

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Využití biologicky aktivních látek pro zvýšení
obranyschopnosti porostů máku proti houbovým
chorobám**

Bakalářská práce

**Autor práce: Jakub Tláškal
Obor studia: Rostlinná produkce**

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

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Využití biologicky aktivních látek pro zvýšení obranyschopnosti porostů 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 datum odevzdání

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mojí práce Ing. Pavlu Procházkovi, Ph.D. za mnoho užitečných rad, za jeho trpělivost a jeho pozitivní přístup při zpracovávání mé práce. Dále bych chtěl poděkovat mému otci Petru Tláskalovi za pomoc při vytváření pokusu. Také celé mojí rodině a ostatním co mě podporovali při mém studiu.

Využití biologicky aktivních látek pro zvýšení obranyschopnosti porostů máku proti houbovým chorobám

Souhrn

V rámci provozního pokusu byl ověřován vliv vybraných biologicky aktivních látek na zdravotní stav a produkční parametry porostů máku.

Na porosty máku byly aplikovány vybrané přírodní látky. Použity byly tyto látky: Flora (přípravek na bázi laktobacilů), Lexin (směs huminových kyselin, fulvokyselina a auxinů), následně byly tyto varianty porovnávány s neošetřenou kontrolou a variantou, na kterou byl aplikován přípravek Prometheus (přípravek na bázi pseudomonas) a fungicid Grafite (tebukonazol, prothiokonazol).

Na jednotlivých porostech byl sledován zdravotní stav rostlin po aplikaci přípravků a prvky tvořící výnos, tedy počet rostlin před sklizní, počet tobolek na rostlině, výnos semene a hmotnost tisíce semen. Tento pokus byl založen v roce 2023 v Černčicích (okres Náchod). Výsledky ukazují, že všechny použité látky zvyšovali vitalitu i výnos porostů. Nejlepší výsledky jsme zaznamenali na variantě Prometheus s fungicidem Grafite, další byl Lexin, poté Flora a nejhůře vyšla kontrola, na kterou nebyly aplikovány žádné podpůrné látky. Co se týče ekonomických ukazatelů, tak nejdražší byla varianta, na kterou byl aplikován Prometheus a Grafite. Flora a Lexin byly s cenou na podobné úrovni. I přes tyto ceny těchto přípravků měla největší ekonomický přínos varianta Prometheu s fungicidem. Důležité je zmínit, že se jedná o výsledky jednoletého pokusu. Počasí je každý rok odlišné, z tohoto důvodu by bylo dobré ve výzkumné činnosti pokračovat.

S narůstajícím tlakem ze strany legislativy a zákazů týkajících se používání chemických přípravků k ochraně rostlin jsou zemědělci nuceni hledat alternativní přístupy, jako jsou biologické látky. Chtěl bych touto studií upozornit na potenciál přírodních podpůrných látek jakožto užitečných pomocníků při pěstování rostlin.

Klíčová slova: mák setý, přírodní látky, podpora obranyschopnosti

Use of biologically active substances to increase the defences of poppy crops against fungal diseases

Summary

The effect of selected biologically active substances on the health status and production parameters of poppy stands was tested in an operational experiment.

Selected natural substances were applied to poppy crops. Flora (a lactobacillus-based product), Lexin (a mixture of humic acids, fulvic acid and auxins) were used, followed by a comparison with an untreated control and a variant to which Prometheus (a pseudomonas-based product) and the fungicide Grafite (tebuconazole, prothioconazole) were applied.

Plant health status after application of the products and yield elements, i.e. number of plants before harvest, number of capsules per plant, seed yield and thousand seed weight were monitored on individual crops. This experiment was established in 2023 in Černčice (Náchod district). The results show that all the substances used increased the vigour and yield of the crop. The best results were recorded on the Prometheus variant with the fungicide Grafite, the next was Lexin, then Flora, and the worst was the control, to which no supporting substances were applied. In terms of economic indicators, the variant to which Prometheus and Grafite were applied was the most expensive. Flora and Lexin were at a similar level with price. Despite these prices of these products, the Prometheus variant with fungicide had the highest economic benefit. It is important to mention that these are the results of a one-year trial. The weather is different every year, for this reason it would be good to continue the research activities.

With increasing pressure from legislation and bans on the use of chemical plant protection products, farmers are forced to look for alternative approaches such as biological agents. With this study I would like to highlight the potential of natural support substances as useful aids in plant cultivation.

Keywords: poppy, natural substances, defence support

Obsah

1 Úvod	8
2 Cíl práce	9
3 Mák setý (<i>Papaver somniferum</i>)	10
3.1 Historie pěstování máku setého	10
3.2 Botanický popis máku setého	11
3.2.1 Klíčící rostlina	11
3.2.2 Kořenová soustava	11
3.2.3 Lodyha	11
3.2.4 Listy	12
3.2.5 Poupata	12
3.2.6 Květ	12
3.2.7 Tobolka	13
3.2.8 Semena	13
3.3 Růst a vývoj rostlin	13
3.3.1 Období pozvolného růstu	13
3.3.2 Období největší asimilace	14
3.3.3 Období postupného zrání a odumírání rostlin	14
3.3.4 Fenologické fáze máku setého	14
3.4 Dělení máku setého	15
3.5 Požadavky na prostředí máku setého	16
3.5.1 Nároky na půdu	16
3.5.2 Nároky na světlo	17
3.5.3 Nároky na teplo	17
3.5.4 Nároky na vláhu	17
3.5.5 Nároky na živiny	18
3.6 Mák setý v osevním plánu	19
3.7 Agrotechnika máku setého	19
3.7.1 Založení porostu	19
3.7.1.1 Orební (tradiční či klasická) s hloubkou orby kolem 18-25 cm	20
3.7.1.2 Bezorební (minimalizační) s hloubkou přípravy kolem 20 cm	20
3.7.1.3 Přímé setí do nezpracované půdy	20
3.7.1.4 Setí	21
3.7.2 Moření osiva	21
3.7.3 Výživa a hnojení	21
3.7.3.1 Hnojení dusíkem	21
3.7.3.2 Hnojení fosforem, draslíkem a hořčíkem	22

3.7.3.3	Hnojení sírou.....	22
3.7.3.4	Hnojení mikrobiogenními prvky.....	23
3.7.3.5	Hnojení organickými hnojivy.....	23
3.7.3.6	Úprava půdní reakce	23
3.7.3.7	Cizorodé prvky v semenech máku	23
3.7.4	Sklizeň a posklizňová úprava	24
3.7.4.1	Sklizeň.....	24
3.7.4.2	Posklizňová úprava	24
3.8	Škodlivý činitelé a jejich regulace.....	24
3.8.1	Choroby máku.....	24
3.8.2	Škůdci máku	26
3.8.3	Plevele v máku.....	28
3.8.3.1	Preemergentní aplikace	28
3.8.3.2	Postemergentní aplikace.....	28
3.8.3.3	Plevele vyskytující se v máku setém.....	29
3.9	Charakteristika přípravků použitých na pokusu.....	29
3.9.1	LAIVEN Flora	29
3.9.2	Lexin	29
3.9.3	Prometheus.....	30
3.9.4	Grafite	30
4	Metodika	31
4.1	Charakteristika stanoviště.....	31
4.1.1	Průběh počasí v pěstitelském roce 2022/2023 v ČR.....	31
4.2	Povětrnostní podmínky.....	32
4.3	Agrotechnické zásahy	33
4.4	Aplikace přípravků	34
4.5	Sledované parametry	34
4.6	Hodnocení sledovaných parametrů	34
4.6.1	Hodnocení zdravotního stavu (poškození rostlin chorobami a škůdci) ...	34
4.6.2	Hodnocení výnosotvorných prvků a výnosu	35
5	Výsledky.....	36
6	Diskuze.....	39
7	Závěr	42
7.1	Ekonomické zhodnocení	42
8	Literatura.....	43

1 Úvod

Mák (*Papaver somniferum*) je jednou z nejstarších kulturních rostlin pěstovaných na světě. Tato rostlina, původem pravděpodobně z východního Středomoří, se stala důležitou součástí lidské stravy, farmacie a průmyslu. V současné době je mák rozšířen po celém světě, zejména v mírném pásu, a je pěstován pro svá semena, olej, dekorativní účely a pro syntézu alkaloidů.

Mák je jednoletá rostlina z čeledi makovité (*Papaveraceae*) s charakteristickými květy v různých odstínech bílé, růžové, červené a fialové barvy. Semena máku jsou bohatým zdrojem oleje. Mák má také dlouhou historii v tradiční medicíně kvůli svým sedativním a analgetickým vlastnostem.

Pěstování máku je často provázáno různými úskalími. *Papaver somniferum* je velice citlivý na vnější prostředí a počasí, jeho konkurenční schopnost vůči plevelům je na velmi nízké úrovni. Dále je mák napadán houbovými chorobami, které mohou snížit výnosy a kvalitu sklizně. Při aplikaci chemických látek musíme být velice opatrní z důvodu vysoké citlivosti na fytotoxické látky.

Nejdůležitějšími prvky při pěstování máku jsou výběr správného stanoviště, správné hnojení před založením porostu i během vegetace a správné užití pesticidů.

Moderní zemědělství čelí rostoucímu tlaku na omezení používání chemických pesticidů a hledání alternativních metod ochrany rostlin. V rámci této bakalářské práce se zaměřím na využití biologicky aktivních látek pro zvýšení obranyschopnosti porostů máku proti houbovým chorobám. Biologicky aktivní látky nabízejí potenciální řešení pro ochranu porostů máku před houbovými chorobami. Tyto látky mohou posílit imunitní systém rostlin a zlepšit jejich schopnost odolávat chorobám i přírodním podmínkám.

Cílem této práce bude zjistit vliv biologicky aktivních látek, na rostliny máku setého, v polních podmínkách. V pokusu budeme porovnávat přípravky Lexin (směs huminových kyselin, fulvokyselin a auxinů) a Laiven Flora (přípravek složený z laktobacilů) s variantou bez aplikace fungicidních a podpůrných přípravků a s variantou, na kterou byl aplikován Prometheus (obsahuje bakterie rodu *Pseudomonas*) a fungicid Grafite (obsahuje tebukonazol a prothiokonazol).

Výzkum v této oblasti může přinést nové poznatky a přispět k rozvoji ekologicky šetrných metod ochrany rostlin.

2 Cíl práce

Cílem práce bude jednak sepsání kvalitní literární rešerše na zvolené téma a jednak ověřit v polních podmínkách vliv vybraných přípravků na zdravotní stav a produkční parametry porostů máku.

Hypotézy:

- 1) Využití vybraných biologicky aktivních látek má vliv na zvýšení obranyschopnosti máku proti houbovým chorobám
- 2) Využití vybraných biologicky aktivních látek má vliv na produkční schopnosti porostu máku a jeho výnos.

3 Mák setý (*Papaver somniferum*)

Mák setý patří do skupiny jednoletých a vytrvalých bylin v čeledi makovité (*Papaveraceae*) a řádu pryskyřníkotvaré (*Ranunculales*). Tento rod zahrnuje 149 uznaných druhů a rozprostírá se v mírných a subtropických oblastech severní polokoule až po jižní Afriku (Labanca F. et al. 2018).

Rod mák (*Papaver*) zahrnuje skupinu rostlin, které jsou charakterizovány jako jednoleté a vytrvalé byliny se schopností produkce latexu. Listy jsou obvykle přisedlé, někdy s amplexikulární bází (obepínající stonek), a květní pupeny jsou převislé. Charakteristické jsou kadeřavé kališní a okvětní lístky, přičemž vnější okvětní lístek je větší. Květy mají obvykle mnoho tyčinek, jednopouzdrý vaječník s mnoha vajíčky a paprscitě a přisedlé pravidelné tyčinky spojené do stlačeného, laločnatého disku. Plodem bývá obvykle porézní tobolka, která obsahuje drobná, reniformní semena, jež mohou být podélně pruhovaná, žláznatá nebo jamkovitá (Ngersaengsaruy et al. 2023).

Papaver somniferum je již v České republice tradičně pěstován. Jeho prvotní kultivace probíhala především na zahradách, jako okrasná květina. Od konce 18. století se začal rozšiřovat i jako plodina polní. Mák představuje významnou komoditu na obchodním trhu. Plocha věnovaná jeho pěstování mezi dalšími plodinami stále roste (Fábry, 1975).

Kuchtová et al. (2013) uvádí že mák je často pěstován pro potravinářské účely, slouží jako zdroj alkaloidů s využitím ve farmaceutickém průmyslu, ale také bohužel často figuruje v nelegálním obchodu s drogami.

3.1 Historie pěstování máku setého

Botanický původ máku setého není úplně jasný; existují dvě hlavní teorie. Jedna předpokládá vývoj z divokého máku štetinkatého (*Papaver setigerum*), zatímco druhá teorie hovoří o samostatném vývoji rostliny již ve třetihorách (Puchner 2008). Původ a genetické centrum máku setého se zařazuje do oblasti východoasijského, předoasijského a středomořského, i když přesné místo původu zatím není zcela objasněno (Novák & Nováková, 2018).

Předpokládá se, že vedle užívání máku jako potraviny se již v neolitických společnostech objevil jako látka s psychoaktivními účinky v rámci rituálních i jiných kontextů (Kočár & Dreslerová 2010).

Historie pěstování máku sahá až do doby Sumeru, což je dokladováno již před 4 tisíci lety před naším letopočtem (Kuchtová et al. 2013). Písemné zmínky o máku se objevují na sumerských tabulkách z doby 3 tisíc let př. n. l. Zajímavostí je, že pro označení máku byl použit stejný znak, který vyjadřuje radost. Přesné spojení těchto pojmů v té době však zůstává předmětem domněnek (Puchner 2008). Dle Saunders (2013) lékaři Sumerské říše používali, různé části rostlin máku k získávání opia. Opium bylo využíváno k léčbě různých zdravotních stavů, například při těhotenství, ke zmírnění žaludečních potíží, řešení očních problémů atd.

Dle Rosso (2010) se, v průběhu druhé poloviny 2. tisíciletí př. n. l., mák a opium stávají známými v Egyptě, kam přicházejí z Kypru, významného starověkého centra pěstování. Z egyptských hrobek pocházejí alabastrové nádoby na opium a náušnice zdobené motivy makovic. Opium sloužilo k uspávání, zmírňování bolesti a uklidňování nervů. Smithovy a Ebersovy papyry zmiňují léčebné využití máku, například při léčbě abscesů, uklidňování plačících dětí atd.

První důkazy o pěstování a užívání máku v Evropě pocházejí z přibližně 3 tisíc let před naším letopočtem (Kuchtová et al. 2013). Archeologické nálezy máku sahají do období neolitu a mladší doby kamenné, převážně v stavbách v předhůří Alp. Tyto nálezy jsou datovány přibližně do 2 tisíc let př. n. l. Nejstarší známý nález máku v našem regionu pochází z Ostrova

u Stříbra a je datován do období přibližně 800 př. n. l., tedy do pozdní doby bronzové (Český modrý mák 2022).

V roce 1753 popsal botanik Linné druh *Papaver somniferum*. O více než půl století později, v roce 1803, německý doktor Sertuner objevil opiový alkaloid morfin, a v roce 1816 se mu podařilo izolovat morfin v čistém stavu. Později, v roce 1895, angličan Wright syntetizoval heroin z morfinu, který se začal vyrábět jako lék. Dne 23. ledna 1912 byla uzavřena "Mezinárodní opiová konvence" zaměřená proti narkotikům. Mák obsahuje až 140 alkaloidů, s konkrétním druhem *Papaver somniferum*, u kterého bylo popsáno více než 40 alkaloidů (Vašák et al., 2010).

3.2 Botanický popis máku setého

Každá část rostliny máku setého (*Papaver somniferum*) obsahuje jedovatou mléčnou šťávu, s výjimkou zralých semen. Z uschlé mléčné šťávy a suchých tobolek se získávají alkaloidy (Kubát et al. 1998).

3.2.1 Klíčící rostlina

Fáze klíčení a vzházení obvykle trvají 15-20 dní, případně i déle. Během této doby semeno vytváří kořínek v místě pupku, následně dělohy a primární pravé listy (Fábry et al. 1992).

Klíčící rostlina protrhává povrch půdy ohnutým hypokotylem. Hypokotyl se následně narovná, a úzké děložní lístky s ostrými špičkami se vidlicovitě rozevírají. Rostlinky jsou v tomto stadiu velmi křehké a náchylné k poškození. Nedostatek vzduchu, suché podmínky, půdní škraloup, choroby a škůdci mohou během krátké doby zcela zničit vzházející porosty. Proto je nezbytné ošetření osiva insekticidem a fungicidem (Bechyně et al. 2001).

3.2.2 Kořenová soustava

Struktura kořenové soustavy zahrnuje hluboký kulový kořen s několika silnými postranními kořeny a rozsáhlým množstvím vláknitých kořínků, které se vytvářejí mělce pod povrchem půdy (Vašák et al. 2010).

Hlavní kořen mívá délku 50-80 cm, přičemž u vysokých odrůd může být i delší. Hmotnost sušiny kořenové soustavy obvykle představuje přibližně 20-25% celkové hmotnosti sušiny dospělé rostliny. Mohutnost kořenového systému může variabilně záviset na konkrétní odrůdě. Optimální zakořenění podporuje dostatek vápníku a vlhkosti, což lze dosáhnout především při rané setbě (Fábry et al. 1992).

Při použití bezorební technologie se hlavní kořen zpravidla zkracuje a rozvětňuje na povrchu. Mák pěstovaný bezorebnou technologií je citlivější na sucho a přemokření. I přes výnosovou nejistotu má bezorební metoda obvykle lepší klíčivost semen (Vašák et al. 2010).

3.2.3 Lodyha

Lodyha máku je vzpřímená, geotropicky orientovaná k povrchu půdy. Výška lodyhy je odrůdovým znakem, ovlivněným počtem rostlin na jednotce plochy, raností setby, výživou, klimatickými podmínkami, ročníkem apod. Pohybuje se v rozmezí od 60 do 200 cm (Fábry et al. 1992).

Moderní agrotechnika by preferovala rostliny s minimálním nebo žádným větvením. V řídkých porostech s 10-20 rostlinami na 1 m², často každá rostlina vykvétá s šesti a více větvemi. Dříve dozrávají hlavní tobolky, které jsou položeny níže než tobolky na větvích. Tyto větvené rostliny mají tobolky na větvích ve vyšší poloze než hlavní tobolky (Vašák et al. 2010). Počet

větvi je ovlivněn především odrůdou, hustotou porostu, výživou a termínem setí (Fábry et al. 1992).

