

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv ošetření osiva máku setého (*Papaver somniferum L.*)
na laboratorní klíčivost a vitalitu osiva**

Bakalářská práce

Autor práce: Dominika Kocourová

**Obor studia: Zemědělství a rozvoj venkova
– Ekologické zemědělství**

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

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv ošetření osiva máku setého (*Papaver somniferum L.*) na laboratorní klíčivost a vitalitu osiva" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala panu Ing. Matěji Satranskému, Ph.D. za jeho neustálou podporu, trpělivost, cenné rady a vstřícnost během psaní této závěrečné práce, která mi poskytla mnoho nových znalostí. Bez jeho odborného vedení, by nebylo možné dovést tuto práci k finální podobě, kterou má dnes. Dále bych ráda poděkovala svému otci za velkou podporu během celého studia na vysoké škole. Jeho nekonečná podpora a povzbuzení mi byly vždy zdrojem síly a motivace. Díky němu jsem dosáhla tohoto důležitého milníku ve svém vzdělávacím procesu, „Děkuji ti tati“.

Vliv ošetření osiva máku setého (*Papaver somniferum L.*) na laboratorní klíčivost a vitalitu osiva

Souhrn

Mák setý, patří mezi nejstarší léčivé rostliny. Česká republika je jedním z nejvýznamnějších producentů a exportérů makových semen. Mák setý se habitem svých semen řadí mezi drobnosemenné plodiny. Je známý svou vysokou citlivostí na celé spektrum agroekologických podmínek, které snižují jeho klíčivost, polní vzcházivost a v konečném důsledku produktivitu porostu. Klíčení semen je klíčovým obdobím v životním cyklu rostliny a je ovlivněno mnoha faktory, včetně životního prostředí a genetických vlastností. V systému ekologického zemědělství je využívání chemických přípravků nepřijatelné, proto je důležité se zaměřit na vhodné alternativy ošetření s cílem ochránit biodiverzitu. Navíc i v konvenčním zemědělství stále častěji, v důsledku legislativních změn a omezení chemických přípravků na ochranu rostlin, musí zemědělci hledat vhodnou náhradu v řadách přípravků biologických, či ekologicky šetrných.

Cílem práce bylo vyhodnotit vliv různých metod ošetření osiva máku setého na laboratorní klíčivost a energii klíčení v laboratorních podmínkách a následné porovnání jednotlivých variant. Pro laboratorní analýzu byla použita standardní metoda testování klíčivosti dle norem ISTA. Bakalářská práce zkoumala účinky ošetření pomocí komerčních chemických produktů (Cruiser OSR, Buteo Start) a přírodních látek (Polyversum, Gliorex). Dále byly použity biologické sypké materiály (sádra, skořice, dubový a smrkový popel) a v neposlední řadě také rostlinné extrakty (paprika, tymián, kopřiva).

Výsledky ukázaly, že přípravek Polyversum byl neúčinnější od počátku sledování a udržoval si svou účinnost po celou dobu testování. Další chemická i přírodní ošetření vykazovala různou míru účinnosti, přičemž některé z nich projevily zlepšení až po několika dnech. Z hlediska alternativních metod ošetření semen máku byly nejefektivnější skořice + Agrovital a dubový popel. Kombinace sádry s Agrovitalem vykazovala nejnižší míru klíčení ze všech použitých variant. V ošetření semen pomocí rostlinných extraktů měly výluhy z tymiánu a papriky výraznější počátek klíčení, zatímco výluh z kopřivy měl pomalejší nástup klíčení, avšak později dosáhl vyšší úrovně klíčivosti.

Celkově byla zjištěna pozitivní efektivita většiny testovaných přípravků na rychlost a vitalitu klíčení semen máku ve srovnání s kontrolní variantou. Nejlepší výsledek v klíčivosti dosáhl výluh z papriky. Lze tedy celkově usoudit, že rostlinné látky mají potenciál jako alternativa k chemickým přípravkům pro podporu klíčivosti semen. Tato zjištění mohou mít významný dopad na zemědělskou praxi a možnosti udržitelnějších metod v oblasti pěstování plodin.

Klíčová slova: mák, ošetření osiva, fungicidní ochrana, insekticidní ochrana, laboratorní testy

Effect of poppy seed treatment (*Papaver somniferum* L.) on laboratory germination and seed vigour

Summary

The poppy is one of the oldest medicinal plants. The Czech Republic is one of the most important producers and exporters of poppy seeds. Poppy seeds are a small-seeded crop. It is known for its high sensitivity to a wide range of agro-ecological conditions which reduce its germination, field emergence and ultimately crop productivity. Seed germination is a key period in the life cycle of the plant and is influenced by many factors, including environment and genetic characteristics. In an organic farming system, the use of chemical products is not acceptable, so it is important to focus on appropriate treatment alternatives to protect biodiversity. Moreover, even in conventional agriculture, increasingly, due to legislative changes and restrictions on chemical plant protection products, farmers have to look for suitable substitutes in the range of biological or environmentally friendly products.

The aim of the study was to evaluate the effect of different poppy seed treatments on laboratory germination and germination energy under laboratory conditions and then to compare the individual variants. The standard method of germination testing according to ISTA standards was used for laboratory analysis. The bachelor thesis investigated the effects of treatments using commercial chemical products (Cruiser OSR, Buteo Start) and natural substances (Polyversum, Gliorex). Furthermore, biological bulk materials (gypsum, cinnamon, oak and spruce ash) and last but not least plant extracts (paprika, thyme, nettle) were used.

The results showed that Polyversum was the most effective from the beginning of the follow-up and maintained its effectiveness throughout the testing period. Other chemical and natural treatments showed varying degrees of effectiveness, with some showing improvement after only a few days. In terms of alternative poppy seed treatments, Cinnamon + Agrovital and Oak Ash were the most effective. The combination of gypsum with Agrovital showed the lowest germination rate of all the alternatives used. In the seed treatments using plant extracts, the thyme and paprika leachates had a more pronounced onset of germination, while the nettle leachate had a slower onset of germination but later reached a higher level of germination.

Overall, most of the tested products were found to be positively effective on poppy seed germination rate and vigour compared to the control. The best result in germination rate was obtained by paprika extract. Thus, overall, it can be concluded that herbal substances have potential as an alternative to chemical preparations for promoting seed germination. These findings may have important implications for agricultural practice and the possibility of more sustainable methods in crop production.

Keywords: poppy, seed treatment, fungicide protection, insecticide protection, laboratory tests

Obsah

| | |
|---|-----------|
| 1 Úvod | 9 |
| 2 Cíle práce | 10 |
| 3 Hypotéza práce | 10 |
| 4 Literární přehled | 11 |
| 4.1 Původ Máku setého (<i>Papaver Somniferum L.</i>) | 11 |
| 4.1.1 Mák v České republice | 12 |
| 4.1.1.1 Biologická charakteristika | 14 |
| 4.1.1.2 Farmacie / lékařství | 14 |
| 4.1.1.3 Ozimý mák | 14 |
| 4.1.1.4 Podpurná plodina | 15 |
| 4.1.1.5 Ošetření osiva | 16 |
| 4.1.1.6 Choroby a škůdci máku | 16 |
| 4.1.2 Mák setý v ekologickém zemědělství..... | 17 |
| 4.1.3 Pěstitelská technologie | 18 |
| 4.2 Klíčivost a vitalita semen | 20 |
| 4.2.1 Klíčivost | 20 |
| 4.2.1.1 Dormance | 21 |
| 4.2.1.2 Hormony v rostlinách | 21 |
| 4.2.2 Vitalita | 22 |
| 4.2.3 Klíčení semen máku setého (<i>Papaver somniferum L.</i>)..... | 22 |
| 4.2.3.1 Testování klíčivosti a vitality | 23 |
| 4.3 Možná ošetření osiva máku setého | 25 |
| 4.4 Biologické přípravky | 26 |
| 4.4.1 Polyversum..... | 26 |
| 4.4.2 Gliorex..... | 27 |
| 4.5 Rostlinné extrakty | 28 |
| 4.5.1 Tymián..... | 28 |
| 4.5.2 Kopřiva | 29 |
| 4.5.3 Paprika | 29 |
| 4.6 Alternativní sypké materiály | 30 |
| 4.6.1 Skořice..... | 30 |
| 4.6.2 Sádra | 31 |
| 4.6.3 Popel z listnatých a jehličnatých dřevin..... | 31 |
| 4.7 Chemické přípravky | 31 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 4.7.1 | Buteo start | 31 |
| 4.7.2 | CRUISER® | 32 |
| 4.8 | Fyzikální ošetření osiv | 33 |
| 5 | Metody a materiál | 34 |
| 5.1 | Odrůda máku | 34 |
| 5.2 | Laboratorní klíčivost a energie klíčení | 34 |
| 5.3 | Ošetřování semen..... | 34 |
| 6 | Výsledky | 36 |
| 7 | Diskuze | 40 |
| 8 | Závěr | 42 |
| 8.1 | Vyjádření k hypotéze práce..... | 42 |
| 9 | Literatura..... | 43 |
| 10 | Seznam použitých zkratk a symbolů | 54 |
| 11 | Tabulky..... | I |
| 12 | Grafy | II |

1 Úvod

Mák setý je proslulý díky svým léčivým vlastnostem, které jsou spojeny s obsahem sekundárních metabolitů. Nejdůležitější z nich jsou benzyloisochinolinové alkaloidy, které zůstávají klíčovým zdrojem analgetických léčiv ve farmaceutickém průmyslu (Labanca et al. 2018). Pro farmaceutický průmysl se pěstují takzvané technické odrůdy máku setého. Využití máku ale nespočívá pouze ve farmaceutickém průmyslu nýbrž i v průmyslu potravinářském. Právě mák setý olejný, který je určen k potravinářskému zpracování je důležitou součástí osevních sledů v České republice. V neposlední řadě je mák využíván jako okrasná rostlina. Zcela stranou je potom, prakticky výhradně nelegálně pěstovaný mák opiový, který nadále zůstává hlavním přírodním zdrojem drog, jako je diacetylmorfin (heroin) (Dang et al. 2012). Česká republika se pyšní dlouholetou tradicí pěstování máku setého a historicky i současně je významným producentem, pěstitelům a vývozcem makových semen.

Klíčení a dormance semen jsou klíčové procesy pro kvalitní produkci semen. Dormance funguje jako ochranný mechanismus, který pomáhá rostlinám přežít nepříznivé podmínky tím, že omezuje klíčení semen. Nicméně, schopnost semen zůstat životaschopnými a produkovat silné sazenice po absorpci vody je klíčová pro přežití a udržení rostlinného druhu. V semenářské oblasti není dormance žádoucí, neboť je preferováno, aby semena klíčila rychle a rovnoměrně za optimálních podmínek. Je důležité porozumět faktorům ovlivňující tyto procesy pro dosažení optimální klíčivosti semen (Nautiyal et al. 2023).

Využívání chemických látek je široce rozšířené po celém světě kvůli jejich efektivitě. S cílem minimalizovat negativní vlivy na životní prostředí a lidské zdraví byly vyvinuty alternativní postupy integrované ochrany (Raffa & Chiampo 2021; Romanazzi et al. 2022). Osivo je klíčovým prvkem vstupu do zemědělství, neboť kvalitní osivo je základním předpokladem pro úspěšnou produkci potravin. Při použití vysoce kvalitního osiva je možné minimalizovat aplikaci syntetických pesticidů při pěstování plodin. Aplikace ochranných prostředků na semena chrání mladé rostlinky před infekcí v raných fázích růstu, které podporují zdravý vývoj plodin a tím zvyšující výtěžnost (Moumni et al. 2023). Alternativní metody ošetření semen zahrnují fyzikální postupy, mikrobiální ošetření a použití přírodních látek, jako jsou rostlinné extrakty a sypké materiály. Fyzikální techniky, včetně ošetření horkou vodou, párou nebo suchým teplem, byly účinně využity při ochraně různých plodin před škodlivými patogeny (Koch & Roberts 2014).

2 Cíle práce

1. Vypracovat kvalitní literární rešerši na zadané téma.
2. Vyhodnotit vliv různých způsobů ošetření osiva máku setého na klíčivost, vitalitu a životaschopnost osiva v laboratorních podmínkách.

3 Hypotéza práce

1. Lze předpokládat, že ošetřením osiva máku setého dojde k pozitivnímu ovlivnění laboratorní klíčivosti a vitality osiva oproti neošetřené kontrolní variantě.

4 Literární přehled

4.1 Původ Máku setého (*Papaver Somniferum L.*)

Rod mák (*Papaver*) je zařazen do čeledi makovitých (*Papaveraceae*). Tato taxonomická skupina je areálem poměrně rozlehlá, zejména v severní polokouli mírného pásu, která se dále rozšiřovala do celé Asie, Evropy a Mexika, jak uvádí Schwartz (2005). První dochované údaje máku setého (*Papaver somniferum L.*) pochází už od mladší doby kamenné, lépe známo od neolitu (Vašák et al. 2010). Na lokalitách v neolitickém období byly zachované otisky připomínající rostlinu máku, které nejsou dostatečně průkazné, zda se vždycky jednalo o kulturní druh, jelikož je velice zaměnitelný s plevelným druhem máku (Novák & Nováková 2018). Náš dosavadní nejstarší nález máku se stářím cca 2 800 let, byl nalezen u Ostrova u Stříbra. Tato doba se připisuje pozdní době bronzové (Vašák et al. 2010). Dle nízkého množství archeologických záznamů, byla obtížná identifikace původu (Salavart et al. 2018).

První písemná zpráva byla zaznamenána v osmém století před naším letopočtem v Řecku. Korint byl starověký řecký městský stát, kde se nacházela města Mekone a Poppy-town. Byly dvě skupiny vědců, první z nich se domnívali, že v těchto městech docházelo k pěstování máku a druhá skupina se domnívala, že tato města byla pojmenována pouze s ohledem na přirozený výskyt rostlin máku v okolí (Bernarh 1999). V antickém období byl mák velice oblíben a uznáván starými Egypťany, kteří opium používali ke zklidnění dětí. Římané využívali tuto rostlinu v náboženských ceremoniích, zatímco Řekové ji používali k vaření, čímž vytvořili účinný uspávací nápoj. Postupně se rozšířila do oblastí Arábie, Persie, Indie a Číny (Schwartz 2005).

Opium nebylo v Číně známo až do 8. století našeho letopočtu. Později se pěstování máku rozšířilo natolik, kdy se v roce 1609 opium používalo jako narkotikum při kouření. S cílem omezit užívání opia čínská vláda podnikla mnoho opatření, bohužel bez značného úspěchu. Z tohoto důvodu se čínská vláda uchýlila k radikálnějšímu způsobu, a to omezit dovoz opia indického máku. Toto rozhodnutí vedlo k válce s Amerikou, kterou Čína prohrála. V důsledku prohry bylo zapotřebí obnovit dovoz máku (Voškeruša et al. 1965). Z období 460 let př. naším letopočtem jsou dochované údaje o léčivých vlastnostech porostu máku. Tyto účinky se používali jako nápoj, který uklidňuje a tlumí od bolesti. Nápoj byl připravován z lodyh, listů a tobolek máku (Minkevič & Borkovskij 1953). Mák byl také užíván jako analgetikum a sedativum na uklidnění při střevních potížích. Použití našel i při léčbě s depresí. Během americké občanské války začali vojáci užívat morfium, které vedlo k jejich závislosti při delším užívání. Tento stav se označoval jako "nemoc vojáků" (Schwartz 2005). Do širokého podvědomí občanů evropy se dostalo opium v 19. stol., na základě výzkumů významného švýcarského alchymisty a lékaře Paracelsa (žil v 15.-16. století), který se tím významně zasloužil o jeho rozšíření v západní medicíně. Toto opium se využívalo jako univerzální léčivo (Martínková 2021). Jedná se o přípravek, který je složen z opia a čistého alkoholu a je znám pod názvem Laudanum (Schwartz 2005).

Pokud se jedná o genová centra je mák setý řazen do východoasijského, předoasijského a středomořského. Přesné místo původu je dosud neobjasněné. Původ máku je nejčastěji odvozován z blízce podobnému druhu máku štetinkatému (*Papaver setigerum DC.*). Nálezy tohoto druhu se vyskytovaly v oblasti Porýní, které jsou poněkud vzdálené od původního

středomořského areálu, kde byl tento druh rozšířen. Tudíž mohou vzniknout spekulace, zda je tato rostlina považována za kulturní či plevelný druh, který byl zavlečen do severních oblastí od Středozemního moře. Máček štětinkatý je planě rostoucí druh máku ve Francii, Řecku, Kypru atd., který je považován za předka kulturního máku setého. Někteří nesouhlasili s touto hypotézou, takže podle jiných názorů je možné, že máček setý a máček divoký mají společného předka (Fabry et al. 1992).

Máček štětinkatý (*Papaver setigerum*) je původem ze středního až západního středomoří a rozsah působení dosahují až na Kanárské ostrovy. Tento druh máku se vyskytuje obzvláště jako plevel na vinicích, vyvěřelých horninách a křídě. Kdežto kulturní máček setý je rozsahem rozšířen po celém světě. Mimo hranice biotopu není schopen máček přežít. Z cytologického pohledu je zřejmé, že oba druhy se v tomto ohledu budou nějakým způsobem odlišovat. *Papaver somniferum* je charakteristicky diploidní ($2n=22$) a *Papaver setigerum* je typicky tetraploidní ($2n=44$) (Fabry et al. 1992). Plevelný druh byl popsán francouzským botanikem De Candolle v roce 1883 pomocí rostlin, které odebral z francouzského pobřeží. Na základě těchto poznatků byly zveřejněny teorie, které naznačují, že kulturní máček setý vznikl z této formy. Oba druhy mají stejné či velmi podobné znaky. Dle některých botaniků, je tento druh znám jako poddruh máku setého (*Papaver somniferum subsp. Setigerum DC.*) (Novák & Nováková 2018).

4.1.1 Máček v České republice

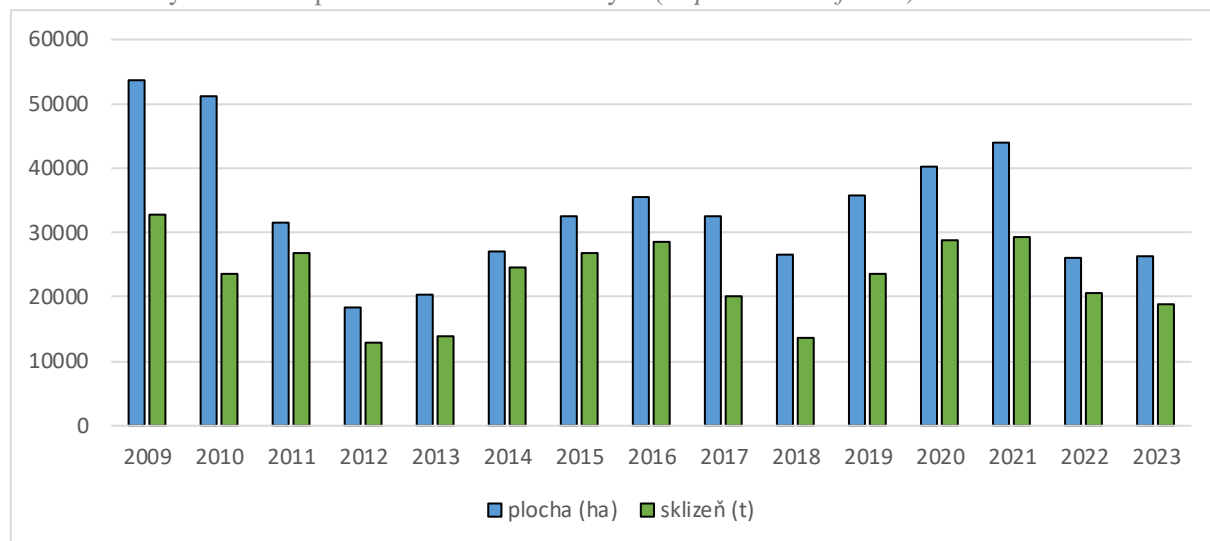
Jedná se o velmi prastarou kulturní plodinu, kterou nelze najít ve volné přírodě jako planě rostoucí. Doložené údaje o rozloze pěstování ze 70. let 19. století, byli největšími pěstitelskými plochy na Tábořsku (1001 ha), v Praze (385 ha) a na Písecku (360 ha) (Fabry et al. 1992). V období středověku bylo makové semeno využíváno pro potravinářské účely a zároveň byly rostliny pěstovány jako zahradní či okrasné rostliny kvůli svým pestrým květům. V Evropě nebyli dlouhá léta žádné znalosti o opium, kterou rostlina obsahuje (Petrželová 2015). I přesto, že semena máku mají vysoký obsah oleje, jsou klasifikována jako olejninu a využívána v potravinářském průmyslu jako pochutina (Graman 1995).

