

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

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

**Diplomová práce**

**Bc. Klára Doležalová**

**Zemědělství a rozvoj venkova: Ekologické zemědělství**

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

**© 2024 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Alternativní možnosti ošetření osiva máku setého a jejich vliv na produkční parametry porostu a výnos" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 19.4.2024

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Matěji Satranskému, Ph.D. za cenné rady, doporučení a trpělivost při vedení mé diplomové práce. A také za jeho vstřícnost a pomoc při získávání potřebných informací a podkladů. Dále bych chtěla poděkovat své rodině, která mi byla po celou dobu studia velkou oporou.

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

## Souhrn

Česká republika se řadí k významným pěstitelům máku setého (*Papaver somniferum L.*). Mák setý má v našich zemích svojí dlouholetou tradici. Vzhledem ke stoupajícímu zájmu pěstování v ekologickém režimu je třeba stále hledat nové alternativy pro vylepšování pěstitelských technologií. Zatímco tradiční postupy často spoléhaly na chemické ošetření, nové směry se zaměřují na udržitelnost a zdraví půdy a rostlin. Takto se otevírají nové možnosti pro pěstitele máku, kteří chtějí přijímat výzvy moderního zemědělství a současně chránit životní prostředí. Kombinace inovací v ošetření osiva s pečlivým sledováním produkčních parametrů slibuje vyšší efektivitu a zároveň přináší naději na udržitelnou budoucnost v zemědělství.

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnotit vliv různých způsobů ošetření osiva máku setého na vzcházivost porostu v rámci přesného polního maloparcelkového pokusu, na strukturu porostu a výnos. Pokusy byly provedeny na Výzkumné stanici v Červeném Újezdě v roce 2023. Dále byla zjišťována klíčivost a vitalita osiva, v závislosti na různých typech ošetření v laboratorních podmínkách v laboratořích na fakultě Agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů na ČZU.

Pokusy lze rozdělit do čtyř kategorií: laboratorní klíčivost a energie klíčení, polní vzcházivost, vývoj rostlin a rozvoj kořenového systému v počáteční fázi vegetace a hodnocení produkčních parametrů a výnosu. Z hlediska laboratorní klíčivosti dosáhla nejlepších výsledků varianta ošetřená přípravkem Cruiser OSR, přestože energie klíčení v počátečních dnech byla velmi nízká. Z alternativních přípravků dopadl, z hlediska klíčivosti, velmi dobře smrkový popel. Co se týče polní vzcházivosti, stimulační přípravek TE Osivo jasně převyšoval, v rychlosti vzcházení v polních podmínkách ostatní varianty a oproti neošetřené kontrolní variantě byl průměrný počet vzešlých rostlin téměř dvojnásobný. Naopak sádra dosahovala podprůměrných výsledků a v tomto ohledu se příliš neosvědčila. Varianty ošetřené přípravkem TE osivo dopadly nejlépe také v rozvoji nadzemní i podzemní biomasy v počáteční fázi vegetace, byť rozdíly nebyly statisticky průkazné.

Z nových a poměrně málo probádaných přípravků, byly v rámci této práce testovány dva druhy popelů (smrk a dub), sádra, skořice a Bentonit. Dobrých výsledků dosahovala především skořice a popel ze smrku. Vliv smrkového popela se projevil především při testování laboratorní klíčivosti a varianty ošetřené skořicí dosahovaly uspokojivých výnosotvorných parametrů.

V rámci práce byl také sledován vliv přípravku Buteo start, který je v současné době jedinou chemickou alternativou za již zakázaný přípravek Cruiser OSR. Výnos variant ošetřených tímto přípravkem byl uspokojivý, nicméně účinnost, ve srovnání s přípravkem Cruiser OSR, je nižší. To je pravděpodobně zapříčiněno absencí fungicidních látek v přípravku Buteo Start.

**Klíčová slova:** mák, ošetření osiva, polní vzcházivost, laboratorní klíčivost

# Alternative poppy seed treatment options and their effect on crop production parameters and yield

## Summary

The Czech Republic is a major producer of poppy (*Papaver somniferum* L.). The poppy has a long tradition in our countries. Given the growing interest in organic cultivation, new alternatives for improving cultivation technologies must be constantly sought. While traditional practices often relied on chemical treatments, new directions focus on sustainability and soil and plant health. This opens up new opportunities for poppy growers who want to embrace the challenges of modern agriculture while protecting the environment. Combining innovations in seed treatment with careful monitoring of production parameters promises greater efficiency while bringing hope for a sustainable future in agriculture.

This thesis aimed to evaluate the effect of different poppy seed treatments on stand emergence in a precision small-plot field trial, on stand structure and yield. The experiments were carried out at the Research Station in Červený Újezd in 2023. Furthermore, depending on different treatment types, seed germination and vigour were investigated under laboratory conditions in the Faculty of Agrobiological Sciences, Food and Natural Resources laboratories at the Czech University of Life Sciences.

The experiments can be divided into four categories: laboratory germination and germination energy, field emergence, plant development and root system development at the early vegetative stage, and evaluation of production parameters and yield. Regarding laboratory germination, the Cruiser OSR-treated variant achieved the best results, although the germination energy in the early days was deficient. Of the alternative products, spruce ash performed very well in germination. Regarding field emergence, the seed stimulator TE Osivo outperformed the other variants regarding emergence rate under field conditions. The average number of plants that emerged was almost double compared to the untreated control. On the other hand, gypsum achieved below-average results and did not perform well in this respect. The TE Osivo-treated variants also performed best in developing above – and below-ground biomass at the early vegetative stage, although the differences were not statistically significant.

Of the new and relatively understudied products, two ashes (spruce and oak), gypsum, cinnamon, and Bentonite were tested in this work. Cinnamon and spruce ash were particularly good performers. The influence of spruce ash was particularly evident in the laboratory germination tests, and the cinnamon-treated variants achieved satisfactory yield parameters.

The effect of Buteo start, the only chemical alternative to the already banned Cruiser OSR, was also investigated. The yield of the variants treated with this product was satisfactory, but the efficiency, compared to Cruiser OSR, was lower. This is probably due to the absence of fungicidal substances in Buteo Start.

**Keywords:** poppy, seed treatment, field germination, laboratory germination

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>2</b>
<b>2 Vědecká hypotéza a cíle práce .....</b>	<b>3</b>
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1 Pěstební historie máku setého a jeho využití.....</b>	<b>4</b>
3.1.1 Vývoj situace máku setého v ČR.....	5
<b>3.2 Botanická charakteristika máku setého.....</b>	<b>8</b>
3.2.1 Alkaloidy v máku a jich chemické složení .....	9
<b>3.3 Mák jako potravina .....</b>	<b>10</b>
3.3.1 Pěstování máku v ekologickém zemědělství .....	11
3.3.2 Šlechtění odrůd .....	12
<b>3.4 Kvalita osiva máku a možnosti jejich ošetření .....</b>	<b>13</b>
3.4.1 Chemické metody ošetření osiv .....	14
3.4.2 Biologické ošetření osiv .....	16
3.4.3 Fyzikální metody ošetření osiv .....	18
3.4.4 Stimulační přípravky .....	18
3.4.5 Další možné materiály využitelné k ošetřování osiv .....	20
<b>3.5 Pěstitelská technologie máku .....</b>	<b>22</b>
3.5.1 Založení porostu .....	22
3.5.2 Hnojení .....	23
3.5.3 Regulace plevelů a škůdců máku setého .....	24
3.5.4 Regulace chorob máku setého .....	24
3.5.5 Další možnosti ošetření během vegetace.....	25
3.5.6 Průběh sklizně a posklizňových úprav .....	26
<b>4 Metodika .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1 Charakteristika stanoviště a klimatické podmínky .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2 Základní údaje o pokusu .....</b>	<b>27</b>
4.2.1 Klimatické podmínky v roce 2023 .....	27
4.2.2 Agrotechnika pokusu .....	28
4.2.3 Použitá odrůda Aplaus.....	29
4.2.4 Přehled použitých variant .....	29
4.2.5 Laboratorní klíčivost.....	29
4.2.6 Sledované parametry v rámci přesného polního pokusu .....	29
4.2.7 Sklizeň pokusů a příprava vzorků pro posklizňové hodnocení .....	30
<b>4.3 Přípravky použité v pokusu pro ošetření osiv máku .....</b>	<b>30</b>
<b>4.4 Statistické hodnocení .....</b>	<b>30</b>
<b>5 Výsledky.....</b>	<b>31</b>

<b>5.1</b>	<b>Energie klíčení a laboratorní klíčivost .....</b>	<b>31</b>
<b>5.2</b>	<b>Polní vzcházivost .....</b>	<b>33</b>
<b>5.3</b>	<b>Vliv ošetření osiva na vývoj rostlin a rozvoj kořenového systému .....</b>	<b>34</b>
<b>5.4</b>	<b>Hodnocení vlivu ošetření osiva máku setého na produkční parametry a výnos 37</b>	
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>48</b>
<b>7.1</b>	<b>Vyjádření k hypotézám .....</b>	<b>49</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>50</b>
<b>9</b>	<b>Použité internetové zdroje.....</b>	<b>64</b>

# 1 Úvod

Mák setý (*Papaver somniferum L.*) řadíme mezi jednoleté byliny z čeledi makovitých (*Papaveracea*). Tato rostlina kvete od pozdního jara do začátku léta a po opylení se květ transformuje do charakteristické tobolky, která následně po dozrání obsahuje semena. Ta jsou bohatá na olej a pro svoje vlastnosti využívána v širokém spektru různých odvětví. Dva hlavní směry využití představují především potravinářský a farmaceutický průmysl (Labanca et al. 2018). Z pohledu farmacie je mák ceněn především pro svůj obsah alkaloidů, ze kterých je nejvíce známý morfin. Kromě morfinu obsahuje latex této rostliny celou škálu dalších lékářsky atraktivních látek, z nichž je důležité zmínit také kodein nebo thebain. Většina těchto látek má analgetické účinky a snadno dochází k jejich zneužívání mimo medicínské a léčitelské účely. Proto je důležité zdůraznit, že využití máku setého ve farmaceutickém průmyslu musí být prováděno s ohledem na přísné zákony a regulace týkající se kontroly opioidních látek a jejich distribuce (Bhattacharji & Kamminga 2010). Semena máku mají své důležité uplatnění i v potravinářském průmyslu. Semena této olejninu jsou oblíbenou přísadou pro pečení a vaření a jsou nutričně zajímavá. Jsou bohatá na bílkoviny, vlákninu, minerály (hořčík, fosfor, vápník) a vitamíny (především vitamin E). Makový olej se získává lisováním semen a vyniká obsahem nenasycených mastných kyselin, které jsou prospěšné pro lidský organismus. Nenasycené mastné kyseliny tvoří 80-85 % z celkového obsahu mastných kyselin přítomných v makovém oleji. Hovoříme především o kyselině linolové a palmitové. Celkově má makový olej vyvážené složení mastných kyselin, které ho činí prospěšným pro lidské zdraví. Obsahuje převážně nenasycené mastné kyseliny, které mají pozitivní účinky na srdeční zdraví a snižují riziko vzniku některých chorob, jako je například srdeční onemocnění (Bozan & Temelli 2003).

Mák má potenciál dosahovat solidních výnosů, ale často je obtížné jeho potenciálu naplno využít. Výnos máku setého se odvíjí od celé řady faktorů. Počínaje odrůdou, která musí být vhodně zvolena vzhledem k účelu pěstování a zvoleném typu stanoviště. S volbou stanoviště jsou také spjaté klimatické podmínky. Musíme brát v úvahu, že mák setý je termofilní rostlina a vyžaduje teplé a suché klima pro optimální růst a vývoj. Dále je důležité brát zřetel na složení půdy, ideální jsou půdy dobře odvodněné s vyrovnaným obsahem živin. V neposlední řadě výnos máku ovlivňují agrotechnické postupy a ošetření během vegetace. Ošetření je ale také důležité před samotným zasetím máku, tedy ošetření osiva (Scavo & Mauromicale 2020; Fejér et al. 2021). Vzhledem k aktuální situaci v konvenčním zemědělství (zákaz celé řady účinných látek určených k ochraně rostlin) a řešení klimatických změn je zajímavým tématem pěstování máku v ekologickém režimu. Celkově lze říci, že pěstování máku v ekologickém zemědělství přináší mnoho výhod pro životní prostředí, zdraví a udržitelnost, což může vést ke zvýšenému zájmu spotřebitelů o ekologicky pěstované produkty. Kromě tradičních metod ošetření osiv máku setého existují i alternativní přístupy, které mohou být ekologičtější nebo šetrnější k životnímu prostředí. Tyto alternativní možnosti ošetření osiv máku setého se zaměřují na minimalizaci použití chemických látek a podporu zdravého a udržitelného prostředí v rámci ekologického zemědělství (Clair & Lynch 2010). Hovoříme především o biologickém, fyzikálním či alternativním ošetření osiv, které by mohlo postupně zastoupit chemické způsoby ošetření osiv (Droby et al. 2009; De Micco et al. 2014).



## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

Cílem práce je vyhodnotit vliv různých způsobů ošetření osiva máku setého na klíčivost a vitalitu osiva v laboratorních podmínkách, vzcházivost porostu v rámci přesného polního maloparcelkového pokusu, na strukturu porostu a výnos.

Hypotézy:

- Lze předpokládat, že různé metody ošetření osiva máku setého pozitivně ovlivní laboratorní klíčivost osiva, vzcházivost a zapojení porostu.
- Lze předpokládat, že různé metody ošetření osiva máku setého pozitivně ovlivní strukturu porostu a výnos semen máku setého.

### 3 Literární rešerše

#### 3.1 Pěstební historie máku setého a jeho využití

Z hlediska pěstování jsou zaznamenány první zmínky o máku z oblasti jižní Francie a Itálie zhruba 4 tisíce let př.n.l. Pomalu se začal mák šířit i do střední Evropy a poté směrem na východ k Egejskému moři. Jako významné místo z historického pohledu je vnímán také Kypr. Zde se dochovaly speciální dobové nádoby na mák, které dokonce mají tvar makovice (Valíček 2000). Právě z Kypru se mák nejpravděpodobněji rozšířil i do Egypta. Staroegyptská civilizace patří mezi nejstarší a nejzajímavější civilizace v historii lidského vývoje. Její významný přínos k rozvoji spánkové medicíny je zjevný. Spánek byl v Egyptě využíván jako prostředek léčby. První zmínky o poruchách spánku a jejich léčbě lze nalézt v několika dochovaných papýrech zabývajících se staroegyptskou medicínou. Egypťané byli první, kdo předepisovali hypnotické léky, přičemž pro tyto účely využívali právě mák, respektive opium, které bylo používáno k léčbě nespavosti, bolesti hlavy a jako anestetikum (Asaad 2015). Zbytky opia byly nalezeny v egyptské hrobce z 15. století před naším letopočtem. Zhruba ve stejném období existovaly kultury pěstování máku kolem Théb, což vysvětluje označení egyptského produktu jako "thébské opium" a pojmenování jednoho z alkaloidů objevených o několik století později jako thebain (Baraka 1982, Facchini et al. 2005). Svoji roli v historii máku hraje také Řecko. Tam se také opium využívalo především pro lékařské účely. Mák jakožto rostlina se řadí mezi jedny z nejstarších známých lidstvu a historické prameny naznačují, že Řekové v období od 1400 do 350 př. n. l. byli seznámeni s léčebnými a psychoaktivními účinky opia (Sharma & Singh 1983). Názvy opioidů se v průběhu času proměňovaly a rozvíjely. Historicky byly označovány jako narkotika, hypnoanalgetika a narkoanalgetika, což jsou termíny, které nejsou zcela adekvátní pro popis širokého spektra léků, které mohou zahrnovat i látky indukující spánek (Duarte 2005). Původně byly také označovány jako opiáty, což byl obecný termín, který později omezoval pouze na přírodní opiové produkty. Pozitivních účinků opia a jeho medicínského využití si byly vědomi i velcí lékaři medicíny jako je Hippokrates nebo Galén. Z Řecka se postupně dostalo opium i do Asie. Do Indie bylo opium dovezeno spekulativně Alexandrem Velikým ve 4. století (Brady & Tyler 1959). Je jasné, že opium bylo významnou součástí indické kultury před obdobím britského imperialismu. Portugalští obchodníci, kteří jako první registrovali užívání opia v Indii v roce 1600, zaznamenali, že opium bylo široce užíváno a bylo i významnou součástí společnosti (Mills & Barton 2007).

Konkrétně ochod s opiem v Číně představuje zajímavý milník. Druhá opiová válka, která skončila v roce 1842, odstranila veškerá právní omezení obchodu s opiem do Číny a výrazně zvýšila jeho produkci (Richards 2002). Velmi významná byla éra, která se rozvinula v 18. a 19. století, kdy západní národy, především Velká Británie, vyvážely opium, které pěstovaly v Indii, a prodávaly ho do Číny. Tento obchod měl za následek obrovské zisky pro Británii, která využívala tyto peníze k nákupu luxusních čínských výrobků, jež byly na Západě velmi oblíbené. Avšak, současně s rozvojem obchodu s opiem se v Číně šířila závislost na tuto látku, což mělo za následek vážné sociální a ekonomické problémy. Závislost na opiu postihla všechny vrstvy čínské společnosti a vedla k morálnímu úpadku, dezintegraci rodin a zhoršení produktivity pracovní síly. Tato situace nakonec vyústila v konflikty a povstání, které znamenaly začátek

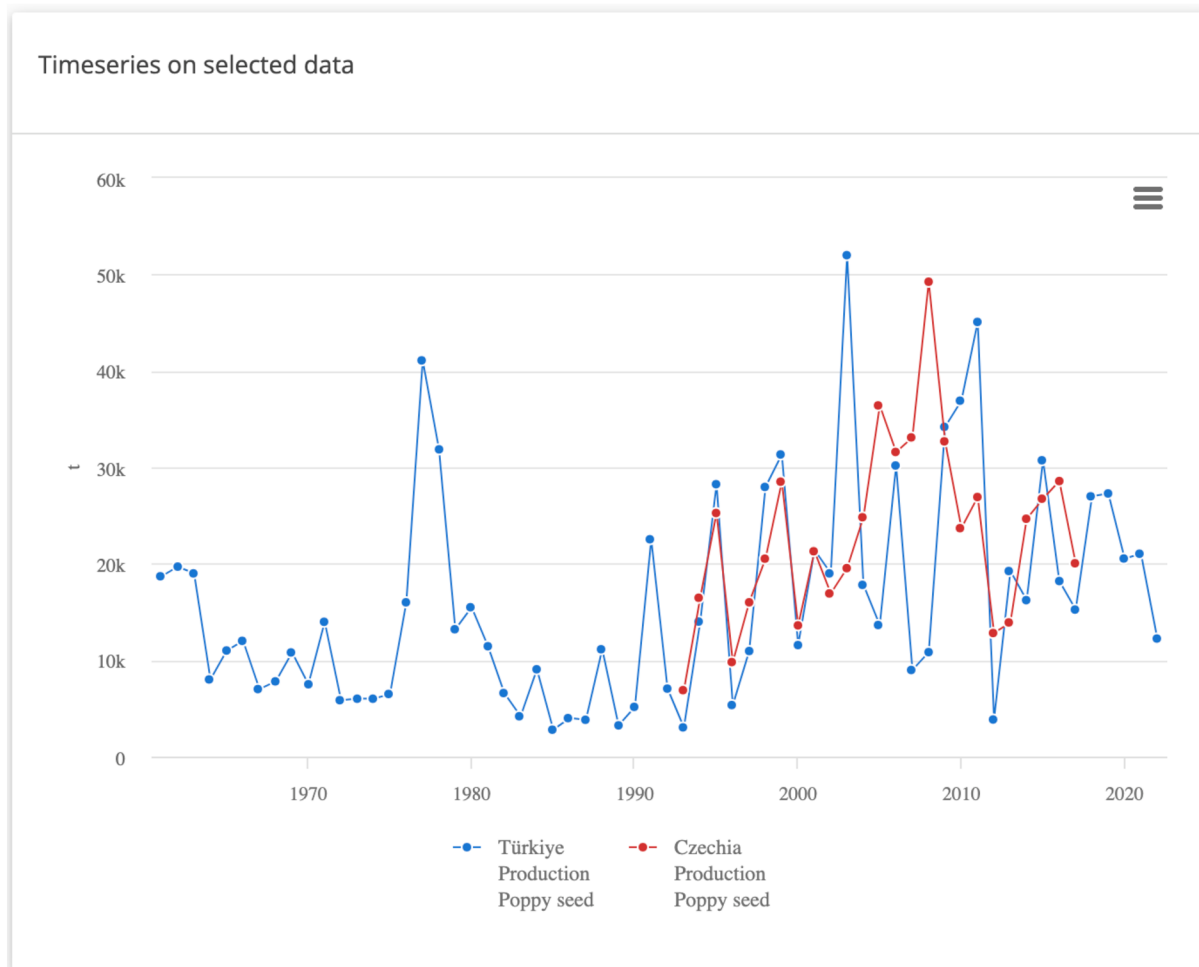
dlouhého období nestability a rozkladu v čínské říši (Brown 2002). Tato situace vyústila k zákazu opia. Legalizace opia byla v Číně znovu obnovena až v roce 1860 (Fábry 1992).