Lodyha máku může být zcela nebo vůbec pokryta štětinami či ostny (Vašák et al. 2010). Má šedozelenou až modrozelenou barvu s voskovým povlakem. Po odkvětu se může objevit nafialovělé zbarvení antokyanem, jehož intenzita odpovídá zbarvení hypokotylu (Fábry et al. 1992).

3.2.4 Listy

Listy máku jsou bifaciální, což znamená, že mají dvě odlišné strany. Jejich tvar je velmi variabilní. První listy v listové růžici jsou podlouhle vejčité, řapíkaté, zatímco na lodyze se nacházejí listy vejčité až srdčité, přisedlé až poloobjímavé. Okraj těchto listů je nepravidelně zubatý, a mají tmavě zelenou barvu. Listy máku jsou tenké a jemné, což znamená, že se mohou mechanicky poškodit (Baranyk et al. 2010).

Listy se dělí na tři základní části: spodní, které se nacházejí pod rozvětvením rostliny, střední, v jejichž úžlabí se tvoří větve, a horní, které jsou přisedlé k jednotlivým větvím. Tyto listy jsou charakterizovány jako jednoduché, podlouhlé, mírně zvlněné a zubovité. Jejich povrch je pokryt jemnou voskovou vrstvou, jejíž tloušťka a síla se liší podle konkrétního kultivaru. Tato vosková vrstvička má významnou roli při ochraně porostů před herbicidy a také při aplikaci listových hnojiv. Její variabilita může ovlivnit účinnost ochrany a vstřebávání živin prostřednictvím listů (Bechyně et al. 2001; Vašák et al. 2010).

3.2.5 Poupata

Poupata máku mají podlouhlý, oválný nebo vejčitý tvar (Novák & Nováková 2018). Jsou obalena dvěma rychle opadavými kališními lístky, které mohou mít od zelené až po fialovou barvu, jak zdůrazňuje Baranyk et al. (2010). Dle Novák & Nováková (2018) povrch poupěte bývá většinou lysý, případně může obsahovat několik trichomů. Délka poupěte se pohybuje v rozmezí 30–50 mm, zatímco šířka dosahuje 12–30 mm. Podle informací získaných od Baranyk et al. (2010) tyto poupata se primárně objevují na hlavním stonku a poupata na vedlejších větvích se objevují později. Na začátku svého vývoje rostou vzpřímeně, avšak postupně se háčkovitě ohýbají a těsně před rozkvetením se opět napřimují. Novák & Nováková (2018) zdůrazňují, že evropské odrůdy máku mají poupata obvykle měkčí, na rozdíl od asijských odrůd, které bývají tvrdší.

3.2.6 Květ

Květ máku je tvořen dvěma lístky kališními a čtyřmi korunními plátky. Korunní plátky mohou nabývat různých barev, přičemž některé odrůdy mají květy celkově bílé. Většinou se však na bázi korunních plátků vyskytuje výrazná skvrna, která může být světlejší nebo častěji tmavší než zbývající část korunního plátku. Květy máku mohou mít růžovou, světle nebo tmavě červenou, nebo fialovou barvu. Korunní plátky mohou být celokrajné, zubaté nebo i silně rozřepené (Bechyně et al. 2001).

Tyčinek mák mnoho, obvykle od 150 do 250, a také se tvoří velké množství pylu. Pyl je životaschopný asi týden. Mák je samosprašný, ale kvůli velkému množství pylu je přitahován opylovači, jako jsou včely a blýskáček řepkový. Včely, které pracují na máku, jsou někdy popsány jako více agresivní a útočné (Vašák et al. 2010).

3.2.7 Tobolka

Tbolka, známá též jako makovice, má různé tvary, jako jsou úzce elipsoidní, široce elipsoidní, kulovitý a další. Její tvar je velmi variabilní, dokonce i u jedné odrůdy. Tobolka může být buď otevřená, polootevřená, nebo uzavřená. Objem tobolky se obvykle pohybuje mezi 15 a 35 cm³ a hmotnost plné tobolky je od 2 do 7,5 g. Střed blizny může být vpadlý (miskovitý), plochý nebo silně vystouplý (střechovitý). Barva v plné zralosti je šedo – hnědá až kávově hnědou. Na rostlině bývá obvykle 2-7 tobolek, ale při silném větvení může být i 15 nebo více. Podíl makoviny na hmotnosti plné tobolky se pohybuje od 1/3 do 2/5, zatímco podíl semene na hmotnosti plné tobolky je od 2/3 do 3/5. Počet semen v jedné tobolce se může pohybovat od 1000 do 12000 (Fábry et al. 1992).

3.2.8 Semena

Semeno máku má ledvinovitý tvar s délkou přibližně 1,0-1,5 mm. Jeho povrch je strukturován do šestiúhelníkových plošek, které jsou ohraničeny vystouplými žebry. Povrch semen je drsný, což zlepšuje přilnavost práškových ochranných prostředků a vody. Odrůdy máku mohou nabývat různých barev, včetně modré, šedomodré, bílé, okrové, stříbrošedé, fialové, růžové, hnědé až černé. Průměrná hmotnost tisíce semen u současně pěstovaných odrůd máku se pohybuje kolem 0,55 g (Bechyně et al. 2001; Vašák et al. 2010). Tmavě modrá barva semen často signalizuje typickou makovou chuť, zatímco bílá a světlá semena mají nevýraznou chuť i vůni (Vašák et al. 2010).

Semena snadno přijímají vláhu, avšak v suchém prostředí rychle vysychají. Povrch semen je snadno narušitelný mechanicky, což umožňuje pronikání oleje a rychlé žluknutí. Poškozená semena mají tendenci přitahovat prach z makoviny, což výrazně zvyšuje obsah morfinu, často přesahující bezpečnou hranici 20 ppm. Dlouhodobé skladování poškozených semen v makovině a častá manipulace s nimi dále zvyšují obsah morfinu a žluknutí (Vašák et al. 2010).

Zralé semeno obsahuje 42 až 55 % polovysychavého oleje (Vašák et al. 2010), který zahrnuje kyselinu stearovou, palmitovou, linolovou a olejovou. Naopak, semeno neobsahuje alkaloidy, jak se někdy mylně uvádí. Případné stopové množství alkaloidů v semenech by mohlo být způsobeno nedostatečným vyčištěním semen, kdy částičky tobolek nebo suchých rostlin mohou obsahovat alkaloidy (Bechyně et al. 2001).

3.3 Růst a vývoj rostlin

Vegetační doba máku je asi 125-140 dní.

Růst můžeme rozdělit do tří hlavních období:

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

3.3.1 Období pozvolného růstu

Do období pozvolného růstu patří několik klíčových fází, včetně klíčení semen, vzcházení rostlin a vytváření prvních pravých listů. Růst mladých rostlinek je zpočátku velmi pomalý, až po čtyřech týdnech od vzejití rostlin lze pozorovat výraznější přírůstky biomasy. V této fázi mají rostliny čtyři až pět párů pravých listů, zatímco děložní lístky postupně usychají a kořínek se zahlubuje do půdě. Následně rostliny začínají rychle narůstat, a kořenový systém se rozvíjí. V sedmém až osmém týdnu dochází k prodlužování internodií a k tvorbě mohutného kulového kořene. V tomto období jsou rostliny citlivé na půdní škraloup a potřebují být chráněny před plevely (Bechyně et al. 2001; Vašák et al. 2010).

3.3.2 Období největší asimilace

Období největší asimilace je klíčovým pro růst rostlin, a to až do fáze tvorby zelených tobolek. Před kvetením máku probíhají zajímavé pohyby poupěte. Stonek s malým poupětem se nejprve vzpřimuje, poté se ohýbá směrem k zemi a následně se opět napřimuje před úplným rozkvetením květu (Vašák et al. 2010).

Květy máku se otevírají při východu slunce. Opadání korunních lístků závisí na povětrnostních podmínkách. Může probíhat buď odpoledne v den, kdy rostlina rozkvetla, nebo se korunní lístky večer uzavřou a opadají následující den. Celý proces odkvétání máku je velmi rychlý, trvá obvykle 1-2 dny, a první květ se otevírá na hlavním stonku (Novák & Nováková 2018).

Souběžně s rozvojem květů dochází k dozrávání generativních orgánů, kdy paprsky blizny se narovnávají a uvolňují se tyčinky. Opylení máku probíhá ve stadiu poupěte, ačkoliv mák je většinou samosprašný (Vašák et al. 2010).

3.3.3 Období postupného zrání a odumírání rostlin

V průběhu postupného odumírání rostlin a zrání semen dochází k rozvoji tobolek na rostlině máku (Vašák et al. 2010). Tento proces lze rozdělit do tří hlavních etap:

1. **Dorůstání tobolek:** V první etapě tobolka dosáhne své konečné velikosti a tvaru.
2. **Vývoj semen:** V druhé etapě tobolky už nemění svůj tvar ani objem, a začínají se vyvíjet semena.
3. **Zrání tobolek:** Ve třetí etapě tobolky postupně vysychají a dozrávají. Semena, zpočátku bezbarvá, postupně tmavnou a získávají barvu podle odrůdy (Bechyně et al. 2001; Vašák et al. 2010).

S postupným vysycháním dochází ke změně barvy a částečnému měnění tvaru tobolky. Mladé tobolky jsou zpočátku zelené a dužnaté. Postupem času začínají žloutnout, přecházet do bledě žlutohnědé a nakonec hnědé. U některých odrůd mohou být dokonce fialově hnědé. Stěny tobolky postupně vysychají, ztvrdnou a získávají dřevnatý charakter (Vašák et al. 2010).

V době kvetení má objem tobolky hodnotu kolem 4 ml a hmotnost sušiny je asi 4 g. V průběhu dalších dvou týdnů dochází k rapidnímu zvětšení a dosáhne svého maxima, obvykle za 16 až 21 dnů po odkvětu. Následuje pokles jak v objemu, tak ve hmotnosti tobolky. Hmotnost sušiny je po dozrání přibližně o 15 % menší než v období maximálního růstu. Maximální obsah morfinu v tobolkách bývá dosaženo přibližně za pět až šest týdnů po odkvětu rostlin (Bechyně et al. 2001; Vašák et al. 2010).

3.3.4 Fenologické fáze máku setého

Fenologická fáze zaznamenávají specifické období ve vývoji rostliny, zapisujeme je pomocí mezinárodně uznávaného standardu BBCH kódu. Tato klasifikace umožňuje standardizovaný popis růstových fází mnoha kulturních rostlin. Fáze jsou identifikovány čísly (Bruns et al. 2003).

Pro správné agrotechnické zásahy a aplikaci ochranných přípravků je klíčové správně zhodnotit vývojový stav rostlin. Nesprávně načasovaná aplikace může způsobit výrazné poškození porostu máku (Novák & Nováková, 2018).

Makrofenologická stupnice máku setého (*Papaver somniferum*) podle Bechyně & Novák (1987).

I. fáze KLÍČENÍ

01 Suché semeno

- 03 Nabobtnalé semeno
- 05 Prasknutí osemení
- 07 Vyrašení zárodečného kořínku ze semene
- II. fáze VZCHÁZENÍ
 - 12 Objevení hypokotyly 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 Stonek 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 rozkvětu prvních květů u 10 % rostlin
 - 54 Plné kvetení – kvete většina rostlin
 - 56 Odkvět – většina (90 %) květů odkvetlých 17
- 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

3.4 Dělení máku setého

Mák, jako významná plodina, se rozděluje mezi různé typy, které lze klasifikovat podle různých kritérií.

Prvním z nich je využití. Mák patří do skupiny olejnatého máku, jehož semena mohou být modrá, bílá, okrová, hnědá, stříbrošedá nebo šedá. Modrá semena jsou známá pro svou vynikající "makovou vůni a chuť". Olejnatý mák má málo vyvinutý systém cévních svazků, téměř bez latexu a nízkou koncentraci alkaloidů. Dalším typem máku je průmyslový mák, který je převážně šedosemenný, černosemenný nebo modrosemenný. Produktem pěstování průmyslového máku je maková sláma, která se využívá ve farmaceutickém průmyslu k extrakci alkaloidů, zejména morfinu. Tento typ máku není vhodný pro potravinářské účely kvůli vyššímu obsahu alkaloidů a nepříjemné chuti a vůni. Opiový mák je dalším typem, který se vyznačuje velmi dobře vyvinutým systémem cévních svazků a mléčnými cévami produkujícími

latex s vysokým obsahem alkaloidů. Je typicky pěstován v Asii, zejména v Afghánistánu, a často souvisí s neregulovanou, nelegální produkcí opia. Okrasný mák se odlišuje dekorativními květy nebo tvary, což ho činí estetickým prvkem.

Druhým kritériem klasifikace máku je doba výsevu. Jarní mák se vysévá na jaře. Je pěstován na většině osevních ploch v České republice, přičemž procentuální variabilita závisí na konkrétním roce. Naopak ozimý mák se vysévá na podzim. Pěstuje na menším množství ploch v České republice.

Třetím kritériem je obsah alkaloidů, který dělí mák na tři kategorie. Mák s nízkým obsahem morfinu je vhodný pro potravinářské účely. Mák se středním obsahem morfinu je určen pro potravinářské účely, avšak farmaceutické společnosti pro něj nemají velký zájem. Mák s vysokým obsahem morfinu je vhodný pro průmyslové využití, ale není příliš vhodný pro potravinářské účely.

Dalším hlediskem klasifikace máku je otevírání tobolek. Mák s otevřenou tobolkou, nazývaný hledák, vytváří otvory pod korunou, ze kterých semena vypadávají. Tento typ není vhodné pěstovat pro potravinářské účely. Naopak mák s uzavřenou tobolkou, nazvaný slepák, nemá pod korunou otvory. Tento typ je vhodný k pěstování pro potravinářský mák.

Klasifikace máku zahrnuje také barvu květů, kde většina pěstovaných odrůd v České republice má bílé květy, některé mají růžové nebo červené květy, a existují i speciální odrůdy s šeríkovou nebo peprou barvou. Nakonec klasifikace podle barvy semen zahrnuje různé odstíny včetně modrého, bílého, žlutého, šedého, růžového, šeríkového, hnědého a černého semena (Mikšík & Lohr 2020).

3.5 Požadavky na prostředí máku setého

Mák jarní je plodinou s nízkými nároky na přírodní podmínky. Úspěšně se pěstuje ve všech oblastech České republiky až do výšky asi 700 m n. m. Má kratší vegetační dobou trvající 125-140 dnů (Vašák et al., 2010).

Mák klíčí při teplotě 3 až 4 °C, a semenáčky jsou odolné vůči mrazu až do -8 °C, při prodlužování stonku dokonce až do -3 °C (Muška 2004). Je odolný vůči jarním mrazíkům do -8 °C, a dokonce i nižším teplotám. V průběhu dlouhodobého růstu snese teploty do -3 °C. Ve fázi 4-8 cm velké listové růžice vydrží bez sněhového krytu mrazy kolem -10 až -11 °C po dobu 2-4 hodin. Ozimý mák, jako například odrůda Zeno 2002, je odolný vůči mrazům do -12 až -14 °C (Vašák et al., 2010).

Vlhké počasí může negativně ovlivnit mák během klíčení, dozrávání a sklizně. Celková potřeba vody během vegetace se odhaduje na 250-300 l/m² (Muška 2004).

3.5.1 Nároky na půdu

Mák vykazuje vysokou citlivost k půdním podmínkám, a proto vyžaduje půdu s dobrou strukturou, dostatečným provzdušněním, bohatým zásobením živin a vhodným vodním režimem. Nejlepšími půdními typy pro pěstování máku jsou středně těžké půdy, příkladem jsou hlinité a písčitohlinité půdy, ale i lehčí hlinitopísčité půdy patří k lepším. Naopak těžké jílovité půdy, které se snadno slévají a tvoří půdní škraloup, jsou nevhodné. Písčité půdy nejsou vhodné, protože rychle vysychají (Vašák et al., 2010). Optimální půdní reakce by měla být neutrální až mírně zásaditá. Je náročný na pečlivé a rovnoměrné zpracování půdy. Pravidelný přísun organické hmoty pomáhá zlepšit fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy (Kuchtová et al. 2013).

3.5.2 Nároky na světlo

Mák je rostlina dlouhodobní, což znamená, že délka expozice světla ovlivňuje její fyziologické procesy. Období od klíčení do kvetení probíhá za podmínek prodlužujících se dní. Kvetení, tvorba tobolek a zrání probíhají za podmínek dlouhého dne (Fábry et al. 1992). Mák je citlivý na světlo a jeho klíčení je spouštěno světelným podnětem blízko povrchu půdy (Torra et al. 2016).

Mák je rostlina vyžadující dostatek světla, a sluneční paprsky jsou klíčové pro růst od mladých rostlin až po tvorbu tobolek. Intenzivní osvětlení pozitivně ovlivňuje vývoj stonku, tvorbu květů, větvení a listovou plochu (Fábry et al. 1992). Při silném zastínění na počátku vývoje květů a tobolek vytváří rostlina menší semena, dokonce v extrémních případech mohou být tobolek prázdné. Teplé a slunečné počasí v době kvetení a dozrávání tobolek urychluje zrání a omezuje výskyt nebezpečných chorob (Vašák et al. 2010).

Hustý spon rostlin omezuje dostupnost světla a může výrazně oslabit rostliny a snížit výnos, zatímco optimální hustota rostlin je klíčová pro kvalitní produkci (Fábry et al. 1992).

3.5.3 Nároky na teplo

Mák má proměnlivé nároky na teplo během své vegetační doby a je obecně považován za teplomilnou plodinu (Vašák et al. 2010). V období klíčení až po fázi růžice listů je mák charakterizován svou odolností vůči chladu. Semena klíčí již při teplotě 3-4 °C, což umožňuje výsev koncem února a března. Rychlost klíčení závisí na teplotě půdy, kde při 4-8 °C vzejde porost za 14-21 dní, při 10-15 °C za 7-12 dní a při 18-22 °C za 3-6 dnů (Fábry et al. 1992; Vašák et al. 2010).