V Čechách je dlouholetou tradicí pěstování máku setého (*Papaver somniferum L.*). Je to jednoletá kulturní rostlina převážně jarního typu (Prochazka & Smutka 2012), která se řadí mezi léčivé rostliny (Voškeruša et al. 1965). Máček má významný vliv na lidskou výživu, neboť vykazuje dietetické vlastnosti. V potravinářském průmyslu je využíváno semeno máku azurové modré barvy, který obsahuje nízký obsah alkaloidů (Svoboda et al. 2020). Makový olej obsahuje polynenasycené mastné kyseliny, které jsou pro lidskou spotřebu kvalitním zdrojem energie. Díky přítomnosti hlavních alkaloidů (morfin, papaverin, kodein, aj.), je nedílnou součástí farmaceutického průmyslu (Prochazka & Smutka 2012).

Začátkem 21. století docházelo k nárůstu ploch určených pro pěstování máku, čímž se Česká republika stala významným producentem, pěstitelkou a vývozcem makových semen (Kuchtová et al. 2013). Máček setý patří k plastickým plodinám, které můžeme pěstovat ve všech oblastech. V roce 2019 byly největší plochy ve středočeském kraji a na Vysočině, kdy celková plocha činila 35 778 ha (Kolařík & Kolaříková 2020), díky tomu je možné zařadit Českou republiku mezi hlavní světové producenty makového semene (Potměšilová 2009). Jedná se o důležitou olejninu, která se projevuje dobrou kvalitou a čistotou. U nás se využívají odrůdy s nízkým obsahem morfinu a je nutné dodržovat ustanovení zákona č. 167/1998 Sb. Tento

právní předpis pojednává o návykových látkách a změně některých dalších zákonů. Jedním z aspektů tohoto zákona je ohlašovací povinnost, zejména u osob, hospodařící na ploše větší než 100 m² (Procházka & Smutka 2012).

Graf 1. Plochy v České republice oseté mákem setým (*Papaver somniferum*)



Zdroj: ČSÚ (2024)

V letech 2012 (viz graf 1) došlo k většímu poklesu hospodařících ploch máku setého (*Papaver somniferum L.*). Jako hlavní příčina poklesu byli považováni překupníci či dovozci, kteří přimíchávali technický mák do kvalitního českého máku, který znehodnocoval a zhoršoval kvalitu. Taková manipulace s mákem poškozuje naši reputaci. Je zřejmé, že bude docházet k zhoršení chuťové kvality (Fialová 2012). Tento mák pochází z vysokomorfinových odrůd, které jsou odpadem z farmaceutického průmyslu a lze ho považovat za levnou náhradu (Kuchtová 2012). Krize, které v České republice neustále nastávají, jsou řešitelné. I když obchodníci kombinují méně kvalitní mák s naším českým mákem, nenecháme se tím zastrašit, protože ČR je závislá na exportu máku. Roční spotřeba máku, která je exportovaná, je zhruba okolo 4 000 tun (Ježek 2012).

V roce 2021 byl zaznamenán významný nárůst plochy na téměř 44 tisíc hektarů, kde byl dosažen průměrný výnos 0,67 t/ha. V České republice je jakost makového semene stanovena vyhláškou č. 399/2014 Sb. V současné době je akceptováno pouze použití makového semene s obsahem morfinových alkaloidů nepřevyšující 0,8 % a s obsahem nejvýše 25 mg/kg. Maximální povolený celkový obsah morfinových alkaloidů (morfinu a kodeinu) může dosahovat až 20 mg/kg (Honsová 2022). Vysoké výnosy lze předpokládat po použití kvalitního osiva a rovnoměrného založení porostu. Má setý má drobná semena, který by měla být uložena maximálně ve dvou centimetrech do hloubky. Při hlubším setí může dojít k horšímu vzházení osiva. Je doporučeno zakládat porost máku do vyhráté půdy. V osevním postupu se řadí za sebou nejdříve za 4-5 let (Honsová 2022).

Vypuknutím rusko-ukrajinské války v roce 2022 vznikl nejvýznamnější konflikt v Evropě od druhé světové války (Rawtani et al. 2022). Ještě před touto událostí byl mák setý pěstován na více než 43 tisících hektarů českých polí. Avšak v důsledku války na Ukrajině došlo k výraznému poklesu těchto ploch, a to až o celých 40 % (Janda 2023).

4.1.1.1 Biologická charakteristika

Mák je výhradně řazen do rostlin jednoletých, výlučně se mohou objevovat případy přezimujícího se máku (Voškeruša et al. 1965). Tato rostlina je snadno rozeznatelná a lze ji bez obtíží odlišit od příbuzných rostlin. Jedním z rozpoznávacích znaků může být vysoká lodyha, která může dosáhnout až 90 cm. Listy jsou uspořádány střídavě a mají vejčitý tvar s drobnými zuby na okraji. Identifikace rostliny je jednoznačná díky květům, které se objevují jednotlivě na stopkách lodyhy a jsou bílé barvy s průměrem kolem 10 cm (Horová et al. 2017). Květní pupeny na stoncích jsou před rozkvetem ohnuté směrem dolů a při západu slunce dochází k otevření a vzpřímení poupat. Poupata jsou obvykle zakrytá dvěma zelenými kališními lístky, které opadávají spolu s čtyřmi korunními plátky při rozkvetu. Korunní plátky obklopují kališní lístky, které se od sebe odlišují barevností (Voškeruša et al. 1965).

Semena kulturního máku, které jsou považována za světovou jedničku exportu v ČR, jsou rozdělené v důsledku barevné odlišnosti. Má ledvinovitý tvar, který uvnitř ukrývá klíček obklopující kolem dokola vyživovací pletiva. Obsahem jsou tuky, bílkoviny a škrob, které postupně putují do celé rostliny (Voškeruša et al. 1965). Plodem je tobolka, lépe řečeno makovice, která ukrývá spoustu drobných semen. Surové opium je získáno z nezralých makovic a obsahuje několik alkaloidů. Jsou přidávány do léčiv, které zmiňují nebo tlumí bolest (Horová et al. 2017). Jedná se o rostlinu samosprašnou, u které při rozkvetu dochází ke styku pylu a blizny, na kterou dopadá. Opylování rostlin větrem a společností včel, je omezováno při dlouhodobém deštivém počasí, který neumožňuje přenos pylu (Voškeruša et al. 1965).

4.1.1.2 Farmacie / lékařství

Mák setý opiový je řazen mezi nejstarší léčivé rostliny. Obsahuje spoustu živin, jako jsou bílkoviny, dietní vláknina, oleje, antioxidanty a mikroživiny. Opium je ztuhlá mléčná tekutina zvaná latex, která se získává z nařezaných nezralých makovic máku setého (*Papaver somniferum L.*). Obsahuje pět základních alkaloidů (morfin, kodein, papaverin, thebain, noscapin) a jiné alkaloidy ve stopovém množství. Dále jsou přítomné organické kyseliny jako např. kyselina mléčná či káвовá. Produkce alkaloidů je ovlivněna obsahem zinku a kadmia. Vyšší koncentrace kadmia vyvolává u rostliny stres vůči abiotickým faktorům. Společně s reakcí s vyšším obsahem zinku se zvyšuje produkce alkaloidů (Muhammad et al. 2021). V současné době je využíváno méně než 5 % produkce k farmaceutické využití (Schwartz 2005).

4.1.1.3 Ozimý mák

Zakládání porostu ozimého máku dle informací jsou staré okolo 80 let. První experimenty se prováděly s domněnkou vyšších výnosů a robustnějšího kořenového systému, který usnadňuje příjem vody z hlubších vrstev půdy a minimalizuje riziko nedostatku vody. Pěstování bylo založeno na jarních odrůdách v podzimním období, kde byly výsledky různorodé. Pravidelně docházelo k mrazovému poškození vlivem abiotických faktorů, které jsou nedílnou součástí. Zimy byly velmi chladné a tak rostliny jarního máku neměli šanci přežít. Dříve byly nejčastěji používané odrůdy ozimého máku maďarské (Kozmosz) a rakouské (Zeno, Zeno 2002, Zeno Morpex). Tyto odrůdy se postupně šlechtily s cílem zvýšit jejich odolnost vůči mrazu a schopnost přežít v nepříznivých podmínkách. U maďarské odrůdy je uváděna

mrozovzdurnost kolem -9 až -11 °C, zatímco u rakouských, které bývají ranějšími odrůdami se uvádí -12 až -14 °C (Novák & Nováková 2018).

V České republice se stále častěji objevují období s vyššími teplotami, zejména během zimy, a nižším obsahem vláhy v našich půdách. Proto nezbytnou součástí je zvolit odrůdy máku, které budou schopné se těmto podmínkám přizpůsobit. Zdá se, že by se mohly v našich podmínkách osvědčit ozimé odrůdy máku. V ČR jsou registrovány pouze dvě odrůdy ozimého máku, Oz a Titan, které mají nižší obsah morfinu v makovině ve srovnání s jarními odrůdami, až 0,35 %. Českou novinkou je nově vyšlechtěná odrůda ozimého máku s modrými semeny, známá pod názvem Olaf. Tato odrůda vyniká velmi dobrou zimovzdurností a odolností vůči krytonosci kořenovému, který se v podzimním období nevyskytuje. Díky této odolnosti není nutné moření osiva, které vede k většímu růstu rostlin na jaře a snižuje se tím i riziko poškození. V úplně prvních pokusech přeživalo zimu až 93 % rostlin. Odrůda byla vyšlechtěna společností Oseva PRO ve výzkumném ústavu olejnin v Opavě. Jejím charakteristickým znakem jsou syté fialové květy a prokazuje velmi dobrý zdravotní stav a odolnost vůči plísni makové a helmintosporioze. Ozimý mák je vhodný do oblasti, kde se nedaří jarnímu máku dosáhnout ani půl tuny na hektar. V suchých oblastech dosahuje výnosu okolo jedné tuny na hektar. Nepříznivé jsou pozemky podmáčené a zaplevelené plevelným vlčím mákem (*Papaver rhoeas*), který přežívá i při mírné zimě. Výhodou pěstování ozimého máku jsou podzimní vláhové podmínky, které zlepšují polní vzcháživost, rychlejší růst a vývoj. Mák se vysévá přibližně mezi 10-15. září a pokud by se termín výsevu opozdil, rostlina by nedosáhla do optimální fáze pro přezimování, kterou je 6 až 8 pravých listů a výsevek činí okolo 1,8-2 kg semen na jeden hektar (Honsová 2023b).

Před výsevem je důležité, aby pozemek byl vlhký a svrchní vrstva byla odstraněna pomocí diskovým secím strojem, vytvářející dno brázdy pro uložení semen. Nakonec se zakryje jednocentimetrovou vrstvou kypré půdy (Honsová 2022).

4.1.1.4 Podpůrná plodina

V rámci osevního postupu je možné zařadit podpůrnou, lépe řečeno pomocnou plodinu, která má za cíl zlepšit vegetaci mezi řádky. V ekologickém zemědělství to může být z hlediska potlačení plevelů. Podpůrná plodina by měla být schopná efektivně kořenit ve svrchní vrstvě půdy a zároveň potlačovat pronikání kořenů do hloubších vrstev. Plodiny, které lze považovat za pomocné, jsou ty, které mají kořenový systém ve formě svazků a přispívají k lepší infiltraci vody.

Nejvhodnější mohou být trávy, které rychle vytvářejí nadzemní i podzemní biomasu během krátkého časového úseku. Do této skupiny patří i obilniny první skupiny, které se vyznačují dutým stéblem, jsou náročné na vodu ale méně náročné na teplo a počáteční vývin je rychlejší, tudíž vytvářejí odnože již od druhého až třetího pravého listu. Lze sem zařadit klasické trávy, jako je jílek, kostřava, srha a lipnice. Dále sem mohou být zařazeny zástupci pšenice, ječmene, žita, ovsa a triticales. Upřednostňují se především obilniny, o kterých máme více znalostí ze zemědělské praxe. Za pomocnou plodinu lze považovat rostliny jako je hořčice bílá, ředkev olejná, svazenka vratičolistá nebo pohanka obecná, avšak mají různá omezení při setí (pomalá vzcháživost), která brání jejich účinnosti ve společném pěstování s porostem máku setého.

Je nezbytné zohlednit vzdálenost mezi řádky, která by měla být dodržena mezi mákem a doplňkovou plodinou, aby se zabránilo rychlé konkurence mezi druhy na počátku vývoje. Důležité je mít na paměti vývoj pomocné plodiny, který by měl být dokončen na počátku prodlužování a po dokončení vývoje by měla zůstat biomasa na povrchu půdy, která pomáhá omezit vypařování vody (Brant et al. 2020).

4.1.1.5 Ošetření osiva

Základním a životně důležitým vstupem pro trvalý růst zemědělské produktivity a produkce, je osivo. Potravinářské plodiny jsou z 90 % připravovány k pěstování ze semen (Sharma et al. 2015).

Minerální výživa prostřednictvím aplikace do půdy nebo na list má své nedostatky, jako jsou vyšší náklady, selektivnost, zvýšená odolnost vůči škůdcům, riziko kontaminace potravin a krmiv, potenciální nebezpečí pro zdraví rostlin a zvířat, negativní dopad na životní prostředí a spoustu dalších omezení. Se vzrůstající populací roste zájem o vývoj pěstitelských postupů. Společně s dalšími opatřeními mohou tyto metody vést ke snížení množství infekčních zdrojů, a tak zajistit udržitelnější a zdravější ekosystém. Jednou z možností, jak přispět k tomuto cíli, je ošetřování semen (Sharma et al. 2015).

4.1.1.6 Choroby a škůdci máku

Aby se zabránilo výskytu chorob, tak v ochraně rostlin bychom měli cílit na dvě nejvýznamnější hospodářsky významné choroby. Obě tyto choroby jsou mimo jiné přenosné osivem a jejich regulace představuje značnou náročnost. Konkrétně se jedná o plíseň makovou (*Perenospora Arborescens*) a helmintosporiózu máku (*Dendryphion Penicillatum*).

Plíseň máková je charakteristická především díky světlým puchýřkovým skvrnám na listech. V pokročilejší fázi může postihnout i stonek a makovici rostliny. V napadených makovicích se semena mohou přeměnit na rezavý prášek, který vede k menšímu výnosu (Cihlář & Vlažný 2012).

Nejzhorbnější a nejvýznamnější houbové onemocnění, které napadá mák, je známá jako skvrničnatka maková, neboli Helmintosporioza. Primárním způsobem, jak se houbové onemocnění šíří je infikované semeno během klíčení. Rostlina může být napadena v libovolné fázi svého vývoje, od počátečního vzcházení až po dozrávání tobolek. (Voškeruša et al. 1965). V počátečních stádiích růstu rostlin způsobuje opadávání klíčících semen, ale zásadnější škody se projevují zejména u starších rostlin. Typickými znaky infekce jsou svislé černé pruhy a šedofialové skvrny na listech. Pro omezení šíření chorob je optimálním řešením použití zdravé, nejlépe mořené osivo (Cihlář & Vlažný 2012).

Choroba, která je zapříčiněná nedostatkem bóru se nazývá srdéčková hniloba máku. Dobou ochorení je známá především před začátkem sloupkování. Nejmladší listy postupně ztrácejí svou původní barvu a místo toho přecházejí do tmavofialově-hnědých odstínů. Nemocné starší listy bývají mnohdy pokroucené, zkadeřelé a výjimečně se projevují nažloutlé skvrny, přičemž na kořenech nebývají při nedostatku žádné známky nákazy (Voškeruša et al. 1965).

Virovým chorobám byla věnována jen minimální pozornost. Výskyt virových chorob byl u nás pozorován v letech 1984-1988 Darinou Kubelkovou a Josefem Špakem. Na devíti

lokalitách v České republice byly sledovány symptomy virového onemocnění rostlin máku. Mírná infekce byla projevem deformacemi listů s mozaikou zelených a žlutých barev, pestrokvětostí a slabým nasazením makovic s příznaky pruhovitostí. Naopak, v případě silné infekce je typická zakrslost rostlin, výrazná mozaika a deformace na listech a stoncích, až následné odumření celé rostliny. Je však patrné, že se bude jednat o stejného původce onemocnění, a to virus mozaiky vodnice (Kubelková et al. 1999).

Při zakládání porostů je nezbytné z hlediska hmyzích škůdců, sledovat výskyt a škodlivost dospělců hospodářsky nejvýznamnějšího škůdce, krytonosce kořenového (*Stenocarus ruficornis*), který dokáže rostlinu silně poškodit. Také se můžeme setkat ve fázi nasazování prvních květů s méně významnými škůdci, například krytonosec makovicový (*Ceutorhynchus macula-alba*) a bejlmorka maková (*Dasineura papaveris*) (Kolařík & Kolaříková 2020).

Krytonosec kořenový patří do skupiny nosatcovitých brouků, který má bíle zbarvený spodek těla a za hlavovým štítkem bývá načervenalý (Voškeruša et al. 1965). Žírem škodí převážně na kořenové soustavě klíčících rostlin a později jejich larvy způsobují škody na kořenech. Během zimního období dospělci zůstávají v půdě a na jaře vylézají a začínou se objevovat na klíčících rostlinách máku. Samičky kladou vajíčka do pletiv nebo k místu kořenového krčku, odkud se poté zavrtávají do půdy a následně dokončí svůj vývoj na kořenech mákového porostu (Rotrekl 2008). Krytonosec makovicový negativně ovlivňuje především rostliny v období kvetení. Dospělci nakladou do mladých makovic až několik desítek vajíček a po vylíhnutí požirají semena máku uložené v tobole. Napadení krytonosem poznáme dle černých skvrn a vytékající mízy z makovic (Cihlár & Vlažný 2012).

Dalším škůdcem, který se může vyskytovat na porostu máku je mšice maková. Napadení bývá zejména na pozdě setém máku, který je typický svinutými listy (Voškeruša et al. 1965). Škodlivost brouků žírem, je významná v období vzcházení až do čtvrtého až pátého pravého listu. Zatímco larvy mohou způsobovat škody na kořenech porostů, ale není to pravidlem. Abychom zajistili ochranu porostu, je nutné využívat mořené osivo, které může pozitivně ovlivnit zapojení porostů a následně chránit porost před škůdci (Rotrekl 2008).

4.1.2 Mák setý v ekologickém zemědělství

Způsoby pěstování jednotlivých odrůd máku se liší v závislosti na jejich zaměření. V potravinářském průmyslu jsou využívány podstatně odlišné odrůdy, které se liší od průmyslu farmaceutickém. Požadavky, které se vztahují na semena máku z ekologického zemědělství, musí odpovídat podmínkám certifikace a kvality, odpovídající z legislativních podmínek dle ČSN 46 2300-3 (Kuchtová et al. 2013).

