

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Alternativní možnosti ošetření osiva máku setého a jejich
vliv na produkční parametry porostu a výnosu**

Bakalářská práce

Autor práce: Matěj Krupica

Obor studia: B-FYTOB – Rostlinná produkce

Vedoucí práce: Ing. Matěj Satranský, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Alternativní možnosti ošetření osiva máku setého a jejich vliv na produkční parametry porostu a výnosu" jsem vypracoval samostatně pod vedením Ing. Matěje Satranského, Ph. D. 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 25.4.2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce s železnou vůlí Ing. Matěji Satranskému, Ph. D. za mnoho rad a připomínek. Dále bych chtěl poděkovat všem pracovníkům, se kterými jsem měl tu čest pracovat na VS Červený Újezd. Poslední a největší díky patří mé rodině a nejbližším, kteří mě po celou dobu mých studií podporovali.

Alternativní možnosti ošetření osiva máku setého a jejich vliv na produkční parametry porostu a výnos

Souhrn

K českému zemědělství neodmyslitelně patří pěstování máku setého (*Papaver somniferum* L.). V České republice se nejčastěji pěstují odrůdy s nízkým obsahem alkaloidů, které se používají v potravinářství a celkově české kuchyni. Ještě do minulého století byl mák pěstován na malých plochách s širokými řádky bez mechanizované sklizně. V současné době se mák stal oblíbenou rostlinou, která pro zlepšení svého pěstebního potenciálu prochází výraznou intenzifikací. Tento proces však vytvořil řadu problémů, které je nutné vyřešit.

Jedním z problémů je kvalita osiva a jeho možnost ošetření různými vlivy. Právě touto problematikou se tato práce zabývá. Je zaměřená hlavně na alternativní možnosti, jelikož momentální směr mezinárodní zemědělské politiky zakázal nejčastěji používané mořidlo Cruiser OSR. Pokus zahrnoval vliv různých způsobů ošetření osiva máku setého (vybrané chemické, biologické přípravky a fyzikální metoda E-ventus) na laboratorní/polní vzházivost, produkční parametry a výnos porostu. Cílem bylo porovnat v době pokusu končící přípravek Cruiser OSR s přípravky ostatními.

Z výsledků, které byly získány z přesných maloparcelkových pokusů lokalizovaných na VS Červený Újezd, se jako nejlepší alternativa osvědčil biologický přípravek Prometheus obsahující bakteriální kulturu *Pseudomonas fluorescens*. Tento přípravek v mnoha parametrech dosahoval podobných výsledků jako prověřený přípravek Cruiser OSR. Dále byly do pokusů zahrnuty další biologické přípravky využívající houbové kultury Polyversum (*Pythium oligandrum*), Gliorex (*Clonostachys* sp. a *Trichoderma* sp.) a jeden fyzikální způsob E-ventus, který využívá elektronového ozáření. Tyto přípravky, se však zatím neprokázali jako vhodné pro potřebnou intenzifikaci, jelikož v testování dosahovali v řadě parametrů podobných hodnot jako kontrolní neošetřená varianta.

Nakonec je však nutné zohlednit, že tato práce se zaobírala jednoletým pokusem, u kterého nelze zohlednit měnící se podnební podmínky s jednotlivými roky.

Klíčová slova: mák, osivo, ošetření, výnos, výnosové prvky

Alternative possibilities of poppy seed treatment and their effects on production parameters and yield

Summary

Poppy cultivation (*Papaver somniferum* L.) is inseparable from Czech agriculture. In the Czech Republic, the most commonly grown varieties are those with low alkaloid content, which are used in the food industry and in the Czech cuisine in general. Until the last century, poppies were grown in small areas with wide rows without mechanised harvesting. Today, poppies have become a popular crop that is undergoing significant intensification to improve its potential for cultivation. However, this process has created several problems that need to be addressed.

One of the encountered problems is the seed quality, the possibility of seed dressing treatment and its influence on the crop. It is this problem that is addressed in this thesis. The thesis focusses mainly on alternative types of treatment, as the current direction of international agricultural policy has banned the most commonly used Cruiser OSR seed dresser. The presented experiments focused on the effect of different poppy seed treatments (selected chemical, biological treatments and E-ventus physical treatment) on laboratory/field emergence, production parameters and crop yield. The aim was to compare the Cruiser OSR, which of usage was ending at the time, with its possible substitutes.

Base on the results obtained from the small-plot precision trials located in VS Červený Újezd, the biological product Prometheus containing a bacterial culture of *Pseudomonas fluorescens* proved to be the best alternative. This treatment achieved similar results to the proven Cruiser OSR in most of the monitorade parameters. Other, tested treatments were different biological products Polyversum (*Pythium oligandrum*), Gliorex (*Clonostachys* sp. and *Trichoderma* sp.) both which utilize fungal cultures and one physical method E-ventus which uses electron radiation. However, these treatments have not yet proved to be suitable for the desired intensification, as in a number of tested parameters they achieved results similar to the one gained on the untreated control variant.

Finally, it should be noted that this work was a one-year experiment, which cannot take into account changes in climatic conditions from year to year.

Keywords: poppy, seeds, treatments, yield, yield elements

Obsah

1 Úvod	8
2 Cíl práce.....	9
3 Literární rešerše.....	10
3.1 Historie a rozšíření máku setého	10
3.1.1 Aktuální stav máku setého v ČR	10
3.1.2 Využití máku.....	11
3.2 Morfologie máku setého	12
3.2.1 Květ.....	12
3.2.2 Tobolka	12
3.2.3 Semeno.....	13
3.2.4 Lodyha	13
3.2.5 Listy	13
3.2.6 Kořenová soustava	13
3.3 Růst a vývoj.....	14
3.4 Požadavky máku na prostředí	15
3.4.1 Půda	15
3.4.2 Voda.....	15
3.4.3 Světlo a teplo.....	16
3.5 Šlechtitelská práce u nás	16
3.6 Pěstování máku	17
3.6.1 Zákony a legislativa	17
3.6.2 Příprava půdy	18
3.6.3 Osivo	18
3.6.4 Založení porostu.....	19
3.6.5 Agrobiologická kontrola	20
3.6.6 Výživa a hnojení máku.....	20
3.6.7 Regulace zaplevelení.....	21
3.6.8 Regulace škůdců a chorob.....	22
3.6.9 Sklizeň a posklizňové ošetření	24
3.7 Principy klíčení semena a moření osiva máku setého	25
3.7.1 Klíčení semena jako takového	25
3.7.2 Moření osiva a možné způsoby ošetření	26
3.7.2.1 Chemické ošetření	26
3.7.2.2 Biologické ošetření	26
3.7.2.3 Fyzikální ošetření.....	28
4 Metodika	29
4.1 Klimatické podmínky a charakteristika stanoviště	29
4.1.1 Klimatické podmínky v Červeném Újezdě v roce 2022	29
4.2 Charakteristika pokusů.....	31
4.2.1 Agrotechnika.....	31

4.2.2	Použitá odrůda	31
4.2.3	Použité přípravky pro ošetření osiva máku.....	32
4.2.4	Laboratorní klíčivost a energie klíčení osiva	32
4.2.5	Pokusy na přesných maloparcelkových pozemcích.....	33
5	Výsledky	34
5.1	Laboratorní klíčivost osiva a jeho energie klíčení	34
5.2	Polní vzházivost rostlin	35
5.3	Redukce rostlin během vegetace	35
5.4	Výnosotvorné prvky	36
5.4.1	Počet rostlin na m ²	36
5.4.2	Počet makovic na m ²	38
5.4.3	Hmotnost tisíce semen	38
5.5	Výška rostliny a váha semen v makovici	38
5.6	Výnos	39
6	Diskuse	40
7	Závěr.....	42
7.1	Vyjádření k hypotézám.....	42
8	Literatura.....	43

1 Úvod

Mák setý (*Papaver Somniferum L.*) patří mezi jednoleté byliny. Okvětní listy mohou být v odstínech bílé, fialové či červené barvy, ty mohou v průměr dosahovat až 10 cm. Plodem máku je makovice. Prapůvod máku je neznámý, avšak za původní oblast se předpokládá být Přední a východní Asie (Turecko, Irák, Sírie). V Evropě je zmínka o máku již z období neolitu.

V České republice se velkovýrobně pěstuje mák již od sedmdesátých let dvacátého století. V současné době je Česká republika jedním z největších pěstitelů a zároveň i největším spotřebitelem máku na světě. V roce 2022 byl mák u nás pěstován na 26 125 ha s průměrným výnosem 0,79 t/ha. V České republice je v současné době mák pěstován prakticky výhradně jako potravinářská plodina. Ve světě se využívá jako zdroj alkaloidů pro farmaceutický průmysl. Může se pěstovat i pro účel výroby omamných látek. U pěstování máku tedy používáme speciálně vyšlechtěné odrůdy, podle účelu dalšího pěstování. Konkrétně na: potravinářské odrůdy, průmyslové odrůdy a na okrasné odrůdy pro zahradnické účely. Od února roku 2021 má Český modrý mák v rámci Evropské unie ochranné zeměpisné označení.

Na kvalitě vypěstovaného máku spolupracuje mnoho faktorů. Mezi největší vliv patří moření osiva. Do roku 2023 byla možnost ošetřovat osivo v přípravku Cruiser OSR. Ten se nesmí používat, kvůli plošnému zákazu neonikotinoidů v zemědělství. Tento prostředek byl pro mnoho pěstitelů osvědčenou zárukou kvalitního porostu. V momentální situaci není žádný osvědčený prostředek pro ošetření osiva.

Proto je nutné hledat nějakou náhradu, která by u osiva měla u parametrů osiva, mezi které patří: vzházivost, klíčivost, vitalitu či odolnost vůči škůdcům a patogenům, podobné parametry jako to, které jsme používali doposud. Momentálně se hledá mezi různými metodami ošetření osiva. Mezi nejlukrativnější můžeme považovat biologickou či chemickou ochranu. Provádí se však i pokusy na bázi fyzikálních metod.

S momentální situací využití chemických přípravků v Evropské unii, a jejich postupnému zužování a zakazování by bylo nejlukrativnější najít metodu, která by s takovými látkami pracovala co nejméně. Proto se nejvíce nabízí biologická ochrana s malým dopadem na životní prostředí.

2 Cíl práce

Cílem práce je:

- a) Vypracovat literární rešerši k problematice ošetření osiv máku setého, s důrazem na využití alternativních, nechemických metod
- b) vyhodnotit vliv různých způsobů ošetření osiva máku setého (vybrané přípravky biologického a chemického charakteru, fyzikální ošetření osiva systémem E-ventus) na laboratorní klíčivost osiva, vzcházivost porostu v rámci přesného polního maloparcelkového pokusu, na strukturu porostu a výnos.

3 Literární rešerše

3.1 Historie a rozšíření máku setého

Odkud se k nám mák setý rozšířil není zcela známo. Předpokládá se, že za první lokality jeho vzniku se považují oblasti středozevního moře, kde vznikl z druhu *Papaver stigerum*. Dalším možnou oblastí výskytu divokých druhů je předpokládá Asie (Labanca et al. 2018). V Evropě se nejstarší zmínky o máku setém našli v oblasti dnešního Dánska. Přesněji mezi řekou Rýn a Mázou. Další dochované zmínky o máku v Evropě se našli na území Španělska, Francie, Itálie, Švýcarska či Polska. (Janick 2010). Nejstarší dochovaný nález na našem území je z Ostrova u Stříbra. Nález se datuje k pozdní době kamenné. (Vašák 2010).

Mák setý je celosvětově rozšířenou rostlinou, která se pěstuje od 60. severní rovnoběžky skoro až po tropický pás (Lal 2022). Na území českých zemí se mák intenzivněji začíná pěstovat až od 19. století. Přesněji se zde pěstuje mák šedý (šedosemenný). Od ostatních máku vynikal větší výnosností a lepší snášenlivostí na méně kvalitnější půdy. Až od roku 1970 než se mák stane mechanickou plodinou, pěstuje v širokých řádcích, jednotí se, okopává se a ručně sklízí. Intenzifikace pěstební technologie máku zahrnuje setí v úzkých řádcích 12,5 – 25 cm, nejednotí se, využívá se herbicidní ochrana a sklízí se žacími mlátičkami. Pokud porovnáme pole před a po roce 1970 tak zde uvidíme nárůst počtu rostlin na m² z 20 jedinců na 50-80, avšak počet makovic na rostlinu klesl z 3-5 na 1-2 (Vašák 2010).

Tento princip pěstování se u nás udržel až do současnosti. Avšak pro mák i jiné plodiny, byl osudný rok 1989, kdy se struktura zemědělství na území Čech změnilo. Díky poklesu objemu živočišné výroby klesla i poptávka po produkci objemných krmiv. Naopak plodiny do té doby ještě ne tak populární, např. řepka a mák, se pomalu dostávali do popředí (Baranyk 2010).

3.1.1 Aktuální stav máku setého v ČR

Mák v roce 2021 je v rámci Úředním věštníku EU zapsán s označením Český modrý mák. Spolek pěstitelů se o tento krok snažil hlavně, kvůli rozlišení pěstování máku pro technické účely a pro potravinářské účely. Mák pěstován ve světě, zejména v západní Evropě, se pěstuje pro technické účely. Využití takového máku je ryze farmaceutické a není možno jej použít k výrobě potravin. Český modrý mák je naproti tomu výhradně komoditou pěstovanou pro konzumní účely. Vedle chráněného zeměpisného označení je registrována i česká cechovní norma. Ta se vztahuje na: Modrý mák celý, Modrý mák mletý a Bělosemenný mák (Mikšík 2023).

Data z roku 2021 ukazují, že společně s Tureckem je Česká republika největším producentem máku setého na světě. Zatímco u nás se primárně pěstuje mák modrosemenný, v Turecku se pěstuje především mák bělosemenný. Pokud se zaměříme na množství vyprodukovaného máku, je Česká republika největším producentem (20 048 t) před Tureckem (15 244 t) a Španělskem (11 900 t) (Mikšík & Lohr 2020).

Podíváme-li se na momentální situaci máku u nás tak v roce 2022, byl mák sklizen na 26 162 ha. Celkem bylo sklizeno 20 558 t makového semene s průměrným výnosem 0,79 t/ha. Lokality s největší produkcí je dlouhodobě kraj Vysočina (5 905 ha) a kraj Vysočina

(4 702 ha). Mezi další významné kraje můžeme zařadit kraj Jihočeský (2 121 ha) či kraj Olomoucký (2 149 ha). Srovnáme-li rok 2022 s předchozími lety, zejména období 2019-2021, tak výměra máku spadla až o 40 % produkce o 30 %. Důvod tohoto jevu má za následek přesycení trhu díky vysokým výnosům z let minulých. Jiným vlivem, který narušil trh nejen s mákem, ale i s ostatními komoditami se stala válka na Ukrajině.

Díky momentální nízké poptávce na tuzemském trhu se vývoz sklizně z roku 2021, jež je evidována od září 2021 do srpna 2022, byla největší za posledních pět let. Za rok 2022 se tedy vyvezlo 26 627 462 kg, zatímco v roce 2018 se vyvezlo 18 468 314 kg. Český mák byl distribuován celkem do 31 zemí. Nejčastějším odběratelem byli státy evropské unie (Rakousko, Polsko, Německo, Slovensko, ...). Mezi významné světové odběratele se řadí Ruská federace, Ukrajina, Indie.

Import máku setého k nám se dlouhodobě držel pod hranicí 4 tisíc t ročně. Avšak dovoz čínského máku způsobil v roce 2021/2022 navýšení přesahující 5 tisíc t ročně. Tento mák však podle Státní zemědělské a potravinářské inspekce (SZPI) není označen jako potravinářský a měl být dále určeno pro polský trh. Mák do České republiky byl však také dovážen z již tradičnějších zemí jako: Slovensko, Rakousko či Maďarsko (Lohr 2023).

3.1.2 Využití máku

Využití máku se datuje již do starověkých civilizací Egypta, Mezopotámie a Persie. Díky zkamenělým důkazům historikové předpokládají, že člověk mohl opiový mák využívat již před víc jak 30 000 lety. První písemná zmínka o využití máku se objevuje v sumerském textu již 4000 let př.n.l. Opium získávané ze vzduchem sušeného mléčného latexu nebo šťávy tobolek nezralých semen, se využívalo jako lék pro řadu nemocí a poruch (Luqman 2014).

Mák obsahuje více než 80 různých alkaloidů. Mezi hlavní alkaloidy, u nichž známe určitý farmaceutický potenciál patří analgetika jako: morfin, kodein, antispasmatika a papaverin. Veškeré tyto látky jsou především obsaženy v tobolce a latexu zralé rostliny. Tyto látky extrahované z latexu slouží v dnešní době primárně k tvorbě hlavních složek léku zmírňující bolest. Mák však dokáže více než jen zmírňovat bolest. Obsahuje i jiné lékařsky významné látky: papaverin jež pomoci zklidňování a uvolňování svalů pomáhá snížit tlak a předcházet srdečním chorobám, noskapín společně s kodeinem má blahodárné účinky proti kašly (Muhammad et al. 2021).

Makové zrno jako takové alkaloidy neobsahuje a je výborným produktem pro potravinářství. Je bohatý na bílkovinu, vlákninu, vitamíny a minerály. Obsahuje vysoké množství prospěšných tuků omega-3 a omega-6 mastných kyselin. Významné jsou i antioxidanty s řadou prospěšných vlastností jako je snižování oxidačního stresu nebo protizánětlivý účinek (Singh et al. 2023). Při testování vzorků je sice možné stopové množství alkaloidů detekovat, avšak jejich původ pochází z prachu makové slámy, která a pórovitým povrchu semen uplívá při jeho sklizni. Naše území je jedno z mála míst, kde se již po mnohá léta mák pěstuje jako potravin. Proto se české odrůdy vyznačují minimálním obsahem alkaloidů v makovici. Nízký obsah alkaloidů je garantován etiketou Českého cechovního standardu (Mikšík & Lohr 2020).