Mladé rostliny jsou odolné vůči mrazu od -3 do -4 °C a odolnost se zvyšuje do fáze listové růžice, kdy snášejí ještě nižší teploty. Odolnost však rychle klesá při dlouhivém růstu, a rostliny mohou být poškozeny při -2 až -3 °C (Bechyně et al. 2001).

Délka fáze růžice listů je ovlivňována teplotou a vlhkostí. Chladné a vlhké podmínky ji prodlužují, zatímco teplé a suché ji zkracují, což může mít nepříznivý vliv na celkový růst a vývoj rostliny (Fábry et al. 1992).

Fáze dlouhivého růstu a butonizace vyžaduje teplé podmínky a dostatek vláhy, přičemž vysoké teploty a sucho mohou negativně ovlivnit výnos. V období kvetení až plné zralosti tobolek je ideální teplé a mírně vlhké počasí, zatímco studené a vlhké podmínky mohou prodloužit kvetení a snížit výnos. Naopak horké a suché počasí může vést k neúplnému vývoji semen a celkově snížit výnos. Rostlina máku potřebuje určitou sumu teplot pro úspěšný růst, a tato suma činí asi 2000-2200 °C (Fábry et al. 1992).

3.5.4 Nároky na vláhu

Mák vykazuje vysoké nároky na dostatek vláhy od období vzejití až do rozkvětu. Celková odhadovaná potřeba vody během celé vegetační doby je v rozmezí 250–350 l/m² při jarním výsevu. Při výsevu na podzim se tato potřeba zvyšuje téměř o 50 l. (Vašák et al. 2010).

Vyklíčení semene, následné vzejití porostu a další růst a vývoj rostlin, včetně dosaženého výnosu, jsou klíčově ovlivňovány množstvím přijaté vody. Během klíčení semeno absorbuje vodu ve váze rovnající se jeho vlastní hmotnosti (přibližně 91 %) (Fábry et al. 1992).

Pro úspěšné klíčení je důležité, aby horní část půdy byla dostatečně vlhká. Při raném setí máku nesmí být připravena půda do zásoby. Při suchém a teplém dubnu s nočními teplotami nad +5 až +10 °C, nebo naopak s mrazy, je klíčení ohroženo. Mák, pokud nemá dostatečně rozvinutý kořínek, může zaschnout. Nedostatečně zakořeněný mák může být náchylný k poškození opakovanými ranními mrazy. Pro omezení tohoto rizika je doporučeno vysévat mák

do set'ové rýhy s hloubkou kolem 4 cm. Semena jsou umístěna na povrchu dna rýhy nebo hlouběji do max. 2 cm podle toho, jak jsou zahrnuta hrudkami z boků rýhy (Vašák et al. 2010).

Dle Kuchtová et al. (2013) nedostatek vody od vzejití semene do vytvoření listové růžice u máku nemusí okamžitě snížit výnos, ale může vést ke snížení tvorby listů. V této fázi se kořenový systém podněcuje k růstu, což je charakteristika rostlin s kulovitým kořenem. Kořeny pronikají do hlubších vrstev ornice, což představuje výhodu v případě nedostatku vláhy v pozdějších fázích růstu a vývoje.

V průběhu jednotlivých fází až do období kvetení rostliny postupně zvyšují své požadavky na vláhu, zejména s růstem jejich hmotnosti a listové plochy, což znamená vyšší spotřebu vody pro fotosyntézu a transpiraci. Optimální zásoba půdní vláhy by měla činit 70-80 % maximální půdní kapacity. V případě déletrvajícího sucha dorostlé rostliny vadnou a poupata zasychají. Od fáze kvetení do ukončení technické zralosti tobolek klesá spotřeba vody rostlinami, a v době dozrávání a plné zralosti tobolek je minimální. Dostatek vláhy pozitivně koreluje se všemi charakteristikami rostliny a faktory výnosu, zatímco nedostatek nebo přebytek má negativní vliv (Fábry et al. 1992).

Mák projevuje nesnášenlivost vůči vlhkým podmínkám během fáze dozrávání, kdy může být napaden černěmi, což způsobuje žluknutí semen. Tento problém je zvláště vážný u ozimého máku, který dosahuje dozrání koncem června a počátkem července, často v období, kdy se vyskytují deště spojené s medardovskými srážkami (Vašák et al. 2010).

3.5.5 Nároky na živiny

Mák patří mezi středně náročné plodiny na živiny, avšak má omezenou schopnost získávat živiny, zejména na začátku vegetace. Úspěšné pěstování máku vyžaduje dostatek dostupných živin v půdě nebo přísun hnojiv, což zajistí optimální počáteční růst rostliny (Vaněk et al. 2016).

Příjem živin z půdy během různých fází vývoje máku je rozmanitý (Fábry et al. 1992).

Příjem živin během vegetace má dvě fáze:

1. **Fáze vegetativního růstu:** Od vyklíčení až do vzniku základů generativních orgánů. V této fázi má mák vysokou potřebu dusíku pro tvorbu listů, hlavní lodyhy a postranních větví, což přispívá k vytvoření dostatečného množství a velikosti poupat. Důležité je i pravidelné a dostatečné množství fosforu pro tvorbu listů a draslíku pro vývoj lodyh a větví.
2. **Fáze květu a zrání:** Od počátku květu až po zrání semen. V této fázi má mák nižší potřebu dusíku, a naopak je důležitý přísun fosforu a draslíku pro podporu kvetení, tvorbu tobolek a semen. Příjem dusíku by neměl být nadměrný, protože by mohl negativně ovlivnit různé aspekty, jako je růst postranních větví, vylamování rostlin, nestejně dozrávání a zvýšené riziko houbových chorob (Vaněk et al. 2016).

Je důležité podotknout, že jak nedostatek, tak nadbytek živin, zejména dusíku v dávkách nad 80-100 kg/ha, mohou mít depresivní účinky na rostlinu. Během růstu a vývoje se obsah jednotlivých živin v rostlinách máku mění v důsledku různé absorpce kořenovým systémem, variabilního využívání na tvorbu rostlinné hmoty a různých fází růstu, což ovlivňuje koncentraci živin v rostlině (Fábry et al. 1992).

Mák má také vysokou potřebu bóru, zejména kvůli tvorbě meristematických pletiv, které jsou klíčové pro tvorbu latexu, obsaženého v mléčnicích. Tedy, přísun bóru je důležitý pro zajištění správného vývoje máku (Vaněk et al. 2016).

3.6 Mák setý v osevním plánu

Výrazný vliv na výnos máku má volba předplodiny. Nejčastěji se mák zařazuje po obilnině, která následovala po organicky hnojené okopanině, olejnině, jetelovině nebo luskovině. Předplodiny jsou významné z hlediska odplevelení půdy, zejména od pcháče, pýru, šťovíků a dalších plevelů, které jsou pro mák obtížně hubitelné. Mák zase působí fyto-sanitárně, jako přerušovač obilních sledů (Bechyně et al. 2001).

Po předplodině s delším odstupem od organického hnojení nebo po plodinách z čeledi bobovitých by měla být výživa máku zlepšena organickým hnojením. Dávka hnoje by měla být přiměřená, aby nevytvářela izolační vrstvu a neomezovala vzcházení kořenové soustavy (Fábry et al. 1992).

Dle Bechyně et al. (2001) v osevním postupu má mák po sobě následovat po 5 letech (ve výjimečných případech 4 letech). Mák nesnáší půdy s rezidui sulfonylmočoviny, triazinů, tri fluralinu, napropamidu a dalších herbicidů. Také není vhodné pěstování máku po zaplevelujících, těžko hubitelných plodinách, zejména po ozimé řepce v uplynulých 4 letech, nebo na pozemcích zaplevelených pýrem. Nejlepší výsledky má mák po hnojených okopaninách.

Rozsah pěstování máku patří mezi maloobjemové plodiny. Ekonomický efekt výroby máku vyžaduje zvládnutí specializované technologie. Výroba máku je koncentrována na relativně nižší výměry. Specializace na pěstování máku by měla respektovat požadavky na předplodinu a výběr stanoviště (Fábry et al. 1992).

Při volbě předplodiny je však nutné respektovat:

1. Vysokou citlivost máku na rezidua některých herbicidů.
2. Obtížné předplodiny z hlediska výdrolu, zejména řepka a slunečnice.
3. V suchých oblastech nedostatek vláhy po vysušení hlubokého profilu vojtěškou (Bechyně et al. 2001).

3.7 Agrotechnika máku setého

Mák vykazuje vysokou citlivost na agrotechnické zákroky v půdě. Je též náchylný k nedostatku vláhy, což zvyšuje riziko při pěstování této plodiny. Klíčovým prvkem je správné založení porostu (Pinke et al., 2011).

3.7.1 Založení porostu

Zpracování půdy, předseťová příprava a setí jsou klíčovými kroky pro dosažení maximální vzcháživosti máku, jeho ochranu před zaplevelením a zohlednění reziduí po předcházejících herbicidech (Bechyně et al. 2001).

Nejdříve se provádí podmítka, která má klíčový význam především v odplevelování, kdy se semena plevelů zaklopí a následně zničí podzimní orbou. Tím se snižuje zásoba semen v půdě. Výhodou je udržení kapilární vody v půdě, což podporuje rychlé klíčení vnesených semen. Podmítkou se rovněž zabrání dozrávání semen některých plevelů. Po podmítce se mohou zaset strniskové mezplodiny. Jejich hmota přispívá k zvýšení organické složky v půdě navíc působí konkurenčně na zbývající plevelné rostliny (Bechyně et al. 2001).

Po podmítce se doporučuje zpracovávat půdu minimálně do 16-25 cm hloubky (Čtvrtečka 2010). Mák reaguje na mělce prokypřenou půdu zkrácením a deformací kulového kořene, proto je důležité provádět zpracování do větší hloubky (Vašák et al. 2010).

Jarní příprava půdy má za cíl urovnat povrch, zapravit organické zbytky a vytvořit optimální strukturu. Provedení této operace je vhodné při oschlém povrchu a nelepivé půdě. Operace by měly být provedeny rychle pro co nejrychlejší výsev (Kuchtová et al. 2013).

Dle Vašák et al. (2010) jsou v zemědělské praxi využívány tři základní metody zakládání porostu máku:

- Orební (tradiční či klasická) s hloubkou orby kolem 18-25 cm
- Bezorební (minimalizační) s hloubkou přípravy kolem 20 cm
- Přímé setí do nezpracované půdy

3.7.1.1 Orební (tradiční či klasická) s hloubkou orby kolem 18-25 cm

Vzhledem k tomu, že mák se nejčastěji pěstuje po obilninách, je nezbytně nutné provést podmínku po sklizni těchto plodin.

V tradiční přípravě půdy po podmítce následuje podzimní orba, a i přes trendy minimalizace neztrácí tato technologie svůj význam. Tato metoda má několik výhod, dokáže pracovat i v nepříznivých podmínkách, dále má dobrý odplevelovací účinek a umožňuje efektivní zapravení posklizňových zbytků do půdy (Vašák et al. 2010).

U tradičních (orebních) zemědělských postupů se hrubá úprava půdy provádí většinou na podzim. Odklad jarního urovnání může vést k nerovnoměrné půdní struktuře a neúspěšnému vzcházení rostlin (Kuchtová et al. 2013).

Na jaře by se příprava měla omezit na jeden přejezd branami, a hloubka přípravy by neměla překročit 2 cm, to je maximální hloubka, do které se bude sít mák (Cihlár 2024). Dle Kuchtová et al. (2013) se jarní příprava provádí mělkou podmínkou. Má za cíl zabránit výparu vody, promíchat rostlinné zbytky s půdou a obnovit strukturu půdy. Optimální hloubka této fáze je do 5 cm.

3.7.1.2 Bezorební (minimalizační) s hloubkou přípravy kolem 20 cm

V bezorební technologii začínáme podmínkou strniště. Následuje hluboké kypření, které má za cíl dosáhnout 15-20 cm hloubky zpracování. K tomu se často využívají těžké radličkové kypřiče. Mezi hlavní cíle hlubšího zpracování půdy řadíme vytvoření dostatečného podílu jemné zeminy, rovnoměrné kypření půdy do potřebné hloubky, promíchání a rozdrčení rostlinných zbytků a zničení vzešlých plevelů a výdrolu. Díky tomuto úkonu není obvykle nutné provádět dodatečné srovnávání povrchu půdy.

Jarní příprava probíhá do 5 cm, vláčením lehkými branami. Také je možnost použít Cambridge válce (Vašák et al. 2010).

3.7.1.3 Přímé setí do nezpracované půdy

Není vhodné provádět setí přímo do nezpracované půdy (Bechyně et al. 1992; Baranyk et al. 2010; Vašák et al. 2010).

Tato technologie se nedoporučuje, neboť mák vyžaduje půdu bez plevelů před založením porostu, avšak technologie setí do nezpracované půdy neumožňuje vytvoření čistého pole. (Bechyně et al. 1992)

Mák není schopný dobře snášet horší půdní podmínky. V případě komplikací nemáme k dispozici širší paletu ochranných přípravků registrovaných pro mák. Pokud přestaneme hýbat s půdou můžeme očekávat pozitivní vliv na redukci růstu plevelů v půdě. Na druhou stranu se musíme připravit na existující plevelovou zátěž v půdě a lépe promyslet strategie herbicidní ochrany proti plevelům, které mohou prosperovat pod systémem no-till (Poláková 2023).

3.7.1.4 Setí

Přípravená půda by měla být mírně hrudkovitá s pevným seťovým lůžkem, přičemž příliš jemná půda není vhodná, protože může po srážkách bránit vzcházení (Kuchtová et al. 2013). Celkově lze říci, že správná technologie podzimní a jarní kultivace máku hraje klíčovou roli ve výsledném úspěchu pěstování této plodiny (Čtvrtečka 2010).

Seje se do dobře prohráté a strukturované půdy. Setí nesmí být uspěcháno, aby nedošlo k zamazání, což by mohlo způsobit neúspěšné vzcházení. Vhodné secí stroje, které umožňují výsevek v rozmezí 1,5-1,75 kg/ha a zajistí uložení osiva do maximální hloubky 2 cm, lze využít k výsevu. Při nastavování hloubky setí se dbá o to, aby osivo spočívalo na vlhkém dně seťového lůžka. Tímto způsobem uložené osivo efektivně využívá půdní vlhkost a bez problémů klíčí a vzchází (Cihlář 2024).

3.7.2 **Moření osiva**

Pro ošetřování osiva máku byl tradičně využíván přípravek Cruiser OSR obsahující fungicidní a insekticidní složky. Nicméně, s nástupem zákazu pesticidů ze skupiny neonikotinoidů, včetně tohoto prakticky jediného dostupného přípravku pro moření osiva máku, se situace změnila (Satranský 2020).

V průběhu let 2020–2022 proběhla řada experimentů, zaměřených na zkoumání různých možností ošetření osiva máku. Mezi testovanými látkami bylo mořidlo Cruiser OSR, biologické prostředky Enviseed, TS Osivo nebo Polyversum, Gliorex a metoda E-ventus. Výsledky těchto experimentů byly srovnávány s kontrolní skupinou, která zůstala neošetřená.

V roce 2022 byl proveden další experiment s přípravkem Buteo Start, který zatím není oficiálně registrován pro ošetření osiva máku. Tento přípravek je aktuálně registrován pro použití v řepce, ale v letošním roce pokračuje jeho ověřování v kontextu moření osiva máku. V rámci těchto experimentů byly porovnávány tři různé varianty ošetření osiva: 1. neošetřená kontrola, 2. Cruiser OSR a 3. Buteo Start. Kontrolní varianta vykázala výnos 0,71 t/ha, zatímco Cruiser OSR dosáhl 1,26 t/ha a Buteo Start dosáhl 1,16 t/ha. Buteo Start výrazně předčil neošetřenou kontrolu z hlediska dosaženého výnosu (Honsová 2023).

3.7.3 **Výživa a hnojení**

Mák patří ke středně náročným plodinám na živiny, avšak jeho schopnost absorbovat živiny, zejména na začátku vegetace, je omezená. Proto je klíčové pro úspěšné pěstování máku zajistit dostatečný příjem živin v půdě nebo jejich adekvátní dodávku pomocí hnojiv, což podpoří dobrý počáteční růst máku. Mák se dobře daří na půdách středního typu s dobrým obsahem fosforu a draslíku (Vaněk et al. 2016).

Přiměřené pH půdy je také důležité v rozmezí 6,2-6,8, přičemž na lehčích půdách mohou být hodnoty nižší a na těžších půdách kolem pH 7 (Baranyk et al. 2016).

Hnojení bórem má pro mák zásadní význam, jelikož mák vykazuje nejvyšší potřebu bóru ze všech zemědělských plodin. Nedostatečný příjem bóru mákem je proto závažným problémem, který ovlivňuje jeho růst a vývoj. Bór se pro rostliny stává méně dostupným zejména při nedávném vápnění půdy (Fábry et al. 1992).

3.7.3.1 Hnojení dusíkem

Hnojení dusíkem hraje klíčovou roli při určování výnosu a kvality semen. Při volbě dávky dusíkatých hnojiv je důležité nepřehánět, abychom předešli nežádoucím účinkům, jako je nadměrné větvení rostlin, poléhání a prodloužení doby kvetení (Vaněk et al. 2016). Nedostatek dusíku omezuje růst máku. Rostliny mají nepravidelný tvar s omezeným množstvím malých,

světlych listů. Barva listů se postupně mění od bledě zelené ke žluté v závislosti na závažnosti nedostatku dusíku. Nedostatek dusíku má za následek snížení počtu semen v tobolce a na hlávkách. Taktéž se snižuje obsah morfinu v makovině (Vašák et al. 2010).

Doporučuje se rozdělit hnojení dusíkem na základní dávku před setím a přihnojení během vegetace. Dělené dávky dusíku aplikované během vegetace pozitivně ovlivňují vývoj rostlin, což přispívá ke zvýšení výnosu semen za vhodných podmínek. Je výhodné použít dusíkatá hnojiva se sírou (Škarpa et al. 2013).

Typické dávky dusíku v minerálních hnojivech se obvykle pohybují v rozsahu 40-80 kg N/ha. Nižší dávky jsou vhodné pro půdy s dobrou úrovní výživy a po předchozím použití statkových hnojiv, zatímco vyšší dávky jsou zvažovány v případech, kdy nebyla použita statková hnojiva (Vaněk et al. 2016).