U ekologických zemědělců není mák příliš oblíben. Dle posledních údajů se rozloha máku v ekologickém zemědělství pohybuje na úrovni kolem 82 hektarů (Ročenka EZ 2021). Je to pravděpodobně z důvodů obtížné mechanické kultivace vůči zaplevelení. Hojný počet zemědělců nenašlo dostupnou mechanizaci pro optimální způsob zpracování. Proto je mák obhospodařován ekologickými zemědělci na menších plochách, kde se regulace plevelných společenstev provádí ručně. V roce 2012 se výměra ekologického máku nepřehoupla ani přes jednoprocenní zastoupení z celkové výměry olejnin pěstované v ekologickém zemědělství, která činila 2 319 ha (Kuchtová 2012).

Pěstování máku na principech ekologického zemědělství vyžaduje vyšší náklady, které budou kompenzovány vyšší nákupní cenou. Ekologické hospodaření máku, musí vyžadovat předem promyšlenou strukturu pěstování a předejít tak zbytečným komplikacím v osevních postupech. Při porovnání s konvenčním zemědělstvím je rozdílná organizace porostu v předpokládaném výnosu (Novák & Nováková 2018).

V ekologickém zemědělství je meziřádková vzdálenost poměrně široká až 45 cm, která umožňuje mechanickou kultivaci, např. plečkování, které napomáhá s regulací plevelů. Mák je velice náročný na živiny. Nárůst potřeby živin začíná při vzcházení rostliny až do tvorby přízemní růžice. Poté nastává zlom a začíná klesat potřeba živin v důsledku vytvoření květních orgánů. V ekologickém zemědělství je důležité dbát na živiny z organických hnojiv, které se aplikují u vhodné předplodiny. K dosažení dobré zásobenosti živin docílíme aplikací vyzrálým hnojem a kompostem v menších a častějších dávkách. Mák se může sklízet po dosažení plné zralosti, kdy jsou semena pevná a odolná. Za příznivých podmínek, se může mák skladovat v makovici a následně vymlátit. Za sucha, lze mák vymlátit na stacionární mlátičce. Na menších plochách pak dochází k ruční sklizni při vyšší vlhkosti. Nevýhodou je určitě pracovní náročnost ale výhodou mohou být nižší ztráty a čistota (Novák & Nováková 2018). Pokud se počáteční vývoj nachází v optimální fázi, mohou se vynechat agrotechnické zásahy. V případě, že se porost nachází v nevhodných podmínkách, dochází k zvýšeným nákladům na agrotechnické opatření a může dojít k ztrátám kvality a celkovému množství zapojeného porostu (Kolenčík 2012).

4.1.3 Pěstitelská technologie

U máku je nutné počítat s pomalým počátečním růstem a nízkou konkurenční schopností vůči plevelům. Regulace proti plevelům je zejména mechanická a na menším pozemku se můžeme setkat s pletím či ruční okopávkou (Novák & Nováková 2018).

Je nutné zajistit, aby půdní horizont byl vyvážený, což je pro pěstování máku klíčové. Mák je vhodné pěstovat na půdách středně těžkých, hlinitých až hlinitopísčitých. Plochy určené pro pěstování máku by měly být především čisté, kypré s dostatečnou provzdušností a především bez přítomnosti širokolistých plevelů. Umístění porostu máku, je jedním z důležitých opatření, které napomáhají k lepšímu zapojení rostlin. Vzhledem k náchylnosti stonku v době dozrávání je nezbytné porost umístit tam, kde je porost chráněn proti větru. Existuje mnoho regionů, kde je možné pěstovat mák. Nejvhodnější jsou oblasti bramborářské, kde mák zaujímá 73 % ploch a v řepařské výrobní oblasti mák zaujímá 15-27 % ploch. Oblasti s vyššími teplotními podmínkami mají omezené možnosti pěstování v důsledku zvýšeného rizika napadení škůdci, kteří svým působením znemožňují pěstování máku (Voškeruša et al. 1965).

Složení půdy je možné ovlivnit přísunem organické hmoty, protože klíčící rostlina negativně reaguje na půdní škraloup (Kuchtová et al. 2013). Vzcházející porost máku je velmi náchylný na počáteční vývoj kořenového systému oproti jiným plodinám, z hlediska pomalejší tvorby kořenové soustavy. Nedostatek kořenového vlášení je u porostu velkou slabinou. Pokud bychom chtěli posílit tvorbu kořenů, například výživou nebo hnojením, je nejlepší termín aplikace ve fázi listové růžice (Mach 2012).

Mák je charakterizován krátkým vegetačním obdobím a mělkým kořenovým systémem. S ohledem na tyto aspekty je nezbytné zajistit optimální zásobu živin v půdě po celou dobu jeho růstu. Nejdůležitějším faktorem je udržení rovnováhy mezi makrobiogenních a mikrobiogenních prvků, které vykazují pozitivní vliv na výnosech a kvalitě produkce. Při pěstování máku má klíčový význam přísun dusíku. Je nezbytné zvolit vhodnou formu dusíkatého hnojiva, zejména pokud jde o příjem živin z půdy. Optimální potřeba dusíku pro mák se projevuje krátce po vyklíčení a trvá do fáze formování generativních orgánů (Lošák & Richter 2004). Rychlost a vyrovnanost porostu, probíhá na základě dosažení optimální hustoty porostu a vysokého výnosu. S ideálními podmínkami pro vzcházení na poli se zřejmě nesetkáme. Osivo je negativně ovlivněno vysokou vlhkostí, při kterém je nedostatek vzduchu v půdě a proto je nutné zajistit a kontrolovat vitalitu osiva v průběhu klíčení (Honsová 2023a).

Výživa u máku je celkem náročná, jelikož rostlina není schopna dobře poutat živiny v důsledku slabého kořenového systému, je nutné do půdy dodávat živiny v lehce přijatelných formách (Škarpa et al. 2023). Velmi důležitým prvkem je bór, který je uložen v sušině makovice a při jeho nedostatku je ohrožen vegetační vrchol u kterého později dochází k odumření. Slabou kořenovou soustavu lze podpořit použitím fosforečných hnojiv, které přispívají celkovému zapojení porostu a vývoji. Nejlepším termínem aplikace těchto hnojiv se udává před výsevem. Výhodou by na porost mohla být společná aplikace s minimálním množstvím dusíku, zejména v amoniakální formě s přídavkem síry, která podporuje tvorbu sušiny. Takto společná aplikace pozitivně ovlivňuje nižší rizika ztrát vyplavením (Kolenčík 2012).

Regulace proti plevelům je prováděna preemergentně ale v případě vysokého tlaku plevelných rostlin je možné použít herbicidy post-emergentní, kdy musí být dávky rozdělené. V pěstování máku se používá neselektivní herbicid Dominator 360 TF, který je účinný proti vzešlým vytrvalým plevelům, včetně vlčího máku. Dalším registrovaným herbicidem je Rally (chlortoluron), který lze aplikovat před vzejitím plodin nebo po vzejití. Jeho účinek je zaměřen především na trávy, heřmánkovité plevele, hluchavky, ptačince a brukvovité rostliny (Vlk 2022).

4.2 Klíčivost a vitalita semen

4.2.1 Klíčivost

Klíčení semen je fyziologický proces, při kterém se embryo prodírá z obalů, jenž mohou zahrnovat endosperm, perisperm, testu nebo perikarp. Semena, která jsou zralá a suchá jsou v neaktivním stavu. Během této klidové fáze mají semena obvykle nízký obsah vlhkosti (5-15 %) a metabolická aktivita se téměř zastaví a neprobíhá v nich žádný z procesů klíčení. Jedním z pozoruhodných vlastností semen je jejich schopnost přežít v tomto stavu po mnoha let a následně obnovit normální či vysokou úroveň metabolismu. K dosažení klíčivosti je zapotřebí, aby v klidovém stavu semene byly dosaženy podmínky, které povzbuzují metabolické procesy, jako je vhodná teplota a přítomnost kyslíku. Klidná fáze by neměla být zaměňována s klidem, která souvisí s neschopností absorbovat vodu a metabolicky aktivních semen dokončit své klíčení za příznivých podmínek (Bewley et al. 2013).

Proces klíčení začíná absorpcí vody prostřednictvím suchého semena a je dokončeno, když se část embrya, obvykle kořen rozšiřuje a proniká do okolních struktur (Bewley 1997). Semena uchovávají embryonální rostlinu ve stavu dormance a následné klíčení je proces, který obnovuje růst. Mladá rostlina je obklopena vrstvou živých a mrtvých tkání, což slouží jako ochrana a zároveň rezerva pro svůj metabolismus. U klíčících semen lze rozeznávat tři různá stádia, konkrétně absorpce vody, prodlužování buněk a zvýšení počtu buněk. Suchá semena obsahují scvrklé tkáně, drobné buněčné vakuoly, jádro nepravidelné a obsah těchto semen je plazmolyzován (Toole et al. 1956). Většina semen musí nejprve absorbovat vodu, aby mohly aktivovat své metabolické procesy. Semena, která mají nepropustné obaly jsou označována jako "tvrdá semena", které brání v přijímání vody, tudíž se budou nacházet v latentním stavu, dokud neproběhne zvětrávání nebo dokud nebudou obaly skarifikovány, což umožní vodě proniknout (Nonogaki et al. 2006).

Klíčení končí procesem růstu embrya s dostatečnou silou k protržení zárodečných obalů. Počáteční fáze klíčení se považuje převážně nasávání (vody) a proces klíčení je později podmíněn například hnojením. Zásadním problémem je obtížnost rozlišení mezi primárními a sekundárními metabolickými reakcemi na ošetření, které ovlivňují konečný výsledek klíčení. Fyziologie klíčení je možné podstoupit dvěma varianty. První z nich je zkoumání úbytku embryonálního růstu před dozráním semen. Druhá varianta představuje mechanismy, které řídí klíčení s odlišnými environmentálními požadavky oproti následnému růstu (Koller et al. 1962).

Dle Nonogaki et al. (2010) je počátek klíčení odstartován příjmem vody a ukončen objevením embrya v okolních strukturách. "Viditelné klíčení" je považováno za dokončený proces a lze semeno nazývat za vyklíčené. Z agronomického hlediska lze klíčení pokládat za vzešlá semena z půdy, jelikož jde o praktické označení.

Termín klíčení zahrnuje mnoho událostí, které rostlina musí překonat, např. hydratace proteinů, strukturální změny, dýchání, makromolekulární syntézu a prodlužování buněk. Kombinovaný účinek těchto událostí vede k transformaci dehydratovaného (klidového) embrya, jehož energetický metabolismus dosahuje vrcholu během růstu. Proto je občas termín klíčení zaměňován za vzházení rostlin z půdy, neboť klíčení končí někdy před tím, než je sazenice vidět (Bewley & Black 1985). Proces klíčení vyžaduje specifické podmínky prostředí, přičemž citlivost semen se dynamicky mění v souladu s adaptací k okolnímu prostředí. Klíčení

je tedy závislé na endogenních hormonálních i enviromentálních signálech jako je teplota, světlo a dostupnost voda, které společně umožňují úspěšné vyklíčení spících semen (Ali et al. 2022).

4.2.1.1 Dormance

Dormance je klíčovou evoluční strategií, která oddaluje klíčení semen po delší období, což zvyšuje potenciál přežití potomstva z jednoho souboru semen. Během dormance nedochází k buněčnému dělení, ačkoli buňky embrya zůstávají v metabolicky aktivním stavu. Při analýze několika druhů rostlin bylo zjištěno, že embryonální buňky zůstávají v metabolicky aktivním stavu (G1 fáze) až do počátku klíčení (Russell et al. 2000).

V rostlinách se nachází hormony, které souvisí se syntézou a mají obecný vliv na vývoj rostlin. Jedná se o kyselinu abscisovou (ABA) a giberelinu (GA) (Russell et al. 2000).

Dormance je adaptativní charakteristika, která optimalizuje časové rozložení klíčení v populaci semene. Dormance semen je obecně nežádoucí charakteristika v zemědělských plodinách ale určitý stupeň je příznivý během vývoje semen. Toto tvrzení platí zejména u obilnin, kde se zabraňuje klíčení zrna na klasu mateřské rostliny v důsledku velkých ztrát pro zemědělský průmysl. Zjednodušený význam dormance semen je selhání neporušeného životaschopného semene k řádnému vyklíčení za příznivých podmínek (Bewley 1997).

Kvalitní dormance je klíčovým faktorem v oblasti zdatnosti rostlin a zajišťuje schopnost přizpůsobit se různorodým podmínkám prostředí. Můžeme rozeznávat dva druhy dormance. Primární dormance se projevuje později v životním cyklu semene s postupujícím vývojem a dozráváním. Tato forma dormance začíná být vyvíjena na mateřské rostlině a dosahuje vyšší úrovně u suchých zralých semen. Naopak sekundární dormance se vyskytuje po oddělení semene od mateřské rostliny a je typická u semen nespících z důvodu nepříznivých podmínek pro klíčení (Ali et al. 2022).

4.2.1.2 Hormony v rostlinách

Kyselina abcisová (ABA) je přirozeně se vyskytující fytohormon, který byl identifikován v 60. letech. ABA hraje roli v řízení rozmanitých fyziologických procesů, včetně vývoje semen a adaptace rostlin na enviromentální stres. (Giraudat et al. 1994). Tyto procesy zahrnují dormanci semen, akumulaci živin a vyvinutí tolerance vůči vysychání. Endogenní obsah ABA dosahuje vrcholu přibližně v posledních dvou třetinách vývoje semen, následně hladina klesá a ustálí se na úroveň suchého semene. Naopak exogenní ABA může potlačovat předčasné klíčení nezralých embryí v kultuře (Leung & Giraudat 1998).

Gibereliny (GA) jsou dalším typem fytohormonů, které jsou součástí rostlin a řídí mnoho aspektů růstu a vývoje rostlin (Swain & Singh 2005). GA se dělí na biologicky aktivní a neaktivní formy. Bioaktivní GA ovlivňují různé aspekty růstu a vývoje rostlin, včetně procesů klíčení semen, prodlužování stonku, expanze listů, rozvoj květů a semen. Mnoho nebioaktivních forem giberelinu existují v rostlinách jako prekurzory pro bioaktivní formy nebo pro deaktivované metabolity (Yamaguchi 2008).

4.2.2 Vitalita

Vitalita je termín označující fyziologické vlastnosti semen, které ovlivňují jejich schopnost rychlého klíčení v půdě a odolnost vůči nepříznivým podmínkám životního prostředí (Mirjana et al. 2010).

Fyzické nebo biochemické poškození semen může způsobit ztrátu vitality, což může být způsobeno změnami v polních podmínkách a posklizňových procesech. Tyto faktory, jako je vlhkost, teplota, škůdci a choroby mohou vést k poškození semen, což zpomaluje jejich růst nebo je dokonce znehodnocuje. Tato rizika jsou obtížně ovladatelná, proto je klíčové znát vitalitu před zasetím. Díky této informaci mohou semenářské společnosti nebo zemědělci posoudit kvalitu svých produktů, kteří tak mohou maximalizovat výnos (He et al. 2019).

Semena, jako živé organismy, představují nejzákladnější a klíčové zdroje v rostlinné produkci. Kvalitní semena s vysokou vitalitou zajišťují rychlé klíčení a rovnoměrný růst na poli. Tyto aspekty jsou nezbytnou součástí pro výnos plodiny. Celkově dochází k poklesu výnosu o přibližně 5-40 % u semen s nízkou vitalitou ve srovnání se semeny vykazující vysokou vitalitu. V rámci zemědělské produkce má zvyšování vitality osiva a získávání vysoce kvalitních semen praktický význam (Guo et al. 2018).

4.2.3 Klíčení semen máku setého (*Papaver somniferum L.*)

Klíčení semen představuje složitý biologický proces, jehož průběh je ovlivňován různými enviromentálními a genetickými faktory. Tento proces je považován za jedno z nejkritičtějších období v životním cyklu rostlin. Úspěch klíčení, následné vzcházení rostlin a jejich usazení jsou determinovány podmínkami prostředí přímo obklopující semeno (Kampar et al. 2012).

Ovlivňování vývoje rostlin teplotou tvoří základ pro modely využívané k prognózám, především v oblasti časového klíčení. Důležitým prvkem je odhadovat kardinální teploty, včetně základní, optimální a maximální hodnoty, které popisují rozsah teplot, při kterých mohou semena klíčit. Rychlost vývoje rostlin se zvyšuje mezi základní a optimální teplotou. Naopak mezi optimální a maximální teplotou se rychlost snižuje, neboť dochází k zastavení nad maximálními a pod minimálními teplotami (Shafii & Price 2001). Stále chybí informace o kardinálních teplotách pro proces klíčení máku, který je řazen k plodinám zásadním při farmaceutickém průmyslu kvůli výrobě přírodních opiátových alkaloidů, zejména morfinu, kodeinu a thebainu, kdy jsou tyto látky převážně extrahovány z makoviny (Kampar et al. 2012).

Omezení růstu plodin a produktivity zemědělství je způsobeno především suchem, který patří mezi hlavní abiotické stresory. Nedostatek vody ovlivňuje různé fyziologické a biochemické procesy v rostlinách, což představuje např. fotosyntézu, osmotickou homeostázu, absorpci a transport iontů, syntézu chlorofylu, dýchání a metabolismus sacharidů, čímž dochází k inhibici růstu rostlin a ke snížení výnosu. Během stresu způsobeného suchem rostliny reagují aktivací řady účinných sebeochranných mechanismů. Rostliny se rovněž adaptují na stres způsobený suchem tím, že indukují expresi specifických genů pro suchou toleranci. Mezi tyto geny patří dehydriny (DHN), což jsou klíčové proteiny přítomné v rostlinách, nazývané chaperony. DHN jsou vysoce hydrofilní a strukturální analýza naznačuje, že se jedná o vnitřně neuspořádané proteiny. Tyto proteiny stabilizují buňky a chrání tkáň před ztrátou vody během období sucha. DHN byly zkoumány jako potenciálně klíčové proteiny pro ochranu rostlin před

nedostatkem vody, zejména v rané fázi klíčení, kdy jsou rostliny máku nejvíce zranitelné vůči suchu (Kundráťová et al. 2021).

Mezi klíčové mikroživiny ovlivňující růst rostlin a výnos zejména u plodin je Bor (B). Je využíván při fyziologických procesech jako tvorbě bílkovin, součástí buněčného dělení, stavbě buněčné stěny, membrány a růst kořenů. Zaznamenáno bylo toxické působení boru při dávce vyšší než 36 kg/ha, což mělo negativní dopad na růst rostlin a výnos u kultivarů máku setého opiového. Podle provedeného experimentu byla zaznamenána vyšší klíčivost semen máku při použití kyseliny borité než při použití boritanu sodného. Toto zvýšení bylo patrné v délce výhonků (Keya et al. 2023). Součástí procesu může být zahrnuta stimulace klíčení. Huminové látky (HS) představují směsi organických materiálů, jež se vyskytují v půdě, rašelině, hnědém uhlí a lignitu. Tyto přírodní látky jsou utvářeny z organické hmoty a vynikají svou vysokou molekulární hmotností a rozmanitými funkčními skupinami. HS jsou rozdělené do tří skupin: huminové kyseliny (HA), fulvonové kyseliny (FA) a huminy (Šerá & Novák 2021). Humus je obecně označován jako synonymum pro organickou hmotu v půdě. Zahrnuje souhrn organických sloučenin s výjimkou nerozložených rostlinných a živočišných tkání a jejich částečných produktů rozkladu, stejně jako půdní biomasa. Chemické a koloidní vlastnosti půdní organické hmoty lze zkoumat pouze ve volném stavu, což znamená, že jsou zbaveny od anorganických složek půdy (Chen & Aviad 1990).

4.2.3.1 Testování klíčivosti a vitality

Tradiční metoda ověření klíčivosti semen je široce uznávaným postupem (ISTA 2019). Testování klíčivosti se provádí s cílem odhadnout maximální počet semen, která vyklíčí a následně vytvoří zdravé rostliny, tím zaručí opakovatelnosti výsledků. Tyto výsledky mohou být využity k porovnání kvality různých skupin semen a rovněž pomáhají předpovědět úspěšnost setí v polních podmínkách (Benjamin 1990). Proces zahájení klíčení začíná procesem absorpcí vody semen a končí vývojem kořínků, což představuje úvodní fázi růstu rostlin. Správný průběh klíčení je důležitý nejen pro založení nových sazenic ale také pro pozdější výnos rostliny (Han & Yang 2015).