Mák skladbou semen náleží mezi olejninu, které jsou významným zdrojem mnoha prospěšných živin včetně tuků, bílkovin a sacharidů s některými bioaktivními sloučeninami,

kteře mohou sloužit jako důležitá složka nutraceutik a funkčních potravin. Je bohatý na vitamin E a obsahuje vysoké množství kyseliny glutamové. Při lisování máku olejová frakce a profil mastných kyselin je tvořen především kyselinou linolovou (přes 50 %) a nenasycenými mastnými kyselinami (Melo et al. 2022). Obecně mají semena máku 3,4-3,5 % vlhkosti, 11,9-23,5 % hrubých bílkovin, 32,44-46,2 % hrubého tuku, 6,2-30,1 % hrubé vlákniny a 0,5-6,6 % obsahu celkového popela. Studie také prokázali, že modrosemenné odrůdy (46,30 %) mají v porovnání s žlutosemennými (38,91 %) a bělosemennými (36,07 %) větší obsah oleje (Muhammad et al. 2021).

Nejvýznamnějšími konzumenty máku jsou země střední a východní Evropy. S konzumací se však lze setkat i v Turecku či Indii. Nejčastější použití máku je v pekařských a pečivářských produktech. Najdeme ho jako hlavní či vedlejší složku různých dortíků, zákusků a koláčů. Můžeme ho spatřit také jako posyp slaného i sladkého pečiva. Nejtypičtější u nás jsou snad frgály nebo kynuté „Honzovy“ buchty, jež nesmí chybět žádnému českému pohádkovému hrdinovi. Využitelný je také i makový olej. Ten díky obsahu nenasycených mastných kyselin a nižší oxidační stabilitě je spíše využitelný ve studené kuchyni (Sabolová 2020). Spotřeba máku je u nás na svém vrcholu. Pokud chceme nadále zvyšovat jeho odbyt je nutné vymyslet nový produkt. Nabízí se výroba obdobné potraviny jako je Urbeč. Tato pasta, původem z Dagestánu, je vyráběna z lnu, medu a přepuštěného másla. Lukrativní je také výroba nápojů (Mikšík 2023).

3.2 Morfologie máku setého

Mák z botanického hlediska patří do čeledi *Papaveraceae* rodu *Papaver*. Řadí se mezi jednoleté i vytrvalé byliny. Jejich nejčastější rozšíření najdeme hlavně v mírném podnebném pásu severní polokoule. Rod *Papaver* má po celém světě popsáných asi až 110 druhů. Vyznačuje se menšími jednotlivými aktinomorfními květy v chudém květenství. Prchavý kalich opadáva při rozkvětu. Pletiva obsahují článkované mléčnice, vyplněnou mléčnou emulzí tzv. latex bohatý na alkaloidy, bílkoviny, glycidy aj. Jsou to rostliny jak planě rostoucí, léčivé, kulturní tak i plevelné (Novák & Skalický 2017).

3.2.1 Květ

Květ obsahuje dva kališní lístky a čtyři korunní plátky. Korunní plátky disponují velkou škálou různých zbarvení. Podle (Ngermsaengsaruy 2023) zbarvení květní listů mohou být různorodá. Květ může být jednobarevný či dvoubarevný. Většina zástupců má v dolní části skvrnu, jenž je světlejší či tmavší než zbytek celého korunního plátku. Různorodé zbarvení může být červené, tmavě fialové, růžové. Korunní plátek je buď celokrajný či zubatý až silně roztržený. Počet tyčinek je veliký, 150–250 tyčinek. Díky tomu velké množství pylu, ten je životaschopný asi týden. Mák se řadí k rostlinám samosprašným (Vašák 2010).

3.2.2 Tobolka

Tbolka, lidově nazývána makovice může být úplně uzavřena (tzv. slepák) nebo pod paprsky blizny se nacházejí otvůrky, skrz které může semeno vylézat ven (tzv. hledák). Tvar a velikost tobolky slouží jako dobrý odlišovací znak při odlišování odrůd. Množství semen

v tobolce se přímo odvíjí od vlastní velikosti a tvaru tobolky a počtu lamel v tobolce. Ty se většinou shodují s počtem paprsků blizny. Jejich počet se pohybuje od osmi do čtrnácti. Tvar tobolk je různorodý: oválný, kulovitý, kuželovitý či zploštělý. “Korunka“ neboli bliznový terč může být střešovité (vypouklý), talířovitý (rovný) nebo miskovitý (prohloubený). Průměrný počet semen v tobolce je od čtyř do šesti tisíc (Vašák 2010). Ve stěnách tobolk se nachází síť mléčnice, ve kterých se primárně syntetizují a akumulují alkaloidy (Brezinová et al. 2009).

3.2.3 Semeno

Mák má velmi malá semena ledvinovitého tvaru (1,0-1,5 mm), jejichž HTS dosahuje hodnot v rozmezí 0,2-0,7 g. Semena mají tenký plášť, který je síťovaný s rozbrázděným povrchem a mírně vystouplými žebry. V endospermu se ukládá tuk. Barva semen může být tmavě modrá, černá, šedá, světle šedá, hnědá, bílá, žlutá, tmavě zelená nebo růžová. Barevnost semen může mít případně vliv na senziorické vlastnosti máku, od kterých se nadále odvíjí jejich další zpracování. Plody máku obsahují přibližně 1 000-5 000 semen (Baser & Arslan 2014).

Osemení se skládá z pěti velmi tenkých a snadno propustných vrstev. Jsou schopna rychle nasávat vláhu, a naopak rychle vysychat. Při poškození semene dochází na povrchu k vytékání oleje, jenž rychle žlukne (Vašák 2010).

3.2.4 Lodyha

V našich podmínkách dosahuje 1-1,8m výšky. Počet vytvořených větví se odvozuje od odrůdových specifikací, ale je i silně ovlivněn vybraným sponem v němž je pěstován. Na jedné rostlině může být až šest větví. Větve dorůstají menších výšek než výška makovice hlavní (Vašák 2010). Lodyha jednoduchá štětinatá nebo vzácně lysá (Ganeshaiyah 2014).

3.2.5 Listy

Listy se dělí na spodní, střední a horní. Spodní se nacházejí pod rozvětvením rostliny, střední u jejichž úžlabí dochází k větvení a horní jsou přisedlé na větvích (Vašák 2010). Listy jsou celokrajné nebo nezřetelně laločnaté, vejčité nebo podlouhlé, 7-25 × 8-15 cm, báze srdčitá, špička špičatá až tupá, okraj nepravidelně zvlněný, na obou stranách lesklý a spíše voskovitý, lysý, žilky zřetelné, mírně vystoupavé (Watson et al. 2011).

3.2.6 Kořenová soustava

Mák má kulový kořen hluboký až 750 mm se slabými postranními kořeny. Mohou růst až k 20-40 cm podle doby pěstování, vývoje rostliny a podmínek půdy. Kořenový systém je podstatně slabší než nadzemní části. Extrémní déšť nebo zavlažování následované silným větrem mohou způsobit sesedání a naklonění (Baser & Arslan 2014). Vedlejších postranní kořeny s velkým počtem kořínků vláscitých se zpravidla tvoří v nižších vrstvách půdy.

Na utuženějších půdách je hlavní kořen význačně zkrácen a převládají větvení u povrchu půd. Méně vyvinutý hlavní kořen má za následek lepší vzcházivost, avšak dosahuje menších tvorbu semen a je náchylnější na přemokření a sucho (Vašák 2010).

3.3 Růst a vývoj

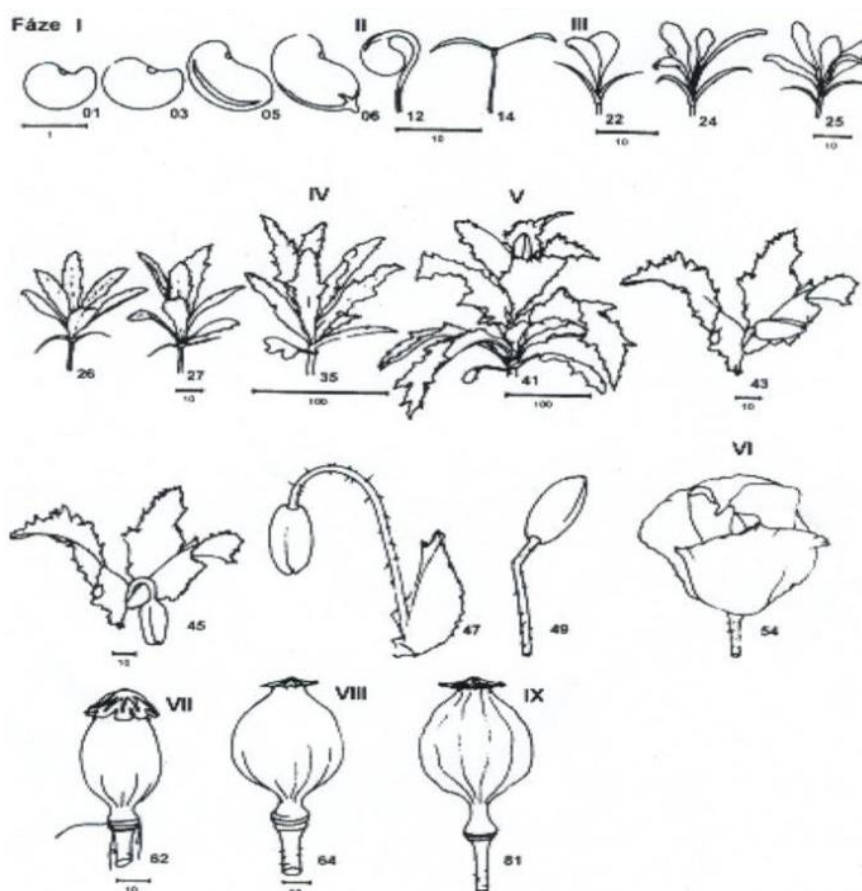
K přesnému stanovení vývojových fází máku setého byly vypracovány dvě stupnice:

- 1) Makrofenologická – vytvořená doc. RNDr. Janem Novákem, DrSc. popisující jednotlivé růstové fáze
- 2) Mikrofenologická – vytvořená doc. Ing Miroslav Bechyně, DrSc. popisující ontogenezi vzrostného vrcholu

Makrofenologická stupnice máku

Tabulka 1: Fáze růstu pro mák setý (Vašák, 2010)

Fáze růstu	
01-06 (I. fáze)	Klíčení
12-14 (II. fáze)	Vzcházení
22-27 (III. fáze)	Vytváření pravých listů
35 (IV. Fáze)	Listová růžice
41-49 (V. fáze)	Stonkování a butonizace
54 (VI. Fáze)	Kvetení
62-81 (VII. Fáze)	Vývoj Tobolky a zrání: zelená zralost
(VIII. fáze)	Žlutá zralost
(IX. fáze)	Plná zralost
(X. fáze)	Posklizňové dozrávání a dormance semene



Obrázek 1: Makrofenologická stupnice máku (Vašák, 2010)

3.4 Požadavky máku na prostředí

V našich podmínkách mák není plodinou, která by měla extra velké nároky na prostředí. Citlivě však reaguje na nevyrovnané půdy, odchylky v půdě, výživu či na povětrnostní podmínky. Dlouhodobě se pěstuje v řepařské a bramborářské oblasti (Bechyně 1993).

Limitem pro pěstování máku v ČR a SR je nadmořská výška. Mák se obecně doporučuje pěstovat do 700 m n.m. Vegetační doba je krátká: 125-140 dnů s dobrou snášenlivostí jarních mrazíků (Vašák 2010).

3.4.1 Půda

Mák není náročný na půdu a roste na všech druzích půdy. Lužní hlíněné půdy jsou ideálními půdami pro vývoj a tvorbu vysokých výnosů. Tyto půdy disponují ideálními vlastnostmi pro udržení vláhy, jenž je významná pro vývoj rostliny. Těžké půdy jsou problematické zejména u tvorby a vývinu kořenového systému. Další problémem těžkých půd je jílovitá vrstva, jenž se tvoří na povrchu semene, a brání tak vzniku embryotického výhonu z půdy. Největší problematikou lehkých písčitých půd je zadržování pro rostlinu tolik potřebné vody. Na takovýchto půdách hrozí vysoké riziko poléhání rostliny při vysokém větru či dešti (Baser & Arslan 2014).

Půdní nevyrovnanost a její změny jsou obecně u máku největšími problémy, ke kterým v průběhu vegetace dochází a jsou také způsobovány počasím, špatnou výživou nebo agrotechnikou. Zhoršení půdní nevyrovnanosti můžeme předejít zlepšením fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy pomocí pravidelnému přístupu k organickým hmotám (Kuchtová 2013).

3.4.2 Voda

Mák setý dokáže plně vrůst a vytvořit semena, pokud se roční srážky pohybují od 300 do 17,300 mm (Lim 2013). Ideální je, když se během primární vegetace až do kvetení udrží 300-400 mm. Dobré klíčení není možné, pokud je půda příliš suchá. Pro vyklíčení nepotřebuje makové semínko moc vody, pouze 90 % hmotnosti suchého semene. Díky vysoké jarní kondenzaci vlhkosti z výparu podzemních vod, dochází většinou k naplnění zmiňovaného množství potřebné vláhy (Vašák 2010). Proto se dává přednost výsevu po podzimních nebo jarních deštích. Déšť v době květu negativně ovlivňuje opylení a výnos semen klesá. Déšť navíc způsobuje šíření houbových infekcí, zejména plísně makové (*Peronospora arborescens*). Zatažené dny a vysoká vlhkost vzduchu během vegetace mohou rovněž vést ke vzniku chorob. V období plného květu brzký ranní déšť zpomaluje otevírání okvětních lístků a přilepení okvětních lístků k tobolce na vrcholu brání opylení, což vede k poněkud horším výnosům semen. V zemích, kde se mák pěstuje pro opium, vedou extrémní srážky těsně po nařezávání tobolky k jeho značným ztrátám. Nicméně je třeba mít na paměti, že potřeba vody opiového máku se v období květu zvyšuje. V období zrání však déšť není preferován. Ztráty mrazem jsou vysoké v důsledku silných zimních větrů bez sněhové pokrývky. Krupobití, silné deště, silný vítr po dešti nebo zavlažování může rostliny skolit, zejména ve fázi vývoje tobolek (Baser & Arslan 2014).

3.4.3 Světlo a teplo

Ve Střední Evropě převládají odrůdy máku s dlouhodobým světelným režimem. (Ne)dostatek světla je důležitý pro tvorbu plodných větví, jež mohou ovlivňovat výšku předpokládaného výnosu. U silně zastíněných květů a tobolek dochází na počátku vývoje k malé až žádné tvorbě semen (Vašák 2010).

Ačkoliv jsou mladé rostliny odolnější vůči chladu nebo mrazu, v průběhu vegetace se nároky na teplotní odolnost může měnit. Spolu s dostatkem vláhy hrají klíčovou roli s rychlostí klíčení a vzcházení. Vzcházející rostliny jsou schopny tolerovat teploty až - 4 °C, avšak teploty - 7 až - 8 představují kritický limit. Odolnost vůči mrazu roste do vytvoření listové růžice. Teploty okolo 16 a 20 °C jsou ideálními teplotami, při kterých dochází nejlepšímu vývoji a růstu rostliny (Lim 2013).

Větší náročností na teplo dochází v období dlouhivého růstu, kdy je rostlina na teplo více náročná. Pro úspěšné pěstování máku by suma teplot u jarního máku měla dosahovat hodnot 2000–2200 °C. U máku ozimého by tepelná suma měla činit hodnotu okolo 2700 °C. Mák lze vysévat i v podzimním nebo zimním období. Avšak nízké až mrazivé teploty mají za vliv nízkou obranyschopnost vůči chorobám v pozdějších vývojových fázích (Kuchtová 2013).

3.5 Šlechtitelská práce u nás

Mák setý, rostlina původně užívaná jako primárně lékařská bylina, neměla až do 17. století žádné větší konzumní využití. Důvodem, proč nebyl v potravinářství využíván byl zvýšený obsah alkaloidů, jež zhoršoval jeho chuť. Jeho šlechtění pro konzumní účely bylo podmíněno jeho oblibě v zemích střední a východní Evropy, zvláště u slovanských národů (Čurn et al. 2022).

Soustavné šlechtění máku v našich zemích začalo v 30. letech 20. století. Freudův Libverdský nepukavý, Dregerův stříbrošedý, Karlův růžokvětý aj. byly odrůdy první generace, jež se vytvořili pomocí individuálního výběru, jež vytvořili základnu pro tvorbu prvních registrovaných odrůd. Patřila sem odrůda Dvorského Azur (1928), Hanácký modrý (1934) a Dubský stříbrošedý (1944). Druhá vlna soustavného šlechtění započala v roce 1957 cíleným křížením. V této době se do šlechtitelských metodik včleňují i zahraniční odrůdy. První takto registrovaná odrůda byla odrůda Blankyt (1967) (Vašák 2010).

Počátkem 70. let se na našem území pěstovalo pět kultivarů máku setého. Po následné probírce zůstali pouze dvě povolené díky nízkému obsahu morfinu. Díky růstu a jiné skladbě pěstovaných rostlin od té doby počet nových odrůd vzrostl (Kuchtová et al. 2016). V momentální chvíli (rok 2024) je v státní odrůdové knize 10 jarních odrůd a 2 ozimé ("Seznam odrůd" 2023).

Díky složitostem šlechtitelské práce u hybridní odrůdy, utvářené ruční tvorbou kombinací liniových odrůd (Hanácký modrý a Dětenický bělosemenný), jsou dnešní odrůdy tvořeny typem linie. Tento typ šlechtění se zakládá na selekci a následném křížení vhodných rodičovských genotypů, navazující na hodnocení a výběr potomstva. Jako zdroj rodičovského genotypu můžou sloužit rozpracované šlechtitelské materiály či krajinné kultivary, avšak jako nejosvědčenější zdroj se využívá genový zdroj máku v rámci Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiverzity (Havel 2018).

Od roku 1991 bylo znovu zahájeno šlechtění máku na našem území. O šlechtitelskou práci se stará výzkumná stanice v Opavě. Za tu dobu se podařilo vyšlechtit několik nových odrůd. Šlechtění odrůd je jednoduchý proces, jenž je založený na výběru rodičů s ideálním genotypem odpovídajícím stanoveným šlechtitelským cílům. Nakřížením a následným každoročním přeséváním se pomocí samosprašování vybraný soubor geneticky sblíží. Po vytvoření dostatečného množství materiálu následuje několikaleté selekci prováděné na základě výnosu, agrobiologických vlastností, zdravotního stavu, zimovzdornost aj. Při první selekci je vybráno 80-100 materiálů z nichž zbude v roce druhém jen 20. Třetím rokem zůstávají jen 1-3 genotypy, které jsou přihlášeny do registračního řízení ÚKZUZ (Vrbovský et al. 2021).

