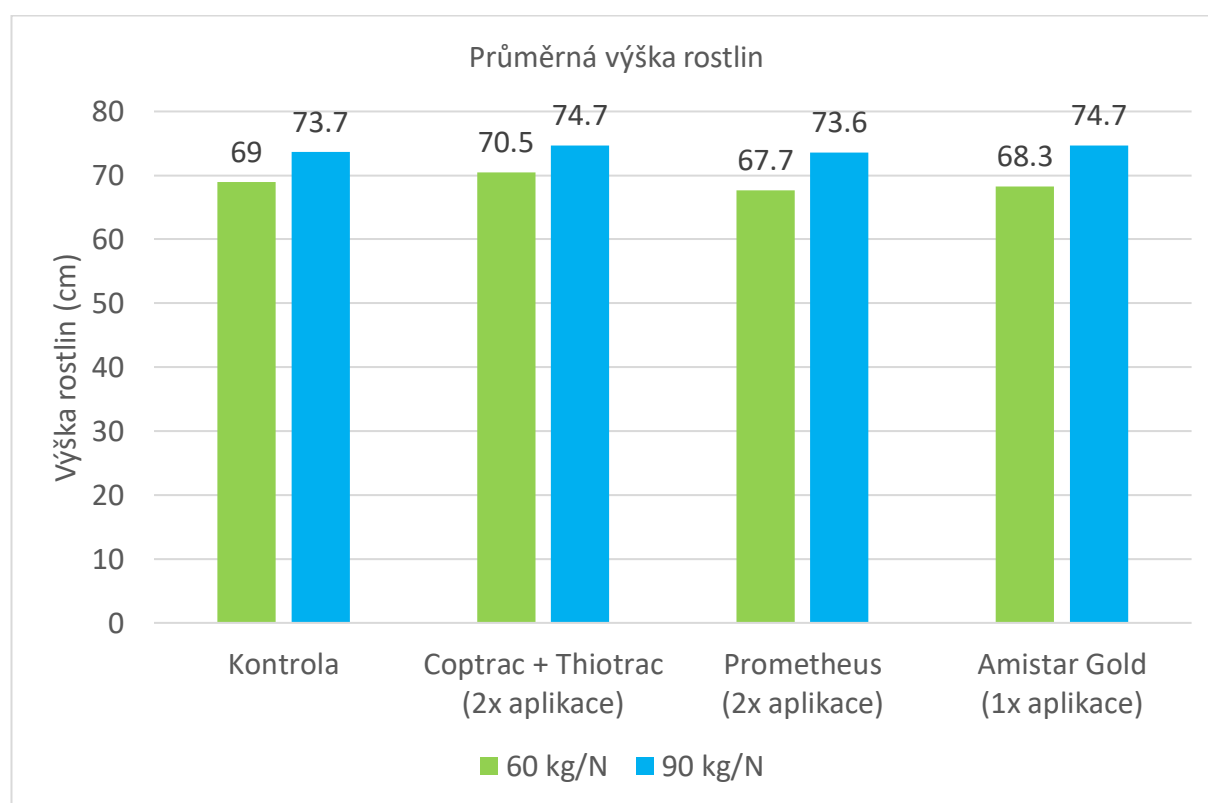
5.1 Výška rostlin

Z grafu č. 3 můžeme porovnat průměrnou výšku rostlin máku odrůdy Harlekýn. Výška byla hodnocena dne 10. 7. 2022 ve fázi BBCH 64 – při zelené zralosti, kdy je dokončena stavba a tvar většiny tobolek.

Výsledné hodnoty u variant s 60 kg N/ha lze charakterizovat jako více proměnlivé. Nejnížší rostliny jsou u přípravku Prometheus s výškou rostlin 67,7 cm. Druhé v pořadí jsou rostliny ošetřené přípravkem Amistar Gold. Nejvyšší rostliny se nacházely po aplikaci Coptracu + Thiotracu s výškou 70,5 cm.

Nejvyšší naměřené hodnoty, u varianty s vyšším množstvím N, mají přípravky Amistar Gold a Coptrac + Thiotrac, jejich výška je shodná na 74,7 cm. U všech přípravků včetně kontroly, není patrný razantní výškový rozdíl. Rostliny jsou oproti kontrole průměrně vyšší, maximálně o 1 cm. Kontrola je podle uvedených dat vysoká 73,7 cm a výška u přípravku Prometheus činí 73,6 cm.

U varianty ošetřené fungicidem Amistar Gold je viditelný největší rozdíl ve výškách rostlin mezi více a méně přihnojenou variantou. Rozdíl dosahoval 6,4 cm. Průměrná výška všech rostlin s nižší dávkou N byla 68,88 cm, což je v průměru o 5,3 cm nižší než u varianty s hnojením vyšším.



Graf 3: Průměrná výška rostlin máku (cm) hodnoceno dne 10. 7. 2022 výběrem 10 rostlin lokalita Ondřejov

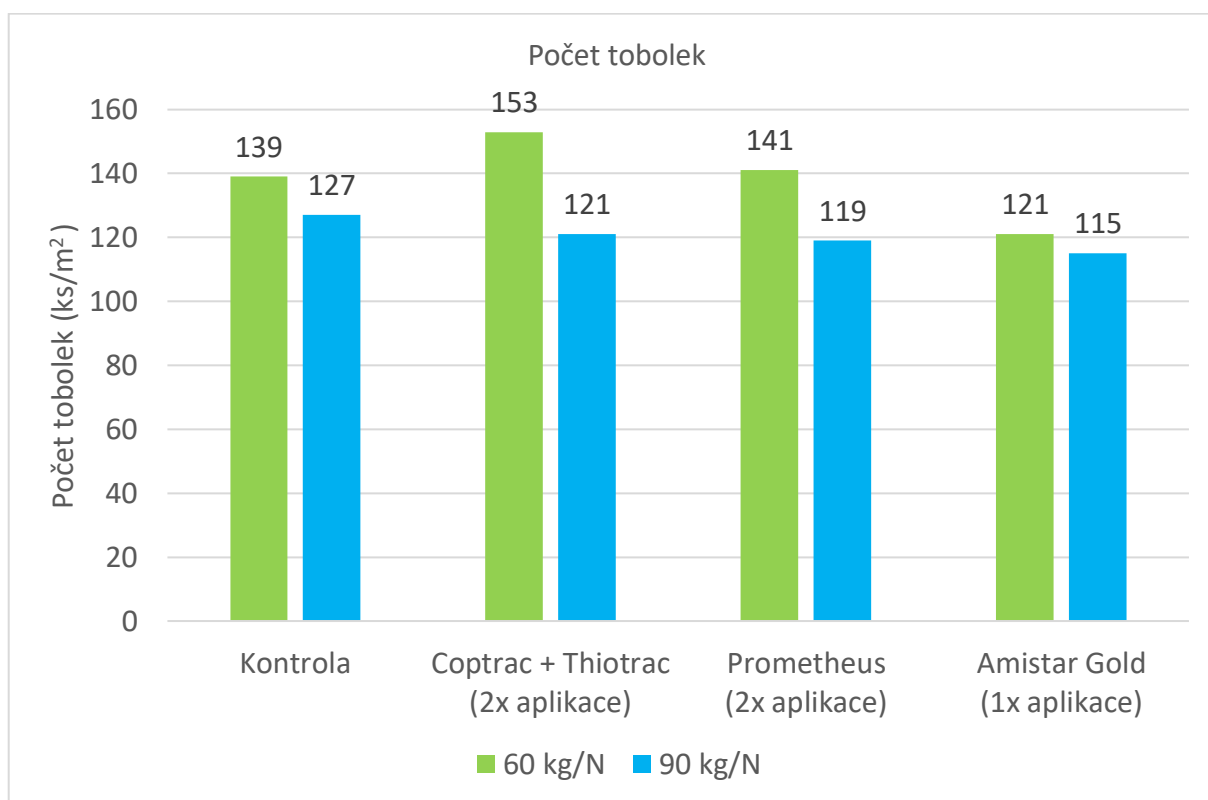
5.2 Počet tobolek

Počet tobolek byl počítán v průběhu sklizně dne 17. 8. 2022 po ručním uříznutí makovic, které se konalo jeden den před samotnou kombajnovou sklizní zbytku osetého pole.