Test urychleného stárnutí (TUS) krátkodobě vystavuje semena dvěma stresovým faktorům (vysoká teplota a vysoká relativní vlhkost), které představují dva hlavní faktory při stárnutí (Mirjana et al. 2010) a také má za následek rychlé znehodnocení semen. Semena s vysokou vitalitou jsou schopna odolávat těmto stresovým situacím. Jejich kvalita se zhoršuje pomaleji, a i po procesu stárnutí mají stále vysokou klíčivost na rozdíl od semen s nízkou vitalitou. (TeKrony 2005). Tento test patří mezi nejčastěji využívaných testů pro hodnocení životaschopnosti, především díky jeho úzkému vztahu k vývoji rostlin v polních podmínkách (Lovato et al. 2001).

Testování vitality semen, které jsou rychlé, spolehlivé a snadno proveditelné jsou ceněny v osivářském průmyslu. Metoda vzcházivosti kořínků (RE) byla ověřena organizací ISTA, jako prostředek životaschopnosti semen u některých druhů plodin (kukuřice, ředkvička, řepka a pšenice) (ISTA 2021). Během počátečních fází klíčení je jednou z prvních událostí oprava jakéhokoli poškození, které semena mohla utrpět v suchém stavu, předtím než začnou vyrůstat kořínky. Čím větší je míra poškození, tím déle trvá proces jeho opravy. To vede k zvýšené prodlevě mezi nasátím vody a výskytem klíčícího zárodku. Tato myšlenka je

označována jako hypotéza stárnutí a opravy semen (Powell & Matthews 2012). Principem tohoto testu je monitorování počtu vyklíčených semen s jednoznačně vymezenou délkou kořínků (2 mm) během prvních 44–70 hodin od jeho založení. U šarží osiva s pomalejším klíčením se předpokládá nižší životaschopnost a celkově horší schopnost vzcházivosti v polních podmínkách (Matthews & Powell 2012; Matthews & Khajeh-Hosseini 2007; Guy & Black 2008).

4.3 Možná ošetření osiva máku setého

Osivo je klíčovou a nepostradatelnou součástí udržitelného zvyšování zemědělské úrodnosti, zvláště s ohledem na skutečnost, že plodiny vyrůstají z osiva. Ošetření osiva zahrnuje předchozí aplikaci specifických fyzikálních a chemických látek na semena před výsevem s cílem potlačit, kontrolovat nebo odstraňovat patogeny, hmyz a jiné škůdce, které by mohly ohrozit semena, sazenice nebo celé rostliny (Sharma et al. 2015).

Vzhledem k negativním dopadům chemikálií na životní prostředí, kvalitu potravinářských výrobků a rozvoji odolnosti proti plísním je kladen důraz na hledání alternativních metod ochrany rostlin. Mezi tyto metody může patřit biologická kontrola nebo využití rostlinných obranných elicitorů. Tyto elicitory představují rostlinné sloučeniny, které mají schopnost bránit tvorbě jiných sloučenin (Meszka & Bielenin 2010). Biologická kontrola je nedílnou součástí pro zvládnutí například chorob rostlin. V tomto kontextu pesticidy ztrácejí na důležitosti v důsledku obav a jejich vlivem na životní prostředí. Využitím biologických látek je poskytována ochrana pro půdní úrodnost, růst a množení nově vzniklých částí rostlin, k nimž nebyly původně aplikovány (Herman 1991). V nejširším slova smyslu je v biologické kontrole zahrnut jakýkoli prostředek regulace chorob nebo snižování vlivu patogenů, které využívají jiné biologické mechanismy nebo organismy než člověk (Campbell 1989).

Semena jsou vnímána jako genetická komodita a mají klíčovou úlohu v udržitelnosti zemědělsko-potravinářského systému. Před samotným výsevem jsou nejčastěji ošetřována biologickými přípravky, aby se zajistila vysoká kvalita osiva a optimální výnos. Biologická ošetření zahrnují aktivní složky, jako jsou mikroorganismy (houby, bakterie), rostlinné extrakty a řasové výtažky. Několik studií zkoumalo účinnost biologického ošetření semene při regulaci škůdců přenášených semenem a půdou. Zároveň prokázaly jeho schopnost zlepšit klíčivost semen ($7\pm 6\%$), vzcházivost sazenic ($91\pm 5\%$), růst a výnos rostlinné biomasy ($21\pm 1\%$) ve srovnání s neošetřenými semeny. Tato semena mohou představovat udržitelné řešení pro zajištění potravin pro rostoucí celosvětovou populaci, přičemž současně minimalizují negativní dopady na lidské zdraví a přispívají k udržitelnosti životního prostředí (Lamichhane et al. 2022). V půdních ekosystémech mikroorganismy produkují různé sekundární metabolity, například antibiotika, antimykotika a siderofoly. Tyto látky slouží jako prostředky pro komunikaci, konkurenci a interakce s ostatními organismy v prostředí. Většina antibiotik, která jsou známá, mají původ v několika kultivovatelných mikrobiálních skupinách a biosyntetický potenciál většiny půdních bakterií byly zkoumány pouze omezeně (Crits-Christoph et al. 2018).

Ošetření může efektivně zvyšovat klíčivost, i když jsou využívána semena s nízkou životaschopností nebo je semenný obal poškozený. Obdobným výhodám lze dosáhnout i v případě zpožděného klíčení způsobeného nepříznivými půdními nebo povětrnostními podmínkami. Tato strategie zahrnuje předčasné vysetí do půdy s nižší teplotou nebo vysetí do půdy s nedostatečnou živinovou hodnotou. Aplikace fungicidů zůstává stále nejúčinnějším prostředkem s ohledem na metody, které byly v minulosti uplatňovány. Avšak nové metody, především ty biologické, přinášejí alternativu bez nutnosti používání chemických nebo fungicidních přípravků. Tyto metody jsou obzvláště ceněny v oblasti ekologického zemědělství, kde se klade důraz na to, aby původ semen nebo jiného rostlinného materiálu odpovídal standardům pro ekologické zemědělství (podle nařízení EHS 2092/91) (Mancini & Romanazzi 2013).

Onemocnění rostlin představují závažnou hrozbu pro zdraví a funkčnost přírodních i umělých ekosystémů. K dosažení prevence, zmírnění nebo kontroly těchto onemocnění se využívají různé metody a strategie. Udržitelné a ekologické přístupy, například využití prospěšných hub, získaly významnou pozornost po celém světě díky svým pozoruhodným antagonistickým vlastnostem vůči rostlinným patogenům (Ghorbanpour 2018). Je nezbytné proto přijmout odolnější a udržitelnější postupy s cílem minimalizovat ztráty na výnosech plodin způsobené aktivitou škůdců a zároveň snížit dopady ochrany proti škůdcům na lidské zdraví a životní prostředí. Zvýšené uplatňování biologických metod, včetně biologické regulace, biopesticidů, biostimulantů a feromonů, představuje vysokou prioritu v oblasti udržitelného zemědělství, ekologického zemědělství a integrované ochrany proti škůdcům (Baker et al. 2020).

4.4 Biologické přípravky

4.4.1 Polyversum

Pythium oligandrum byl původně identifikován Drechslerem jako původce kořenové hniloby hrachu ve Spojených státech amerických. Od té doby byl objeven i na mnoha dalších rostlinách (Drechsler 1930).

Polyversum je biologický prostředek určený k potlačení houbových chorob s růstovým stimulačním účinkem (Kuchtová & Dvořák 2013). Aktivní složkou tohoto přípravku je mykopatogenní houba/oomycety *Pythium oligandrum*. Nachází využití jak v konvenční, tak v ekologické produkci díky svým účinným a bezpečným vlastnostem, kdy dokáže přímo zaútočit na rostlinné patogeny. Zároveň vyvolává syntézu fenolů a ligninu v mezibuněčných prostorech rostlinných pletiv, což brání dalšímu šíření patogenů (Rekanovic et al. 2007). Tento prostředek představuje biologickou kontrolu v boji proti půdním fytopatogenním houbám. Tato houba se vyskytuje ve společenství s dalšími druhy *Pythium* spp. (Bradshaw et al. 1991).

Při původním popisu *Pythium oligandrum*, byla tato houba pozorována v kořenových lézích. Vzhledem k tomu, že neprojevovala žádné příznaky onemocnění, byla považována za sekundárního vetřelce v zasažených tkáních, který by mohl částečně parazitovat na jiných houbách rodu *Pythium* spp. (Drechsler 1946), které jsou známí svou patogenitou (Bradshaw et al. 1991).

Biofungicid se aplikuje na osivo před výsevem (ošetření preemergentní) prostřednictvím moření. Pro ošetření porostů se přípravek smíchá s menším množstvím vlažné vody (0,1 kg/ha ve 300-400 l vody). Po dvou hodinách vznikne suspenze, která se následně přecedí přes síto s očky (Kuchtová & Dvořák 2013). Pro dosažení optimální biologické kontroly je nezbytné, aby *P. oligandrum* kolonizovalo na kořenech a udržovalo se v rhizosféře rostlin po celou dobu vegetačního období. Tato kolonizace kořenů skutečně vyvolává systémovou rezistenci. Zajímavým faktem je, že rostliny, které jsou infikovány *P. oligandrum*, aktivují syntézu proteinů pouze v případě, že byly listy napadeny patogenem, jako například *Botrytis cinerea* (Le Floch et al. 2003a).

Určité druhy hub z rodu *Pythium* mohou mít omezený nebo neznámý dopad v polních podmínkách, avšak mohou získat ekonomický význam v hydroponických kulturách, jako jsou například houby *Pythium* skupiny F (Rey et al. 2007). Po zavedení do skleníku může infekce

dosáhnout významného rozsahu vzhledem k rozvoji patogenu, což následně vede k jeho rozšíření do celého kulturního systému (Le Floch et al. 2003a). Infikované rostliny nevykazovaly zřetelné příznaky, avšak v jejich tkáních, které byly kolonizovány *Pythium* skupiny F, proběhly výrazné změny. Kolonizace zahrnovala řadu vlastností, včetně vývoje a růstu houby v epidermis a vnějších kortexových tkáních, což vedlo k dezorganizaci hostitelských buněk nebo jejich rozpadu. Současně došlo k pronikání patogenu do vnitřní kůry, které spustilo indukci obranných reakcí hostitele a způsobilo změny v invazních hyfách (Rey et al. 2007).

Jako mykoparazitismus je definován aktivním růstem podél hyf hostitele a produkci enzymů, jež degradují či narušují stěnu hostitelské buňky. *P. oligandrum* má schopnost proniknout až do hostitelských buněk, která vede k úplné destrukci cytoplazmy hostitelských buněk a nakonec k úhynu hostitele. V těchto interakcích hrají klíčovou roli hydrolytické enzymy, včetně chitináz a celuláz (Gerbore et al. 2014). Hostitelské houby byly klasifikovány podle úrovně citlivosti jako vysoce citlivé, středně citlivé, rezistentní a antagonistické. Tato klasifikace závisela na věku jednotlivých hyf a celých kolonií během parazitického procesu. Mladé hyfy většiny hub byly náchylné k parazitismu, zatímco odolnost se zvyšovala s dozráváním hyf. Nicméně se zdá, že tato odolnost klesala po dosažení určitého bodu dozrávání. Pravděpodobně existovala souvislost mezi odolností zralých hyf a přítomnosti tmavé pigmentace u některých hub (Deacon 1976).

4.4.2 Gliorex

Gliorex je považován za biofungicid, který obsahuje aktivní látku ve formě spor hub *Trichoderma harzianum* a *Clonostachys rosea*.

Houby rodu *Trichoderma* jsou známy pro svou schopnost sloužit jako biokontrolní činidlo proti rostlinným patogenům, a to minimálně od dvacátých let 20. století. Jedná se o volně žijící houby, které se projevují vysokou interakcí v kořenovém, půdním a listovém prostředí. Do nedávné doby byly považovány za hlavní mechanismy, které primárně ovlivňují patogeny; mykoparazitismus, antibiůza a konkurence o zdroje a prostor. Tyto houby aktivně osidlují kořenovou epidermis a vnější kortikální vrstvy, přičemž uvolňují bioaktivní molekuly, které vyvolávají oddělení kalusu od *Trichoderma*. Studie mykoparazitismu odhalily, že tyto houby produkují rozmanitou směs antifungálních enzymů, včetně chitináz a β -1,3 glukánáz. Tato enzymatická aktivita projevuje sympatii mezi jednotlivými enzymy, tak i s dalšími antifungálními enzymy a materiály (Harman 2006).

Trichoderma harzianum Rifai patří mezi nejběžnější druhy a je široce známý jako biologický prostředek v boji proti různým patogenním houbám u rostlin (Gams & Meyer 1998). Tato houby představuje slibné biologické prostředky, známé také jako bioprotektury. Výroba biomasy, používané pro biologickou kontrolu, musí být ekonomicky efektivní. Je důležité, aby bylo možné biomasu usušit, a přitom zachovat vysoké množství klíčivých propagulí. *Trichoderma harzianum* by měla být odolná vůči změnám prostředí, jako je kolísání teplot, vlhkost a součástí by měla být i dlouhodobá skladovatelnost (Harman et al. 1991). Také se může považovat za kosmopolitní druh vyskytující se všude kolem sebe a spojený s rozsáhlým spektrem substrátů. Tento druh je možná nejčastěji používaným názvem v zemědělských aplikacích včetně biologické kontroly chorob (Chaverri et al. 2015).

Biochemické a molekulárně biologické studie zaměřené na zkoumání mechanismů spojených s biologickou kontrolou odhalily, že *Trichoderma* je mykoparazit s poměrně specifickým charakterem. Lektiny byly identifikovány jako klíčové pro rozpoznání mezi *Trichoderma* a jejími hostitelskými houbami, zatímco chitináza se aktivně účastní degradace stěny hostitelských buněk (Chet & Inbar 1994).

Houby se ukázaly být symbionty rostlin, kdy dochází k infikaci kořenů rostlin. Proces infekce je regulován chemickými komunikačními faktory, které přimějí rostlinu k oddělení od napadených hyf *Trichoderma*. Tím je omezena interakce organismu na vnější vrstvy kořene. Tímto způsobem vyvolávají lokalizovanou rezistenci proti infekci rostlinnými patogeny a zároveň indukují systémové interakce v rostlině (Shoresh & Harman 2008).

4.5 Rostlinné extrakty

V oblasti zemědělství probíhá celosvětová snaha o snížení používání chemikálií ve výrobní technologii prostřednictvím využívání moderních biologických a ekologických metod. Jednou z možných řešení je využití alelopatie což představuje chemickou interakci mezi rostlinami (Azizi et al. 2008). V současné době, s posunem k udržitelnému ekologickému zemědělství, nabývá velké důležitosti využívání přírodních a bezpečných pesticidů. V této perspektivě je možné využívat různé aromatické a léčivé rostliny, kdy jejich ekonomické a ekologické náklady na výrobu jsou nízké. To znamená, že pesticid vyrobený tímto způsobem je cenově dostupnější než chemické pesticidy (Hudaib et al. 2002).

Infekce plísní během klíčení semen plodin představuje častý problém v zemědělství, což bylo studováno pomocí in vitro analýzy klíčení semen (Valizadegan 2013).

Mikrobiologických inhibičních dat týkajících se látek přítomných především v éterických olejích naznačuje, že pouze omezený počet látek vykazuje schopnost inhibovat bakterie, plísně, dermatofyty a kvasinky při koncentraci do 250ppm. Sekviterpenové alkoholy a mastné kyseliny neprojevují výrazné inhibiční vlastnosti vůči gramnegativním bakteriím. Většina monoterpenů, které jsou běžnými složkami esenciálních olejů, obvykle nevykazují rozsáhlou aktivitu při nízkých koncentracích (Pauli 2001).

4.5.1 Tymián

Tymián obecný (*Thymus vulgaris* L.) představuje aromatický fenolový olej, který se pohybuje mezi deseti nejlepšími esenciálními oleji. Prokázal své vlastnosti jako antimikrobiální, antimykotický, antioxidační a přirozený jako konzervační látka (Letchama et al. 1995).

Esenciální oleje získané z tymiánu byly studovány Marinem et al. (1999) ve čtyřech ontogenetických stádiích, kde byly hodnoceny z hlediska jejich biologické aktivity a chemického složení. Všechny zkoumané tymiánové silice projevily výraznou bakteriostatickou aktivitu vůči testovaným mikroorganismům. Tato aktivita byla výraznější vůči grampozitivním bakteriím. Olej z plně rozkvetlého tymiánu dosahoval nejvyšší účinnosti při zastavení růstu zkoumaných mikroorganismů. Testované oleje též projevily efektivní antibakteriální aktivitu při přímém kontaktu, což se jevílo zvláště výrazným vůči grampozitivním bakteriím. Analýza esenciálního oleje z tymiánu byla provedena pomocí plynové chromatografie (GC) a hmotnostní spektrometrie (GC-MS) (Klarić et al. 2007).

Thymol (2-isopropyl-5-methylfenol) spadá mezi fenolické monoterpeny a běžně se vyskytuje v různých druzích tymiánu. Jedná se o jednu z klíčových sloučenin obsažených v tymiánovém esenciálním oleji. Aktuální výzkum zaměřený na objevování nových biologických nebo terapeutických účinků přírodních rostlinných látek s již známou strukturou, zahrnuje tymiánovou silici a *thymol*. Nová výzkumná zjištění potvrdila antibiofilmové, protiplísňové, antivirové a protirakovinové vlastnosti těchto látek (Kowalczyk et al. 2020).

Azizi et al. (2008) provedl experiment, kde byly využity nadzemní části máty peprné a tymiánu k přípravě extraktů. Studovali inhibiční účinek esenciálních extraktů z vedlejších produktů a semena, která byla použita ve studii byla získána ze semenné banky Ferdowsi University of Mashhad (FUM). Dospěli k závěru, že extrakt z tymiánu projevil větší inhibiční účinky na *P. oleracea* než máta peprná. Nicméně u *A. retroflexus* byl extrakt z máty peprné identifikován s vyšším alelopatickým potenciálem než tymián.

4.5.2 Kopřiva

Studie týkající se rostlinných extraktů jsou dlouhodobě zkoumány s cílem podporovat ekologické zemědělství. Výtažky z kopřivy jsou běžně využívány jako repelenty s prevencí proti škůdcům, přičemž také přinášejí ekonomické výhody. Řada těchto výrobků primárně posiluje odolnost rostlin zesílením kutikuly, která brání pronikání hyf mycelia nebo trubic hmyzu. Tyto produkty podporují vitalitu rostlin a nevyvolávají toxickou reakci (Popescu et al. 2014).

Kopřiva patří mezi nejčastěji se vyskytující divoké rostliny, nacházející se v různých oblastech mírného pásu a prosperuje během všech ročních období. Tato rostlina má také etnobotanický význam jako planě rostoucí druh (Al-Mansour 2022). Z listů kopřivy (*Urtica dioica* L.) byly izolovány biologicky aktivní sloučeniny prostřednictvím nekonvenčních metod, jako jsou ultrazvukové, mikrovlnné a subkritické vodní extrakce (Zeković et al. 2017). Rostlinné studie odhalily přítomnost mnoha cenných rostlinných sloučenin v kopřivě dvoudomé. Jedná se o flavonoidy a taniny (Asgarpanah & Mohajerani 2012). Navíc v kořenech lze nalézt další biologicky aktivní sloučeniny, mezi nimiž jsou skopoletiny, steroly, mastné kyseliny, polysacharidy a izolektiny (De Clercq 2000). Kopřivový extrakt obsahuje kyselinu ursolovou a kvercetin, kdy tyto látky poskytují rostlině antioxidační vlastnosti a působí proti stárnutí (Seiman et al. 2018). Extrakt z kopřivy prokázal účinnost při potlačování populací různého hmyzu, včetně motýla zelného, housenky chlupaté, zavíječe stonkového a různých druhů mšic a třásněnek. Tato látka se také ukázala být užitečná při ochraně rostlin před onemocněním, jako jsou rzi a viry způsobující kadeřavost listů (Budhathoki 1992).