### 3.1.1 Vývoj situace máku setého v ČR

Mák u nás v České republice byl dlouho považován za okrasnou plodinu. Bylo tomu tak až do 14. století. Poté se mák začal postupně dostávat do popředí, nikoli ještě jako plodina polní, ale byl brán spíše jako okopanina. Postupně se začínal pěstovat v širokých řádcích. K převratu došlo až po roce 1970, kdy se začal mák pěstovat jako úzkořádková plodina, přestal se jednotit a sklízet se začal sklízecími mlátičkami. Počet rostlin na 1 m<sup>2</sup> se tedy nyní pohybuje mezi padesáti až osmdesáti, namísto dřívějších 20 rostlin/m<sup>2</sup> (Vašák et al. 2010). Podle nejnovějšího archeologického nálezu datovaného na duben 2007 z Ostrova na Tachovsku je znalost pěstování máku na našem území doložena již od 8. století př. n. l. Tento nález posouvá počátky pěstování máku o 400 let dříve, než se dříve předpokládalo na základě starších archeologických nálezů (Kočár & Dreslerová 2010). Pěstování máku na území dnešní České republiky má dlouhou historii sahající minimálně do 9. století. Oproti některým orientálním oblastem zde nedošlo k významnému zneužívání máku jako omamné drogy. V Čechách se osvojování farmakologických vlastností makové slámy stalo spíše součástí drobného domácího léčitelství. Zneužívání semenných odrůd máku nikdy nebylo na území ČR vážným problémem a ani v současnosti u nás nebylo zaznamenáno ve významnějším rozsahu (Kabourková 2018). Česká republika je po Turecku druhým největším producentem máku na světě se svou sklizňovou plochou 26 608 ha a produkcí 13 666 tun máku. Jen pro srovnání, Turecko v roce 2018 dosahovalo 45 123 ha, z nichž se vyprodukovalo 26 991 tun máku (Dąbrowski et al. 2020). V současné době Turecko uvádí sklizňovou plochu pro rok 2022 26 501 ha, což je snížení téměř o polovinu oproti zmíněnému roku 2018. S plochou klesla i produkce, a to k roku 2022 na 12 240 tun, což je dokonce méně jak o polovinu (FAOSTAT, 2024).

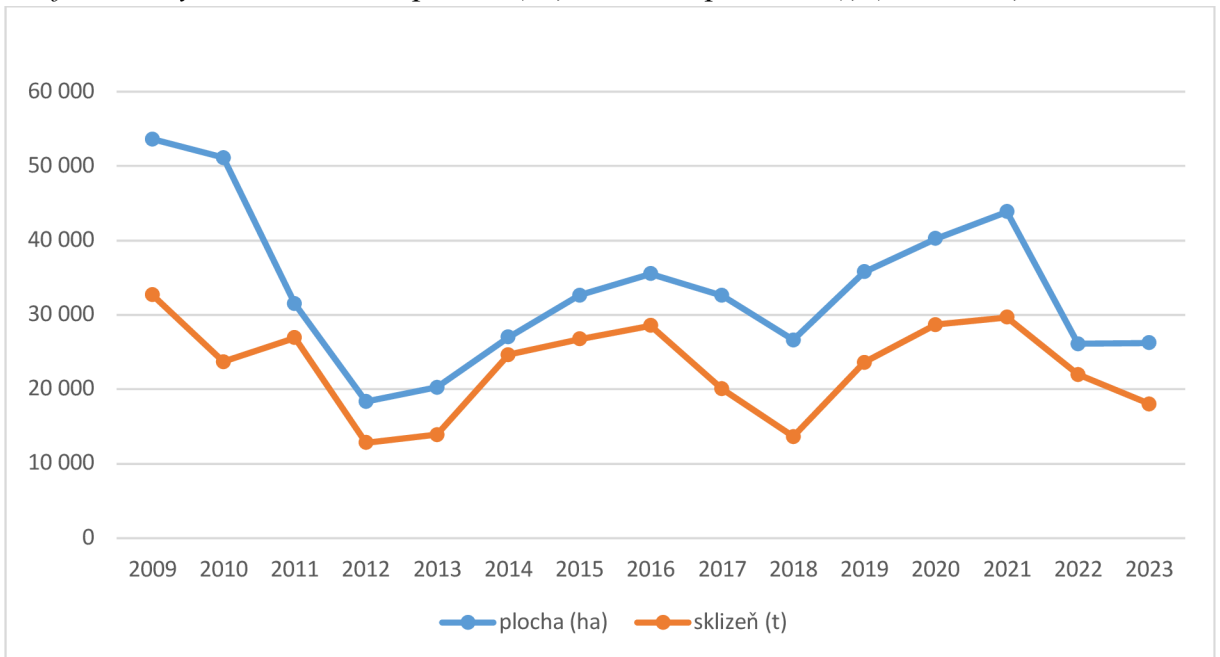
Lohr (2023) uvádí, že rok 2022 přinesl opět výjimečný vývoj, což je v souladu s historickou tendencí. Spotřeba máku podle ČSÚ dosáhla v České republice v roce 2021 úrovně 0,47 kg na osobu ročně. Tato hodnota je prakticky srovnatelná s úrovní spotřeby v první polovině devadesátých let 20. století, kdy byla spotřeba máku na českém trhu v moderní historii nejvyšší. Podle zatím předběžných údajů Českého statistického úřadu bylo v roce 2022 na ploše 26 126 hektarů sklizeno 20 558 tun makového semene, což odpovídá průměrnému výnosu 0,79 tuny na hektar. V porovnání s rokem 2021 došlo k poklesu o více než 40 %, pokud hovoříme o osevních plochách. Celková produkce zaznamenala propad o více než 30 %.

Graf 1: Srovnání produkce v České republice a Turecku (t), (FAOSTAT 2024)

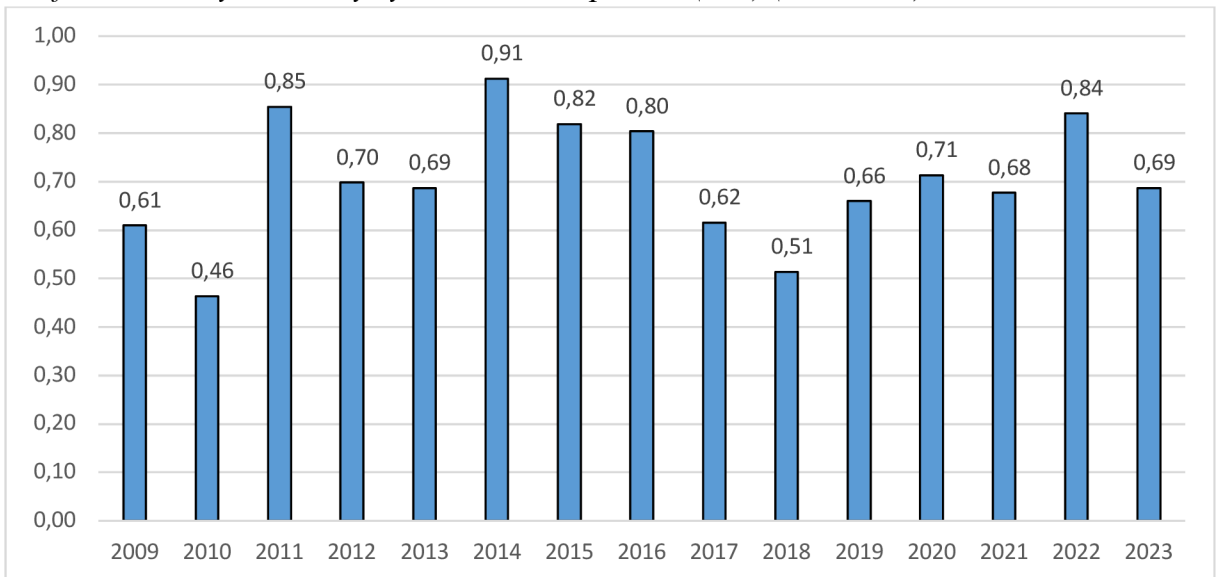


V alternativním zemědělství je plocha, kde se pěstuje mák setý malá. Důvodů je hned několik. Co se týče osiva, je komplikovanější samotný výběr, protože na trhu prakticky chybí bioosiva máku. Tento problém lze naštěstí v některých případech řešit podáním žádosti k udělení výjimky pro použití konvenčního osiva v ekologickém zemědělství (Pšenička a Hosnedl 2007).

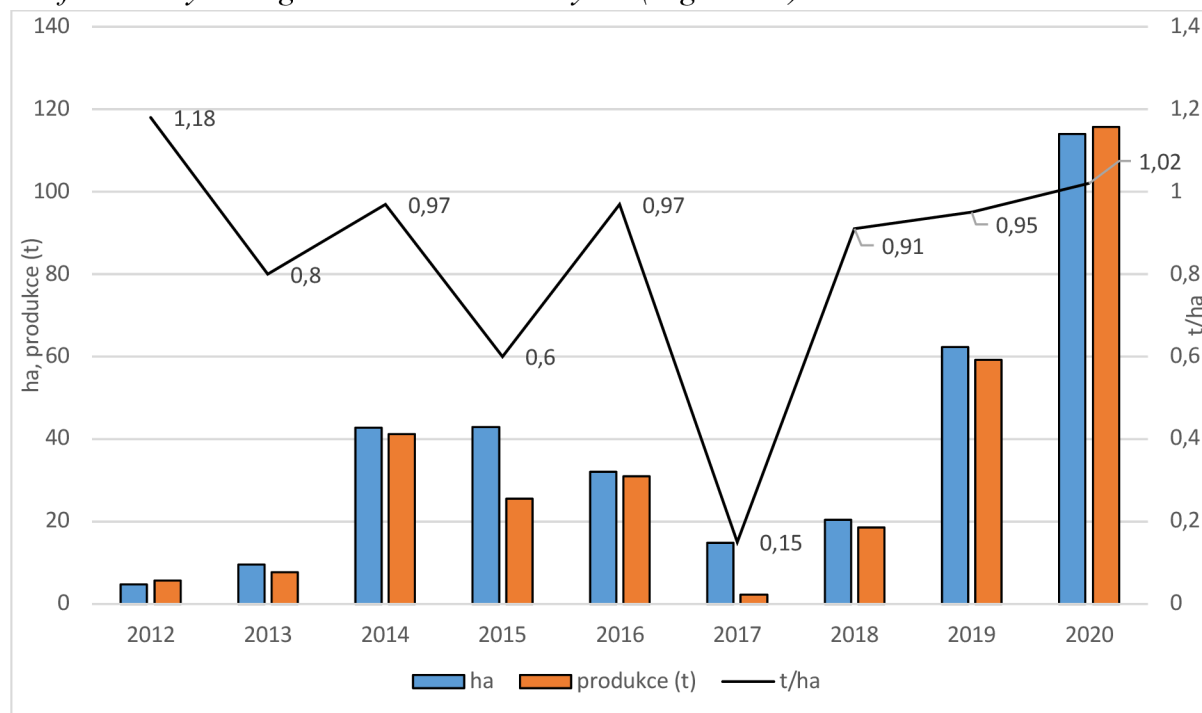
Graf 2: Plochy máku v České republice (ha) a celková produkce (t) (ČSÚ 2024)



Graf 3: Průměrný hektarový výnos v České republice (t/ha) (ČSÚ 2024)



Graf 4: Plochy ekologického máku v ČR a výnos (eagri 2023)



### 3.2 Botanická charakteristika máku setého

Mák setý (*Papaver somniferum*) je jednoletá bylina z čeledi makovitých (Papaveraceae). Dorůstá výšky obvykle kolem 30 až 100 centimetrů, nicméně může dosahovat i vyšších rozměrů za příznivých podmínek. Jedná se o kulturní rostlinu a po světě se pěstuje v široké škále kultivarů a ekotypů a jejich vlastností se vzájemně liší (Christenhusz et al 2017). Stonek je obvykle dřevnatý a listy jsou dlanitě laločnaté se střídavým uspořádáním a mají sivě zelenou barvu. Horní listy jsou více či méně přisedlé (Sharma et al. 2002). Květy máku jsou oboupohlavné, sestávající ze čtyř okvětních lístků různých barev. Mák je charakterizován jako cizosprašná plodina, avšak některé genotypy máku mohou být kategorizovány jako křížené opylované nebo kleistogamní. Přesto převládá samoopylení (Sharma & Singh 1983). Po odkvětu dochází k zahájení zralosti tobolky (plodu), která je nesená stopkou o délce 10-15 cm. Tobolky mohou mít různé tvary a velikosti. Uvnitř tobolky se nachází jeden až dva tisíce semen, která mají obvykle remiformní tvar a nabývají celé škály barev od bílé přes šedobílou (Lal 2022), okrovou, modrou až po černou (Alexander et al. 2011; Vašák et al. 2010). Olejnatá semena jsou dobrým zdrojem energie a jsou atraktivní také pro svůj obsah tuků, bílkovin a sacharidů (Bozan & Temelli 2003). Používají se výhradně pro svůj obsah oleje. Maková semena obsahují až 50 % oleje, který má vysoký obsah hladiny kyseliny olejové a linolové. Obecně je makový olej velmi kvalitní pro konzumaci díky své obsahové kvalitě, neboť je bohatý na polynenasycené mastné kyseliny, které naše tělo dokáže dobře využít (Özcan & Atalay 2006).

### 3.2.1 Alkaloidy v máku a jich chemické složení

Rostlina máku obsahuje opiové alkaloidy, avšak maková semena samotná je neobsahují. Pokud ale hovoříme o nemytých či nezpracovaných semenech, které jsou znečištěny mikročásticemi makové slámy, tak ty mohou obsahovat opiové alkaloidy mezi které patří, mimo jiné, například morfin, kodein nebo thebain. (Kauppila & Eagen 2023). Ke kontaminaci může dojít například při poškození škůdci nebo při sklizni (Knutsen et al. 2018). Morfin a kodein jsou terapeuticky využívány k léčbě bolesti. Tyto látky vykazují agonistické účinky na  $\mu$ -,  $\kappa$ - a  $\delta$ -opioidní receptory v nervové soustavě, které jsou součástí dráhy pro přenos bolesti (Snyder 2014). Morfin, jakožto hlavní aktivní složka opia, byl objeven v roce 1805 německým lékárníkem Friedrichem Sertürnerem a následně pojmenován po Morfeovi, bohu snů z římské mytologie. (Klockgether-Radke 2002). Morfin byl prvním rostlinným alkaloidem, jehož objevení a následná izolace představovaly průlom v oblasti organické chemie. Tento objev vedl k rychlému přijetí morfinu jakožto jednoho z předních léčivých přípravků v terapeutické praxi (Christrup 1997). Vzhledem k omezené rozpustnosti morfinu v jeho základní formě, se soli této látky, zejména morfin-sulfát a morfin-hydrochlorid, často využívají ve farmaceutických přípravcích (Vermeire & Remon 1999). V menší míře se také využívá morfin-tartrát. Struktura morfinu se skládá z pěti kondenzovaných heterocyklických kruhů: fenolového kruhu A, cyklohexanového kruhu B, cyklohexenolového kruhu C, N-methyl-piperidinového kruhu D a částečně nasyceného furanového kruhu E. Stereochemická uspořádání těchto kruhů byla potvrzena prostřednictvím rentgenové difrakční analýzy (Veith et al. 2013). Hlavním produktem metabolizace morfinu je morfin-3-glukuronid (M3G). Nicméně, morfin-6-glukuronid přitáhl největší pozornost vědecké komunity, protože podobně jako samotný morfin, i tento metabolit působí jako agonista  $\mu$ -opioidních receptorů (Lötsch & Geisslinger 2001). S morfinem je také spjatý diacetylmorfin, známější spíše pod názvem heroin. Vzniká syntézou za pomoci procesu acetylace morfinu. Dříve byl využíván jako účinný prostředek na potlačení kašle. Byl účinnější více než kodein, ale v době uvedení na trh nebyl považován za návykový. Jeho výroba po podrobnějším zkoumání a zjištění jeho návykových vlastností byla zastavena roku 1913. Podobně jako endorfíny, což jsou přirozené neurotransmitery uvolňované v reakci na stres nebo bolest, morfin a diacetylmorfin, které jsou vysoce lipofilní, snadno procházejí hematoencefalickou bariérou a ovlivňují opioidní receptory. Na rozdíl od morfinu je však heroin třikrát až pětkrát silnější (Wijekoon & Facchini 2012).

Kodein je další přirozeně se vyskytující opioidní alkaloid v opiovém máku. Je to slabší opioidní analgetikum než morfin, asi o jednu dvanáctinu, ale má podobné účinky: tlumení bolesti a mírného útlumu dechu (Husain & Sharma 1983). Kodein tvoří z opiátů v máku přibližně 1-3 % a vzhledem ke svým antitusickým vlastnostem, lze využít také na léčbu kašle (Schulz et al. 2004). Koncentrace opiátů na semenech je velmi variabilní. Množství morfinu se pohybuje v rozmezí od 10 do 105 mg/kg semene. Kodein je obsažen v rozmezí 3,1 do 11,2 mg/kg. Vzhledem k takhle širokému rozpětí obsahu alkaloidů je velmi rizikové takové opiáty využívat. Tyto extrakty se často používají k léčbě různých fyzických bolestí nebo psychických problémů jako jsou například úzkosti. Užívání těchto opiátů, ale může vést k závislostem. V těhotenství dokonce může vést k novorozeneckým abstinčním syndromům (Kauppila & Eagen 2023). Velmi žádaný morfin se používá jako nepostradatelné analgetikum. Jeho narkotická povaha a snadná přeměna na heroin však omezila svobodnou produkci makového

semene v zemědělství. A z velké části tak omezila výhody, které mohou pěstitelům máku z produkce plynout. Problém je, že alkaloidy v máku nelze chemicky syntetizovat ekonomicky životaschopným způsobem. Jelikož je stále obtížnější kontrolovat užívání morfinu, je velká poptávka po kultivarech máku se sníženým potenciálem produkce makových alkaloidů. Pro dosažení tohoto cíle mají šlechtitelé v zásadě dvě možnosti: první z možností je tvorba odrůd s nízkým obsahem morfinu, které ale obsahují vyšší množství thebainu, oripavinu a kodeinu; druhou možností je šlechtění odrůd, kde je významně snížený obsah latexu, takže po nařiznutí makovice nevytéká surové opium, ve kterém je obsažen morfin (Singh et al. 2014).

Mezi další alkaloidy, které jsou využitelné řadíme ještě thebain nebo oripavin, které se na rozdíl od morfinu a kodeinu nepoužívají jako takové, ale slouží jako výchozí látka při některých farmaceutických substancích (Knutsen et al. 2018). Výzkumný zájem získalo ještě několik dalších opiových alkaloidů z hlediska potencionální toxicity. Jedním z příkladů jsou benzylochinolinové opiové alkaloidy noskapin či narkotin. Na rozdíl od morfinu a kodeinu, není noscapin spojován s možnou návykovostí. V některých zemích je dokonce dostupný jako antitusikum ve formě hydrochloridové soli – noskapin hydrochlorid (Shetge & Redan 2023).

### 3.3 Mák jako potravina

S rozvojem poznatků ve vědě o potravinách a technologických znalostech dochází k výraznému nárůstu zájmu o kvalitnější a přirozené složky potravin. Nové objevy vedly k identifikaci mnoha nových vlastností, které dříve byly opomíjeny. Dobrým příkladem této problematiky je také mák setý. Mák se stal předmětem zájmu v potravinářském průmyslu díky své vysoké nutriční hodnotě (Seithi et al. 1990). Maková semena obsahují až 50 % oleje a přibližně 21,6 % bílkovin (Bozan & Temelli 2008). Obsah tuku v makových semenech se pohybuje v rozmezí od 28 % do 53 % v závislosti na různých faktorech, jako jsou odrůda, místo pěstování a podmínky prostředí (Erinç et al. 2009; Ghafoor et al. 2019). Mák má tím pádem obrovský potenciál pro použití jako funkční potravinářská přísada a nutraceutická látka v různých formách (Muhammad et al. 2021). Makový olej je bohatý na nenasycené mastné kyseliny, které jsou považovány za prospěšné látky. Přidává se tak do různých potravinářských výrobků včetně nutričních doplňků či kojenecké výživy (Lampi 2002; Moyad 2005). Obsah těchto prospěšných kyselin představuje v oleji 61-76 % (Ryan et al. 2007). Dominantní kyselinou z této řady a konkrétně z polynenasycených mastných kyselin, je kyselina linolová. Jedná se o kyselinu, která má významné zastoupení v lidské stravě. Její podíl se pohybuje od 53 % do 74 % (Ghafoor et al. 2019; Özcan & Atalay 2006). Ze stejné řady pochází také kyselina alfa-linolenová, která se v makovém oleji vyskytuje v malé míře také. Další z nenasycených mastných kyselin, tentokrát z řady mononenasycených, představuje kyselina olejová. V makovém oleji je zastoupená zhruba 13-24 %. Kyseliny stearová a palmitová naopak patří do třídy nasycených mastných kyselin, které se nepovažují pro lidský organismus za prospěšné. Kyselina palmitová je obsažena v makovém oleji z 8-19 % a stearová v menším množství (5-7 %) (Bozan & Temelli 2003; Rahimi et al. 2015).

Olej také obsahuje menší množství  $\beta$ -tokoferolu. Přesněji něco v rozmezí 309,5 až 567,3 ppm) (Singh et al. 2014; Muhammad et al. 2021). Důležitým faktorem je i oxidační stabilita. Jedná se o klíčový faktor při posuzování kvality olejů a tuků získaných ze semen. Tato stabilita



je výrazně ovlivněna složením mastných kyselin a minoritními složkami, jako jsou tokoferoly a tokotrienoly. Proces oxidace primárně zahrnuje degradaci polynenasycených mastných kyselin (PUFA) a tvorbu volných radikálů, což vede k poškození funkčních vlastností a nutriční hodnoty těchto olejů (Pignitter & Somoza 2012). Tokoferoly a tokotrienoly představují klíčové antioxidanty, které hrají významnou roli při stabilizaci nenasycených mastných kyselin v potravinách. Tyto látky poskytují efektivní ochranu proti oxidačnímu stresu, spolu s dalšími antioxidanty, jako jsou fenolické látky. Tento ochranný mechanismus je zásadní pro udržení a zachování kvalitativních parametrů potravin a minimalizaci negativních účinků oxidace na lidské tělo (Combs & McClung 2016; Papas 2019). Ve složení makového oleje převažují tři triacylglyceroly: LLL (39,5-43,5 %); LLP (23,5-27,1 %) a LLO (12,5-15,1 %), kde L je kyselina linolová, P je kyselina palmitová a O je kyselina olejová (Krist et al. 2006).