Varianty s 60 kg/N lze charakterizovat zvýšeným průměrem počtu tobolek na m², než měla druhá z variant hnojení. Nejvyšší počet tobolek se nacházel u varianty s přípravkem Coptrac + Thiotrac (153 tobolek/m²). Na druhém místě byl přípravek Prometheus s počtem 141 kusů tobolek/m². Kontrola dopadla téměř srovnatelně jako biologický přípravek. Nejméně tobolek vyrostlo u varianty s fungicidem Amistar Gold. Celkově vyšší počet tobolek, u nižší hladiny hnojení, byl zapříčiněn zhoršenými půdními podmínkami v kombinaci s vláhově nepříznivým jarním obdobím.

V modrém sloupci s 90 kg N/ha je téměř srovnatelný výsledek po aplikaci přípravku Prometheus, jako u kombinace přípravků Coptrac + Thiotrac. Hodnoty vykazují sestupnou tendenci od kontroly až k fungicidu Amistar Gold. Kontrola s přihnojením na vyšší úroveň dusíku měla nejvyšší počet tobolek s počtem 127 kusů/m². Amistar Gold dopadl s počtem tobolek nejhůře, jeho varianta obsahovala 115 kusů/ m².

Nejvyšší rozdíl počtu tobolek u jednoho přípravku se projevil u ošetření Coptracem + Thiotracem v obou variantách hnojení s rozdílem 32 kusů makovic na m². Nejnižší nárůst tobolek byl zjištěn u rostlin ošetřených přípravkem Amistar Gold, což ukázaly hodnoty v obou variantách hnojení u tohoto fungicidu.



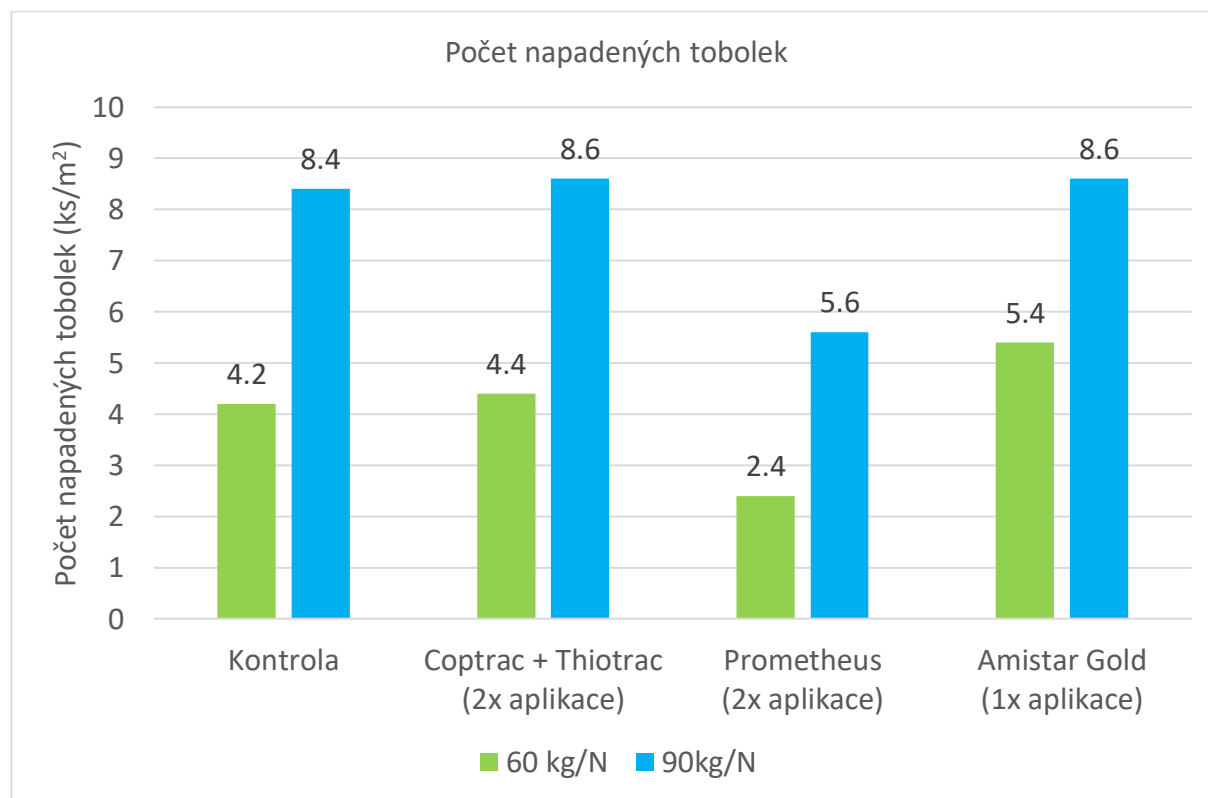
Graf 4: Počet tobolek (ks/m²) lokalita Ondřejov, rok 2022

5.3 Počet napadených tobolek

Graf č. 5 s počtem napadených tobolek vykazuje velmi silné kolísání. Toto sledování bylo vyhodnoceno částečně při sklizni, ale především při vyklepávání tobolek. U variant s 60 kg/N na ha se nejnižší napadení projevuje u přípravku Prometheus. Zde byly na 1 m² napadeny pouze 2,4 tobolky na m². Tento počet je o 2,2 kusů na m² nižší než na kontrole. Naopak nejvíce postiženy byly rostliny u fungicidu Amistar Gold. Zde dochází ke značnému zvýšení napadených jedinců.

Modrý sloupec v grafu č. 5 s 90 kg N/ha má u Amistaru Gold stejnou hodnotu napadení jako Coptrac + Thiotrac, a to na počtu 8,6 kusů tobolek/m². Podobně je na tom i kontrola, u které je hodnota o 1,2 kusu na m² méně. Nejvíce napadená varianta byla, jako u nižšího hnojení, u přípravku Amistar Gold.

Pokud porovnáme nejvyšší a nejnižší hodnoty napadení, a nebereme v úvahu dusíkaté hnojení, je patrný skokový rozdíl v počtu napadených makovic s číslem 6,2 kusů/m² mezi přípravky Coptrac + Thiotrac a Prometheus. V obou variantách hnojení vykazuje nejlepší výsledky biologický přípravek Prometheus. U přípravků Coptrac + Thiotrac je rovněž patrný velký odstup hodnot mezi dvěma úrovněmi dusíkatého hnojení tj. 4,2 kusů/m². Nižší množství dusíku lze dle grafu charakterizovat jako vhodnější pro menší výskyt chorob. Průměrný počet napadených tobolek dosahoval u varianty s nižší hladinou dusíku počtu 4,1 ks/m², oproti tomu varianty s 90 kg/N na ha měly průměrný počet napadených tobolek 7,8 ks/m², což je nárůst téměř o 50 %. Přihnojení vyšší dávkou dusíku mělo za příčinu častější výskyt chorob na tobolekách.



