

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Použití přírodních látek s antifungálním účinkem při
ochraně máku**

Diplomová práce

**Autor práce: Bc. Miloš Hlídaek
Obor studia: Rostlinná produkce**

Vedoucí práce: Ing. Pavel Procházka, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Použití přírodních látek s antifungálním účinkem při ochraně máku" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Pavlu Procházkovi, Ph.D. za jeho cenné rady, trpělivost a přátelský přístup během celé naší spolupráce. Rád bych také poděkoval Ing. Janu Dovolovi Ph.D. ze zemědělské společnosti Senagro a.s. za poskytnutí cenných rad v rámci studia a své rodině, která mě podporovala během celého vysokoškolského života.

Použití přírodních látek s antifungálním účinkem při ochraně máku

Souhrn

V dnešní době se potýkáme s přísnými legislativními opatřeními týkajícími se chemických pesticidů, což vede k rostoucímu společenskému a politickému tlaku na omezení jejich používání. Jako alternativní metoda k ochraně rostlin a nahrazení některých účinných látek se stále více uplatňuje biologická ochrana. Některé éterické rostlinné oleje, běžně využívané v parfémovém a potravinářském průmyslu pro své vůně a příchutě, se ukázaly jako prostředky odpuzující hmyz. Novější výzkumy potvrzují, že některé z těchto olejů nejen odstraňují hmyz, ale mají také insekticidní účinky proti konkrétním škůdcům a fungicidní účinky proti některým důležitým rostlinným patogenům.

Biologické pesticidy obecně vykazují nižší účinnost ve srovnání s chemickými pesticidy. Přesto však existuje určitý kompromis. Chemické pesticidy sice poskytují vyšší ochranu rostlin před škodlivými organismy, ale současně mají vyšší toxicitu, což zvyšuje zátěž životního prostředí. Naopak biologické pesticidy sice nezatěžují životní prostředí tolik jako chemické, ale jsou méně účinné při boji proti škodlivým organismům.

V tomto experimentu byly použity jako antifungální přípravky Alginure, Wetcit, tymiánová silice, chmelový extrakt a Amistar Gold, od kterých se očekával pozitivní vliv na výnos, zdravotní stav, HTS, počet rostlin a tobolek na m², při zasažení porostu houbovými chorobami.

V této studii byly přípravky Alginure a Wetcit úspěšně testovány a prokázaly schopnost přiblížit se účinku komerčních chemických fungicidů, s příznivými výnosy u máku. Zvláště přípravek Wetcit dosáhl velmi dobrých hodnot parametru počtu rostlin na metr čtvereční. Statistické analýzy naznačují, že tyto biologické přípravky nejenže ovlivňují produkční vlastnosti rostlin, ale také mají vliv na zdravotní stav porostů, i když s určitými odchylkami. Horších výsledků dosáhly varianty, které byly ošetřeny chmelovým extraktem a tymiánovou silicí. Přípravek Amistar Gold dosáhl ve většině sledovaných parametrů lepších výsledků než použité biologické přípravky, ale s ohledem na ekonomické vyhodnocení je tento přípravek ekonomicky nákladnější, ovšem zaručuje jistotu v konvenčním pěstování máku setého.

Klíčová slova: mák setý, fungicidní ochrana, přírodní látky, regulace

The use of natural substances with an antifungal effect in the protection of poppy

Summary

Nowadays, we are faced with strict legislative measures concerning chemical pesticides, leading to increasing social and political pressure to limit their use. Biological control is increasingly used as an alternative method to protect plants and replace some active ingredients. Some essential plant oils, commonly used in the perfume and food industries for their fragrances and flavours, have been shown to repel insects. More recent research confirms that some of these oils not only remove insects but also have insecticidal effects against specific pests and fungicidal effects against some important plant pathogens.

Biological pesticides generally show lower efficacy compared to chemical pesticides. Nevertheless, there is a trade-off. While chemical pesticides provide greater protection for plants against harmful organisms, they also have a higher toxicity, which increases the burden on the environment. On the other hand, biological pesticides, although not as harmful to the environment as chemical pesticides, are less effective in combating harmful organisms.

In this experiment, Alginure, Wetcit, thyme essential oil, hop extract and Amistar Gold were used as antifungal agents, which were expected to have a positive effect on yield, health status, thousand seeds weight, number of plants and capsules per m² when the crop was affected by fungal diseases.

In this study, Alginure and Wetcit preparations were successfully tested and demonstrated the ability to approximate the effect of commercial chemical fungicides, with favorable yields in poppy cultivation. Particularly, the Wetcit preparation achieved very good values for the parameter of the number of plants per square meter. Statistical analyses suggest that these biological preparations not only influence the production properties of plants but also affect the health status of crops, albeit with certain deviations. Variants treated with hop extract and thyme oil yielded poorer results. The Amistar Gold preparation achieved better results in most observed parameters than the used biological preparations. However, considering the economic evaluation, this preparation is more expensive, although it ensures certainty in conventional cultivation of opium poppy.

Keywords: poppy, fungicide protection, natural substances, regulation

1	Obsah	
2	Úvod	1
3	Vědecká hypotéza a cíle práce	2
3.1	Hypotézy	2
3.2	Cíle práce	2
4	Literární rešerše	3
4.1	Mák setý	3
4.1.1	Charakteristika máku setého	3
4.1.2	Původ a historie máku setého	3
4.1.3	Požadavky máku na vnější prostředí	4
4.1.4	Zařazení v osevním postupu	4
4.1.5	Růst a vývoj	6
4.1.6	Makrofenologická stupnice máku (BBCH)	7
4.2	Agrotechnika	9
4.2.1	Zpracování půdy	9
4.2.2	Setí	9
4.2.3	Moření osiva máku	10
4.2.4	Výživa a hnojení máku setého	10
4.3	Sklizeň	12
4.4	Škodlivé organismy	12
4.4.1	Škůdci máku	12
4.4.2	Choroby máku	13
4.5	Použité látky	15
4.5.1	Biologické přípravky na ochranu rostlin	15
4.5.2	Chemické přípravky na ochranu rostlin	17
5	Metodika	17
5.1	Lokalita	17
5.1.1	Agrotechnika pokusu	18
5.1.2	Průběh počasí	18
5.2	Specifikace pokusu	19
5.2.1	Varianty pokusu	21
5.2.2	Založení pokusu	22
5.3	Vyhodnocování pokusu	22
5.3.1	Stanovení úrovně napadení porostu	22
5.4	Statistické vyhodnocení	25

6	Výsledky	26
6.1	Počet rostlin	26
6.2	Počet tobolek	26
6.3	Výnosy máku.....	27
6.4	Hmotnost tisíce semen (HTS).....	27
6.5	Zhodnocení zdravotního stavu	28
6.6	Obsah chlorofylu v listech máku	28
7	Diskuse	30
8	Závěr	33
9	Literatura.....	34

2 Úvod

Mák (*Papaver somniferum* L.) je starověká kulturní rostlina, která se využívá nejen v potravinářství, ale má i významné místo v tradiční medicíně a rituálních praktikách. Jeho semena jsou oblíbenou ingrediencí v pečení a kulinářské tvorbě, přičemž olej z máku je ceněn pro své vlastnosti. Nicméně, různé druhy hub a patogenů představují významné riziko pro úrodu máku, způsobují poškození plodů a mohou mít negativní dopady na kvalitu výsledných produktů (Fábry 1992).

S rostoucím zájmem o ekologickou a udržitelnou výrobu potravin stoupá i potřeba nalezení alternativních metod ochrany rostlin, které minimalizují použití syntetických chemických látek. V tomto kontextu získávají přírodní látky s antifungálními vlastnostmi stále větší pozornost jako možná alternativa k běžným fungicidům (Procházka et al. 2019).

Tato práce se zaměřuje na zkoumání možností využití přírodních látek s antifungálním účinkem při ochraně máku před patogeny. Vzhledem k narůstajícímu zájmu veřejnosti o přírodní a ekologické přístupy ve zdravotnictví a zemědělství, je studium použití přírodních antifungálních látek v ochraně máku nejen aktuální, ale může mít i širší dopady na průmyslovou praxi a životní prostředí.

Tato práce se tak snaží přispět k diskuzi o udržitelnějších a ekologičtějších způsobech ochrany rostlin, které zohledňují potřeby zemědělců, spotřebitelů i životního prostředí.

3 Vědecká hypotéza a cíle práce

3.1 Hypotézy

- 1) Vybrané přírodní látky nemají vliv na snížení produkčních schopností porostu máků.
- 2) Použití vybraných přírodních látek při fungicidní ochraně máku má vliv na jeho zdravotní stav po aplikaci.

3.2 Cíle práce

Cílem této práce bude jednak sepsání kvalitní literární rešerše na dané téma a jednak ověřit v polních podmínkách použití přírodních látek s antifungálním účinkem na zdravotní stav a produkční parametry porostu máku setého a dále porovnat efekt jednotlivých látek s konvenční variantou ošetřenou komerčním přípravkem.

4 Literární rešerše

4.1 Mák setý

4.1.1 Charakteristika máku setého

Mák setý (*Papaver somniferum* L.) je předním zástupcem rodu *Papaver*, jehož dlouhá historie pěstování jako zemědělské plodiny je dobře známá v naší oblasti (Fábry et al. 1990). Jedná se o jednoletou polní a zahradní rostlinu, která může dorůst až do výšky 1,8 metru. Vyniká svými přisedlými terčovitými bliznami a charakteristickými tobolkami nazývanými makovice (Novák & Skalický 2008). Rod *Papaver* zahrnuje přibližně 120 druhů, které jsou rozděleny do 9-11 sekcí (Bechyně & Novák 1987), přičemž tyto sekce se liší morfologickými vlastnostmi, složením alkaloidních látek a geografickým rozšířením daného druhu. Mák setý je rozšířen v mírném pásmu severní polokoule (Fábry et al. 1992).

Existují dva hlavní typy máku setého: semenný (olejný) a opiový. Semenný typ máku se často využívá ve farmaceutickém průmyslu k získání důležitých alkaloidů ze suchých makovic (tzv. makovina) po jejich vymláčení, a dále jako potravinářská přísada. Opiový mák má vyšší obsah opia obsahujícího alkaloidy s účinky jako je tlumení bolesti a opojení (Novák & Nováková 2018). Mezi hlavní alkaloidy patří morfin, kodein, papaverin a noskapin (narkotin) (Carlin et al. 2020; Shukla et al. 1995).

Podle genetického základu se máky seté dělí na jarní, které tvoří téměř 90 % pěstované plochy máku v České republice. Mezi nejznámější odrůdy patří Major, MS Harlekyň, Aplaus, Opal a Onyx (Cihlár & Satranský 2021). Zbýlých 10 % pěstované plochy tvoří ozimé formy máku, které mají vyšší hustotu ochlupení u mladých listů a mléčné skvrny (Vašák et al. 2010). Mezi nejčastěji pěstované ozimé odrůdy patří Titan, Oz a Zeno Plus (Havel et al. 2020).

4.1.2 Původ a historie máku setého

Mák setý je tradiční kulturní rostlinou, která není přirozeně rozšířená v divočině, na rozdíl od svého divokého příbuzného, máku štětinkatého (*Papaver setigerum* DC.). Pochází z oblasti středního a východního Středomoří a východní Asie, ale přesné místo jeho původu není zcela jasné (Novák & Nováková 2018). Archeologické nálezy, dokumentované například Vašákem et al. (2010) naznačují, že pěstování máku je známé již z doby neolitu a mladší doby kamenné. Semena máku byla nalezena na neolitických lokalitách, zejména v oblasti švýcarských jezer, s datováním přibližně 4000 let př. n. l. Nejstarší nálezy na území České republiky pocházejí z oblasti Ostrova u Stříbra, datované do pozdní doby bronzové před přibližně 2800 lety. Existují také historické zmínky o pěstování máku Sumery již před 4000 lety př. n. l., kdy byla šťáva z makovic nazývána "Hul Gill" - „rostlina radosti“ (Novák & Nováková 2018).

Opium, které se získává z máku, bylo ve středověku považováno za nebezpečnou látku, ale později bylo opětovně začleněno do léčitelství. V roce 1753 byl druh *Papaver somniferum* poprvé popsán botanikem Linném. V 19. století byl objeven opiový alkaloid morfin, který byl později syntetizován do heroínu. Mezinárodní opiová konvence proti narkotikům byla

podepsána v roce 1912. Mák obsahuje až 140 alkaloidů, z nichž bylo více než 40 popsáno v druhu *Papaver somniferum* L. (Vašák et al. 2010).

4.1.3 Požadavky máku na vnější prostředí

Pěstování máku na území České republiky není omezeno na konkrétní přírodní podmínky. Tato plodina může být úspěšně pěstována ve všech částech ČR, avšak optimální nadmořská výška pro pěstování máku je do 700 metrů. Nejvhodnějšími podmínkami pro úspěšnou kultivaci máku jsou mírně kopcovité až rovinaté polohy v nadmořské výšce 300-600 metrů, především v oblastech s řepařsko-ječným až bramborářsko-pšeničným a ječným výrobním typem. Naopak, nevhodné jsou lehké půdy v nížinách, chladné a vlhké podmínky bramborářsko-ovesného subtypu a horské výrobní typy, stejně jako oblasti s aridními podmínkami kukuřičných oblastí. Při výběru pozemku je důležité preferovat místa chráněná před silnými větry (Fábry et al. 1990).