### 3.3.1 Pěstování máku v ekologickém zemědělství

Ekologické zemědělství se při pěstování máku setého zříká užití konvenčních umělých prostředků a tím pádem je ovlivněna finální produkce především vlivy počasí, podmínkami stanoviště a ročníku. Výhoda pěstování ekologického máku spočívá především v absenci možnosti příměsí technického máku a nepodléhání výkyvům co se týče ceny. V současné době pomocí využití moderní zemědělské techniky a modifikace pěstebních postupů umožňuje ekologickým pěstitelům uzpůsobit efektivní produkci požadavkům ekologického zemědělství (Kuchtová et al. 2013). Obecně lze také poznamenat, že pěstování v ekologickém režimu je odlehčením v oblasti současné intenzifikace zemědělství. Svět a naše populace v současnosti čelí několika kombinovaným výzvám, jak nasycit rostoucí populace a zároveň chránit životní prostředí a současně vyrábět a udržovat obnovitelné zdroje energie (Clair & Lynch 2010). Do popředí by bylo vhodné dostat systémy produkce potravin založené na alternativních intenzifikačních strategiích a dosáhnout tak ekologické intenzifikace. Alternativní způsoby obhospodařování půdy a rostlin podporují efektivitu využití živin, snižují potřebu kontroly chorob a škůdců, zvyšují efektivitu využívání vody a ochranu půdy (Tittonell 2014).

Dalším problémem v ekologickém zemědělství jsou patogeny, které každoročně snižují zemědělské výnosy a tím i produkci potravin. Častým řešením je použití chemických pesticidů. Avšak toto v praxi přináší problémy, neboť tyto pesticidy dlouho přetrvávají v půdě, kontaminují podzemní vody a jejich zbytky zůstávají v zemědělských plodinách, čímž se dostávají do potravního řetězce. Navíc je metabolismus chemických pesticidů často nedostatečně prozkoumán a jejich účinky na necílové organismy zůstávají většinou neznámé (Sharma et al. 2020). Proto nejen v rámci ekologického zemědělství bylo vyvinuto značné úsilí ve výzkumu s cílem identifikovat účinné alternativy k chemickým pesticidům, zejména fungicidům, pro kontrolu různých chorob plodin (Thambugala et al. 2020). Za takovou alternativu můžeme považovat například biologické ošetření rostlin. Avšak, hlavním problémem tohoto typu ošetření rostlin je jeho účinnost ochrany. Tato účinnost závisí na různých faktorech, jako jsou podmínky prostředí, specifická hostitele, doba aplikace a metoda a frekvence aplikace (Burketova et al. 2015, Thambugala et al. 2020).

Pro ekologické zemědělství představují velkou výzvu také dvouděložné plevely. Mezi zimními plevely je *Papaver rhoeas*, u nás dobře známý jako vlčí mák, považován za jeden z nejvýznamnějších dvouděložných druhů (Torra & Recasens 2008). Jeho konkurenceschopnost

vůči plodinám se zhoršuje v období klíčení, které trvá od října do dubna, a zároveň vyniká vysokou reprodukční schopností (Cirujeda et al. 2008). Regulace plevelů se obecně v ekologickém zemědělství provádí především mechanizovaně či fyzikálními metodami a náklady na tato opatření bývají zpravidla vysoké a jejich účinnost a efektivitu je nutné dále zkoumat (Pšenička & Hosnedl 2007). Také vedlejší účinky herbicidů a zvyšující se prevalence ekologického zemědělství vyvolávají potřebu dalšího rozvoje mechanického hubení plevelů (Rueda-Ayalav et al. 2010). Do rozšíření o povědomí této problematiky zasáhl i vývoj odolnosti plodin vůči herbicidům a zvýšil, tak význam a rozsah mechanické regulace plevelů. Plevel s rezistencí vůči herbicidům vyžadují alternativní nechemické postupy, jako je právě zpracování půdy, které se jeví jako nejučinnější z možností mechanického hubení plevelů, přestože se jedná v zásadě o nejstarší možný způsob zbavování se nežádoucích rostlin v porostu. V souvislosti s vypěstovanou rezistencí plevelů se toto téma netýká pouze ekologického zemědělství. Dobrá zpráva tedy je, že vývoj inteligentních a robotických odplevelovačů může v budoucnu přinést revoluci v mechanickém hubení plevelů prostřednictvím selektivního využití těchto technologií a tím vyřešit problémy s pleveli, ať už se jedná o konvenční či alternativní pěstitelské postupy (Hussain et al. 2018).

### 3.3.2 Šlechtění odrůd

Mák má dlouhou tradici v kultuře slovanského lidu a je pevně zakořeněn v kulturním dědictví střední Evropy, včetně Slovenska. Pěstování máku na Slovensku prošlo dlouhodobým vývojem. Již od počátků šlechtění odrůd máku setého byl kladen velký důraz na odrůdy univerzálního typu, takže i na začátku této činnosti v roce 1948 bylo hlavním cílem vytvoření nových odrůd s vysokým výnosem kvalitních makových semen určených pro potravinářské využití, a zároveň s obsahem morfinu vhodným pro farmaceutický průmysl. Kvůli negativní korelaci mezi výnosem semen a obsahem morfinu, a také kvůli prioritě výnosu semen před vedlejším produktem makové slámy, odrůdy tohoto typu nebyly na Slovensku do roku 2019 registrovány. Vzhledem k rostoucí poptávce po kvalitním máku pro potřeby potravinářského průmyslu a na druhé straně poptávce po makové slámě pro průmysl farmaceutický, se šlechtění v současnosti zaměřuje na dva hlavní směry: odrůdy určené pro potravinářské využití a odrůdy s důrazem na průmyslové využití (Fejér et al. 2021).

Globálně je stále více žádaný mák s vysokými nutričními hodnotami. Velký důraz je kladen na vývoj právě máku potravinářského. Kromě univerzálních variant, je důraz přikládán i na vývoj druhů máku bez opia, aby se pěstitelé mohli vyhnout omezením. Dobrým příkladem takové odrůdy je „Sujata“, která byla vyvinuta v Centrálním institutu léčivých a aromatických rostlin v Lucknow (Sharma et al. 1999). Jedná se o genotyp, který vznikl mutačním šlechtěním z původní odrůdy GH, která je bohatá na alkaloidy a známá pod názvem Sampada. Dříve také známá pod názvem Mass-2B. Morfologicky jsou odrůdy Sujata a Sampada obtížně rozlišitelné. Hlavním rozdílem mezi nimi se projeví až při otevření jejich tobolek, přičemž odrůda Sujata neprodukuje latex, zatímco odrůda Sampada ho naopak vylučuje ve velkém množství (Lal 2022). Dalším rozdílem je nutriční složení semen. Semena odrůdy Sujata jsou nutričně bohatá. Obsahují přibližně 24 % bílkovin a více než 58 % oleje s vysokým podílem nenasycených mastných kyselin, což je činí atraktivními pro potravinářské využití. Původně byla odrůda Sujata považována za bezalkaloidní na základě denzitometrické analýzy, avšak pozdější

citlivější analýzy pomocí HPLC ukázaly, že nemusí být zcela bez alkaloidů. Ve srovnání s mateřskou odrůdou Sampada, je však fenotyp alkaloidů u odrůdy Sujata výrazně oslaben, až na výjimku thebainu (Sharma et al. 2002). Z českých registrovaných odrůd lze zmínit Aplaus, Major, Maraton, MS Topas, Onyx a Opál. Odrůda Aplaus je velmi populární odrůda vyšlechtěná v ČR v roce 2014. Poskytuje velmi vysoké a stabilní výnosy díky intenzivnímu udržovacímu šlechtění. Vyniká velmi dobrým zdravotním stavem a je odolná proti poléhání a vyvracení rostlin. Kromě toho také dobře reaguje na vyšší intenzitu pěstování, a i při hustším porostu velmi dobře zaplní i menší makovice (elita.cz). Odrůda Major disponuje taktéž dobrým zdravotním stavem a zároveň vykazuje velmi dobrou odolnost proti nežádoucím otevíráním makovic. V ideálních podmínkách rostliny této odrůdy dosahují nadprůměrných výnosů s minimálním počtem hledáků. Tento kombinovaný soubor vlastností zaručuje úspěšný růst a vývoj rostlin s potenciálem vynikající sklizně (Pšenička et al. 2009).

Jelikož mají semena máku vysokou hodnotu na globálním trhu, vytváří se tak tlak na šlechtitele rostlin, aby se snažili vyvíjet odrůdy s vysokou výnosností semen, které budou schopny uspokojit stále rostoucí celosvětové požadavky. Kromě nutričních hodnot je také velmi důležité zaměřovat se na vývoj odrůd, které budou odolné vůči nemocem. Ty totiž představují závažným problémem pěstitelů máku z hlediska uspokojení potřeb poptávky. Jedním z velkých překážek v každém úspěšném šlechtitelském programu je prevalence určitých plísňových či bakteriálních chorob nebo hmyzem přenášených chorob, které způsobují nečekané ztráty z hlediska produktivity a tím zmíněné nenaplnění požadavků spotřebitelů (Mishra et al. 2012).

### 3.4 Kvalita osiva máku a možnosti jejich ošetření

Ošetření osiv je důležitým faktorem v pěstitelské technologii máku. Výběr odrůdy s optimalizovanými genetickými vlastnostmi je sice dobrý základ, ale nemusí být vždy dostačující (Scavo & Mauromicale 2020). Významné škody vznikají chorobami, které se přenášejí z osiva napadených makovic. Konkrétně mezi tyto choroby řadíme helmintosporiózu (*Pleospora papaveracea*) a plíseň makovou (*Peronospora arborescens*). Pokud jsou rostliny napadeny těmito původci, dochází k rozsáhlým poškozením, nejen z hlediska vyrovnanosti vzcházení. Je proto velmi důležité zvolit hned na začátku kvalitní výběr osiva s vysokou biologickou a semenářskou hodnotou (Kuchtová et al. 2011).

Kvalitní osivo hraje velmi důležitou roli v tvorbě výnosu. Semenářskou hodnotu osiva nejčastěji vyjadřujeme pomocí klíčivosti, čistoty a hmotnosti. Semena by měla mít klíčivost minimálně 80 %. Tento parametr se však testuje v podmínkách, které jsou pro klíčení optimální. Když se však semeno dostane do polních podmínek, je jeho klíčení ovlivněno více faktory (Honsová & Cihlár 2018). Jedná se totiž o komplexní biologický proces ovlivňován různými environmentálními a genetickými aspekty (Shafii & Price 2001). Zároveň je klíčení považováno za jedno z nejkritičtějších období v životním cyklu rostlin (Ungar 1978). Přesto, že dokážeme vypočítat výsevní množství, není to záruka toho, že se nám podaří dosáhnout optimálního počtu rostlin. Je tomu tak, protože klíčivost nezahrnuje tak úplně biologickou hodnotu osiva. Ta má totiž rozhodující vliv na vývoj porostu, polní vzcházevost a také konečný výnos. Do biologické hodnoty osiva zahrnujeme genetický základ odrůdy, úroveň agrotechniky, kvalitu sklizně, posklizňové ošetření, podmínky uskladnění a v neposlední řadě i konečné úpravy. Jedná se tedy v souhrnu převážně o vnitřní vlastnosti osiva. Ty jsou dané

kvalitou živé hmoty semen. Důležitým ukazatelem s tímto pojmem spojeným je vitalita osiva. Jedná se o stupeň tolerance osiva na nepříznivé podmínky a jeho schopnost vyklíčení v těchto podmínkách (Honsová & Cihlár 2018). Podmínky prostředí přímo kolem semene určují úspěšnost klíčení a následné vyklíčení a etablaci embrya. Teplota a vlhkost především ovlivňují tempo klíčení semen, pokud není omezujícím faktorem provzdušňování. Teplota je nejdůležitější hnací silou ovlivňující rychlost vývoje plodin (Kamkar et al. 2008). Vitalita osiva také souvisí s rozdílem mezi zjištěnou klíčivostí a vlastní polní vzcházivostí. To znamená, že semena, která mají vyšší vitalitu osiva mají větší šanci vzejít v nepříznivých podmínkách, než semena s nízkou vitalitou (Honsová & Cihlár 2018).

Ošetření osiv hraje důležitou roli jak v konvenčním, tak i v ekologickém zemědělství. Dále je v ekologickém zemědělství velmi důležité mít kvalitní osivo již v základu. Způsoby ošetření jsou různé a nejrozšířenější z nich je moření. Chemické moření osiva je velmi účinné a efektivní a v konvenčním zemědělství zcela běžnou součástí pěstitelské technologie máku. Nekonvenční zemědělství má však odlišné požadavky na moření osiva. Přímě pro ekologické zemědělství je chemické moření zakázané, ale výsev nenamořeného osiva může být značným rizikem. Hovoříme především o měsících, kdy jsou silné ataky patogenů (Pšenička & Hosnedl 2007).

#### **3.4.1 Chemické metody ošetření osiv**

Chemická úprava osiva poskytuje celou řadu výhod pro pěstitele. K těmto výhodám lze zařadit zvýšené vzcházení, prevenci přenosu patogenů přenášených semeny, ochranu nadzemní části rostlin před infekcí vzdušnými chorobami, nebo zlepšení vitality a rovnoměrného růstu plodin. Všechny tyto výhody zároveň přispívají k optimalizaci výnosu a kvality plodin (Munkvold et al. 2014). Do kategorie chemického ošetření osiv se jednoznačně řadí moření, které je nejrozšířenější a zároveň za určitých podmínek i ekologicky přijatelné. Potlačuje především houbové choroby přenosné osivem. Z těchto chorob je nejznámější helmintosporiíza máku a plíseň maková. Co se týče škůdců, je moření užíváno hlavně pro prevenci proti krytonosci kořenovému. Působení přípravku závisí na použití mořidla, jeho dávce a aplikaci. Pokud se podá příliš nízká dávka, může být účinnost mořidla snížena. Naopak při aplikaci příliš vysoké dávky musíme téměř jistě počítat s toxickým účinkem a snížením biologické kvality osiva (Vašák et al. 2010). Cruiser OSR s fungicidní a insekticidní složkou je velmi účinný a efektivní přípravek. Bohužel po zákazu pesticidů z řady neonikotinoidů se s ním již nedá počítat. Je proto potřeba zaměřit se na nahrazení této jedničky mezi přípravky. Fungicidní složka tohoto přípravku lze vykompenzovat lépe než ta insekticidní. Z hlediska náhrady fungicidního účinku můžeme počítat s přípravky na bázi přírodních látek a mikroorganismů. Insekticidní účinek lze jen obtížně nahradit fyzikálními metodami nebo podpornými přípravky na bázi hnojiv (Satranský 2020).

#### **Buteo Start**

Jedná se o insekticidní mořidlo, které slouží k ošetření osiva. Osivo a sazenice chrání proti hmyzím škůdcům v průběhu vzcházení osiva. Tím také přispívá ke zlepšení vitality rostlin. Porost má vyšší potenciál k rovnoměrnějšímu zapojení, čímž se v konečném důsledku zvyšuje pravděpodobnost vyššího výnosu. Klíčová účinná látka v tomto přípravku je

flupyradifurone. Tato látka patří do skupiny butenolidů a má dobrý ekotoxikologický profil včetně nízkého negativního dopadu na opylovače (Sparks 2013).

Flupyradifuron se zaměřuje na nervový systém hmyzu. Zaměřuje se konkrétně na nikotinové acetylcholinové receptory (nAChR) v nerovém systému hmyzu (Nauen et al. 2015). Flupyradifuron je účinná látka ze skupiny butenolidů. (IRAC skupina 4D). Účinná látka je přijímána klíčovými a vzcházejícími rostlinami a následně je distribuována i do nadzemní části rostlin. Doba trvání účinku je odvislá od půdně klimatických podmínek a infekčního tlaku. Působení je dotykové a zároveň požerové. (eagri.cz 2024). Je však nutné dbát na doporučené dávkování, protože flupyradifuron by ve vysokém množství mohl způsobit zvýšení oxidačního stresu. To je obzvláště důležité, pokud využíváme přípravky určené k foliární aplikaci. Nadměrné dávky by mohly negativně ovlivnit kognitivní schopnosti a motoriku opylovačů. Flupyradifuron zvyšuje expresi hned několika imunitních genů včely medonosné. Tím vede k vyššímu zatížení patogeny mikrosporidie *Nosema ceranae* v některých včelstvech. Podobně jako u neonikotinoidů je potřeba brát zřetel jak na akutní letální účinky, tak i na subletální, které mohou být hůře sledovatelné a rozpoznatelné. Lze tedy říct, že velkou mezerou u této látky je naše chápání toho, jak flupyradifuron ovlivňuje odpověď na virovou infekci (Van den Brink et al. 2016). Velmi důležité pro zkoumání bezpečnosti pesticidů je také roční období. V průběhu roku se potřeby včelstva mění. U vysokého populačního růstu potřebují hodně potravy, a naopak na jaře dochází k zastavení shánění potravy. To souvisí také se změnami fyziologií dělnic. Nektar a pyl konzumované dělnicemi obsahují rostlinné fytochemikálie, které mohou stimulovat detoxikační cesty, což ovlivňuje tolerantnost včel k pesticidům (Liao et al. 2017).

## **Cruiser OSR**

Cruiser OSR je přípravek řadící se do skupiny insekto-fungicidních mořidel. Co se týče insekticidní složky, obsahuje thiamethoxam ze skupiny nenonikotinoidů. Fungicidní složku tvoří dvě účinné látky; metlaxyl-M proti půdním houbám rodu *Pythium* a plísní zelené (*Perenospora brassicae*) a fludioxonil, který účinně působí proti fuzariózám, fomovému černání krčku, kořenomorci a černi řepkové (Horák 2004). Co se týče tohoto přípravku je rizikové používání neonikotinoidů. EU s obavou na dopad na hmyz jejich používání omezilo. Jedná se o velmi rozšířené insekticidy, které představují zhruba jednu třetinu celosvětového trhu. Používají se nejběžněji jako profylaktické obalení semen u kvetoucích či nekvetoucích plodin. Řadíme sem kromě máku i řepku olejku, kukuřici a z nekvetoucích například pšenici či kukuřici. Neonikotinoidy mají systémovou povahu, a proto poskytují v pletivech rostlin cílenou ochranu proti škůdcům. Dokonce i proti těm, kteří vykazují rezistenci vůči dříve vyvinutým pesticidům. Tato vlastnost, ale také znamená, že se neonikotinoidy nacházejí v pylu a nektaru pro hmyz, který rostliny opyluje. Opylujícímu hmyzu způsobují neonikotinoidy negativní reakce (Woodcock et al. 2018). Přímo v případě přípravku Cruiser OSR nebyl negativní vliv na hmyz prokázán, ale přesto s tímto přípravkem teď ani do budoucna nelze počítat (Thompson et al. 2016). Do roku 2023 byla pro moření máku setého přípravku Cruiser udělována výjimka, nicméně v současné době je již na území evropské unie definitivně zakázán (Vrbovský et al. 2023).

### 3.4.2 Biologické ošetření osiv

Biologická ochrana rostlin je oblast, která spojuje mnohá odvětví. Jedná se například o ekologii, entomologii, studii plevelů či mikrobiologii. Tento způsob ochrany lze provádět třemi způsoby. U prvního způsobu se využívají přirození predátoři pro zneškodnění škůdců. Druhým způsobem je využití patogenů a třetí způsob zahrnuje antagonistické mikroorganismy. Tento způsob ošetření se mimo zemědělství začíná dostávat do veterinární, a dokonce i lidské medicíny. V ochraně rostlin se soustřeďuje biologická ochrana především na proces nebo způsob působení. Biologické přípravky tedy primárně slouží pro aplikaci antagonistů a konkurentů pro škůdce (Eilenberg et al. 2001).

Biologická ochrana rostlin může šetrně nahradit syntetické a chemické fungicidy využívané ke zneškodnění posklizňových patogenů. V této oblasti je však zapotřebí provést ještě více výzkumu. Je zapotřebí lepší pochopení mechanismu účinku biokontrolních činidel a zároveň pochopení vztahů mezi úrovní infekce vyskytujících se ve vegetaci na poli a následným rozvojem posklizňového patogenu. Největší rozmach zažívají stále chemické přípravky. Většina komerčně dostupných biologických přípravků mají totiž omezená použití. U biologické ochrany rostlin je důležité brát zřetel na fakt, že se jedná o komplikované interakce mezi rostlinou, patogenem a biologickým přípravkem. (Droby et al. 2009).