Graf 5: Počet napadených tobolek (ks) lokalita Ondřejov, rok 2022

5.4 Míra napadení tobolek

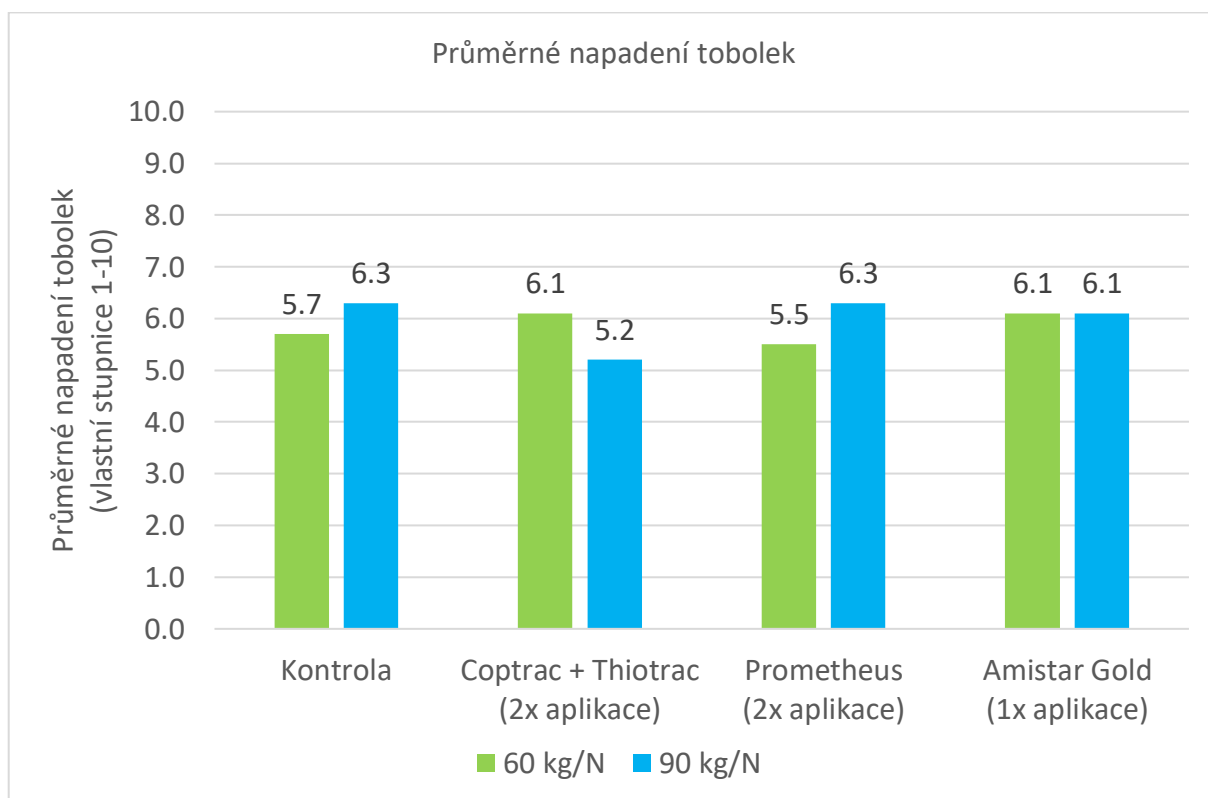
Míra napadení tobolek byla klasifikována vlastní stupnicí napadení a, podobně jako počet napadených tobolek, vyhodnocena při sklizni máku, ale pečlivěji dohodnocena při vyklepávání makovic.

Variety hnojení vykazují rozdíly v průměrném napadení tobolek chorobami.

Plochy s 60 kg/N ukazují sloupcově nižší míru napadení. Hodnota kontroly u nižšího dusíkatého hnojení se nachází na stupni napadení 5,7. Kontrolu převyšují přípravky Coptrac + Thiotrac a Amistar Gold ve stejném stupni napadení 6,1. Nejnižší projev patogenů proběhl u biologického přípravku Prometheus, u kterého dosáhly stupně napadení 5,5.

U variant s 90 kg/N je nejvyšší napadení tobolek na hodnotě 6,3, a to u kontroly. Stejně úroveň dosahuje i přípravek Prometheus. Amistar Gold byl vyhodnocen stupněm napadení 6,1 v obou úrovních dusíkatého hnojení.

Pokud nebereme v úvahu rozdílné úrovně přihnojení, k celkově nejnižší míře napadení tobolek došlo u přípravků Coptrac + Thiotrac a k nejvyšší míře napadení u kontroly a přípravku Prometheus (6,3). Obě varianty hnojení vykazují rozdíly ve stupni napadení tobolek chorobami.



Graf 6: Průměrné napadení tobolek (vlastní stupnice 1-10) lokalita Ondřejov, rok 2022

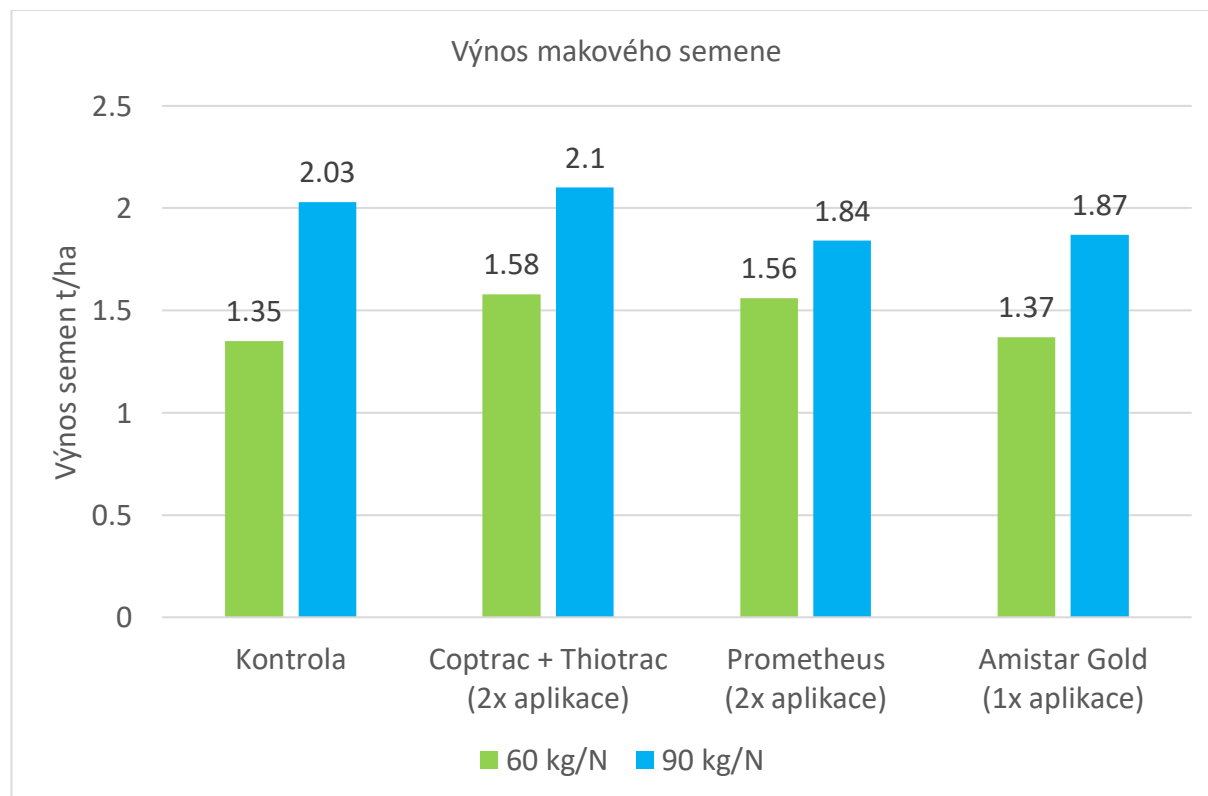
5.5 Výnos makového semene

Sklizeň máku byla realizována ručním sestřiháváním tobolek a po jejich vyklepání a zvážení byl vyhodnocen výnos semen. Graf č. 6 charakterizuje výnos semene podle variant.

Variety s 60 kg/N jsou u přípravků Coptrac + Thiotrac charakterizovány nejvyšším výnosem 1,58 t/ha. Nejnižší výnos u této varianty hnojení měla kontrola, a to s hodnotou 1,35 t/ha. Podobný výnos měl i fungicid Amistar Gold s výnosem o 20 kg/ha vyšším než kontrola. Biologický přípravek Prometheus výnosově dosáhl na hladinu 1,56 t/ha, což je výnos o 1,3 % nižší než vítězná kombinace přípravků Coptrac + Thiotrac u variant s nižší úrovní dusíkatého hnojení. Prometheus je tedy na téměř stejné hladině výnosu jako kombinace přípravků Coptrac + Thiotrac, kolem 1,57 t/ha.

Variety s 90 kg/N jsou dle grafu výnosnější. Jejich nejvyššího výnosu dosáhly taktéž přípravky Coptrac + Thiotrac s množstvím 2,1 t/ha. Nejnižší výnos 1,84 t/ha byl vyhodnocen u biologického přípravku Prometheus. Mezi nejvyšším a nejnižším výnosem této úrovně dusíkatého hnojení je rozdíl 0,26 t/ha. Kontrola je výnosnější než přípravek Prometheus a Amistar Gold, přesto jí s výnosem 2,03 t/ha k nejvyššímu dosaženému množství semen na ha chybí 70 kg. Výnos Amistaru Gold byl 1,87 t/ha, to je podobný výnos jako u ošetření přípravkem Prometheus (1,84 t/ha). Variety s hnojením 90 kg/N na ha lze tedy rozdělit do dvou výnosových hladin, nad 2 t/ha, kam můžeme zařadit kontrolu s Coptracem + Thiotracem, a pod 1,9 t/ha, ke kterým se přiblížily přípravky Prometheus a Amistar Gold.