3.7.3.2 Hnojení fosforem, draslíkem a hořčíkem

U rostlin máku se optimální potřeba fosforu projevuje krátce po klíčení, zejména při nižších teplotách. Fosfor má pozitivní vliv na růst rostlin, velikost jejich listové plochy, výnos semene a počet tobolek (Richter et al. 2006).

V rostlinách sehrává draslík klíčovou úlohu v několika důležitých procesech týkajících se metabolismu sacharidů, bílkovin a lipidů. Draslík podporuje tok asimilátů. Optimální hladina draslíku má pozitivní vliv na zrání pletiv a posiluje anatomickou strukturu rostlin prostřednictvím pevnějších buněčných stěn. Zároveň zvyšuje odolnost rostlin vůči mrazu a proti chorobám (Lošák et al. 2005).

Pro hnojení fosforem (P), draslíkem (K) a hořčíkem (Mg) je doporučeno, aby půda, na které se mák pěstuje, měla dostatečné zásoby fosforu a draslíku. Hnojiva obsahující fosfor a draslík by měla být aplikována po sklizni předchozí plodiny, ideálně na konci léta nebo na začátku podzimu, aby se mohla zahrnout do celého půdního profilu během zpracování půdy. Předset'ové hnojení fosforem a draslíkem je méně vhodné, protože není možné zahrnout hnojiva do celého půdního profilu. Existuje také riziko zvýšené koncentrace solí v povrchové vrstvě půdy, zejména při použití draselných nebo dusíkatých hnojiv, což může negativně ovlivnit klíčivost máku (Vaněk et al. 2016).

Stanovení dávky živin v minerálních hnojivech se řídí součinem odběrového normativu (kg/t) a požadovaného výnosu (t) s korekcí na zásobu živin v půdě. Při nízké nebo dostatečné zásobě živin v půdě se stanovený základní normativ živin (kg/ha) zvyšuje o 50 nebo 25 procent. V případě nadměrně vysoké zásoby živin v půdě se neprovádí hnojení. Výnos 1 tuny semene a odpovídající množství makoviny spotřebuje průměrně 26 kg fosforu (P) (60 kg P₂O₃), 90 kg draslíku (K) (108 kg K₂O), 15 kg hořčíku (Mg) (25 kg MgO) (Baranyk et al. 2010).

3.7.3.3 Hnojení sírou

O síru se pěstitelé začali zajímat přibližně před 10 lety, kdy se snížili emise SO₂ pod 10 kg S/ha (Lošák & Páleníček 2005). Z tohoto důvodu je vhodné začít používat hnojiva obsahující síru již při přípravě půdy na podzim nebo nejpozději na jaře. Osvědčené jsou především sádrovec, jednoduchý superfosfát a hnojiva s obsahem draslíku a hořčíku, která obsahují síru. Potřebu hnojení sírou stanovujeme podle předpokládaného výnosu, stejně jako u ostatních živin. Rostlina odebírá minimálně 17 kg síry na 1 t semene. Při současných výnosech kolem 0,7-0,8 t/ha a spadu 10 S/ha ročně činí spotřeba síry 9,0 až 10,5 kg/ha. Vyšší obsah síry v rostlinách zlepšuje zdravotní stav máku, zvyšuje využití dusíku a má pozitivní vliv na obsah morfinu v makovině (Vašek et al. 2010; Škarpa et al. 2013). Síra v půdě má charakteristiku podobnou dusíkatým hnojivům, protože se snadno vymývá, doporučuje se aplikovat ji na jaře

před setím. Během vegetačního období se může projevit nedostatek síry, který lze řešit aplikací kapalných hnojiv obsahujících síru přímo na listy rostliny (Lošák 2012).

3.7.3.4 Hnojení mikrobiogenními prvky

Z hlediska stopových prvků jsou pro mák klíčové bór a zinek. Je důležité zajistit, aby tyto živiny byly v rostlině ve správných množstvích, jak zdůrazňuje Lošák (2012).

Obsah bóru v půdě je proměnlivý a ovlivňuje její pH. Snížená dostupnost bóru se často vyskytuje na alkalických půdách nebo po vápnění, zejména při suchých podmínkách na začátku růstu (Bechyně et al. 2001; Vašák et al. 2010). Pro zabezpečení potřeby bóru je osvědčená mimokořenová výživa ve fázi 5-6 pravých listů (Vašák et al. 2010).

Příjem zinku závisí na pH půdy, přičemž pohyb zinku je omezen na neutrálních půdách s vysokým obsahem fosforu a při dlouhodobém suchu (Vašák et al. 2010). Doporučuje se aplikovat zinek formou mimokořenové výživy ve fázi pylových tetrad. Zinek je absorbován rostlinami do 24 hodin a je středně mobilní. Jeho nedostatek může vést k poruchám růstu a vývoje rostlin (Lošák 2012; Škarpa et al. 2013).

Analýzy prokázaly, že mák vykazuje vysoké nároky na mangan, železo a molybden. Naštěstí jejich obsah v rostlinách zatím splňuje požadavky (Škarpa et al. 2013).

3.7.3.5 Hnojení organickými hnojivy

Mezi běžně používaná statková hnojiva patří dobře vyzrálý, nebo již kompostovaný chlěvský hnůj, který se aplikuje ideálně v podzimním období v dávce do 30 t/ha (Vaněk et al. 2016). Při aplikaci hnoje hrozí vytvoření izolační vrstvy, která může zamezit přívodu kapilární vody k semenům (Fábry et al. 1992).

Další možností organického hnojiva je kvalitní kompost, který rovněž dobře plní svou úlohu a může být aplikován již na podzim. Při aplikaci kejdy je vhodnější volit kejdu od prasat, neboť aplikace kejdy od skotu může vést k vyššímu zaplevelení, což je pro pěstování máku obtížně řešitelné (Vaněk et al. 2016).

V případě nedostatku kvalitních statkových hnojiv je vhodné zařadit mák do druhé, nejpozději třetí trati, avšak je nutné zvýšit dávky živin v minerálních hnojivech (Vaněk et al. 2016).

3.7.3.6 Úprava půdní reakce

Při výběru pozemku pro pěstování máku je důležité zaměřit se na půdní reakci (Vaněk et al. 2016). Půdní reakci (pH) upravujeme vápněním již k předplodině, obvykle rok až dva předem (Vašák et al. 2010).

K vápnění je vhodné použít vápenec nebo dolomit, a dávku určíme na základě pH a zrnitostního složení půdy na konkrétním pozemku (Vaněk et al. 2016). Mák je také citlivý na vyšší kyselost půdy, zejména pokud je hodnota výměnného pH nižší než 6. V těchto případech dochází k výrazné redukci kořenového systému a omezení příjmu všech živin (Vašák et al. 2010). Mák obvykle lépe snáší mírně kyselé prostředí než extrémně vysoké hodnoty pH, které mohou vzniknout v důsledku vyšších dávek vápenatých hnojiv (Vaněk et al. 2016).

3.7.3.7 Cizorodé prvky v semenech máku

Cizorodé prvky jsou definovány jako prvky, které mohou být škodlivé pro lidské zdraví a životní prostředí. Mezi tyto prvky patří především těžké kovy. Například kadmium je přítomné v půdě a postupně se uvolňuje do prostředí. Olovo a rtuť jsou často přenášeny z

atmosféry do půdy. Riziko obsahu cizorodých prvků lze snížit úpravou půdní reakce a aplikací vápnění (Vašák et al. 2010; Lošák 2012).

3.7.4 Sklizeň a posklizňová úprava

3.7.4.1 Sklizeň

Při sklizni je klíčové dodržovat správnou technologii, protože chyby mohou vést k naprostému znehodnocení sklizeného máku. Semena máku jsou relativně měkká, snadno se poškodí a poté výrazně hořknou. Sklizeň lze proto zahájit až tehdy, když je porost dokonale zralý a suchý (Baranyk et al. 2010).

Zralý mák lze poznat tak, že semena jsou uvolněna z lamel tobolky a po zmáčknutí tobolka praskne (nedeforuje se). Sklizeň lze provádět běžnými sklízecími mlátičkami. Cílem je sklídit co největší podíl makoviny, která chrání semeno před mechanickým poškozením. Výška strniště je volena dle nejnižšího patra tobolek, tj. až 40 cm, aby se zachoval obsah morfinu v makovině (Čtvrtečka 2010).

3.7.4.2 Posklizňová úprava

Mezi posklizňové úpravy řadíme separaci makoviny, čištění máku a dosoušení máku na požadovanou vlhkost (Baranyk et al. 2010; Vašák et al. 2010). Posklizňové úpravy máku zahrnují dobře provedenou sklizeň s vyšším množstvím makoviny. Sklizenou hmotu je třeba zchladit studeným vzduchem, což zajistí její konzervaci až do následného čištění. Existují různé systémy na zchlazování máku, včetně odvětrávacích jehel, paletových a bednových systémů, hal na sušení a přestavěných seníků. Správné posklizňové úpravy minimalizují poškození semen máku a prodlužují jejich trvanlivost (Čtvrtečka 2010).

3.8 Škodlivý činitelé a jejich regulace

3.8.1 Choroby máku

Původci nejvýznamnějších chorob máku jsou často přenášeni osivem, což zdůrazňuje důležitost používání mořeného osiva. Od vzházení až po sklizeň jsou všechny části rostliny vážně postiženy různými houbovými chorobami. Mezi ekonomicky nejvýznamnější choroby patří plíseň máku, helmintosporióza, sklerociová hniloba a spála máku. Fungicidní ošetření v průběhu první poloviny vegetace se stalo nezbytnou součástí zemědělské technologie (Kazda et al. 2010).

Plíseň maková (*Perenospora arborescens*)

Plíseň maková je nejrozšířenější choroba máku na celém světě (Kapoor 1995; Calderón et al. 2014). Původně ojedinělé onemocnění se v posledních letech rapidně rozšířilo, zejména u ozimého máku z infikovaných semen. Choroba se rychle šíří i mezi jarní máky, pokud jsou blízko ozimých. S rostoucím pěstováním máku roste i význam této choroby (Vašák et al. 2010).

Příznaky napadení jsou výrazné. Houbová vlákna pronikají do pletiv kořenů, listů, stonků a makovic. Napadené části rostlin jsou deformované a pokryté fialově šedým povlakem. Makovice jsou drobné a deformované, s bliznami přisedlými k povrchu. Semena jsou zakrnělá a pokrytá rezavým práškem. Původcem této choroby je patogenní houba *Perenospora arborescens* (Bechyně et al., 2001; Vašák et al. 2010; Montes-Borrego et al. 2017). Nejčastěji je primárním zdrojem půda, v níž se oospory nacházejí a napadené osivo, kterým se choroba šíří do porostů (Landa et al. 2007).

V ochraně je klíčové upřednostňovat osivo pocházející zdravých porostů. K dosažení účinné ochrany se často doporučuje používat systémové fungicidy, avšak aplikace prostřednictvím postřiků může být problematická (Fábry et al., 1992).

Scott et al. (2003) říká, že v Austrálii je nejzávažnější chorobou plíseň maková.

Helmintosporiová nekróza máku (*Pleospora papaveracea*, *Helminthosporium papaveris*) 1 zdroj

Choroba, která mák napadá od jeho vzcházení až po dobu sklizně, představuje jednu z nejrozšířenějších chorob. Je zodpovědná za padání klíčnicích rostlin a způsobuje zásadní škody (Baranyk et al. 2010).

U mladých rostlin se projevuje stlačením kořenového krčku, což vede k jejich odumírání. U starších rostlin, obvykle v červnu, se na stoncích objevují modročerné úzké pruhy, zatímco listy mají nepravidelné, hranaté hnědé skvrny s nádechem fialové barvy. Tyto skvrny se rozšiřují, slévají se a listy usychají (Prokinová 2014; Inderbitzin et al. 2006). Houba proniká i do makovic, kde vytváří jemné mycelium, jež shlukuje semena (Farr et al. 2000). Rostliny postižené infekcí mohou projevoval zakrnělý růst, větší náchylnost k nepříznivým podmínkám a nižší úrodu plodů (O'Neill et al., 2000).

Infekce je běžná v každém roce, s odlišnou intenzitou. Zdrojem nákazy je infikované osivo a houba může přežít na rostlinných zbytcích. První infekce probíhají již při klíčení a pozdější napadení způsobují askospory z plodnic na rostlinných zbytcích. Vlhké a teplé počasí podporuje infekci (Baranyk et al. 2010).

Preventivní opatření zahrnují použití zdravého osiva, střídání plodin s odstupem minimálně 3 let a vyhýbání kultivace na těžké půdě. Po sklizni máku je důležité kvalitně zaorat strniště. Insekticidní ošetření osiva snižuje infekci klíčnicích rostlin, zatímco ošetření porostu fungicidy na začátku květu přímo ochraňuje rostliny (Baranyk et al. 2010; Vašák et al. 2010). Prokinová (2014) dodává, že mezi další preventivní opatření patří nízká hustota porostu a aplikace organického hnojení na podporu mikrobiálního života.

Bílá sklerociová hniloba máku (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Dle Vašák et al. (2010) se choroba objevuje po odkvětu až do sklizně a postihuje kořeny a stonky máku.

Příznaky onemocnění na jednotlivých rostlinách se liší, ale často se projevují jako vodnatá měkká hniloba napadených tkání listů a stonků (Boland & Hall 1994). Semena jsou zmenšená a lodyha je naplněna černými tělísky sklerocií a vatovitým myceliem. Původcem je patogenní houba, hlenka obecná, která přezimuje v půdě v podobě sklerocií (Ben-Yephet et al. 1993, Bechyně et al. 2001).

Pro ochranu je doporučeno odstraňování zbytků máku po sklizni, hluboká podzimní orba, střídání plodin a vyhýbání se setí máku po řepce a slunečnici. Lze využít biologické i chemické ochrany pomocí přípravků aplikované na strniště po předplodině (Bechyně et al. 2001; Vašák et al. 2010). Choroba se vyskytuje většinou ojediněle a ochrana se neprovádí (Havel et al. 2018).

Spála a padání rostlin máku

Mák je extrémně citlivý na podmínky prostředí, zejména během klíčení a vzcházení. V těchto raných fázích vývoje je náchylný k onemocnění nazývanému spála máku (Prokinová & Kazda 2001).

Spála máku se nejčastěji vyskytuje na těžkých, slévavých půdách. Projevuje se odumíráním vzcházejících nebo mladých rostlin. Pokud rostliny přežijí, jsou slabé a náchylné k dalším chorobám (Vašák et al. 2010). Tuto chorobu způsobuje fytopatogenní houba *Dendryphion penicillatum* (Havel et al. 2018).

K ochraně proti této houbě je důležité zvolit zdravé osivo, správně vybrat pozemek a pečlivě připravit půdu před setím do maximální hloubky 5-10 cm. Nesprávné je příliš hluboké setí do nedostatečně upravené, chladné a vlhké půdy (Kazda et al., 2010).

3.8.2 Škůdci máku

Mák je náchylný k poškození různými druhy živočišných škůdců, což může výrazně ovlivnit jeho výnosy. I drobné poškození může mít značný dopad na výslednou úrodu. Tato rizika jsou přítomna po celou dobu vegetace rostliny (Prokinová & Kazda 2001).

Krytonosec kořenový (*Stenocarus ruficornis*)

Brouk má délku 3-3,5 mm a je černé barvy na hřbetní straně s běložlutou břišní stranou. Na krovkách má černou podélnou rýhu za štítkem a světlou skvrnu před koncem krovek. Vajíčko je nažloutlé a má elipsoidní tvar. Larva je bělavá, beznohá, s tmavohnědou hlavou, dosahuje až 6 mm délky (Havel et al. 2018).

Brouk prezimuje v půdě a na máku se objevuje od dubna do června. Do porostu začíná aktivně nalétávat při teplotách kolem 14 °C. Klade vajíčka do hlavního nervu lístku a má jednu generaci za rok (Vašák et al. 2010). Výskyt krytonosce je silně ovlivněn ročním počasím; chladné a deštivé podmínky jsou nepříznivé, zatímco suché a teplé počasí je optimální pro jeho rozšíření (Bečka et al. 2014).

Brouci napadají již vzcházející rostliny máku setého, kde je ze spodní strany viditelný okénkovaný žír. Brouci vyžírají také srdéčka rostlin. Následně rostliny odumírají. U listů starších rostlin jsou vykousány okrouhlé nebo nepravidelné otvory. Škodí především za sucha a tepla, zvláště u pozdně setých porostů. Larvy brouků škodí na kořenech, kde vyžírají 1–3 mm hluboké rýhy nebo chodbičky. V jedné rostlině může být 10 i více larev (Sikora 2008).

Ochrana proti tomuto škůdci je nezbytná po celém území ČR (Kazda et al. 2010). Při ochraně se doporučuje zasahovat do porostu při výskytu 3-4 brouků na 1 metr řádku. Postřik je doporučeno provést asi 5 dnů od zjištění prvotních škod požerem na listech (Bechyně et al. 2001).

Krytonosec makovicový (*Neoglycianus maculaalba*)

Krytonosec makovicový je dlouhodobě významným škůdcem máku. Mají tmavé tělo, hustě pokryté šedými chloupky, s výraznou bílou skvrnou na švu krovek za štítkem. Hlava je prodloužená do nosu a tykadla jsou lomená (Brezinová 2020).

Tito brouci přečkávají zimu v půdě a na máku se objevují na začátku května. Po skončení žíru klade samice vajíčka do tobolek a larvy tak působí škody uvnitř makovic. Když larvy dorostou, opouštějí makovice a kuklí se v půdě (Vašák et al. 2010).

Ve fázi háčkování a počátku květu se v porostech máku, zejména v teplejších oblastech, objevují velcí brouci krytonosce makovicového. Tyto brouci zpočátku poškozují stonky a poupata žírem, později pak malé makovice, kam také kladou svá vajíčka. Larvy následně vyžírají přepážky v makovicích, čímž se brání vývoji semen (Kazda et al. 2010).

Díry v tobolkách, které jsou vytvořené larvami krytonosce makovicového, často slouží jako vstupní brána pro houbové patogeny, jako je například *Helminthosporium papaveris*. To může vést k poškození semene uvnitř makovice (Kolařík & Lotrekl 2014).