Pokud hovoříme o biologických přípravcích konkrétně, lze na ošetření osiv máku setého využít Polyversum nebo Gliorex. Gliorex je pomocný rostlinný přípravek, který se skládá z binární směsi půdních mykoparazitických hub *Clonostachys rosea* a *Trichoderma harzianum* (Kuchtová et al. 2011) *Clonostachys rosea* je saprofytická vláknitá houba, která je globálně rozšířená. Vykazuje výbornou biologickou kontrolní schopnost proti spoustě houbových rostlinných patogenů. Její účinek je založen na aktivaci mnoha mechanismů, kam spadají sekretové enzymy, které jsou schopny degradovat buněčnou stěnu (Sun et al. 2020). *Trichoderma harzianum* je kosmopolitně rozšířený druh vyskytující se na široké škále substrátů (Hoyos-Carvajal 2009; Chaverri & Samuels 2013). Druhy hub rodu *Trichoderma* jsou symbiotní organismy, které čerpají od rostliny sacharózu a výměnou za ní jim poskytují větší odolnost vůči stresům, zvyšují absorpci živin a v konečném důsledku mají minimální dopad na životní prostředí. (Hermosa et al. 2012; Sood et al. 2022). *Trichoderma harzianum* je vysoce mykoparaziticky a antagonisticky aktivní, čímž dokáže ovlivnit ochranu před chorobami, růst rostlin a výnos (Van Wees et al. 2008). Gliorex je určen na redukci zamoření sklerociemi a mikrosklerociemi hub jako jsou například: *Claviceps purpurea*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis* spp., či *Rhizoctonia solani*. Používá se ve formě dispergovatelného prášku s interním plnidlem v podobě amorfního oxidu křemičitého. V kombinaci s vodou vytváří tento přípravek suspenzi. Aplikace se provádí na povrch půdy zapravením do hloubky 5-10 cm nebo smícháním s osivem. Dále je možné vytvořit směs s mletým dolomitickým vápencem nebo anorganickými hnojivými (Kuchtová et al. 2011).

#### Polyversum

Je biofungicid obsahující oospory houby *Pythium oligandrum*, což je zároveň i účinná látka tohoto přípravku. Působení této houby se dá rozdělit ještě do tří specifických typů účinku. *Pythium oligandrum* za užití mykoparazitismu přímo rozkládá houbové patogeny. Další

možností účinku je inhibice růstu fytopatogenních mikroorganismů za pomoci stimulace morfologické a biochemické bariéry v rostlině. Třetí možností je ovlivňování produkce látky stimulující růst v rostlině a nepřímo zvyšuje příjem fosforu a mikroživiny rostlinou a tím stimuluje její růst (Boček et al. 2012).

Obecně lze říci, že *Pythium oligandrum* je považován za výjimečný organismus, který nejen přímo chrání rostliny prostřednictvím mykoparazitismu, ale také je schopen zvýšit přirozenou obranyschopnost rostliny proti různým fytopatogenům. Navíc stimuluje růst rostlin tím, že dodává tryptamin přímo do kořenů. Tímto způsobem může *P. oligandrum* ovlivňovat rostliny na mnoha úrovních. Byly identifikovány některé klíčové molekuly, jako jsou oligandrin a glykoproteiny buněčné stěny, a částečně byly odhaleny metabolické dráhy, které jsou aktivovány v rostlinách. Nicméně, *P. oligandrum* obsahuje i další složky, jako jsou efektorové proteiny, jejichž účinky na rostliny jsou stále neznámé a některé možná dosud neobjevené. Pro plné pochopení principů těchto interakcí je nezbytné zkoumat molekulární úroveň, aby byly identifikovány geny a molekuly, které jsou zodpovědné za specifické schopnosti tohoto organismu nebo za jeho celkovou životní strategii (Bělonožníková et al. 2022).

Mikroorganismus *P. Oligandrum* při aplikaci na rostliny vykazuje dobré antagonistické účinky proti patogenním houbám (Gerbore et al. 2014). Mechanismus účinku tohoto mikroorganismu spočívá v degradaci polysacharidů stěny hostitelských buněk pomocí enzymů jako jsou chitinázy, celulózy, endo- $\beta$ -1,3-glukanázy a různé exoglykosidázy. Kromě toho se podílí na hydrolýze buněčné stěny prostřednictvím proteáz různých tříd. Tyto enzymatické procesy mají za následek modifikaci buněčných povrchových struktur a podporují schopnost *Pythium spp.* konkurovat o prostor a živiny. Sekrece enzymů tedy pravděpodobně hraje klíčovou roli při kolonizaci kořenů rostlin. Interakce mezi rostlinami a *P. oligandrum* zahrnují aktivaci obranných mechanismů rostlin, což vede k posílení budoucích reakcí rostlin na útoky patogenů, spíše než k poškození tkání. Tento proces indukuje fenypropanoidní a terpenoidní dráhy, což má za následek syntézu sekundárních metabolitů, včetně ligninu, k posílení buněčné stěny a dalších metabolických procesů (Benhamou et al. 2012). Tyto změny jsou zprostředkovány elicitory, glykoproteiny buněčné stěny a oligandrinami produkovanými *P. oligandrum*. *P. oligandrum* mimo jiné poskytuje rostlinám tryptamin, který se používá k syntéze auxinu, což způsobuje podporu růstu rostlin. Hlavní dráha tryptaminu, která zahrnuje dekarboxylaci tryptofanu (Trp) následovanou oxidací deaminací na indol-3-acetaldehyd pro rostliny není typická. Samotná dekarboxylace tryptofanu je v rostlinách neobvyklý jev. Dekarboxylace tryptofanu může nastat ve chvíli, kdy rostlina spolupracuje s půdními mikroorganismy (Le Floch et al. 2003). Použití *P. oligandrum* jako přípravku na ochranu rostlin vyžaduje další studie prováděné nejen v laboratorním prostředí, ale zejména v polních podmínkách. Je potřeba, aby se budoucí výzkum zaměřil na identifikaci nových účinných kmenů nebo jejich kombinací, které by mohly vést k vyšší účinnosti v ochraně plodin (Bělonožníková et al. 2022).

### 3.4.3 Fyzikální metody ošetření osiv

Fyzikální metody ošetření osiv přináší spoustu výhod ve srovnání s použitím konvenčního ošetření osiva, které je založené na chemických látkách. Mechanismus účinku u fyzikálních metod je různý. Může se týkat morfostrukturálních aspektů či změn v genové expresi a akumulaci proteinů nebo metabolitů. Mezi dostupné metody tohoto způsobu ošetření řadíme například ozařování mikrovlnami (MW) nebo ionizující záření (IR). Jedním ze způsobů je také „magneto-priming“, jenž je založen na aplikaci magnetických polí a považuje se za ekologicky přijatelnou a neinvazivní techniku. Je také poměrně levná a jsou u ní zjištěny prokazatelné pozitivní účinky na klíčení semen, vitalitu a výnos plodin. Na druhou stranu u použití gama paprsků a rentgenového záření, tedy využití metody IR, je zase prokazatelný vliv na zvyšující se procento klíčení a usazování sazenic. U použití MW a rentgenového záření je třeba provést ještě hlubší zkoumání a rozšířit znalosti o jejich biologických účincích a jejich vlivu jakožto stimulatorů na klíčení. Co se týče ultrafialového záření (UV), konkrétně UV-A a UV-C byl zjištěn pozitivní vliv na zdraví semen, klíčení a vitalitu sazenic (Araújo et al. 2016). Zajímavý způsob fyzikální metody ošetření osiv je také využití netepelného výboje plazmy. Ošetření semen plazmou je pravděpodobně efektivním způsobem dezinfekce, který pomáhá eliminovat mikrobiální infekci (Li et al. 2016). Jedná se tedy o typ fyzikálně-chemického ošetření semen bez chemické agronomické aplikace (Šerá et al. 2013). Studium účinků plazmové dezinfekce semen a vlivu nízkoenergetických iontů na kultivační procesy by mohlo otevřít nové možnosti pro obnovu zdraví plodin a posílení odolnosti zemědělských a potravinářských plodin (Liang et al. 2012). U všech zmíněných druhů fyzikálního ošetření je stále zapotřebí rozsáhlejšího výzkumu, aby se optimalizovala doba expozice, dávka či podmínky ozařování (Araújo et al. 2016).

Přestože v současné době zemědělství používá pro ošetření osiv primárně chemické sloučeniny, fyzikální metody mohou představovat velmi dobrou alternativu ošetření. Jsou ekologicky udržitelné, mohou snížit počet agrochemických vstupů a tím snižují možné negativní dopady spojené se znečištěním životního prostředí. Fyzikální metody lze používat jak před setím semen, tak při jejich skladování (Aladjajjyan 2012). Je potřeba brát ohled i na negativní dopady tohoto způsobu ošetření. Jedná se například o morfostrukturální aspekty nebo o změny v genové expresi (Zaka et al. 2002). Účinky fyzikálního ošetření závisí na několika faktorech. Pod tyto faktory spadá dávka, typ, vlastnosti rostliny, kultivar, složitost orgánu či tkáň na kterou se cílí nebo věk rostliny (De Micco et al. 2014).

### 3.4.4 Stimulační přípravky

Využití biostimulačních přípravků v oblasti zemědělství poskytuje podle celé řady univerzitních výzkumů značné výhody pro pěstitele. Tyto přípravky zlepšují růst kořenů a výhonků, odolnost vůči stresu a růstový potenciál kořenů. Zároveň díky svojí možnosti účinku v podobě snížení množství aplikovaných minerálních hnojiv jsou atraktivní možností pro udržitelné zemědělství (Russo & Berlyn 1991; Godlewska & Ciepiela 2020). Biostimulanty jsou látky, které povzbuzují růst a vývoj rostlin, posilují jejich odolnost vůči stresu, zvyšují sklizně a vylepšují kvalitu zemědělských plodin. Dále zlepšují výnosy a produktivitu plodin bez jakýchkoli změn v režimu hnojení a zavlažování a současně zvyšují nutriční hodnotu a



obsah bílkovin a sacharidů v rostlinách (Tang & Tian 2022). Účinnost biostimulantů je úzce spojena s jejich složením (Szczepanek et al 2015).

Huminové kyseliny, které jsou obsaženy v široké škále těchto přípravků, jsou makromolekuly obsahující huminové látky. Jedná se o látky organického původu distribuované v suchozemské půdě, ve vodě a v sedimentu. Vznikají rozkladem rostlinných a přírodních zbytků (MacCarthy 2001). Huminové kyseliny (HK) se liší od ostatních frakcí, jako jsou například fulvo-kyseliny nebo huminy. Jejich hlavní odlišnost spočívá ve schopnosti rozpouštět se i v alkalickém prostředí, částečně jsou rozpustné ve vodě, a naopak nejsou rozpustné v kyselém prostředí (Stevenson 1994). Huminové kyseliny mají amfifilní charakter a jsou tak schopné tvořit micelární struktury zvané pseudomicely za předpokladu neutrálních až kyselých podmínek. Tato vlastnost se pozitivně uplatňuje v zemědělství, medicíně či farmacii (Von Wandruszka et al. 1997). Složení huminových kyselin je obtížně definovatelné. Liší se podle jejich původu, procesu získávání a v neposlední řadě podle funkčních skupin přítomných v jejich strukturách (Sposito & Weber 1986). Co se týče těchto funkčních skupin, hovoříme přesněji o chinonech, fenolech a karboxylových kyselinách. Chinony mají schopnost tvořit reaktivní formy kyslíku v huminových kyselinách. Ty jsou užitečné u hojení ran a mají fungicidní a baktericidní vlastnosti. Fenoly a karboxylové kyseliny deprotonují v neutrálních a alkalických médiích a jejich funkce spočívá v antioxidačním a protizánětlivém působení HK. Především přítomnost fenolických skupiny v HK poskytuje antioxidační vlastnosti, díky čemuž je umožněno zachycovat volné radikály (Khil'Ko et al. 2011). Více intenzivní růst rostlin při použití huminových kyselin souvisí s rostlinnými membránovými transportéry zodpovědnými za příjem živin a kaskády signálních transdukci související s membránou, které regulují růst a vývoj (Canellas & Olivares 2014).

Existuje více než 240 molekul, které jsou podobné auxinu (Ferro et al. 2006). Některé z těchto auxinově podobných molekul se pravděpodobně nacházejí v hormonálním systému a mají schopnost interakce s receptory buňky, buď vně ní nebo uvnitř. Jejich rozmanitý vliv může být odpovědný za různorodost růstu kořenů a vzorů aktivace protonové pumpy indukovaných hormonálním systémem. V práci Rück et al. (1993) byl popsán receptor vážící auxin v plazmatické membráně, jehož H<sup>+</sup>-ATPáza by mohla být aktivována v protoplastech kukuřice. Tato informace je v souladu s mechanismem růstu kyselin, který je navržen pro bioaktivitu hormonálního systému a který reguluje aktivaci plazmatické membrány a pumpy protonů tonoplastů během laterálního růstu kořenů (Zandonadi et al. 2007).

Auxiny jsou skupina látek, která je v stimulačních přípravcích široce zastoupena. Auxiny tvoří důležitou skupinu přirozeně se vyskytujících hormonů, které byly detekovány téměř ve všech suchozemských rostlinách (Bhatla & Lal 2023). Auxiny jsou rostlinami syntetizovány v malém množství, spadají pod fytohormony a jedná se o kategorii, která působí jako aktivátor růstu. Dále stimulují prodlužovací růst výhonků a iniciují produkci adventivních a postranních kořenů (Sosnowski et al. 2023). Auxiny bychom mohli také zařadit do skupiny pěti klíčových růstových hormonů společně s cytokininy, ethylenem, kyselinou abscisovou a gibereliny (Holalu et al. 2021). Tyto hormony se vzájemně ovlivňují. Gibereliny vyvolávají klíčení, přerušují dormanci rostlin a stimulují buněčné dělení (Rademacher 2000).

## **TE Osivo**

Jedná se o kapalný přípravek, který lze aplikovat buď samostatně nebo v kombinaci s mořidlem. Aplikace se provádí přímo na osivo. Účinné látky tohoto přípravku jsou především aminokyseliny, huminové látky a auxiny. TE Osivo přispívá k odolnosti rostlin vůči stresu, zvyšuje klíčivost osiva, podporuje růst rostlin a zvyšuje jejich výnos. Kromě máku setého lze tento přípravek využít také pro ječmen jarní, pšenici ozimou, cukrovku, kukuřici, řepku či slunečnici. Sušina tohoto přípravku tvoří 25 % z čehož 50 % tvoří spalitelné látky a 40 % huminové látky z leonarditu a jejich soli (Bezděk 2024).

## **Enviseed**

Jedná se o pomocný výživový a stimulační přípravek, který se používá současně s mořicí kapalinou. Díky svému složení zvyšuje klíčivost rostlin, stimuluje rostlinu v kritických raných fázích růstu a vytváří jí tak lepší podmínky pro tvorbu kořenového systému. Tento přípravek obsahuje dusík na bázi aminokyselin a jeho účinnými látkami jsou stimulační látky na bázi auxinu a giberelinu, huminové kyseliny a draslíku (enviproduct.cz 2024).

### **3.4.5 Další možné materiály využitelné k ošetřování osiv**

#### **Skořice**

Přestože se ročně použije více než dva miliony tun pesticidů, dochází ke globálním ztrátám plodin v důsledku nemocí. Tato situace se týká každoročně více než 40 % celosvětové produkce potravin. Řešením by mohly být přírodní biocidy, kam spadá například esenciální olej z kůry skořice. Tato alternativa nabízí obrovský potenciál jako antimikrobiální látky, avšak jejich účinnost je omezena těkavostí a rychlou degradací. Hlavní bioaktivní sloučenina skořicového esenciálního oleje je cinnamaldehyd. Aby se předešlo problémům s těkavostí a rychlou degradací a prodloužila se účinnost tohoto nadějného biocidu, je potřeba cinnamaldehyd zabudovat do mezoporezních nanočástic oxidu křemičitého. Kombinované vlastnosti esenciálních olejů, alignátu a oxidu křemičitého je velmi atraktivním složením pro využití kontrolní opatření proti bakteriálním fytopatogenům. Zabudování v oxidu křemičitém navíc významně zvyšuje antimikrobiální aktivitu rostlinných produktů, což umožňuje efektivní využití těkavých biocidů, jako jsou právně esenciální olej, ve velmi nízkých koncentracích k léčbě a prevenci mikrobiálních chorob v plodinách. (Cadena et al. 2018).

Skořicový olej má díky fenolickým a polyfenolickým látkám vliv na antioxidační aktivitu. Hlavní složkou je právě cinnamaldehyd, známý také jako 3-fenyl-2-propal. Tato sloučenina je vhodná pro syntézu různých derivátů s různými vlastnostmi a aplikacemi. Pro syntézu je vhodná, neboť obsahuje různé substituenty na aromatickém kruhu. Vzniklé deriváty byly popsány jako užitečné sloučeniny pro různé účely, včetně antioxidačních, protizánětlivých, protituberkulózních a cytotoxických vlastností. Zvláště deriváty skořicových kyselin prokázaly protizánětlivou aktivitu (Suryanti et al. 2016). Esenciální oleje (EO) obecně jsou přirozené látky vysoce antimikrobiální povahy, které se vytvářejí v aromatických rostlinách prostřednictvím sekundárního metabolismu. Tyto složky jsou vysoce ceněny pro své biologické účinky a širokou škálu aplikací, včetně průmyslového využití. Vzhledem k jejich obecnému považování za bezpečné (GRAS) a zařazení do seznamu látek přidávaných do potravin

(EAFUS) mají EO pozitivní reputaci jako bezpečné a účinné látky. Jejich vynikající antimikrobiální vlastnosti nabízejí značný potenciál pro nahrazení současných chemických pesticidů a antibiotik v zemědělství (Bajpai et al. 2011).

Skořice bohatá také na minerální látky, jako je mangan, železo, vláknina a vápník. Dále také obsahuje celou škálu derivátů. Kromě cinnamaldehydu je to také kyselina skořicová, cinnamát a polyfenoly s výraznými antioxidantními vlastnostmi. Tyto složky vykazují protizánětlivé, antidiabetické, antimikrobiální a protinádorové účinky, jak potvrzují různé studie (Hariri & Ghiasvand 2016). Podle autorů Wang et al. (2013) má skořice další klíčové sloučeniny jako je kumarin, cinnamylalkohol, eugenol a cinnamylacetát. Skořice rovněž obsahuje širokou škálu esenciálních olejů, jako je trans-cinnamaldehyd, karyofylenoxid,  $\alpha$ -kubeben a další, které přispívají k celkové složité chemii této rostliny.

## Sádra

Sádra je minerál hydratovaného síranu vápenatého ( $\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) vyskytující se diskontinuálně v půdách a půdních substrátech (Herrero & Porta 2000). To, jak rostlina reaguje na sádru je odvislé od jejích konkrétních potřeb, proto je nutné upravit dávkování v závislosti na potřebě a druh rostliny (Canadas et al. 2014). Síra má významný vliv na houbové infekce plodin a zároveň půdní síra ve formě síranů má taktéž signifikantní vliv na zdravotní stav plodin. K metabolitům obsahujícím síru, které se podílejí na ochraně rostlin proti škůdcům a chorobám můžeme zařadit glutathion a glukosinoláty (Bloem et al. 2005). Glutathion představuje primární formu organické síry v rozpustné frakci rostlin a má důležitou roli jako mobilní rezervoár redukované síry při regulaci růstu rostlin a zároveň působí jako antioxidant (Jefferies et al. 2003). Glukosinoláty jsou nízkomolekulární sekundární sloučeniny obsahující dusík a síru, které jsou produkovány vyššími rostlinami za účelem zvýšení jejich odolnosti proti nepříznivým účinkům predátorů, konkurentů a parazitů tím, že vykazují toxické, respektive repelentní účinky (Clarke 2010).

Akumulace kadmia v zemědělských půdách je jednou z hlavních hrozeb pro potravinovou bezpečnost. Použití anorganických doplňků, jako je fosforečnan amonný (MAP), sádrovec a elementární síra, by mohlo zmírnit negativní účinky Cd v plodinách (Qayyum et al. 2017). Půda slouží jako zdroj živin podporující růst a vývoj rostlin, ale také jako úložiště kontaminantů, včetně toxických těžkých kovů jako je kadmium. Těžké kovy mají významný vliv na růst rostlin a představují zdravotní rizika (He et al. 2015; Rizwan et al. 2016). Cd je ze všech toxických těžkých kovů snadno mobilní a aktivní, a již nízké koncentrace jsou toxické. Studie naznačují, že přítomnost Cd může být klíčovým faktorem omezujícím dostupnost bezpečných potravin (Ran et al. 2016). Další hrozbu představuje nedostatek vody. Zemědělci jsou potom nuceni využívat surové městské odpadní vody jako alternativní zdroj zavlažování. Půdy zavlažované těmito odpadními vodami mohou obsahovat Cd, které může být absorbováno rostlinami a působit na ně toxicky. Proto je nutné vyvinout sanační techniky zaměřené na snížení dostupnosti a příjmu Cd rostlinami. Tyto ozdravovací techniky mohou být různé. Použití anorganických úprav pro dekontaminaci půdy Cd je ekonomicky atraktivní strategií (Rizwan et al. 2016). Vhodnými doplňky pro imobilizaci Cd v půdě a snížení jeho příjmu rostlinami se jeví anorganické přísady jako sádra, fosfátová hnojiva, vápenec, elementární síra a oxidy železa (Cui et al. 2016).

## **Popel z dubu a smrku**

Dřevěný popel má insekticidní účinky (Moyin-Jesu 2010). Jedná se o zbytky, které vznikají spalováním dřeva různého původu. Takto vzniklý popel může obsahovat anorganické či organické elementy. Tvrdá dřeva mají schopnost vyšší produkce popela oproti měkkým typům dřevin. Složení dřevěného popela může být velmi variabilní v závislosti na geografické lokalitě a průmyslových procesech (Siddique 2012). Pro rostliny představuje dřevěný popel zdroj makroživin, hovoříme především o vápníku, uhlíku, draslíku, hořčíku, fosforu, síře a dusíku. Díky svým dobrým fyzikálním i chemickým vlastnostem popel najde své využití v zemědělství (Symanowicz et al. 2018).