Při porovnávání výnosu mezi oběma variantami hnojení je zřejmý rozdíl dosažených maximálních výnosů. Průměrný výnos varianty s vyšším dusíkatým hnojením je 1,96 t/ha a průměrný výnos varianty s nižším dusíkatým hnojením je 1,46 t/ha. Rozdíl mezi těmito průměry je přesně 0,5 t/ha.



Graf 7: Výnos makového semene (t/ha) lokalita Ondřejov, rok 2022

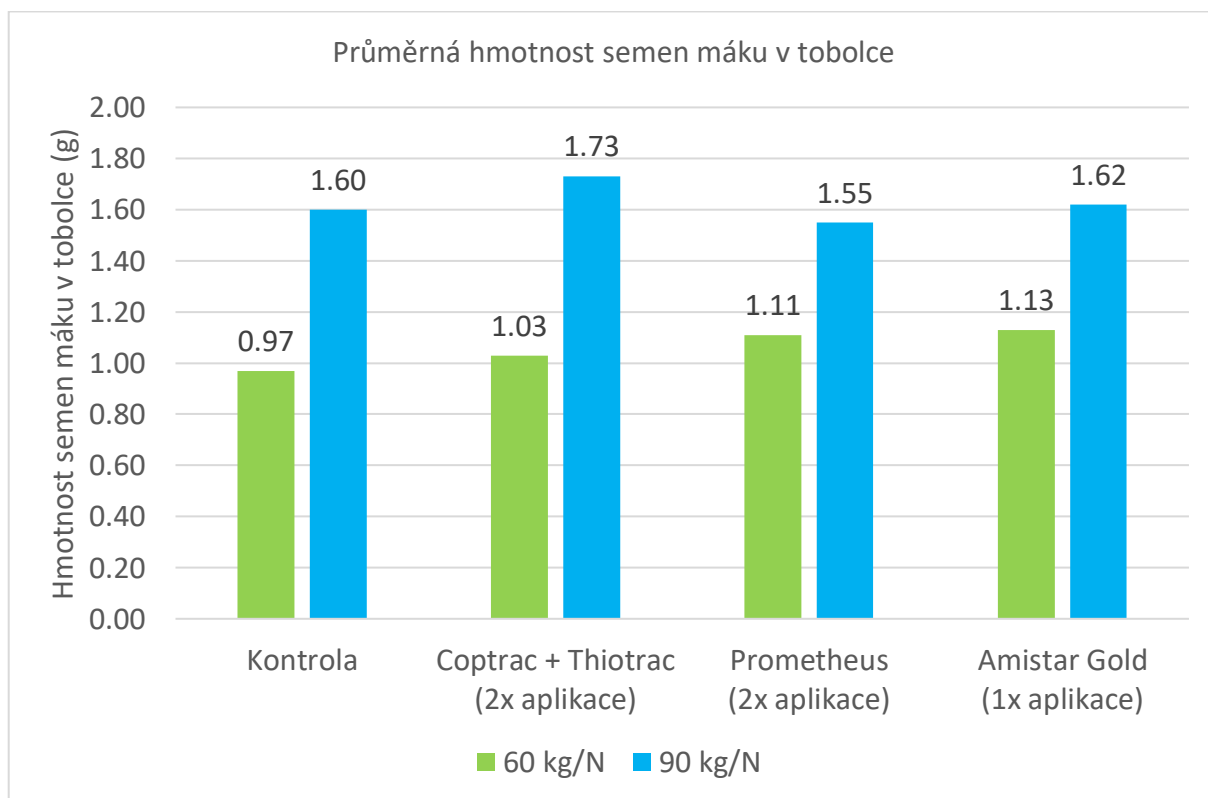
5.6 Průměrná hmotnost semen máku v tobolce

Průměrná hmotnost máku v tobolce byla stanovena podílem výnosu semen a počtem tobolek z jednotlivých variant.

U variant s nižší hladinou dusíku docílila kontrola naplnění tobolek o průměrné hmotnosti 0,97 g. Ošetření přípravky Coptrac + Thiotrac mělo oproti kontrole pozitivní vliv na výnos, a proto naplnění makovic dosahovalo 1,03 g/tobolku. Nejvyšší hmotnost semen v tobolce způsobilo ošetření přípravkem Amistar Gold, s množstvím 1,13 g/tobolku. Makovice u varianty s nižší úrovní dusíku dosahovaly po aplikaci přípravku Prometheus o 0,02 g méně semen na tobolku než u fungicidu Amistar Gold (1,13 g).

Variety s 90 kg N/ha vykazují vyšší množství semen v tobolce. Nejvyššímu obsahu semen v tobolce napomohla aplikace přípravků Coptrac + Thiotrac, s průměrnou hmotností semen 1,73 g/tobolku. Nejnižší výnos semen z jedné tobolky však byl u rostlin ošetřených biologickým přípravkem Prometheus s hmotností máku v tobolce 1,55 g. Ošetření fungicidem Amistarem Gold mělo podobnou hmotnost semen v makovici jako kontrola a pohybovaly se v množství nad 1,6 g/tobolku.

Při porovnání obou variant hnojení je patrný vyšší obsah tobolek u hladiny s 90 kg N/ha. Amistar Gold u obou typů hnojení ukazuje nejmenší procentuální rozdíl (30 %) mezi hodnotou 1,13 g a 1,62 g. Podobný výsledek, ale s hmotnostním rozdílem 40 %, je také u přípravků Coptrac + Thiotrac a Prometheus. Pokud srovnáme výsledek více hnojené kontroly s hmotností 1,6 g/tobolku a méně hnojené kontroly s 0,97 g/tobolku, vyjde jejich rozdíl hmotnosti 0,63 g, tj. odlišnost v necelých 65 %.



Graf 8: Průměrná hmotnost semen máku v tobolce (g) lokalita Ondřejov, rok 2022

5.7 Souhrnný přehled vyhodnocených výsledků

Následující tabulka č. 4 ukazuje celkové hodnoty výsledků. Je zde viditelný vliv rozdílných dávek dusíku na jednotlivé parametry zjišťovaných znaků.

Více přihnojená varianta má vyšší hodnoty daného znaku, naopak méně přihnojená varianta pokusu dosahovala nižších výsledků. Tato korelace vyšších hodnot u více přihnojené varianty se neprojevuje u sledovaného znaku, průměrný počet tobolek na 1 m², kde méně přihnojená varianta dosáhla vyššího počtu tobolek na m². Zde se projevil v průběhu vegetace negativní vliv půdních a vláhových podmínek.

Tabulka 4: Celkový přehled zjištěných výsledků

Sledované znaky	Dávka kg N/ha	Kontrola	Coptrac + Thiotrac (2x aplikace)	Prometheus (2x aplikace)	Amistar Gold (1x aplikace)
Výška rostlin (cm)	60 kg/N	69	70,5	67,7	68,3
	90 kg/N	73,7	74,7	73,6	74,7
Ø Počet tobolek na 1 m ²	60 kg/N	139	153	141	121
	90 kg/N	127	121	119	115
Počet napadených tobolek na 1 m ²	60 kg/N	4,2	4,4	2,4	5,4
	90 kg/N	8,4	8,6	5,6	8,6
Ø Napadení tobolek (stupnice 1-10)	60 kg/N	5,7	6,1	5,5	6,1
	90 kg/N	6,3	5,2	6,3	6,1
Výnos semene (t/ha)	60 kg/N	1,35	1,58	1,56	1,37
	90 kg/N	2,03	2,1	1,84	1,87
Ø Hmotnost máku v tobolce (g)	60 kg/N	0,97	1,03	1,11	1,13
	90 kg/N	1,6	1,73	1,55	1,62

5.8 Ekonomické zhodnocení

Tabulka č. 4 ukazuje ekonomické výsledky aplikací různých přípravků a dvou úrovní hnojení oproti kontrole.

Tabulka u varianty 60 kg N/ha jasně ukazuje ztrátovost oproti kontrole -796 Kč/ha u přípravku Amistar Gold. Pozitivní finanční bilanci dosáhla aplikace přípravku Prometheus se ziskem 9110 Kč/ha. Varianta s ošetřením Coptrac + Thiotrac byla nejvíce výdělečná. Měla nejnižší náklady na ošetření a zisk činil 10391 Kč/ha. Náklady na hnojiva byly v ceně 3258 Kč/ha.