Mák jarní má relativně krátkou vegetační dobu, trvající 125–140 dnů (Vašák et al. 2010). Tato plodina je velmi odolná vůči jarním a pozdním mrazům, a to až do teplot $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (nebo ještě nižších) během fáze intenzivního růstu a do $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ během dlouhodobého růstu (Vašák et al. 2010). Mák patří mezi nejodolnější plodiny vůči mrazu (Fábry et al. 1990)

4.1.4 Zařazení v osevním postupu

V zemědělských postupech je mák obvykle zařazován do osevního postupu po předplodinách, které přispívají k dobré struktuře půdy a udržení její dobré kvality (Zubal 1998). Je důležité zajistit, aby pozemek vyhrazený pro mák byl zbaven plevelů a disponoval dostatečným zásobením živin. Historicky byl mák citlivý na určité herbicidy, jejichž zbytky v půdě mohly poškodit mák (např. Treflan, Synfloran a triazinové přípravky). Nejvhodnější předplodinou pro mák jsou okopaniny, které se hnojí chlévskou mrvou (Bechyně 1993). Mák je obvykle pěstován jako druhá plodina, často následuje po obilninách, a slouží jako přerušovač obilných plodin s fyto-sanitárním účinkem (Fábry et al. 1990). Další vhodné předplodiny zahrnují jeteloviny a luskoviny (Bechyně 1993).

Nevhodnou předplodinou pro mák je řepka ozimá, jejíž výdrol lze obtížně potlačit a aplikace herbicidů může způsobit značné poškození porostu. Dalším problémem může být hlízenka (*Sclerotinia sclerotiorum*), která může postihovat jak řepku, tak mák. V zemědělském podniku, kde se pěstují obě plodiny, je proto vhodné vyčlenit oddělené plochy pro mák a řepku ozimou. V osevním postupu je mák doporučováno vysévat každých pět let na stejný pozemek (Baranyk et al. 2010).

Nároky na světlo

Mák reaguje na délku dne a je citlivý na světelné podmínky (Baranyk et al. 2010). Světelné podmínky mají významný vliv na jeho růst a nedostatek světla může vést k oslabení rostlin (Vašák et al. 2010). Růst a vývoj rostlin jsou také ovlivněny světlem, přičemž reakce mohou být různé v závislosti na tom, zda se mák vysévá na podzim nebo na jaře. Silnější osvětlení podporuje tvorbu cytokininu, což může inhibovat růst pupenů v úžlabních listech (Fábry et al. 1990). Šířka meziřádkového prostoru má významný vliv na množství světla

dosahujícího rostlin. Zastíněné květy a tobolky mohou produkovat menší semena nebo zůstat neplodné při silném zastínění (Bechyně 1993).

V současné době se zkoumají nové technologie pro pěstování máku setého, které zahrnují širší rozestupy mezi řádky. Tradiční rozestupy meziřádkového prostoru od 125–250 mm jsou nahrazovány širšími možnostmi: 0,3 m, 0,45 m nebo dokonce 0,70 m. Tím se má za cíl eliminovat konkurenci mezi rostlinami o vodu, živiny, prostor a světlo. Tato nová technologie umožňuje také současné pěstování máku s pomocnými plodinami, jako je jarní ječmen a setý oves (Brant et al. 2020).

Nároky na teplo

Mák je známý svou vysokou odolností vůči mrazu, jak potvrzují studie (Fábry et al. 1990). Jeho tepelné požadavky se mění během vegetačního období (Kamkar et al. 2012). V raných fázích růstu mák dobře snáší nízké teploty, s mladými rostlinami schopnými přežít až do teplot kolem -6 až -8 °C, což umožňuje jeho výsev i v podzimních nebo zimních měsících (Köppl 2018). Existují rozdíly v odolnosti proti mrazu mezi různými genotypy, přičemž bělosemenné odrůdy obvykle vykazují nižší odolnost než modrosemenné (Baranyk et al. 2010). Odolnost rostlin dále roste až do fáze vývoje listové růžice, ale ve vyšších fázích růstu se snižuje na -2 až -3 °C (Bernáth & Tetenyi 1981).

Pro klíčení máku jsou ideální teploty mezi 1 až 3 °C s optimálními podmínkami pro růst kolem 18–20 °C a je potřeba dostatek vláhy (Fábry et al. 1990). Se zvyšující se teplotou se klíčivost semen snižuje (Bechyně 1993). Nicméně, odolnost máku proti mrazu je závislá na konkrétních podmínkách daného ročního období a lokalitě, může docházet k poškození i při teplotách, které jiné plodiny v okolí přežijí (Baranyk et al. 2010). Celkově je mák plodinou vyžadující teplé podmínky a nesnáší vlhké počasí během dozrávání, protože to může vést k napadení plísni a způsobit žluknutí semen (Vašák et al. 2010).

Nároky na vodu

Mák vyžaduje dostatek vláhy od doby klíčení až po období kvetení. Celková potřeba vody se odhaduje na 250–350 l/m² během celého vegetačního cyklu při jarním výsevu, přičemž výsev na podzim vyžaduje téměř o 50 l více (Bechyně & Novák 1987). Pro klíčení máku je potřeba relativně malé množství vody, pouze 90 % z celkové hmotnosti suchého semene. Při raném setí může být tato vlhkost zajištěna kondenzací vody z výparu podzemní vody. Avšak nedostatečně vyvinutý kořenový systém může způsobit poškození rostlin opakovanými ranními mrazíky a nedostatek vláhy má také negativní dopad na růst a vývoj máku. Správná technika zakládání porostů může částečně řešit tyto problémy. Proto se mák obvykle vysévá do seřezané rýhy o hloubce 3 až 4 cm, kde semínka jsou umístěna na povrchu dna rýhy nebo do hloubky 2 cm a poté jsou pokryta tenkou vrstvou půdy (Vašák et al. 2010).

Jakmile mák vytvoří plnou listovou růžici, vyvine křoví kořen o délce 10–15 cm, což zvyšuje jeho odolnost vůči suchu. Pro dosažení vysokých výnosů máku je zapotřebí asi 320 mm srážek během vegetačního období, s klíčovým obdobím od poloviny dubna do konce června. V některých oblastech jako je Tasmánie, je běžné používání zavlažování pro dosažení vyšších výnosů (Vašák et al. 2010).

Nároky na půdu

Mák je velmi citlivý na půdní podmínky a nerovnosti terénu (Bechyně 1993). Mezi klíčové faktory ovlivňující růst máku patří agrotechnické postupy, správná výživa a počasí (Kadar et al. 2001). Optimální pH půdy pro pěstování máku se pohybuje mezi 6,2 a 6,8, ale tato rostlina je schopna snést i kyselé půdy (Fábry et al. 1992). Mák preferuje středně těžké, hlinité až písčitohlinité nebo hlinitopísčité půdy, které jsou dobře strukturované, provzdušněné a mají dostatek vláhy (Vašák et al. 2010). Naopak nevhodné jsou těžké, slévavé, písčité, příliš zamokřené a mělké půdy a půdy s nedostatkem živin (Fábry et al. 1990).

Nároky na živiny

Mák vyžaduje významné množství živin, zejména kvůli jeho omezené schopnosti absorpce, zejména v období klíčení. Zajištění dostatečné zásoby živin v půdě je klíčové, především pak fosforu, dusíku a draslíku. Síra také hraje klíčovou roli při udržení zdravého stavu rostlin a podpoře syntézy bílkovin. Očekávaný odběr živin mákem setým na 1 tunu semen je přibližně 70 kg dusíku, 26 kg fosforu (resp. 60 kg P₂O₅), 90 kg draslíku (resp. 108 kg K₂O), 79 kg vápníku (resp. 111 kg CaO), 15 kg hořčíku (resp. 25 kg MgO), 18 kg síry, 110 g boru, 200 g zinku a 340 g manganu (Lošák 2020; Vaněk et al. 2016).

4.1.5 Růst a vývoj

Růst máku můžeme rozdělit do tří hlavních období:

- období pozvolného růstu,
- období největší asimilace rostlin,
- období postupného zrání a odumírání rostlin (Vašák et al. 2010).

1. Období pozvolného růstu

V této fázi, zahrnující klíčení, vyklíčení a tvorbu prvních pravých listů, dochází k pomalému růstu rostliny. Asi po 4 týdnech od klíčení začíná rostlina akumulovat biomasu a obvykle má čtyři až pět párů pravých listů. Křoví kořen se začíná prohlubovat do půdy (Vašák et al. 2010). Jakmile je dosažena listová růžice, celá rostlina začíná intenzivně růst do výšky. V této fázi je důležité zabránit tvorbě půdního škraloupu, který by mohl omezit růst rostliny (Novák & Nováková 2018).

2. Období největší asimilace

Toto je klíčové období pro růst rostlin. Organická hmota začíná růst až do fáze vývoje zelených tobolek. Později dochází k postupnému odumírání listů a snižování asimilační plochy. Do této fáze spadá i období kvetení máku (Vašák et al. 2010).

3. Období postupného zrání a odumírání rostlin

Toto období představuje hlavní fázi růstu rostlin, kdy dochází k intenzivnímu nárůstu organické hmoty až do fáze vývoje zelených tobolek. Postupně dochází k odumírání listů a zmenšování asimilační plochy rostliny. Do této fáze spadá také období kvetení máku (Vašák et al. 2010).

4.1.6 Makrofenologická stupnice máku (BBCH)

Bechyně & Novák (1987) uvádějí makrofenologickou stupnici máku setého (Tab. č. 1 a Obr. č. 1). Popisují přesné vývojové fáze po celou vegetaci rostlin.

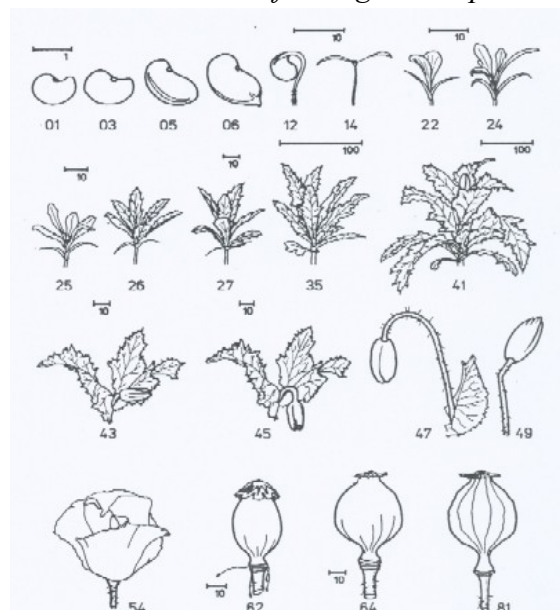
Tabulka č. 1 - Makrofenologická stupnice máku setého (Papaver somniferum L.) – růstové fáze

Kód:	Růstová fáze
I. fáze	KLÍČENÍ
01	Suché semeno
03	Nabobtnalé semeno
05	Prasknutí osemení
07	Vyrašení zárodečného kořínku ze semene
II. fáze	VZCHÁZENÍ
12	Objevení hypokotylu se složenými dělohami (na povrchu půdy) - začátek vzcházení
14	Dělohy vidlicovitě rozevřené
III. fáze	VYTVÁŘENÍ PRVNÍCH PRAVÝCH LISTŮ
22	Fáze 1. a 2. pravého listu
24	Fáze 3. a 4. pravého listu
25	Fáze 5. pravého listu
26	Fáze 6. pravého listu
27	Fáze 7. pravého listu
IV. fáze	PŘÍZEMNÍ LISTOVÁ RŮŽICE
35	Fáze růžice
V. fáze	STONKOVÁNÍ A BUTONIZACE
41	Objevení mladého poupěte na krátkém stonku mezi listy přízemní růžice
43	Stonk s poupětem je kratší než listy přízemní růžice
45	Fáze mladého poupěte – převislé poupě na stonku nepřevyšuje horní lodyžní listy

47	Stonek s převislým poupětem převyšuje všechny listy
49	Květní stopka přímá, poupě vzpřímené
VI. fáze	KVETENÍ
52	Začátek kvetení – do rozkvetu prvních květů u 10 % rostlin
54	Plné kvetení – kvete většina rostlin
56	Odkvět – většina (90 %) květů odkvetlých
VII. fáze	VÝVOJ TOBOLKY
62	Fáze mladé tobolky – dosažení konečného tvaru a velikosti u prvních (10 %) tobolek
64	Fáze vyvinuté tobolky ve tvaru a velikosti (u většiny tobolek) - zelená zralost
VIII. fáze	ZRÁNÍ TOBOLKY
72	Začátek zrání (žloutnutí) tobolky
74	Vysychání a zrání tobolky – žlutá zralost
76	Dozrávání tobolky a semen – tobolka kožovité konzistence
IX. fáze	PLNÁ ZRALOST
81	Plná zralost tobolky a semen
X. fáze	DORMANCE SEMEN
91	Dormance semen
93	Ztráta dormance semen

(Bechyně & Novák 1987)

Obrázek č. 1: Makrofenologická stupnice máku



(Bechyně & Novák 1987)

4.2 Agrotechnika

Mák je velmi citlivý na agrotechnické zásahy do půdy. Jeho růst je také značně ovlivněn nedostatkem vláhy, což představuje významné riziko při jeho pěstování. Přesné založení porostu je klíčovým faktorem pro úspěšnou produkci máku (Pinke et al. 2011).