Zajištění udržitelnosti zemědělských systémů se stalo významným globálním tématem. Potřeba vyvážit kvalitu životního prostředí, lidské potřeby a ekonomickou stabilitu je často identifikována jako „trojice pilířů udržitelnosti“ (Al-Mansour 2022).

4.5.3 Paprika

Rostlinné repelenty hmyzu jsou obecně považovány za srovnatelné nebo dokonce lepší alternativy k syntetickým repelentům (Mutalib et al. 2017). Extraktu z papriky (*Capsicum annum*) vykazuje antimikrobiální účinky, přičemž účinnost závisí na koncentraci a specifickém typu bakterie. Z plodů papriky byly izolovány látky, jako je kapsanthin (červený karotenoid),

který omezuje patogenitu bakterií a tím následně omezuje uvolňování toxinů a brání tvorbě biofilmu, a kapsaicin (štiplavý princip) (Periferakis et al. 2023).

Kapsaicin (8-methyl-N-vanillyl-6-nonenamid) představuje aktivní složku obsaženou v rostlinách papriky, které jsou zodpovědné za pocit štiplavosti, kterou papričky vyvolávají. Tato látka patří mezi sekundární metabolity nazývaných „kapsaicinoidy“. Je známo, že tyto látky se vyvíjejí jako ochranný mechanismus rostlin proti savcům, kteří by mohli potlačit šíření semen pomocí zubů (Agarwal et al. 2017).

Množství karotenoidů a fenolických látek se liší v závislosti na zralosti, genotypu a způsobu pěstování, což způsobuje velkou variabilitu v jejich úrovni (Hallmannova & Rembalkowska 2012). Bylo zaznamenáno, že extrakty z pálivých paprik obsahovaly vyšší množství vitamínu E a B-karotenu ve srovnání se sladkými paprikami. Nicméně extrakty ze sladkých paprik byly charakteristickými vyššími antioxidačními vlastnostmi a obsahovaly více fenolických sloučenin než extrakty z pálivých paprik (Perucka & Materska 2007).

4.6 Alternativní sypké materiály

4.6.1 Skořice

Cinnamomum zeylanicum L. je běžně označována jako skořice (Chericoni et al. 2005). Cinnamaldehyd a trans-cinnamaldehyd jsou hlavními bioaktivními složkami skořice. Tyto látky jsou přítomny v esenciálním oleji získaný z kůry a přispívají k charakteristické vůni a různým biologickým aktivitám spojený se skořicí (Yeh et al. 2013). Esenciální olej z kůry skořice obsahuje tři hlavní složky: eugenol, cinnamaldehyd (CA) a linalool, které dohromady tvoří až 82,5 % z celkového složení (Chericoni et al. 2005). Potvrzení přítomnosti eugenolu a cinnamaldehydu jako hlavních složek hřebíčku a skořice bylo dosaženo analýzou vodních extraktů pomocí plynové chromatografie. Extrakt byl získán zahříváním jemně mleté skořice po dobu dvou hodin při teplotě 60 °C. (Usta et al. 2002). Kořenová kůra je především složena z kafru, kdy význam této složky není tak výrazný jako u olejů z listů a kůry (Senanayake et al. 1978).

Skořice nachází rozsáhlé uplatnění jako potravinářské koření, avšak díky svým antibakteriálním a farmakologickým vlastnostem může být využívána také v oblasti zpracování, medicíny a zemědělství. Někdy slouží jako samostatná látka a jindy jako směs nebo sloučenina. Skořice působí především jako repelent vůči škůdcům, i když při vyšších dávkách má také biocidní účinek a brání kladení vajíček. Fytotoxické vlastnosti skořice ji mohou činit potenciálním herbicidem (Kowalska et al. 2021). Některé studie již naznačily možnost využití extraktu získaných z aromatických rostlin k potlačení růstu plevelů. Využitím těchto přírodních látek se otevírá výhoda rychlého rozkladu v životním prostředí, což umožňuje jejich potenciální aplikaci v udržitelném zemědělství, včetně ekologického (Campiglia et al. 2007).

Izolovaný cinnamaldehyd vykazuje baktericidní účinky a je schopný účinně zabránit růstu široké škály mikroorganismů, včetně bakterií, plísní a kvasinek. Dále bylo zaznamenáno, že tato látka snižuje produkci toxinů u těchto mikroorganismů (Friedman 2017; Kwon et al. 2003). U vláknitých plísní dochází k zamezení aktivit ATP, ovlivnění biosyntézy buněčné stěny a změny struktury membrány. V této souvislosti bylo vyvinuto několik nových derivátů s potenciální antifungální aktivitou (Shreaz et al. 2016).

4.6.2 Sádra

Síran vápenatý, který je obvykle známý jako přírodní vápenec, se přirozeně objevuje v různých variantách, především ve formě dihydrátu ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) a anhydritu (CaSO_4) (Karni & Karni 1995).

Sádra je minerál s vysokým obsahem vápníku (Ca) a síry (S), který nachází využití při optimalizaci úrodnosti půdy a fyzikálních vlastností v systémech organického pěstování rostlin (Fleuridor et al 2021). V nedávné době vzrostl zájem o využití sádry jako prostředek s cílem zlepšit výnos plodin, kvalitu půdy a vody. Tento rostoucí zájem je podporován bohatou nabídkou a dostupností sádrovce z odsiřovacích spalin. Jedná se o vedlejší produkt, který vzniká praním síry ze spalovacích plynů v uhelných elektrárnách, zejména v hlavních zemědělských oblastech produkce (Watts & Dick 2014).

Síra, která je obsažena v sádře, je nezbytným prvkem v rostlinách, která plní mnoho důležitých funkcí a je klíčový pro jejich metabolické procesy. Kromě toho je součástí některých esenciálních aminokyselin a metabolitů (Hasanuzzaman et al 2018). Efektivní prevence proti růstu plísní může být dosažena pomocí sirné aplikace malých částic o velikosti 35 nm (Rao & Paria 2013).

4.6.3 Popel z listnatých a jehličnatých dřevin

Dřevěný popel, který vzniká spalováním dřeva pro výrobu energie je často vnímán jako vedlejší produkt (Patterson et al. 2004), který může být užitečným přídavkem do půdy a poskytnout tak rostlinám potřebné živiny (Erichova 1991). Také může být popel využíván jako prostředek k vápnění, který napomáhá udržovat optimální hladinu pH půdy. Konkrétní vliv na celkovou kvalitu půdy je stále nedostatečně prozkoumána (Perucci et al. 2006).

Ve výzkumném pokusu provedené Boiteau et al. (2012) byl zjištěn toxický účinek jak na dospělé jedince, tak larvy mandelinky bramborové (*Leptinotarsa decemlineata*). Dále bylo zjištěno, že účinek popela proti hmyzím škůdcům je velmi pomalý. Insekticidní účinky popelu a jiných inertních prachů jsou spojeny s vysoušením hmyzu, který nastává poškozením ochranné lipidové vrstvy na povrchu jejich těl. Tyto insekticidy se využívají v mnoha podnicích za účelem ochrany skladovaných produktů (Hakbijl 2013).

4.7 Chemické přípravky

4.7.1 Buteo start

Produkty jako Sivanto™ a Buteo™ s účinnou látkou flupyradifuronu, jsou ideální pro integrovanou ochranu proti škůdcům díky své fyziologické selektivě a šetrnosti k životnímu prostředí pro včely, čmeláky a užitečný hmyz (Bayer 2023). Nalezení flupyradifuronu bylo motivováno strukturou butenolidu obsaženého v přirozeně se vyskytujícím stemofolinu (Nauen 2014). Poskytují vynikající rychlostní akce, rychlé ukončení krmení, účinnou kontrolu virových vektorů a flexibilitu aplikace v jakékoli fázi plodiny, včetně květu. Flupyradifuron je efektivní proti klíčovým savým škůdcům, a to jak v larválním stádiu, tak u dospělých jedinců (Bayer 2023).

Flupyradifuron (4-((2,2-difluorethyl)amino)-2(5H)-furanon), zařazený do nové třídy butenolidových insekticidů, představuje nový bioaktivní prvek s farmakoforem. Jeho široká aplikovatelnost na různé plodiny a schopnost rychlého a vynikajícího působení proti rozmanitému spektru savého hmyzu, včetně populací odolných vůči neonikotinoidům, jako jsou molice a mšice s mechanismy metabolické rezistence, jsou jeho významné charakteristiky (Jeschke et al. 2015). Flupyradifuron představuje inovativní insekticid vyvinutý společností Bayer, který je deklarován jako nízkě toxický vůči necílovým organismům v životním prostředí (Zhong et al 2021). Tato účinná látka představuje prvního zástupce nové třídy insekticidů, který je účinný proti různým druhům savého hmyzu a současně prokazuje výjimečný bezpečnostní profil. Účinný efekt spočívá v interakci s nikotinovými acetylcholinovými receptory (nAChR) v nervovém systému hmyzu. To vede k narušení nervového systému, svalové paralýze, a nakonec k úmrtí hmyzu. Tato látka vykazuje rychlý účinek na široké spektrum savých škůdců a je účinná i proti škůdcům, kteří vyvinuli rezistenci, včetně molice bavlníkové (Nauen et al 2014).

V důsledku intenzivního zemědělství čelí včely riziku od různých pesticidů. Nový pesticid "Sivanto" od společnosti Bayer AG, navržený k boji proti sajícímu hmyzu, se předpokládá, že není škodlivý pro včely, ačkoli jeho účinná látka, flupyradifuron, interaguje s nikotinovým acetylcholinovým receptorem (nAChR) podobně jako neonikotiny. Včely jsou vystaveny tomuto pesticidu při sběru pylu a nektaru. Výzkumy ukazují, že flupyradifurin může ovlivnit chuťové a apetitivní učení u včel hledající pyl a nektar, přičemž významné účinky se projevují pouze při vyšších koncentracích. Navzdory pozorovaným vlivům se zdá, že použití tohoto pesticidu je bezpečné pro včely (Hesselbach & Scheiner 2018).

4.7.2 CRUISER®

Využívání chemických postupů pro ošetření máku zůstává v České republice dominantní metodou. Přípravek CRUISER® byl používán pouze sporadicky na základě speciálního povolení uděleného ministerstvem zemědělství. Tento produkt kombinuje insekticidní a fungicidní účinky a je využíván v tradičním zemědělství (Makovička 2023). Účinnými látky jsou thiamethoxan (insekticid z kategorie neonikotinoidů), fludioxonil (fungicid s výrazným antimikrobiálním a antimykotickým účinkem) a metalaxyl-M (narušení vývoje mycelia a spor hub) (Tomizawa a Casida 2005; Kilani a Filinger 2016; Svartz et al. 2018). Aplikace tohoto přípravku je účinná v boji proti různým savým a kousavým škůdcům, včetně mšic, molic, třásněnek, listonožů a drátovců. Taktéž je určen k potlačení mnoha druhů škůdců z řádu brouků (*Coleoptera*) a motýlů (*Lepidoptera*) (Maienfisch et al. 2001). Kromě potlačení útoků škůdců v ranných vývojových fázích, CRUISER® podporuje vitalitu rostlin, které v konečném důsledku zvyšuje výnosový potenciál. Rostliny, které byly ošetřeny tímto přípravkem se vyvíjely robustně i za nevhodných podmínek, což vedlo k posílení stonků a kořenového systému rostlin (Syngenta 2020).

Neonikotinoidní insekticidy jsou látky, které ovlivňují hmyzí centrální nervový systém, působící na receptory nazývané nikotinové acetylcholinové receptory (nAChR) (Nauen et al. 2003). Použití neonikotinoidů má dopad na širokou škálu hmyzu, včetně hmyzu užitečného. Tyto pesticidy jsou rozpustné ve vodě a zůstávají dlouhodobě aktivní, což vede k narušení potravního řetězce a biochemických cyklů (Hussain et al. 2016).

Thiamethoxan (THM) je navržen pro použití ve formě listové a půdní aplikace, které je vhodné pro většinu zemědělských plodin po celém světě (Maienfisch et al. 2001). Fludioxonil je součástí skupiny fenylypyrrolových fungicidů, které se aplikují na rostliny po sklizni s cílem minimalizovat škodlivý dopad plísní během přepravy a prodeje produktů (Brandhorst & Kein 2019). Tato kategorie fungicidů je odvozena na základě antibiotik pyrrolnitrinu, jež jsou produkovány různými kmeny bakterií *Pseudomonas* (Errampalli 2004). Fludioxonil potlačuje aktivitu hybridních histidinkináz třídy III. (HHK), které jsou typické pro houby. Tyto HHK regulují dráhu signálního mechanismu osmolarity (HOG) (Yoshimi et al. 2005).

V Červeném újezdu, který je součástí České zemědělské univerzity, probíhaly pravidelné experimenty. Z několika pokusů vyplývá, že doposud nejúčinnějším chemickým mořidlem byla aplikace přípravku CRUISER® (Makovička 2023). Až do konce roku 2023 mohlo dojít k výjimce moření osiva máku setého tohoto přípravku. Vzhledem k chemickému zásahu na rostliny a užitečné škůdce se rozhodlo o zákazu používání tohoto přípravku. Toto rozhodnutí bylo učiněno s cílem ochránit biodiverzitu a ekosystémovou stabilitu. V tomto roce je nutností vyhledat alternativní možnosti v ochraně rostlin a nahradit metodu, v tomto případě chemickou za šetrnější k životnímu prostředí (Agromanul).

Pro ekologické zemědělství zatím neexistuje žádný chemický produkt, který by splňoval přísné požadavky na ekologickou aplikaci. Jedinou možností jsou prostředky založené na bázi rostlinných stimulantů, avšak ty nejsou v současné době dostatečně ověřené (Makovička 2023).

4.8 Fyzikální ošetření osiv

Fyzikální techniky pro regeneraci semen představují několik výhod ve srovnání s tradičními postupy využívající chemické látky. Přínosem může být snížená potřeba hnojiv, které přispívají k menšímu znečištění a umožňují dezinfekci semen před výsevem i během jejich skladování (Aladjadjiyan 2012).

Využití studené plazmy může efektivně podpořit proces klíčení široké škály semen, rozvoj mladých rostlin a výslednou úrodnost v řízeném prostředí, přičemž se minimalizuje riziko kontaminace (Randeniya & de Groot 2015).

Metoda E-ventus je řazena mezi fyzikální metody, která využívá nízkoenergetické elektrony jako preventivní opatření proti patogenům přenášenými semeny (Tigges et al. 2002). Fytosanitární efekt je vyjimečný díky vysoké efektivitě přenosu energie, což předčí například tepelné metody. Fytopatogenní mikroorganismy zatím neprokázaly žádnou odolnost vůči elektronové úpravě. Tato inovativní technika nezanechává žádné chemické zbytky na semenech, což ji činí ekologicky šetrnou a bezpečnou metodou (Eschrig et al. 2007).

Další fyzikální metodou je fytolaser, který je ekologicky šetrný. Výběr laserů je klíčovým prvkem pro stimulaci fyziologických a biochemických procesů v osivu, což následně zvyšuje jeho energetický potenciál. Každá plodina vyžaduje specifické nastavení vlnových délek a expozice, avšak rovnoměrná aplikace je klíčová pro dosažení konzistentní stimulace (FYTOLASER s.r.o. 2018).

5 Metody a materiál

V experimentální části byla provedena laboratorní analýza klíčivosti máku, která se lišila v závislosti na konkrétním ošetření semen. Semena byla uložena v klíčících nádobách do klimatizovaného prostoru, kde se udržovala teplota a vlhkost pro správné statistické hodnoty.

5.1 Odrůda máku

Při experimentu byla využita středně raná modrosemenná odrůda máku Aplaus, která byla vyšlechtěna v České republice a registrována v roce 2014. Její výjimečná odolnost a skvělý zdravotní stav přispívají k tomu, že je mezi pěstiteli velmi oblíbenou odrůdou máku (OSEVA, AGRO Brno, spol. s r.o. 2024). Podle zdroje ELITA (2022) je tato odrůda klasifikována jako typ „sledák“ (uzavřená makovice), přičemž výskyt „hledáku“ (otevřená makovice) je relativně nízký. Rostliny této odrůdy jsou středně vysoká a projevují střední odolnost proti poléhání před sklizní. Pokud jde o jejich náchylnost k nemocem je odrůda hodnocena jako méně až středně odolná proti napadení helmintosporiózou na listech a stejně tak středně odolná proti napadení helmintosporiózou v tobolkách. Dále též vykazuje střední odolnost proti napadení plísni makovou.

Kvalitativní parametry semen jsou rovněž na vysoké úrovni, přičemž semena mají krásnou modrou barvu a charakteristickou vůni. Tato odrůda se vynikajícím způsobem přizpůsobuje různým půdním a klimatickým podmínkám, což z ní činí ideální volbu pro různé typy pěstování a prostředí (OSEVA, AGRO Brno, spol. s r.o. 2024).

5.2 Laboratorní klíčivost a energie klíčení

Osivo, které bylo podrobena různým variantám ošetření, bylo testováno v laboratorních podmínkách z hlediska své schopnosti klíčení a intenzity klíčení. Postup experimentů je založen na směrnících uvedené v ISTA. Testování klíčivosti semen bylo provedeno ve čtyřech sériích po 50 semenech pro každou zkoumanou variantu.

Semena byla umístěna do plastových klíčících nádob, které byly uloženy na filtračním papíru a následně do každé nádoby bylo přidáno 30 ml vody. Hodnocení energie klíčivosti probíhalo v intervalech po 24.hodinách, počínaje druhým dnem od založení experimentu. Semena, u nichž zárodečný kořen dosáhl délky přesahující 3 mm, byla klasifikována za vyklíčená. Desátý den od zahájení experimentu byla provedena analýza/vyhodnocení laboratorní klíčivosti máku a na základě získaných hodnot byla stanovena celková klíčivost semen, která představuje zastoupení vyklíčených semen ku celkovému počtu zkoumaných semen (ISTA 2018).

5.3 Ošetřování semen

Semena byla komerčními přípravky ošetřena pomocí laboratorní mořičky osiv v dávkování doporučeném výrobcem.

Sypké materiály byly dávkovány ve 2% hmotnostní koncentraci; tedy 2 % z celkové hmotnosti ošetřovaných semen. Vybrané sypké materiály (sádra a skořice) byly aplikovány jak samostatně, tak v kombinaci s přípravkem Agrovital (pinolen; 1 l/t osiva) s lepivým účinkem.

Výluhy byly vytvořeny ve 20% koncentraci; 20 % hmotnosti testovaných bylin ku množství vody. Rostlinný materiál byl zalit horkou vodou a byl ponechán při pokojové teplotě po dobu 2 hodin.