## **Bentonit**

Jedná se o jeden z běžně přítomných jílových minerálů v půdách. Konkrétně hovoříme o fylosilikátním jílu složeného především z montmorillonitu a v zemědělství využíván jako přírodní netoxický doplněk půdy. Obsahuje důležité prvky jako je draslík, vápník, hořčík, železo, mangan, oxid křemičitý, sodík (Wang et al. 2021). Bentonit je považován za jednu z netradičních agrorud, může být využíván v zemědělství mimo jiné jako hnojivo díky úrovni poskytování makro a mikroprvků v optimálním poměru. Mikroprvky mají významnou agrochemickou a fyziologickou roli, která se projevuje zlepšením metabolismu a podporou optimálního průběhu fyziologických a biochemických procesů. Dále příznivě ovlivňují syntézu chlorofylu a zvyšují efektivitu fotosyntézy. Vlivem mikroprvků se rostliny stávají odolnějšími vůči chorobám způsobeným houbami a bakteriemi (Yomgirova 2023).

## **3.5 Pěstitelská technologie máku**

### **3.5.1 Založení porostu**

Pro založení porostu je důležité vybrat vhodné místo k pěstování. Ideální jsou středně těžké půdy, které jsou zároveň kypré a s dobrým obsahem organické hmoty. Půda vhodná pro pěstování máku by měla mít také vhodnou strukturu na to, abychom mohli zajistit dobrý vláhový režim. Ten je důležitý především na začátku vegetace. Ideální struktura pro splnění těchto podmínek je drobovitý typ půdy. Příliš jemná struktura půdy by mohla způsobit nežádoucí půdní škraloup. Výskyt menších hrudek v půdě pro mák setý nepředstavují velký problém (Bernáth et al. 2003). Důležitým bodem v rámci preemergentního opatření je regulace plevelů. Vhodným řešením je hned po sklizni předplodiny provést podmítku do hloubky až 10 cm. Tím podpoříme vzcházení plevelů, které potom likvidujeme orbou nebo prokypřením. U máku by se měly tyto agronomické zásahy provádět do hloubky 15 cm (Satranský 2023). Hlavními determinanty ovlivňující úrodu jsou genetické vlastnosti rostliny, přístupnost živin v podobě dusíku a fosforu, dostupnost vody v půdě a vliv plevelů, škůdců a chorob (Chitty et al. 2003).

Mák se v ideálním případě zařazuje do osevních postupů jako plodina první nebo druhé trati. To znamená, že jako předplodinu používáme organicky hnojené okopaniny nebo leguminózy. V praxi však často mák setý zařazujeme po obilninách. Naprosto nevhodná

předplodina je jinak barevný mák. Mohlo by dojít k promíchání různě barevných odrůd, neboť semena máku si uchovávají svou klíčivost v půdě až po dobu čtyř let. Obecně mák po sobě pěstujeme nejdříve po čtyřech až pěti letech. Předcházíme tak zbytečnému riziku výskytu houbových chorob v důsledku zhoršování zdravotního stavu porostů navazujícího na časté zařazování máku do osevního postupu. Řepka též není vhodná předplodina. Zde je zase riziko kvůli jejímu výdrolu, který se velmi obtížně likviduje. Naprosto nevhodné je zakládání máku na pozemky zaplevelené mákem vlčím, protože neexistuje žádný herbicid, který by mák vlčí poškozoval a zároveň byl netoxický pro mák kulturní (Satranský & Cihlár 2021).

Předset'ová příprava je důležitá pro vytvoření vhodných podmínek pro vzházení semene. Pokud volíme minimalizační technologie je vhodné záhy po sklizni provést kypření ornice radličkovými kypřiči. Tato technologie v podstatě nahrazuje podmtku a podzimní orbu. V tomto případě je zapotřebí jít do hloubky nejméně 0,15 m. Za ideální hloubku je považováno rozmezí 0,22 – 0,25 m. Toto hlubší kypření nám eliminuje nebezpečí omezeného dlouhivého růstu hlavního křlového kořene (Vach & Javůrek 2011). Rostliny by měly být vysévány v optimálním termínu setí pro nejlepší využití vláhy, živin a slunečního záření (Kara, 2017). Setí jarního máku je dobré směřovat na dobu, kdy je vlhkost půdy taková, že umožňuje přejezd secím strojem přes půdu bez toho, aby se přichycovala na jeho části. Důležité je však dbát na to, aby půda nebyla příliš suchá. Toto ideální období pro setí obvykle nastává v druhé polovině března (Satranský & Cihlár 2021). Semena máku se běžně vysévají do hloubky maximálně 1–2 cm, což odpovídá velikosti jejich semen. Dva primární omezující faktory, které ovlivňují výnos semen, zahrnují nízkou klíčivost semen a sníženou vitalitu, vyvolanou nedostatkem vlhkosti za suchých podmínek (Kara 2017). Ideální hloubka setí představuje rozmezí mezi 10–15 mm. Pokud máme půdu suchou, což se v současné době může stát i v březnu, je vhodné výsev provést do hloubky 2 cm (Skalický et al. 2014). Pokud mák sejeme do suché půdy, je dobré po zasetí provést válení rýhovanými válci. Množství výsevu odpovídá zhruba 1,5 – 1,75 kg osiva na hektar. Mák sejeme klasicky do standardních řádků širokých 12,5 cm. V případě ekologického zemědělství je potřeba dbát na setí do širokých řádků, které nám umožní pohodlnou mechanickou regulaci v případě zaplevelení během vegetace (Satranský & Cihlár 2021). Zajímavým odvětvím je také využití pomocných polních plodin jako podsevu. Primárním záměrem pomocných plodin pěstovaných spolu s mákem je systematické snižování erozních hrozeb a efektivní omezování poškození vegetace důsledkem eroze vody a erodovaného transportu půdy. Možností volby pomocné plodiny je více. Dobrým příkladem efektivní a optimalizované plodiny tohoto typu je ječmen jarní (Brant et al. 2019).

### 3.5.2 Hnojení

Mák řadíme mezi plodiny, které jsou náročné na hnojení, a proto musíme dbát na dostatečné vyživení půdy již při zakládání porostu. V rámci předset'ové přípravy je třeba se zaměřit především na fosfor, jehož nedostatek by mohl způsobit pomalejší vývoj hned na začátku vegetace. Velkým mínusem by byl také špatně vyvinutý kořenový systém, který je pro start kvalitního a zdravého porostu velmi důležitý (Satranský & Cihlár 2021). S hnojením dusíkem se musí postupovat obezřetně. Překročení dávky, například více jak 80 kg dusíku na hektar, může vést k nepříznivým jevům, jako je zploštění rostlin, zvýšený výskyt škůdců a chorob (Németh 1998). U méně vyvinutého kořenového systému je třeba mák několikrát

přihnojit menším množstvím dusíku. Nejvyšší potřeba dusíku je v období mezi fází růžice a začátkem kvetení, protože to je období rychlého růstu a vysoké produkce zelené hmoty (Németh-Zámbori et al. 2011).

Z hlediska mikroprvků je pro mák důležitý především bór. Pro jeho aplikaci je nejvhodnější fáze 4-8 vyvinutých pravých listů. Rostliny jsou v tu dobu velké zhruba 7 cm (Satranský & Cihlár 2021). Bór řadíme mezi klíčové mikroživiny pro rostliny, které podstatně ovlivňují jejich růst a výnos. Jeho přítomnost je nezbytná pro řadu fyziologických procesů, včetně syntézy bílkovin, buněčného dělení, formování buněčných stěn, zachování integrity buněčné membrány a podporu růstu kořenů (Gupta 2016). Tento mikroprvek také hraje významnou roli při produkci semen, neboť v případě nedostatku by nemuselo dojít k úplnému vývoji semen (Chaitanya et al. 2014). Orné půdy obsahují mezi 1 a 467 mg kg<sup>-1</sup> bóru, v průměru mezi 9 a 85 mg kg<sup>-1</sup> a jeho dostupnost se pohybuje od 0,5 do 5 mg kg<sup>-1</sup> (Gupta, 2016). Reakce rostlin na hladiny bóru se liší podle kultivarů a fáze růstu rostliny (Jagadala et al. 2020).

Zinek je také nepostradatelným mikroprvkem pro mák. Hnojení tímto prvkem volíme v období výskytu malých pupat, nebo-li ve fázi pytlových tetrad (Satranský & Cihlár 2021). Tento prvek je důležitou živinou pro mák, neboť je klíčový pro tvorbu enzymů a také pylových tetrad. Jeho nedostatek může omezit výnos (Gamlat 2010). Je nepostradatelný při tvorbě růstových látek, které podmiňují dlouhivý růst rostlin (Vašák et al 2010).

### 3.5.3 Regulace plevelů a škůdců máku setého

Přípravky na regulaci plevelů se používají ve velké míře především preemergentně, ale většinou je třeba provést aplikaci i postemergentně. Jedná se například o výskyt pcháče a zemědýmu, jelikož na ty preemergentní opatření nepomáhá. Jako další příklad lze uvést i výdrol řepky, při kterém sice preemergentní aplikace zabírají, ale účinnost není vždy 100%. Dalšími plevele, které se vyskytují často i po preemergentních ošetřeních je svízel, pohanka svlačcovitá a rdesen (Satranský & Cihlár 2021). V počátečních fázích vývoje mák roste pomalu a snadno tak podléhá zaplevelení (Wójtowicz & Wójtowitz 2009). Mezi rizikové plevele nejen v tomto období řadíme merlík bílý (*Chenopodium album*) a ježatku kuří nohu (*Echinochloa crusgalli*). Tyto plevele působí jako konkurenti a snižují výnos máku (Pinke et al. 2011).

Nejvýznamnější škůdce máku setého je jednoznačně krytonosec kořenový. Proti tomu se ve velkém používal přípravek Cruiser OSR, nicméně nyní jej již řadíme mezi nepovolené přípravky (Vrbovský 2023). Rizikové je pro mák především období vzcházení, což znamená cca 7-21 dní po zasetí. V tuto dobu je důležité makové porosty kontrolovat nejlépe každý den. Pokud objevíme požerky nebo jiné stopy po nosatci, je vhodné provést plošný postřik insekticidem. Samičky krytonosce jsou totiž schopné porost zcela zlikvidovat. Aplikace postřiku z ekonomického hlediska je vhodná do 8 listů máku a výšky rostlin maximálně 10 cm. Poté už by postřik nebyl ekonomicky přínosný (Bečka et al. 2014). Dalším škodlivým organismem je mšice maková vyskytující se po celé České republice. Poškozuje listy, stonky, a hlavně makovice rostlin pomocí sání (Bechně et al. 2001).

### 3.5.4 Regulace chorob máku setého

V případě houbových chorob je třeba dbát na ochranu již na samotném začátku a začít ochranou osiv. Spousta patogenů napadajících mák je totiž přenosná osivem. Důležité je také

udržovat dostatečnou izolační vzdálenost od napadených porostů. Jednou z nejvýznamnějších houbových chorob máku přenosných osivem je plíseň máku, kterou vyvolává *Peronospora arborescen*. Některé rostliny po napadení přežívají, ale ztráty se poté projeví na nízkém výnosu. V tomto případě se jedná o napadení lokální. Při systémovém napadení rostliny předčasně uhynou (Satranský 2023). Plíseň je celosvětově rozšířená a velmi častá choroba máku. Je způsobena biotrofní obligátní oomycetou *Peronospora arborescens*. Prvním méně invazivním příznakem jsou malé chloretické léze, které se postupně mohou vyvinout do zkroucených a ztluštělých tkání. Ty se poté s rozvojem onemocnění začínají deformovat a nekrotizují (Calderón et al. 2014). Léze se zvětšují a často se spojí, což ve výsledku způsobí vznik velkých nekrotických oblastí v listech nebo odumření celých listů. Za vlhkých podmínek se na abaxiálním povrchu listů, a v ojedinělých případech i na adaxiálním povrchu listu, vytvoří hustá vrstva sporangioforů se sporangiemi. Sporangia mají eliptický až kulovitý tvar a měří až 24 x 18  $\mu\text{m}$ . V nekrotických částech listů můžeme vzácně pozorovat také oospory. Ty bývají většinou tmavě hnědé a mají nepravidelně rýhovaný povrch. V průměru jsou velké cca 40  $\mu\text{m}$  a jejich stěna je silná cca 10  $\mu\text{m}$  (Landa et al. 2005). Zdroj primárního inokula není podrobně prozkoumán a informací je málo, ale obecně je známo že *P. arborescens* se přenáší semeny. Šíření plísně podporují změny v zemědělských postupech, a to zejména expanze plodiny do nových, chladnějších a zavlažovaných oblastí. Tento postup by mohl vést k vážné hrozbě pro stabilitu pěstování v tradičních pěstitelských oblastech. Sporangie produkované touto plísní se šíří na velké vzdálenosti v řádu několika set metrů až po stovky kilometrů daleko vzdušnými proudy za životaschopných podmínek (Scott et al. 2003; Landa et al. 2007). Očekává se tedy, že většinu sekundárního šíření patogenu způsobují sporangie, ale také je možné, že primárními zdroji inokula budou nemocné části rostlin nesoucí sporangia a oospory či půda jimi infikována. V důsledku toho vzniká nedostatečné pochopení a informovanost ohledně biologie patogenu a epidemiologie onemocnění. Největší nedostatky pozorujeme zejména v oblasti informací o zdrojích infekčnosti inokul *P. arborescens* (Montes-Borrego et al. 2009).

U obilovin a olejnin se běžně používá v oblasti fungicidní ochrany řada látek s morforegulačním účinkem. Spolužitím těchto látek – morforegulátorů je zatím u máku setého jen velmi málo zkušeností. V současnosti je dovoleno použití látky metconazol, která působí fungicidně a zároveň dokáže působit na růst rostlin. Konkrétně v máku tato látka působí na zpevnění stonku a napomáhá tak předcházet poléhání porostu (Spitzer & Klemová 2012). Podle Roubala (2003) metaconazol pozitivně působí na tvorbu výnosu máku setého, pokud tuto látku aplikujeme na začátku butonizace. Také potvrdil, že vyššího efektu této látky, lze docílit pomocí vyšší hladiny dusíku u rostlin.

### **3.5.5 Další možnosti ošetření během vegetace**

Během vegetace je v zájmu pěstitelů dbát na dobré vysoce výnosné prostředí, kde se plodina nachází. Zajistit optimální zásobování vodou a živin a udržet její odolnost proti biotickým stresům. Zároveň se snaží zesilovat jejich konkurenceschopnost mezi plevely (Satorre & Maddoni 2018).

Stimulační přípravky, které lze využít pro pěstování máku setého jsou přípravky Triosol, kam řadíme například Triosol Stimul. Tento přípravek obsahuje pomocné látky s účinky

stimulátorů a adaptogenů. Tento přípravek lze využít kromě máku u celé řady polních plodin. Jeho použití lze volně kombinovat s výživou a ochranou. Například lze kombinovat s kapalnými hnojivy (DAM) či v podobě vodného roztoku s listovou výživou, insekticidy či fungicidy. Hlavními účinky tohoto přípravku je stimulační účinek, tvorba kořenů a jemného kořenového vlášení, zvýšení výkonu fotosyntézy či indukce tvorby postranních větví. U máku jsou tyto účinky žádoucí, neboť kvalitní a pevné kořeny jsou předpokladem vysoké tvorby výnosu a odolnosti porostu. Mezi speciální účinky přípravků Triosol řadíme zvýšení klíčivosti semen a lepší odolnost vůči chladu a suchu, která trvá ještě jeden měsíc po aplikaci. (Hradecká & Mach 2007). Podle Havla et al. (2015) mák na stimulatory v kombinaci s listovými hnojivy reaguje velmi pozitivně a dochází k účinku zvýšení výnosu cca o 10 %. Z výsledků jeho pokusu také vyplynulo, že ošetření pomocí této kombinace je nejefektivnější u slabších průměrných porostů. Aplikaci lze však doporučit i u vitálních porostů pro zvýšení jistoty výnosu, jelikož často je velmi obtížné odhadnout možnou hodnotu výnosu.

### **3.5.6 Průběh sklizně a posklizňových úprav**

Sklizeň máku se odvíjí od jeho využití. Pokud je mák pěstován pro farmaceutické využití, jeho primárním produktem je latex. V tomto případě se rostlina sklízí 5-10 dní poté, co dojde k opadání okvětních listů (Schiff 2002). Pokud se mák pěstuje pro potravinářské účely, nechá se rostlina plně dozrát. V tobolech rostlin se vytvoří semena, které lze následně mechanicky sklídit a poté shromáždit proséváním (Schiff 2002; Kapoor 2020).

U máku setého sklizeň probíhá mezi polovinou července a počátkem září. Nejtypičtější však bývá pro sklizeň máku období mezi polovinou a koncem srpna. Vhodná doba pro sklizeň je v okamžiku, kdy jsou semena volně uložena na dně tobolky a pokud s ní zatřese se slyšíme jejich šustění uvnitř. Co se týče sensorického pozorování k vhodné době sklizně, je dobré vědět, že tobolky vhodné ke sklizni jsou hnědé, suché a mají typickou barvu, která se již ani v přítomnosti vzduchu nezmění. Dále bychom v porostu neměli pozorovat žádné zelené makovice. Co se týče vlhkosti, tak u semen by měla dosahovat maximálně 10 % a u makoviny maximálně 17 % (Satranský & Cihlár 2021).



## 4 Metodika

Experimentálním těžištěm této diplomové práce je přesný polní maloparcelkový pokus s odrůdou máku setého Aplaus, vedený na Výzkumné stanici FAPPZ v Červeném Újezdě. V rámci pokusu jsou testovány různé metody ošetření osiva (přípravek Buteo start, přípravek TE Osivo, přípravek Polyversum, skořice, sádra, bentonit, popel listnatých a jehličnatých dřevin) v porovnání s ošetřením osiva chemickým přípravkem (Cruiser OSR) a neošetřenou kontrolou. V rámci testování byly provedeny laboratorní testy klíčivosti a vitality osiva máku, stanovení polní vzcházivosti, odběr rostlin v průběhu vegetace pro stanovení dynamiky růstu nadzemní biomasy rostlin i kořenů, před sklizní byla výška rostlin, počet makovic na rostlinu a na plochu – před sklizní. Dále zjištění výnosu, HTS a hmotnost semen v makovici (z odebraných makovic) po sklizni. Následně byly vybrány varianty, které dosáhly nejlepších výsledků.

### 4.1 Charakteristika stanoviště a klimatické podmínky

Pokus byl prováděn na Výzkumné stanici Červený Újezd (50°04'18.8"N 14°10'12.5"E), která slouží jako pracoviště například pro katedru Agroekologie a rostlinné produkce a katedru Agrochemie a výživy rostlin. Ke stanici patří 30 ha pozemků z čehož přibližně 6 ha připadá na plochu pro polní pokusy. Obec Červený Újezd se nachází v mírně teplé a suché oblasti a spadá tak do klimatického regionu 4 – mírně teplý, suchý. Zimy zde bývají převážně mírné. Výzkumná stanice se nachází v nadmořské výšce 398 m n. m. Průměrné roční teploty se zde pohybují v od 7 do 8,5 °C a průměrný úhrn srážek činí 450 – 550 mm/rok. Stanoviště se nachází převážně na rovinném terénu, převažují zde hnědozemě a obsah skeletu je do 10 %.

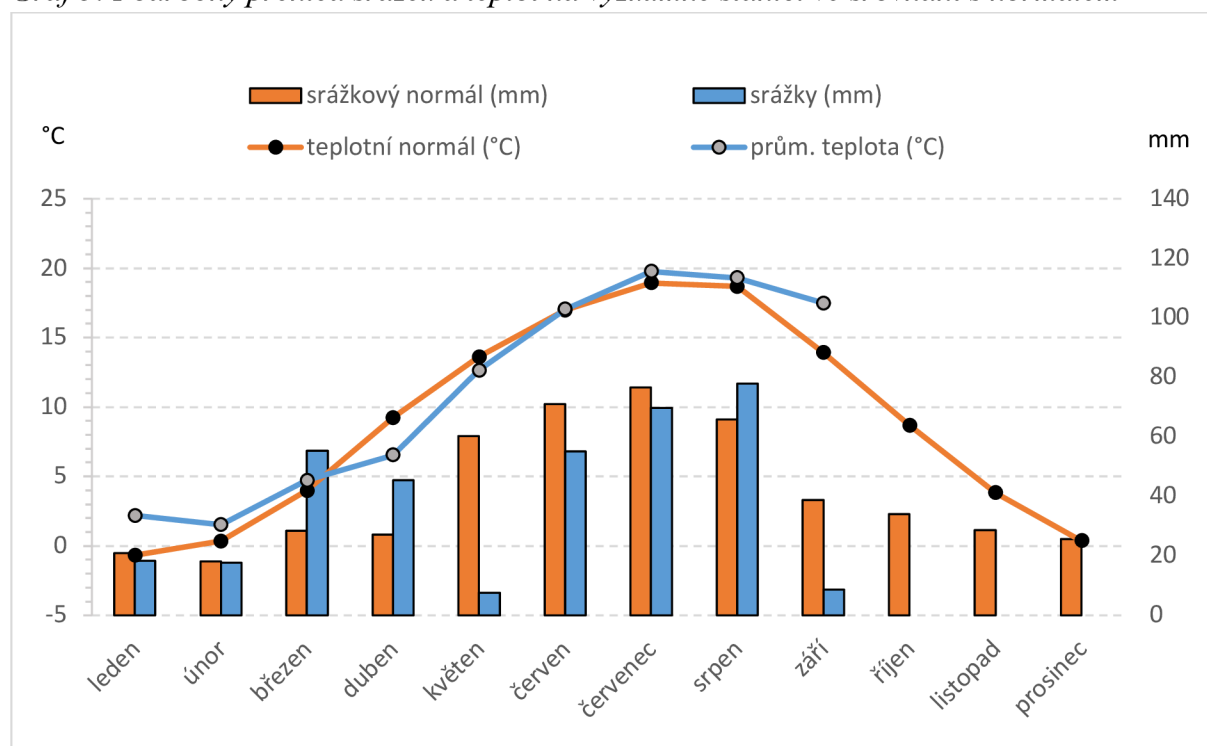
### 4.2 Základní údaje o pokusu

Předmětem experimentální části této diplomové práce byly přesné maloparcelkové pokusy. Pokusy byly založeny pomocí metody znáhodněných bloků, aby výsledky byly co nejvíce relevantní. Každá pokusná varianta byla vyseta ve třech opakováních (parcelách). Velikost takové sklizňové parcely činila 12 m<sup>2</sup>.