Mšice maková (*Aphis fabae*)

Mšice mají černou barvu, přičemž jedinci bez křídel mají zadeček s charakteristickými příčnými bílými skvrnami (Vašák et al 2010). Na jaře se tato mšice přelétá z brsly, na kterém přezimuje, a kromě máku napadá i další rostliny, jako je řepa, bob, slunečnice a další rostliny (Kazda 2014). Důležité je také zdůraznit, že mšice maková může sloužit jako přenašeč virů, které způsobují další poškození máku (Vašák et al 2010).

Během celé vegetace mák čelí poškození způsobenému sáním mšic. Toto sání má za následek žloutnutí listů a výrazné deformace stonků a květů (Fábry et al. 1992).

Mšice se seskupují na stoncích a listech (Kazda et al. 2010). Podle Baranyk et al. (2010) se mšice vyskytují na spodní straně listů od fáze zelené růžice do fáze zelených tobolek

Pro chemickou ochranu je klíčové zasáhnout v době, kdy je více než 5 % rostlin napadeno mšicemi. Hodnotí se na základě pěti 5 x 20 rostlin na různých místech (Bechyně et al. 2001, Kazda 2014).

Žlabatka stonková (*Timaspis papaveris*)

Dospělci žlabatky stonkové jsou charakterizováni černou barvou těla s hnědými předními články zadečku, dosahující velikosti mezi 3 a 4 milimetry. Larvy tohoto škůdce jsou žlutavého zbarvení a vyznačují se hlubokými zářezy mezi tělními články. Jejich délka může dosáhnout až 4 milimetrů (Šedivý & Cihlár 2005).

Larvy obývají oblast mezi dření a cévními svazky rostlin. Jejich vývojový cyklus zahrnuje i přezimování dorostlých larev ve zbytcích stonků. Žlabatka stonková rovněž napadá plevelné druhy máku. V průběhu jednoho roku dokáže absolvovat jeden generační cyklus (Vašák et al. 2010).

Žlabatky se objevují v porostech na začátku června. Samička klade vajíčka do stonků rostliny (Kazda et al. 2010).

Škody jsou způsobeny především larvami, které svým žírem ve stoncích máku narušují vodivé cévní svazky. To vede k omezení nebo úplnému zastavení toku vody a živin do rostlin nad poškozeným místem. V důsledku toho dochází k předčasnému žloutnutí a usychání tobolek, a při větším napadení může dojít k úplnému odumření celé rostliny (Havel et al. 2018).

Pro potlačení populace tohoto hmyzu je nezbytné použít chemickou ochranu, a to zejména proti dospělým jedincům před kladením vajíček (Kazda et al. 2010).

Bejlmorka maková (*Dasineura papaveris*)

Bejlmorka je malý dvoukřídý hmyz o velikosti 1,5 až 1,8 milimetru. Samičky tohoto škůdce kladou vajíčka do poškozených oblastí na povrchu makovic (Vašák et al. 2010). Pro svou aktivitu preferují makovice, které již byly poškozeny krytonoscem makovicovým nebo jsou napadeny jinými patogeny (Kolařík & Kolaříková 2023). Larvy bejlmorek se živí vnitřními tkáněmi makovic, kde se vyvíjejí až do fáze kukly. Kuklí se v řídkém zámotku uvnitř makovic. Bejlmorka prochází jedním generačním cyklem během jednoho roku (Vašák et al. 2010).

Tobolky, které byly napadeny patogenem, jsou pokřivené nebo zakrnělé. Poškozená semena jsou černě zbarvená a scvrklá. Tyto problémy způsobují larvy, kterých je v tobolece 10-70. Larvy jsou červenožluté, beznohé a s málo diferencovanou hlavou (Baranyk et al. 2001; Vašák et al. 2010).

Při přemnožení může způsobit vážné škody. Insekticidní ošetření je nutné provést nejpozději před květem ve fázi háčku, kdy jsou pupeny ohnuté k zemi, až do objevení prvního květu (Brezinová 2020). Podle Baranyk et al. (2001) existuje strategie ochrany, která spočívá v

ochraně tobolek rostlin proti krytonosci a různým chorobám. Tato ochrana je účinná především tím, že omezuje přístup bejlmerek k tobovkám. Důsledkem tohoto opatření je snížení početnosti populace bejlmerek, protože jim není umožněno dostat se do tobolek a provést svůj vývoj.

3.8.3 Plevel v máku

Regulace plevelů v porostech máku se liší v závislosti na několika faktorech, včetně předchozí plodiny, zvolených technologií výsevu, fází vývoje rostlin a složení plevelného společenstva (Pinke et al., 2011).

S ohledem na náročnost dosažení efektivní kombinace herbicidních postřiků a minimalizace rizika fytoxicity je klíčové, aby systém regulace plevelů v makových polích využíval integrovaný přístup, který zahrnuje jak agrotechnická opatření, tak aplikaci herbicidů (Vašák et al., 2010).

Maková pole jsou často zaplevelena různými druhy plevelů od ozimých až po pozdně jarní. Výskyt ozimých plevelů je často podmíněn přípravou půdy, kde podzimní orba nebo redukováná jarní příprava mohou podporovat jejich přežití. Naopak, intenzivní jarní kultivace často vede k výskytu pozdně jarních druhů, jako jsou laskavce a ježatky (Kazda et al. 2010; Vašák et al., 2010). Pozemky silně zaplevelené mákem vlčím a dalšími druhy tohoto rodu jsou nevhodné pro pěstování máku, protože jejich regulace v porostech máku je prakticky nemožná (Jursík et al., 2018).

S ohledem na omezenou schopnost máku konkurovat v počáteční fázi růstu a jeho citlivost na herbicidy, je správné hubení plevelů klíčové pro dosažení optimálního výnosu (Pinke et al., 2014).

Dle Bechyně et al. (2001) rozdělujeme období regulace plevelů na preemergentní a postemergentní aplikaci.

3.8.3.1 Preemergentní aplikace

Preemergentní aplikace se provádí při předpokladu vysokého výskytu plevelů, které mají vysokou dynamiku růstu na počátku vegetace (Jursík et al. 2018). Nelze jednoznačně určit nejlepší postup aplikace herbicidů, které jsou aplikovány před vzejitím, protože každý pěstitel se nachází v jiných podmínkách. Použití herbicidů vyžaduje opatrnost při extrémních podmínkách. Prudké deště či silné sněžení mohou způsobit poškození porostu na čerstvě ošetřených plochách (Havel 2020). Preemergentní ošetření máku zvyšuje účinnost herbicidů v důsledku raného růstu plevelů (Vašák et al. 2010).

V případě vhodných podmínek může preemergentní aplikace poskytnout tak efektivní ochranu porostu, že není nutné provádět postemergentní aplikaci herbicidů. Přeskočení preemergentní aplikace může přinášet rizika, zejména vzhledem k nevyzpytatelnému květnovému počasí (Havel 2019).

Vašák et al. (2010) uvádí, že preemergentní aplikaci ovlivňuje řada faktorů, která působí na dostupnost herbicidu v půdě a příjem herbicidu vzházejícími plevely i mákem. Faktory jako obsah humusu a jílovitých částic ovlivňují stabilitu herbicidu v půdě. Hloubka výsevu máku má také vliv na účinnost ošetření. Dostatek vláhy je klíčový pro účinnost preemergentních aplikací, avšak vysoké srážky nad 20 mm mohou zvýšit riziko poškození máku. Nízké pH půdy může negativně ovlivnit účinnost herbicidů a způsobit poškození máku.

3.8.3.2 Postemergentní aplikace

Správné a časně postemergentní ošetření může být účinnou alternativou v případě, že preemergentní ošetření nebylo provedeno (Havel 2020).

Postemergentní ošetření máku závisí na fázi růstu rostlin a plevelů, voskové vrstvičky a počasí. Herbicidy se aplikují až po vytvoření čtyř až šesti pravých listů. Důležitý je i vznik voskové vrstvy, která může být narušena deštěm (Vašák et al. 2010; Jursík et al. 2018). V případě, že tato vrstva vykazuje dostatečný vývoj z důvodu nedostatku srážek, je možné zahájit ošetření i dříve. Naopak, v případě deštivého počasí je vhodnější počkat s aplikací, aby nedošlo k poškození máku (Jursík et al. 2018). Efektivitu ošetření mohou ovlivnit teplota a sluneční záření, zejména u herbicidů, které ovlivňují fotosyntézu. Je důležité provádět aplikace ve vhodném počasí a dbát na správné nastavení aplikační techniky, aby nedošlo k poškození máku (Vašák et al. 2010).

3.8.3.3 Plevele vyskytující se v máku setém

V mákových polích se vyskytují různé druhy plevelů podle místních podmínek. Mezi ně patří jednoleté i víceleté dvouděložné plevele, jednoleté jednoděložné plevele a pýr plazivý. Mezi nejčastějšími plevely jsou laskavec, merlík bílý, lebeda rozkladitá, heřmánky, svízel přitula, zemědělský lékařský, pohanka opletka, rdesna, mák vlčí, pcháč rolní, kokoška pastuší tobolka, hořčice rolní, ohnice, konopice, pět'our maloúborný, výdrol řepky, oves hluchý, ježatka kuří noha, béry a zmiňovaný pýr plazivý (Bechyně et al. 2001)

Havel (2019) uvádí, že mezi problémové plevele patří pcháč oset, vlčí mák, výdrol řepky, a dokonce efemérní plevele, mezi které řadíme kakosty, pohanky a opletky.

Havel (2020) dodává, že přichází změny v plevelných společenstvech. Do chladnějších oblastí se dostávají plevele typické pro teplé podnebí, tedy durman obecný, šruha zelná, rosička krvavá a laskavec blít. Narůstá výskyt ovsa hluchého, což je znepokojující trend v posledních třech letech.

3.9 Charakteristika přípravků použitých na pokusu

3.9.1 LAIVEN Flora

Probiotický produkt LAIVEN® FLORA má pozitivní vliv na půdní strukturu a zvyšuje výnos plodin. Obsahuje bakterie *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus paracasei subsp. tolerans*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus plantarum* a *Lactococcus lactis* (Manetech a.s. 2024).

Laktobacily, běžně používané jako probiotika pro lidský organismus, prokázaly úspěšné uplatnění v ochraně rostlin a podpoře jejich růstu. Aplikace laktobacilů v kombinaci s dalšími užitečnými mikroorganismy urychlila rozklad organických látek v půdě, což výrazně zlepšilo uvolňování živin důležitých pro růst rostlin. Různé druhy laktobacilů byly využity k zvýšení efektivity fotosyntézy, což naznačuje, že mají širší využití než jenom na ochranu rostlin. Kromě toho laktobacily prokázaly schopnost potlačovat různé patogeny a škůdce (Limanska et al. 2013). Tyto bakterie mají schopnost ovlivnit hladiny fytohormonů, jako jsou auxiny, gibereliny a cytokininy, což napomáhá regeneraci rostlin a podporuje jejich zdravý růst a vývoj (Procházka et al. 2021).

Přípravky obsahující bakterie z rodu *Lactobacillus* se v praxi jeví jako velmi výhodné pro podporu růstu chmele a dalších rostlin (Procházka et al. 2021).

Výzkumy naznačují, že potenciál laktobacilů jako prostředku pro zlepšení úrody a ochranu rostlin je velký, avšak další studie jsou nezbytné k plnému pochopení jejich účinků a mechanismů působení (Limanska et al. 2013).

3.9.2 Lexin

Lexin je koncentrovaný roztok huminových a fulvokyselin spolu s auxiny. V roztoku je 6 % huminových a fulvokyselin a 0,25 % auxinů (Procházka et al. 2019).

Huminové látky jsou složeny z organického materiálu, který patří mezi nejkvalitnější organické materiály na Zemi (Hřivna et al. 2020). Huminové kyseliny jsou sloučeniny s vysokou molekulovou hmotností, vytvořené přirozeným rozkladem organické hmoty, jako jsou zbytky rostlin a živočichů, a aktivitou mikroorganismů (Senesi & Lofredo, 1999; Veselá et al. 2005). Huminové přípravky jsou běžně získávány z různých zdrojů, jako je hnědé uhlí, rašelina, sapropel a podobně (Sotáková, 1982; Veselá et al. 2005). Huminové látky pozitivně působí na růst a vývoj rostlin, na rozvoj jejich kořenového systému a tím jim pomáhají překonávat stresová období způsobená abiotickými faktory (Procházka et al. 2019).

Fulvokyseliny jsou látky s nižším obsahem uhlíku než huminové kyseliny a skládají se z alifatických a aromatických organických kyselin. Jsou rozpustné ve vodě a slabých kyselinách, což umožňuje snadný transport v půdním profilu (Procházka et al. 1998). Na rozdíl od huminových kyselin mají fulvokyseliny nižší pH. Obsahují více kyslíku, což je činí chemicky reaktivnějšími než huminové kyseliny. Výměnná kapacita fulvokyselin je více než dvojnásobná oproti huminovým kyselinám. Díky své malé velikosti mohou snadno pronikat do rostliny skrze kořeny, stonky a listy (Pettit 2006).

Auxin byl první objevený rostlinný hormon (Xiaohong et al. 2022). Auxiny ovlivňují růst a vývoj rostlin, převážně pomáhají s prodloužováním buněk, tvorbou kořenů, větvením a tvorbou cévních svazků (Hejnák et al. 2005).

Lexin se dobře smíchává s vodou (Procházka et al. 2019) a má pozitivní vliv na buněčný růst a dělení, rozvoj kořenů, lignifikaci a další anatomické a morfologické vlastnosti rostlin (Adamčík et al. 2016).

3.9.3 Prometheus

PROMETHEUS® CZ je tekutý koncentrát podporující vitalitu řepky, hořčice, máku, slunečnice a zeleniny. Zvyšuje výnosy a poskytuje ochranu kořenům a snižuje citlivost abiotickému stresu. Bakterie kolonizují kořeny a zlepšují jejich životní prostředí. Účinnou látkou tohoto přípravku je bakterie *Pseudomonas veronii* (Monas technology 2024).

Palleroni et al. (1973) uvádí, že bakterie rodu *pseudomonas* tvoří rozmanitá skupina aerobních, gramnegativních, chemoheterotrofních, tyčinkovitých bakterií. *Pseudomonády* se mohou vyskytovat jako fytopatogeny (Gardan et al. 1991), ale mnoho z nich se vyskytuje ve formě endofytických, tedy prospěšných, organismů (Lifshitz et al. 1986; Mercado-Blanco & Bakker 2007). Jestliže mají být tyto organismy prospěšné, tak musí být schopny osídlit rhizosféru nebo kořenovou tkáň (Loper et al. 1985; Bahme 1987).

Studie ukázaly, že použití mikroorganismů ke zvýšení příjmu a využití živin rostlinou má pozitivní efekt. *Pseudomonády* podporují příjem živin, a rovněž produkují látky s fungicidními vlastnostmi, jako jsou například terpenoidy, pyrrolnitrin, které účinně bojují proti rostlinným chorobám (Kulhánek 2022).

Ochrana řepky ozimé přípravkem Prometheus dosáhla dobrých výsledků v kvalitativních i kvantitativních testech (Růžek et al. 2017).

Přítomnost *Pseudomonas* redukuje výskyt hnědé hniloby brambor způsobené bakterií *Ralstonia solanacearum*, která vyvolává bakteriální vadnutí lílkovitých rostlin (Mohammed et al. 2020).

3.9.4 Grafite

Fungicidní přípravek pro postřik obilnin, řepky olejky a další plodiny s růstově-regulačním účinkem, obsahující účinné látky prothiokonazol a tebukonazol v koncentraci 125 g/l. Jedná se o emulgovatelný koncentrát (Sharda Czech Republic 2024). Prothiokonazol a tebukonazol jsou aktivní látky, které fungují jako inhibitory syntézy ergosterolu, esenciálního komponentu pro růst houbových buněčných stěn. Prothiokonazol má výhodu v tom, že působí

na několik míst syntézy ergosterolu, což snižuje potenciál vzniku rezistence. Jeho široké spektrum účinku zahrnuje různé listové i klasové choroby. Tebukonazol je systémová látka s rychlým účinkem, která zesiluje ochranu proti rzím a fuzariím. Kombinace těchto látek zajišťuje rychlý, dlouhodobý a širokospektrální účinek proti chorobám (Belchim 2024).

4 Metodika

V loňském roce 2023 proběhl experiment na pozemcích soukromě hospodařícího rolníka Petra Tláškala. Tento pokus se uskutečnil na polích využívaných pro konvenční zemědělství, kde byla vyhrazena plocha pro pěstování máku s použitím běžných zemědělských postupů, které tento zemědělec používá.

4.1 Charakteristika stanoviště

Lokalita: pokus byl proveden v Černčicích, okres Náchod královéhradecký kraj

Nadmořská výška: 306 m. n. m.