Vyšší hladinu dusíku můžeme charakterizovat jako více nákladnou z důvodu vyšší intenzity hnojení a to o 850 Kč/ha. Se ziskem skončila varianta s kombinací přípravků Coptrac + Thiotrac v částce 2391 Kč/ha. Ostatní aplikace zůstaly, v porovnání s kontrolou, ztrátové. Ošetření Amistarem Gold bylo ekonomicky nevýhodné o 9796 Kč/ha. K ještě horšímu výsledku dospěla, oproti kontrole, dvojitá ochrana Prometheem se ztrátou -10890 Kč/ha.

V porovnání obou úrovní hnojení je znatelný vliv nákladnosti průmyslových hnojiv. Přípravek Prometheus, u varianty s 60 kg N/ha, byl ziskový, ale u navýšeného dusíkatého hnojení ztrátový. Rozdíl ztrátové a ziskové varianty tohoto přípravku činí 1780 Kč/ha.

Při výpočtu tržeb byla použita průměrná nabídková cena máku od firmy Frumenta s.r.o. Vysoké Mýto, a to 50 000 Kč/t. Cena aplikace přípravků na ochranu rostlin byla stanovena 200 Kč/ha (Služby Mazanec). Hnojiva NAC 27 N s cenou 7660 Kč/t a hnojiva NP Complex 20/20 s cenou 10980 Kč/t byla zakoupena od firmy Borealis Agrolinz Melamine za nákupní cenu ze srpna 2021. Hnojivo DAM 390 dodala firma Agroalfa a.s. s cenou 16200 Kč/t. Ceny přípravků Coptrac s obsahem mědi za 362 Kč/l, Thiotrac s obsahem síry za 80 Kč/l a fungicid Amistar Gold za 1596 Kč/ha byly vypočteny z ceníku firmy Lukrom, spol. s.r.o. z roku 2021. Cena biologického přípravku Prometheus činila 595 Kč/l (Monas Technology 2022).

Tabulka 5: Ekonomické zhodnocení jednotlivých variant v porovnání s kontrolou

Dávka 60 kg N/ha				
Varianty	Kontrola (výnos 1,35 t/ha)	Coptrac + Thiotrac (2x aplikace)	Prometheus (2x aplikace)	Amistar Gold (1x aplikace)
Cena hnojiv DAM 390 + NP Complex 20/20 Kč/ha	3258			
Cena přípravků (včetně aplikace 200 Kč/ha) Kč/ha	0	1109	1390	1796
Rozdíl výnosu oproti kontrole t/ha	0	+0,23	+0,21	+0,02
Rozdíl v tržbách oproti kontrole před odečtením nákladů (cena máku 50 Kč/kg) Kč/ha	0	+11500	+10500	+1000
Zisk/ztráta oproti kontrole (64 242 Kč/ha) po odečtení nákladů Kč/ha	0	+10391	+9110	-796
Dávka 90 kg N/ha				
Varianty	Kontrola (výnos 2,03 t/ha)	Coptrac + Thiotrac (2x aplikace)	Prometheus (2x aplikace)	Amistar Gold (1x aplikace)
Cena hnojiv DAM 390 + NP Complex 20/20 + NAC 27 N Kč/ha	4109			
Cena přípravků (včetně aplikace 200 Kč/ha) Kč/ha	0	1109	1390	1796
Rozdíl výnosu oproti kontrole t/ha	0	+0,17	-0,19	-0,16
Rozdíl v tržbách oproti kontrole před odečtením nákladů (cena máku 50 Kč/kg) Kč/ha	0	+3500	-9500	-8000
Zisk/ztráta oproti kontrole (97 391 Kč/ha) po odečtení nákladů Kč/ha	0	+2391	-10890	-9796

6 Diskuze

Polní pokus máku setého odrůdy Harlekýn s předplodinou škrobárenských brambor byl vysetý 24. 3. 2022 v množství 1,5 kg/ha. I přes časný výsev byla struktura půdy vhodná k setí. Jak uvádí Cihlár et al. (2007) mák by měl být vysetý do prohrátého a strukturního povrchu půdy. Bohužel, porost velmi dlouhou dobu vzházel z důvodu chladného a srážkově podprůměrného měsíce dubna.

Při předset'ové přípravě bylo aplikováno hnojivo NP Complex 20/20 a po zasetí došlo k herbicidní ochraně celého pozemku preemergentním přípravkem Callisto 480 EC v tank mixu s hnojivem DAM 390. Stejnou kombinaci doporučuje i Duffek (2014) po založení porostu. Pozemek byl v průběhu tří týdnů ještě ošetřený herbicidem Agil 100 EC a postemergentně herbicidem Laudis.

Vlastní prací byla fungicidní ochrana předem vyznačeného pokusu. Rozmístění přípravků bylo rozvrženo dle (tabulky č. 2) a pokus byl rozdělen na dvě úrovně hnojení. První spočívala v základním přihnojení před setím a aplikaci hnojiva při herbicidní ochraně do výše 60 kg N/ha. Druhá varianta hnojení dosahovala výše 90 kg N/ha. V pokuse Roubala (2003) bylo prokázáno, že výživa dusíkem společně s aplikací morforegulátoru významně ovlivňuje výnos máku. V jeho pokuse bylo hnojení cíleno na 100 kg N/ha s výsevskem máku 1,5 kg/ha.

Sledovaná byla výška rostlin, která se u obou variant hnojení pohybovala mezi 67,7 až 74,7 cm. Spitzer & Klemová (2012) uvádí ve svém pokusu s morforegulátory růstu podobné výšky rostlin máku od 65 do 75 cm.

Podle Richtera et al. (2006) negativní projev snížení počtu tobolek na 1 m² zapříčiňuje fosfor, který ale zároveň pozitivně ovlivňuje jejich naplnění. Nejvyšší počet tobolek byl zjištěn u přípravků Coptrac + Thiotrac varianty s nižší dusíkatým hnojením. Nedostatečná homogenita pozemku a špatné vláhové podmínky v první polovině vegetace, jež měly pravděpodobně vliv i na nižší množství semen v tobolce, byly možným důvodem zvýšení počtu tobolek na rostlině.

Stupeň napadení tobolek byl sledován bez zřetele na konkrétní chorobu, ale s ohledem na tlak patogenů vůči makovicím a konečnému výnosu. Jak uvádí v pokusu Plachká et al. (2016) k nejnižší intenzitě napadení tobolek docházelo s přípravkem Propulse a kombinací Amistar Xtra s Dithane. Přípravek Dithane byl v jejich pokuse aplikovaný v druhém pravém listě a Amistar Xtra ve výšce 20 cm a na počátku květu. Amistar Gold je sice odlišný přípravek, ale se zmíněným Amistarem Xtra sdílí jednu účinnou látku, azoxystrobin. Přesto se Amistar Gold umístil jako varianta s druhým nejvyšším stupněm napadení. Mohlo to být dáno sníženým obsahem účinné látky azoxystrobin, téměř o 75 g a špatnou aplikační dobou, neboť přípravek musí být aplikovaný kvůli jeho preventivním a kurativním účinkům v prvních fázích vývoje patogenů. V kombinaci s vyššími srážkami a teplotami, časného rozvoje a vysokého tlaku chorob nemuselo dojít k jeho dostatečnému působení.

Ve variantě s nižším dusíkatým hnojením dokonce skončil Amistar Gold společně s Coptracem + Thiotracem jako nejvíce napadená varianta. Minimální napadení makovic se stupněm 5,2 dosáhla kombinace síry a mědi v přípravcích Coptrac + Thiotrac. Síra a měď je již historicky považována za fungicidy, ne jinak je tomu i u známé Bordeauxské směsi od Millardeta, která také pracuje na bázi mědi (Somers 1968). Napadení tobolek Helminthosporiózou bylo pokusně sledováno v Lešanech. Jejich hodnoty u odrůdy Lazur a Opál

při použití fungicidů dosahovaly průměrného počtu 8,6 ks/m² (Cihlár & Vašák 2001). Nejméně napadených tobolek bylo zjištěno u biologického přípravku Prometheus, a to v obou úrovních hnojení. Nejvíce napadených makovic bylo překvapivě zjištěno u fungicidu Amistar Gold a kombinaci přípravků Coptrac + Thiotrac s počtem 8,6 makovic na 1 m². Coptrac + Thiotrac měly sice nejnižší stupeň napadení, ale počet napadených tobolek byl u této varianty nejvyšší.