4.2.1 Zpracování půdy

V současné praxi se mák často pěstuje jako následující plodina po obilnině. Podmítka typicky provádíme ihned po sklizni předchozí plodiny (Hůla et al. 2008). Tato operace přeruší nežádoucí vztlínání vody, umožní vyklíčení plevelů a částečně zapraví zbytky po sklizni (Šabatka 2012). Půda se při této činnosti zpracuje do hloubky 8–10 cm (Vašák et al. 2010). Mezi podzimní zpracování půdy patří kvalitní orba, která připraví půdu pro jarní předseťovou úpravu (Baranyk et al. 2010), obrátí půdu a vytvoří vhodné podmínky pro následný růst rostlin (Gruber et al. 2011). Po oschnutí vrchní vrstvy půdy následuje jarní příprava půdy, která má za cíl urovnání povrchu a vytvoření drobtovité struktury. Tato práce se provádí do maximální hloubky 50 mm převláčením lehkými branami nebo kombinátorem. Doporučuje se používat cambridge válce, které podporují půdní kapilaritu a zachovávají půdní strukturu. Je nedoporučeno používat smykování a hladké válečky, které mohou poškodit drobtovitou strukturu a vést ke slévání a nerovnoměrnému vzházení rostlin (Vašák et al. 2010; Toro & Arvidsson 2003).

4.2.2 Setí

K setí máku se běžně používají secí stroje, které jsou schopny efektivně zasít drobná semena s nízkým výsevkem (Satranský & Cihlár 2021). Ideální podmínkou pro výsev máku je, když je půda dostatečně suchá, aby nedocházelo k lepení půdy na pracovní orgány secího stroje. Nejvhodnější doba pro výsev je obvykle ve druhé polovině března. Mák je drobnosemenná plodina, a proto se seje do mělkých hloubek přibližně 10–15 mm pod povrch půdy. Doporučené množství osiva se pohybuje v rozmezí 1,5–1,75 kg na 1 ha. V konvenčním zemědělství se mák zpravidla vysévá do standardních 125 mm širokých řádků (Satranský & Cihlár 2021). V ekologickém zemědělství se často používají širší meziřádkové vzdálenosti až 450 mm, což umožňuje lepší kontrolu nad plevelem (Kuchtová 2013). Pro dosažení optimálního počtu rostlin se obvykle doporučuje považovat za ideální hustotu 70–100 rostlin na metr čtvereční (Frick & Hebeisen 2005).

4.2.3 Moření osiva máku

Mořením osiva máku rozumíme proces úpravy, který může být biologický, chemický, fyzikální nebo mechanický a má za cíl zlepšení vlastností osiva. V technologii pěstování máku je nejčastěji používaným typem ošetření chemické moření. Jedním z nejlépe hodnocených přípravků pro chemické moření je Cruiser OSR. Tento přípravek obsahuje látky s fungicidním i insekticidním účinkem. V současné době je udělována výjimka na jeho používání, avšak obsahuje látky, které mohou negativně ovlivnit opylovače. V budoucnu se zemědělci budou muset vyrovnat s omezeními v používání chemických přípravků k moření máku a hledat alternativní metody ošetření osiva. Ty mohou zahrnovat přípravky na bázi hnojiv, rostlinných stimulatorů, bioagens nebo fyzikální metody (Satranský et al. 2022). Moření osiva je klíčové pro zajištění založení kvalitního a zdravého porostu (Pšenička et al. 2006).

4.2.4 Výživa a hnojení máku setého

Mák je obecně známý jako plodina s nižší náročností na osvojování živin z půdy (Vaněk et al. 2016). Při tradičním způsobu pěstování je důležité zajistit, aby obsah živin odpovídal výnosu 2 tun semene na hektar. Rychlost a úroveň absorpce živin během růstu máku jsou ovlivněny jeho fázemi růstu a agroekologickými podmínkami. Výzkum uvádí, že mák je schopen efektivně využít dostupné živiny v průběhu vegetačního období (Lošák 2012). Zlepšením pochopení dynamiky příjmu živin lze optimalizovat hnojení a dosáhnout vyšší úrovně produktivity a kvality plodiny.

Hnojení dusíkatými hnojivy

Hnojení dusíkem je klíčovým opatřením, které ovlivňuje výnos a kvalitu máku. Důležité je volit správnou dávku dusíkatých hnojiv, aby nedocházelo k nežádoucím účinkům, jako je nadměrné větvení rostlin, poléhání a prodloužení doby kvetení (Vaněk et al. 2016). Nedostatek dusíku se projevuje oslabeným růstem hlavních i vedlejších lodyh, nevyrovnaným růstem porostu a snížením počtu semen v tobolce a výnosu. Průměrně mák spotřebuje asi 70 kg dusíku na výnos 1 tuny semene (Lošák 2012). Dávka dusíku by měla být stanovena na základě analýzy půdy a obsahu minerálního dusíku v ní (Baranyk et al. 2010). Dusík se aplikuje v pevné nebo kapalné formě, často společně s preemergentními herbicidy. Mezi běžně používaná pevná hnojiva patří ledkem amonný, močovina, síran amonný a ledkem vápenatý. Mezi kapalná hnojiva patří DAM 390, SAM-240 a DUSADAM-325. Pokud je nedostatek síry, používají se hnojiva s obsahem dusíku a síry, jako jsou dvousložková hnojiva DASA (Lošák 2012).

Hnojení fosforečnými, draselnými a hořečnatými hnojivy

Dávku těchto prvků volíme v závislosti na plánovaném výnosu a dostupnosti živin v půdě (Vašák et al. 2010). Podle Baranyka et al. (2010) má průměrný obsah živin odčerpávaný na výnos 1 tuny semene máku hodnoty 26 kg fosforu (60 kg P₂O₅), 90 kg draslíku (108 kg K₂O) a 15 kg hořčíku (25 kg MgO). Nedostatek těchto živin negativně ovlivňuje růst rostlin (Lošák 2012).

Hnojení síranovými hnojivy

S ohledem na pokles emisí síry do ovzduší je klíčové využít hnojiva s obsahem síry pro hnojení máku. Průměrně mák spotřebuje 17 kg síry na 1 tunu semene. Hnojení sírou přispívá k lepšímu zdravotnímu stavu rostlin a zvyšuje obsah morfinu v makovině, zároveň zlepšuje využití dusíku (Vašák et al. 2010). Síranová síra v půdě má podobné vlastnosti jako dusíkatá forma síry, což znamená, že je náchylná k vyplavování. Proto je vhodné aplikovat síranová hnojiva na jaře před setím. Během vegetačního období může dojít k nedostatku síry, který lze řešit foliární aplikací kapalných hnojiv obsahujících síru (Lošák 2012).

Mikrobiogenní prvky ve výživě máku

Stopové prvky, jako je bór a zinek, mají klíčový význam v pěstování máku. Optimalizace obsahu těchto živin v rostlině je klíčová pro dosažení maximálního výnosu a kvality plodin (Lošák 2012). Na zásaditých půdách nebo po aplikaci vápna může dojít ke snížení dostupnosti bóru pro rostliny. Bór má v rostlině pozitivní vliv na transport cukrů a metabolismus fosforu v listech. Nedostatek této živiny se může projevit nekrózami na vrcholu rostliny. Doporučuje se aplikace bóru pomocí mimokořenové výživy ve fázi 5-6 pravých listů v dávce přibližně 150-200 g B/ha, opakovaná několikrát během vegetace (Lošák 2012). Příjem zinku rostlinami je ovlivněn pH půdy. Jeho dostupnost je omezená v neutrálních půdách s vyšším obsahem fosforu a za suchých podmínek. Doporučuje se aplikace zinku mimokořenovou výživou ve fázi pylových tetrad (Lošák 2012). Zinek je klíčový pro dlouhodobý růst rostlin. Aplikuje se v dávce 300 g Zn/ha ve formě roztoku. Rostliny přijímají zinek do 24 hodin po aplikaci, ačkoliv je ve rostlinách středně mobilní (Lošák 2012). Mák vykazuje také zvýšenou potřebu manganu, železa a molybdenu (Vašák et al. 2010).

Cizorodé prvky v semeni máku

Cizorodé prvky zahrnují látky, které mohou být pro zdraví a životní prostředí škodlivé, například těžké kovy. Kadmium se postupně uvolňuje z půdy, zatímco olovo a rtuť jsou často

absorbovány rostlinami z atmosféry. Snížení rizika obsahu cizorodých prvků v plodinách můžeme dosáhnout úpravou půdní reakce a aplikací vápna (Lošák 2012).

Vápnění

Pro úpravu půdní reakce (pH) je doporučeno vápnění půdy buď před setím nebo po sklizni předplodiny. Mák má nízkou toleranci vůči kyselé půdě. Na kyselých půdách dochází k omezení růstu kořenového systému a příjmu dostupných živin (Vašák et al. 2010). K vápnění se obvykle používají uhličitanové formy vápenatých hnojiv, případně dolomitický vápenec, pokud je v půdě nedostatek hořčíku. Po aplikaci vápněných hnojiv je důležité je důkladně promíchat s půdou. Dávky se stanovují na základě typu půdy a obsahu dostupného vápníku v půdě. Je také žádoucí, aby v půdě byla dostatečná zásoba vápníku (Lošák 2012).

4.3 Sklizeň

Sklizeň jarního máku obvykle probíhá od poloviny července do začátku září, s vrcholovým obdobím v druhé polovině srpna. Naopak, ozimý mák se typicky sklízí o měsíc dříve, tedy v červenci. Často se mák sklízí společně se semeny i makovinou, což pomáhá minimalizovat ztráty při sklizni (Vašák et al. 2010). Před samotnou sklizní je klíčové řádně nastavit sklízecí stroje, což zahrnuje optimalizaci otáček mlátícího bubnu a přizpůsobení mlátícího mechanismu kombajnu. Sběr máku začíná v okamžiku, kdy jsou rostliny plně zralé a suché. Problémem může být nevyrovnaná zralost porostu a polehlé rostliny, které lze obtížněji sklízet a mohou způsobit kontaminaci semen zeminou. Během sklizně je důležité, aby vlhkost semen nepřesahovala 10 % a makoviny 17 %. Mák se špatně uchovává, neboť semena obsahují vysoké množství oleje, který může rychle žluknout při poškození (Baranyk et al. 2010).

4.4 Škodlivé organismy

Škodlivé organismy představují významný problém pro pěstitele máku po celém světě. Tyto organismy mohou způsobit vážné škody na rostlinách, což má za následek snížení výnosů a kvality úrody. Mezi škodlivé organismy máku patří rozliční škůdci a choroby, které ohrožují jeho růst a prosperitu. Mezi škodlivé organismy poškozující mák patří: plíseň maková, pleosporová hnědá skvrnitost a krytonosec kořenový (Kazda et al. 2010).

4.4.1 Škůdci máku

Krytonosec kořenový (*Stenocarus ruficornis*)

Nosatcovitý brouk tmavohnědého zbarvení s bronzovým leskem představuje hlavního škůdce máku setého. Měří obvykle 3 až 3,5 mm a snadno se pozná podle bílé skvrny před zakončením krovek. Tento teplomilný a suchomilný brouk preferuje vyšší teploty a nižší fáze

růstu máku, což snižuje hodnotu prahu škodlivosti na jeden brouk na metr řádku za chladnějších podmínek a na 3-4 brouky na metr řádku za slunečných a teplých dnů. Jeho aktivita dosahuje vrcholu při teplotách kolem 12-15 °C, což odpovídá období vzcházení máku v dubnu. Škody způsobuje vyžíráním listů, zejména na spodní straně, a v extrémních případech může vést až k zaorání postižených porostů (Kazda et al. 2010).

Podle Ort (2004) jsou larvičky tohoto škůdce, dosahující velikosti přibližně 5-6 mm, mimořádně nebezpečné, neboť se často vyskytují v nadměrném množství a mohou vážně poškodit rostliny od vzcházení až po vývoj 4.-5. pravého listu. Samičky kladou kolem 300 vajíček do vyžraných jamek na spodní straně listů a larvy následně minují listový parenchym a napadají kořenový systém.

Optimální ochrana máku před tímto škůdcem spočívá v kombinaci insekticidního moření osiva a aplikace listových insekticidů. Moření osiva představuje základní ochranu, zatímco aplikace insekticidů na listy se provádí pouze v případě nutnosti během vegetace, s ohledem na maximální účinnost mořidla do 5 týdnů od výsevu. Kombinace kontaktního a systémového insekticidu zajistí účinnost nejen proti dospělcům, ale i proti larvám uvnitř stonku nebo kořene. (Havel et al. 2018; Kůdela 2002; Ort 2004; Bečka et al. 2014).