DPB: 9104/1

BPEJ: 5.11.00

Klimatický region: 5 (mírně teplý, mírně vlhký)

Půdní typ: hnědozem

Půdní druh: střední

Poloha: úplná rovina se všesměrnou expozicí

Skeletovitost: s celkovým obsahem skeletu do 10 %

Hloubka: hloubka od 60 cm

4.1.1 Průběh počasí v pěstitelském roce 2022/2023 v ČR

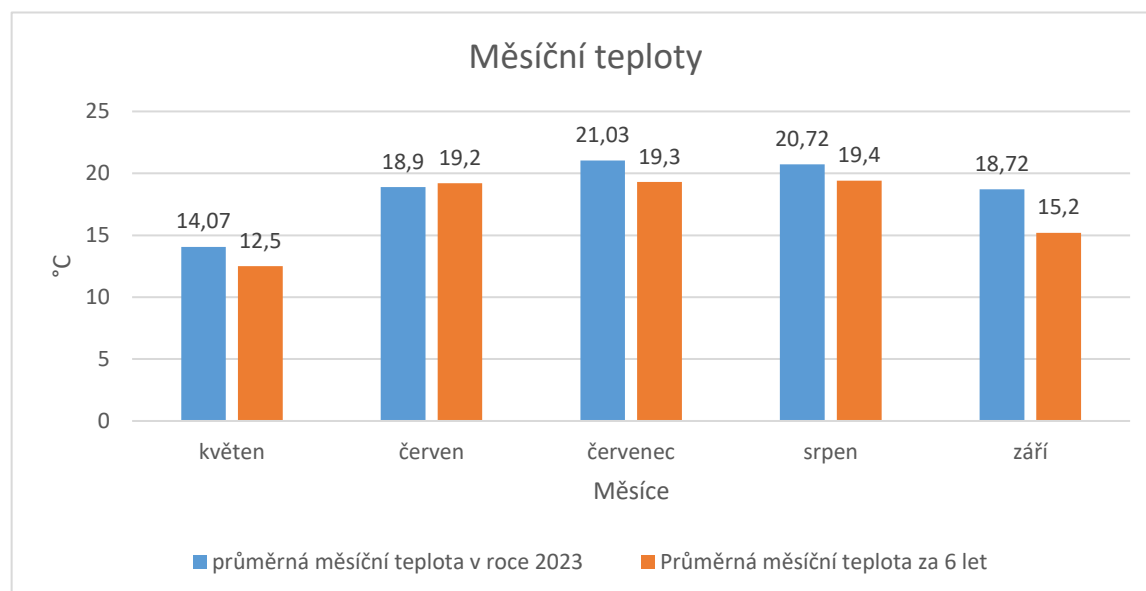
Září v roce 2022 bylo teplotně normální, průměrná měsíční teplota byla 12 °C. Co se týče srážek, tak září bylo nadprůměrné 80 mm. Teplota v říjnu se držela silně nad průměrem. Průměrná říjnová teplota byla o 2,5 °C vyšší, než je normál. Srážky činily 23 mm za říjen. V listopadu se teplota držela na normálu, z čehož vyplývá, že průměrná teplota byla 4,1 °C. Listopadové srážky byli na 76 % průměru, měsíční úhrn představoval 34 mm. Prosinec byl teplotně i srážkově v normálu. Leden se nesl v duchu vysokých teplot, průměrná teplota za leden byla 2 °C. Srážky byli prostorově nerovnoměrně rozložené, například ve zlínském kraji spadlo 150 % průměru, naopak v kraji plzeňském spadlo 70 % normálu. Únor byl teplotně i srážkově v normálu. Průměrná teplota byla 1,2 °C a měsíční úhrn srážek byl 37 mm. V březnu byla teplota o 1,5 °C vyšší než než normál. Srážky činili v tomto měsíci 49 mm. V dubnu se teplota silně držela pod normálem, průměrná měsíční teplota byla 6,4 °C. Naopak srážky byli silně nad normálem. Měsíční úhrn srážek činil 67 mm, což je 172 % oproti normálu. Květen byl teplotně na normálu s průměrnou měsíční teplotou 12,6 °C, ale srážkově se květen držel pod průměrem. Napadlo 43 mm srážek. V červnu byla teplota hodnocena jako normální, hodnota průměrné teploty byla 17,2 °C. Srážkově byl červen hodnocen podprůměrně, měsíční úhrn byl 47 mm. Průměrná měsíční teplota v červenci byla 19,6 °C, červenec byl hodnocen teplotně nadprůměrně. Srážky v červenci byly hodnoceny normálně. Měsíční úhrn srážek byl 59 mm (Baranyak et al. 2023). Srpen byl teplotně průměrný, naopak srážky byli vysoko nad normálem (172 % vůči průměru). V září jsme mohli vidět teplotu silně nad normálem, průměrná teplota měla hodnotu 16,9 °C. Srážky se pohybovali na 30 % oproti normálu (Štranc et al. 2023).

4.2 Povětrnostní podmínky

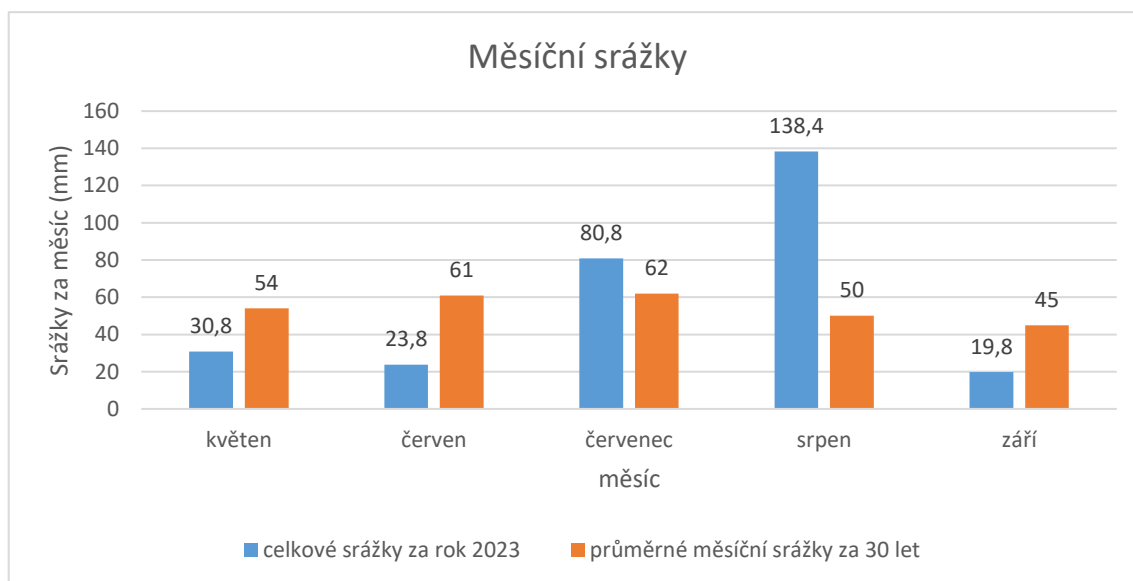
Tabulka č. 1: Průběh teplot, vlhkosti vzduchu a srážek v Černčicích v roce 2023

měsíc	průměrná teplota	celkové srážky	průměrná vlhkost vzduchu
květen	14,07 °C	30,8 mm	63,70 %
červen	18,9 °C	23,8 mm	64,50 %
červenec	21,03 °C	80,8 mm	62,60 %
srpen	20,72 °C	138,4 mm	72,50 %
září	18,72 °C	19,8 mm	71,50 %

Graf č. 1: Průměrná teplota vzduchu ve 2 m výšky



Graf č. 2: Měsíční srážky za porostní období



4.3 Agrotechnické zásahy

Tabulka č. 2: Agrotechnické zásahy

Operace	Termín	Poznámka
Kypření	20.10.2022	po sklizni řepy cukrové, Horsch Terrano 3 FX, hloubka 15 cm
Hlubší kypření	25.10.2022	Horsch Terrano 3 FX, 25 cm
Příprava půdy	20.04.2023	kombinátor složený ze sekcí smyku (urovnává), radliček (kypří), crosskill válce (rozbíjí hrudy) a smyku; Hloubka 5 cm
Příprava půdy	05.05.2023	
Setí	07.05.2023	zasety 4 varianty, výsevek: 2 kg/ha (odruža orel), secí kombinace Pottinger arosem
Herbicidní ochrana	11.05.2023	PRE: Calisto 480 SC (mesotrione) 0,25 l/ha
Insekticidní ochrana	21.05.2023	POST: Nexide (Gamma-cyhalotrin) 0,08 l/ha
Insekticidní ochrana	27.05.2023	POST: Nexide (Gamma-cyhalotrin) 0,08 l/ha
Herbicidní ochrana + aplikace mikroprvků	09.06.2023	POST: Tomahawk (fluroxypyr) 0,5 l/ha + Fertical 2,5 l/ha
Herbicidní ochrana	15.06.2023	POST: Fusilade Forte 150 EC (fluazifop-B-butyl) 0,8 l/ha
1. Aplikace pokusných látek	26.06.2023	POST: Lexin 0,25 l/ha , Prometheus 1 l/ha , Laiven Flora 1 l/ha
Hnojení	28.06.2023	Aplikace LAV (27 % N) 250 kg ; 67,5 kg N/ha

Herbicidní ochrana	29.06.2023	POST: Laudis (tembotrione a isoxadifen-ethyl) 1,7 l/ha + Tomahawk (fluroxypyr) 0,3 l/ha
2. Aplikace pokusných látek	08.07.2023	POST: Lexin 0,25 l/ha , Grafite 1 l/ha , Laiven Flora 1 l/ha
Inventarizace porostu před sklizní	12.09.2023	počet rostlin a tobolek na m ²
Sklizeň porostu	12.09.2023	Sklizeň proběhla sklízecí mlátičkou Claas Lexion 450

4.4 Aplikace přípravků

V tomto experimentu jsme porovnávali vliv biologických přípravků LAIVEN® FLORA a Lexin s ošetřením porostu přípravkem Prometheus s fungicidem Grafite, který soukromý zemědělec používá. Aby pokus bylo objektivní, tak jsme všechny varianty srovnávali s kontrolou, na které neproběhla žádná aplikace podpůrných přípravků.

Na čtyři oddělené parcely o velikosti 0,5 ha jsme aplikovali tři různé přípravky ve dvou doporučených dávkách s časovým rozestupem dvanácti dnů. První dávka podpůrných látek proběhla 26.6. 2023. Na první parcelu jsme aplikovali biologickou látku LAIVEN® FLORA obsahující laktobacily v dávce 1 l/ha. Na druhou parcelu jsme uplatnili přípravek Prometheus v dávce 1 l/ha, jehož aktivní látka je bakterie *pseudomonas veronii*. Třetí parcela obdržela Lexin což je roztok huminových a fulvokyselin obsahující auxiny v dávce 0,25 l/ha. Poslední parcela byla kontrolní (tedy bez podpůrných přípravků). U všech aplikací byly látky rozředěny v 400 l/ha vody.

Druhá aplikace proběhla 8.7. 2023. Na první a třetí parcelu jsme znovu použili přípravky LAIVEN® FLORA a Lexin o stejných dávkách. Změna proběhla na druhé parcele, kam jsme tentokrát aplikovali fungicidní přípravek Grafite. Čtvrtá parcela znovu zůstala bez podpůrných přípravků.

Tabulka č. 3: Aplikace přípravků

	1. parcela	2. parcela	3. parcela	4. parcela
První aplikace 26.6. 2024	1 l/ha Flora	1 l/ha Promet	0,25 l/ha Lexin	x
Druhá aplikace 8.7. 2024	1 l/ha Flora	1 l/ha Grafite	0,25 l/ha Lexin	x

4.5 Sledované parametry

- zdravotní stav, respektive poškození rostlin chorobami a škůdci
- počet rostlin na jednotku plochy před sklizní, počet plodných větví s tobočkami, respektive počet tobolek na jednotku plochy, hmotnost tisíce semen (g)
- výnos semen (kg/ha)

4.6 Hodnocení sledovaných parametrů

4.6.1 Hodnocení zdravotního stavu (poškození rostlin chorobami a škůdci)

Pro kvantifikaci úrovně napadení porostu chorobami a škůdci a sledování účinnosti zkoumaných fungicidních přípravků byl zaveden bodový systém pro hodnocení chorob. Z

každé pokusné parcely bylo náhodně vybráno 30 rostlin, kterým bylo přiděleno bodové hodnocení na základě jejich napadení podle následujícího klíče:

- **Bodové hodnocení:**
 - 1: Rostlina bez zjevného napadení
 - 2: Rostlina napadená do 5 %
 - 3: Rostlina napadená do 15 %
 - 4: Rostlina napadená do 50 %
 - 5: Rostlina napadená nad 50 %

Tento bodový systém umožňuje objektivní posouzení stavu napadení rostlin chorobami a poskytuje data pro analýzu účinnosti zkoumaných podpůrných přípravků. Pro výpočet „Disease index“ (DI) byl použit následující vzorec:

$$DI = \sum_{i=1}^n (P_i \times S_i) / (N \times 5)$$

- DI je „Disease index“
- n je počet vybraných rostlin
- P_i je počet bodů udělených rostlině i
- S_i je počet rostlin s hodnotou i
- N je celkový počet vybraných rostlin

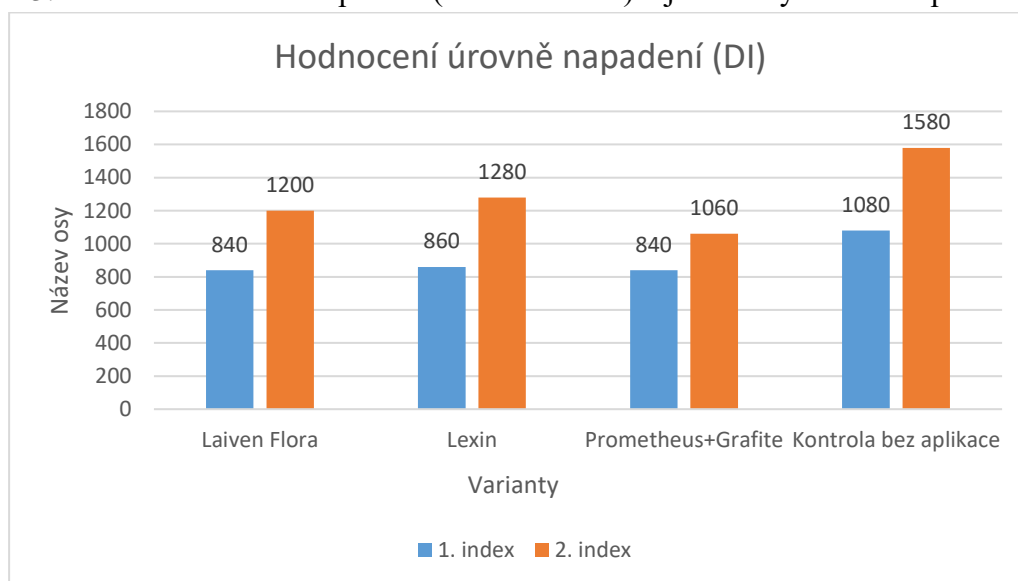
4.6.2 Hodnocení výnosotvorných prvků a výnosu

Před sklizní byl stanoven průměrný počet rostlin a tobolek na m^2 . Následně byly odebrány vzorky, aby se mohla stanovit hmotnost tisíce semen a byl vyhodnocen výnos máku.

5 Výsledky

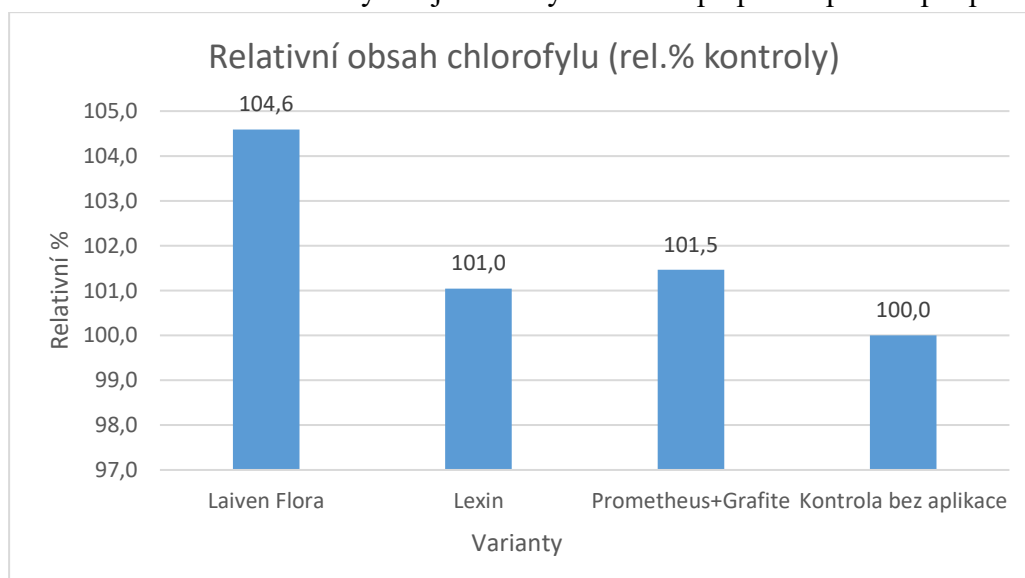
Grafu č. 3 ukazuje vitalitu rostlin. Můžeme vidět, že po obou aplikacích vycházela nejhůře varianta Kontrola bez aplikace. Po prvním uplatnění podpůrných přípravků pozorujeme, že všechny látky působily na zdraví rostlin pozitivně a v podobném rozsahu. Po druhé aplikaci vyčteme z grafu, že nejvitalnější byla varianta, kde byl aplikován Prometheus a fungicid Grafite.

Graf č. 3: Hodnocení úrovně napadení (Disease Index) u jednotlivých variant pokusu



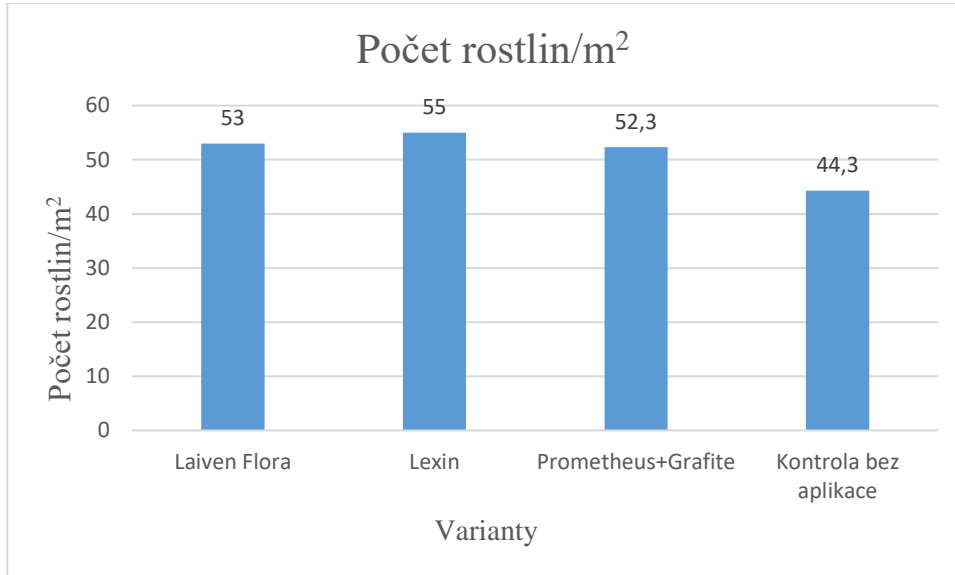
Z grafu č. 4 je patrné, že nejvyšší obsah chlorofylu, v porovnání s variantou bez aplikace, měla varianta, kde byl aplikován přípravek Laiven Flora. Naopak následující varianty měly obsah chlorofylu nižší.