Výnos makového semene vyhrála kombinace Coptrac + Thiotrac s množstvím 2,1 t/ha. Plachká et al. (2016) uvádí, že fungicidní ošetření máku ovlivňuje výnos v průměru až o 17 %. Jejich nejlepšího výsledku v Opavě opět dosáhly přípravky Dithane a Amistar Xtra s výnosem 1,95 t/ha. Navýšení výnosu o podobně zmíněných 17 % bylo dosaženo na nižší hladině dusíku mezi kontrolou a přípravky Coptrac + Thiotrac. Směs těchto dvou přípravků dosáhla téměř shodného výnosu jako kontrola (2,1 t/ha). U varianty s 90 kg N/ha toto navýšení nebylo oproti kontrole prokázáno.

Prokinová (2009) uvádí, že napadení tobolek houbovými chorobami je velmi časté a během infekce patogeny dochází k poškození semen, jejich slepení a tvorbě mycelia. Přípravek Prometheus, v jehož variantě bylo nejméně napadených tobolek, ovšem propadl, protože se stal variantou s téměř nejvyšším stupněm napadení oproti kontrole. Rostliny ošetřené tímto přípravkem nejčastěji vykazovaly hodnoty napadení tobolek 8-10, které nebylo možné vysypat, často obsahovaly místo semen oranžový prášek nebo mycelium.

Při pokusu v Červeném Újezdě byla sledována průměrná hmotnost semen v makovici, která u zdravé rostliny na terminálním stonku dosahovala přes 2,5 g/tobolku a u vedlejší makovice s retardovanými rostlinami množství nad 1,7 g/tobolku (Pšenička et al. 2009). To je větší množství semen na jednu tobolku, než je znázorněno v grafu č.8. Dosažení jejich horní hranice naplnění tobolky se v mém pokuse nepodařilo u žádné z variant. Vyšší varianta hnojení vykazuje průměrné naplnění 1,6 g/tobolku a varianta s nižší hladinou dusíku dosáhla v průměrné hmotnosti semen 1,1 g na makovici. Rozdílné hodnoty množství semen v tobolce z Červeného Újezdu a mnou získané výsledky mohou být vysvětleny odlišnou intenzitou hnojení a faktem, že ve vlastním pokuse mohla mít vliv na hmotnost semen v tobolce půdní nevyrovnanost a špatné vláhové podmínky, zvláště u varianty s nižší hladinou dusíku.

Ekonomický přínos mohu potvrdit po použití směsi Coptrac + Thiotrac při nižší hladině hnojení, a také u varianty s biologickým přípravkem Prometheus. Vyšší hladina hnojení z důvodu větších nákladů na hnojiva nedosáhla tolika ekonomických výsledků. Výhodně v této hladině hnojení vyšla pouze jedna z variant, opět ta se směsí Coptrac + Thiotrac. Zbylé dva přípravky Prometheus a Amistar Gold byly oproti kontrole prodělečné.

7 Závěr

Z vyhodnocených výsledků a ekonomiky všech přípravků a hnojiv jsou patrné klady i zápory každé z pokusných variant. Vypovídající pozitivní vliv fungicidního ošetření máku je především u varianty s nižším dusíkatým hnojením. Je zřejmé, že vyšší dusíkaté hnojení tvoří ideální podmínky pro silnější tlak chorob.

Nejlepších výsledků dosáhlo ošetření mědí a sírou v kombinaci přípravků Coptrac a Thiotrac, jak z hlediska výnosového, tak i ekonomického. Jako jediná z variant totiž dosáhla kladné finanční bilance v obou variantách hnojení. Také ošetření biologickým přípravkem Prometheus dosáhlo uspokojivých výsledků. Jehož ochrana půdními bakteriemi velmi výrazně ovlivnila počet napadených tobolek, který byl nižší, a může pomoci intenzivnějšímu používání tohoto přípravku ve fungicidní ochraně máku.

Naopak neuspokojivé hodnoty vykazovaly tobolky po ošetření běžně používaným fungicidem Amistar Gold. Napadení tobolek u této varianty bylo silné, a s ohledem na jeho nejvyšší pořizovací cenu, i neekonomické, a to v obou úrovních hnojení.

Ekonomické zhodnocení dává za pravdu, že je zde viditelná výnosová rozdílnost na základě množství dodané dusíkaté výživy. Úspora dusíkatého hnojení sice ovlivňuje výnos semen máku, který je nižší, ale zároveň, podle získaných údajů, nedává možnost intenzivnějšímu výskytu chorob.

Pro objektivní prokázání uvedených dat a sestavení konkrétního doporučení fungicidní ochrany máku setého je nutné pokus opakovat a ověřit, zdali se povede dosáhnout stejných výsledků i v jiném ročníku.

Do praxe lze zatím na základě těchto získaných výsledků doporučit fungicidní ochranu v kombinaci s nižším množstvím dusíkatých hnojiv a ochranu šetrnějšími přípravky na bázi mědi, síry nebo ochranu s pomocí biologického fungicidu.

Podle hypotézy by měla nižší dávka dusíkatého hnojení snížit tlak chorob a tím umožnit efektivnější využití biologického přípravku a listových hnojiv s obsahem mědi a síry. Tímto pokusem byla hypotéza potvrzena.

8 Literatura

- Anderseon M, Baskin CC, Baskin JM, Milberg P. 2001. Non-deep simple morphophysiological dormancy in seeds of the weedy facultative winter annual *Papaver rhoeas*. *Weed Research* **42**:194-202.
- Avenot HF, Michailides TJ. 2010. Progress in understanding molecular mechanisms and evolution of resistance to succinate dehydrogenase inhibiting (SDHI) fungicides in phytopathogenic fungi. *Crop Protection* **29**:643-651.
- Bailey BA, Apel-Birkhold PC, Akingbe OO, Ryan JL, O'Neil NR, Anderson JD. 2000. Nep1 Protein from *Fusarium oxysporum* Enhances Biological Control of Opium Poppy *Pleospora papaveraceae*. *Phytopathology* **90**:812-818.
- Balík J, Černý J, Kulhánek M. 2012. Bilance dusíku v zemědělství. Powerprint, Praha.
- Ballarin C. 1950. Studies on *Helminthosporium papaveris*. *Phytopathologische Zeitschrift* **16**:400-442.
- Bartlett DW, Clough JM, Godwin JR, Hall AA, Hamer M, Parr-Dobrzanski B. 2002. The strobilurin fungicides. *Pest Management Science* **58**:649-662.
- Bechyně M, Kadlec T. 2001. Údaje pro výsev. Page 37-39. Mák. Agrospoj, Praha.
- Bechyně M, Novák J, Vašák J, Zupalová H. 2010. Biologie máku, požadavky na prostředí, ideotyp, alkaloidy. Pages 33-64. Mák. Power Print, Praha.
- Bechyně M, Vašák J. 2001. Biologie máku. Pages 13-23. Mák. Agrospoj, Praha.
- Bittner V, Kabíček J, Prokinová E, Rotrekl J, Šedivý J. 2010. Ochrana máku proti poruchám, škůdcům a chorobám. Pages 185-196. Mák. Powerprint, Praha.
- Borealis. 2023. Hnojiva. Available from (March 2023).
- Braz J. 2005. Brazilian Journal of Plant Physiology. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy. Available from <https://www.scielo.br/j/bjpp/a/F43kT7jYFPygVtd86sLGBYx/abstract/?lang=en> (March 2023).
- Brooks GT, Roberts TR. 1999. Pesticide Chemistry a Bioscience. Royal Society of Chemistry, London.
- Burkhead JL, Kathryn A, Reynolds G, Abdel-Ghany SE, Cochu CM, Pilon M. 2009. Copper homeostasis. *New Phytologist* **182**:799-816.
- Cihlár P, Hřivna L, Lošák T, Roubal T, Richter R, Škarpa P. 2010. Výživa a hnojení máku. Pages 129-158. Mák. Profi Press, Praha.
- Cihlár P, Škoda V. 2001. Zakládání porostu máku. Pages 33-36. Mák. Agrospoj, Praha.

Cihlár P, Vašák J, Pšenička P, Mikšík V, Vlk R, Kosek Z. 2007. Intenzivní pěstování máku. Pages 75-76. Prosperující olejniný. ČZU, Praha.