#### 4.2.1 Klimatické podmínky v roce 2023

Ve výzkumné stanici V Červeném Újezdě se teploty běžně pohybují ročně v průměru okolo 7,7 °C a průměrný roční úhrn srážek obvykle činí 493 mm. V roce, ve kterém byly prováděny pokusy pro tuto práci, což je rok 2023 došlo z hlediska teplot i srážek k drobnějším odchylkám. Celkově byl však rok 2023 z klimatického hlediska pro pěstitele víceméně příznivý, kromě března, kdy byly velmi nadprůměrné srážky, a to zapříčinilo nemožnost vysetí máku, jelikož březen je pro vysetí máku nejtypičtější. Podrobně je počasí v tomto roce zaznamenáno na Grafu 5.

Graf 5: Podrobný přehled srážek a teplot na výzkumné stanici ve srovnání s normálem



Z grafu 5 je patrné, že leden i únor byl v normálu z hlediska srážek. Co se týče teploty byl leden spíše nadprůměrný a únor se udržel v teplotním normálu. Polní experimenty pro tuto práci byly založeny až 30. března, ale spousta pěstitelů využila teplot v únoru k možnosti ranného setí a zasetí mák už v průběhu tohoto měsíce. Bohužel ve spoustě lokalit došlo v únoru k teplotním výkyvům a v noci dosahovaly teploty až  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , po kterých následovaly  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , což je pro vzházející mák nežádoucí především z hlediska kořenového systému. Z grafu je dále patrné, že březen byl z hlediska srážek vysoce nadprůměrný. Srážek bylo téměř jednou tolik. Což je pro zasetí máku také nežádoucí a některé výsevy musely být posunuty až na duben. Zbytek vegetačního období byl spíše srážkově podprůměrný. Co se týče teplot, tak byl rizikový především duben a květen, kdy byly teploty nižší a došlo tak k pomalému vzházení máku.

#### 4.2.2 Agrotechnika pokusu

Polní experimenty byly založeny 30. března 2023. A pro pokusnou odrůdu byla zvolena modrosemenná odrůda Aplaus. Výsevek činil  $1,75\text{ kg osiva/ha}$ . Porosty byly ošetřeny preemergentně proti plevelům pomocí přípravku Callisto ( $480\text{ SC} - 0,2\text{ l/ha}$ ) společně s přípravkem Command ( $36\text{ SC} - 0,15\text{ l/ha}$ ). Hnojení probíhalo dvoufázově a zahájilo se ještě před setím 7.2.2023 ( $50\text{ kg N/ha}$ ) a poté bylo provedeno přihnojení v době fáze 6.-8. pravého listu. Dohromady tedy  $200+200\text{ kg LAD/ha}$ . V druhé polovině května bylo provedeno insekticidní ošetření porostu přípravkem Karate zeon ( $0,1\text{ l/ha}$ ). Sklizeň byla provedena 19. srpna 2023 pomocí maloparcelkové sklízecí mlátičky upravené pro sklizeň máku.

### 4.2.3 Použitá odrůda Aplaus

K pokusu byla použita středně raná modrosemenná odrůda Aplaus. Tato odrůda je univerzální, je určena pro produkci semene pro potravinářské účely a zároveň produkci makoviny pro farmaceutický průmysl. Výnos semene této odrůdy je středně vysoký a výnos makoviny nízký až střední. Výnos morfinu se pohybuje v hodnotách označených za středně vysoké až vysoké. Na trh byla oficiálně zaregistrována v roce 2014. Rostliny této odrůdy bývají středně vysoké a jejich odolnost vůči poléhání bývá zpravidla střední. Z hlediska napadení helmintosporiózou je tato odrůda středně odolná jak v oblasti napadení na listech, tak v oblasti napadení v tobolkách. Stejně je tomu tak i s napadením plísní makovou. HTS je u této odrůdy středně vysoká a obsah oleje v semeni spíše středně vysoký.

### 4.2.4 Přehled použitých variant

Tabulka 1: Přehled použitých přípravků

Přípravek	Skupina látek	účinná látka	dávkování (g/ml/kg osiva)
Cruiser OSR	chemické přípravky	thiamethoxam 280 g/l, fludioxonil 8 g/l, metalaxyl-M 32,3 g/l	25 ml
Buteo Start	chemické přípravky	Flupyradifuron 480 g/l	30 ml
TE Osivo	stimulační přípravky	Huminové látky z leonarditu a jejich soli, Brassinolidy, auxiny, cytokininy	40 ml
Polyversum	biologické přípravky	<i>Pythium oligandrum</i>	5 g
Skořice	Ostatní přípravky	Cinnamaldehyd, kyselina skořicová, cinnamát, polyfenoly	4 g
Sádra	Ostatní přípravky	Glutathion, glukosinuláty, síran vápenatý	4 g
Bentonit	Ostatní přípravky	Draslík, vápník, hořčík, železo, mangan, oxid křemičitý, sodík	4 g
Popel dub	Ostatní přípravky	Fosfor, draslík, sodík, vápník, uhličitan vápenatý	4 g
Popel smrk	Ostatní přípravky	Fosfor, draslík, sodík, vápník, uhličitan vápenatý	4 g
Kontrola		X	

### 4.2.5 Laboratorní klíčivost

Osivo bylo podrobena testování laboratorní klíčivosti a metodika těchto pokusů vycházela z pravidel ISTA. Pokusy na klíčivost byly založeny po 50 semenech ve čtyřech opakováních pro každou variantu. Semena byla vložena na filtrační papír (120 g/m<sup>2</sup>) a byla zalita 30 ml vody. K pokusu byly použity plastové klíčící misky. V rámci těchto pokusů byla každý den hodnocena energie klíčení. Za vyklíčená byla považována semena, která dosáhla délkou zárodečného kořene alespoň 3 mm.

### 4.2.6 Sledované parametry v rámci přesného polního pokusu

V průběhu vegetace byla sledována v porostu u jednotlivých variant pokusů polní vzcházivost. To se provádělo pomocí opakovaného počítání vzešlých rostlin. Hodnocení se vždy provádělo na dvou vyznačených místech u každé hodnocené parcely od začátku vzcházení

až do fáze plného vzejití. Ve vývojové fázi BBCH 14-15 (ve fázi 4.-5. pravého listu) byly odebrány rostliny pro provedení zhodnocení nadzemní biomasy a rozvoje kořenového systému. V každé pokusné parcele bylo vyjmuto 15 rostlin. U odebraných rostlin byla stanovena výška nadzemní části rostliny, délka kořene a šířka kořenového krčku. Také byla zjištěna hmotnost nadzemní i podzemní biomasy a následně se provedlo stanovení sušiny.

#### **4.2.7 Sklizeň pokusů a příprava vzorků pro posklizňové hodnocení**

Sklizeň máku byla provedena v plné zralosti (BBCH 89) a byl zjištěn výnos u každé sledované varianty. Před sklizením porostu byl stanoven průměrný počet rostlin na m<sup>2</sup>. Dále byl zjištěn počet makovic na jedné rostlině a makovice byly následně odebrány pro podrobnější analýzu. Stanovovala se HTS (hmotnost tisíce semen) a hmotnost semen v makovici. Pro tento údaj bylo odebráno vždy 20 makovic na každé pokusné parcele.

### **4.3 Přípravky použité v pokusu pro ošetření osiv máku**

V rámci tohoto pokusu byly sledovány různé varianty ošetření osiv pomocí několika přípravků. Přípravky byly rozděleny na čtyři kategorie plus jedna neošetřená kontrolní varianta. Byly pozorovány chemické, biologické, stimulační a ostatní přípravky. Pod chemické přípravky spadal Cruiser OSR a Buteo start. Biologické přípravky měly pouze jednoho zástupce v podobě Polyversum a stejně tomu bylo i u stimulačních přípravků se zástupcem u TE Osivo (dříve TS Osivo). Mezi ostatní přípravky jsme zařadily zajímavé alternativy v podobě Popela z dubu a smrku, Skořice, Sádry a Bentonitu. Přehled použitých variant včetně jejich účinných látek a dávkování je přehledně uveden v Tabulce 1. Podrobnější popis jednotlivých přípravků je rozepsán v kapitole 3.4 Kvalita osiva máku a možnosti jejich ošetření.

### **4.4 Statistické hodnocení**

Výsledky byly statisticky vyhodnoceny za pomoci jednofaktorové analýzy rozptylu (ANOVA). Průkaznost rozdílů mezi průměry byla vyhodnocována za pomoci Tuckeyova HSD testu s hladinou významnosti  $P < 0,05$ . Pro statistické vyhodnocení dat byl využit analytický program SAS, v. 9.4 (SAS Institute, Cary, USA).

## 5 Výsledky

### 5.1 Energie klíčení a laboratorní klíčivost

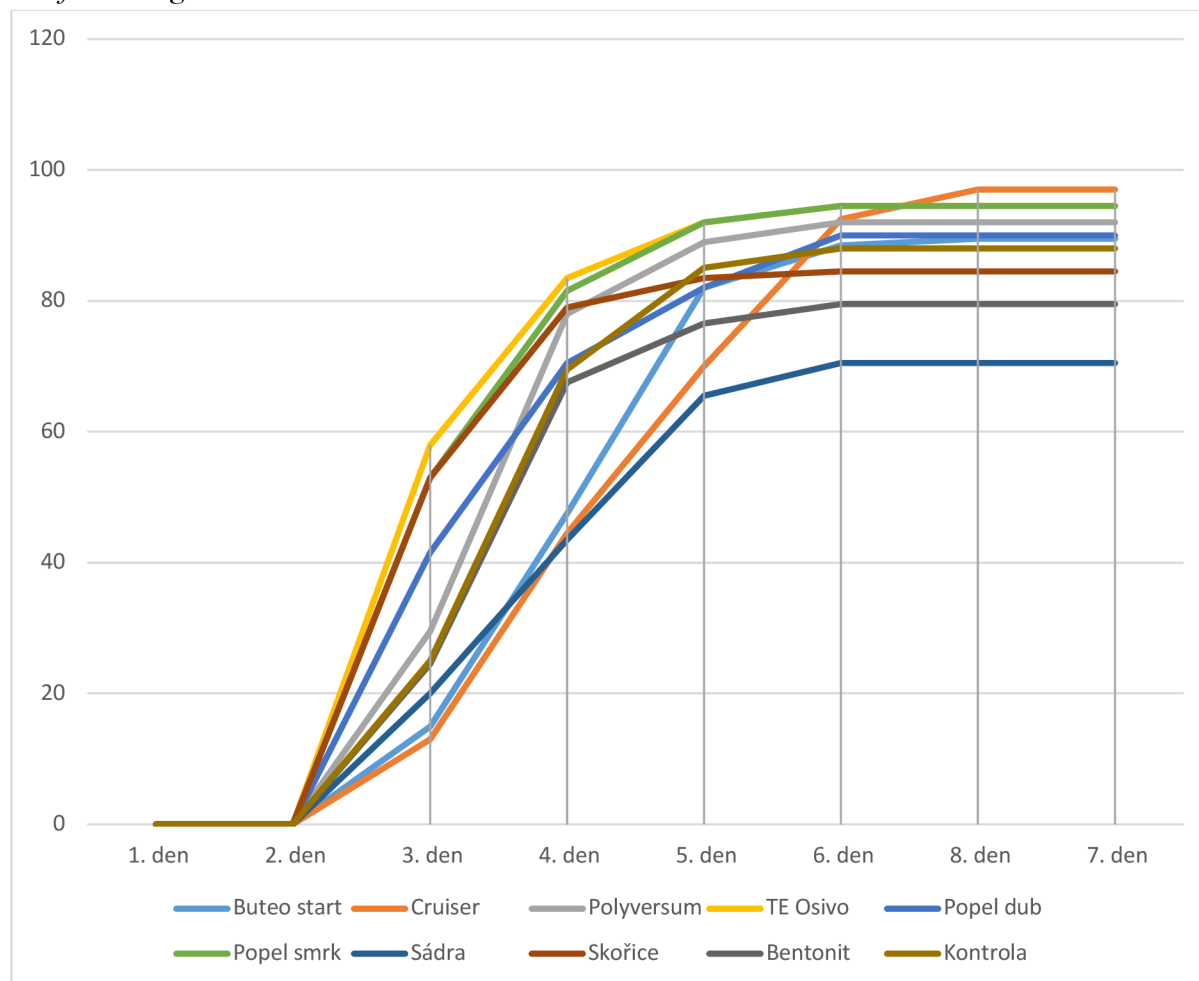
Tabulka 3: Přehled výsledků energie klíčení a laboratorní klíčivosti a statistické hodnocení

varianta	Klíčivost (%)		Energie klíčení 3. den (%)		Energie klíčení 4. den (%)		Energie klíčení 5. den (%)		Energie klíčení 6. den (%)		Energie klíčení 7. den (%)	
Buteo start	89,5	AB	15	AB	47,5	AB	82	AB	88,5	B	89,5	AB
Cruiser	97	C	13	A	44,5	A	70	AB	92,5	A	97	B
Polyversum	92	BC	29,5	ABC	78	BC	89	A	92	A	92	AB
TE Osivo	94,5	BC	58	D	83,5	C	92	A	94,5	A	94,5	AB
Popel dub	90	BC	41,5	BCD	70,5	ABC	82	AB	90	A	90	AB
Popel smrk	94,5	BC	53	CD	81,5	C	92	A	94,5	A	94,5	AB
Sádra	70,5	A	20	AB	43,5	A	65,5	B	70,5	B	70,5	C
Skořice	84,5	ABC	53	CD	79	BC	83,5	AB	84,5	AB	84,5	ABC
Bentonit	79,5	AB	24,5	AB	67,5	ABC	76,5	AB	79,5	AB	79,5	AC
Kontrola	88	BC	25	AB	69,5	ABC	85	AB	88	A	88	AB

Tento parametr byl zjišťován laboratorně za ideálních podmínek při teplotě 20 °C. Z grafu 6 je patrné, že došlo k odlišnostem mezi pozorovanými variantami již třetí sledovaný den (tedy po 72 hodinách) laboratorní testu klíčivosti. Přípravek Cruiser OSR měl 3. den nejnižší hodnoty energie klíčení (13 % vyklíčených semen), a naopak varianta s TE osivem nejvyšší (58 % vyklíčených semen). Podobně tomu bylo i u varianty ošetřené smrkovým popelem, kdy energie klíčení dosahovala podobných hodnot jako TE Osivo. Stejnou energii klíčení jako smrkový popel měla i skořice, avšak v pozdější fázi dosahovala spíše podprůměrných hodnot. V konečné fázi měření, tedy 7.-8. den byly hodnoty energie klíčení mezi TE Osivo a Cruiser OSR téměř dorovnané. Podobně jako Cruiser na tom je i druhý chemický přípravek Buteo start, který měl napřed pomalý začátek klíčení, ale ke konci hodnota energie klíčení dosahovala vyšších hodnot. Na konci měření tj. 8. den byly nejvyšší hodnoty naměřeny u přípravku Cruiser OSR a se shodnými hodnotami těsně za ním byly přípravky TE Osivo a popel ze smrku. Nejnižších hodnot laboratorního stanovení energie klíčivosti dosahovala varianta ošetřená sádrkou, která od 4. dne vykazovala nejnižšího průměrného počtu vyklíčených semen. V tomto případě byla však energie na počátku klíčení také nízká. Dle tabulky 3 je patrné, že ve vyhodnocení celkové klíčivosti (%) jsme zaznamenali statisticky průkazné rozdíly mezi Cruiser OSR a Buteo start. Dále byl statisticky průkazný rozdíl mezi Cruiser OSR a Bentonitem a zároveň Cruiser OSR a sádrkou. Sádra byla také jediná z variant, u níž byl prokázán statisticky významný rozdíl v porovnání s kontrolní variantou. Statisticky

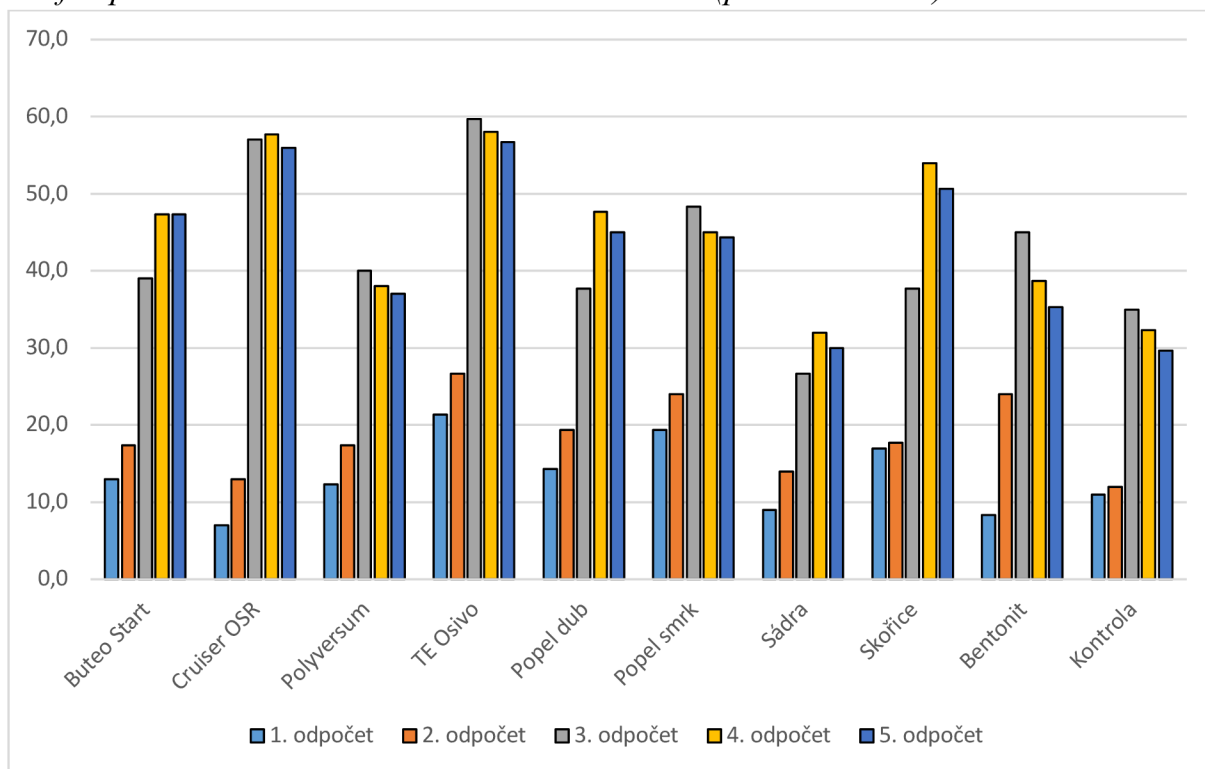
průkazné rozdíly lze pozorovat i u jednotlivých dnů. U třetího dne byl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl mezi TE Osivo a většinou sledovaných variant kromě dubového i smrkového popela a skořice. U čtvrtého dne je statisticky významný rozdíl mezi Variantou TE Osivo oproti variantám Cruiser OSR, Buteo start a sádrou. 5. den lze pozorovat statisticky významné rozdíly mezi sádrou a smrkovým popelem, TE Osivo či Polyversum. Šestý den je statisticky průkazný rozdíl mezi sádrou a většinou přípravků kromě skořice, bentonitu a Buteo start. Na konci pozorování byl statisticky průkazný rozdíl opět mezi sádrou a většinou variant kromě bentonitu a skořice.

Graf 6: energie klíčení v závislosti na ošetření osiv



## 5.2 Polní vzcházivost

Graf 7: polní vzcházivost v závislosti na ošetření osiva (počet rostlin/m<sup>2</sup>)



Graf 7 Znárodnuje dynamiku polní vzcházivosti v závislosti na ošetření osiva vybranými přípravky. Provádělo se pět odpočtů v průběhu vegetace a z grafu 7 je patrné, že nejvyšší polní vzcházivosti ve všech pěti měření byla stanovena u TE Osiva. Varianty ošetřené přípravkem Cruiser OSR měly sice pomalejší start, ale u 3.-5. měření se s přehledem vyrovnají počtem rostlin na m<sup>2</sup> TE Osivu, které je na tom se vzcházivostí nejlépe. Nejnižších hodnot naopak dosahuje varianta ošetřená sádrrou. Tam ke konci vegetace počet rostlin na m<sup>2</sup> dosahuje 30 kusů a ani začátek vzcházení nebyl rychlý. Z této kategorie přípravků dopadla nejlépe skořice, která měla u 4. měření 54 rostlin/m<sup>2</sup>, avšak ke konci vzcházení počet klesl na 50,7 rostlin na m<sup>2</sup>, ale přesto lze zařadit po přípravcích TE Osivo a Cruiser na třetí místo z hlediska tohoto sledovaného parametru. Varianty s popelem z dubu a smrku dle naměřeného počtu rostlin vzcházeli spíše průměrně jak na počátku, tak na konci vzcházení. U Bentonitu došlo k většímu propadu po 3. měření, kdy z 45 rostlin/m<sup>2</sup> zbylo na konci vzcházení pouze 35,3. Zástupce biologických přípravků Polyversum měl průměrný start, ale na konci vzcházení (37 rostlin/m<sup>2</sup>) jej řadíme k podprůměrným hodnotám, avšak oproti neošetřené kontrole jsou jeho hodnoty vyšší ve všech měřených fázích vegetace. Z chemických přípravků Buteo start oproti Cruiseru OSR vzcházel sice rychleji, ale výsledný počet rostlin byl nižší (47,3 rostlin/m<sup>2</sup>).