Graf č. 4: Relativní obsah chlorofylu u jednotlivých variant po první aplikaci podpůrných látek



Graf č. 5 ukazuje, že nejvyšší počet rostlin na m^2 byl na variantě, kde byl aplikován na variantě Lexin. Naopak nejnižší počet byl u varianty Kontrola bez aplikace. Počet rostlin na m^2 se pohyboval mezi 32 a 68.

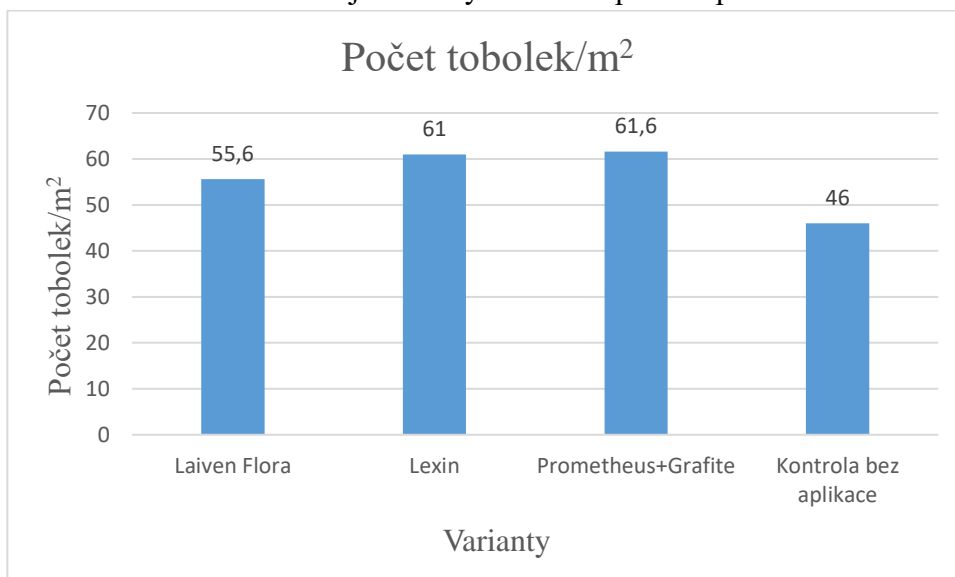
Graf č. 5: Počet rostlin na m^2 u jednotlivých variant pokusu před sklizní



Z grafu č. 6 můžeme vyčíst, že nejvyšší počet tobolek na m^2 byl na variantě Prometheus + Grafite. Naopak nejnižší počet byl u varianty Kontrola bez aplikace. Počet tobolek na m^2 se pohyboval mezi 32 a 100.

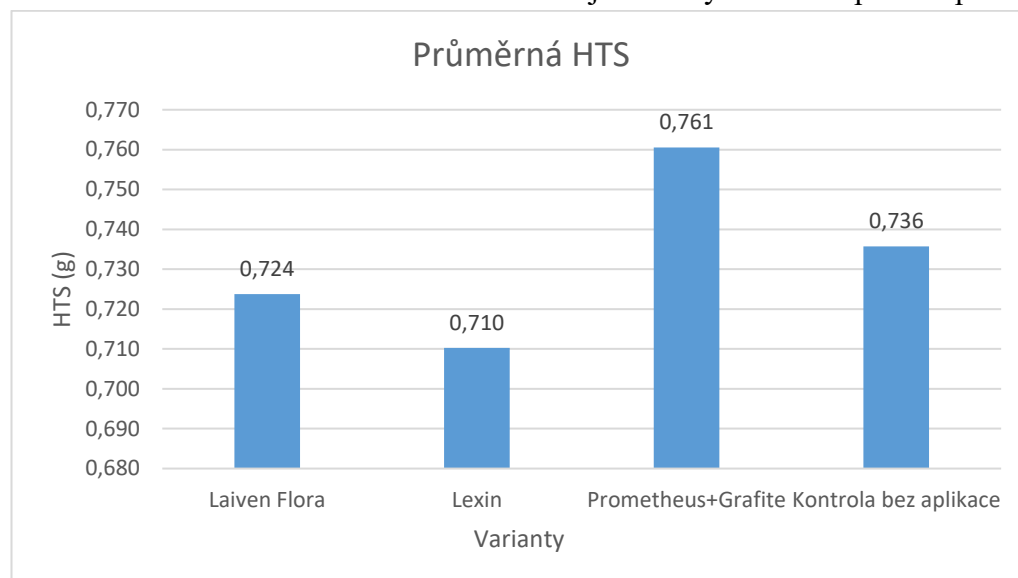
Při porovnání grafu č. 5 a grafu č. 6 můžeme vidět, že nejvíce větvila varianta Prometheus + Grafite a nejméně varianta Kontrola bez aplikace.

Graf č. 6: Počet tobolek na m^2 u jednotlivých variant pokusu před sklizní



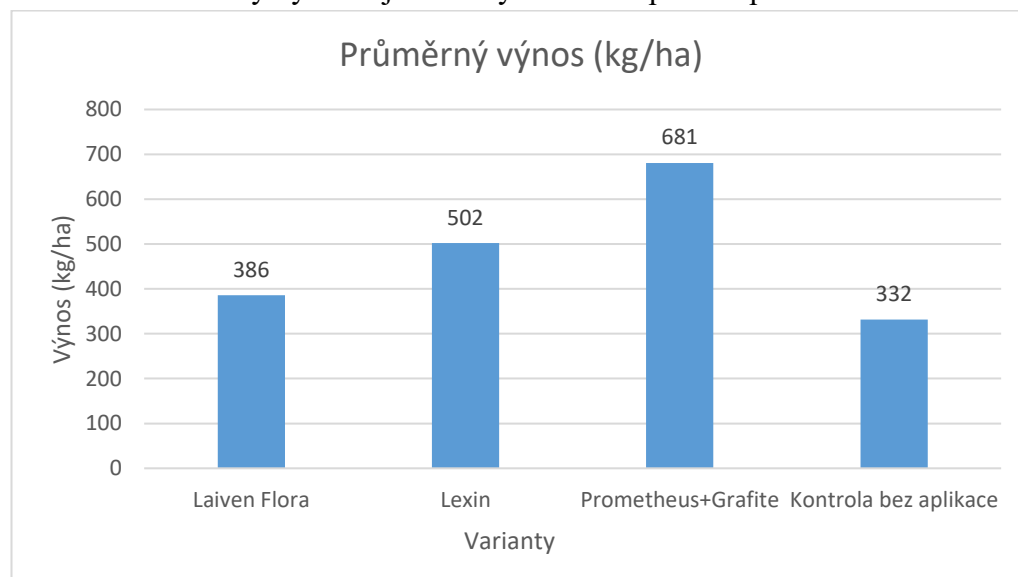
Graf č. 7 popisuje hmotnost tisíce semen. Největší HTS má varianta Prometheus+Grafite. Překvapivě Kontrola bez aplikace má druhou nejvyšší HTS, brzy následuje Laiven Flora, a poté Lexin.

Graf č. 7: Průměrná hmotnost tisíce semen u jednotlivých variant pokusu před sklizní



Graf č. 8 nám ukazuje výnos jednotlivých variant. Z grafu je patrné, že největší výnos měla varianta Prometheus+Grafite. Následovala varianta s aplikací Lexinu. Varianta Laiven Flora měla výnos o 116 kg/ha nižší než Lexin. Kontrola bez aplikace měla výnos nejnižší.

Graf č. 8: Průměrný výnos u jednotlivých variant pokusu před sklizní



6 Diskuze

Dle Vašák et al. (2010) je mák drobnosemennou plodinou, jehož hmotnost tisíce semen se pohybuje okolo 0,6 g. Kvůli nízké HTS musíme dbát na předset'ovou přípravu. Připravená půda by měla být mírně hrudkovitá s pevným set'ovým lůžkem, přičemž příliš jemná půda není vhodná, protože může po srážkách bránit vzcházení, vytvořením půdního škraloupu (Kuchtová et al. 2013). Seje se do dobře prohráté a strukturované půdy. Setí nesmí být uspěcháno, aby nedošlo k zamazání, což by mohlo způsobit neúspěšné vzcházení (Cihlár 2024). Baranyk et al. (2023) a Štranc et al. (2023) uvádějí, že duben, kdy se mák nejčastěji vysévá, byl srážkově velmi bohatý. Tento pokus jsme založili až 7.května, protože byla pole příliš zamokřená a nedostatečně prohrátá, což můžeme vidět v grafu č. 1 a 2, a tudíž nebylo možné vysévat dříve.

Vašák et al. (2010) udává, že v období od vzejití po tvorbu květů je mák velmi náročný na vláhu viz tabulka č. 1. Dle Štranc et al. (2023) byly srážky v těchto fázích růstu na nízké úrovni a objevovali se v podobě přívalových dešťů. Toto zapříčinilo nízkou konkurenční schopnost rostlin vůči pozdně jarním plevelům. Podobné problémy s pozdně jarními pleveli pozoroval Štranc et al. (2023) u sóji luštinaté.

Užití biologicky aktivních látek se aktuálně stává velmi populárním v praxi. Tento jev dokazuje spousta nových studií, které se týkají tohoto tématu. Procházka et al. (2021) zkoumal vliv těchto látek na produkci a výnos chmele otáčivého. Jeho výsledky ukazují, že relativní obsah chlorofylu se po každé aplikaci při porovnání s neošetřenou parcelou v rostlinách zvyšoval. Zvyšování relativního obsahu chlorofylu jsme pozorovali i v našem pokusu. Na ČZU v Praze probíhají pokusy, které se zaměřují na biologické látky užívané při moření. Konkrétně jsou sledovány účinky výluhů z tymiánu, papriky, routy, kopřivy a bazalky na růst a vývoj rostlin. Z experimentů lze konstatovat, že všechny testované varianty vykazují výrazně lepší úroveň růstu a zdraví ve srovnání s neošetřenou kontrolní variantou. Tato pozorovaná zlepšení naznačují pozitivní vliv výluhů z tymiánu, papriky, routy, kopřivy a bazalky na růst a vývoj rostlin. Dokonce v některých letech dosáhl výluh z kopřivy podobných výsledků jako průmyslově vyráběné mořidlo Cruiser OSR (Drapáč 2021).

Tato bakalářská práce byla zpracována na základě pokusu, který byl zaměřen na vliv biologicky aktivních látek na zdravotní stav, výnosotvorné prvky a výnos máku setého. Při experimentální činnosti byl užit přípravek Laiven Flora, jenž obsahuje laktobacily (Manetech a.s. 2024), a přípravek Lexin, který je složen z humátových kyselin, fulvokyselin a auxinů (Procházka et al. 2019). Tyto dva zkoumané přípravky jsem dále podrobil porovnání s aplikací přípravku Prometheus, který je známý svým obsahem pseudomonád (Monas technology 2024). Paralelně jsme na stejnou parcelu, která byla ošetřena přípravkem Prometheus, aplikovali fungicidní přípravek Grafite. Grafite obsahuje prothiokonazol a tebukonazol (Belchim 2024). Tímto krokem jsme se snažili provést srovnání účinnosti a přínosů přírodních a chemických přípravků v boji proti chorobám rostlin. Výsledky tohoto srovnání mohou poskytnout užitečné poznatky o efektivitě jednotlivých metod ochrany rostlin a přispět k optimální volbě strategií pro ochranu plodin. Poslední parcelou, se kterou jsme porovnávali všechny ostatní byla kontrolní parcela. Na kontrolní parcelu nebyla aplikována žádná podpůrná ani fungicidní látka.

Limanska et al. (2013) říká, že laktobacily jsou mikroorganismy, kteří podporují rozklad organických látek v půdě, což zlepšuje příjem živin rostlinou. Jejich význam nalezneme i v ochraně rostlin, pomáhají regulovat různé choroby, a dokonce škůdce. Tento efekt byl v menší míře prokázán i v našem pokusu. Rostliny máku, na které byli aplikovány laktobacily, odolávali chorobám lépe, což lze vyčíst z grafu č. 3 popisující DI. Drobek et al. (2019) prováděl

pokusy s různými bakteriemi mléčného kvašení na meruňkách. U meruněk byl sledován vliv na úrodnost a kvalitativní parametry plodů meruněk. U sledovaných parametrů byl pozorován pozitivní vliv biostimulátoru. Procházka et al. (2021) zjistil, že laktobacily se v praxi jeví jako velmi výhodné pro podporu růstu chmele a dalších rostlin. Drobek et al. (2019) upozorňuje, že stimulační účinek těchto mikroorganismů není úplně prokázán a bude potřeba další výzkum.

Huminové látky jsou prospěšné pro růst a vývoj rostlin a také zlepšují rozvoj kořenové soustavy, což pomáhá rostlině lépe zvládat nepříznivé podmínky. Auxiny mají pozitivní vliv na růst a vývoj rostlin. Založený pokus potvrdil tuto tvrzení. Oproti neošetřené kontrole měly rostliny na této parcele vyšší výnosotvorné prvky a následně i výnos. Procházka et al. (2019) pozoroval podobné účinky na sóje.

Kulhánek (2022) tvrdí, že pseudomonády podporují příjem živin, a rovněž produkují látky s fungicidními vlastnostmi. Tato tvrzení byla prokázána na pokusech s řepkou ozimou, u porostu byl zaznamenán vyšší výnos i lepší zdravotní stav (Růžek et al. 2017). Mohammed et al. (2020) prokázal fungicidní efekt na bramborách. Bakterie rodu *Pseudomonas* snižovala výskyt hnědé hniloby. Na našem pokusu byl podobně jako v předešlých experimentech prokázán fungicidní efekt i zvýšením výnos.

Při určování vitality rostlin jsme vycházeli ze zdravotního stavu porostu a z relativního obsahu fotosynteticky aktivních látek. Po první aplikaci podpůrných látek byl zdravotní stav u všech variant téměř totožný, kontrolní varianta byla ve znatelně horším stavu. Po druhé aplikaci byli varianty s Lexinem a Flórou také velmi podobné. Kontrolní varianta byla v porovnání s ostatními mnohem horší. Naopak varianta, kde byl aplikován fungicid grafite (při první aplikaci Prometheus) měla lepší zdravotní stav. Miščík (2023) pozoroval vliv přípravku Laiven Flora na relativní obsah chlorofylu v rostlinách chmelu. Jeho výsledky ukazují, že tento přípravek zvyšoval relativní obsah chlorofylu v porovnání s kontrolou v průměru o 8 %. Při mém pozorování relativního obsahu chlorofylu jsme zjistili, že nejúčinnější byl přípravek obsahující laktobacily, který zvyšoval obsah chlorofylu o 4,6 %. Lexin a Prometheus zvyšovali relativní obsah chlorofylu o 1 %.

Při vyhodnocování pokusu jsme dále hleděli na počet rostlin na m^2 a počet tobolek na m^2 . Tyto parametry byly viditelně lepší na ošetřených rostlinách podpůrnými látkami. Počet rostlin na m^2 se pohyboval u ošetřených variant od 52 do 55 rostlin. Honsová & Cihlár (2018) zkoumali pomocí polního experimentu vliv kvality a vitality osiva máku na produktivitu porostu. Ve srovnání s výsledky mého pokusu měly jejich testované varianty průměrně o 8-11 rostlin na m^2 více. Počet tobolek na m^2 měl větší rozptyl hodnot oproti počtu rostlin na m^2 . Při hodnocení našeho pokusu jsme zjistili, že mák u varianty Flóra téměř nevětvil. Naopak nejvíce větvila varianta, kde byl aplikován Prometheus a Grafite. Při porovnání s Honsovou & Cihlářem (2017) můžeme vidět, že k jejich průměrným hodnotám se ani zdaleka nepřibližujeme. Jejich průměrná hodnota činila 104 tobolek na m^2 a naše hodnoty se pohybovali v rozmezí od 46 do 62 tobolek na m^2 .

Průměrná hmotnost tisíce semen máku setého se pohybuje okolo 0,5 g (Kuchtová et al. 2013). Průměrná hmotnost tisíce semen v našem pokusu se pohybovala v rozmezí 0,71-0,76 g. Tento nadprůměrné HTS si vysvětlujeme snížením počtu tobolek na m^2 a pokusem rostlin o kompenzaci výnosu.

Kuchtová et al. (2013) dosáhli v ekologickém režimu pěstování okolo 600 kg/ha výnosu semen. Jejich výsledkům se dokázala vyrovnat pouze varianta, na kterou byl aplikován

Prometheus a následně Grafite. Ostatní varianty vykazovaly nižší výnos ve srovnání s polním pokusem Kuchtové et al. (2013). Pravděpodobnou příčinou nízkého výnosu makového semene bylo nepříznivé počasí při založení porostu i během roku 2023, kdy probíhal náš pokus.

Biologické podpůrné látky jsou prokazatelně účinné při snižování tlaku škodlivých činitelů a zvyšování výnosů. I přes výsledky tohoto pokusu doporučuji pokračovat ve výzkumné činnosti týkající se využití přírodních látek nejen v máku setém, ale i v dalších plodinách.

7 Závěr

V rámci provozního pokusu jsem zkoumal vliv biologických podpůrných látek na zdravotní stav, výnosotvorné prvky a výnos máku setého. V mé práci jsem porovnával různé varianty: první a druhá varianta zahrnovala aplikaci biologických přípravků, třetí varianta představovala použití technologie běžně využívané soukromě hospodařícím rolníkem, a třetí varianta byla kontrolní, kde nebyly aplikovány žádné podpůrné látky. V prvních dvou variantách jsem použil přípravky Lexin a Laiven Flora. Ve třetí variantě jsem v první aplikaci aplikoval biologický přípravek Prometheus a v druhé aplikaci jsem použil fungicid Grafite. Poslední varianta zůstala bez jakýchkoli biologických či chemických přípravků, jak bylo zmíněno.

Vyjádření k hypotézám:

- Využití vybraných biologicky aktivních látek má vliv na zvýšení obranyschopnosti máku proti houbovým chorobám.

Hypotéza nebyla vyvrácena: Výsledky poukazují na fakt, že přípravky užití v tomto pokusu působí na rostliny zlepšením jejich zdravotního stavu oproti kontrole, kam nebyly aplikovány žádné podpůrné látky. Při porovnání s průmyslově vyráběnou fungicidní látkou vidíme, že biologické preparáty nejsou tak účinné.