3.6 Pěstování máku

Mák je plodinou, jenž se dá zařadit do I. i II. trati. Ačkoliv mák pěstovaný v I. trati dosahuje největších výnosů, nejčastěji bývá pěstována v trati II. sloužící jako přerušovač mezi dvěma obilninami. V III. trati je pěstován výjimečně. Pokud je delší časový odstup od hnojené předplodiny je vhodné použít přiměřené dávky organických hnojiv. Díky tomu se vyloučí rizika vzniků izolačních vrstev bránících kapilární vodě vzlínat k výsevnickému lůžku (Diviš 2010).

Mezi výnosové prvky ovlivňující výnos máku patří: počet jedinců na metr čtvereční, počet větví a tobolek na rostlině, počet semen v tobolce a hmotnost tisíce semen. Na pokusech České zemědělské univerzity v Praze v roce 2005 s intenzivním hnojením a chemickou ochranou bylo dosaženo výnosu 2,68 t/ha, zatímco na plochách ekologické farmy lokalizované v teplé kukuřičné oblasti dosahoval výnos v roce 2006 hodnot 2,20 t/ha (Kuchtová 2013).

3.6.1 Zákony a legislativa

Dle Zákona o návykových látkách a o změně některých dalších zákonů ve znění § 29 zákona č.167/1998 Sb., pro pěstování máku je nutná ohlašovací povinnost osob pěstující mák. Tato povinnost se vztahuje na všechny pěstitele s výměrou pěstovaného máku větší, než je 100 m² a musí předat hlášení místně příslušnému celnímu úřadu podle místa pěstování v písemné nebo elektronické podobě.

- a) Do konce května,
 1. výměru pozemků osetých mákem setým pro sklizeň v příslušném kalendářním roce, včetně názvu použité odrůdy, čísla parcely, názvu a čísla katastrálního území, nebo identifikačního čísla půdního bloku, případně dílu půdního bloku evidence půdy.
 2. odhad výměry pozemků, na nichž bude pěstován mák setý v příštím kalendářním roce.
- b) V průběhu vegetace a sklizně nebo při zneškodňování sklizené makoviny údaje o výměře pozemků a způsobu zneškodnění máku setého, makoviny ponechané na pozemku nebo sklizené, včetně názvu použité registrované odrůdy, čísla parcely, názvu a čísla katastrálního území nebo identifikačního čísla půdního bloku, popřípadě dílu půdního bloku, evidence půdy, a to nejpozději do 5 dnů před provedením jejich zneškodnění; pokud osoba pěstující mák setý zpětně neodebere makovinu pocházející z vyčištěných semen, přechází povinnost předat hlášení při zneškodňování makoviny na osobu, která provedla čištění makových semen.

- c) Do konce prosince příslušného kalendářního roku,
1. výměru pozemků, které byly oseté mákem setým nebo konopím, výměru pozemků, ze kterých byl sklizen mák setý, včetně názvu použité registrované odrůdy, čísla parcely, názvu a čísla katastrálního území, nebo identifikačního čísla půdního bloku, případně dílu půdního bloku evidence půdy.
 2. množství sklizené makoviny a semene máku setého.
 3. hmotnost, sklizňový rok makoviny prodané nebo jinak převedené a identifikační údaje nového nabyvatele.

3.6.2 Příprava půdy

Pro pěstování máku je klíčové kvalitní založení porostu a předset'ové přípravě půdy. Pokud jsou tyto práce vhodně provedeny, vytvoříme vhodné podmínky pro vzházení semene. Okopaniny a drobnosemenné rostliny, jako je mák vyžadují jemnou ornici (Tewari & Singh 2019). V minimalizačních technologiích při zakládání porostu je nutné okamžitě po sklizni provést zpracování ornice pomocí radličkových kypřičů. Tento proces nahradí podmítku, podzimní orbu a urovnávání pozemku, které se normálně vykonávají při běžné přípravě půdy. Kypření je nutné provádět v minimální hloubce 15 cm, nejideálněji 22-25 cm. Mělkým kypření hlavně na těžších a utuženějších půdách dochází k značnému omezení dlouhivého růstu hlavního křlového kořene. Takto (ne)vyvinutá rostlina je limitována malým přísunem živin, který se může projevat na větší poléhavosti porostu díky slabému ukotvení rostliny v půdě (Vach & Javůrek 2011).

V klasických pěstebních technologiích se veškeré hrubé úpravy půdy provádí na podzim. Odložená jarní smykování může vést k půdní nevyrovnanosti, díky které dochází ke špatnému vzházení rostlin (Kuchtová 2013). Stejně jako u minimalizačních technologií je nutné započít s prvními pracemi hned po sklizení předplodiny. První provádíme podmítku nejlépe ihned po dokončení sklizně v hloubce 8-10 cm. Tento úkon zpřístupní přísun živin i z nižších půdních vrstev a zamezí bočnímu větvení hlavního křlového kořenu. Nutností posledních let v případě silného zaplevelení se stalo ošetření pozemku neselektivním herbicidem. V případě neaplikování by mohly plevel díky schopnosti růstu a vzházení i v zimních měsících silně konkurovat máku vysetém na jaře. Po podmítce provádíme klasickou orbu. Dle (Cihlár et al. 2003) by u standartní technologie měla dosahovat hloubky až 25 cm a u technologií intenzivních ukončena urovnáním povrchu. Na jaře je vhodné půdu mēlce, pomocí bran či kompaktorů prokypřit (Cihlár et al. 2021).

3.6.3 Osivo

Pokud chceme vyrovnaný a vysoce produktivní porost s vysokým výnosem a výbornou kvalitou semene je nutné mít kvalitní osivo. Kvalitu osiva předurčuje souhrn vlastností a ukazatelů jako je semenářská hodnota (klíčivost, čistota, HTS) a hodnota biologická (Honsová & Cihlár 2018). Půda obsahuje mnoho patogenů a škůdců, které osivo ovlivňují. Pokud chceme těmto vlivům zabránit je vhodné osivo ošetřit. Mořené osivo je nemyslitelnou volbou ochrany osiva v klasickém (konvenčním) zemědělství. Pokud se však rozhodneme pro pěstování máku v ekologickém zemědělství je nutné používat osivo chemicky neošetřené. Takové osivo nese

řadu rizik, které mohou výslednou úrodu značně ovlivnit nebo kompletně zdevastovat (Pšenička & Hosnedl 2007).

Pokud chceme vyrovnaný a vysoce produktivní porost s vysokým výnosem a výbornou kvalitou semene je nutné mít kvalitní osivo. Kvalitu osiva předurčuje souhrn vlastností a ukazatelů jako je semenářská hodnota (klíčivost, čistota, HTS) a hodnota biologická (Honsová & Cihlár 2018). Půda obsahuje mnoho patogenů a škůdců, které osivo ovlivňují. Pokud chceme těmto vlivům zabránit je vhodné osivo ošetřit. Moření může podpořit schopnost odolávat stresovým podmínkám, a tak zvyšovat vitalitu. Tyto vlastnosti jsou u rostliny obzvlášť důležité v období klíčení a vzcházení rostliny (Satranský 2024). Mořené osivo je nemyslitelnou volbou ochrany osiva v klasickém. Pokud se však rozhodneme pro pěstování máku v ekologickém zemědělství je nutné používat osivo chemicky neošetřené. Takové osivo nese řadu rizik, které mohou výslednou úrodu značně ovlivnit nebo kompletně zdevastovat (Pšenička & Hosnedl 2007). I v konvenčních systémech se mák seje ve větším množství, než by bylo potřeba. Přesněji až pětinasobně. Pěstitele tak předchází výskytu nevyzrálých nebo napadených semen houbovými chorobami. Dle (Kuchtová & Dvořák 2013) je plíseň maková (*Peronospora arborescens*) společně s houbami z rodu *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Thielaviopsis* a *Phomopsis* významnými škůdci u vzcházející rostliny. Kvalitní semeno, s vysokou biologickou hodnotou, může být poškozeno během mechanizované sklizni nebo při nevhodném skladování. Kvalitu makového osiva a jeho zdravotní stav řeší zákon č. 219/2003 Sb., o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin (zákon o oběhu osiva a sadby) s účinností od 30. 8. 2003, ve znění pozdějších předpisů (Kuchtová 2013).

3.6.4 Založení porostu

Společně s přípravou půdy je setí zásadní agrotechnickou činností, která rozhodují o výsledku pěstitelské snahy. Nízká HTS (přibližně 0,5 g), nízký obsah zásobních látek, které vyžadují pro aktivaci adekvátní přísun kyslíku, to jsou vlastnosti, které z máku dělají velmi problematickou plodinou při jeho zakládání. Mák by se nikdy neměl pěstovat na stejném pozemku/honu s menším intervalem, než jsou 4 roky (Cihlár et al. 2021).

Pro založení porostu je vhodné mít na paměti, že každá rostlina má se nároky na teplotu a půdní vlhkost. Co se teploty týče tak semeno máku je při teplotě 10 °C schopné klíčit již po 5-6 dnech. Při dvojnásobných teplotách 18-20 °C semena klíč již po 3-4 dnech. Optimální půdní vlhkosti dosáhneme minimálním zpracováním půdy hlavně v jarních měsících (Cihlár et al. 2021).

Setí jako takové provádíme, pokud možno tzn. na vodu. Tím dosáhneme, že zaseté semeno bude ve styku se vzlínající vodou ze spodnějších vrstev půdy. Pokud je počasí teplé i suché, můžeme má zasít až do hloubky 2 cm. Ideální stav vlhkosti při setí poznáme podle toho, že se na pracovní orgány stroje nelepí půda, netvoří se hrudky a po přejezdu sečky je viditelná „vlhká stopa“ (Havel 2018). Vhodné zařízení pro výsev máku jsou tzv. secí kombinace, jež spojují předseťovou přípravu společně se setím do jedné operace. Spojením těchto operací snížíme počet nutných pojezdů na pozemku, které pomáhají lepšímu využití půdní vláhy pro rychlejší vzcházení. Nabízí se zde ranné výsevy, avšak ne za cenu „zamazání“ osiva (Vach & Javůrek 2011).

Obdobím mezi 5. až 10. 3 začíná ideální doba pro založení porostu. Posledním možným termínem, kdy dosáhneme kvalitního a výnosného porostu je období kolem 20. dubna. Obvyklá hodnota výsevu je 1,5-1,75 kg osiva/ha. Při výši takového výsevu je vyseto průměrně 250-300 klíčivých semen/m². Během vegetace by dobrý porost na poli měl dosahovat 70-100 rostlin/m². V ekologickém zemědělství se hodnota výsevu může vyšplhat až na 3 kg osiva/ha. Mák je v konvenčním zemědělství rostlinou pěstovanou v úzkých řádcích do 25 cm. Optimální jsou řádky 10-15 cm široké. Naopak pro ekologické nebo zahrádkářské pěstování se doporučuje řádky roztáhnout až na 45 cm (Vašák 2010).

Mák lze pěstovat i jako plodinu ozimou. Ozimé pěstování máku však není úplnou novinkou, v polovině 20. století se v Maďarsku mák sel těsně před zámrazem. Není sice typickou ozimou rostlinou, ale při vhodných podmínkách, které mohou nastat díky rozdílnosti klimatických podmínek, můžeme mák zařadit k tzv. přezimujícím jarním formám. Proto aby byl mák schopen přežít zimu je nutné, aby rostlina před nástupem zimy zůstala ve 3.-4. růstové fázi (fáze tvorby pravých listů a listové růžice). Ideální stav rostliny by měl vypadat následovně: vzrostlý vrchol jednoduchý nediferencovaný, s rostoucími kališními lístky, které zakryjí polokulovitý vrchol (Petr & Honsová 2009).

3.6.5 Agrobiologická kontrola

Během celé doby, co mák pěstujeme je vhodné porost důkladně sledovat. Dobrý agronom by měl k porostu zavítat každý třetí den. Na počátku vzcházení by se měla hodnotit vyrovnanost vzcházení a výskyt krytonosce kořenového. Po vzejití se hlavně kontroluje počet rostlin. Ten by se měl pohybovat od minimálně 30 do 150 rostlin/m². Plný vývoj třetího a pátého listu je obdobím, kdy zhodnocujeme míru zaplevelení a případně volíme vhodné herbicidní přípravky. V období, kdy dochází k diferenciaci tyčinek a dlouživému růstu stonku, je rostlina náchylná na poškození od žlabatky stonkové. Další podstatné riziko počínající tímto obdobím až do konce kvetení je nedostatek vláhy, který podněcuje stres rostlině a může mít za výsledek snížení výnosu. Třetí a většinou poslední období kdy hodnotíme stav zaplevelení porostu se provádí v době, kdy porost má délku stonku asi 20 cm a mezi listy se objevují poupata. Současně zde aplikujeme přípravky proti poléhání a po vytvoření poupěte kontrolujeme míru napadení mšicemi. Největší míru poškození způsobují krytonosci makový v období počátku kvetení. Vhodná doba pro použití fungicidů proti helmintosporiíze. Mezi poslední období, kdy kontrolujeme porost je doba plné a technologické zralosti. Zatímco v plné zralosti hodnotíme stejnoměrné dozrávání makovic, tak v technologické zralosti by makovice společně se semeny měla být suchá (Vašák 2010).

3.6.6 Výživa a hnojení máku

Mák je rostlinou náročnou na přísun živin. Na výnos 1 t s odpovídajícím množstvím alkaloidů mák odčerpá 70 kg N, 60 kg P₂O₅, 110 kg K₂O, 110 kg CaO, 25 kg MgO, 18 kg S, 100 g B, 200 g Zn a 300 g Mn. Nejvyšších výnosů dosahuje po předplodinách hnojené chlěvským hnojem či po předplodině (Roubal 2003). Základem dobrého pěstování je pH půdy (ideálně kolem 7) a vyrovnaný poměr mezi půdními prvky. Pro úpravu výživy máku se nejčastěji využívají průmyslová minerální hnojiva (Diviš 2010).

V ideální situaci by potřebná dávka dusíku měla být stanovena z pěstované předplodiny, a obsahu minerálního dusíku v půdě. Tento stav je ale vysoce nepravděpodobný. Po horší předplodině se množství aplikovaného dusíku pohybuje kolem 100 kg/ha. Po lepší předplodině se doporučuje dávka poloviční 50 kg/ha. Dávku dusíkem většinou rozdělujeme do dvou dávek (Cihlár et al. 2017). Má se doporučuje prvně hnojit poprvé před setím a posléze ve fázi BBCH 35-56 (listová růžice – mladá tobolka). Při provedení dvou dávek dusíku místo jedné bylo prokázáno, že rostlina dokáže aplikovaný dusík lépe využít. 1 kg použitého N u jednorázové aplikace zvýšil výnos o 1,7 kg semene, u rozdělené dávky nárůst produkce semen dosahoval až 7 kg. V první dávce používáme pevná hnojiva typu LAV, LAD, DASA nebo močovinu. Možné je i aplikovat hnojivo DAM 390 společně s herbicidem, pokud aplikaci provedeme 3-7 po zasetí (Škarpa et al. 2023). Při nadměrnému hnojení máku N se sice výnosy zvyšují, ale také dochází k větší podpoře výskytu poškození a chorob škůdci. Další negativním důsledkem přehnojeného porostu může být snížení obsahu oleje semen, a to až o 2,5 % (Kádár et al. 2001).

Aby došlo k rozpuštění živin z hnojiva, je nutné fosfor a draslík zapracovat do půdy již na podzim. Dvojnásobně to platí pro fosfor, u kterého je typická malá mobilita v půdě. Pro ideální rozptýlení fosforu a draslíku do půdní struktury je vhodné použít kombinované hnojivo typu NPK či PK. Hnojení těmito prvky provádíme na základě výsledků rozborů půdy (Satranský & Cihlár 2021). U květináčového pokusu (Lošák et al. 2022) bylo zjištěno, že u variant, které byly hnojeny hořčnatými či draselnými hnojivy se výnosy zvyšovali v rozmezí 21,68-23,98 %.

Mikroprvky jsou nedílnou součástí ve výživě rostlin. Významnými prvky pro mák je bór a zinek. Množství zinku v rostlině (převážně v listech) se pohybuje od 15-65 ppm. Množství absorbovaného zinku převážně reguluje množství N v rostlině a naopak. Při ideálním poměru může zinek pomáhat urychlit syntézu bílkovin a biologickou fixaci N₂ (Karabük et al. 2020). Bór je významnou látkou pro sacharidový mechanismus a přispívá k lepší životnosti pylu. Aplikace bóru je prováděna ve fázi plného vývinu 4-8 pravého listu. V tomto období rostliny většinou dosahují 7 cm. Mezi používané hnojiva patří amporfort special B, Bór 150, popř. Wuxal SUS boron aj. Pro zinek využíváme: Nitrozinek, Zinkosol forte, Zintrac 700 aj. Tato hnojiva se aplikují v moment, kdy jsou patrná malá poupata. Zinek má pozitivní vliv na vznik pylových tetrad a zachování struktury biomembrán pro detoxikaci reaktivních forem kyslíku (Satranský & Cihlár 2021).

Jelikož v ČR za poslední dobu došlo k absenci vápnění, které má veliký vliv na ornou půdu a její kyselost, je dobré tuto agrotechnickou operaci jednou za 3-4 roky provést. Úpravou pH dosáhneme lepší využitelnosti půdy, zejména příjem fosforu rostlinou. Můžeme tím ovlivnit i kvalitu semen a výsledného produktu. Pro vápnění se dá použít celá řada složek obsahující vápenec: dolomitový vápenec, pálené vápno aj. (Škarpa et al. 2023).

3.6.7 Regulace zaplevelení

Celá technologie pěstování máku je závislá na ochraně proti nežádoucímu zaplevelení a regulaci plevelů. Míra úspěšnosti těchto úkonů předurčují úspěšnost rentabilního pěstování pro daný zemědělský podnik. Jelikož mák je plodinou s pomalým počátečním růstem a malou konkurenceschopností je vhodné ho pěstovat na plochách s malým či žádným zastoupením

špatně zhubitelných vytrvalých plevelů. Další prakticky neřešitelným problémem může být zastoupení plevelného vlčího máku.

Mezi nejvýznamnější plevele, které se mohou v prostu vyskytovat, jsou: jednoděložné vytrvalé plevele: pýr plazivý; jednoděložné jednoleté: ježatka kuří noha, béry nebo oves hluchý; dvouděložné přezimující: svízel přítula, vlčí mák, hluchavky, kokoška pastuší tobolka, heřmánkovec přímořský, peníze rolní, violky, hluchavky, ozimá řepka z výdrolu aj.; dvouděložné nepřezimující: pětoury, lebedy, laskavce, merlíky, pohanka svačcovitá, rdesna aj. (Havel 2018).