Tabulka 1. Přehled jednotlivých variant

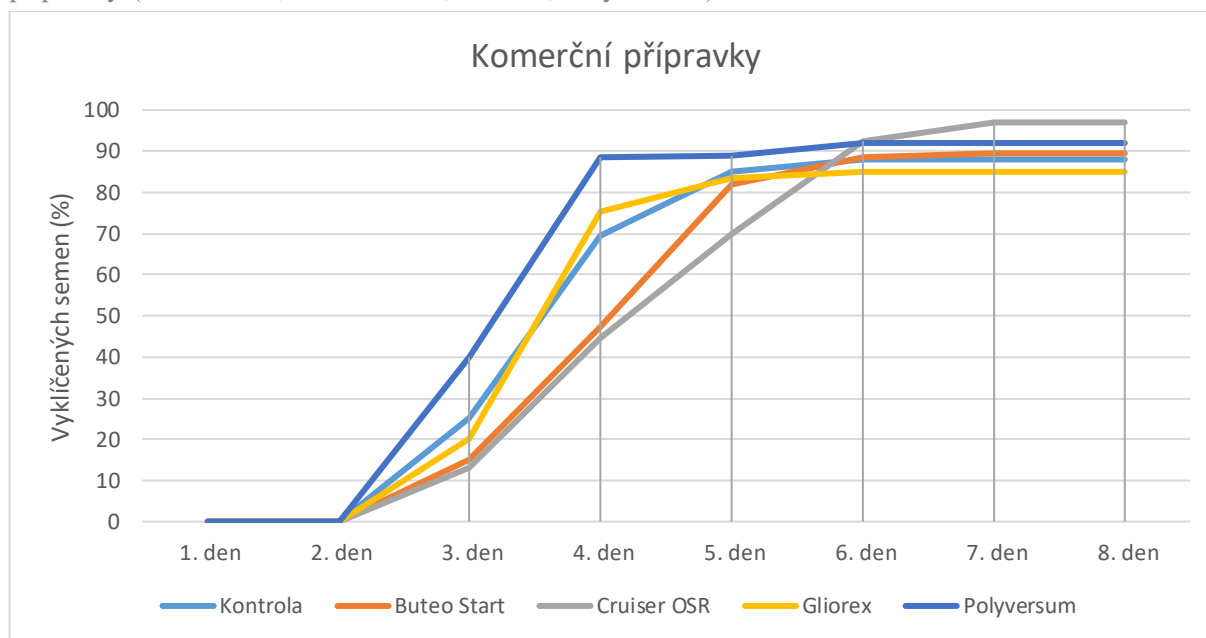
| Ošetření | Účinné látky | Dávka přípravku /kg osiva |
|-------------|---|------------------------------|
| Polyversum | <i>Pythium oligandrum</i> | 5 g + 20 ml vody |
| Gliorex | <i>Trichoderma spp.</i> + <i>Clonostachys spp.</i> | 4 g |
| Tymián | <i>Thymol</i> | 25 ml (20%) |
| Kopřiva | Flavonoidy + taniny | 25 ml (20%) |
| Skořice | <i>Cinnamaldehyd</i> | 20 g |
| Paprika | Kapsaicin | 25 ml (20%) |
| Sádra | Vápník + síra | 20 g |
| Buteo start | <i>Flupyradifuron</i> | 30 ml |
| Cruiser OSR | <i>Thiamethoxam</i> + <i>fludioxonil</i> + <i>metalaxyl-M</i> | 25 ml |

6 Výsledky

Následující část práce se zaměřuje na hodnocení vlivu jednotlivých variant ošetření osiva máku setého (*Papaver somniferum*). Během pozorování se analyzovaly výsledky zaměřené na porovnání rychlosti a energie klíčení mezi jednotlivými druhy ošetření a následně posouzení jejich účinnosti. Tento experiment zkoumal účinky chemického ošetření a ošetření biologickými přípravky ve srovnání s kontrolní skupinou, jež nebyla žádným způsobem ošetřena. Pro laboratorní testování byla použita standartní metoda testování klíčivosti osiva za optimálních podmínek (20 °C). Dále byl použit test vitality označovaný jako “Radicle emergence test“, který je uznávanou metodou Mezinárodní asociací pro analýzu semen (ISTA) pro hodnocení životaschopnosti osiva.

Na grafech 2-4 jsou vyobrazeny procentuální počty vyklíčených semen, která byla vystavena různým typům ošetření a sledována po dobu 10 dnů. Během prvních cca 48 hodin od zahájení testu nebyly zaznamenány žádné změny.

Graf 2. Procentuální počet vyklíčených semen ošetřených komerčními chemickými/přírodními přípravky (Buteo Start, Cruiser OSR, Gliorex, Polyversum)

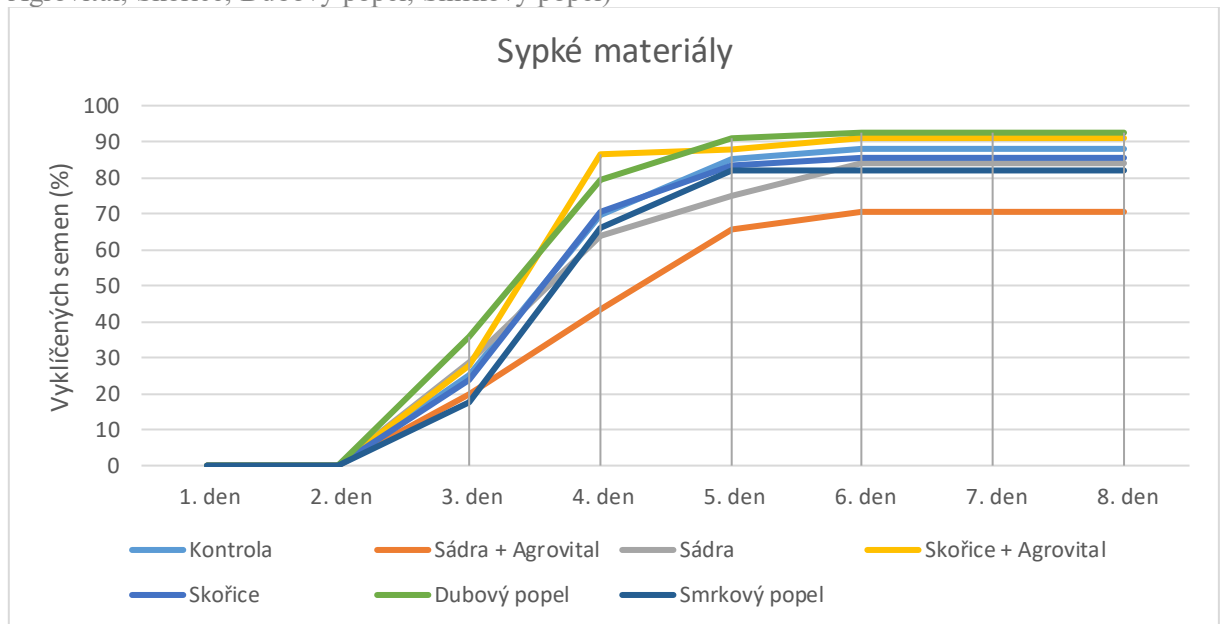


Přípravek Polyversum se prokázal nejúčinnějším ošetřením od počátku testování, tedy v počátečních fázích klíčení tato varianta vykazuje nejvyšší procentuální zastoupení vyklíčených semen – tedy nejvyšší vitalitu (dle RE test) a udržuje si svou účinnost po celou dobu sledování, jak je vyobrazené na grafu číslo 2. Tento výsledek poukazuje na vhodnou možnost pro urychlení vzháživosti porostu v polních podmínkách. Je ale třeba zmínit, že k přípravku Polyversum bylo na osivo aplikováno také 20 ml vody. Je tedy otázka, zda se nejedná spíše o důsledek prehydratace osiva. Tento trend je ale v každém případě pozitivní. Dále z grafu vyplývá, že ostatní ošetření s výjimkou Polyversum, dosahují nižší úrovně rychlosti klíčení ve srovnání s kontrolní skupinou během prvních čtyř dnů od zahájení testu. To naznačuje, že tato ošetření mohou vyžadovat delší dobu k dosažení požadovaných výsledků. Je zajímavé, že kolem 5 až 6 dne sledování dochází k zvyšování účinnosti ošetřením pomocí

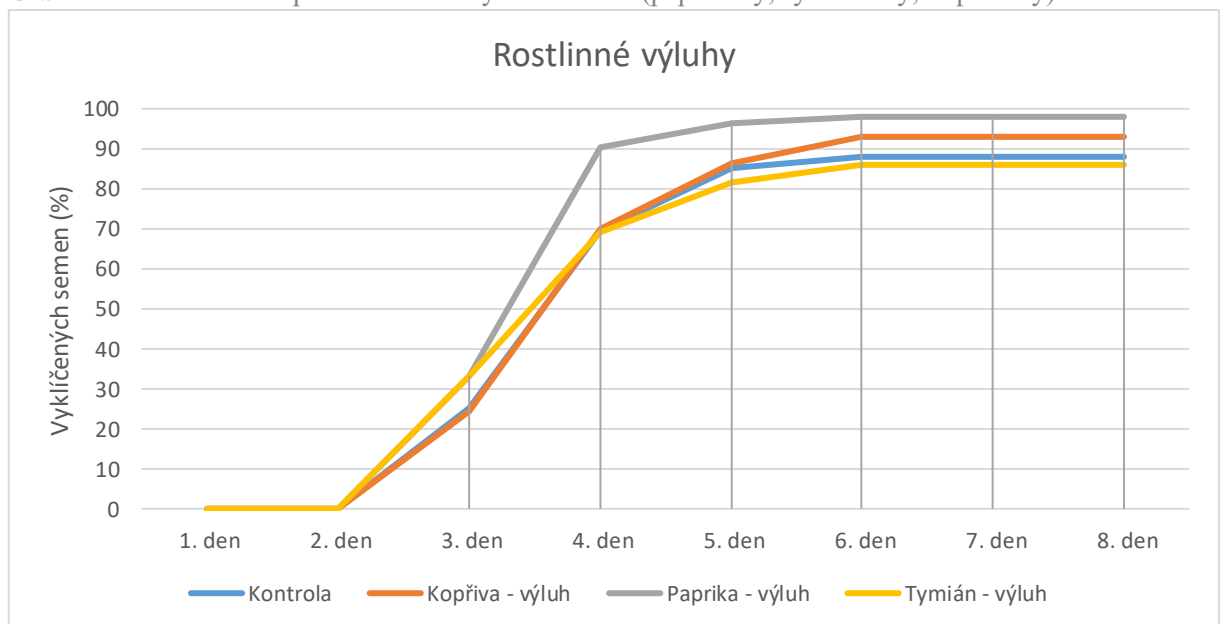
Cruiser OSR a Buteo Start a stávají se srovnatelnou nebo dokonce účinnější než kontrolní varianta. U těchto přípravků může trvat delší čas, než se jejich účinnost plně projeví.

Použití přírodních metod ošetření, které představují vhodnou alternativu a náhradu k chemickým postupům, jsou vyobrazené na grafu číslo 3. Ošetření skořicí společně s agrovitalem a dubovým popelem se ukázaly jako nejefektivnější přírodní látky, které podporují klíčení po čas celého sledování. Zatímco kombinace sádry s agrovitalem vykazovala nejnižší míru klíčení, což naznačuje její inhibiční účinek. Pozoruhodné je, že pouze sádra a smrkový popel prokazují mírně nižší účinnost než kontrolní varianta bez jakéhokoli ošetření. Tato kombinace látek pravděpodobně nemá žádný významný efekt na klíčení semen.

Graf 3. Ošetření semen máku sypkými biologickými materiály (Sádra + Agrovital, Sádra, Skořice + Agrovital, Skořice, Dubový popel, Smrkový popel)



Graf 4. Ošetření semen pomocí rostlinných extraktů (paprikový, tymiánový, kopřivový)



Další kategorií jsou rostlinné extrakty na grafu 4, které představují další způsob ošetření semen. Počátek procesu klíčení byl výraznější u výluhu z tymiánu a papriky. Během pozorování se ukázalo, že výluh z kopřivy měl pomalejší nástup klíčení, přičemž od 6. do 8. dne sledování se rychlost klíčení postupně zvyšovala, což bylo výraznější než u výluhu z tymiánu. Avšak v závěrečném hodnocení je patrné, že výluh z papriky a kopřivy jsou účinnější než výluh z tymiánu, který vykazuje téměř shodný efekt jako kontrolní varianta. Tudíž lze poznamenat, že jeho účinnost při procesu klíčení není výrazná.

Během tohoto experimentu byla také zjištěna celková procentuální klíčivost jednotlivých variant ošetření, které jsou znázorněné v tabulce 2. Tyto různé metody ošetření přinášejí pozitivní efekt na rychlost a vitalitu klíčení makových semen. Klíčivost základní kontrolní varianty dosahovala 88 %. Použití přípravku Cruiser OSR vedlo k významnému zlepšení, dosahující až 97 % klíčivosti, i přestože nástup klíčení byl zpočátku velmi pomalý. Aplikace přípravku Polyversum dosáhla 92 % klíčivosti, kombinace Skořice s Agrovitalem 91 %, dubový popel 92,5 % a paprika ve formě výluhu dokonce až 98 %. Tyto přípravky vykazují pozitivní efekt při podpoře klíčení semen a mohou být užitečné při pěstování dané plodiny.

Celkově lze konstatovat, že většina testovaných přípravků vedly ke zlepšení klíčivosti semen máku ve srovnání s kontrolní variantou. Zvláště významným zjištěním bylo, že výluh z papriky dosáhl nejlepšího výsledku v klíčivosti a vitalitě.

Tabulka 2. Statistické sledování klíčivosti máku setého – celková procentuální klíčivost

| Varianta | % klíčivost | | Energie klíčení 3. den (%) | | Energie klíčení 4. den (%) | | Energie klíčení 5. den (%) | | Energie klíčení 6. den (%) | | Energie klíčení 7. den (%) | |
|-----------------------|-------------|----|----------------------------|-----|----------------------------|-----|----------------------------|------|----------------------------|----|----------------------------|----|
| Kontrola | 88 | AB | 25 | ABC | 69,5 | ABC | 85 | ABCD | 88 | AB | 88 | AB |
| Buteo Start | 95 | B | 15 | AB | 47,5 | AB | 82 | ABCD | 88,5 | AB | 89,5 | AB |
| Cruiser OSR | 97 | B | 13 | A | 44,5 | A | 70 | CD | 92,5 | B | 97 | B |
| Gliorex | 89,17073 | B | 20 | ABC | 75,5 | BC | 83,5 | ABCD | 85 | AB | 85 | AB |
| Polyversum | 92 | B | 40 | C | 88,5 | C | 89 | ABC | 92 | B | 92 | B |
| Sádra + Agrovital | 70,5 | A | 20 | ABC | 43,5 | A | 65,5 | D | 70,5 | A | 70,5 | A |
| Sádra | 84 | AB | 28,5 | ABC | 64 | ABC | 75 | BCD | 84 | AB | 84 | AB |
| Skořice + Agrovital | 91 | B | 28 | ABC | 86,5 | C | 88 | ABC | 91 | B | 91 | B |
| Skořice | 85,5 | AB | 24 | ABC | 70,5 | ABC | 83,5 | ABCD | 85,5 | AB | 85,5 | AB |
| Dubový popel | 92,5 | B | 36 | BC | 79,5 | C | 91 | AB | 92,5 | B | 92,5 | B |
| Smrkový popel | 82 | AB | 17,5 | AB | 66 | ABC | 82 | ABCD | 82 | AB | 82 | AB |
| Kopřiva - výluh | 93 | B | 24,5 | ABC | 70 | ABC | 86,5 | ABC | 93 | B | 93 | B |
| Paprika - výluh | 98 | B | 33 | ABC | 90,5 | C | 96,5 | A | 98 | B | 98 | B |
| Tymián - výluh | 86 | AB | 33 | ABC | 69 | ABC | 81,5 | ABCD | 86 | AB | 86 | AB |
| <i>TuckeyHSD 0,05</i> | 18.2 | | 21,9 | | 28,1 | | 20,9 | | 18.7 | | 18.5 | |

Z hlediska celkové laboratorní klíčivosti byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly mezi variantami ošetřenými přípravky; Buteo Start, Cruiser OSR, Gliorex, Polyversum, Skořice + Agrovital, dubovým popelem, kopřivou a paprikou. Tyto varianty dosahovaly statisticky průkazně vyšší podíl vyklíčených semen oproti variantě ošetřené Sádrou + Agrovitalem.

Statistická analýza ukázala, že od třetího dne klíčení vykazovaly přípravky Gliorex, Sádra + Agrovital, Sádra, Skořice + Agrovital, Skořice a výluhy z kopřivy, papriky a tymiánů větší míru energie než při použití variant chemických (Buteo Start, Cruiser OSR) a smrkového popela. Ve čtvrtém dnu sledování bylo statisticky průkazné, že u variant ošetřené Polyversum, Skořice + Agrovital a paprikovým výluhem vedlo k vyššímu počtu vyklíčených semen ve srovnání s variantami ošetřenými Cruiser OSR a kombinací Sádry + Agrovital. U pátého dne sledování bychom mohli poukázat na variantu ošetřenou výluhem z papriky, která zaznamenala jako jediný přípravek nejvyšší procentuální podíl vyklíčených semen v porovnání s ostatními testovanými přípravky. Statisticky průkazné rozdíly byly totožné v 6 a 7 dnu sledování. Nejlepší výsledky statisticky prokázaly přípravky Cruiser OSR, Polyversum, Skořice + Agrovital, dubový popel a výluhy z kopřivy a papriky oproti variantě ošetřené Sádrou + Agrovitalem.

7 Diskuze

Moření osiva představuje efektivní metodu, která je zaměřena na zlepšení kvality osiva. V rámci ochrany rostlin je moření charakterizováno jako fyziologický proces, který umožňuje rostlinám reagovat rychleji a intenzivněji na potenciální nebezpečí. Semena, jež prošla tímto procesem, podporují schopnost klíčení a projevují vyšší odolnost vůči různým formám stresu. Tyto vlastnosti přispívají k lepší konkurenceschopnosti rostlin, což je úzce spojeno s vitalitou semen (Jisha et al. 2013). Je však důležité dodržovat doporučené doby moření, aby nedošlo k předčasnému klíčení, které může vést k poškození kořínků během setí. Nedostatečně vysušená semena mohou zapříčinit jejich hnití (Harris 2006).

Výsledky biologického ošetření, které byly ověřeny z různých zdrojů, vedly k průměrnému zlepšení klíčivosti o 7 % ve srovnání se semeny, které nebyly ošetřeny jak uvádí Lamichhane et al. (2022). Ve studii provedené Le Floch et al. (2003b) je účinnost biologických přípravků výrazně ovlivněna faktory prostředí. Jedná se zejména o teplotu a vlhkost půdy během klíčení a vzházivosti semen. Za nepříznivých podmínek, zejména při suchu, není možné dosáhnout dostatečného rozvoje biologických přípravků, což v konečném důsledku vede k jejich neúčinnosti.

Proces klíčení semen a následný růst semenáčků jsou velmi citlivé na přítomnost soli, které mohou negativně ovlivnit proces tím, že omezují dostupnost vody a narušují strukturu proteinů (Ibrahim 2016). Kromě toho je třeba si uvědomit, že teplota hraje klíčovou roli v procesu klíčení semen a v množství energie, kterou semena spotřebovávají během tohoto procesu. Pokud se semena nacházejí v chladnějších oblastech (10 °C), může klíčivost máku trvat 5 až 6 dnů, zatímco při optimálních podmínkách (18-20 °C) začínají semena klíčit během prvních 3-4 dnů (Havel et al. 2018).

Podle Honsové & Cihláře (2017) je minimální klíčivost osiva máku stanovena na 80% pro uznání jeho kvality. Nicméně, v polních podmínkách se setkáváme s různorodými faktory, které mohou ovlivnit úroveň klíčivosti, a proto se úroveň klíčivosti může lišit. Na základě našeho experimentu všechny sledované varianty ošetření překročily stanovenou hranici s jedinou výjimkou, a to v případě kombinace sádry a agrovitálu, kde byla dosažena klíčivost pouze na 70,5 %. Naopak, nejlepší výsledky byly dosaženy u varianty ošetřené výluhem z papriky. Laboratorní analýza zaměřena na klíčivost a vitalitu byla testována Honsovou a Cihlářem (2017). Jejich výzkum se soustředil na srovnání různých vzorků osiv ve stresových podmínkách. Zjistili, že mezi vzorky máku byly malé rozdíly v klíčivosti, avšak výraznější rozdíly se pozorovali v úspěšnosti klíčení ve stresových podmínkách.