2) Využití vybraných biologicky aktivních látek má vliv na produkční schopnosti porostu máku a jeho výnos.

Hypotéza nebyla vyvrácena: Použité podpůrné látky zvyšovali výnos v porovnání s neošetřenou kontrolou. Při porovnání biologických látek s přípravkem Grafite můžeme z výsledků vyčíst, že jejich vliv na výnos je nižší než u fungicidního přípravku.

S narůstajícím tlakem ze strany legislativy a zákazů týkajících se používání chemických přípravků k ochraně rostlin jsou zemědělci nuceni hledat alternativní přístupy, jako jsou biologické látky. Chtěl bych touto studií upozornit na potenciál přírodních podpůrných látek jakožto užitečných pomocníků při pěstování rostlin.

7.1 Ekonomické zhodnocení

Musím upozornit, že při výpočtu nebyly brány v úvahu náklady na pohonné hmoty, pracovníka, stroje, hnojiva a ostatní náklady. Výnosy z hektaru byly vypočítány z předpokládané výkupní ceny máku bílého, která činila 60 Kč/kg. Z výpočtu je patrné, že i přes vysokou cenu varianty Prometheus a Grafite byl jeho ekonomický přínos nejvyšší. Naopak ekonomicky nejslabší byla kontrolní varianta.

Tabulka č. 4: Ekonomické zhodnocení použitých přípravků

Varianty	Náklady/ha (Kč/ha)	Výnosy/ha (Kč/ha)	Výnosy-Náklady
Laiven Flora	700 Kč/ha	23 160 Kč/ha	22 160 Kč/ha
Lexin	980 Kč/ha	30 120 Kč/ha	29 140 Kč/ha
Prometheus+Grafite	680 + 1800 Kč/ha	40 860 Kč/ha	38 380 Kč/ha
Kontrola	0 Kč/ha	19 920 Kč/ha	19 920 Kč/ha

8 Literatura

Adamčík J, Tomášek J, Pulkrábek J, Pazderů K, Dvořák P. 2016. Stimulation sorghum seed leading to enlargement of optimum conditions during germination and emergence. *Plant, Soil and Environment* **62**: 547–551.

Baranyk et al. 2010. Olejniny. Profi Press s.r.o., Praha.

Baranyk P, Volf M, Zeman J. Výsledky pěstování řepky v České republice v roce 2022/23. Pages 3-37 in editors SPZO. Sborník pěstování olejnin v sezóně 2022/23. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, Praha.

Bahme MS. 1987. Spatial-temporal colonization patterns of a rhizobacterium on underground organs of potato. *Phytopathology* **77**:1093–1100. Scientific Societies.

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.

Bechyně M et al. 2001. Mák. Agrospoj, Praha.

Bechyně M, Novák J. 1987. Biologie máku a systém jeho produkce. Vysoká škola zemědělská. Praha. 94.

Belchim. 2024. Protendo Extra. Belchim Crop protection. Available from <https://www.belchim.cz/produkty/protendo-extra/> (accessed February 2024)

Ben-Yephet Y, Genizi A, Siti E. 1993. Sclerotial survival and apothecial production by *Sclerotinia sclerotiorum* following outbreaks of lettuce drop. *Phytopathology*. **83(5)**: 509–513.

Brezinová B. 2020. Mák-pestovanie, ochrana a odrody. Výskumná šľachtiteľská stanica Malý Šariš. Available from <https://nasepole.sk/mak-pestovanie-ochrana-a-odrody/> (accessed February 2024)

Bruns E, Chmielewski FM, vanVliet AJH. 2003. The Global Phenological Monitoring Concept. *Vegetation Science*. **39**: 93-104

Boland GJ, Hall R. 1994. Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Canadian Journal of Plant Pathology* **16 (2)**: 93-108,

Calderón R, Montes-Borrego M, Landa BB, Navas-Cortés JA, Zarco-Tejada PJ. 2014. Detection of downy mildew of opium poppy using high-resolution multi-spectral and thermal imagery acquired with an unmanned aerial vehicle. *Precision Agriculture* **15**: 639–661. Springer.

Cihlár P. 2024. Mák setý. ČZU, MENDELU, JČU kolektiv autorů. Available from <http://etext.publikace.com/index.php/pub/105> (accessed January 2024)

Český modrý mák. 2022. Obecné informace o máku. Český modrý mák z.s., Červený Újezd. Available from <https://ceskymodrymak.cz/cs/mak/obecne-informacem> (accessed January 2024)

Čtvrtečka J, Čtvrtečková L, Fišer F, Krásny O, Rotrekl J, Říha K. 2010. Sborník referátů mák setý. Labris s.r.o., Dobré.

Drapač S. 2021. Využití přírodních látek při ošetření osiva máku setého [bakalářská práce]. Česká zemědělská univerzita, Praha.

Drobek, M., Fraç, M., Cybulska, J. 2019. Plant Biostimulants: Importance of the Quality and Yield of Horticultural Crops and the Improvement of Plant Tolerance to Abiotic Stress— A Review. *Agronomy* **9**: 335.

Fábry A. 1975. Řepka, hořčice, mák a slunečnice. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

Fábry A et al. 1992. Olejny. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha.

Farr DF, O'Neill NR, Berkum PB van. 2000. Morphological and molecular studies on *Dendryphon penicillatum* and *Pleospora papaveracea*, pathogens of *Papaver somniferum*. *Mycologia* **92**:145–153. Taylor et Francis.

Gardan L, Cottin S, Bollet C, Hunault G. 1991. Phenotypic heterogeneity of *Pseudomonas syringae* van Hall. *Res Microbiol* **142**: 995–1003.

Havel J et al. 2018. Pěstitelská technologie máku pro snížení rizikovosti pěstování. Oseva vývoj a výzkum s.r.o. Zubří.

Havel J. 2019. Integrovaná ochrana máku-zakládání porostu, regulace plevelů a škůdců. Agromanuál. Kurent s.r.o. České Budějovice. 14 (3): 80-83.

Havel J. 2020. Zakládání porostů máku a možnosti regulace plevelů. Agromanuál. Kurent s.r.o. České Budějovice. 15 (2): 26-28.

Hejnák V, Zámečnicková B, Zámečník J, Hnilička F. 2005. Fyziologie rostlin. Power print. Praha

Honsová H. 2023. Ověřuji nové možnosti pro mák. Agromanual, Praha. Available from [Ověřuji nové možnosti pro mák - Články - Agromanuál.cz \(agromanual.cz\)](https://www.agromanual.cz/ověřuji-nove-moznosti-pro-mak) (accessed February 2024)

Honsová H, Cihlár P. 2018. Klíčivost a vitalita osiva máku ve vztahu k produktivitě porostu v roce 2018. Prosperující olejny 99–101. Česká zemědělská univerzita.

Hřivna L, Maco R, Dufková R, Šottníková V, Gregor T. 2020. VLIV HUMINOVÝCH LÁTEK NA VÝNOS A KVALITU ZRNA JEČMENE PŘI ZVÝŠENÉ DUSÍKATÉ VÝŽIVĚ. Sborník z konference „Ječmen a cukrovka v ohrožení, hledáme řešení...“. Brno.

Inderbitzin P, Shoemaker R A, O'Neill N R, Turgeon B G, Berbee M L. 2006. Systematics and mating systems of two fungal pathogens of opium poppy: the heterothallic *Crivellia*

papaveracea with a *Brachycladium penicillatum* asexual state and a homothallic species with a *Brachycladium papaveris* asexual state. *Botany*. **84(8)**:1304–1326.

Jursík M, Holec J, Hamouz P, Soukup J. 2018. *Biologie a regulace plevelů*. Kurent, České Budějovice.

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

Kazda J. 2014. Škůdci polních plodin. Profi Press s.r.o. Praha. 61-69.

Kazda J, Mikulka J, Prokinová E. 2010. *Encyklopedie ochrany rostlin*. Profi press s.r.o., Praha.

Kočár P, Dreslerová D. 2010. Archeobotanické nálezy pěstovaných rostlin v pravěku České republiky. *Památky archeologické*. **101**: 203-242

Kolařík P, Kolaříková K. 2023. *Ochrana porostů máku setého proti hlavním hmyzím škůdcům*. Agromanuál. Kurent s.r.o. České Budějovice.

Kolařík P, Rotrekl J. 2014. Hmyzí škůdci máku-krytonosec makovicový a bejlmorka maková. Agromanuál. Kurent s.r.o. České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/hmyzi-skudcimaku-krytonosec-makovicovy-a-bejlmorka-makova> (accessed February 2024).

Kubát K, Kalina T, Kováč J, Kubátová D, Prach K, Urban Z. 1998. *Botanika*. Scientia spol. s.r.o., Praha

Kuchtová P, Hájková M, Havel J, Kazda J, Plachká E, Dvořák P, 2013. *Pěstitelská technologie máku pro ekologické zemědělství*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Kulhánek M. 2022. Mikrobiální biostimulanty a výživa rostlin?. *Agromanual*. České Budějovice.

Labanca F, Ovesna` J, Milella L. 2018. *Papaver somniferum* L. taxonomy, uses and new insight in poppy alkaloid pathways. *Phytochem Rev* **17**: 853–871.

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. Am Phytopath Society.

Lifshitz R, Simonson C, Scher FM, Kloepper JW, Rodrick-Semple C, Zaleska I. 1986. Effect of rhizobacteria on the severity of *Phytophthora* root rot of soybean. *Can J Plant Pathol* **8**: 102–106.

Limanska N, Ivanytsia T, Basiul O, Krylova K, Biscola V, Chobert JM, Ivanytsia V, Haertlé T. 2013. Effect of *Lactobacillus plantarum* on germination and growth of tomato seedlings. *Acta Physiol Plant* **35**: 1587–1595

Loper JE, Haack C, Schroth MN. 1985. Population dynamics of soil pseudomonads in the rhizosphere of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Applied and Environmental Microbiology* **49**:416–422. Am Soc Microbiol.

Lošák T. 2012. Kompletní poznatky k výživě a hnojení máku. Agronomická fakulta, MENDELU, Brno.

Lošák T, Páleníček L. 2005. Using nitrogen and sulphur for the poppy (*Papaver somniferum* L.) nutrition. ROŠLINY OLEISTE – OILSEED CROPS **26**:262-267

Lošák T, Richter R, Hlušek J, Popp T, Antonkiewicz J, Ducsay L. 2005. POTASSIUM AND ITS FORMS IN THE NUTRITION OF POPPY (*PAPAVR SOMNIFERUM*, L.). Fertilizers and Fertilization **24**: 379-383.

Manetech a.s. 2024. Flora. Manetech. Available from <https://laiven.org/produkty/probiotika-pro-rostliny-flora/> (accessed February 2024).

Mercado-Blanco J, Bakker PAHM. 2007. Interactions between plants and beneficial *Pseudomonas* spp.: exploiting bacterial traits for crop protection. *Antonie van Leeuwenhoek* 2007 **92** (4): 367–389. Springer.

Mikšík V, Lohr V. 2020. THE CZECH REPUBLIC THE LARGEST PRODUCER OF BREADSEED POPPY. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha.

Mištík L. 2023. Využití přírodních látek s obsahem *Lactobacillus* při produkci chmeľu otáčavého [diplomová práce]. Česká zemědělská univerzita, Praha.

Mohammed AF, Oloyede AR, Odeseye AO. 2020. Biological control of bacterial wilt of tomato caused by *Ralstonia solanacearum* using *Pseudomonas* species isolated from the rhizosphere of tomato plants. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* **53**: 1-16.

Monas technology. 2024. Monas technology. Available from <http://monastechnology.cz/index.php/prometheus-cz> (accessed February 2024).

Montes-Borrego M, Muñoz-Ledesma F J, Jiménez-Díaz R M, Landa B B. 2017. Local infection of opium poppy leaves by *Peronospora somniferi* sporangia can give rise to systemic infections and seed infection in resistant cultivars. *Spanish Journal of Agricultural Research*. **15**(3).

Muška F. 2004. INFLUENCE OF METEOROLOGICAL FACTORS ON AND THEIR HARMFULNESS TO POPPY STANDS IN THE CZECH REPUBLIC IN 1961 - 2000 YEAR. *ACTA UNIVERSITATIS AGRICULTURAE ET SILVICULTURAE MENDELIANAE BRUNENSIS* **2**: 149-154

Ngernsaengsaruy Ch, Leksungnoen N, Chanton P, Andriyas T, Thaweekun P, Rueansri S, Tuntianupong R, Hauyluek W. 2023. Morphology, Taxonomy, Anatomy, and Palynology of the Opium Poppy (*Papaver somniferum* L.) Cultivation in Northern Thailand. *Plants* **12**: 2105

Novák J, Nováková H. 2018. Mák jako potravina a droga. Aventinum s.r.o. Praha. 7-68.

O'Neill NR, Jennings JC, Bailey BA, Farr DF. 2000. *Dendryphion penicillatum* and *Pleospora papaveracea*, destructive seedborne pathogens and potential mycoherbicides for *Papaver somniferum*. *Phytopathology* **90**:691–698. American Phytopathological Society

- Palleroni NJ, Kunisawa R, Contopoulou R, Doudoroff M. 1973. Nucleic acid homologies in the genus *Pseudomonas*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* **23**:333–339. Microbiology Society.
- Pettit RE. 2006. Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid, and humin. *The Wonderful World of Humus and Carbon*. Available from <https://humates.com/wp-content/uploads/2020/04/ORGANICMATTERPettit.pdf> (accessed February 2024).
- 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.
- Pinke G, Tóth K, Kovács AJ, Milics G, Varga Z, Blazsek K, Gál KE, Botta-Dukát Z. 2014. Use of mesotrione and tembotrione herbicides for post-emergence weed control in alkaloid poppy (*Papaver somniferum*). *International Journal of Pest Management*. **60 (3)**: 187-195
- Poláková M. 2023. Meziplodiny a přímé setí, zkušenosti SIUZ. Kurent s.r.o. České Budějovice
- Procházka S et al. 1998. *Fyziologie rostlin*. Academia. Praha.
- Procházka P, Štranc P, Pazderů K, Štranc J, Vostřel J. 2017. Effects of biologically active substances used in soybean seed treatment on oil, protein and fibre content of harvested seeds. *Plant Soil Environ*. **63 (12)**: 564-568.
- Procházka P, Štranc P, Pazderů K, Vostřel J, Brinar J, Křováček J, Řehoř J. 2019. The influence of effective soybean seed treatment on root biomass formation and seed production. *Plant Soil Environ*. **65 (12)**: 588-593.
- Procházka P, Vostřel J, Řehoř J, Štranc P. 2021. Využití biologicky aktivních látek při produkci chmele. *Zemědělec* **16**: 40-64
- Prokinová E, Kazda J. 2001. *Choroby a škůdci máku*. Úroda. Profi Press s.r.o. Praha. Available from <https://uroda.cz/choroby-a-skudci-maku/> (accessed February 2024).
- Puchner M. 2008. *Historie a legislativa pěstování máku setého v Českých zemích a v Evropě [MSc.]*. Univerzita Karlova v Praze Farmaceutická fakulta v Hradci Králové, Hradec Králové.
- Richter R, Škarpa P, Lošák T. 2006. *Sborník konference Prosperující olejnin*. Brno.
- Rosso M. 2010. Poppy and opium in ancient times: remedy or narcotic?. *Biomedicine Internationale* **1**: 81–87.
- Růžek L, Bečka D, Cihlár P, Vašák J. 2017. *OCHRANA OZIMÉ ŘEPKY PŘED HOUBOVÝMI CHOROBAMI PŮVODEM Z PŮDY S POZITIVNÍM VLIVEM NA ŽIVOU MIKROBNÍ SLOŽKU PŮDY*. Sborník z konference „Prosperující olejnin“. Praha.
- Satranský M. 2020. *Ošetření osiva jarního máku*. Agromanual. Praha.
- Saunders NJ. 2013. *The poppy: a cultural history from ancient Egypt to Flanders Fields to Afghanistan*. CPI Mackays, Croydon.

Scott JB, Hay FS, Wilson CR, Cotteril PJ, Fist AJ. 2003. Spatiotemporal analysis of epiphytotics of downy mildew of oilseed poppy in Tasmania, Australia. *Phytopathology* (93): 752-757

Senesi N, & Loffredo E. 1999. The chemistry of soil organic matter. *Soil physical chemistry*, **2**: 239-370.

Sharda Czech Republic. 2024. Jade. Sharda Czech Republic. Available from <https://shardacropchem.cz/fungicidy/jade/> (accessed February 2024).

Sikora K. 2008. Ochrana máku setého před krytonoscem kořenovým foliární aplikací. *Sborník Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně* **2**: 123-130

Sotáková S. 1982. *Organická hmota a úrodnost' pôdy. Příroda*. Bratislava.

Šedivý J, Cihlár P. 2005. Infestation of poppy cultures with the poppy stem gall wasp (*Timaspis papaveris*) Cynipidae: Hymenoptera. *Plant Protect. Sci.*, **41**: 73–79.

Škarpa P, Lošák T, Richter R. 2013. Výživa a hnojení potravinářského máku. *Zemědělec. Profi Press s.r.o. Praha*. Available from <https://www.zemedelec.cz/vyziva-a-hnojeni-potravinarskeho-maku-2/> (accessed February 2024).

Štranc P, Procházka P, Štranc D. 2023. Průběh počasí a předběžné výsledky odrůdových pokusů se sójou v roce 2022/2023. Pages 185-193 in editors SPZO. *Sborník pěstování olejnin v sezóně 2022/23. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, Praha*.

Torra J, Royo-Esnal A, Recasenc J. 2016. Temperature and Light Requirements for Germination and Emergence of Three Arable Papaveraceae Species. *Weed Science* **64**: 248–260

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

Vašák J et al. 2010. *Mák. Powerprint s.r.o. Praha*. 352

Vašák J et al. 2014. 13. *Makový občasník. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha*.

Veselá L, Kubal M, Kozler J, Innemanová P. 2005. Struktura a vlastnosti přírodních huminových látek typu oxihumolitu, *Chemické listy*, **99**: 711–717. Praha.

Xiaohong K, Xiaoyang Z, Bingda W, Chao W, Caie W, Sen Y, Jiaqian Z, Zhaohui X. 2022. Auxin response factors are ubiquitous in plant growth and development, and involved in crosstalk between plant hormones: a review. *Appl. Sci.* **12**(3): 1360