Pro podzimní výsev je velmi důležité preemergentní aplikace herbicidů. Jelikož jsou plevele schopné růst i v nízkých teplotách zimního období, může se stát, že by jarní aplikace herbicidů u již dobře vyvinutých plevelů nemusela být dostatečná. Pro preemergentní aplikaci se mohou používat přípravky s: účinnou látkou chlortoluron (heřmánkovité druhy), clomazone (svízeli, ježatky), mesotrion (merlíky, laskavce nebo potlačení pcháčů a přesliček). Tyto látky lze různě kombinovat do tank-mixů pro větší aplikační spektrum postřiku. Pro postemergentní aplikaci volíme přípravky s účinnou látkou: fluroxypyr, mesotrione, tembotrione (Lukas et al. 2023).

Pokud řešíme zaplevelení porostu plevelnými travami využíváme k tomu účinné graminicidy. Jelikož pro přípravu těchto postřiků jsou nutná silná smáčedla, je vhodné je využívat v krajní nouzi. Proto prvně regulujeme výskyt dvouděložných plevelů, případně poté používáme graminicidy. V případě, že graminicidy aplikujeme před použitím prostředků proti dvouděložným plevelům je nutné počkat týden, aby se vosková vrstva na máku stačila obnovit (Satranský & Cihlář 2021). U máku pěstovaného v širokých řádcích je možné pro regulaci zaplevelení využít i mechanických způsobů odplevelení ve formě plečkování (Diviš 2010).

3.6.8 Regulace škůdců a chorob

Mezi nejvýznamnějším škůdce máku zařazujeme: krytonosce kořenového (*Stenocarus ruficornis*), krytonosce makovicového (*Neoglocianus maculaalba*), mšici makovou (*Aphis fabae*) nebo žlabatku stonkovou (*Timaspis papaveris*)

Významné choroby máku setého: helmintosporiová nekróza máku (*Pleospora papaveracea*), plíseň maková (*Peronospora arborescens*), Spála máku (*Pythium*, *Rhizoctonia*, *Thielaviopsis*, aj.) (Kuchtová 2013).

Škůdci

Krytonosec kořenový (*Stenocarus ruficornis*), je brouk 3-3,5 mm dlouhý brouk vyskytující se na vzešlých rostlinách. Nejčastěji ho najdeme v období od dubna do června. Larvy, kladené do kulovitého kořene, dokáží přežít až do dozrávání makovic. Míra poškození porostu se pohybuje v rozmezí 30-100 % (Vašák 2010). Na počátku vegetace (7-21 po setí), navštěvujeme denně. Pozorováním signálních míst hledáme přítomnost krytonosce kořenového nebo jeho okusy, podobným požerkům dřepčíka, na vzcházejících rostlinách. Jestliže výskyt brouka či jeho aktivita je pozitivní, doporučuje se plošný postřik insekticidem (Cihlář et al. 2007).

Krytonosec makovicový (*Neoglocianus maculaalba*) je nosatcovitý brouk o velikosti cca 3 mm. Horní strana těla je bělošedá s bílou skvrnou na krovkách. Břišní strana má žlutavé

zbarvení. Vajíčka krytonosec jsou žlutá protáhlá o velikosti 0,7 mm. Larvy mají černohnědou hlavu bělavé tělo. Tělo je beznohé s rohlíčkovitým tvarem (Kolařík 2014). Krytonosec makovicový do květních stonků vykousává rýhovitě požerky a do makovic okrouhlé otvory. Dovnitř makovic náhle klade larvy. V dospělosti larvy opouštějí makovici a přezimovávají v půdě, kde se zakuklí (Vašák 2010). Jeho výskyt v porostu je lokální, typické jsou teplejší oblasti. Podle stupně napadení je doporučený celoplošný postřik (Sikora 2008).

Mšice maková (*Aphis fabae*), černý polokřídílí hmyz jejichž bezkřídílí jedinci mají zadeček s příčnými bílými skvrnami (Lagos et al. 2014). je škůdce hojně se vyskytující od fáze přízemní růžice listu do období zelených makovic. Na rostlině se většinou vyskytuje na spodní straně listu nebo vytváří kolonie na stoncích či zelených makovicích. Mšice dokáže na mák přenášet virové onemocnění poškozující rostlinu. Při ochraně se hodnotí 5x20 rostlin z různých míst porostu. Pokud je míra napadení větší než 5 % uskutečňuje se chemická ochrana. Používají se insekticidy s účinnou látkou flonicamid nebo gama-cyhalothrin (Vašák 2010).

Žlabatka stonková (*Timaspis papaveris*), je oligofágní hmyzí škůdce, který klade svá vajíčka do stonku. Po vylíhnutí se larvy zavrtávají a žijí uvnitř stonku (Quesada-Moraga et al. 2006). Krmení žlutých larev vosičky žloutenky v poškozují rostliny máku. Poškozené části pletiv hnědnou a odumírají, čímž je znemožněn přísun vody do částí rostlin nad poškozenými částmi. Během vegetačního období jsou cévní pletiva poškozena po celé délce stonků, nejčastěji v okolí počátků listů. Stejně často jsou poškozeny i bazální části stonků, což se projevuje dlouhými purpurovými skvrnami v místech odumírání pletiv. V období dozrávání makovic tyto skvrny hnědnou a v letech se suchým počasím předčasně zasychají (Šedivý & Cihlář 2005). Výskyt je možné sledovat na zhruba 1 m vysokých zelených tyčích. Na tyče je aplikován netuhnoucí lep. Ochrana se provádí při více jak 40 vpichů na průměrný stonek (Vašák 2010). K datumu 31.3.2024 nebyl v ÚKZUZ rostlinolékařském portálu uveden žádný přípravek pro ochranu.

Choroby

Helmintosporiová nekróza máku (*Pleospora papaveracea*), je chorobou s kompletním polem účinnosti. Může napadat jakoukoliv část rostliny v jakékoliv vegetační fázi. Rozšíření infikace spočívá v zachycení konidií na vroubkovaném povrchu semena, které se tam dostali z posklizňových zbytků (Spitzer 2000). *S P. papaveracea* je úzce spojena i spála (*Dendryphion penicillatum*). U nakažených jedinců se projevuje už u infikovaného osiva, kdy u klíčenců je osemení vynášeno nad povrch. U již vzešlých rostlin, choroba způsobuje zaškrcování kořenového krčku. Na počátku kvetení můžeme detekovat již první viditelné příznaky ve formě hnědnoucích hranatých skvrn na listech. Dále nekróza tvoří na stoncích černohnědé až černé podélné proužky, makovice jsou malé s fialově-hnědým zbarvením. Pokud otevřeme napadenou makovici, nalezneme myceliem omotaná nedozrálá semena. Výnosové ztráty dosahují hodnoty mezi 10 a 80 % (Havel 2018). Omezení výskytu *P. papaveracea* dosáhneme, pokud budeme likvidovat posklizňové zbytky podzimní orbou a zařazením máku do osevního postupu s minimálním odstupem 3 až 4 roky. Výborným omezením infekce je mořené osivo. Pro plošné postřiky například využíváme přípravky s účinnou látkou Metkonazol (Vašák 2010).

Plíseň maková (*Peronospora arborescens*) je jednou z ekonomicky nejvíce omezujících chorob máku (Calderón et al. 2014). Je přenášena osivem a na rostlinu má dva efekty. Pokud plíseň rostlinu napadne pouze lokálně, rostlina s omezeným výnosem a velkou pravděpodobností přežívá. Systematické napadení je však pro rostlinu letální (Satranský & Cihlář 2021). Z infikovaného osiva mycelium proniká do stonku a kořene, kde dochází k systémové infekci. U napadených rostlin si můžeme povšimnout ztloustlých, zkadeřených listů, které jsou na lící straně chlorotické či světle zelené. Na spodní straně tvoří bílé až šedofialové mycelium. Vegetační vrchol je nevíce napadenou částí rostliny. Dochází ke zkřivení a zduření květních stonků. Stonek může být pokryt myceliem (Vašák 2010). Pro dosažení dlouhodobých odpovídajících parametrů porostu a výnosu je vhodné využívat mořené osivo. Pro úpravu jsou využívány fyzikální metody (E-ventus), termické (HWT), či biologické. Pro postřik se dají použít přípravky obsahující mykoparazitické organismy (Kuchtová & Dvořák 2013).

Spála a padlí máku, tyto choroby většinou vznikají po jako druhotná infekce po napadení rostlinou houbami rodu *Pythium*, *Rhizoctonia*, aj. Možným původcem může být i *Pleospora papaveracea* (Farr et al. 2000). Na těžkých půdách s půdním škraloupem klíčící rostliny před vzejitím a během vzcházení vadnou a odumírají. U dospělých rostlin se příznaky projevují menším vzrůstem, jsou povadlé se zaškrceným krčkem. Takové rostliny jsou lehkou kořistí pro jiné v mnoha případech již likvidativní škůdce. Nejlepší regulací spály je mořené osivo, zejména fyzikální metoda ošetření E-ventus (Vašák 2010).

Černání stonku máku (*Verticillium* spp.), rod *Verticillium* zahrnuje skupinu askomycetních hub. Fytopatogenní druhy, například *V. dahliae* a *V. albo-atrum*, způsobující vaskulární vadnutí rostliny, vytváří každoročně úrodové ztráty po celém světě (Klosterman et al. 2009). Nemocné rostliny jsou nižší, předčasně zasychají, tvoří menší makovice. Ve spodní třetině stonku dochází nejčastěji k šednutí až černání. Kořenový systém, tvořící pouze hlavní kořen, je zcela zčernalý. K zvýšené míře napadení dochází na pozemcích, kde se mák pěstuje opakovaně. Jako ochranné opatření se doporučuje pečlivá likvidace posklizňových zbytků. Chemická ochrana se zatím jeví jako málo efektivní (Vašák 2010).

3.6.9 Sklizeň a posklizňové ošetření

Termín sklizně, od poloviny července do začátku září, se odvíjí od vlastností, které by porost měl splňovat. Porost by měl mít, pokud možno jednotné zbarvení a vyschlé tobolky (uvnitř tobolek je slyšet chřastění semen) (Satranský & Cihlář 2021). Mák je vhodné sklízet při dosažení maximální 10 % vlhkosti semen. Stanovení se provádí u směsi semen a makoviny pomocí polního vlhkoměru. Při vlhčích podmínkách jsou semínka máku měkčí a může docházet k jejich poškození. Taková semena hořknou a snižují hodnotu sklizeného materiálu.

Pro co největší omezení ztrát je vhodné sklízecí mlátičku seřadit na sklizeň semen máku společně s makovinou (Cihlář et al. 2007). Při seřizování by se měla mlátička upravit (utěsnit) pro sklizeň drobných semen a žací lišta se zvedne tak, aby byla schopna seřiznout nejnižší umístěné makovice (Diviš 2010). Desikace u zaplevelených a zmlazujících porostů není možná, jelikož v momentální době nejsou registrovány žádné k tomu určené přípravky. V takovém případě se doporučuje problematickou část vynechat, sklídit část bezproblémovou. Vynechané oblasti dosklidíme odděleně. Na kvalitě sklizeného produktu se významně podílejí tzv.

zmlazující rostliny s nevyzrálými tobolkami. Semena z těchto rostlin jsou měkká a velice náchylná k poškození i při správném seřízení sklízecí mlátičky (Havel 2018).

Pokud počítáme, že sklizeň bude dosahovat výnosu 1 t semene/ha předpokládáme, že sklízecí mlátička sklídí 1-6-1,8 t směsi makoviny a máku/ha. Takto sklizený produkt je nutné separovat. Pro separaci se běžně používají standartní síťové předčističky. Po separaci se sklizený objem rozdělí na tři frakce. 1. frakce obsahuje cca 800 kg čistého semena, 2. frakce obsahuje 300–400 kg kvalitní makoviny a 3. frakce tvoří 300–400 kg odpadu skládajícího se z drobných úlomků listů, tobolek, stonku aj. Pro sušení volíme nejlépe haly s aktivním větráním. Pro velký objem směsi je provzdušňování neupraveným vzduchem nejideálnější způsob dosoušení. Jestliže pěstitel nemá ideální prostory pro takový způsob dosoušení je možné instalovat aktivní mobilní větrání do prostor s vyhovující podlahou. Čisté semeno dosoušíme pod 10 % vlhkost a makovinu pod 17 % vlhkost. Produkt v takovém stavu lze skladovat do příští sklizně (Vašák 2010).

3.7 Principy klíčení semena a moření osiva máku setého

3.7.1 Klíčení semena jako takového

Klíčením semen se myslí obnovení zárodku při současném vývoji mladé rostliny. Proto aby ke klíčení vůbec došlo, je nutné, aby byla dosažena dostatečná hydratace pletiv a dostupnost kyslíku. Mák je rostlinou, která klíčí epigeicky (nadzemní klíčení). Tudíž se intenzivně prodlužuje hypokotyl a dělohy jsou vynášeny nad povrch půdy, kde se přemění na fotosyntetizující orgány podobající se listům (Novák & Skalický 2017).

Klíčivost je dána schopností rostlinného embrya, které je v semeni, koordinovaně a postupně obnovovat svou metabolickou aktivitu. Podle „-omických“ studií, bylo prokázáno, že hlavní podíl na úspěšnosti klíčení semen má kvalita messengerových RNA uložených během zrání embrya na mateřské rostlině. Kromě toho hrají ve fenotypu klíčení významnou roli proteostáza a integrita DNA (Rajjou et al. 2012). U řady rostlinných čeledí se na klíčení podílí řada rostlinných hormonů (fytohormonů) (Miransari & Smith 2014). Významnými fytohormony pro klíčení ale i dormanci jsou dva hormony: kyselina abscisová (ABA) a gibbereliny (GA). Zatímco ABA je pozitivním regulátorem dormance a oddaluje klíčení rostlin, tak GA dormanci uvolňuje a podporuje klíčení. Mezi další hormony, s podobnými účinky působící proti ABA, můžeme zařadit etyleny a brassinosteroidy (BR) (Kucera et al. 2005).

Kyselina abscisová je syntetizována z karotenoidního prekurzoru C40 (Cutler & Krochko 1999). Mezi účinky ABA nepatří pouze ovlivňování dormance a klíčení. Může pozitivně ovlivňovat stomatální aktivitu a aktivitu rostliny na stres vyvolaný přítomností patogenů či vnějším prostředím. Inhibiční účinky ABA na klíčení semen spočívají ve zpomalení expanze radikulí a oslabení endospermu a také ve zvýšené expresi transkripčních faktorů, což může negativně ovlivnit proces klíčení semen (Miransari & Smith 2014).

Hormony gibbereliny, působí v průběhu celého životního cyklu rostlin a ovlivňují klíčení semen, prodlužování stonků, indukci květů, vývoj prašníků a růst semen a oplodí. Kromě toho zprostředkovávají podněty z prostředí, které mění tok přes biosyntetickou dráhu GA. Regulace biosyntézy GA má proto zásadní význam pro vývoj rostlin a jejich adaptaci na prostředí (Hedden & Kamiya 1997).

Aby semeno dokázalo neutralizovat inhibiční účinek ABA, je nutné a) vytvoření specifického katabolismu, snížit citlivost a inhibici biosyntézy, díky které se sníží aktivní hladina tohoto hormonu, b) syntetizovat další třídu hormonů reprezentovanou etyleny, brassinosteroidy (BA), gibbereliny (GA) a velkou rodinou tetracyklických diterpenů které jsou nezbytnými aktivátory klíčení. Z toho vyplývá, že poměr ABA/GA reguluje metabolický přechod potřebný pro klíčení (Rajjou et al. 2012).

3.7.2 Moření osiva a možné způsoby ošetření

Choroby semen významně přispívají k snížení klíčivosti semen a zakládání porostů, což má za následek nerovnoměrnou hustotu porostu, zvýšenou hustotu plevelů a nižší výnosy plodin. Dodávka ochranných látek aplikovaných na osivo s cílem zajistit větší ochranu plodiny před chorobami přenášenými osivem a půdou se zakládá na několika technikách ošetření osiva, mezi něž patří: potahování polymerním filmem, peletování a inkrustace. Kvalita na mořených osivech závisí na pevném uchycení těchto přípravků na obal osiva během balení, manipulace a sázení. Na osivo lze aplikovat pesticidy, regulátory růstu, biologické látkami nebo mikroživiny (Keawkham et al. 2014).

3.7.2.1 Chemické ošetření

Základem chemického ošetření osiva byl přípravek Cruiser OSR. Ten byl zakázán již v roce 2018, avšak ÚKZU až do minulého roku (2023) uděloval výjimku pro jeho použití v makovém osivu. Základní složkou tohoto osiva je již zakázaná účinná insekticidní látka thiamethoxam. Dále mořidlo obsahuje dvě fungicidní látky fludioxonil a metalaxyl-M (Procházka et al. 2023). Hlavní předností mořidla Cruiser OSR, byla dobrá účinnost na krytonosce kořenového (*Stenocarus ruficornis*) (Cihlář et al. 2006).

Thiamethoxam je látkou patřící do skupiny neonikotinoidů. Tyto látky se vyznačují jedinečnými chemickými a biologickými vlastnostmi, jako je širokospektrá insekticidní aktivita, nízké aplikační dávky, vynikající příjem a translokace v rostlinách (Maienfisch et al. 2001). Je to agonista nikotinových acetylcholinových receptorů; silně se váže na nikotinové acetylcholinové receptory (nAChR) v centrální nervové soustavě hmyzu, což způsobuje nervovou stimulaci při nízkých koncentracích, ale blokádu receptorů a následnou paralýzu vedoucí ke smrti při vyšších koncentracích (Kundoo et al. 2018).

Fludioxonil, patřící do skupiny fenolpyrolů, je nesystémový a široko spektrální fungicid. Fenylpyrrolové fungicidy jsou deriváty antibiotika pyrrolnitrinu, který produkuje různé druhy rodu *Pseudomonas*. Podle studií bylo dokázáno, že tato látka silně narušuje růst mycelia a klíčení konidií *Penicillium expansum* a *Botrytis cinerea* (Duan et al. 2013).

Metalaxyl-M je chirální acylalaninový fungicid běžně používaný k regulaci chorob mnoha plodin (Lunn et al. 2021).