Krytonosec makovicový (*Neoglocianus maculaalba*)

Nosatcovitý brouk, jeho velikost se obvykle pohybuje okolo 3 mm. Na horní straně je bělošedý, s výskytem typické bílé skvrny na krovkách, na břišní straně je žlutavé barvy. Chodidla a holeně má rezavé. Vajíčka jsou světle žlutá protáhlého tvaru velká přibližně 0,7 mm. Larvy krytonosců jsou beznohé, rohličkovitě prohnuté bělavé barvy s červenohnědou hlavou, v dospělosti 6–7 mm dlouhé, k hlavě a k zadečku kónicky zúžené. Kukly jsou bělavé, volné a v půdě bývají uloženy v hliněném kokonu. Dospělí brouci se obvykle líhnou na přelomu srpna a září. Neopouštějí kokony a přezimují v půdě. V první polovině května začínají ze zimovišť vylézat dospělci krytonosců. Zpočátku žijí na divoce rostoucích druzích máku, migrace do porostů máku pak vrcholí v období tvorby poupát. Po zralostním žíru dojde k páření a samičky následně kladou vajíčka do nejmladších tobolek (přibližně 1–3 dny starých). Jedna samička je schopna naklást od 250 do 400 vajíček do jamek na mladých makovičkách. Místa na makovicích bývají po žíru brouků a kladení vajíček velmi typická. Dochází zde k výronům bílého mléka, které po zaschnutí vytváří velmi nevzhledné tmavé skvrny. Larvy se vyvíjejí uvnitř tobolek, kde vyžírají tvořící se semena a přepážky a podle jejich početnosti může dojít až k úplnému zničení vnitřku makovice. Po ukončení svého vývoje, který trvá v průměru 4 až 5 týdnů, si larvy prokoušou skrz stěnu otvor a padají k zemi, kde se následně v půdě kuklí v hliněném kokonu v hloubce 10–15 cm (Kolařík & Rotrekl 2014).

4.4.2 Choroby máku

Plíseň maková (*Peronospora arborescens*)

Plíseň maková, také známá jako peronospora maková, představuje závažné onemocnění, které postihuje mák setý (*Papaver somniferum* L.), kulturní rostlinu s širokým spektrem využití. Způsobuje ji houba *Peronospora arborescens*, která patří do skupiny oomycet. Tato choroba je především problematická v oblastech s teplým a vlhkým klimatem,

kde jsou podmínky pro šíření houby optimální. První příznaky plísně makové obvykle začínají na spodní straně listů, kde se objevují malé, šedé až bílé skvrny. Tyto skvrny se později pokryjí chmýřím, které obsahuje spory houby. Postižené listy často žloutnou a postupně usychají. V pokročilých stádiích můžou být ovlivněna i květenství, která hnědnou a ztrácejí svou estetickou hodnotu. Důsledky plísně makové jsou významné (Montes-Borrego et al. 2011). Kromě estetických problémů, které mohou snížit atraktivitu a tržní hodnotu máku, může plíseň vážně ovlivnit také výnosy. Postižené rostliny ztrácejí schopnost fotosyntézy a výživu, což může vést k redukci kvetení a tvorby semen. V extrémních případech může plíseň maková způsobit úplnou ztrátu úrody, což má značné ekonomické důsledky pro pěstitele. Kontrola plísně makové je obtížná, protože houba se rychle šíří a infikuje celé pole. Tradiční metody zahrnují aplikaci fungicidů, ale ty mohou být nákladné a mít negativní dopad na životní prostředí. Navíc houba může vyvinout rezistenci vůči některým chemikáliím. Nové přístupy k řízení plísně makové se zaměřují na integrované strategie managementu škůdců, které kombinují různé metody kontroly s cílem minimalizovat použití chemických pesticidů. Mezi tyto metody patří biologická kontrola, která využívá přirozených nepřátel plísně a preventivní opatření, jako je rotace plodin. Další výzkum je zaměřen na vývoj odolných odrůd máku, které by byly schopné odolávat plísně makové bez nutnosti použití chemických látek. Celkově je plíseň maková závažným problémem pro pěstitele máku po celém světě. Efektivní řízení této choroby je klíčové k udržení stabilních výnosů a ochraně ekonomických zájmů zemědělců. Je proto důležité pokračovat ve výzkumu a rozvoji nových metod kontroly, které budou účinné a udržitelné z dlouhodobého hlediska (Montes-Borrego et al. 2008).

Helmintosporiíza máku

Helmintosporiíza, známá také jako helmintosporiová skvrnitost, je jedním z nejvíce devastujících onemocnění, které mohou postihnout pole máku. Tato choroba, způsobená houbou *Helminthosporium spp.*, má značný dopad na výnosy a kvalitu plodin, což má vážné ekonomické důsledky pro zemědělce. První známky helmintosporiízy jsou často nenápadné, ale postupem času se stávají zřejmými, zejména za vlhkých a teplých podmínek. Na listech máku se objevují malé, kulaté skvrny, které postupně rostou a spojují se, tvoří se rozsáhlé oblasti postižené chorobou. Tyto skvrny jsou obvykle tmavé až černé a mohou být obklopeny žlutým nebo hnědým okrajem. Infekce postupně postihuje celou rostlinu, včetně stonků, květů a plodů. Květy často hnědnou a deformují se, což má za následek pokles výnosů a kvality semen. Plody mohou být rovněž napadeny, což snižuje jejich tržní hodnotu a způsobuje ztráty pro zemědělce (Ballarin 1950).

Helmintosporiíza máku je zvláště problematická v oblastech s teplým a vlhkým klimatem, kde jsou ideální podmínky pro rychlou reprodukci a šíření houby *Helminthosporium spp.* Polní porosty máku jsou náchylné k infekci, zejména pokud jsou příliš husté nebo pokud není dodržována vhodná rotační praxe plodin. Dopady helmintosporiízy na makové porosty jsou rozsáhlé. Kromě přímých ztrát v důsledku sníženého výnosu a kvality semen může být také nutné provádět dodatečné ošetření fungicidy, což zvyšuje náklady pro zemědělce a může mít negativní dopady na životní prostředí. Pro řízení helmintosporiízy máku existuje několik možností. Použití odolných odrůd máku a dodržování vhodného systému rotačních plodin může

snížit riziko infekce. Fungicidy jsou běžně používány k léčbě infikovaných polí, avšak je důležité používat je opatrně a v souladu s předepsanými postupy a dávkováním. Vědecký výzkum zaměřený na helmintosporiózu máku je stále v průběhu, s cílem nalézt nové a účinnější metody řízení této choroby. Inovace v oblasti genetického šlechtění a biologické kontroly mohou poskytnout nové nástroje pro boj proti helmintosporióze a pomoci zemědělcům chránit své pole a výnosy před tímto neviditelným nepřitelem (Voglmayr & Jaklitsch 2017).

4.5 Použité látky

4.5.1 Biologické přípravky na ochranu rostlin

V dnešní době čelíme přísným legislativním opatřením týkajícím se chemických pesticidů, což vede k rostoucímu společenskému a politickému tlaku na omezení jejich používání. Jako alternativní metoda k ochraně rostlin a nahrazení některých účinných látek se stále více uplatňuje biologická ochrana (Bleša 2019). Některé éterické rostlinné oleje, běžně využívané v parfémovém a potravinářském průmyslu pro své vůně a příchutě se ukázaly jako prostředky odpuzující hmyz. Novější výzkumy potvrzují, že některé z těchto olejů nejen odstraňují hmyz, ale mají také insekticidní účinky proti konkrétním škůdcům a fungicidní účinky proti některým důležitým rostlinným patogenům (Isman 2000).

Biologické pesticidy obecně vykazují nižší účinnost ve srovnání s chemickými pesticidy. Přesto však existuje určitý kompromis. Chemické pesticidy sice poskytují větší ochranu rostlin před škodlivými organismy, ale současně mají vyšší toxicitu, což zvyšuje zátěž životního prostředí. Naopak biologické pesticidy sice nezatěžují životní prostředí tolik jako chemické, ale jsou méně účinné při boji proti škodlivým organismům (Probasco et al. 2012).

Alginure

Alginure je tekutý extrakt z mořských řas, který obsahuje 24 % řas rodu *Ascophyllum nodosum* a *Laminaria sp*, 7 % rostlinných aminokyselin a další účinné látky, včetně fosfonátů. Výrobce tvrdí, že tento přípravek podporuje produkci obranných látek v rostlinách, jako jsou H_2O_2 , kyselina salicylová, kyselina jasmínová, ethylen, PR-proteiny a další látky. Doporučuje se aplikovat opakovaně v intervalech 7 až 14 dní (Boček et al. 2012). Studie provedená Jonášem & Pištěkovou (2016) zkoumala tento přípravek v dávce 3,5 l/ha. Alginure obsahuje složky z mořských řas a rostlin, jako jsou algináty, laminariny, cytokininy, proteiny, betainy, sacharidy a hormony, které aktivují obranné mechanismy rostlin. Také obsahuje fosfáty a fosfonáty, které pomáhají transportovat aktivátory obran do buněk rostlin (Bagár 2011). Tento biologický přípravek podporuje rostliny před houbovými chorobami preventivně, zvyšuje obsah fytoalexinů, PR-proteinů a dalších látek, které zlepšují obranyschopnost rostliny (Řehoř et al. 2018). Podle Vostřel et al. (2018) přípravek Alginure podporuje tvorbu fytoalexinů, což má pozitivní vliv na obranyschopnost rostliny. Alginure aktivuje imunitní systém rostlin a může nahradit toxické fungicidy (Hluchý 2014). Studie provedená Procházkou et al. (2019) uvádí, že má srovnatelnou fungicidní účinnost s konvenčními fungicidy.

Wecit

Přípravek Wecit obsahuje 4,2 % pomerančového oleje (Pobozniak et al. 2016). Jedná se o kapalné hnojivo obsahující terpeny z pomerančovníku, které mimo jiné regulují choroby a škůdce rostlin. Tyto terpeny také zajišťují dobré přilnutí k listové ploše a rovnoměrné rozptýlení postřiku (Řehoř et al. 2018). Využití terpenů z citrusových plodů se zkouší jako alternativa k chemickým fungicidům proti *Phytophthora infestans*, způsobující plíseň bramborovou. Esenciální oleje z různých druhů citrusů, jako jsou *Citrus sinensis*, *Citrus bergamia* a *Citrus limon*, vykazují různé účinky na inhibici sporulace a růstu mycelia na izolátu. Nejlepší výsledky v testech *in vitro* a *in vivo* prokázal esenciální olej z *Citrus bergamia*, následovaný olejem z *Citrus sinensis* a *Citrus limon* (Moumene et al. 2015). Pomerančový olej, získávaný ze slupek citrusových plodů, obsahuje převážně limonen (92,14 %), β -myrcen (2,7 %), 1,8-cineol (0,33 %), α -pinene (0,7 %) a γ -terpinene (0,23 %) (Oboh et al., 2017). Jeho použití má značný vliv na snížení výskytu chorob a škůdců u rostlin (Vostřel et al. 2018).

Tymiánová silice

Dalším zajímavým aspektem využití tymiánového oleje je jeho potenciál jako přírodního repelentu proti hmyzu. Thymol a karvakrol, hlavní složky tymiánového oleje, mají prokázané repelentní účinky proti různým druhům hmyzu, včetně komárů, much a mravenců. Tento přírodní repelent může být užitečný zejména v oblastech, kde je vysoký výskyt škodlivého hmyzu a zároveň se preferuje použití přírodních produktů k ochraně proti hmyzu, aby se minimalizovalo riziko pro životní prostředí a lidské zdraví. Kromě toho se tymiánový olej také zkoumá pro svůj potenciál v léčbě a prevenci některých nemocí rostlin způsobených bakteriemi a viry. Thymol a karvakrol mají prokazatelné antimikrobiální vlastnosti, které mohou pomoci potlačit růst patogenních mikroorganismů a zabránit šíření nemocí mezi rostlinami. Tento přírodní přístup k léčbě rostlin může nabídnout alternativu k chemickým pesticidům a fungicidům, což je v souladu s trendem k udržitelnějšímu zemědělství a ochraně životního prostředí. Celkově lze říci, že tymiánový olej má široké spektrum potenciálních aplikací v zemědělství a ochraně rostlin. Jeho antimikrobiální, antifungální a repelentní vlastnosti ho činí zajímavým nástrojem pro boj proti škůdcům, chorobám a dalším problémům v pěstování plodin (Kumar et al. 2008; Procházka et al. 2021)).