Během našeho experimentu jsme testovali tymiánový extrakt, který se prokázal jako méně účinný vůči kontrolní variantě, zatímco skořice přinesla pozitivní výsledky. Obě tyto varianty lze však také využít k ochraně proti plísním. Esenciální olej z tymiánu a skořice, který byl zkoumán Čosić et al. (2010), může sloužit jako přírodní fungicid s ochrannými vlastnostmi. Testování antimykotické aktivity podle postupů Saikia et al. (2001) ukázalo významnou inhibici růstu mycelia všech zkoumaných druhů *Fusarium* pouze u tymiánového oleje. Mezi testované patogenní houby patřily plíseň révová (*Plasmopara viticola*), červenohnědá skvrnitost (*Diaporthe helianthi*), diaportová stonková nekróza (*Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*) a další. Obecně lze říci, že dodané osivo bylo certifikované a tím pádem v dobré zdravotní kondici. Větší efekt těchto látek by se pravděpodobně projevil v případě, že by byla

semena napadena různými fytopatogenními organismy z okolního prostředí a tím pádem by se mohl více projevit přímý kurativní efekt účinných látek obsažených ve sledovaných materiálech.

V experimentu Filipovic et al. (2021) lze pozorovat variabilní účinky bioproduktů a rostlinných přípravků na klíčivost semen heřmánku pravého (*Matricaria chamomilla*). Výsledky naznačují, že při nižší koncentraci Polyversum nepřineslo příliš významné zlepšení, avšak při vyšší koncentraci dosáhlo až 35,3 % klíčivosti během prvních 4 dnů, což se zdá být pozitivní. Po 14 dnech se účinnost přípravku Polyversum snížila na 43,4 %, zatímco kontrolní varianta dosáhla 53,2 %. Tato dynamika naznačuje, že účinnost aplikace se může lišit v závislosti na době působení a koncentraci. Polyversum prokázal v našich testech zcela pozitivní účinky. Jak ale již bylo zmíněno, zrychlená klíčivost, a tedy vyšší vitalita může také souviset s tím, že k přípravku Polyversum byla přidána voda a vyšší energie klíčení mohla být způsobena primárně prehydratací osiva, jejíž efekt je dobře znám (Targuis & Bradford 1992). Studie De Villiers et al. (2005), zkoumala účinky ošetření osiva řepky chemickým přípravkem Cruiser OSR v laboratorních podmínkách. Po 48 hodinách však nebyly zpozorovány významné rozdíly mezi ošetřeným a neošetřeným (kontrolním) osivem (ve prospěch neošetřené kontroly). Podobné výsledky byly zjištěny i v rámci našich experimentů. Chemicky ošetřené varianty měly oproti kontrolní variantě výrazně pomalejší začátek klíčení – chemické látky mohou v malé míře působit fyto toxicky. Je ale třeba zmínit, že efekt těchto přípravků nespočívá ve stimulaci osiva, nýbrž v jeho ochraně. Je ale pozitivní, že celková klíčivost ani v případě těchto chemických variant nebyla snížena, semena pouze klíčila pomaleji. Villiers et al. (2005) nicméně dodává, že při aplikaci vyšších dávek přípravku docházelo ke snížení klíčivosti. Je tedy třeba důsledně dodržovat maximální doporučené dávky stanovené výrobcem.

Celkově lze konstatovat, že biologické ošetření osiva může výrazně zlepšit jeho klíčivost a vitalitu, avšak je důležité brát v úvahu různé environmentální faktory, které mohou ovlivnit účinnost těchto přípravků. Přestože chemické přípravky mohou osivu poskytnout vyšší úroveň ochrany, biologické přípravky nabízejí ekologičtější alternativu s potenciálem dosáhnout vyšší klíčivosti osiva v souladu s životním prostředím a s nižší pesticidní zátěží.

8 Závěr

- Cílem této práce bylo vyhodnotit v rámci laboratorních podmínek účinnost biologického a chemického ošetření máku setého na klíčivost a energii osiva. Testované varianty, zejména přírodního původu, vykazovaly pozitivní efekt na sledované parametry, a tudíž by mohli být vhodnou potenciální alternativou k tradičním chemickým přípravkům s ohledem na životní prostředí.
- V rámci pokusu se sledovala i energie klíčení, během kterého byla zjištěna nižší energie u přípravku Budeo start a Cruiser OSR. V konečném důsledku byla jejich účinnost na konci sledování pozitivní. Vzhledem k tomu, že přípravek Cruiser je již zakázán, je pozitivním zjištěním, že varianta ošetřená přípravkem Buteo Start nevykazovala horší parametry z hlediska klíčivosti a energie klíčení.
- Mezi nejúčinnějším přírodním ošetřením se v tomto experimentu stal výluh z papriky, který vykazoval v průběhu celého sledování pozitivní účinek. Dále bychom mohli považovat za pozitivní variantu výluh z kopřivy, popřípadě i dubový popel. Naopak některé látky, jako je sádra v kombinaci s agrovitalem a smrkový popel, vykazovaly nejnižší účinnost ze všech sledovaných variant.
- Experimentální část této práce přináší cenné poznatky v oblasti využití přírodních látek, které by mohly sloužit jako základ pro další výzkum. Je určitě vhodné podrobit tyto přípravky polním podmínkám, kde jsou podmínky méně předvídatelné a dojít tak ke komplexnímu porovnání výsledků.

8.1 Vyjádření k hypotéze práce

Lze předpokládat, že ošetřením osiva máku setého dojde k pozitivnímu ovlivnění laboratorní klíčivosti a vitality osiva oproti neošetřené kontrolní variantě.

- **Hypotézu částečně potvrzujeme** – využití různých variant rostlinných látek v experimentu přineslo pozitivní výsledky, kdy většina testovaných látek podpořila klíčivost semen: Ve většině případů byl zaznamenán pozitivní efekt na klíčivost, s výjimkou varianty sádry v kombinaci s agrovitalem, která nevykazovala žádný pozitivní efekt a klíčivost byla i pod úroveň kontrolní varianty.
- Z hlediska vitality osiva (vyjádřené energií klíčení v počátku vegetace) v řadě případů došlo ošetřením k pozitivnímu ovlivnění, oproti neošetřené kontrolní variantě.

9 Literatura

- Agarwal P, Das C, Dias O, Shanbhag T. 2017. Antimicrobial property of Capsaicin. International Research Journal of Biological Sciences **6**:7-11.
- Aladjadjiyan A. 2012. Physical Fctor for Plant Growth Stimulation Improve Food Quality. Pages 145-168 in Aladjadjiyan A, editor. Food Production – approaches, challenges and tasks. InTech, Croatia.
- Ali F, Qanmber G, Li F, Wang Z. 2022. Updated role of ABA in seed maturation, dormancy and germination. Journal of Advanced Research **35**:199-214.
- Al-mansour BM. 2022. Urtica Spp.:From Underutilized Crop Towards Sustainability. Sumerianz Journal of Agriculture and Veterinary **5**(3):58-61.
- Asgarpanah J, Mohajerani R. 2012. Phytochemistry and pharmacologic properties of Urtica dioica L.. Journal of Medicinal Plants Research **6**(46):5714-5719.
- Azizi M, Mosavi A, Nazdar T. 2008. Extraction Methods Affect Allelopathic Activity of Peppermint and Thyme Extracts on Weed Seed Germination. Acta Horticulturae **767**:97-104.
- Baker BP, Green TA, Loker AJ. 2020. Biological control and integrated pest management in organic and conventional systems. Biological Control **140**:104095.
- Bayer AG. 2023. Let's Talk About Flupyradifurone. Available from <https://www.bayer.com/en/agriculture/lets-talk-about-flupyradifurone> (Accessed November 2023).
- Bewley JD, Bradford KJ, Hilhorst HWM, Nonogaki H. 2013. Germination. Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy **4**:133-181.
- Bewley JD, Black M. 1985. Seeds: Physiology of Development and Germination. Springer Science + Business Media, LLC. New York.
- Benjamin LR. 1990. Variation in time of seedling emergence within populations: a feature that determines individual growth and development. Advances in Agronomy **44**:1-25.
- Bernath J. 1999. Poppy: The genus papaver. CRC press, Hungary
- Bewley JD. 1997. Seed Germination nad Dormancy. The plant cell **9**:1055-1066.
- Boiteau G, Singh RP, McCarthy PC, MacKinley PD. 2012. Wood ash potential for colorado potato beetle control. American Journal of Potato Research **89**:129-135.
- Bradshaw-Smith RP, Whalley WM, Craig GD. 1991. Interactions between *Pythium oligandrum* and the fungal footrot pathogens of peas. Mycological Research **95**(7):861-865.
- Brandhorst TT, Klein BS. 2019. Uncertainty surrounding the mechanism and safety of the post-harvest fungicide fludioxonil. Food and Chemical Toxicology **123**:561-565.
- Brant V, Šmoger J, Čejka J, Kroulík M, Ryčl D, Kunte J. 2020. Pěstování máku setého s pomocnou plodinou. Ministerstvo zemědělství.

- Budhathoki K. 1992. Vegetable farming through indigenous technology. Lumle Agriculture Research Center, Nepal.
- Campbell RE. 1989. Biological control of microbial plant pathogens. Cambridge University Press, Cambridge.
- Campiglia E, Mancinelli R, Cavalieri A, Caporali F. 2007. Use of essential oils of cinnamon, lavender and peppermint for weed control. *Italian Journal of Agronomy* **2**:171-178.
- Chaverri P, Branco-Rocha F, Jaklitsch W, Gazis R, Degenkolb T, Samuels GJ. 2015. Systematics of the *Trichoderma harzianum* species complex and the re-identification of commercial biocontrol strains. *Mycologia* **107**:558-590.
- Chen Y, Aviad T. 1990. Effects of Humic Substances on Plant Growth. *Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings* **7**:161-186.
- Chericoni S, Prieto JM, Iacopini P, Cioni P, Morelli I. 2005. In vitro activity of the essential oil of *Cinnamomum zeylanicum* and eugenol in Peroxynitrite-induced oxidative processes. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **53**(12):4762-4765.
- Chet I, Inbar J. 1994. Biological control of fungal pathogens. *Applied Biochemistry and Biotechnology* **48**:37-43.
- Cihlár P, Vlažný P. 2012. Mák na zahrádce. *Zahradkář* **2**:18-20.
- Ćosić J, Vrandečić K, Postić J, Jurković D, Ravlić M. 2010. In vitro antifungal activity of essential oils on growth of phytopathogenic fungi. *POLJOPRIVREDA* **16**(2):25-28.
- Crits-Christoph A, Diamond S, Butterfield CN, Thomas BC, Banfield JF. 2018. Novel soil bacteria possess diverse genes for secondary metabolite biosynthesis. *Nature* **558**:440-444.
- Dang TTT, Onoyowi A, Farrow SC, Facchini PJ. 2012. Biochemical genomics for gene Discovery in benzyloisoquinoline alkaloid biosynthesis in opium poppy and related species. *Methods in Enzymology* **215**:231-266.
- Deacon JW. 1976. Studies on *Pythium oligandrum*, an aggressive parasite of other fungi. *Transactions of the British Mycological Society* **66**(3):383-391.
- De Clercq E. 2000. Current lead natural products for the chemotherapy of human immunodeficiency virus (HIV) infection. *Medicinal Research Reviews* **20**(5):323-349.
- De Villiers RJ, Agenbag GA, Lamprecht SC. 2005. Effect of Chemical seed treatment on the germination and seedling vigour of canola (*Brassica napus* var. *oleifera*). *South African Journal of Plant and Soil* **22**(4):236-239.
- Drechsler C. 1946. Several species of *Pythium* peculiar in their sexual development. *Phytopathology* **36**:781-864.
- Drechsler C. 1930. Some new species of *Pythium*. *Journal of the Washington Academy of Science* **20**:398-418.
- ELITA semenářská, a.s.. 2022. Olejniny - Mák setý. ELITA. Available from <https://elita.cz/osiva/olejniny> (accessed 2022).

- Erichova MS. 1991. Agronomic Effectiveness of Wood Ash as a Source of Phosphorus and Potassium. *Journal of Environmental Quality* **20**(3):576-581.
- Errampalli D. 2004. Effect of fludioxonil on germination and growth of *Penicillium expansum* and decay in apple cvs. Empire and Gala. *Crop Protection* **23**(9):811-817.
- Eschrig U, Stahl M, Delincée H, Schaller HJ, Roder O. 2007. Electron seed dressing of barley – aspects of its verification. *European Food Research and Technology* **224**:489-497.
- Fabry A, et al. 1992. Olejniny. Ministerstvo zemědělství ČR, Havlíčkův Brod.
- Fialova Z. 2012. Dovozy ničí český mák. *Zemědělec* **33**:1-3.
- Filipovic V, Mikic S, Ugrenovic V, Markovic T, Prijic Z, Mrdan S, Gordanic S. 2021. The influence of some Bio-products on germination and protection of Chamomilla recutita (L.) rauch seeds. Pages 760-766 in Kovacevic D, editor. XII international Scientific Agriculture Symposium “AGROSYM 2021“. AgroSym, Bosnia and Herzegovina.
- Fleuridor L, Hermsová K, Culman S, Dick WA, Paul PA, Doohan D. 2021. Short-term responses of soil and crops to gypsum application on organic farms. *Agronomy Journal* **113**:4220-4230.
- Friedman M. 2017. Chemistry, Antimicrobial Mechanisms, and Antibiotic Activities of Cinnamaldehyde against Pathogenic Bacteria in Animal Feeds and Human Foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **65**(48):10406-10423.
- FYTOLASER s.r.o. 2018. Laserová stimulace – více energie pro vaše osiva. FATOLASER. Available from <https://www.fytolaser.cz/> (accessed 2018)
- Gams W, Meyer W. 1998. What exactly is Trichoderma harzianum?. *Mycologia* **90**:904-915.
- Gerbore J, Benhamou N, Vallance J, Le Floch G, Grizard D, Regnault-Roger C, Rey P. 2014. Biological control of plant pathogens: advantages and limitations seen through the case study of *Pythium oligandrum*. *Environmental Science and Pollution Research* **21**:4847-4860.
- Ghorbanpour M, Omidvari M, Abbaszadeh-Dahaji P, Omidvar R, Kariman K. 2018. Mechanisms underlying the protective effects of beneficial fungi against plant diseases. *Biological control* **117**:147-157.
- Giraudat J, Parcy F, Bertauche N, Gosti F, Leung J, Morris PC, Bouvier-Durand M, Vartanian N. 1994. Current advances in abscisic acid action and signalling. *Plant Molecular Biology* **26**:1557-1577.
- Graman J. 1995. Šlechtění zemědělských plodin (Olejníny, technické plodiny, okopaniny). Jihočeská univerzita, zemědělská fakulta České Budějovice. České Budějovice.
- Guo Q, Meng Y, Qu G, Wang T, Yang F, Liang D, Hu S. 2018. Improvement of Wheat Seed Vitality by Dielectric Barrier Discharge Plasma Treatment. *Bioelectromagnetics* **39**:120-131.
- Guy PA, Black M. 2008. Germination-related proteins in wheat revealed by differences in seed vigour. *Seed Science Research* **8**(2):99-112.

- Hakbjl T. 2013. The traditional, historical and prehistoric use of ashes as an insecticide, with an experimental study on the insecticidal efficacy of washed ash. *The Journal of Human Palaeoecology* **7**:13-22.
- Hallmannova E, Rembalkowska E. 2012. Characterisation of antioxidant compounds in sweet bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under organic and conventional growing systems. *Journal of the science of Food and Agriculture* **92**:2409-2415.
- Han Ch, Yang P. 2015. Studies on the molecular mechanisms of seed germination. *Proteomics* **15**(10):1671-1679.
- Harman GE. 2006. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. (Conference Paper). *Phytopathology* **96**(2):190-194.
- Harman GE, Jin X, Peruzzotti G, Leopold AC, Taylor AG. 1991. Production of conidial biomass of *Trichoderma harzianum* for biological control. *Biological control* **1**:23-28.
- Harris D. 2006. Development and Testing of “On-Farm“ Seed Priming. *Advances in Agronomy* **90**:129-178.
- Hasanuzzaman M, Hossain MS, Bhuyan MHMB, Al Mahmud J, Nahar K, Fujita M. 2018. The role of sulfur in plant abiotic stress tolerance: molekular interactions and defence mechanisms. *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*, 221-252. (https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_10)
- Havel J, et al. 2018. Pěstitelská technologie máku pro snížení rizikovosti pěstování: certifikovaná metoda. OSEVA vývoj a výzkum, Opava.
- Herman GE. 1991. Seed treatments for biological control of plant disease. *Crop Protection* **10**(3):166-171.
- Hesselbach H, Scheiner R. 2018. Effects of the novel pesticide flupyradifurone (Sivanto) on honeybee taste and cognition. *Scientific Reports* **28**:4954.
- He X, Feng X, Sun D, Liu F, Bao Y, He Y. 2019. Rapid and Nondestructive Measurement of Rice seed Vitality of Different Years Using Near-Infrared Hyperspectral Imaging. *Molecules* **24**(12):2227. <https://doi.org/10.3390/molecules24122227>
- Honsova H. 2023a. Kvalita osiva máku a výnosy. *Zemědělský týdeník* **1**:8.
- Honsova H. 2023b. Ozimý mák je u nás perspektivní. *Zemědělský týdeník* **31**:8-9.
- Honsova H. 2022. Pěstování máku je velmi úspěšné. *Zemědělský týdeník* **9**:8-9.
- Honsova H, Cihlár P. 2017. Klíčivost a vitalita osiva máku ve vztahu k produktivitě porostu v roce 2017. Zborník z konference „prosperující plodiny“. Česká zemědělská univerzita v Praze, 63-66.
- Horová E, Teodosijevoá K, Macháčková L, Hedrichová R. 2017. Příroda léčivé rostliny do kapsy. Euromedia Group, a.s. – Knižní klub, v edici Universum, Banská Bystrica.
- Hudaib M, Speroni E, Di Pietra AM, Cavrini V. 2002. GC/MS evaluation of thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil composition and variations during the vegetative cycle. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis* **29**(4):691-700.

- Hussain S, Hartley CJ, Shettigar M, Pandey G. 2016. Bacterial biodegradation of neonicotinoid pesticides in soil and water systems. *FEMS Microbiology Letters* **363**(23):fnw252. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnw252>
- ISTA - International Seed Testing Association, Switzerland. 2018. International rules for seed testing. Edition 2018.
- ISTA - International Seed Testing Association, Switzerland. 2019. International rules for seed testing. Edition 2019.
- ISTA - International Seed Testing Association, Switzerland. 2021. International rules for seed testing. Edition 2021.
- Janda J. 2023. Makových polí je málo. Pěstitelé přišli kvůli válce o východní trhy. *Deník.cz*, Available from <https://www.denik.cz/ekonomika/cesko-nedostatek-maku.html> (Accessed Červenec 2023).
- Jeschke P, Nauen R, Gutbrod O, Beck ME, Matthiesen S, Haas M, Velten R. 2015. Flupyradifuron (Sivanto™) and its novel butenolide pharmacophore: Structural considerations. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **121**:31-38.
- Ježek J. 2012. Zvýšení výnosu máku je žádoucí nové technologie v pěstování chmele. *Zemědělec* **15**:16-17.
- Jisha KC, Vijayakumari K, Puthur JT. 2013. Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. *Acta Physiologiae Plantarum* **35**:1381-1396.
- Kampar B, Al-Alahmadi MJ, Mahdavi-Damghani A, Villalobos FJ. 2012. Quantification of the cardinal temperatures and thermal time requirement of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds to germinate using non-linear regression models. *Industrial Crops and Products* **35**:192-198.
- Karni J, Karni E. 1995. Gypsum in construction: origin and properties. *Materials and Structures* **28**:92-100.
- Kilani J., Fillinger S. (2016): Phenylpyrroles: 30 years, two molecules and (nearly) no resistance. *Frontiers in Microbiology*, **7**: 2014.
- Klarić MŠ, Kosalec I, Mastelić J, Piecková E, Pepeljnak S. 2007. Antifungal activity of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil and Thymol against moulds from damp dwellings. *Letters in Applied Microbiology* **44**:36-42.
- Koch E, Roberts SJ. 2014. Non-chemical seed treatment in the Control of Seed- Borne Pathogens. *Global Perspectives on the Health of Seeds and Plant Propagation Material* **6**:105-123.
- Kolenčík P. 2012. Ječmen a mák vyžadují správnou péči. *Zemědělec* **5**:20.
- Kolařík P, Kolaříková K. 2020. Výskyt makovicových škůdců v porostech máku a ochrana proti nim. *Agromanual.cz*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/vyskyt-makovicovych-skudcu-v-porostech-maku-a-ochrana-proti-nim> (accessed červen 2020).