Cihlár P, Vašák J. 2001. Fungicidy v máku. Pages 122-125. Intenzivní olejniný. ČZU, Praha.

Cihlár P, Vašák J. 2010. Ošetřování máku po vzejití a agrobiologická kontrola. Pages 125-128. Mák. Power Print, Praha.

Costes B, Milhet Y, Candillon C, Magnier G. 1976. Mineral nutrition in *Papaver somniferum* L. *Physiologia Plantarum* **36**:201-207.

Costes C, Milhet Y, Candillon C, Magnier G. 1976. Mineral Nutrition and Morphine Production in *Papaver somniferum*. *Physiologia Plantarum* **36**:201-207.

Český statistický úřad. 2022. Mák. ČSÚ. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/mak> (February 2023).

ČHMÚ. 2023. Historická data – meteorologie a klimatologie. Available from https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/open_data/RDATA/SRA/HTML/Vysocina.html; https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/open_data/RDATA/T/HTML/Vysocina.html (March 2023).

Dang ČTT, Onoyovwi A, Farrow SC, Facchini PJ. 2012. Chapter Eleven – Biochemical Genomics for Gene Discovery in Benzylisoquinoline Alkaloid Biosynthesis in Opium Poppy and Related Species. *Methods in Enzymology* **515**:231-266.

Davis JM. 1987. Modeling the long-range transport of plant pathogens in the atmosphere. *Annual Review of Phytopathology* **25**:169-188.

Deising HB, Reimann S, Pascholati SF. 2008. Mechanisms and significance of fungicide resistance. *Brazilian Journal of Microbiology* **39**:286-295.

Doležalová J, Zúkalová H, Cihlár P, Vašák J. 2010. Výnos semen a obsah morfinu v závislosti na odrůdě a zvolené agrotechnice u máku setého (*Papaver somniferum* L.) Pages 91-95. Prosperující olejniný. ČZU, Praha.

Duffek J. 2014. Pěstování máku setého (*Papaver somniferum* L.) a jeho potravinářské aj. využití [bakalářská práce]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

eAGRI. 2023. Veřejný registr půdy. Available from <https://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/> (March 2023).

Ecetoc. 1994. Ammonia Emission to Air in Western Europe. Technical Report, Brussels.

Ender CH, M LI, Martin Q, Povh B, Nobiling R, Reiss HD, Traxel K. 1983. Demonstration of polar zinc distribution in pollen tubes of *Lilium longiflorum* with the Heidelberg proton microprobe. *Protoplasma* **116**: 201-203.

- Faretra F, Antonacci E. 1987. Production of apothecia of *Botrytinia fuckeliana* (de Bary) Whetz. under controlled environmental conditions. *Phytopathology* **26**:29-35.
- Fejér J. 2008. Úvod. Page 7. Pestovanie maku siateho. Výskumný ústav rastlinnej výroby, Piešťany.
- Fejér J. 2015. Morfológicko – biologická diverzita druhu mak siaty (*Papaver somniferum* L.) a jej hodnotenie. Prešovská univerzita, Prešov.
- for developing novel plant type in opium poppy (*Papaver somniferum* L.) Pages 210-239. *Herbal Drugs and Biotechnology*. Pointer Publisher, Jaipur.
- Fulara A. 1968. Uprawa maku. Państwowe wydawnictwo rolnicze i leśne, Warszawa.
- Habán M, Otepka P, Šalamon I. 2008. Poľnohospodárske aspekty pestovania liečivých rastlín / Agricultural aspects of medicinal plants cultivation. Slovenská poľnohospodárska univerzita, Nitra.
- Havel J, Kosek Z. 2010. Podzimní výsevy máku. Pages 287-291. Mák. Power Print, Praha.
- Havel J, Richter R, Lošák T, Baranyk P, Zehnálek P, Zelený V, Markytán P. Pages 81-112. Olejniny. Profi press, Praha.
- Hegedus DD, Rimmer SR. 2005. Sclerotinia sclerotiorum: When “to be or not to be” a pathogen? *FEMS Microbiology Letters* **251**:177–184.
- Honsová H, Petr J. 2009. Podstata možnosti setí máku setého na podzim. Pages 95-97. Prosperující olejniny. ČZU, Praha.
- Hronský Š, Krejčí V, Krištín J, Mizla C, Škaloud J, Zdeníček C. 1975. Rostlinná výroba II. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Hunter WJ, Fahrning CJ, Olsen SR, Porter IK. 1982. Location of Nitrate Reduction in Different Soybean Cultivars. *Crop Science* **22**:944-948.
- Christoff A. 1930. The Pleospora disease of cultivated Poppy. Government Printing Office, Sofia. Available from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19311100412> (March 2023).
- Chung B. 1982. Growth analysis of poppies (*Papaver somniferum* L.). *Australian Journal of Agricultural Research* **33**:233-242.
- Iqbal F, Lucieer A, Barry K. 2017. Poppy Crop Height and Capsule Volume Estimation from a Single UAS Flight. *Remote Sens* **9**:1-17.

- Jain PM. 1990. Effect of split application of nitrogen on opium poppy. *Indian Journal of Agronomy* **35**:240-242.
- Johnson GF. 1935. The Early History of Copper Fungicides. *Agricultural History* **9**:69-79.
- Kádár I, Földesi D, Vörös J, Szilágyi J, Lukács D. 2001. Mineral fertilisation of poppy (*Papaver somniferum* L.) on calcareous loamy chernozem soil. II. *Novenytermeles* **50**:468-478.
- Kalina M. 2005. Hnojení v zahradě. Grada, Praha.
- Kapoor LD. 1995. *Opium Poppy Botany, Chemistry and Pharmacology*. Food Products Press, London.
- Kazda J, Jindra Z, Kabíček J, Prokinová E, Ryšánek P, Stejskal V. 2003. *Choroby a škůdci polních plodin, ovoce a zeleniny*. Profi Press, Praha.
- Kubánek V. 2009. *Konopí a mák (pěstování, výrobky, legislativa)*. Tribun EU, Brno.
- Kuhn V. 1936. *Mák jako olejnina a rostlina narkotická*. Ministerstvo zemědělství Československé, Praha.
- Kuchtová P, Hájková M, Havel J, Kazda J, Plachká E, Dvořák P. 2013. *Pěstitelská technologie máku pro ekologické zemědělství*. ČZU, Praha.
- La Torre, Iovino V, Caradonia F. 2018. Copper in plant protection: current situation and prospects. *Phytopathologia Mediterranea* **57**:201-236.
- Labris. 2023. Osivo máku setého. Available from <http://www.labris.cz/odr%C5%AFdy/ms-harleky> (March 2023).
- Landa BB, Montes-Borrego M, Muñoz-Ledesma FJ, Jiménez-Díaz RM. 2007. Phylogenetic Analysis of Downy Mildew Pathogens of Opium Poppy and PCR-Based In Planta and Seed Detection of *Peronospora Arborescens*. *Phytopathology* **97**:1380-1390.
- Latijnhouwers M, Govers F. 2003. A Phytophthora infestans G-Protein β Subunit Is Involved in Sporangium Formation. *Eukaryotic Cell* **2**:971-977.
- Laughlin JC, Chung B, Tie BMB. 1998. Poppy cultivation in Australia. Page 372-386. *Poppy The Genus Papaver*. OPA, Amsterdam.
- Laughlin JC, Munro D. 2009. The effect of Sclerotinia stem infection on morphine production and distribution in poppy (*Papaver somniferum* L.) plants. *The Journal of Agriculture Science* **2**:299-303.
- Lošák T, Richter R. 2004. Split nitrogen doses and their efficiency in poppy (*Papaver somniferum* L.) nutrition. *Plant, Soil and Environment* **50**:484-488.

Michalíček J, Vlk R. 2010. Příprava půdy pro setí a secí stroje. Pages 95-102. Mák. Power Print, Praha.

Miller JAC, Henning L, Heazlewood VL, Larkin PJ, Chitty J, Allen R, Brown PH, Gerlach WL, Fist AJ. 2005. Pollination biology of oilseed poppy, *Papaver somniferum* L. Australian Journal of Agricultural Research **56**:483-490.

Monas technology. 2023. Prometheus. Available from <http://monastechnology.cz/index.php/prometheus-cz> (March 2023).

Morton V, Staub T. 2008. A Short History of Fungicides. The American Phytopathological Society. Available from http://davidmoore.org.uk/21st_Century_Guidebook_to_Fungi_PLATINUM/Assets/Printed_documents/MortonStaub_History_of_Fungicides.pdf (March 2023).