Chmelový extrakt

Chmel, známý především pro svou roli v pivovarnictví, má také významný potenciál v oblasti léčivých a pesticidních vlastností. Jeho obsah hořkých látek, polyfenolů a dalších bioaktivních sloučenin z něj činí cennou surovinu pro farmaceutický a potravinářský průmysl. Jedním z hlavních látek v chmelu jsou alfa a beta kyseliny, známé jako humulin a lupulin, které přispívají k jeho hořkosti a také mají léčivé účinky. Tyto látky se staly předmětem zájmu v lékařském výzkumu kvůli svým antibakteriálním, antioxidačním a protiplísňovým vlastnostem. Chmelový extrakt, obsahující tyto látky, je zkoumán pro svůj potenciál v léčbě různých chorob a jako součást biologických pesticidů pro ochranu rostlin. Chmelový olej a pryskyřice, které obsahují alfa-hořké kyseliny, mají sedativní a neurofarmakologické vlastnosti. Tyto látky se

také ukázaly jako účinné antibakteriální a protiplísňové látky, což z nich činí zajímavou možnost pro léčbu infekcí a ochranu rostlin před patogeny (Moureu et al. 2023).

Extrakty z chmelových hlávek mají široké spektrum biologických aktivit, včetně antifungálních vlastností, což naznačuje jejich potenciál jako součást biologických pesticidů pro ochranu rostlin. Rostlinný extrakt z *Humulus lupulus* může být užitečný pro regulaci larválních instarů škůdců a nabízí potenciál pro využití v konvenční i organické ochraně proti škůdcům (Bedini et al. 2015).

Celkově lze konstatovat, že chmel je významnou rostlinou s mnoha léčivými a pesticidními vlastnostmi, které mohou být využity v různých odvětvích průmyslu a zemědělství. Jeho studium a využití může přinést nové možnosti v léčbě nemocí a ochraně plodin (Procházka et al. 2021).

4.5.2 Chemické přípravky na ochranu rostlin

Amistar Gold

Amistar Gold je fungicidní přípravek, který je vyvinutý k ochraně rozličných plodin, jako je cukrovka, řepka olejka, slunečnice, pšenice, tritikale, žito před různými chorobami. Obsahuje účinné látky azoxystrobin a difenoconazole, které patří do skupin strobilurinových derivátů a triazolů. Azoxystrobin funguje jako protektivní fungicid, který zabraňuje transportu elektronů při dýchání mitochondrií hub. Tímto způsobem předchází infekci a může poskytovat ochranu po dobu 3–8 týdnů, což pomáhá zabránit novým infekcím. Difenoconazole působí na biosyntézu ergosterolu v buněčných membránách hub, což má jak preventivní, tak léčivé účinky. Tato látka je absorbována listy a šíří se akropetálně a translaminárně v rostlině. Amistar Gold se aplikuje před infekcí nebo na začátku infekce, aby zajistil dlouhodobou ochranu rostlin. Jeho účelem je ochrana proti různým chorobám, jako je cercosporióza, rzi, hniloby a padlí. Je vhodný pro použití v širokém spektru plodin. Důležité je dodržovat doporučené dávkování a postup aplikace, aby se zaručila účinnost přípravku a minimalizovaly možné negativní dopady na životní prostředí a lidské zdraví. Použití přípravku by mělo být v souladu s doporučeními výrobce a místními předpisy pro ochranu rostlin (Bataller et al. 2012).

5 Metodika

5.1 Lokalita

Pokus se nacházel v lokalitě Červený Újezd ve Středočeském kraji, západně od Prahy (GPS 50°4'21.769'', 14°10'16.568''E). Na obrázku č. 2 je letecký pohled na pokusné parcely.

Obrázek č. 2: Letecký pohled na pokusné stanoviště Červený Újezd



5.1.1 Agrotechnika pokusu

Před setím byla provedena podmítka hned po sklizni předplodiny. Poté byla provedena podzimní orba (střední – 18 cm) a na jaře byl povrch urovnán pomocí bran. Po zasetí bylo pole upraveno přejezdem válců typu Cambridge, pro obnovu půdní kapilarity.

Před setím se hnojilo 200 kg/ha LAD (Dusičnan amonný s dolomitem). Jako preemergentní herbicid bylo použito Callisto 480 SC (0,2 l/ha) a Command 36 CS (0,25 l/ha). Dne 2.6.2023 bylo přihnojeno hnojem LAD v dávce 200 kg/ha.

5.1.2 Průběh počasí

Průměrné teploty a měsíční úhrny srážek během experimentu znázorňuje Tabulka č. 2.

Tabulka č. 2: Průměrné teploty a měsíční úhrny srážek na Výzkumné stanici Červený Újezd v roce 2022/23

rok 2022/23	teplotní normál (°C)	prům. teplota (°C)	odchylka od normálu	hodnocení	srážkový normál (mm)	srážky (mm)	% normálu	hodnocení
srpen	18,7	19,82	1,2	nadnormální	66	77,8	118	normální
září	13,9	12,49	-1,4	podnormální	39	22,1	57	normální
říjen	8,7	10,83	2,2	silně nadnormální	34	40,8	120	normální
listopad	3,8	3,66	-0,2	normální	29	45,3	158	nadnormální
prosinec	0,4	0,52	0,2	normální	26	44,5	173	nadnormální

leden	-0,7	2,14	2,8	<i>nadnormální</i>	21	18,3	88	<i>normální</i>
únor	0,3	1,46	1,1	<i>normální</i>	18	17,6	98	<i>normální</i>
březen	4,0	4,67	0,7	<i>normální</i>	28	55,3	195	<i>nadnormální</i>
duben	9,2	6,47	-2,8	<i>podnormální</i>	27	45,4	167	<i>silně nadnormální</i>
květen	13,6	12,82	-0,8	<i>normální</i>	60	7,5	12	<i>mimořádně podnormální</i>
červen	17,0	17,04	0,1	<i>normální</i>	71	55,0	77	<i>normální</i>
červenec	18,9	19,80	0,9	<i>normální</i>	77	69,6	91	<i>normální</i>
rok	9,0	9,3	0,3	<i>normální</i>	495,1	499,2	101	<i>normální</i>

5.2 Specifikace pokusu

Jako pokusná rostlina byl pěstován mák setý (*Papaver somniferum* L.) odrůda 'Aplaus' (výsevek 1,75 kg/ha), který byl zasetý 12.4.2023. Bloky byly randomizované a kontroly se nacházely v blocích (Obr. č. 3). Počet opakování každé varianty byly 4. Vzešlý porost je na obrázcích č. 4.

Obrázek č. 3: Schéma pokusu a jeho randomizace

6	3	5	1	4	2
5	6	4	3	2	1
3	1	2	6	4	5
1	2	3	4	5	6

(Hlídek 2024)

Obrázek č. 4: Vzcházející rostliny máku a vzešlý porost máku



(foto: Miloš Hlídaek)

Obrázek č. 5: Počítání rostlin a tobolek na m² (17.8.2023)



(foto: Miloš Hlídek)

5.2.1 Varianty pokusu

Termín aplikace přípravků byl dne 26.6.2023. První varianta byla neošetřená (kontrolní varianta). Druhá varianta byla ošetřená přípravkem Alginure (výtažek z mořských řas). Třetí varianta se ošetřila přípravkem Wetcit. Čtvrtá varianta byla ošetřená Tymiánovou silicí. Pátá varianta se ošetřila chmelovým extraktem a šestá varianta (kontrolní varianta) přípravkem Amistar Gold (Azoxystrobin, Difenoconazol), viz. tabulka č. 3.

Tabulka č. 3: Varianty pokusu

Varianta	Název přípravku	Dávka/koncentrace	Termín aplikace
1	Neošetřená kontrola		T1
2	Alginure	1% roztok (3 l/ha) + (300 l vody/ha)	
3	Wetcit	0,5% roztok (1,5 l/ha) + (300 l vody/ha)	
4	Tymiánová silice	0,125% roztok emulze + (300 l vody/ha)	
5	Chmelový extrakt 0,25 %	0,25% roztok emulze + (300 l vody/ha)	
6	Amistar Gold	1 l/ha + (300 l vody/ha)	

(Hlídek 2024)

5.2.2 Založení pokusu

V době založení pokusu byla teplota vzduchu (2 m nad zemí) 20 °C, oblačnost 55 % a relativní vlhkost vzduchu (2 m nad zemí) 86 %. Rychlost a směr větru byl 0,4 směr západ. Teplota půdy byla 17,6 °C. Po aplikaci nebyl zaznamenán déšť. Přípravky byly aplikovány ve fenologické fázi růstu BBCH 65 v plném květu rostlin (Obr. č. 6).

Obrázek č. 6: Aplikace přípravků v plném květu rostlin



(foto: Miloš Hlídek)

5.3 Vyhodnocování pokusu

Vyhodnocení pokusu po aplikaci bylo provedeno:

- 1 týden po aplikaci (A1)
- 2 týdny po aplikaci (A2)
- před sklizní (A3)
- při sklizni (A4)
- po sklizni (A5)

Byl hodnocen výnos, počet rostlin na m², počet tobolek na m², HTS, zdravotní stav porostu a obsah chlorofylu v listech.

5.3.1 Stanovení úrovně napadení porostu

Z každé parcely byly náhodně odebrány rostliny (Obr. č. 8), u kterých bylo podle stupně napadení uděleno bodové hodnocení:

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

Poté byl vypočítán „Disease index“ (DI), který nabývá hodnot od 0 do 100 a kde 0 znamená, že sledované varianty nevykazují žádné známky napadení a 100 znamená, že sledované varianty jsou zcela napadené. Disease index byl vypočítán podle následujícího vzorce (Satranský 2023):

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

N = počet rostlin v dané skupině podle bodového stupně
T = celkový počet hodnocených rostlin

Obrázek č. 7: Larvičky krytonosce kořenového na kořeni



(foto: Miloš Hlídek)

Obrázek č. 8: Stav porostu 17.8. 2023



(foto: Miloš Hlídaek)

Obrázek č. 9: Sklizeň pokusů Červený Újezd, maloparcelková sklizecí mlátička Wintersteiger



(foto: Ing. Matěj Satranský, Ph.D.)

5.4 Statistické vyhodnocení

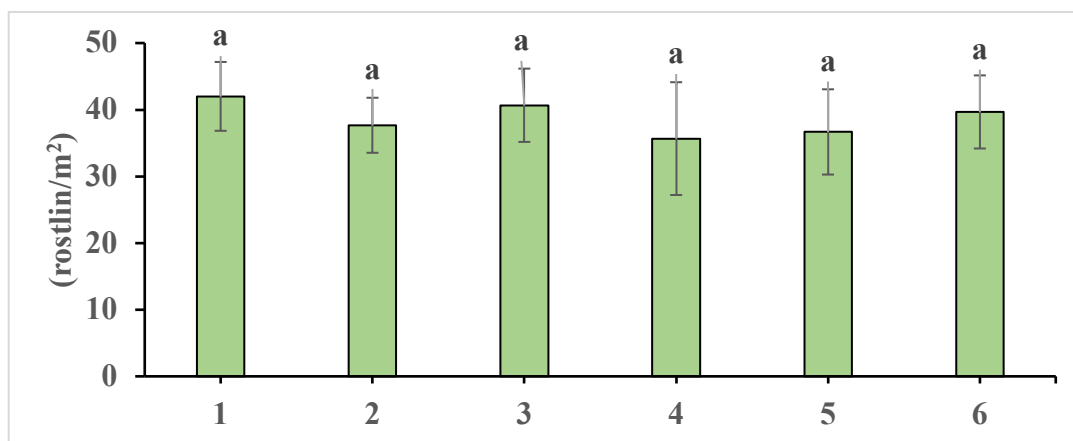
Statistické vyhodnocení bylo provedeno pomocí analýzy rozptylu ANOVA s využitím Tukeyho HSD testu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ v programu *Statistica 12*.

6 Výsledky

6.1 Počet rostlin

Na grafu č. 1 jsou patrné počty rostlin máku na m^2 . Nejvyšší počet rostlin na metru čtverečném bylo vyhodnoceno u kontrolní neošetřené varianty (1) 42 rostlin/ m^2 . Nižší počet rostlin byl naměřen u variant s přípravkem Amistar Gold (6) a Wetcit (3) a to 40 rostlin/ m^2 . Nejnižší počet rostlin na metru čtverečném byl u varianty s tymiánovou silicí (4) (36 rostlin/ m^2). Mezi jednotlivými variantami nebyl nalezen statisticky průkazný rozdíl.