3.7.2.2 Biologické ošetření

Biologické látky jsou také známé jako přirození nepřátelé nebo užitečné organismy. Většinou se vyskytují v přírodě, často v místě výskytu škůdce a jsou pro pěstitele přínosem z hlediska ochrany proti škůdcům (Helyer et al. 2014). Například vhodným biologickým

ochráněm mohou být aerobní bakterie tvořící spory, které slouží jako biologické kontrolní látky. Za prvé, některé z těchto bakterií produkují několik různých typů insekticidních a antimikrobiálních sloučenin. Za druhé, vyvolávají růstové a obranné reakce hostitelské rostliny (Pérez-García et al. 2011). Konkrétně pro mák to mohou být přípravky na bázi hub (Polyversum, Gliorex) či bakterií (Prometheus) (Pšenička & Hosnedl 2007).

Polyversum je biologický přípravek obsahující houbovou oomycetu *Pythium oligandrum* (Al-Assiuty et al. 2014). Tato oomyceta byla izolována z rhizosféry mnoha druhů rostlin a na rozdíl od ostatních druhů rodu *Pythium* naprosto jinou reakci při kontaktu s rostlinou. Mezitím co ostatní nepatogenní druhy se do kořenových pletiv nedostanou nebo se zastaví již v epidermis a prvních felogénových vrstvách, *P. oligandrum* je schopné se bez žádného většího poškození rostlin dostat do kořenových pletiv. Oomycety působí buď přímo, nebo nepřímo na ochranu rostlin. Přímo působí na houbové patogeny prostřednictvím odlišných nebo kombinovaných způsobů působení, jako je mykoparazitismus, antibióza, kompetice o živiny a prostor, nebo nepřímo vyvoláváním rezistence u rostlin (Gerbore et al. 2013).

Gilorex je biologický přípravek, který se aplikuje formou dispergovatelného prášku s inertním plnidlem např. amorfni oxid křemičitý. Přípravek obsahuje směs dvou mykoparazitických hub *Clonostachys rosea* a *Trichoderma harzianum* (Kuchtová et al. 2011).

Studie prokázaly, že *Clonostachys rosea* je efektivním antagonistou chorob způsobených řadou patogenů, např. *Alternaria* spp., *Fusarium culmorum*, *Pythium* spp. aj. (Jensen et al. 2007). Její biologický mechanismus kontroly je zejména připisován sekreci CWDW (Cell Wall Degrading Enzymes), produkci sekundárních metabolitů (antibiotika a toxiny) a indukce rezistence rostlin. Enzymy vylučované touto houbou dokážou rozkládat buněčnou stěnu hostitele, která je důležitou překážkou sloužící k ochraně buňky (Sun et al. 2020).

Trichoderma harzianum je druh amorfni houby, izolované především z rozkládající se organické hmoty. Izoláty navíc rychle rostou na mnoha substrátech, produkují metabolity s prokazatelnou antibiotickou aktivitou s mykoparazitickými účinky u mnoha patogenů. (Grondona et al. 1997). Studie prokázaly, že biologická aktivita *Trichoderma harzianum* silně redukuje růstovou schopnost patogenu, zatímco *Trichoderma* vykazuje mnohem dynamičtější růst. Tímto způsobem má tato amorfni houba významnou výhodu v soupeření s patogeny, živinami a prostor nutný pro vývoj (Gveroska & Ziberoski 2011).

Prometheus je biologický přípravek obsahující bakterie rodu *Pseudomonas*, účinné proti houbovým chorobám (Růžek et al. 2017). Fluorescenční druhy těchto bakterií jsou schopny využívat širokou škálu organických i anorganických sloučenin, které jim umožňují žít v různých přírodních podmínkách. Zástupci tohoto rodu se vyskytují ve velkém množství ve všech hlavních přírodních prostředích, tj. v suchozemském, sladkovodním i mořském, a vytvářejí také těsná společenství s rostlinami a živočichy. Toto široké rozšíření naznačuje značnou fyziologickou a genetickou flexibilitu (Panpatte et al. 2016). Tyto mikroorganismy také fungují jako konkurenti patogenů v boji o kolonizační místa a živiny. Hlavní mechanismy, kterými *Pseudomonas* uplatňuje svůj protektivní účinek, jsou: konkurence s fytopatogenními organismy o živiny a o místo v kořenových pletivech, produkce antimikrobiálních látek, indukovaná systémová rezistence nebo (QS) buněčná komunikace (Sahu et al. 2018).

3.7.2.3 Fyzikální ošetření

Popularitu si fyzikální metody našli díky jejich menšímu škodlivému vlivu na životní prostředí. Fyzikální faktory lze použít k dosažení pozitivních biologických změn u rostlin, aniž by to mělo vliv na ekologii. Tyto metody mají blahodárný účinek na stimulaci růstu rostliny. To je dáno tím, že všechny živé procesy jsou do určité míry závislé na výměně energie mezi buňkou a jejím okolím. Mezi způsoby, jak můžeme osivo fyzikálně ošetřit řadíme: ošetření magnetickým polem, gama záření, laserové ozáření, zvuková energie aj. (Govindaraj et al. 2017).

E-ventus technologie využívající principu biocidního účinku nízkoenergetických urychlených elektronů, bojuje s patogeny přenášené osivem. Elektrony jsou vytvářeny v elektronovém generátoru, který funguje na principu katodové trubice. Ta využívá dva protilehlé generátory, z nichž každý vytváří pásmo nízkoenergetických elektronů v procesní zóně. Do tohoto prostoru jsou jednotlivá zrna pouštěna definovanou rychlostí, tak aby elektrony byly schopné působit na celý povrch semene (Röder et al. 2009).

4 Metodika

Praktická část bakalářské práce zaměřená na problematiku ošetření osiva máku různými alternativními možnostmi, u nichž se následně hodnotili biologické vlastnosti osiva: polní vzcházivost, růst a vývoj, struktura výnosových prvků a samotný výnos. Pro pokus byla vybrána odrůda Aplaus. Pokus se prováděl na Výzkumné stanici v Červeném Újezdě. Ta byla otevřena v roce 1974 určená jako pracoviště pro katedru fyto technického směru Agronomické fakulty VŠZ. Dnes se na stanici zakládají pokusy s plodinami: ječmen jarní, pšenice ozimá, řepka olejka, slunečnice, mák setý aj. Stanice disponuje 30 ha orné půdy. Na 6 ha jsou realizovány pokusy, zbylé pozemky pomáhá obhospodařovat Školní zemědělský podnik lány.

4.1 Klimatické podmínky a charakteristika stanoviště

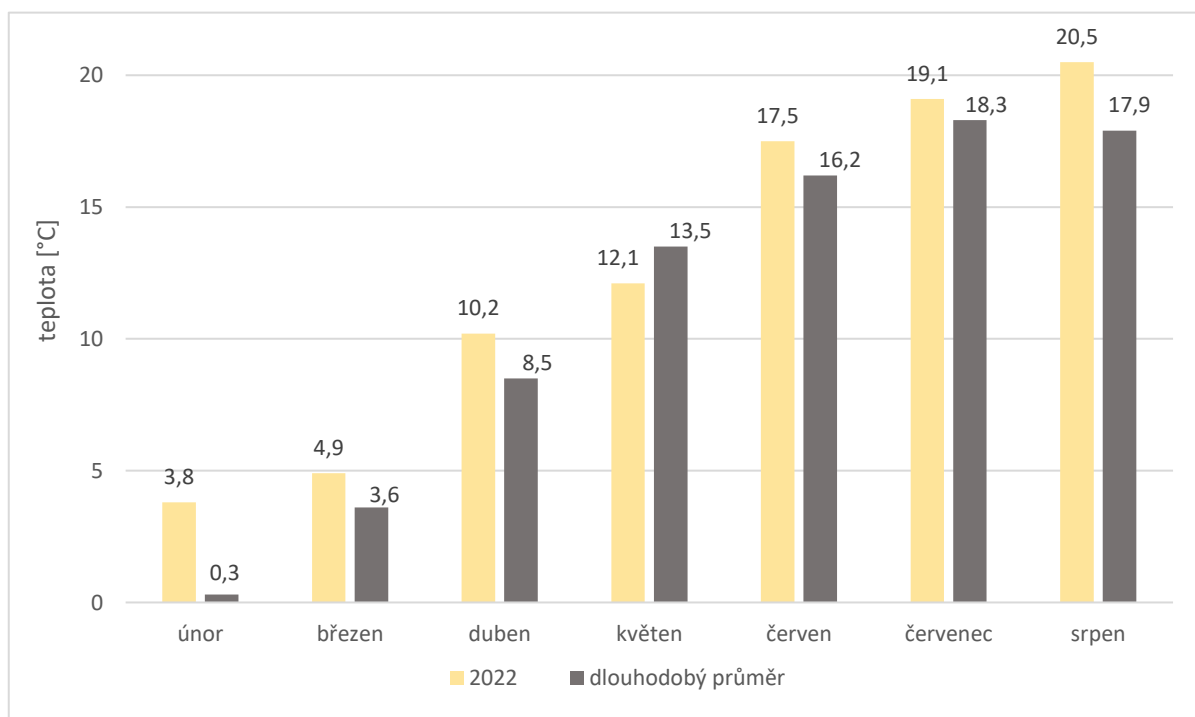
Výzkumná stanice je lokalizována ve Středočeském kraji, okres Praha-západ. Leží v nadmořské výšce 398 m n. m. s průměrnou roční teplotou 7,7 °C a průměrnými ročními srážkami 493 mm.

Charakter pozemků je převážně rovinatý s ojedinělým výskytem mírného zvlnění. Na pozemcích je půdním typem hnědozem. Pro tyto půdy je charakteristický střední obsah humusu s neutrální půdní reakcí.

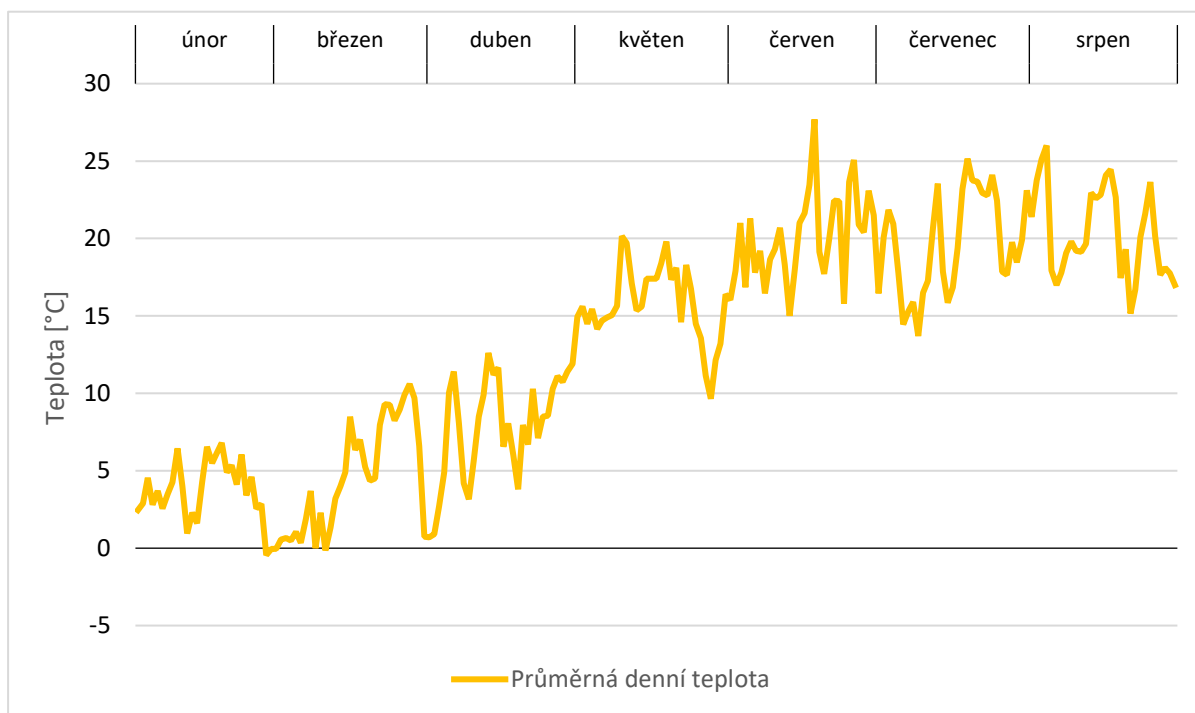
4.1.1 Klimatické podmínky v Červeném Újezdě v roce 2022

Podle grafu č.1 v období pěstování máku (od března do srpna) teploty v roce 2022 lehce přesahovaly dlouhodobý průměr. Můžeme si však povšimnout, že květen byl jediný měsíc, v kterém teplota nedosáhla průměru. Graf č.2 uvádí podrobnější průběh teplot v tomto období.

Graf 1: Porovnání teplot v roce 2022 s dlouhodobým průměrem

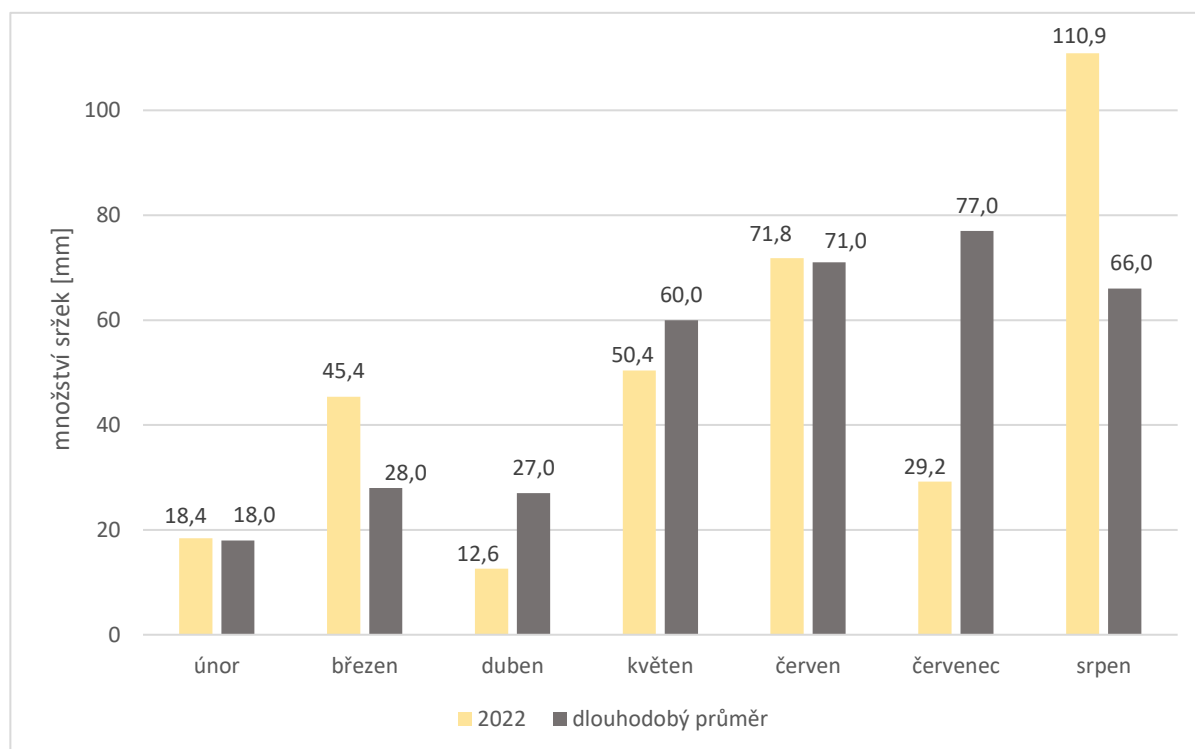


Graf 2: Průběh teplot v roce 2022

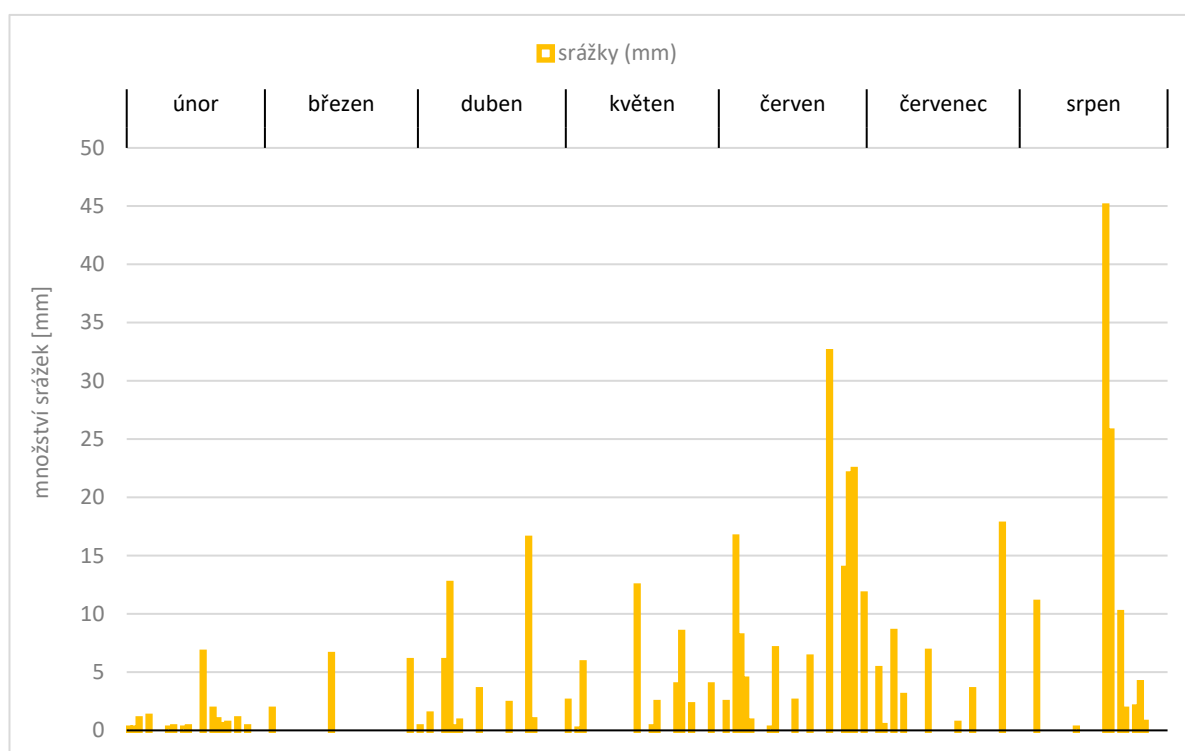


Podle grafu č. 3 zjistíme, že únor a červenec byli jediné měsíce které odpovídaly dlouhodobému průměru. Zatímco v březnu a srpnu došlo k výraznému nárůstu průměrných úhrnů srážek, v dubnu a zejména v červenci byl úhrn menší více jak polovinu. Graf č.4 udává podrobnější průběh měsíčních srážek.