### 5.3 Vliv ošetření osiva na vývoj rostlin a rozvoj kořenového systému

Tabulka 2: Barevné znázornění jednotlivých skupin použitých látek

chemické přípravky	
biologické přípravky	
stimulační přípravky	
ostatní přípravky	
kontrola	

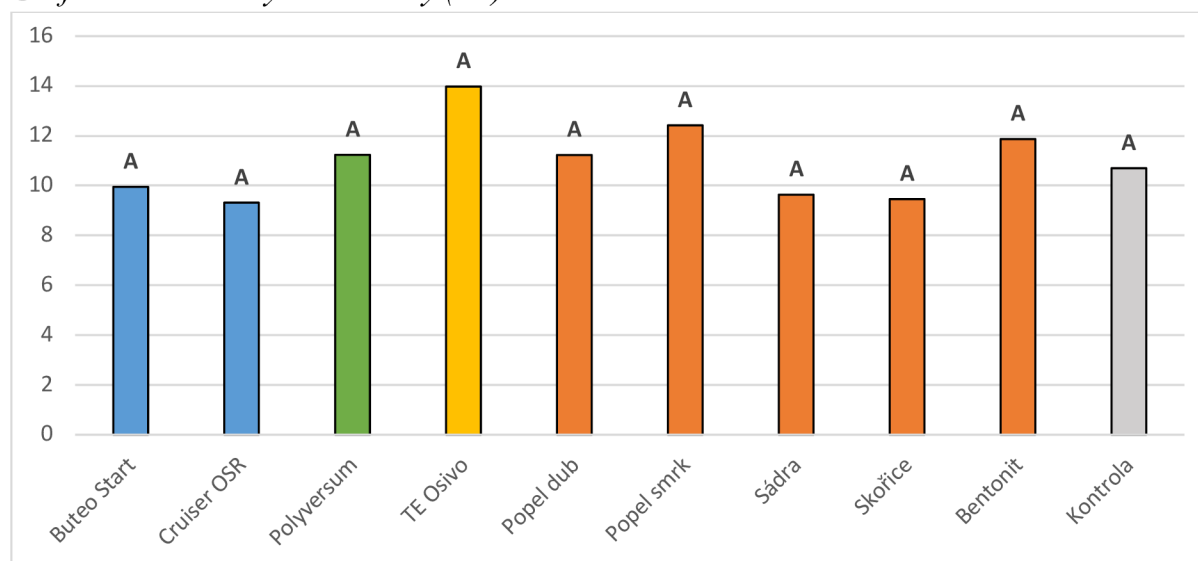
Pro lepší přehlednost byly přípravky barevně rozděleny do čtyř skupin, dle zařazení, plus neošetřená kontrolní varianta, která je vyobrazená šedě. Barevné znázornění koresponduje s grafy 8-19 (kromě grafu 14, kde jsou porovnávány fáze).

Co se týče všech sledovaných parametrů spadající pod tuto kapitolu, je z grafů 8-12 patrné, že nebyl v žádném měřeném údaji zaznamenán významný statistický rozdíl, vzhledem k vysoké variabilitě nasbíraných dat. Obecně o všech sledovaných vývojových ukazatelích, je z grafů na první pohled znatelné, že nejlépe dopadly varianty ošetřené stimulačním přípravkem TE Osivo. Přípravek Cruiser OSR v této kapitole dosahuje podprůměrných hodnot a u parametru „Průměrná hmotnost jednoho kořene“ dosahuje dokonce hodnot nejnižších ve srovnání s ostatními variantami včetně neošetřené kontrolní alternativy.

#### Průměrná výška biomasy

Z grafu 8 lze pozorovat dominantní TS Osivo (14,08 cm) jednoznačně převyšující ostatní varianty. Nejmenší průměrná výška biomasy byla zaznamenána u přípravku Cruiser OSR (9,31 cm) a s podobnými hodnotami jsou těsně za ním varianty ošetřené pomocí sádry a skořice. Z této kategorie přípravků má nejvyšší hodnoty Popel ze smrku (12,42 cm). Biologický přípravek Polyversum (11,24 cm) v tomto případě dosahoval lehce nadprůměrných hodnot. Hodnota celkového průměru výšky biomasy ze všech sledovaných variant činila 10,98 cm.

Graf 8: Průměrná výška biomasy (cm)

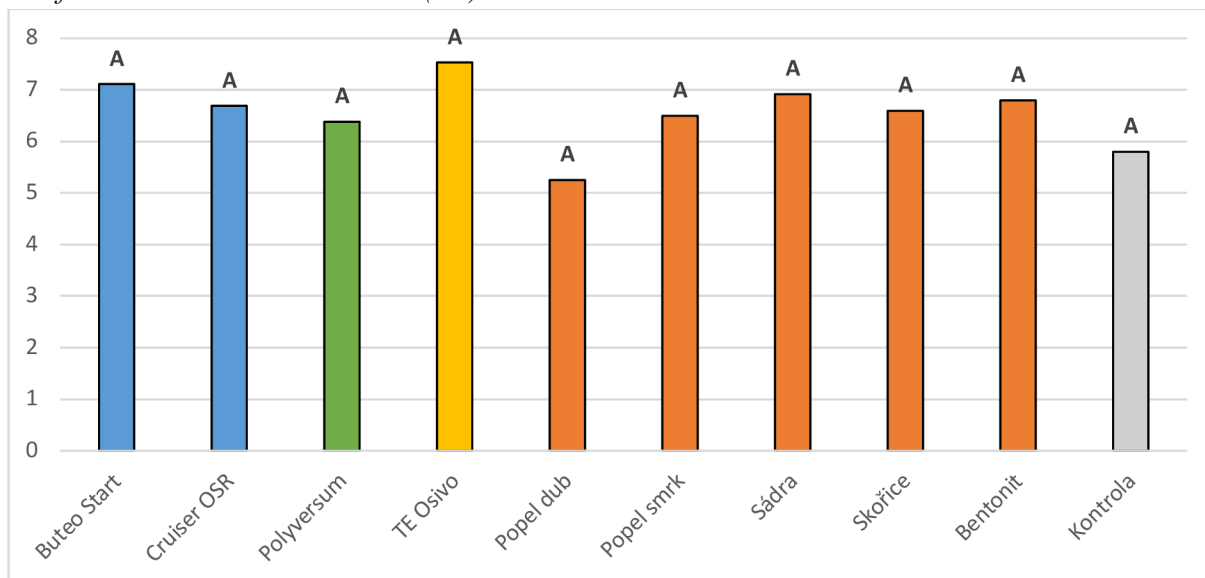




### Průměrná délka kořenů rostlin (cm)

Nejvyšších hodnot dosahovala varianta, která měla osivo ošetřené stimulačním přípravkem TE Osivo s délkou kořene 7,53 cm. Poměrně vysokých hodnot dosahovaly i ostatní přípravky, kromě Popele dubu, kde délka kořene činila pouhých 5,25 cm. Ostatní přípravky této kategorie naopak vykazovaly spíše nadprůměrné hodnoty. Průměr délky kořenů u všech sledovaných variant dohromady byl 6,55 cm. Chemické přípravky Crusier OSR (6,69 cm) a Buteo Start (7,11 cm) vykazovaly nepatrně vyšší průměrnou délku kořene oproti biologickému přípravku Polyversum (6,38 cm). Statisticky průkazný rozdíl, jak je z grafu patrné, zde potvrdit nemůžeme.

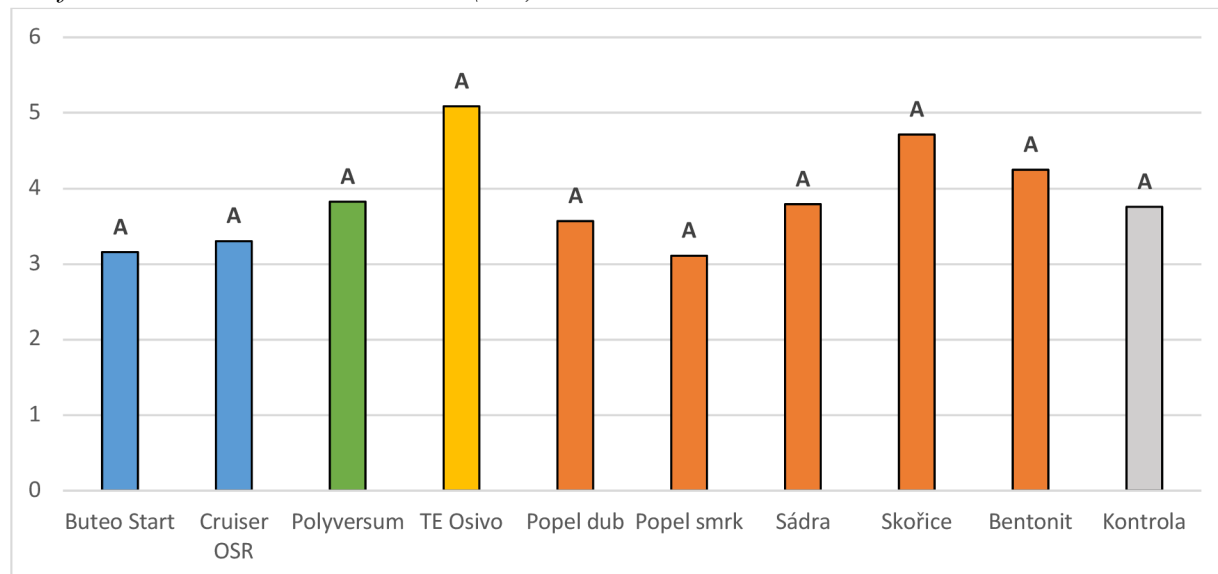
Graf 9: Průměrná délka kořenů (cm)



### Průměr kořenového krčku (mm)

Dalším měřeným ukazatelem u podzemní části biomasy je průměr krčku kořene. Nejsilnější stonek měla v průměru varianta s TE Osivem s hodnotou 5,09 mm. Chemické přípravky dosahovaly podprůměrných hodnot: Buteo start 3,16 mm a Cruiser OSR 3,30 mm. Přípravky z přírodních materiálů nedosahovaly jednotných hodnot, a proto je nelze hodnotit jako skupinu, ale z grafu je patrné, že nejvyšších hodnot dosahovala skořice (4,71 cm) a nejnižší průměr kořene měla varianta s popelem ze smrku (3,11 cm). Polyversum ze skupiny biologických přípravků mělo průměr krčku kořene 3,83 cm a tím pádem spadá pod průměrné hodnoty.

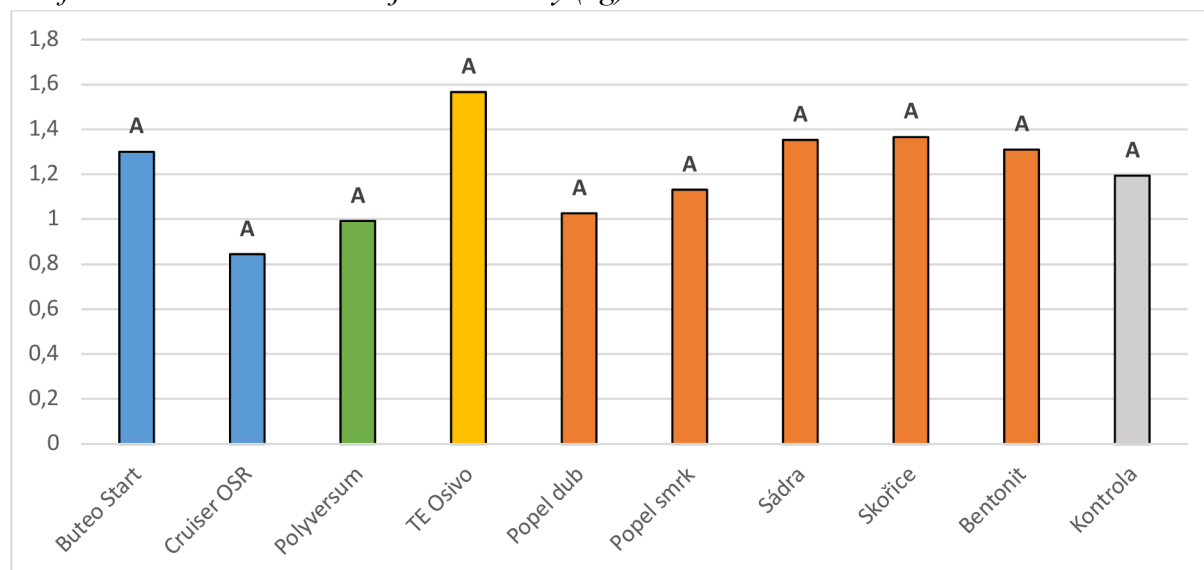
Graf 10: Průměr kořenového krčku (mm)



### Průměrná hmotnost jedné rostliny (kg)

Posledním parametrem spadajícím pod vývoj rostlin, zjišťovaným z celé biomasy, je Průměrná hmotnost jedné rostliny v kilogramech. Z grafu 11 je na první pohled viditelné, že TE Osivo převyšuje svými hodnotami jednoznačně ostatní varianty a to s 1,57 kg. Naopak nejnižší hodnoty má přípravek Cruiser OSR (0,84 kg). Z chemických přípravků do této skupiny zařazuje také Buteo start, který dosáhl hodnoty 1,30 kg a můžeme, tak potvrdit, že dosahuje nadprůměrných hodnot, neboť průměr hmotnosti rostliny ze všech měřených variant dosahuje 1,21 kg. Nadprůměrných hodnot dosahovala také sádra, skořice a Bentonit – všechny přípravky spadají do stejné kategorie označené oranžově. Menší hodnoty než neošetřená kontrolní varianta (1,19 kg) má pouze přípravek Cruiser OSR.

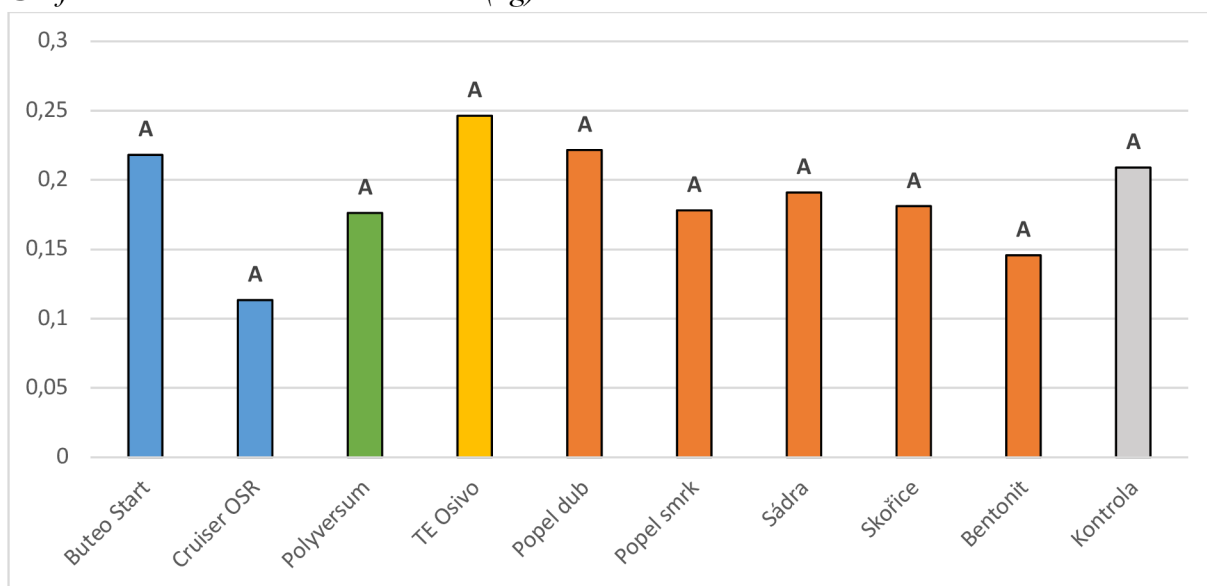
Graf 11: Průměrná hmotnost jedné rostliny (kg)



### Průměrná hmotnost jednoho kořene (kg)

Posledním sledovaným parametrem rozvoje kořenového systému a zároveň celkově posledním parametrem sledovaným pro tuto kapitolu je Průměrná hmotnost jednoho kořene v gramech. Nejvyšší hmotnosti dosahuje opět TE osivo 0,25 kg. Nejnižších hodnot dosahuje Cruiser OSR (0,11 kg). Druhý zástupce chemických přípravků (Buteo start) má hodnotu podstatně vyšší a to 0,22 kg. Shodné hodnoty s Buteo start byly naměřeny u kategorie přípravků „ostatní“ konkrétně u popela dubu. Podprůměrné hmotnosti kořene dosahuje také varianta ošetřená biologickým přípravkem Polyversum, který má nižší hodnoty než neošetřená kontrola (0,21 kg).

Graf 12: Průměrná hmotnost kořene (kg)



## 5.4 Hodnocení vlivu ošetření osiva máku setého na produkční parametry a výnos

V jednoletém pokusu s odrůdou Aplaus bylo v rámci hodnocení vlivu ošetření osiva máku setého na produkční parametry a výnos zjišťováno několik vybraných parametrů. Zjišťoval se průměrný výnos, počet rostlin při jejich plném vzejití a na konci vegetace, počet makovic na m<sup>2</sup> a zároveň průměrný počet makovic na rostlinu, HTS, váha semen v makovici a výška rostlin. Podrobné výsledky jednotlivých variant ošetřených různými přípravky souhrnně uvádí tabulka 3 níže.

Tabulka 3: Průkaznost rozdílů v hodnotách jednotlivých sledovaných parametrů mezi průměry variant ošetření

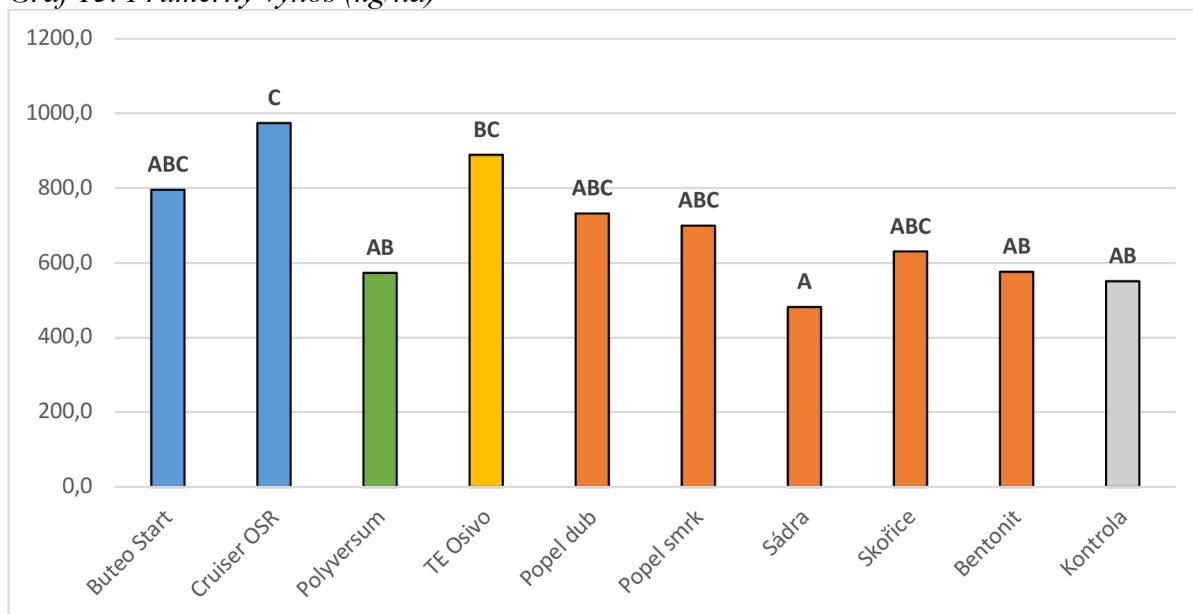
Popisky řádků	Výnos (kg/ha)		plné vzejití (rostlin/m <sup>2</sup> )		koniec vegetace (rostlin/m <sup>2</sup> )		makovic/m <sup>2</sup>		počet makovic/rostlinu		HTS (g)		váha semen v makovici (g)		výška rostlin (cm)	
Buteo Start	795,7	ABC	48,3	ABC	28,3	AB	67,1	A	2,4	A	0,489	A	2,72	A	83,3	A
Cruiser OSR	974,3	C	61,3	C	42,0	B	91,0	A	2,2	A	0,462	A	2,37	A	90,3	A
Polyversum	573,0	AB	43,0	AB	29,3	AB	75,8	A	2,6	A	0,454	A	2,67	A	87,7	A
TE Osivo	889,3	BC	62,7	C	35,0	AB	85,4	A	2,5	A	0,461	A	2,57	A	88,7	A
Popel dub	732,3	ABC	48,0	ABC	25,3	AB	74,6	A	3,0	A	0,466	A	2,35	A	87,0	A
Popel smrk	699,7	ABC	49,3	ABC	27,7	AB	67,5	A	2,5	A	0,467	A	2,71	A	89,0	A
Sádra	481,7	A	32,3	A	22,0	A	58,5	A	2,7	A	0,427	A	2,09	A	88,7	A
Skořice	630,7	ABC	54,0	BC	28,3	AB	68,7	A	2,5	A	0,476	A	2,69	A	90,3	A
Bentonit	576,0	AB	46,7	ABC	23,7	A	59,6	A	2,5	A	0,463	A	2,61	A	85,0	A
Kontrola	550,7	AB	38,0	AB	24,3	AB	68,0	A	2,8	A	0,452	A	2,48	A	87,3	A

Z tabulky je patrné, že jsme u některých sledovaných parametrů zaznamenali statisticky významné rozdíly. Hovoříme o výnosu a počtu rostlin/m<sup>2</sup> při plném vzejití i na konci vegetace. U hodnot zahrnující počet makovic na m<sup>2</sup>, počet makovic na rostlinu, HTS, váha semen v makovici a výška rostlin je patrné, že nebyl prokázán statisticky významný rozdíl.