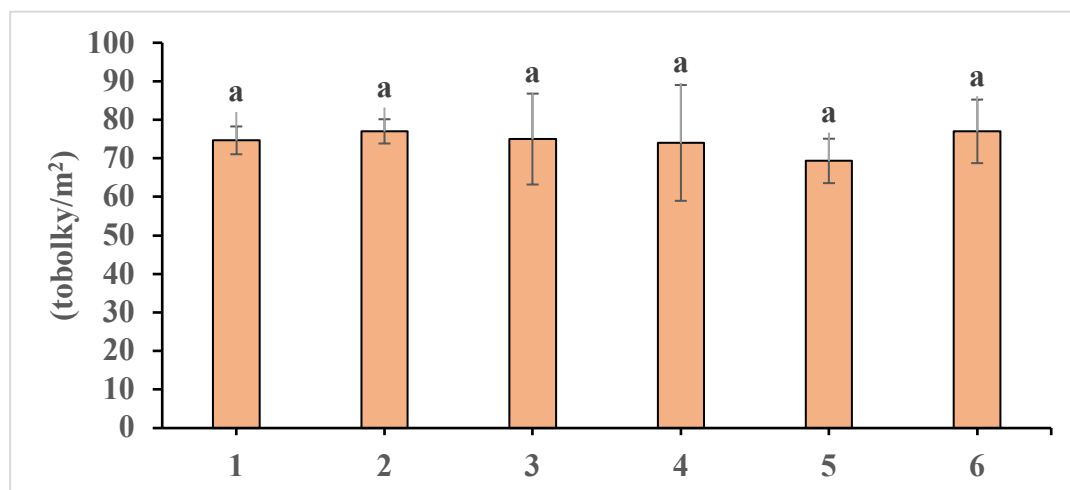
Graf č. 1: Počet rostlin máku na m^2 (17.8.2023)



6.2 Počet tobolek

Graf č. 2 nám ukazuje počet tobolek máku setého na m^2 . Nejvyšší počet tobolek 77 tobolek/ m^2 byl vyhodnocen u variant ošetřených přípravkem Alginure (2) a Amistar Gold (6). Naproti tomu nejnižší počet tobolek byl vyhodnocen u varianty ošetřené chmelovým extraktem (5). Mezi jednotlivými variantami podle analýzy rozptylu ANOVA při použití Tukeyho HSD testu, nebyl nalezen statisticky významný rozdíl.

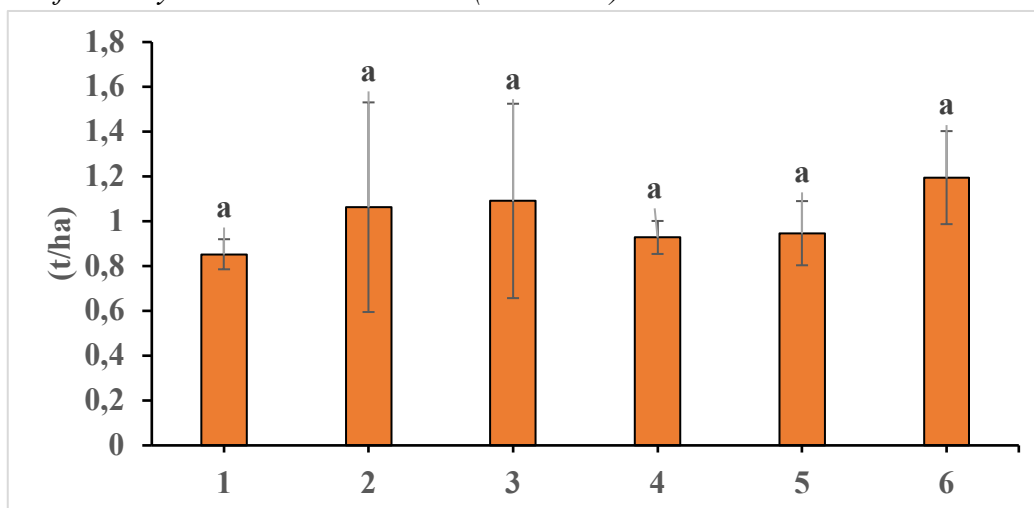
Graf č. 2: Počet tobolek na m^2 (17.8.2023)



6.3 Výnosy máku

Výnosy máku představuje graf č. 3. Nejnižší naměřený výnos byl u varianty 1 (neošetřená varianta), u které byl výnos 0,853 t/ha. U variant 2 a 3 se naměřil podobný výnos v průměru 1,072 t/ha. Oproti neošetřené variantě to byl nárůst o 25,44 %. Varianty s tymiánovou silicí (4) a chmelovým extraktem (5) zaznamenala podobný výnos 0,928 a 0,947 t /ha. U poslední varianty ošetřené přípravkem Amistar Gold (6) byl vyhodnocen nejvyšší průměrný výnos, a to 1,195 t/ha. Amistar Gold (6) byl tudíž přípravek, u kterého se naměřil nejvyšší výnos, dále nižší výnos byl nalezen u přípravků Alginure (2) a Wetcit (3) a ještě nižší výnos byl u přípravků na bázi silic. Avšak oproti kontrolní neošetřené variantě byly výnosy vyšší u použitých přípravků. Tyto rozdíly však nebyly statisticky průkazné a nebyl mezi variantami nalezen statisticky významný rozdíl.

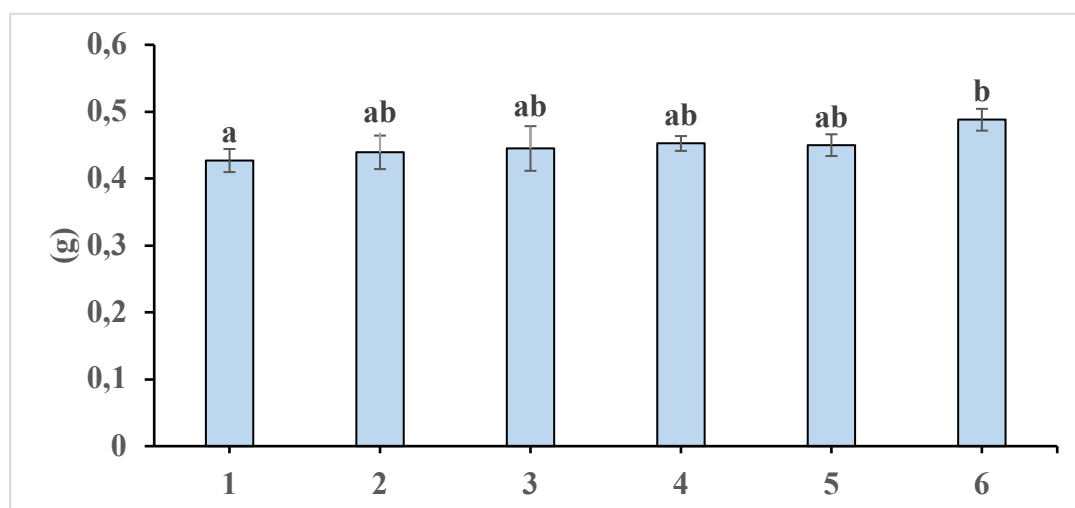
Graf č. 3: Výnos máku setého v t/ha (18.8.2023)



6.4 Hmotnost tisíce semen (HTS)

Graf č. 4 znázorňuje hmotnost tisíce semen (HTS). Z grafu je patrné, že nejnižší HTS byla naměřena u varianty neošetřené, a to v průměru 0,427 g. Naopak nejvyšší HTS byla u varianty Amistar Gold (6) 0,488 g. Varianta ošetřená přípravkem Alginure (2) měla oproti kontrole o 2,81 % vyšší HTS. Téměř o 6 % měly oproti kontrole varianty ošetřené přípravkem Wetcit (3) a tymiánovou silicí (4) a chmelovým extraktem (5). Nejvyšší procentuální rozdíl oproti kontrole zaznamenal přípravek Amistar Gold (6), a to 14,29 %. Tento rozdíl byl statisticky významný. Ostatní varianty nebyly mezi sebou statisticky významné.

Graf č. 4: Hmotnost tisíce semen u máku setého (18.8.2023)



6.5 Zhodnocení zdravotního stavu

Zhodnocení zdravotního stavu porostu bylo provedeno bodováním dle „Disease indexu“ (DI) kdy 0 byl zdravý porost a 100 byl zcela napadený porost.

Tabulka č. 4: Zhodnocení zdravotního stavu porostu máku dle „Disease index“ (DI) (2.8.2023)

Opakování	Varianta					
	1	2	3	4	5	6
a	30	32,5	32,5	40	35	37,5
b	32,5	32,5	35	30	30	37,5
c	37,5	37,5	37,5	35	30	30
d	32,5	32,5	32,5	32,5	40	30
Průměr	36,88a	33,75a	34,38a	34,38a	33,75a	33,75a

Tabulka č. 4 udává průměrné bodové ohodnocení zdravotního stavu máku dle „Disease indexu“ (DI). Nejlepšího zdravotního stavu dosáhly varianty ošetřené přípravkem Alginure (2), chmelovým extraktem (5) a Amistar Gold (6). O méně horší stav měla varianta ošetřená přípravkem Wetcit (3). Varianta neošetřená (1) dosáhla průměrného DI 36,88, a dle tohoto výpočtu byla i nejméně zdravou variantou.

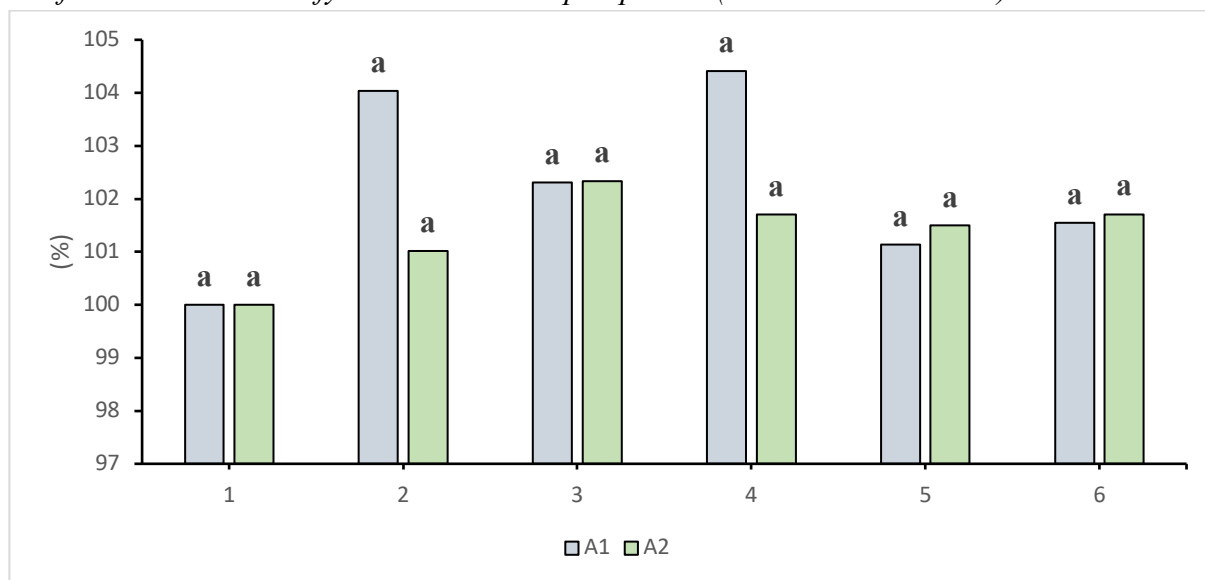
6.6 Obsah chlorofylu v listech máku

Procentické zastoupení obsahu chlorofylu v listech v porovnání s neošetřenou variantou u máku udává graf č. 5. Nejvyšší rozdíl oproti kontrole, 1 týden po aplikaci byl vyhodnocen u varianty s přípravkem Alginure (2) a tymiánovou silicí (4). Rozdíl oproti kontrole byl kolem 4

%. Nižší procentické zastoupení chlorofylu v listech byl u varianty s přípravkem Wetcit (3) 2%. Nejnižší rozdíl byl u chmelového extraktu (5) a přípravku Amistar Gold (6).

Druhý týden po aplikaci se obsah chlorofylu u Alginure (2) a tymiánové silice (4) snížilo na hodnotu kolem 1%. U přípravku Wetcit (3) se obsah chlorofylu nezměnil. Naopak u chmelového extraktu (5) a přípravku Amistar Gold (6) se ukazuje slabý rostoucí trend v obsahu chlorofylu s přibývajícím odstupem od aplikace.

Graf č. 5: Obsah chlorofylu v listech máku po aplikaci (3.7.2023 a 10.7.2023)



7 Diskuse

Biologické přípravky s antifungálním účinkem zaujímají stále významnější místo v moderním zemědělství díky své schopnosti omezovat šíření houbových infekcí a zároveň minimalizovat negativní dopady na životní prostředí. Tyto biologické přípravky představují alternativní a ekologicky šetrnou možnost pro ochranu rostlin před houbovými chorobami v porovnání s tradičními chemickými pesticidy. Jejich využití může přispět k udržitelnějšímu zemědělství a ochraně životního prostředí (Procházka et al. 2023). Rozsah výnosů a účinky různých přípravků na produkci rostlin jsou klíčové aspekty agronomického výzkumu, které mají značný dopad na zemědělskou produkci a ekonomiku. Získané výsledky mohou poskytnout cenné poznatky pro farmáře, agronomy a výzkumníky při optimalizaci produkčních postupů a maximalizaci výnosů. Studie v oblasti výnosů máku a dalších plodin jsou důležité pro posouzení efektivity různých agrochemických přípravků, které mohou ovlivnit růst, vývoj a zdravotní stav rostlin (Satranský et al. 2022). Přípravky jako Alginure, Wetcit, tymiánové silice, chmelový extrakt a Amistar Gold mají různé mechanismy působení a účinky na rostliny, a proto je důležité zkoumat jejich vliv na výnosy a další parametry plodin.