Graf 3: Porovnání množství srážek v roce 2022 s dlouhodobým průměrem



Graf 2: Srážky v roce 2022



4.2 Charakteristika pokusů

Mák ozimý byl založen a pěstován na přesně definovaných pokusných parcelách. Pokusy byly vytvořeny pomocí metody znáhodněných bloků. Všechny varianty se prováděly ve čtyřech opakování. Jedno opakování bylo založeno na ploše o velikosti 12 m². Podle osevního plánu byl před mákem pěstován ječmen jarní

4.2.1 Agrotechnika

Pokusy byly založeny 28. března 2022. Při zakládání porostu výsevek činil 1,75 kg semen/ha. Bylo aplikováno preemergentní (mesotrion - 96 g/ha + clomazone - 90 g/ha) i postemergentní (tembotrione - 0,5 kg/ha + fluroxypyr – 125 g/ha) ošetření proti plevelům. Celková dávka dusíku v pokusu činila 100 kg N/ha (370 kg LAD/ha). Celkové množství bylo rozděleno na dvě stejné dávky 50 kg N/ha. První dávka byla aplikována před vlastním setím, druhá dávka byla aplikována v období tvorby pravých listů (dle tabulky č.1 fáze 22-27). Pokusy byly sklizeny: 16. srpna 2022 maloparcelkovou sklízecí mlátičkou značky Wintersteiger připravenou na sklizeň máku.

4.2.2 Použitá odrůda

Pro pokusy byla použita odrůda Aplaus. Aplaus je česká středně ranná, bělokvětá odrůda modrosemenného máku, jenž byla registrovaná v roce 2014. Odrůdu řadíme mezi typ tzv. “slepák”, kdy je makovice nahoře v oblasti paprsků blizny uzavřena. S minimálním výskytem se objevují typy tzv. “hledák”, u nichž se v období dozrávání pod paprsky blizny tvoří otvory. Tuto odrůdu lze pěstovat jak pro potravinářské, tak i pro farmaceutické potřeby. Odrůda je

vhodná pro intenzivnější pěstování, jelikož i v hustějším porostu dokáže zaplňovat menší makovice a tím je schopna dosáhnout solidního výnosu na úkor malého množství makoviny. Vykazuje dobrou schopnost adaptace na různé půdní i klimatické podmínky. Rostlina středně velkého vzrůstu je odolná vůči poléhání nebo vyvracení. Dále vykazuje střední odolnost vůči pleosporové hnědé skvrnitosti a plísní makové. Dosahuje středně vysokého průměrného výnosu semena a nízký až středně vysoký výnos makoviny. Semeno dosahuje vysokých parametrů: hezká modrá barva, příjemná chuť i vůně. HTS, obsah morfinu a oleje je uváděn jako středně vysoký.

4.2.3 Použité přípravky pro ošetření osiva máku

V pokusu bylo zahrnuto šest různých metod ošetřování osiva. 1 ošetření chemické (Cruiser OSR), které bylo dodáno distributorem. 3 ošetření biologické: 2 přípravky byli na bázi hub (Gliorex, Polyversum), zde bylo osivo mořeno pomocí mořičky lokalizované ve VS Červený Újezd na nemořené osivo dodané stejným distributorem a jeden na bázi bakterií (Prometheus), u kterého se přípravek aplikoval na půdu po zasetí. 1 ošetření fyzikální (E-ventus) dodané distributorem. V pokusu se nacházela jedna kontrolní varianta. Popis účinnosti jednotlivých přípravků je popsán v kapitole 3.6.2. Aplikace množství jednotlivých dávek korespondovala s množstvím, které doporučoval výrobce. V následující tabulce č.2 je přehled jednotlivých variant s aplikovaným množstvím.

Tabulka 2: Varianty ošetření osiva

Přípravek	Účinná látka	Dávka
Cruiser OSR	thiamethoxam 280 g/l + ludioxonil 8 g/l + metalaxyl-M 32,3 g/l	25 ml/kg osiva
Gliorex	<i>Clonostachys</i> sp. + <i>Trichoderma</i> sp.	4 g/kg osiva
Polyversum	<i>Pythium oligandrum</i>	5 g/kg osiva
Prometheus	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1 l/ ha
E-ventus	fyzikální ošetření	-
Kontrola	bez ošetření	-

4.2.4 Laboratorní klíčivost a energie klíčení osiva

U všech variant bylo u osiva prováděno testování na laboratorní klíčivost a energii klíčení. Testování bylo prováděno v laboratorních podmínkách a metodika zkoušení odpovídala pravidlům ISTA (2018). Každá varianta byla vytvořena ve čtyřech opakováních. Jedno opakování zahrnovalo 50 semen položených do klíčících misek vypočtené filtračním papírem (120 g/m²) s přidáním 30 cm³ vody. Za výsledek se brala hodnota 10. dne od založení pokusu. Energie klíčení osiva se hodnotila ve 24 h intervalech. Za vyklíčené semeno se považovalo takové semeno, u něhož zárodečný kořínek přesahoval délku 3 mm.

4.2.5 Pokusy na přesných maloparcelkových pozemcích

Na maloparcelkových pozemcích byly u všech variant sledovány následující parametry: dynamika polní vzháživosti, průměrný počet rostlin na², hmotnost tisíce semen, váha semen v makovici, počet makovic na m² a výška rostliny.

Dynamika polní vzháživosti se prováděla pomocí tzv. „čtvrtmetrovek“, prázdný čtverec vyznačující přesně 0,25 m², které byly v rámci každé parcely lokalizovány na dvou stálých místech. Stanovení se provádělo od začátku vzházení rostlin do jejich plného vzejití.

Všechna ostatní stanovení byla prováděna na porostu těsně před sklizní, nebo následně po ní. Výška rostliny, počet rostlin a makovic na m² byly stanovovány na poli před sklizní. Následně se u každého pokusu spočítal průměrný počet makovic na rostlinu a bylo odebráno 20 makovice pro váhu semen v makovici. Po sklizni byla vyhodnocena hmotnost tisíce semen a celkový výnos jednotlivých parcel.

5 Výsledky

Následující část této práce se zabývá výsledky vlivů ošetření osiva u parametrů, které jsou zmiňovány v kapitolách 4.2.4 a 4.2.5. Ve výsledcích jsou jednotlivé varianty vyhodnocovány dle hlavní účinné složky. Následující tabulka č. 3 udává barvené odlišení jednotlivých variant pro lepší orientaci.

Tabulka 2: Označí jednotlivých pokusů

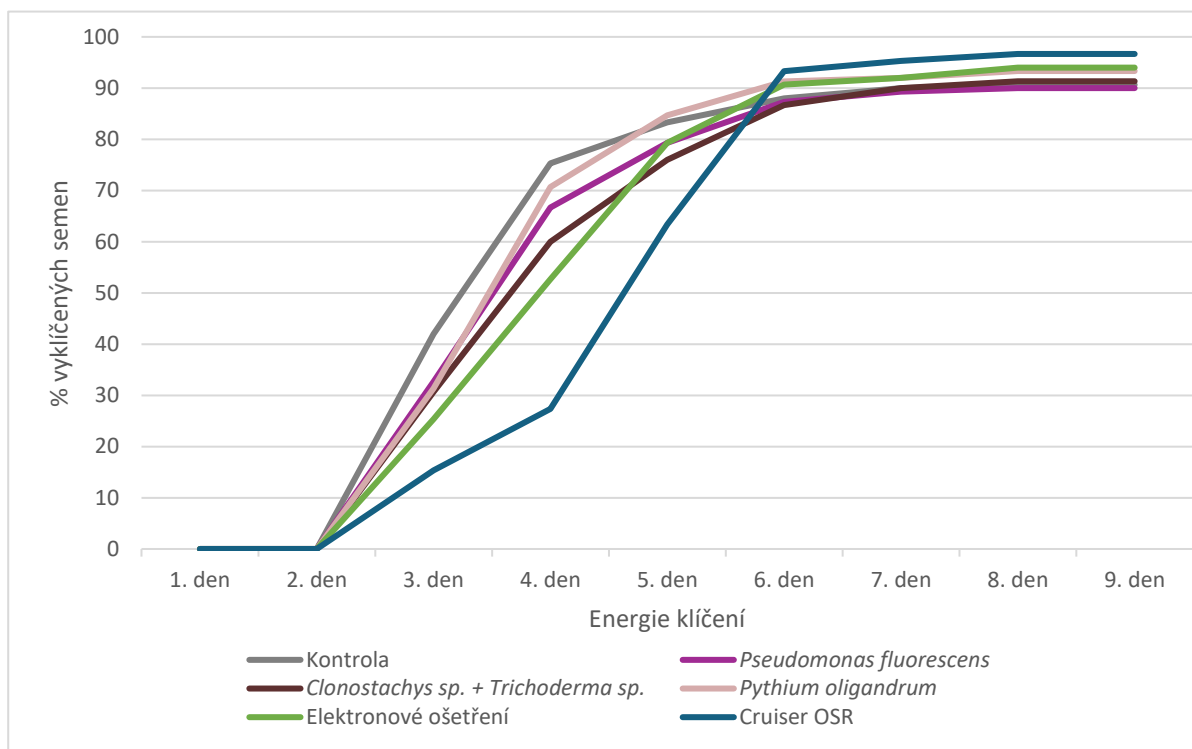
Typ	Účinná látka	Označení
Chem.	thiamethoxam 280 g/l + fludioxonil 8 g/l + metalaxyl-M 32,3 g/l	
Fyz.	elektronové ošetření	
Bio.	<i>Clonostachys</i> sp. + <i>Trichoderma</i> sp.	
Bio.	<i>Pythium oligandrum</i>	
Bio.	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	
Bez	kontrola	

5.1 Laboratorní klíčivost osiva a jeho energie klíčení

Jak bylo již zmiňováno v metodice, jediný parametr, který se stanovoval laboratorně, byla klíčivost a energie klíčení podle pravidel ISTA (2018). Na grafu č. 5, znázorňující vliv ošetření na klíčivost a vzcházivost osiva, si můžeme povšimnout, že všechny varianty přesáhly hranici 90 % klíčivosti. Přestože varianta s hlavní chemickou složkou thiamethoxam měla v prvních čtyřech dnech nejpomalejší vývoj ze všech variant, nakonec se stala nejlepší s výsledky přesahující 96 % klíčivost.

Následovala metoda s elektronovým ošetřením, která sice oproti biologickým ošetřením měla lehce pomalejší energii klíčení dosáhla lepších finálních výsledků. Všechny tři biologické typy prokázali rychlý start klíčení s podobnými finálními výsledky v počtu vyklíčených semen. Varianta ošetřená *Pythium oligandrum* na rozdíl od ostatních dvou variant měla lepší výsledky v klíčivosti semen, které dosahovali podobným hodnotám jako metoda s elektronovým ošetřením. Kontrola prokázala, že osivo, které není nijak ošetřeno, má díky absenci nejrychlejší počáteční růst.

Graf 3: Výsledná laboratorní klíčivost osiva a jeho energie klíčení



5.2 Polní vzcházivost rostlin

Polní vzcházivost je u drobnosemenné rostliny jako je mák kritickou hodnotou. Patogeny vyskytující se v půdě mohou výrazně ovlivnit, zda semeno vyklíčí či ne. Graf. č. 6 popisuje počet vzešlých rostlin, jenž byl kontrolován v pěti termínech (12.4, 18.4, 25.4, 29.4 a 4.5). Pozorování bylo ukončeno v moment, kdy se počet vzejitých rostlin zastavil či poklesl.

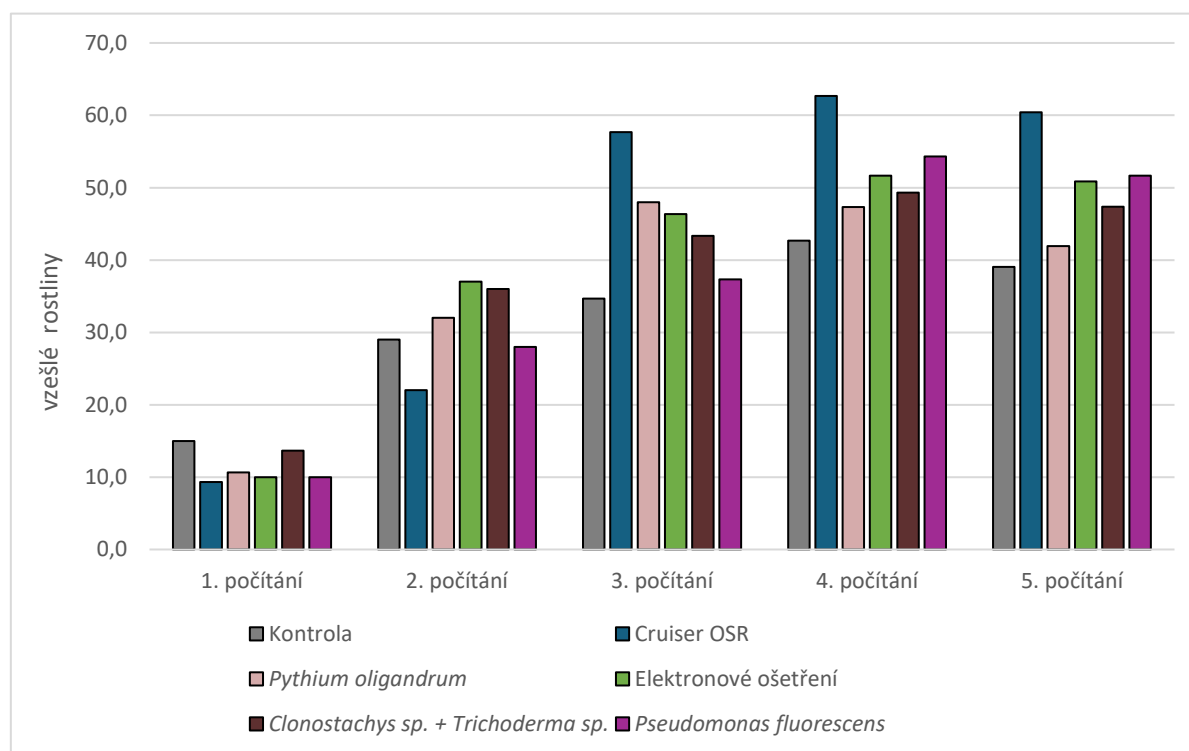
Výsledky půdní vzcházivosti z valné většiny odpovídali výsledkům laboratorního pokusu. Chemické ošetření stejně jako v simulovaných podmínkách mělo v počátku nejhorší výsledky. Avšak na konci tesování dosáhla největšího počtu vyklíčených semen. Překvapivě dobrých výsledků dosáhla varianta ošetřena přípravkem s bakterií *Pseudomonas fluorescens*. Ta sice oproti laboratornímu pokusu měla na počátku nepotvrzovala dynamiku energie klíčení, ale dosahovala dobrých finálních výsledků v počtu vzešlých rostlin. Zbylé dvě biologická ošetření na bázi hub měla z počátku pomalý rozjezd, ale již u druhého počítání došlo k rapidnímu nárůstu vzešlých rostlin. Mezi čtvrtým a pátým posledním počítáním však došlo k poklesu rostlin. Kontrolní varianta společně s elektronovou ochranou odpovídali průběhu testu okomentovaném v předešlé kapitole.

5.3 Redukce rostlin během vegetace

Grafy č. 7 a 8 udávají hodnotu rostlin na m^2 v době plného vzejití a na konci vegetace. Jelikož metodika ošetření pokusů byla u všech pokusů stejná, měla u jednotlivých variant stejný vliv na pokles populace. Proto můžeme tvrdit, že největším faktorem, který rozhodoval o míře odumřelých rostlin během vegetace byl vliv moření osiva. Z porovnání obou grafů si můžeme povšimnout, že varianta s největší počáteční populací ošetřená chemicky a varianta s nejmenší

počáteční populací ošetřena elektronovým ozářením, vykazovaly podobnou míru vitality. Při porovnání všech biologických opatření je na tom nejlépe bakteriální ošetření s účinnou složkou *Pseudomonas fluorescens*. Tato varianta dosahovala nejlepších výsledků celkově. Ostatní dvě varianty s ošetřením na bázi hub dosáhly podobně průměrných výsledků. Nejhorší dopadla dle očekávání kontrolní varianta, u které nebyla žádná ochranná složka, jenž by populaci ochraňovala.