Nawrath A, Hašková P. 2016. Vliv organického granulovaného hnojiva a listových aplikací na výnos máku setého. Pages 190-191. Prosperující olejniny. ČZU, Praha.

Oliver RP, Hewitt HG. 2014. Fungicides in Crop Protection. Gutenberg Press, Malta.

Padney AK, Sain SK, Singh P. 2016. A Perspective on Integrated Disease Management in Agriculture. Bio Bulletin **2**:13-29.

Páleníček L, Richter R, Lošák T. 2005. Nitrogen and sulphur in the nutrition of poppy (*Papaver somniferum* L.) AF Mendelu, Brno. Available from <https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2005/articles/fyto/palenicek.pdf> (accessed March 2023).

Patel AK, Pande SK, Singh S, Vishwakarma S. 2020. Eco-friendly Management of Downy Mildew of Opium Poppy. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences **9**:1297-1302.

Pavlíková D, Balík J, Vaněk V, Vostál J, Borin M, Sattin M. 1994. Influence of different forms of N fertilizers on N uptake by poppy (*Papaver somniferum* L.). Congress European Society for Agronomy **14**:204-205.

Pinke G, Pál RW, Karácsony P, Czúcz B, Botta–Dukát Z. 2011. Weed vegetation of poppy (*Papaver somniferum*) fields in Hungary: effects of management and environmental factors on species composition. Weed Research **51**:621-630.

Plachká E, Poslušná J, Cihlář P, Barnet M, Havel J, Větrovcová M. 2016. Výsledky fungicidních pokusů v máku setém. Pages 133-136. Prosperující olejniny. ČZU, Praha.

Procházka P, Smutka L. 2012. Czech Republic as an Important Producer of Poppy Seed. Agris on-line Papers in Economics and Informatics **4**:1.

Prokinová E. 2009. Mák a jeho nejrozšířenější onemocnění. Agromanuál **5**:46-48.

Pšenička P, Cihlář P, Hosnedl V, Vašák J, Doležalová J. 2009. Biologické a morfologické jarního máku odrůdy Major. Pages 98-103. Prosperující olejniny. ČZU, Praha.

- Ramanathan VS. 1979. Effect of micronutrients on the yield of opium and its morphine contents in opium poppy. *Agricultural research* **13**:85-89.
- Renfro BL, Shankara BS. 1981. Role of wild hosts in downy mildew diseases. Pages 107-119. *The Downy Mildews*, London.
- Richardson HW. 1997. Copper Fungicides/Bactericides. Pages 93-122. *Handbook of Copper Compounds and Applications*. Phibro-Tech, South Carolina.
- Richter R, Lošák T. 2002. Mák v roce 2002. *Sborník odborných seminářů* **1**:81.
- Richter R, Lošák T. 2006. Může výživa hořčíkem ovlivnit výnos a chemické složení slámy a semen máku (*Papaver somniferum* L.). *Chemia a Inzynieria Ekologiczna* **13**:965-972.
- Richter R, Říha K, Škarpa P. 2007. Vliv hnojení dusíkem a sírou na výskyt houbových chorob u máku jarního. Pages 35-37. *6. Makový občasník*. ČZU, Praha.
- Richter R, Škarpa P, Lošák T. 2006. Vliv hnojení fosforem na výnos semene máku a kvality u makoviny. Pages 92-95. *Prosperující olejniný*. ČZU, Praha.
- Röder O, Jahn M, Schröder T, Stahl M, Kotte M, Beuermann S. 2009. Die e-ventus Technologie – eine Innovation zur nachhaltigen Reduktion von Pflanzenschutzmitteln mit Empfehlung für Bio-Saatgut. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* **4**:107-117.
- Rouabhi Rachid. 2010. Introduction and Toxicology of Fungicides. Larbi Tebessi University. Available from https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/38952/mod_resource/content/1/Funguicidas.pdf (March 2023).
- Roubal T. 2003. Regulace tvorby výnosu a poléhání jarního máku. Pages 142-149. *Prosperující olejniný*. ČZU, Praha.
- Říha K, Kraus P. 2023. Bakteriální skvrnitost listů máku. Kurent, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/atlas/choroby/choroba/bakterialni-skvrnitost-listu-maku> (March 2023).
- Říha K, Kraus P. 2023. Plíseň maková. Kurent, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/atlas/choroby/choroba/plisen-makova> (March 2023).
- Říha K, Kraus P. 2023. Hlízenka obecná na máku. Kurent, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/atlas/choroby/choroba/hlizenka-obecna-na-maku-sklerotiniova-hniloba-maku> (March 2023).
- Sawada X. 1917. *Helminthosporium papaveris* Sawada. *Journal of the Natural History Society of Formosa* **32**:129-137.
- Shukla S, Singh SP. 2004. Exploitation of inter-specific crosses and its prospects

- Schmitt CG, Lipscomb B. 1975. Diseases caused by fungus parasites of Papaveraceae. Pages 4-18. Pathogens of selected members of the Papaveraceae – an annotated bibliography. Agricultural Research Service, Beltsville.
- Schnug E. 1991. Sulphur nutritional status of European Crops and consequences for agriculture. *Sulphur in Agriculture* **15**:7-12.
- Schwanitz F. 1969. Vývoj kulturních rostlin. SZN, Praha.
- Spitzer T, Klemová Z. 2012. Regulace výšky porostu máku aplikací morforegulatorů. *Obilnářské listy* **20**:27-28.
- Subrahmanyam K, Verma RK, Naqvi AA a Singh DV. 1992. Effect of forms of sulphur on yield and quality of seed, oil and alkaloids of opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Acta Horti* **306**:431-435
- Syngenta. 2023. Amistar Gold. Available from <https://www.syngenta.cz/product/crop-protection/amistar-gold> (March 2023).
- Syrennius S. 1613. Zielnik. Przyrodnik Zielnikarz Lekarz, Kraków.
- Šedivý J. 2001. Ochrana máku proti poruchám, chorobám a škůdcům. Pages 67-72. Mák. Agrospoj, Praha.
- Škarpa P, Richter R, Hlavinka P, Trnka M. 2015. Mimokořenová aplikace zinku snižuje riziko stresu suchem u máku setého (*Papaver somniferum* L.). Pages 123-125. Prosperující olejniny. ČZU, Praha.
- Škarpa P, Školníková M. 2018. Hnojení slunečnice dusíkem a sírou během vegetace. Pages 109-113. Prosperující olejniny. ČZU, Praha.
- Tétényi P. 1996. Opium Poppy (*Papaver somniferum*): Botany and Horticulture. *Horticultural reviews* **19**:374-375.
- Thangavel T, Jones S, Scott JB, Livermore M, Wilson CR. 2018. Detection of Two *Peronospora* spp., Responsible for Downy Mildew, in Opium Poppy Seed. *Plant Disease* **102**:2277-2284.
- Tweedy BG. 1981. Inorganic sulfur as a fungicide. *Residue reviews* **78**:43-44.
- Vaněk V, Balík J, Pavlíková V, Tlustoš P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press, Praha.
- Vašák J, Vlk R. 2010. Základní informace. Pages 11-22. Mák. Power Print, Praha.
- Venclová B. 2022. Využití přírodních látek při ošetření osiva máku setého. Profi Press. Available from <https://uroda.cz/vyuziti-prirodnich-latek-pri-osetreni-osiva-maku-seteho/> (March 2023).
- VÚMOP. 2023. BPEJ. Available from <https://bpej.vumop.cz/75011> (March 2023).

Wang Z, Acock M, Acock B. Phases of development to flowering in opium poppy (*Papaver somniferum* L.) under various temperatures. *Annals of Botany* **80**:547-552.

Xu G, Xiaorong F, Miller AJ. 2012. Plant Nitrogen Assimilation and Use Efficiency. *The Annual Review of Plant Biology* **63**:153-182.

Zajac T, Oleksy A, Kopyra AK. 2010. Comparison of Growth and Groductivity of the Low Morphine Poppy *Papaver somniferum* L. cv. Mieszko Depending on the Sowing Date. *Acta Agrobotanica* **64**:67-68.

Zehnálek J, Adam V, Kizek R. 2006. Asimilace dusičnanového, amonného a amidického dusíku u zemědělských plodin. *Chemické listy* **100**:508-514.