V této práci se použil přípravek Alginure, který pozitivně ovlivnil výnos, HTS, zdravotní stav porostu máku. Je to biologický přípravek odvozený z řas, který se prokázal jako účinný prostředek proti některým houbovým infekcím. Obsahuje látky s antifungálním účinkem, které mohou omezovat růst patogenních mikroorganismů a zároveň posilovat imunitní systém rostlin. Alginure je široce využíván především v ekologickém zemědělství díky své přírodní povaze a minimálnímu ekologickému dopadu (Řehoř et al. 2018; Vostřel et al. 2018; Procházka et al. 2019).

Wetcit je biologický přípravek, který využívá enzymatické účinky a mikroorganismy ke snížení rizika houbových infekcí. Tento přípravek může pomáhat při ochraně rostlin proti plísním a dalším chorobám, zatímco zároveň podporuje zdravý růst a vývoj rostlin (Oboh et al. 2017; Vostřel et al. 2018). V této práci tento přípravek pozitivně ovlivnil počet rostlin na m², výnos a HTS. Zdravotní stav byl u tohoto přípravku horší.

Extrakt z chmele obsahuje látky s přirozenými antifungálními vlastnostmi, které mohou být účinné při boji proti různým houbovým onemocněním. Chmelový extrakt se využívá v zemědělství nejen kvůli své antifungální aktivitě, ale také díky svým dalším pozitivním vlastnostem, jako je podpora růstu a vitality rostlin (Bedini et al. 2015; Procházka et al. 2021; Moureu et al. 2023). Chmelový extrakt ovlivnil pozitivně zdravotní stav máku, ale oproti jiným biologickým přípravkům měl nižší výnosy.

Tymiánové silice obsahují éterické oleje z tymiánu, které mají prokazatelné antifungální vlastnosti. Tyto silice mohou být účinné při ochraně rostlin před různými houbovými chorobami a současně mohou poskytovat další benefity pro rostliny, jako je podpora imunitního systému a stimulace růstu (Kumar et al. 2008; Procházka et al. 2021). V tomto experimentu se málo osvědčilo použití tymiánové silice, která zapříčinila horší zdravotní stav, nižší výnosy a počet tobolek na m².

Výnosy máku se v tomto pokusu pohybovaly v rozmezí od 0,853 do 1,195 t/ha v rámci všech variant. Podobných výsledků dosáhli Satranský et al. (2022), kteří dosáhli výnosů od 0,88 do 1,39 t/ha, při použití antifungálních přípravků na mák a také Satranský & Zimmer (2023) ve

svých výsledcích dosáhli výnosů od 1,30 do 1,94 t/ha. Na druhou stranu Oguz & Ogur (2023) dosáhli celkového výnosu máku ve svém experimentu 1,73 t/ha.

Po použití přípravku Alginure se zvýšil výnos máku. Tento fakt nepotvrzují Boček et al. (2012), kteří aplikovali přípravek Alginure na jahody a zjistili snížení výnosů plodů oproti kontrolní neošetřené variantě. To samé zjistili Jonáš & Pištěková (2016), kteří hodnotili vliv přípravku Alginure na jahody. Kultivar 'Flair' a 'Rumba' měl nižší výnos plodů než kontrolní varianta. Naopak kultivar 'Darselect' dosáhl vyšších výnosů plodů než kontrolní varianta při použití přípravku Alginure. Lze konstatovat, že přípravek Alginure pozitivně ovlivňuje pouze vybrané druhy plodin a není univerzálním přípravkem pro všechny plodiny.

Sledováním vlivu přípravku Wetcit na výnos chmele se zabývali Procházka et al. (2021), zjistili pozitivní ovlivnění výnosů chmele po použití tohoto přípravku. Také v této práci přípravek Wetcit pozitivně ovlivnil výnos máku, kde rozdíl mezi neošetřenou variantou a ošetřenou variantou byl 0,238 t/ha.

Tymiánovými silicemi a jejich pozitivním antifungálním vlivem se zabývali Jabeur et al. (2017), kteří prokázali inhibiční vliv na septoriovou skvrnitost pšenice (*Mycosphaerella graminicola*). Tymiánovou silici ověřovali na výnosu chmele Procházka et al. (2021) a Řehoř (2020), ale nedosáhli prokazatelného rozdílu ve výnosu chmele. V experimentu této diplomové práce byl, ale prokázán pozitivní vliv na výnos máku a jeho navýšení oproti kontrole z 0,853 na 0,928 t/ha.

Dle Bocquet et al. (2018) snižoval chmelový extrakt růst houby (*Zymoseptoria tritici*) původce septoriové skvrnitosti pšenice. Došli také k zajímavému zjištění, že použití chmelového extraktu s účinnou látkou bixafen měl za následek synergický účinek při potlačování této houby. V našem experimentu chmelový extrakt pozitivně ovlivnil výnos máku o 0,094 t/ha oproti kontrolní neošetřené variantě.

Účinná látka azoxystrobin, kterou obsahuje také přípravek Amistar Gold, významně zvýšila výnos pšenice tvrdé (*Triticum durum* L.) oproti neošetřené variantě ve studii Karkanis et al. (2018). V našem pokusu tento přípravek také pozitivně ovlivnil výnos, který byl nejvyšší v rámci všech ošetřených variant oproti neošetřené kontrolní variantě.

V této práci byl sledován jeden z parametrů počet rostlin na m². Nejvyšší počet rostlin zaznamenala varianta ošetřená přípravkem Alginure a to cca 41 rostlin/m². Satranský et al. (2022) zaznamenali v jejich studii s mákem setým nejnižší počet rostlin na m² u kontrolní varianty a to 29,5 rostlin/m² a nejvyšší poté 55,8 rostlin/m² u přípravku Cruiser OSR.

Satranský et al. (2022) vyhodnotili v jejich studii počet tobolek na m², kde nejnižší přepočítaný počet tobolek na m² měla varianta s přípravkem Eventus, a to 68,8 tobolek/m². Nejvyšší počet tobolek byl poté u přípravku Cruiser OSR a to 122,8 tobolek/m². Z naší studie vyplývá, že nejvyšší počet tobolek na m² měla varianta ošetřená přípravkem Alginure a Amistar Gold a to shodně 77 tobolek/m² a nejnižší počet byl vyhodnocen u varianty, u které byla použita tymiánová silice.

V této práci byla nejvyšší HTS naměřena u přípravku Amistar Gold (0,49 g). Nejnižší HTS byla poté u varianty neošetřené (kontrolní), u které hmotnost tisíce semen byla 0,43 g. Naproti tomu u pokusu Satranský et al. (2022) zjistili u máku vyšší HTS než v naší studii. HTS se v jejich studii pohybovala v rozmezí 0,55 – 0,57 g. Naopak bližší HTS naší studii zaznamenala studie Neugschwandtner et al. (2023), kteří uvádějí 0,43 – 0,46 g.

První týden po aplikaci zaznamenali nejvyšší obsah chlorofylu v listech máku přípravků Alginure a tymiánová silice. Podobných výsledků dospěli Procházka et al. (2021), kteří vyhodnotili pozitivní vliv přípravku Alginure na obsah chlorofylu v listech chmele. Druhý týden se v jejich studii, ale obsah chlorofylu u těchto variant snižoval. Této skutečnosti se dosáhlo i v této práci, kdy po 2 týdnech po aplikaci se obsah chlorofylu v listech máku u přípravku Alginure a tymiánové silice snížil. Je důležité zdůraznit, že biologické přípravky mají tendenci snižovat zátěž rostlin po jejich aplikaci, což potvrzují výsledky studie (Řehoř et al. 2020). Například rostliny chmele vykazovaly po použití biologických přípravků vyšší relativní obsah chlorofylu v listech až o 25 % ve srovnání s použitím konvenčních chemických přípravků. Dodatečně, Tomita & Endo (2007) uvádějí, že biologické pesticidy mají menší negativní dopad na životní prostředí, neboť jsou extrahovány z rostlin, ačkoliv stále spadají do kategorie pesticidů.

Tato pozorování podtrhují význam a přínosy biologických přípravků v zemědělství, neboť mohou přispět k ochraně a udržitelnosti rostlinné produkce bez větších negativních dopadů na životní prostředí. Vědecký výzkum v oblasti agronomie je klíčový pro vytváření udržitelných a efektivních zemědělských systémů, které dokážou uspokojit potřeby rostoucí světové populace. Pojednání o účincích různých agrochemických přípravků na výnosy a další agronomické parametry je proto důležitou součástí diskuse o současných trendech a výzvách v zemědělství.

8 Závěr

Biologické přípravky s antifungálním účinkem se ukazují jako perspektivní alternativa k chemickým fungicidům, zejména z hlediska ochrany životního prostředí. V této studii byly přípravky Alginure a Wetcit úspěšně testovány a prokázaly schopnost přiblížit se účinku konvenčních chemických fungicidů s příznivými výnosy u máku. Zvláště přípravek Wetcit dosáhl dobrých hodnot parametru počtu rostlin na metr čtvereční. Statistické analýzy naznačují, že tyto biologické přípravky nejenže ovlivňují produkční vlastnosti rostlin, ale také mají vliv na zdravotní stav porostů, i když s určitými odchylkami. Horších výsledků dosáhly varianty, které byly ošetřené chmelovým extraktem a tymiánovou silicí. Přípravek Amistar Gold dosáhl ve většině sledovaných parametrů lepších výsledků než použité biologické přípravky, ale s ohledem na ekonomické vyhodnocení (Tab. č. 4) je tento přípravek ekonomicky nákladnější.

Závěrem můžeme potvrdit první hypotézu, že vybrané přírodní látky nemají vliv na snížení produkčních schopností máku, naopak, některé sledované parametry ukazují na jejich pozitivní dopad na produkci. Druhá hypotéza, týkající se vlivu biologických přípravků na zdravotní stav rostlin, byla rovněž potvrzena, avšak s lehce negativními rozdíly ve srovnání s kontrolními variantami, ovšem veškeré varianty ošetřené fungicidní látkou vykazovaly lepší zdravotní stav než neošetřená kontrolní varianta.

Tento jednoletý pokus naznačuje, že použití biologických přípravků představuje perspektivní cestu k ochraně rostlin a udržitelnějšímu zemědělství a může sloužit jako základ pro další výzkum v oblasti ekologicky šetrných metod ochrany rostlin. Je to také ekonomičtější cesta při ochraně máku setého.

Tabulka č. 4: Ekonomické vyhodnocení (byly použity ceníkové ceny bez slev)

Přípravek	Cena přípravku na aplikaci (Kč/ha)
Neošetřená varianta	0
Alginure	987
Wetcit	1140
Tymiánová silice	739
Chmelový extrakt	563
Amistar Gold	1924

9 Literatura

- Bagár M. 2011. Nové prostředky v systému ochrany před houbovými chorobami. Agris. Available from <http://www.agris.cz/clanek/172375>. (accessed March 2024).
- Ballarin C. Studies on *Helminthosporium papaveris*. Phytopathologische Zeitschrift 16(4):400-442.
- Baranyk P, Balík J, Hájková M, Havel J, Kazda J, Lošák T, Málek B, Markytán P, Plachká E, Richter R, Soukup J, Stražil Z, Šaroun J, Škeřík J, Šmirous P, Štranc P, Volf M, Vrbovský V, Zehnálek P, Zelený V. 2010. Olejniny. Profi Press, Praha. 206 s.
- Bataller M, González JE, Veliz E, Fernández LA. 2012. Ozone Applications in the Post-Harvest of Papaya (*Carica papaya* L.): An Alternative to Amistar Fungicide. Ozone: Science & Engineering 34(3):151-155.
- Bedini S, Flamini G, Girardi J, Cosci F, Conti B. 2015. Not just for beer: evaluation of spent hops (*Humulus lupulus* L.) as a source of eco-friendly repellents for insect pests of stored foods. Journal of Pests Science 88:583-592.
- Bečka, D, Cihlár P, Vlažný P, Pazderů K, Vašák J. 2014. Poppy root weevils (*Stenocarus ruficornis*, Stephens 1831) control in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). Plant, Soil and Environment 60(10):470-474. DOI: 10.17221/417/2014-PSE.
- Bechyně M. 1993. Základy pěstování máku. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství ČR, Praha. 36 s. ISBN: 80-7105-037-7.
- Bechyně M, Novák J. 1987. Biologie máku a systém jeho produkce. VŠZ, Praha. 94 s.
- Bernath J, Tetenyi P. 1981. The Effect of Environmental Factors on Growth, Development and Alkaloid Production of Poppy (*Papaver somniferum* L.): II. Interaction of Light and Temperature. Biochemie und Physiologie der Pflanzen 176(7):599-605.
- Bleša D. 2019. Úvod do problematiky biologické ochrany rostlin. Obilnářské listy 27:10–13.
- Bocquet L, Riviere C, Dermont C, Samaillie J, Hilbert JL, Halama P, Siah A, Sahpaz S. 2018. Antifungal activity of hop extracts and compounds against the wheat pathogen *Zymoseptoria tritici*. Industrial Crops and Products 122:290-297.
- Boček S, Salaš P, Sasková H, Mokričková. 2012. Effect of Alginure® (Seaweed extract), Myco-sin®vin (Sulfuric Clay) and Polyversum® (Pythium Oligandrum Drechs) on Yield and Disease Control in Organic Strawberries. Acta Universitatis Agriculture et Silviculture Mendelianae Brunensis 60:19–28.
- Brant V, Šmöger J, Čejka J, Kroulík M, Ryčl D, Kunte J. Pěstování máku setého s pomocnou plodinou. Kurent, s. r. o., České Budějovice. 32 s. ISBN: 978-80-87111-83-3.
- Carlin MG, Dean JR, Ames JM. 2020. Opium Alkaloids in Harvested and Thermally Processed Poppy Seeds. Frontiers in Chemistry 8:737. DOI: 10.3389/fchem.2020.00737.
- Cihlár P, Satranský M. 2021. Zakládání porostů jarního máku. Agromanuál České Budějovice, Kurent s.r.o. 16(2):112-113.