Graf 5: Polní vzcházivost rostlin

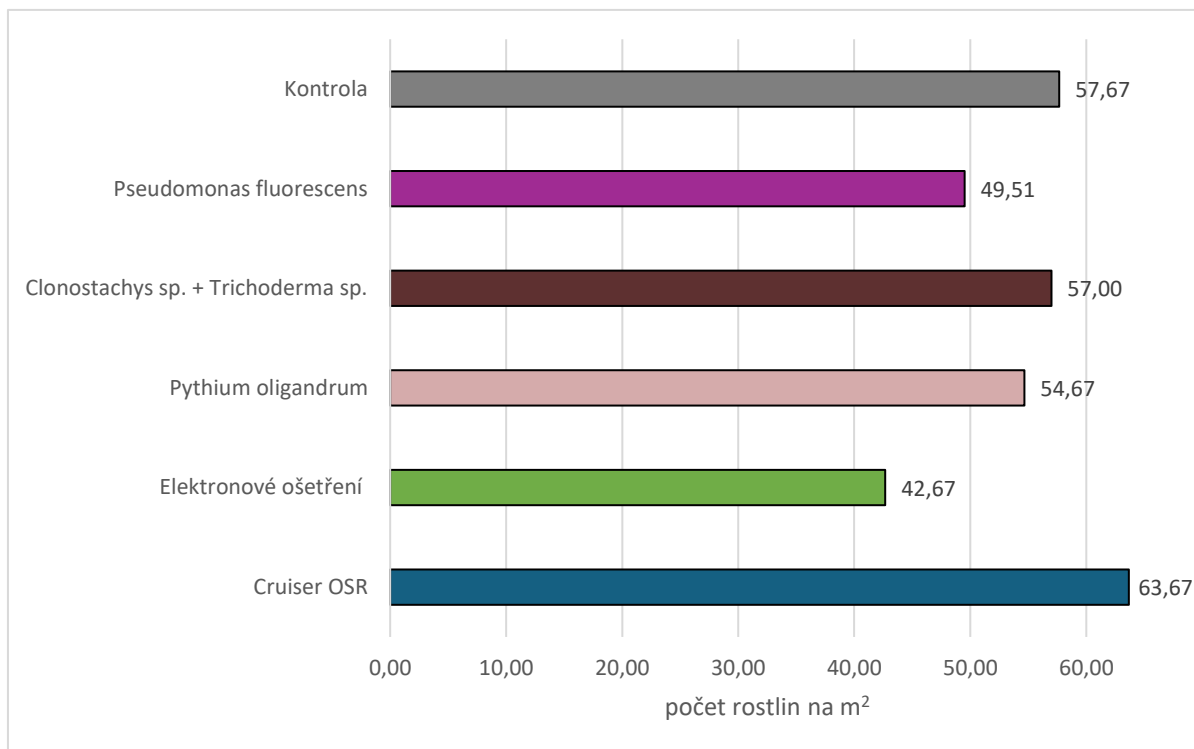


5.4 Výnosotvorné prvky

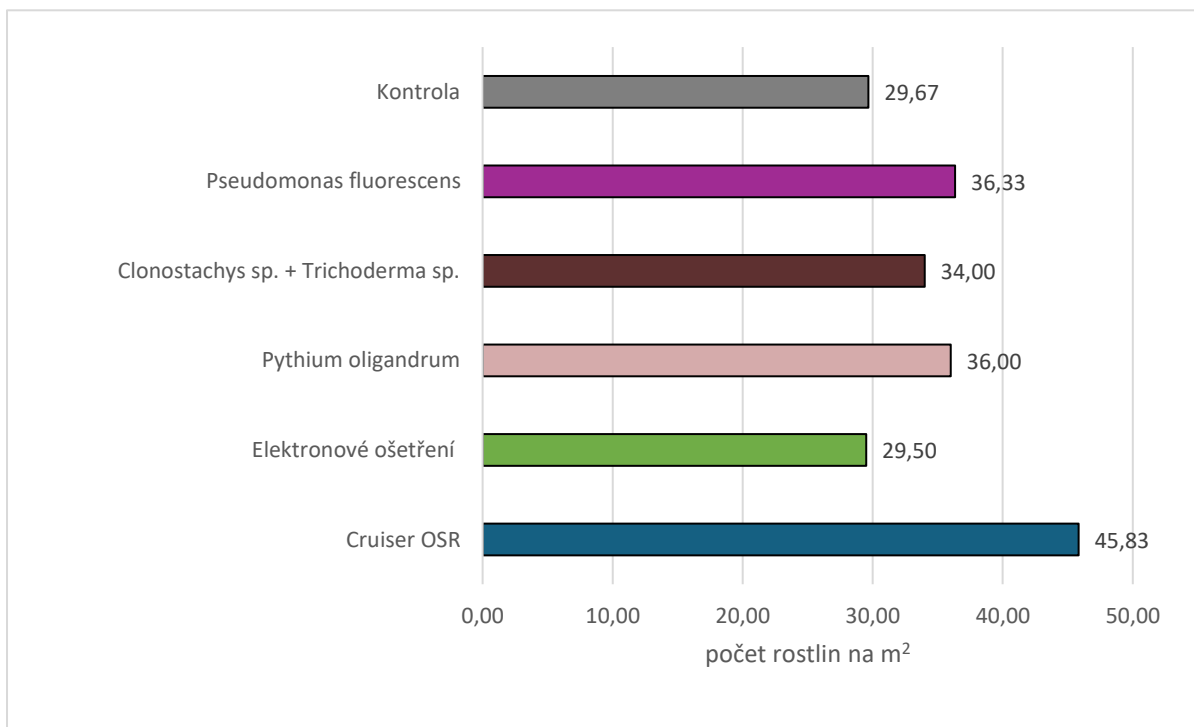
5.4.1 Počet rostlin na m²

Podle grafu č.8 zjistíme, že nejvíce rostlin na m² dosáhla chemicky mořené osivo. Po chemicky ošetřeném osivu nejlepších hodnot dosahovaly varianty s biologickým ošetřením. Varianta ošetřena *Pseudomonas fluorescens* měla podobné hodnoty jako varianta ošetřena *Pythium oligandrum*. Nejhorší z biologického ošetření na tom byla varianta ošetřena skupinou mikroorganismů *Clonostachys sp.* A *Trichoderma sp.* Metoda ošetřena elektronovým ozářením byla podobně řídká jako varianta kontrolní.

Graf 7: Počet rostlin při plném vzejití



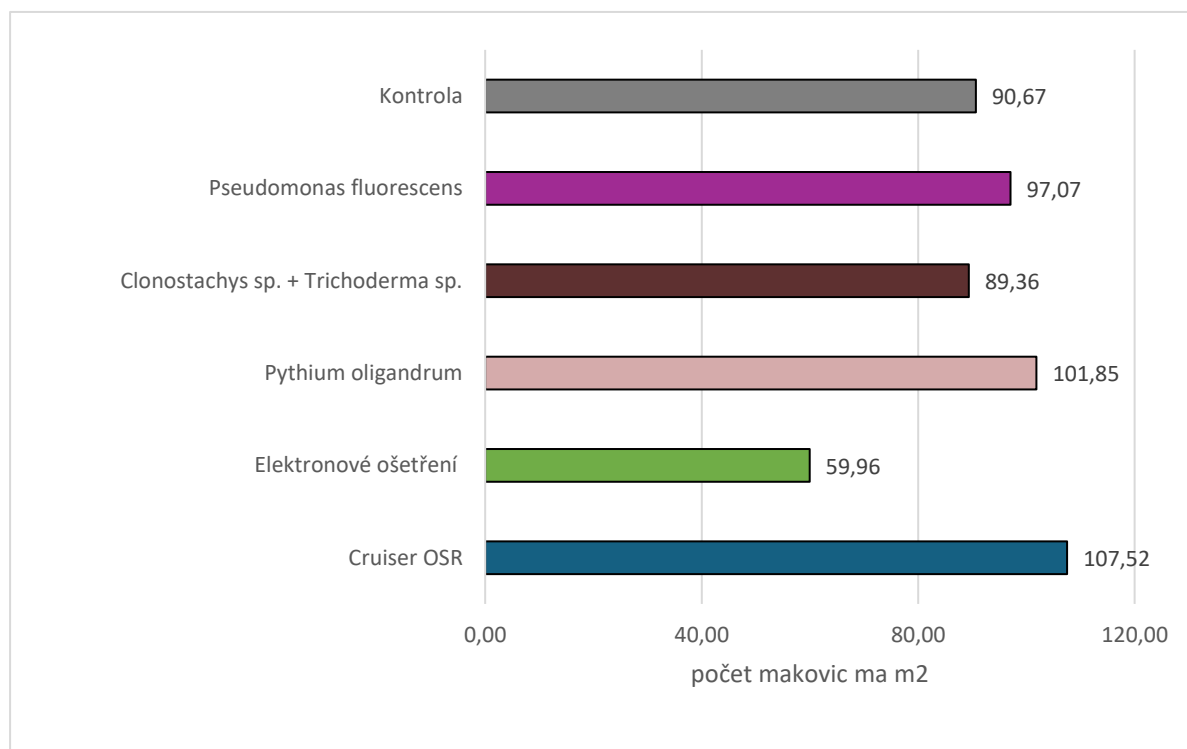
Graf 6: Počet rostlin na konci vegetace



5.4.2 Počet makovic na m²

Podobně vysokých výsledků dosáhl dle grafu č.9 pokus ošetřen kulturou *Pythium oligandrum* a pokus s chemickým mořidlem. Výrazně menší, téměř o polovinu, tvorby makovic dosáhlo osivo, které bylo elektronově ozářeno. Zbylé dvě biologické ochrany korespondovaly s kontrolní parcelou a v porovnání s favority nikterak vážně nezaostávalo.

Graf 8: Počet makovic na m²



5.4.3 Hmotnost tisíce semen

Tabulka č. 4 udává průměrnou HTS. Veškeré pokusy dosahovali stejných nebo velice podobných hodnot.

Tabulka 3: HTS jednotlivých variant

Varianta	HTS [g]
thiamethoxam 280 g/l + fludioxonil 8 g/l + metalaxyl-M 32,3 g/l	0,57
elektronové ošetření	0,60
<i>Clonostachys sp. + Trichoderma sp.</i>	0,59
<i>Pythium oligandrum</i>	0,59
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0,60
kontrola	0,60

5.5 Výška rostliny a váha semen v makovici

Následující tabulka č. 5 znázorňuje průměrnou výšku rostlin a hmotnost semen v makovici u jednotlivých variant. Podobně jako hodnota HTS u těchto parametrů veškeré varianty dosáhly velice podobným výsledkům. U jednotlivých variant si můžeme všimnout

setinových až desetinových rozdílů. Jediného většího rozdílu si můžeme povšimnout u varianty ošetřené skupinou mikroorganismů *Clonostachys* sp. a *Trichoderma* sp., u které byla výška rostlin zhruba o 3 cm menší než u zbytku variant.

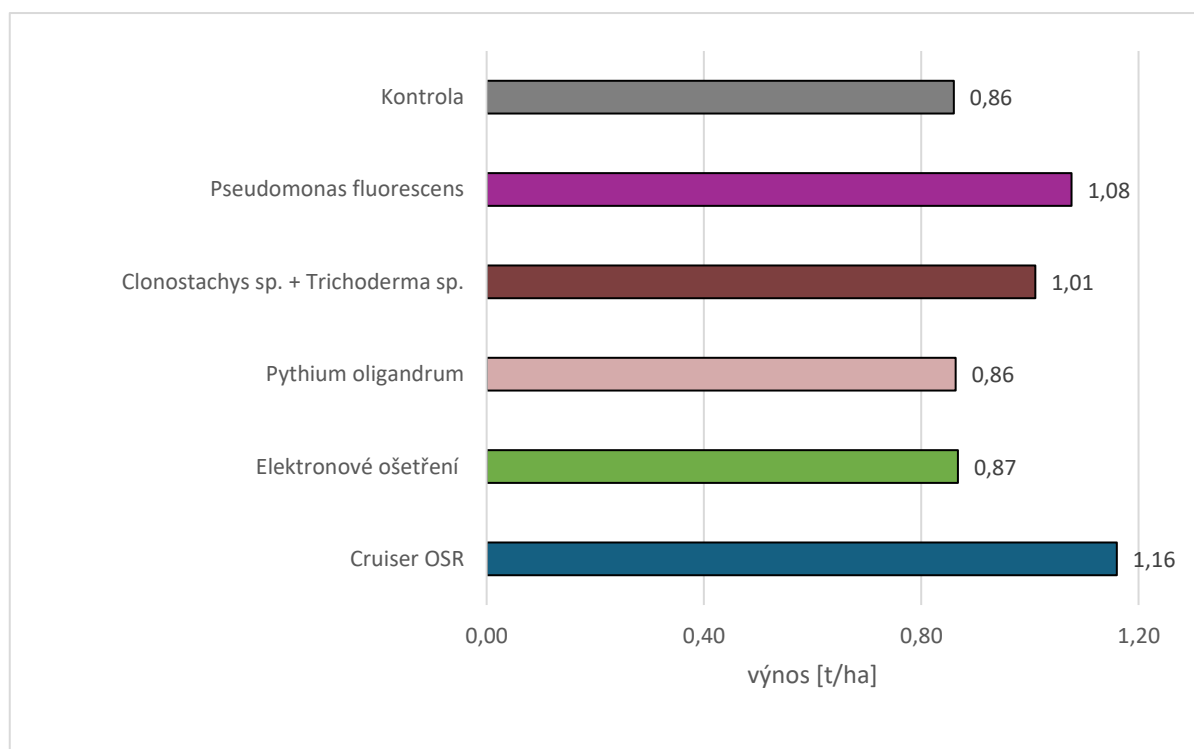
Tabulka 4: Hmotnost semen v makovici a výška rostlin

Varianta	Semena v makovici [g]	Výška rostliny [cm]
thiamethoxam 280 g/l + fludioxonil 8 g/l + metalaxyl-M 32,3 g/l	2,97	89,07
elektronové ošetření	3,02	89,80
<i>Clonostachys</i> sp. + <i>Trichoderma</i> sp.	2,63	86,73
<i>Pythium oligandrum</i>	2,64	90,20
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	3,04	91,40
kontrola	3,01	90,07

5.6 Výnos

Posledním faktorem, který byl sledován byl samotný výnos jednotlivých variant. Ten udává graf č. 10. Největšího výnosu s hodnotou 1,16 t/ha dosáhla varianta s chemickým typem ošetření. Další dvě varianty, které překročili hranici 1 t/ha byly varianty *Pseudomonas fluorescens* a *Clonostachys* sp. + *Trichoderma* sp. Varianta *Pythium oligandrum* společně s elektronovým ozářením dosáhli podobného výnosu jako kontrolní varianta. Výnos činil zhruba 0,86 t/ha.

Graf 9: Průměrný výnos jednotlivých variant



6 Diskuse

Pokud se podíváme na laboratorní klíčivost i na vzcházení rostlin, můžeme si povšimnout, že u pokusů ošetřenými přípravkem Cruiser OSR došlo k pomalému počátečnímu růstu. Tento jev by mohl být vyvoláván v závislosti jevu, který popisuje De Villiers (2013). Ten se svým týmem vytvořil podobný laboratorní pokus, který se však zabýval problematikou vzcházení osiva řepky. I zde došlo k pomalému počátečnímu klíčení semen u variant ošetřené přípravky obsahující thiamethoxam, fludioxonil a metalaxyl-M. Tyto látky nejspíše vytvářejí jakousi bariéru s fytotoxickým účinkem, které osivo musí překonat. Z výsledků je patrné, že to má sice negativní vliv na energii klíčivosti, avšak míru klíčivosti semen to nikterak neomezuje. Veškeré ostatní metody více méně kopírovali průběh varianty bez ošetření. I zde se však v mnohem menší míře objevila menší energetická klíčivost, která stejně jako varianta ošetřena thimotoxamem finální klíčivost spíše podporovala.

U polní vzcházení si můžeme povšimnout, že výsledky dosažené při laboratorní klíčivosti se výrazně přenášejí i do polní vzcházení. Zde však na rozdíl od laboratorních podmínek musí osivo odolávat rizikům vnějšího prostředí. Dle Kuchtová et al. (2011) největších škod na vzcházejícím osivu se podílí oospory hub, které se v půdě nachází. Proto je dle kapitoly 3.5.8, v které se zabývám chorobami máku, nejčastějším doporučením na jejich regulaci kvalitní osivo a jeho moření. I když kontrolní pokus ze začátku měl nejvíce vzešlých rostlin, díky absenci jakékoliv ochranné složky ve finální fázi dosahovala nejmenší hustoty porostu.

Dle Cihláře et al. (2021), je semeno máku schopné vzcházet již během 5-6 dnů při teplotách 10 °C a při teplotách 15-20 °C se doba zkrátí na 3-4 dny. V našem případě však v době setí, tedy období prostředku března, se teploty většinou pohybovaly v hodnotách pod 10°C. Jelikož k oteplování docházelo až na přelomu dubna a května, rostliny vzcházeli pomaleji. Díky tomuto je možné, že rostliny v pozdějších fázích nedosahovali takových výsledků.

Fejér & Salomon (2014) udávají, že mák má větší nároky na vodu od začátku kvetení do období počátku kvetení. Nedostatek vláhy může způsobovat nízké rostliny se slabou produktivitou. Naopak pro období dozrávání (červenec až srpen) je ideální období s nižším výskytem srážek. Vysoká vlhkost může negativně ovlivnit výnos a kvalitu semen. Tento rok na počátku vegetace byl nižší úhrn srážek, než je pro tuto oblast obvyklé. Naopak v srpnu došlo k výraznému zvýšení srážek.

Jedním z hlavních výnosotvorných parametrů máku je hustota porostu. Tedy počet rostlin na m². Dle Havla (2018) by měla optimálně hustota porostu dosahovat 50-70 rostlin/m². Výsledky tohoto pokusu nedosahovali ani u jedné varianty nižší hranice uvedeného rozsahu. Jelikož všechny ošetřené varianty dopadli podobně jako kontrolní varianta, můžeme polemizovat, zda za nízkou hustotu rostlin nemohly klimatické podmínky. Obzvláště nedostatek vláhy v období května dubna, kdy nám rostliny vzcházejí a dochází k nejintenzivnějšímu růstu.

Obecně se preferují hustší porosty, které by měli před slizni dosahovat 65-70 rostlin/m². Takto hustý porost by tedy měl tvořit zhruba 100 makovic/m². Vašák (2010) tvrdí, že při takovém stavu se rostliny málo rozvětvují, což má za následek lepší jednotné dozrávání. V tomto pokuse se, až na jednu variantu, hodnoty pohybovaly v rozmezí 90-100 makovic/m².

Pšenička a Hosnedl (2017), udávají že fyzikální metoda ošetřená elektronovým ozářením v tomto výzkumu dosahovala nejlepších výsledků jak u laboratorního, tak i u polního testu. I

když u laboratorního testování se nám výsledky shodují, tak u polního testu tato metoda zde dopadla nejhůře. Nejenže byla celková vzcházivost porostu nejmenší, ale tyto rostliny dokonce tvořili nejméně makovic. Tento výsledek by mohl být vysvětlen vlastním principem ošetření metody E-ventus. Elektronové ošetření totiž ošetřené osivo pouze dezinfikuje. Proto je možné, že dodané osivo (a z výsledků laboratorní klíčivosti se to zdá zřejmé), dosahovalo vysoké kvality. Tudíž u již zdravého osiva by se tento účinek nemusel zcela projevit. Jelikož ostatní varianty obsahovaly i účinnou složku, která poskytla mimo jiné i kurativní efekt, dosahovaly většího potenciálu.

Dle Kuchtové (2013), která sledovala účinek přípravku Gilorex a Polyversum na porostu máku, prokazuje že varianty ošetřeny přípravkem Polyversum vykazovali lepších výnosů. V tomto pokusu, kde byly pozorovány stejné přípravky, však lepších výsledků dosahovaly pokusy ošetřeny přípravkem Gilorex.