- Koller D, Mayer AM, Poljakoff-Mayber A, Klein S. 1962. Seed Germination. *Annual Review of Plant Physiology* **13**:437-464.
- Kowalczyk A, Przychodna M, Sopata S, Bodalska A, Fecka I. 2020. Thymol and Thyme Essential Oil – New Insights into Selected Therapeutic Applications. *Molecules* **25**(18):4125.
- Kowalska J, Tyburski J, Matysiak K, Jakubowska M, Lukaszyk J, Krzysińska J. 2021. Cinnamon as a Useful Preventive Substance for the Care of Human and Plant Health. *Molecules* **26**(17):5299.
- Kubelková D, Špak J. 1999. Virové choroby máku setého (*Papaver somniferum L.*) a některých dalších druhů čeledi *Papaverace*. Institute of Molecular Biology, Academy of Sciences of the Czech Republic, České Budějovice **1**:33-36.
- Kuchtová P. 2012. Mák setý v ekologickém zemědělství. *Zemědělec* **36**:31.
- Kuchtová P, Dvořák P. 2013. Vliv ošetření osiva na výnos ekologického máku. Výzkum a zkušenosti s pěstováním rostlin v ekologickém zemědělství. ISBN 978-80-213-2385-8.
- Kuchtová P, Hájková M, Havel J, Kazda J, Plachá E, Dvořák P. 2013. Pěstitelská technologie máku pro ekologické zemědělství. Certifikovaná metodika. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.
- Kundrátová K, Bartas M, Pečinka P, Hejna O, Rychlá A, Čurn V, Červeň J. 2021. Transcriptomic and Proteomic Analysis of Drought Stress Response in Opium Poppy Plants during the First Week of Germination. *Plants* **10**, 1878 - <https://doi.org/10.3390/plants10091878>.
- Kwon JA, Yu CB, Park HD. 2003. Bacteriocidal effects and inhibition of cell separation of cinnamic aldehyde on *Bacillus cereus*. *Letters in Applied Microbiology* **37**(1):61-65.
- Labanca F, Ovesna J, Milella L. 2018. *Papaver somniferum L.* taxonomy, uses and new insight in poppy alkaloid pathways. *Phytochemistry Reviews* **17**:853-871.
- Lamichhane JR, Corrales DC, Soltani E. 2022. Biological seed treatments promote crop establishment and yield: a global meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development* **42**(45):1-24.
- Le Floch G, Rey P, Déniel F, Benhamou N, Picard K, Tirilly Y. 2003a. Enhancement of development and induction of resistance in tomato plants by the antagonist, *Pythium oligandrum*. *Agronomie* **23**:455-460.
- Le Floch G., Rey P., Benizri E., Benhamou N., Tirilly Y. 2003b. Impact of auxin-compounds produced by the antagonistic fungus *Pythium oligandrum* or the minor pathogen *Pythium* group F on plant growth. *Plant and Soil*, **257**: 459–470.
- Letchamo W, Xu HL, Gosselin A. 1995. Variations in photosynthesis and Essential Oil in Thyme. *Journal of Plant Physiology* **147**:29-37.
- Leung J, Giraudat J. 1998. Abscisic acid signal transduction. *Annual review of plant biology* **49**:199-222.

- Lošák T, Richter R. 2004. Split nitrogen doses and their efficiency in poppy (*Papaver omniferum* L.) nutrition, *Plant Soil Environ* **50**:484-488.
- Lovato A, Noli E, Lovato FS, Beltrami E, Grassi E. 2001. Comparison between three cold test low temperatures, accelerated ageing test and field emergence on maize seed. In seed symposium, ISTA congre, Angers, France.
- Mach J. 2012. Aktuálně o máku a jarních obilninách. *Zemědělec* **17**:13.
- Maienfisch P, Angst M, Brandl F, Fischer W, Hofer D, Kayser H, Kobel W, Rindlisbacher A, Senn R, Steinemann A, Widmer H. 2001. Chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. *Pest Management Science* **57**(10):906-913.
- Makovička Z. 2023. Otazníky nad pěstování máku. *Zemědělský týdeník* **1**:6.
- Mancini V, Romanazzi G. 2014. Seed treatments to control seedborne fungal pathogens of vegetable crops. *Pest management science* **70**:860-868.
- Marino M, Bersani C, Comi G. 1999. antimicrobial activity of the Essential Oils of *Thymus vulgaris* L. Measured Using a Bioimpedometric Method. *Journal of food protection* **62**:1017-1023.
- Martínková M. 2021. Mák a jeho význam v potravinářství. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice. Pardubice.
- Matthews S, Powell A. 2012. Towards automated single counts of radicle emergence to predict seed and seedling vigour. *Seed Testing International (ISTA Bulletin)* **142**:44-48.
- Matthews S, Khajeh-Hosseini M. 2007. Length of the lag period of germination and metabolic repair explain vigour differences in seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed Science and Technology* **35**(1):200-212.
- Meszka B, Bielenin A. 2010. Polyversum WP a new biological product against strawberry grey mould. *Phytopathologia* **58**:13-19.
- Minkevič IA, Borkovskij VJ. 1953. Olejiny. Státní zemědělské nakladatelství v Praze. Praha.
- Mirjana M, Milka V, Dura K. 2010. Vigour tests as indicators of seed viability. *Genetika* **42**(1):103-118.
- Moumni M, Brodal G, Romanazzi G. 2023. Recent innovative seed treatment methods in the management of seedborne pathogens. *Food security* **15**:1365-1382.
- Muhammad A, Akhtar A, Aslam S, Khan S.R, Ahmed Z, Khalid N. 2021. Review on physicochemical, medicinal and nutraceutical properties of poppy seeds: a potential functional food ingredient. *Functional Foods in Health and disease* **11**(10):522-547.
- Mutalib NA, Azis TMF, Mohamad S, Azizan NI, Sidek HJ, Roziana MH, Razali Z. 2006. The repellent and lethal effects of black pepper (*Piper nigrum*), chilli pepper (*Capsicum annum*) and cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) extracts towards the odorour house and (*Tapinoma sessile*). *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences* **12**:2710-2714.

- Nauen R, Ebbinghaus-Kintscher U, Salgado VL, Kausmann M. 2003. Thiamethoxam is a neonicotinoid precursor converted to clothianidin in insects and plants. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **76**(2):55-69.
- Nauen R, Jeschke P, Velten R, Beck ME, Ebbinghaus-Kintscher U, Thielert W, Wolfer K, Haas M, Kunz K, Raupach G. 2014. Flupyradifurone: a brief profile of a new butenolide insecticide. *Pest Management Science* **71**(6):850-862.
- Nautiyal PC, Sivasubramaniam K, Dadlani M. 2023. Seed dormancy and regulation of germination. *Seed Science and Technology*, 39-66.
- Nonogaki H, Bassel GW, Bewley JD. 2010. Germination – Still a mystery. *Plant Science* **179**:574-581.
- Nonogaki H, Chen F, Bradford KJ. 2006. Mechanisms and genes involved in germination *sensu stricto*. *Annual Plant Reviews Volume* **27**:264-304.
- Novák J, Nováková H. 2018. Mák jako potravina a droga, makový receptář. AVENTINUM s.r.o., Praha.
- OSEVA , AGRO Brno, spol. s r.o.. 2024. Olejniny – Mák setý. ČESKÝ MÁK, s.r.o.. Available from <https://www.oseva-agro.cz/index.php/olejniny/mak-sety> (accessed 2024).
- Patterson SJ, Acharya SN, Thomas JE, Bertschi AB, Rothwell RL. 2004. Barley Biomass and Grain Yield and Canola Seed Yield Response to Land Application of Wood Ash. *Agronomy Journal* **96**(4):971-977.
- Pauli A. 2001. Antimicrobial properties of essential oil constituents. *International Journal of Aromatherapy* **11**:126-133.
- Periferakis AT, Periferakis A, Periferakis K, Caruntu A, Badarau IS, Savulescu-Fiedler I, Caruntu C. 2023. Antimicrobial Properties of Capsaicin: Available Data and Future Research Perspectives. *Nutrients* **15**(19):4097. <https://doi.org/10.3390/nu15194097>.
- Perucci P, Monaci E, Casucci C, Vischetti C. 2006. Effect of recycling wood ash on microbiological and biochemical properties of soils. *Agronomy for sustainable development* **26**:157-165.
- Perucka I, Materska M. 2007. Antioxidant vitamin contents of *Capsicum annuum* fruit extracts as affected by processing and varietal factors. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* **6**(4):67-73.
- Petrželová L. 2015. Vývoj pěstování máku setého (*Papaver somniferum* L.) na území České republiky. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Brno.
- Popescu C, Pruteanu A, Voice I, Ivancu B, Gageanu G, Popa L, Vladut V. 2014. Study regarding biochemical characterization and some preparations from nettle and wormwood in order to capitalize them as bioinsecticide / biofertilizers in organic agriculture. *Annals of the University of Craiova-Agriculture, Montanology, Cadastre Series* **44**:175-185.
- Potměšilová J. 2009. Světoví v produkci makového semene. *Zemědělec*. Available from <https://zemedelec.cz/svetovi-v-produkci-makoveho-semene/> (accessed Únor 2009).

- Powell A, Matthews S. 2012. Seed aging/repair hypothesis leads to new testing methods. *Seed Technology* **24**:15-25.
- Procházka P, Smutka L. 2012. Czech Republic as an important producer of poppy seed. *Agris on-line Papers in Economics and Informatics* **4**:35-47.
- Raffa CM, Chiampo F. 2021. Bioremediation of Agriculture Soils Polluted with Pesticides: A Review. *Bioengineering* **8**(7):92. <https://doi.org/10.3390/bioengineering8070092>
- Randeniya LK, de Groot GJJB. 2015. Non-Thermal Plasma Treatment of Agricultural Seeds for Stimulation of Germination, Removal of Surface Contamination and Other Benefits: A Review. *Plasma Processes and Polymers* **12**(7):608-623.
- Rao KJ, Paria S. 2013. Use of sulfur nanoparticles as a green pesticide on *Fusarium solani* and *Venturia inaequalis* phytopathogens. *RSC Advances* **26**:10471-10478.
- Rawtani D, Gupta G, Khatri N, Rao PK, Hussain AM. 2022. Environmental damages due to war in Ukraine: A perspective. *Science of The Total Environment* **850**: 157932. (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157932>)
- Rekanovic E, Milijasevic S, Todorovic B, Potocnik I. 2007. Possibilities of biological and chemical control of Verticillium wilt in pepper. *Phytopathology* **35**:436-441.
- Rey P, Benhamou N, Tirilly Y. 2007. Ultrastructural and cytochemical investigation of asymptomatic infection by *Pythium spp.* *Phytopathology* **88**:234-244.
- ROČENKA ekologického zemědělství. 2021. Struktura produkce na ekologických farmách. Ministerstvo zemědělství, Česká republika.
- Romanazzi G, Orconneau Y, Moumni M, Davillerd Y, Marchand PA. 2022 Basic Substances, a sustainable tool to complement and eventually replace synthetic pesticides in the management of pre and postharvest diseases: Reviewed Instructions for Users. *Molecules* **27**(11): 3484. <https://doi.org/10.3390/molecules27113484>
- Rotrekl J. 2008. Ochrana máku setého (*Papaver somniferum* L.) před některými hmyzími škůdci. Výzkumný ústav pícninářský spol. s.r.o., Troubsko.
- Russell L, Larner V, Kurup S, Bougourd S, Holdsworth M. 2000. The Arabidopsis Comatose locus regulates germination potential. *The Company of Biologists* **127**:3759-3767.
- Saikia D, Khanuja SP, Kahol AP, Gupta SC, Kumar S. 2001. Comparative antifungal activity of essential oils and constituents from three distinct genotypes of *Cymbopogon spp.* *Current Science* **80**(10):1264-1266.
- Salavert A, Martin L, Zazzo A. 2018. The opium poppy in Europe: Exploring its origin and dispersal during the Neolithic. (e1) DOI:10.15184/aqy.2018.154.
- Seiman DD, Batalu A, Seiman CD, Ciopec M, Udrea AM, Motoc M, Negrea A, Avram S. 2018. Pharmacological Effects of Natural Compounds Extracted from *Urtica dioica* Evaluated by in Silico and Experimental Methods. *Revista de Chimie Bucharest* **69**:2377-2381.
- Senanayake UM, Lee TH, Wills RB. 1978. Volatile constituents of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) oils. *Journal of agricultural and food chemistry* **26**:822-824.

- Shafii B, Price WJ. 2001. Estimation of cardinal temperatures in germination data analysis. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* **6**:356-366.
- Sharma KK, Singh US, Sharma P, Kumar A, Sharma L. 2015. Seed treatments for sustainable agriculture-A review. *Journal of Applied and Natural Science* **7**:521-539.
- Shoresh M, Harman GE. 2008. The molecular basic of shoot responses of maize seedlings to *Trichoderma harzianum* T22 inoculation of the root: a proteomic approach. *Plant Physiology* **147**(4):2147-2163.
- Shreaz S, Wani WA, Behbehani JM, Raja V, Irshad M, Karched M, Ali I, Siddigi WA, Hun LT. 2016. Cinnamaldehyde and its derivatives, a novel class of antifungal agents. *Fitoterapia* **112**:116-131.
- Svartz G., Acquaroni M., Coll CP. 2018. Differential sensitivity of developmental stages of the South American toad to a fungicide based on fludioxonil and metalaxyl-M. *Environmental Science and Pollution Research International*, **25**: 23857–23863.
- Svoboda P, Vašek J, Vejl P, Ovesná J. 2020. Genetic features of Czech blue poppy (*Papaver somniferum* L.) revealed by DNA polymorphism. *Czech Journal of Food Sciences* **3**:198-202.
- Swain SM, Singh DP. 2005. Tall tales from sly dwarves: novel functions of gibberellins in plant development. *Trends in Plant Science* **10**(3):123-129.
- Syngenta. 2020. CRUISER®. Syngenta, Switzerland. Available from <https://www.syngentaseedcare.com/product/crop-protection/cruiserr> (accessed October 2020).
- Šéra B, Novák F. 2021. Stimulation of seed germination and early growth by humic substances on poppy, pepper, rape, and hemp. *Biologia* **77**:641-648.
- Škarpa P, Kriška T, Antošovský J, Richter R. 2023. Výživa a hnojení máku setého: Ověřené postupy a vývoj nových hnojiv. *Agromanuál*, Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/vyziva-a-hnojeni-maku-seteho-overene-postupy-a-vyvoj-novych-hnojiv> (accessed Červen 2023).
- Targuis AM, Bradford KJ. 1992. Prehydration and priming treatments that advance germination also increase the rate of deterioration of lettuce seeds. *Journal of Experimental Botany* **43**(3):307-317.
- TeKrony DM. 2005. Accelerated Aging Test: Principles and Procedures. *Seed Technology* **27**(1):135-146. <https://www.jstor.org/stable/23433228>
- Tigges J, Roder O, Lindner K. 2002. E-ventus – a practical, physical seed treatment method against seed-borne pathogens in cereals. *Gesunde Pflanzen* **54**:170-175.
- Tomizawa M., Casida J.E. (2005): Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, **45**: 247–268.
- Toole EH, Hendricks SB, Borthwick HA, Toole VK. 1956. Physiology of seed Germination. *Annual Review of Plant Physiology* **7**:299-324.

- Usta J, Kreydiyyeh S, Bajakian K, Nakkash-Chmaisse H. 2002. In vitro effect of eugenol and cinnamaldehyde on membrane potential and respiratory chain complexes in isolated rat liver mitochondria. *Food and Chemical Toxicology* **40**(7):935-940.
- Valizadegan O. 2013. Study the influence of Thyme (*Thymus vulgaris*) extract on fungal infection control of some crop seeds during germination stage. *Advances in Environmental Biology* **7**:109-112.
- Vašák J. 2010. Mák. Powerprint s.r.o., Praha.
- Vlk R. 2022. Možnosti ochrany máku v roce 2022. Agromanuál, Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/moznosti-ochrany-maku-v-roce-2022> (accessed Duben 2022).
- Voškeruša J, et al. 1965. Pěstování olejnin v ČSSR. Státní zemědělské nakladatelství. Praha.
- Watts DB, Dick WA. 2014. Sustainable Uses of FDG Gypsum in Agricultural Systems: Introduction. *Journal of Environmental Quality* **43**:246-252.
- Yamaguchi S. 2008. Gibberellin Metabolism and its Regulation. *Annual review of plant biology* **59**:225-251.
- Yeh HF, Luo CY, Lin CY, Cheng SS, Hsu YR, Chang ST. 2013. Methods for thermal stability enhancement of leaf essential oil and their main Constituents from Indigenous Cinnamon (*Cinnamomum osmophloeum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **61**(26):6293-6298.
- Yoshimi A, Kojima K, Takano Y, Tanaka C. 2005. Group III histidine kinase is a positive regulator of Hog1-type mitogen-Activated protein kinase in filamentous fungi. *Eukaryotic cell* **4**(11):1820-1828.
- Zeković Z, Cvetanović A, Švarc-Gajić J, Gorjanović S, Sužnjević D, Mašković P, Savić S, Radojković M, Durović S. 2017. Chemical and biological screening of stinging nettle leaves extracts obtained by modern extraction techniques. *Industrial Crops and Products* **108**:423-430.
- Zhong K, Meng Y, Wu J, Huang Y, Ma J, Lu H. 2021. Effect of flupyradifurone on zebrafish embryonic development. *Environmental Pollution* **285**:117323.

10 Seznam použitých zkratek a symbolů

ha - hektar
cm - centimetr
ČR - Česká Republika
kg - kilogram
HTS - hmotnost tisíce semen
ABA - kyselina abcisová
GA - gibbereliny
DHN - dehydriny
HS - humínové látky
HA - huminové kyseliny
FA - fulvové kyseliny
TUS - test urychleného stárnutí
RE - Radicle emergence test (vzcházivost kořínků)
GC - plynové chromatografie
GC-MS - hmotnostní spektrometrie
FUM - Ferdowsi University of Mashhad
ATP - adenosintrifosfát
EO - esenciální olej
nAChR - nikotinové acetylcholinové receptory
THM - Thiamethoxan
HHK - hybridních histidinkináza

11 Tabulky

Tabulka 1. Přehled jednotlivých variant

Tabulka 2. Sledování klíčivosti máku setého – celková procentuální klíčivost

12 Grafy

Graf 1. Plochy v České republice oseté mákem setým (*Papaver somniferum*) (zdroj: <https://www.czso.cz/>).

Graf 2. Procentuální počet vyklíčených semen ošetřených komerčními chemickými/přírodními přípravky (Buteo Start, Cruiser OSR, Gliorex, Polyversum)

Graf 3. Ošetření semen máku sypkými biologickými materiály (Sádra + Agrovital, Sádra, Skořice + Agrovital, Skořice, Dubový popel, Smrkový popel)

Graf 4. Ošetření semen pomocí rostlinných extraktů (paprikový, tymiánový, kopřivový)