- Fábry A. 1992. Olejniny. Mze ČR, Praha. 420 s. ISBN: 80-7084-043-9.
- Fábry A. et al.. 1990. Mák setý. Jarní olejniny. Mze ČR, Praha. s. 77-103. ISBN 80-7084-026-9.
- Frick C, Hebeisen T. 2005. Mohn als alternative Ölpflanze. AGRAR Forschung 12(1):4-9. Agroscope FAL Reckenholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, CH-8046 Zürich.
- Gruber S, Möhring J, Claupein W. 2011. On the way towards conservation tillage-soil moisture and mineral nitrogen in a long-term field experiment in Germany. Soil and Tillage Research 115-116:80-87. DOI: 10.1016/j.still.2011.07.001
- Havel J, Bárnét M, Cihlář P, Horáček J, Kolařík P, Mráz J, Ondráčková E, Plachká E, Poslušná J, Vaculík A, Větrovcová M, Vrbovský V. 2018. Certifikovaná metodika-Pěstitelská technologie máku pro snížení rizikovosti pěstování. 11-59. Oseva vývoj a výzkum s.r.o. Zubří.
- Havel J. 2020. Zakládání porostů máku a možnosti regulace plevelů. Agromanuál. Kurent s.r.o. České Budějovice. 15(2):26-28.
- Hluchý M. 2014. Možnosti a předpoklady pro zvýšení diverzity motýlů v zemědělské krajině. Pages 14–15. In: Vrabc V, Kadlec T, Hájková 3, Bubová T, Jakubíková L. VII. Lepidopterologické kolokvium. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Hůla J, Procházková B, a kol. 2008. Minimalizace zpracování půdy. Profi press, s. r. o., Praha. 248 s. ISBN: 978-80-86726-28-1.
- Isman MB. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. Crop protection 19(8–10):603 – 608.
- Jabeur MB, Somai-Jemmali L, Hamada W. 2017. Thyme essential oil as multiple mechanisms-biofungicide causing sensitivity of *Mycosphaerella graminicola*. Journal of Applied Microbiology 122(4):932-939.
- Jonáš M, Pištěková I. 2016. Impact of foliar application of auxiliary preparations on quantitative and qualitative parameters of organic strawberry production under plastic tunnel. Pages 123–127. Ecofruit. 17th International Conference on Organic Fruit-Growing: Proceedings, 15-17 February 2016, Hohenheim, Germany.
- Kadar 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(4):468-478.
- Kamkar B, Al-Alahmadi MJ, Mahdavi-Damghani A, Villalobos FJ. 2012. Quantification of the cardinal temperatures and thermal time requirement of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds to germinate using non-linear regression models. Industrial Crops and Products 35(1):192-198. DOI: 10.1016/j.indcrop.2011.06.033.
- Karkanis A, Vellios E, Grigoriou F, Gkrimpizis T, Giannouli P. 2018. Evaluation of Efficacy and Compatibility of Herbicides with Fungicides in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) under Different Environmental. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 46(2):601-607.

- Kazda J, Mikulka J, Prokinová E. 2010. Encyklopedie ochrany rostlin. Profi press s.r.o. Praha. 399 s. ISBN: 978-80-86726-34-2.
- Köppl P. 2018. Mohn-sommer und winter (*Papaver somniferum*). Referat Ackerbau und Alternativen Pflanzenschutz. Landwirtschaftskammer Oberösterreich.
- Kolařík P, Rotrekl J. 2014. Hmyzí škůdci máku – krytonosec makovicový a bejlomorka maková. Agromanuál. Kurent s. r. o., České Budějovice.
- Kuchtová P. 2013. Pěstitelská technologie máku pro ekologické zemědělství. Powerprint, Praha. ISBN 978-80-213-2429-9.
- Kumar A, Shukla R, Singh P, Dubey NK. 2008. Assessment of *Thymus vulgaris* L. essential oil as a safe botanical preservative against post harvest fungal infestation of food commodities. *Inovative Food Science & Emerging Technologies* 5.
- Kůdela V, Kocourek F. 2002. Seznam škodlivých organismů. Agrospoj, Praha. 342 s.
- Lošák T. 2012. Kompletní poznatky k výživě a hnojení máku. Agronomická fakulta, MENDELU, Brno.
- Lošák T. 2020. Nejdůležitější poznatky k výživě a hnojení máku. In: Čtvrtečka J, Dufalová P. Zborník príspevkov: Mak siaty pre Slovensko. Piešťany. Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum Lužianky, Výskumná šľachtiteľská stanica Malý Šariš, Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany, Labris s.r.o. s. 24-25.
- Montes-Borrego M, Munoz-Ledesma FJ, Jimenéz-Diaz RM, Landa BB. 2008. A Nested-Polymerase Chain Reaction Protocol for Detection and Population Biology Studies of *Peronospora arborescens*, the Downy Mildew Pathogen of Opium Poppy, Using Herbarium Specimens and Asymptomatic, Fresh Plant Tissues. *APS Publications* 99(1):73-81.
- Montes-Borrego M, Munoz-Ledesma FJ, Jimenéz-Diaz RM, Landa BB. 2011. Real-Time PCR Quantification of *Peronospora arborescens*, the Opium Poppy Downy Mildew Pathogen, in Seed Stocks and Symptomless Infected Plants. *APS Publications* 95(2):143-152.
- Moumene SM, Li Y, Bachir K, Houmani Z, Bouznad Z, Chemat F. 2015. Antifungal power of citrus essential oils against potato late blight causative agent. *Journal of Essential Oil Research* 27(2):169–176.
- Moureu S, Jacquin J, Samaillie J, Deweer C, Rivière C, Muchembled J. 2023. Antifungal Activity of Hop Leaf Extracts and Xanthohumol on Two Strains of *Venturia inaequalis* with Different Sensitivities to Triazoles. *Microorganisms* 11(6):1605.
- Neugschwandtner RW, Dobos G, Wagentristsl H, Lošák T, Klimek-Kopyra A, Kaul HP. 2023. Yield and Yield Components of Winter Poppy (*Papaver somniferum* L.) Are Affected by Sowing Date and Sowing Rate under Pannonian Climate Conditions. *Agriculture* 13(5):997.
- Novák J, Nováková H. 2018. Mák jako potravina a droga. Aventinum s.r.o. Praha. s. 7-68.
- Novák J, Skalický M. 2008. Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika – 1. ed. Powerprint. 327 s. ISBN 978-80-904011-1-2.

- Oboh G, Ademosun AO, Olumuyiwa TA, Olasehinde TA, Ademiluyi AO, Adeyemo AC. 2017. Insecticidal activity of essential oil from orange peels (*Citrus sinensis*) against *Tribolium confusum*, *Callosobruchus maculatus* and *Sitophilus oryzae* and its inhibitory effects on acetylcholinesterase and Na⁺/K⁺-ATPase activities. *Phytoparasitica* 45:501–508.
- Oguz C, Ogur AY. Energy productivity and efficiency in poppy (*papaver somniferum* L.) production. *Journal of Agricultural Science and Technology* 25(6):1239-1250.
- Ort P. 2004. Ochrana máku s přípravky firmy Bayer CropScience. 3. Makový občasník. Česká zemědělská univerzita v Praze. s. 45-46.
- Pinke G, Pál RW, Tóth K, 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(6): 621-630.
- Pobozniak M, Grabowska D, Olczyk M. 2016. Effect of Orange and Cinnamon Oil on the Occurrence and Harmfulness of Thrips *Tabaci* Lind on Onion. *Acta Horticulturae et Regiotecturae* 19:13 – 14.
- Probasco G, Bossert MM, Hysert DW. 2012. Pesticide and fungicide treatments made from hop extracts. John I Haas Washington DC, USA. US8153146 B2.
- Procházka P, Vostřel J, Řehoř J, Fraňková A. 2019. Možnosti využití přírodních látek s antifungálním účinkem při ochraně chmele. *Agromanuál.cz*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/moznosti-vyuziti-prirodnich-latek-santifungalnim-ucinkem-pri-ochrane-chmele> (accessed March 2024).
- Procházka P, Fraňková A, Řehoř J, Vostřel J, Tauchen J. 2021. Použití chmelového extraktu a tymiánové silice v ochraně chmele proti plísni chmelové, Kurent, České Budějovice.
- Procházka P, Holejšovský J, Řehoř J, Vostřel J, Brant V, Poděbradská M, Fraňková A. 2023. Natural substances to protect potatoes against potato blight (*Phytophthora infestans*). *Research Square* 1.
- Pšenička P, Vašák J, Cihlár P. 2006. Vliv moření osiva na produktivitu jarního máku. Sborník z konference „Prosperující olejniný“, 13-14.12.2006. Available from http://konference.agrobiologie.cz/2006-12-13/19_psenicka_vasak_cihlar_czu.pdf (accessed March 2024).
- Řehoř J, Procházka P, Vostřel J, Fraňková A. 2018. Vliv aplikace biopesticidů na obsah chlorofylu v listech chmele. *Úroda* 66(3):94–95.
- Řehoř J. 2020. Využití přírodních látek s fungicidním účinkem při produkci chmele otáčivého. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.
- Řehoř J, Procházka P, Vostřel J, Fraňková A. 2020. Seminář k agrotechnice chmele. Použití přírodních látek a antifungálním účinkem při ochraně chmele. Chmelařský institut s. r. o., Žatec.
- Satranský M, Cihlár P. 2021. Pěstitelská technologie máku od vzejití ke sklizni. *Agromanuál České Budějovice, Kurent, s. r. o.* 16(4):145-147.

Satranský M. 2022. Pěstitelské technologie máku a vybrané výsledky z pokusů. Agromanuál, České Budějovice, Kurent, s. r. o. 17(3):146-148.

Satranský M, Capouchová I, Burešová B, Procházka P. 2022. Effects of various poppy seed pre-sowing treatments on the dynamics of field emergence, structure of yield parameters, oil content and yield of seed. *Plant, Soil and Environment* 68(11):533-541. DOI: 10.17221/364/2022-PSE

Satranský M, Zimmer P. 2023. Možnosti ochrany porostů máku setého proti chorobám. Agromanuál. Kurent s. r. o., České Budějovice.

Satranský M. 2023. Alternativní možnosti ošetření osiva a ochrany rostlin v rámci pěstitelské technologie máku setého [Disertační práce]. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha

Shukla S, Khanna KR, Singh SP. 1995. Alkaloid spectrum of opium of a cross between *Papaver somniferum* and *P. setigerum*. *International Journal of Pharmacognosy*. 33(3):228-231. DOI: 10.3109/13880209509065368

Šabatka J. 2012. Pěstování máku III. . Bezorebne.cz. 3. Available from <https://www.horsch.com/produkte/intelligence/intelligence/digitale-services#featMenu> (accessed March 2024).

Tomita M, Endo H. 2007. Using Capsaicin as a less toxic insecticide. *Combined Proceedings International Plant Propagators Society* 57:728-732.

Toro A, Arvidsson J. 2003. Influence of spring preparation date and soil water content on seedbed physical conditions of a clayey soil in Sweden. *Soil and Tillage Research* 70(2):141-151. DOI: 10.1016/S0167-1987(02)00156-3

Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press s.r.o., Praha. s. 192-193.

Vašák J, Bečvář J, Bechyně M, Bittner V, Cihlár P, Dobos G, Doležalová J, Fejer J, Fišer F, Gajdaš VD, Havel J, Hřivna L, Kabíček J, Kántor Z, Klem K, Kosek Z, Kuchtová P, Lohr V, Lošák T, Majdanová J, Matyková E, Michalíček J, Morbacher J, Mottl V, Novák J, Novák J, Poláčková J, Prokinová E, Pšenička P, Rotrekl J, Roubal T, Richter R, Sehnal V, Šedivý J, Šimek P, Škarpa P, Vlk R, Walkowski T, Zehnálek P, Zupalová H. 2010. Mák. Powerprint s.r.o., Praha. 352 s.

Voglmayr H, Jaklitsch WM. 2017. *Corynespora*, *Exosporium* and *Helminthosporium* revisited - New species and generic reclassification. *Studies in Mycology* 87(1):43-76.

Vostřel J, Procházka P, Řehoř J, Fraňková A. 2018. Vliv biopesticidů na obsah alfa hořkých kyselin ve chmelu. *Úroda* 66(7):76-77.

Zubal P. 1998. Pestovanie olejnín. VÚRV, Piešťany. 70 s. ISBN: 80-88720-02-8.