Hodnocené faktory jako jsou HTS, výška rostliny či hmotnost semen v rostlině vykazovali tak podobných výsledků, že vliv mořeného osiva nejspíše nemá na tyto vlastnosti rostliny žádný vliv.

Při intenzivním pěstování může dosahovat varianta s hlavní účinnou složkou thiamethoxam dle Cihlár et al. (2007) 2 tunových hektarových výsledků. Ve studii Kolaříková Janotová & Vorlíčková (2023) sledující průměrné výnosy od roku 2017 do současnosti udává, že průměrný hektarový výnos se pohybuje kolem 0,66 t/ha. Podle toho údaje sledované metody převyšují tuto průměrnou hodnotu.

7 Závěr

Po vyhodnocení laboratorní klíčivosti a přesného polního pokusu, u kterého bylo cílem sledovat vliv různých způsobů ošetření osiva (vybrané přípravky biologického a chemického charakteru, fyzikální ošetření osiva systémem E-ventus) na vzcházivost, strukturu a výnos porostu můžeme podle výsledků konstatovat že:

- Přípravek chemického charakteru ve všech sledovaných parametrech dosahoval nejlepších výsledků.
- Jako perspektivní alternativní metoda se prokázal přípravek Prometheus obsahující bakterii (*Pseudomonas fluorescens*), jelikož v porovnání s ostatními nechemickými přípravky prokázal podobnou účinnost, jako metoda chemická.
- Fyzikální metoda používající elektronové ošetření neprokázala potřebný vliv na osivo, který by zlepšoval produkční parametry máku. Tento typ ošetření by nejspíše dosahoval lepších výsledků u méně kvalitního osiva, u kterého by se dezinfekční účinek mohl více projevit.
- V porovnání obou pokusů ošetřených přípravkem s houbovou kulturou dosahovala metoda ošetřená Gliorex (*Clonostachys* sp. a *Trichoderma* sp.) podobných výnosů jako nejlepší nechemická varianta.
- Jelikož je to jednoletý pokus, nemůžeme zde zahrnout vliv ročníku a pro upřesnění výsledku je vhodné pokusy v dalších letech opakovat.

7.1 Vyjádření k hypotézám

1. Lze předpokládat, že nechemické metody ošetření osiva máku setého pozitivně ovlivní laboratorní klíčivost osiva, vzcházivost a zapojení porostu a následně i výnos.
Hypotéza částečně potvrzena: Určité nechemické metody ošetření osiva prokazovali lepší výsledky v laboratorní klíčivosti, vzcházivosti i u následné výnosy. Avšak metoda E-ventus a přípravek Polyversum u stanovených parametrů pozitivní ovlivnění prokázali jen částečně.
2. Využitím nechemických způsobů ošetření osiva máku setého lze docílit snížení pesticidní zátěže při zachování uspokojivého výnosu a přijatelné ekonomiky pěstování.
Hypotéza částečně potvrzena: Jelikož veškeré biologické varianty dosahovali lepších či podobných výsledků jako kontrolní varianta bez žádného ošetření. Při aktuálních cenách je cena ošetření vcelku zanedbatelná.

8 Literatura

- Al-Assiuty A. et al. 2014. Effects of fungicides and biofungicides on population density and community structure of soil oribatid mites. *Science of the Total Environment* **466-467**:412-420.
- Baranyk P. 2010. Olejniny edition.. Profi Press, Praha.
- Baser K, Arslan N. 2014. Opium Poppy (*Papaver somniferum*). Pages 305-322 in *Medicinal and Aromatic Plants of the Middle-Eastvol 2..* Springer, Dordrecht.
- Bechyně M. 1993. Základy pěstování máku edition.. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, Praha.
- Brezinová B, Macák M, Eftimová J. 2009. The morphological diversity of selected traits of world collection of poppy genotypes (genus *Papaver*). *Journal of Central European Agriculture* **10**:183-192.
- Calderón R. et al. 2014. Detection of downy mildew of opium poppy using high-resolution multi-spectral and thermal imagery acquired with an unmanned aerial vehicle. *Precision Agric* **15**:639-661.
- Cihlár P. et al. 2003. Technologie máku setého pro dvoutunové výnosy semen. *Pěstitelská technologie*. Praha.
- Cihlár P. et al. 2007. Intenzivní pěstování máku. Pages 75-76 in *Prosperující olejniny* edition.. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Cihlár P. et al. 2017. Mák - problematický rok 2017. Pages 125-127 in *Prosperující olejniny* edition.. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Cihlár P. et al. 2021. Vybrané výsedky pokusů roku 2021. Pages 42-44 in *20. Makový občasník* edition.. Český modrý mák z.s, Praha.
- Cihlár P, Vašák J, Pšenička P. 2006. Agrotechnika 2t/ha máku a poznatky. Pages 79-82 in *Prosperující olejniny* edition.. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Cutler A, Krochko J. 1999. Formation and breakdown of ABA. *Trends in Plant Science* **4**:472-478.
- Čurn V. et al. 2022. Technologie využití cílené mutageneze a tvorby TILLING populace ve šlechtění máku. *Technologie*. České Budějovice.
- De Villiers R. 2013. Effect of chemical seed treatment on the germination and seedling growth of canola under different soil conditions. *South African Journal of Plant and Soil* **23**:287-296.
- Diviš J. 2010. Pěstování rostlin: (učební texty pro obor provozní podnikatel a pozemkové úpravy a převody nemovitostí)2., dopl. vyd.. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice.

- Duan Y. et al. 2013. Effect of phenylpyrrole fungicide fludioxonil on morphological and physiological characteristics of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **106**:61-67.
- Farr D. et al. 2000. Morphological and molecular studies on *Dendryphion penicillatum* and *Pleospora papaveracea*, pathogens of *Papaver somniferum*. *Mycologia* **92**:145-153.
- Ganeshaiyah K. 2014. *Papaver somniferum* L.. Available from <https://indiabiodiversity.org/species/show/230586> (accessed 2024-03-29).
- Gerbore J. et al. 2013. Biological control of plant pathogens: advantages and limitations seen through the case study of *Pythium oligandrum*. *Environmental Science and Pollution Research* **21**:4847–4860.
- Govindaraj M. et al. 2017. Effect of physical seed treatment on yield and quality of crops: A review. *Effect of physical seed treatment on yield and quality of crops: A review* **38**:1-14.
- Grondona I. et al. 1997. Physiological and biochemical characterization of *Trichoderma harzianum*, a biological control agent against soilborne fungal plant pathogens. *Applied and Environmental Microbiology* **63**:3189–3198.
- Gveroska B, Ziberoski J. 2011. *Trichoderma harzianum* as a biocontrol agent against *Alternaria alternata* on tobacco. *Applied Technologies & Innovations* **7**:67-76.
- Havel J. 2018. Pěstitelská technologie máku pro snížení rizikovosti pěstování. Certifikovaná metodika. Zubří, provozovna Opava.
- Hedden P, Kamiya Y. 1997. GIBBERELLIN BIOSYNTHESIS: Enzymes, Genes and Their Regulation. *Annual Review of Plant Biology* **48**:431-460.
- Helyer N, Cattlin N, Brown K. 2014. *Biological Control in Plant Protection: A Colour Handbook, Second Edition* 2nd.. CRC press.
- Honsová H, Cihlár P. 2018. Klíčivost a vitalita osiva máku ve vztahu k produktivitě porostu v roce 2018. Pages 99-101 in *Prosperující olejniny 2018* edition.. Česká zemědělská univerzita, Nové Strašecí.
- Janick J. 2010. *Horticultural Reviews, Volume 19* edition.. John Wiley & Sons.
- Jensen D. et al. 2007. Development of a biocontrol agent for plant disease control with special emphasis on the near commercial fungal antagonist *Clonostachys rosea* strain 'IK726'. *Australasian Plant Pathology* **36**:95-101.
- Kádár. I. et al 2001. Mineral fertilisation of poppy (*Papaver somniferum* L.) on calcareous loamy chernozem soil. II.. Pages 467-478 in *Növénytermelés* edition.. Agroiinform Kiadóház, Budapest.
- Karabük B. et al. 2020. Effects of Nitrogen Fertilization and Plant Density on Leaf Mineral Element Contents, Capsule Yield, Seed Yield and Morphine Ratio of Poppy (*Papaver somniferum* L.) Genotypes. *Toprak Su Dergisi* **9**:11-24.

- Keawkham T. et al. 2014. Effect of polymer seed coating and seed dressing with pesticides on seed quality and storability of hybrid cucumber. Pages 1415-1420 in Australian Journal of Crop Science edition.. Southern Cross Journals, New South Wales.
- Klosterman S. et al. 2009. Diversity, Pathogenicity, and Management of *Verticillium* Species. Annual Review of Phytopathology **47**:39-62.
- Kolaříková Janotová B, Vorlíčková A. 2023. Produkční a ekonomické výsledky pěstování máku v ČR v letech 2017-2021. Pages 15-21 in 22.Makový občasník edition.. Český modrý mák z.s, Větrný Jeníkov.
- Kolařík P. 2014. Hmyzí škůdci máku - krytonosec makovicový a bejlmorka maková. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/hmyzi-skudci-maku-krytonosec-makovicovy-a-bejlmorka-makova> (accessed 2024-04-05).
- Kucera B. et al. 2005. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. Seed Science Research **15**:281-307.
- Kuchtová P. et al. 2011. Vliv ošetření osiva na složky výnosu u ekologicky pěstovaného máku (*Papaver somniferum* L.). Pages 94-98 in Prosperující olejniný edition.. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Kuchtová P. 2013. Pěstitelská technologie máku pro ekologické zemědělství. Pěstitelská technologie. Praha.
- Kuchtová P, Dvořák P. 2013. Vliv ošetření osiva na výnos ekologického máku. Pages 52-56 in Výzkum a zkušenosti – pěstování rostlin v ekologickém zemědělství edition.. Výzkumná stanice Katedry rostlinné výroby FAPPZ ÈZU v Praze, Praha-uhřetěves.
- Kuchtová P, Míča L, Dvořák P, Štětinová I. 2016. Vliv odrůdy a ošetření osiva na klíčivost a HTS semen máku setého (*Papaver somniferum*, L.). 116-119 in Prosperující olejniný. Česká zemědělská univerzita, Větrný Jeníkov.
- Kundoo A. et al. 2018. Role of neonicotinoids in insect pest management: A review. Journal of Entomology and Zoology Studies **6**:333-339.
- Labanca F. et al. 2018. *Papaver somniferum* L. taxonomy, uses and new insight in poppy alkaloid pathways. Phytochemistry Reviews:853–871.
- Lagos D. et al. 2014. phis (Hemiptera: Aphididae) species groups found in the Midwestern United States and their contribution to the phylogenetic knowledge of the genus. Insect Science **21**:374-391.
- Lal R. 2022. The opium poppy (*Papaver somniferum* L.): Historical perspectives recapitulate and induced mutation towards latex less, low alkaloids in capsule husk mutant: A review. Plants Journal **10**:19-29.
- Lim T. 2013. *Papaver somniferum*. Pages 202-217 in Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants edition.. Springer, Dordrecht.

- Lohr V. 2023. Mák v roce 2022 a výhled na další období. Pages 3-10 in 22.Makový občasník edition.. Český modrý mák z.s, Praha.
- Lošák T. et al. 2022. Effect of poppy (*Papaver somniferum* L.) fertilization with potassium and magnesium on the seed yield and its quality. *Plant Science* **25**:242-246.
- Lukas V. et al. 2023. Lokálně cílená aplikace herbicidů v precizním zemědělství. Ověřená technologie. Brno.
- Lunn. R. et al 2021. Applying the Crystalline Sponge Method to Agrochemicals: Obtaining X-ray Structures of the Fungicide Metalaxyl-M and Herbicide S-Metolachlor. *Crystal Growth & Design* **21**:3024–3036.
- Luqman S. 2014. The saga of opium poppy: Journey from traditional medicine to modern drugs and nutraceuticals. *International Symposium on Papaver* 1036:91-100.
- Maienfisch P. et al. 2001. Chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. *Pest Management Science* **57**:906-913.
- Melo D. et al. 2022. Nutritional and Chemical Characterization of Poppy Seeds, Cold-Pressed Oil, and Cake: Poppy Cake as a High-Fibre and High-Protein Ingredient for Novel Food Production. *Foods* **11**:3027.
- Mikšík V. 2023. Proč se orientujeme na vývoz suroviny? Mák není jen semínko. Pages 11-14 in 22.Makový občasník edition.. Český modrý mák z.s, Praha.
- Mikšík V. 2023. Český modrý mák byl povýšen do stavu rytířského!. Pages 1-2 in 22.Makový občasník edition.. Český modrý mák z.s, Praha.
- Mikšík V, Lohr V. 2020. The Czech Republic - the largest producer of breadseed poppy edition.. Ministry of Agriculture of the Czech Republic, Prague.
- Miransari M, Smith D. 2014. Plant hormones and seed germination. *Environmental and Experimental Botany* **99**:110-121.
- Muhammad M. et al. 2021. Review on physicochemical, medicinal and nutraceutical properties of poppy seeds: a potential functional food ingredient. *Functional Foods in Health and Disease* **11**:522-547.
- Ngernsaengsaruy C. 2023. Morphology, Taxonomy, Anatomy, and Palynology of the Opium Poppy (*Papaver somniferum* L.) Cultivation in Northern Thailand. *Plants* **12**:2105.
- Novák J, Skalický M. 2017. Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika Čtvrté vydání.. Powerprint, Praha.
- Panpatte D. et al. 2016. *Pseudomonas fluorescens*: A Promising Biocontrol Agent and PGPR for Sustainable Agriculture. Pages 257-270 in Singh D, editor. *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity, Vol. 1: Research Perspectives* 1st.. Springer New Delhi.
- Pérez-García A. et al. 2011. Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological applications of Bacilli in agriculture. *Current Opinion in Biotechnology* **22**:187-193. Available from 10.1016/j.copbio.2010.12.003 (accessed 2024-04-01).

- Petr J, Honsová H. 2009. Podstata možnosti setí máku setého na podzim. Pages 95-97 in Prosperující olejniny edition.. Česká zemědělská univerzita, Větrný Jeníkov.
- Procházka P. et al. 2023. Využití přírodních látek při moření osiva máku. Page 978-80-213-3247-8 in 22.Makový občasník edition.. Český modrý mák z.s, Praha.
- Pšenička P, Hosnedl V. 2007. Nechemické ošetření osiva jarního máku jako možnost ochrany v alternativním zemědělství. Pages 166-1688 in Ekologické zemědělství 2007 edition.. Česká zemědělská univerzita, Praha-Suchbát.
- Quesada-Moraga E. et al. 2006. Endophytic Colonisation of Opium Poppy, *Papaver somniferum*, by an Entomopathogenic *Beauveria bassiana* Strain. *Mycopathologia* **161**:323-329.
- Rajjou L. et al. 2012. Seed Germination and Vigor. *Annual Review of Plant Biology* **63**:507-533.
- Röder O. et al. 2009. Die e-ventus Technologie – eine Innovation zur nachhaltigen Reduktion von Pflanzenschutzmitteln mit Empfehlung für Bio-Saatgut. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* **4**:107–117.
- Roubal T. 2003. Regulace tvorby výnosu a poléhání jarního máku. Pages 134-141 in Řepka, Mák, Hořčice edition.. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Růžek L. et al. 2017. Ochrana ozimé řepky před houbovými chorobami původem z půdy s pozitivním vlivem na živou mikrobiální složku půdy. Pages 96-98 in Prosperující olejniny edition.. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Sabolová M. 2020. Role máku ve výživě člověka. Pages 8-12 in Výživa a potraviny 1/2020 edition.. Výživaservis.
- Sahu B. et al. 2018. *Pseudomonas fluorescens* PGPR bacteria as well as biocontrol agent: A review. *International Journal of Chemical Studies* **6**:1-7.
- Satranský M. 2024. Moření osiva máku. *Agromanuál* **19**:76-77.
- Satranský M, Cihlář P. 2021. Pěstitelská technologie máku od vzejití ke sklizni. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/pestitelska-technologie-maku-od-vzejiti-ke-sklizni> (accessed 2024-03-31).
- Seznam odrůd. 2023. Seznam odrůd. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský.
- Sikora K. 2008. Ochrana máku setého (*Papaver somniferum* L.) před krytonoscem kořenovým (*Stenocaurus ruficornis* Stephens) foliární aplikací. *Acta Universitatis agriculturae et Silviculturae Mendeliana Brunensis* **56**:123-130.
- Singh R. et al. 2023. A Review on Poppy Seeds and Its Organoleptic Behaviour. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology* **10**:30-34.
- Spitzer T. 2000. Mák, choroby, fungicidy. Mohou fungicidy ovlivnit obsah těžkých kovů v semenech máku a makovíně?. Pages 53-55 in Obilnářské listy edition.. Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž s.r.o, Kroměříž.

- Sun Z. 2020. et al. Biology and applications of *Clonostachys rosea*. *Journal of Applied Microbiology* **3**:486–495. Available from 10.1111/jam.14625 (accessed 2024-04-03).
- Šedivý J, Cihlář P. 2005. Infestation of Poppy Cultures with the Poppy Stem Gall Wasp. *Plant Protection Science* **41**:73-79.
- Škarpa P. et al. 2023. Výživa a hnojení máku setého: Ověřené postupy a vývoj nových hnojiv. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/vyziva-a-hnojeni-maku-seteho-overene-postupy-a-vyvoj-novych-hnojiv> (accessed 2024-03-31).
- Tewari S, Singh S. 2019. Agro-technologies for cultivation of medicinal plants. Pages 22-36 in *Medicinal Plants Cultivation and Conservation* edition.. KSCSTE-Kerala Forest Research Institute.
- Vach M, Javůrek M. 2011. Efektivní technologie zpracování půdy a zakládání porostů polních plodin. *Metodika pro praxi*. Praha-Ruzyně.
- Vašák J. 2010. *Mák*, 1 edition.. Powerprint, Praha.
- Vrbovský V. et al. 2021. Aktuálně o šlechtění máku a charakteristika vybraných odrůd. Pages 49-51 in *20. Makový občasník Mák v roce 2021* edition.. Český modrý mák z.s, Praha.
- Watson M. et al. 2011. *Flora of Nepal* 3rd ed.. Royal Botanic Gardens Edinburgh.
- Zákon č. 167/1998 Sb., o návykových látkách a o změně některých dalších zákonů. 1998.