### Průměrný výnos

Graf 13 popisuje průměrný výnos všech sledovaných variant, jejichž osivo bylo ošetřeno různými přípravky. Z grafu je patrné, že zde byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly. Jedná se o rozdíl mezi variantou Cruiser OSR oproti variantám ošetřeným přípravkem Polyversum, sádrou, Bentonitem a také neošetřené kontrole. Dále je statisticky průkazný rozdíl mezi hodnotami výnosu mezi přípravkem TE Osivo a variantou s osivem ošetřeným pomocí sádry. Z hlediska průměrného výnosu přípravek Cruiser OSR (974,3 kg/ha) dominuje nad ostatními. Druhé nejvyšší hodnoty dosahuje TE Osivo spadající pod stimulační přípravky s hodnotou průměrného výnosu 889,3 kg/ha. Nejnižšího výnosu dosahuje varianta se sádrou 481,7 kg/ha.

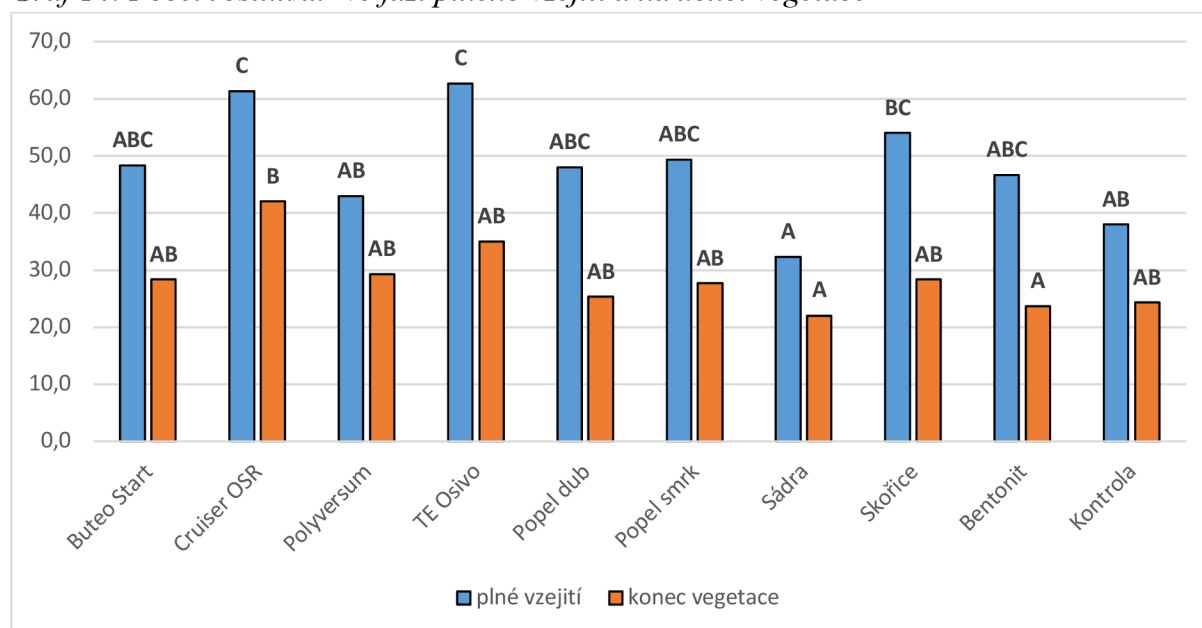
Graf 13: Průměrný výnos (kg/ha)



### Průměrný počet rostlin na m<sup>2</sup>

Na grafu 14 jsou v tomto případě vyobrazeny dvě měření v rozdílném období vegetace. Počet rostlin ve fázi plného vzejití je znázorněn modře a konec vegetace je barevně vyobrazen oranžově. Už při pohledu na samotné grafické znázornění je jasné, že zde můžeme pozorovat statisticky významné rozdíly mezi pozorovanými variantami v rámci jednotlivých fází. V rámci celého měření rozdíly samozřejmě nepozorujeme, neboť jsou to dvě odlišná měření, která porovnávat statisticky nelze. Nejvyššího počtu rostlin v plném vzejití dosahovala varianta TS Osivo s 62,7 rostlinami na m<sup>2</sup> a těsně za ním je Cruiser OSR (61,3 rostlin/m<sup>2</sup>). Zároveň se obě alternativy statisticky průkazně lišily od Polyversum, sádry a neošetřené kontrolní varianty v tomto období. Co se týče počtu rostlin na konci vegetace, je taktéž z grafu 14 patrné, že došlo ke statisticky průkaznému rozdílu. Konkrétně mezi Cruiser OSR a sádrou a dále mezi Cruiser OSR bentonitem. Také lze poznamenat, že nejvyšších hodnot v této fázi dosahovala varianta Cruiser (42 rostlin/m<sup>2</sup>) a nejméně sádra (22 rostlin/m<sup>2</sup>).

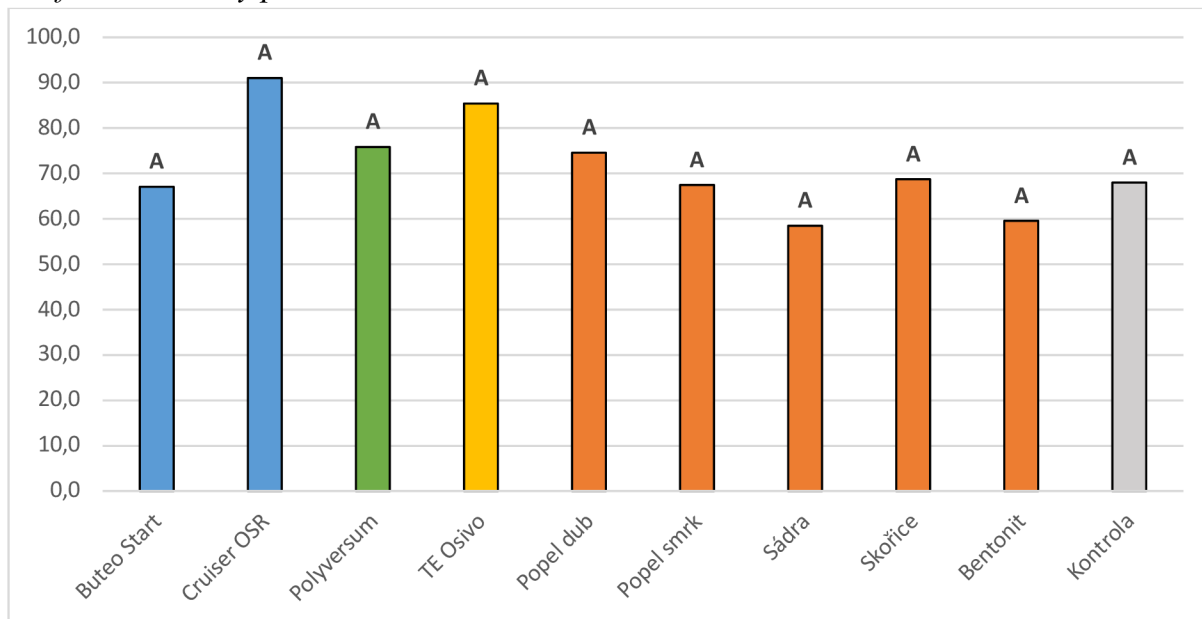
Graf 14: Počet rostlin/m<sup>2</sup> ve fázi plného vzejití a na konci vegetace



### Průměrný počet makovic na m<sup>2</sup>

Tento parametr poukazuje na hustotu porostu a výsledné hodnoty, které jsou znázorněny na Grafu 15, nejsou tolik variabilní a mezi variantami nebyl prokázán statisticky významný rozdíl. Nejvyšší počet dosahuje Cruiser OSR (91 makovic/m<sup>2</sup>) a druhá v pořadí je opět varianta TE Osivo (85,4 makovic/m<sup>2</sup>). Oproti neošetřené kontrole (68 makovic/m<sup>2</sup>) mají nižší počty makovic hned tři přírodní přípravky: popel ze smrku (67,5 makovic/m<sup>2</sup>) sádra (58,5 makovic/m<sup>2</sup>) a Bentonit (59,6 makovic/m<sup>2</sup>). Popel z dubu vyšel z této skupiny přípravků s nejvyšší hodnotou 74,6 makovic na m<sup>2</sup>, což je hodnota srovnatelná například s variantou Polyversum (75,8 makovic/m<sup>2</sup>) v tomto sledovaném parametru. Nižší, než neošetřená kontrolní varianta vyšel také chemický přípravek Buteo start s průměrným počtem 67,1 makovic na m<sup>2</sup>.

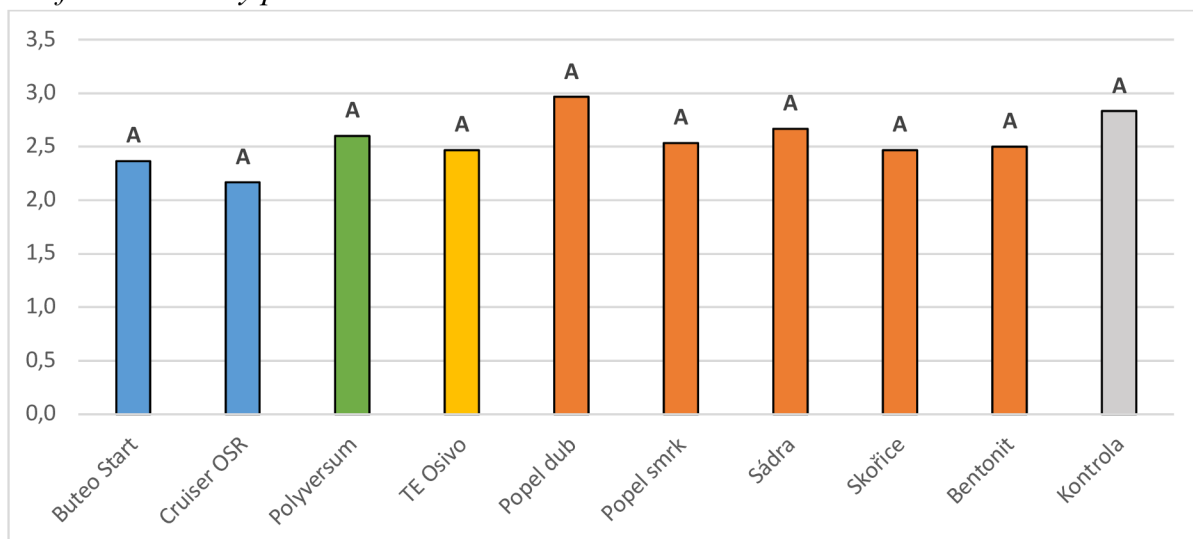
Graf 15: Průměrný počet makovic na m<sup>2</sup>



### Průměrný počet makovic na rostlinu

V grafu 16 byl znázorněn průměrný počet makovic na jedné rostlině. Tento parametr nebyl příliš variabilní, jediná znatelnější odchylka je u kontrolní varianty (2,8 makovic/rostlinu) a u dubového popele (3 makovice/rostlinu). Zároveň je popel z dubu jediný ze sledovaných variant, který svou hodnotou převyšuje kontrolu. Zároveň žádná ze sledovaných variant nemá průměrný počet makovic na rostlinu nižší než 2 a ani mezi jednou variantou nebyl prokázán statisticky významný rozdíl.

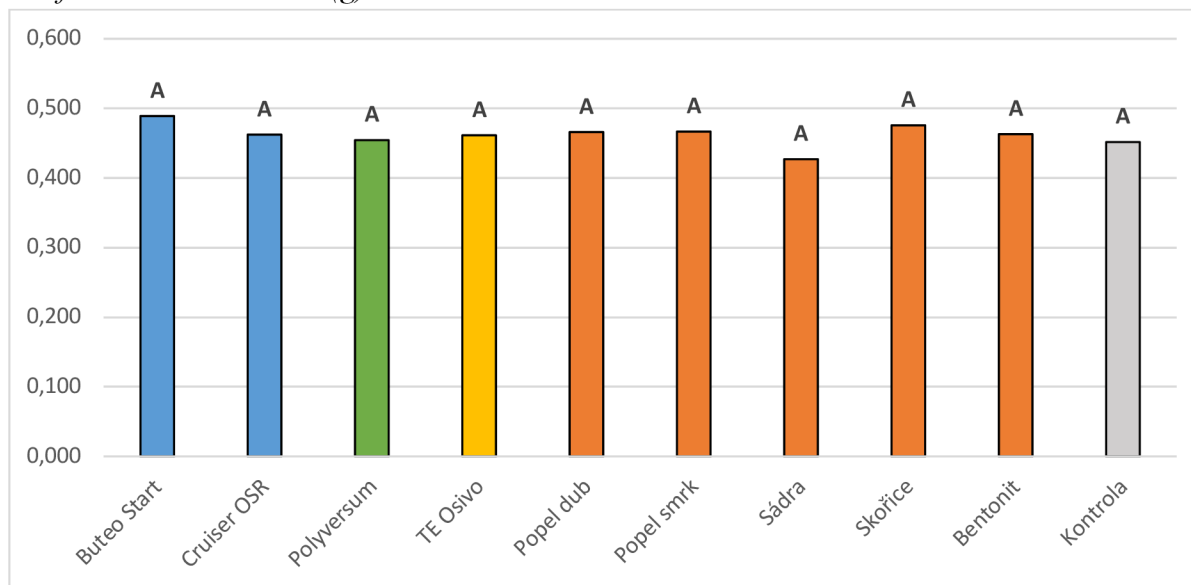
Graf 16: Průměrný počet makovic na rostlinu



### Průměrné hodnoty hmotnosti tisíce semen (g)

U průměrného HTS mezi sledovanými variantami nebyl prokázán statisticky významný rozdíl. Z grafu 17 však lze na první pohled poznat, že nejvyšších hodnot v tomto sledovaném parametru dosahovala varianta Buteo Start (0,489 g). Druhou nejvyšší hodnotu měla skořice (0,476 g) a i ostatní varianty z této skupiny dosahovaly nadprůměrných hodnot, kromě sádry (0,427 g), která zároveň jako jediná z variant dosahovala nižších hodnot oproti neošetřené kontrole (0,452 g).

Graf 17: Průměrná HTS (g)

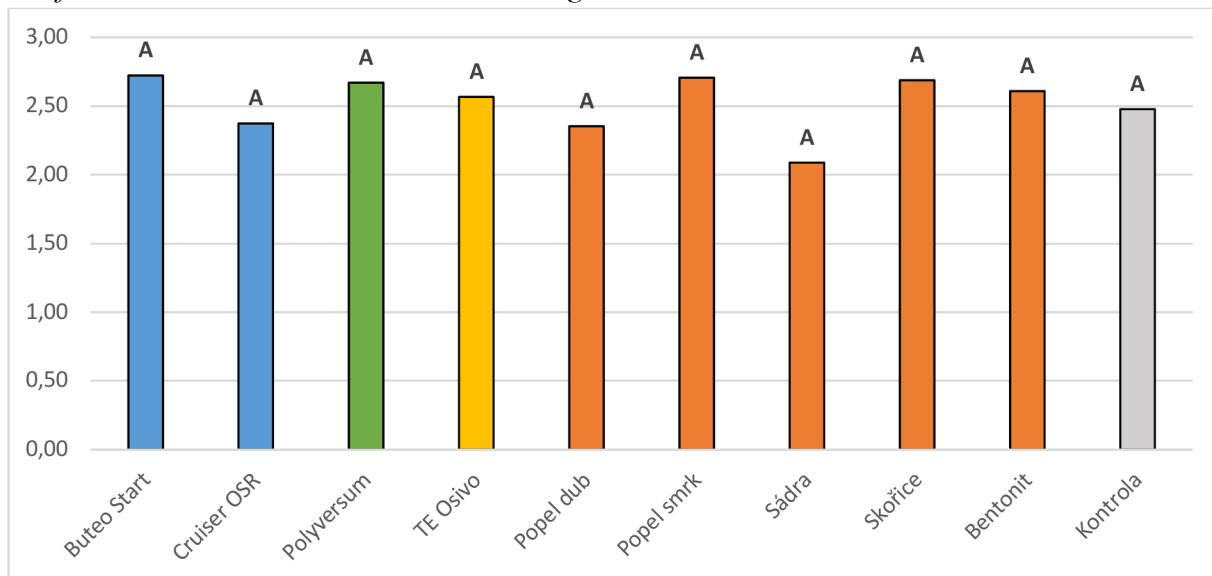


### Průměrná hmotnost semen v makovici

V tomto parametru není opět průkazný statistický rozdíl mezi sledovanými variantami. Z grafu 18 je však patrné, že nejvyšších hodnot dosahovaly hned čtyři varianty: Buteo start, Polyversum, popel smrk a skořice. Konkrétně nejvyšší hodnoty dosahuje Buteo start (2,72 g). Sádra dosahovala s 2,09 g nejnižších hodnot a zároveň byla nižší i oproti neošetřené kontrole (2,48 g).



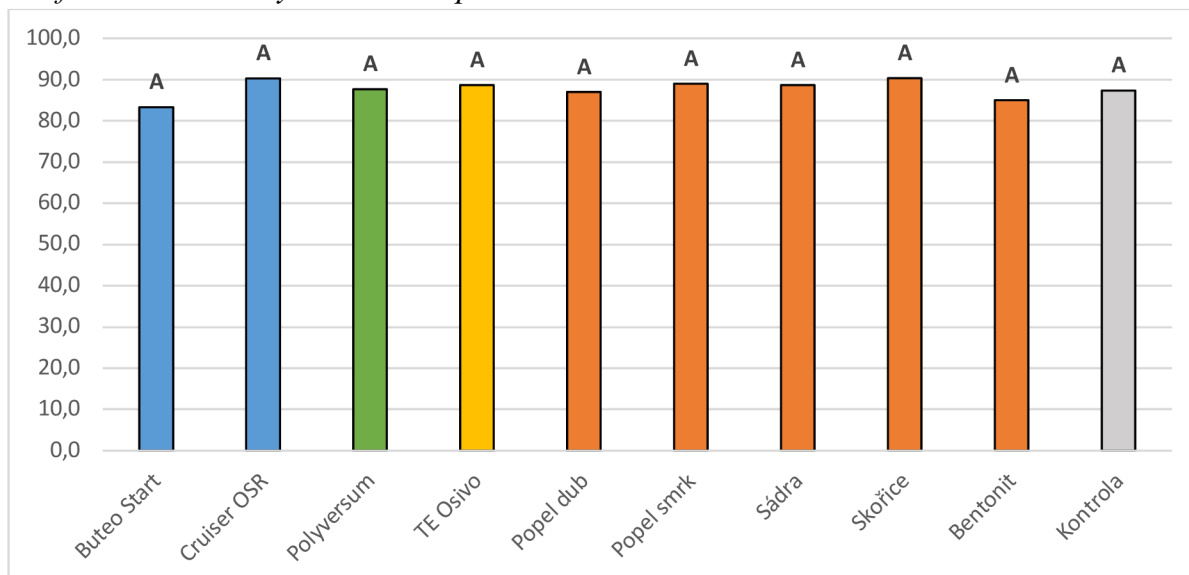
Graf 18: Průměrná váha semen v makovici g



### Průměrná výška rostlin v porostu (cm)

Z grafu 19 se na první pohled může zdát, že hodnoty z výšky rostlin byly mezi sledovanými variantami poměrně variabilní, avšak ze statistického hlediska nebyl mezi sledovanými variantami zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Nejvyšších hodnot dosahovaly při pohledu na graf Cruiser OSR a skořice. Dokonce měly obě varianty shodné hodnoty 90,3 cm. Nejnižší porost byl zaznamenán u varianty ošetřené chemickým přípravkem Buteo start (83,3 cm) a byl nižší než neošetřená kontrolní varianta (87,3 cm).

Graf 19: Průměrná výška rostlin v porostu



## 6 Diskuze

Z hlediska pěstování rostlin je velmi důležité kvalitní osivo a pochopení managementu chorob rostlin, neboť spousta chorob máku se přenáší osivem. Ošetření osiva bývá často fyzikální, chemické nebo biologické povahy. Chemické moření je již běžnou součástí strategie zvládání chorob (Islam et al. 2009). V rámci experimentálního pokusu, kterým se zabývá tato diplomová práce byly zkoumány především alternativní možnosti ošetření osiva a snažili jsme se najít nejlepší možnou variantu, která by mohla alespoň z části zastoupit přípravek Cruiser OSR, který už není aktuální v ošetření osiva. V mnoha parametrech si vedly skvěle stimulační přípravky i přípravky přírodního rázu, které v některých parametrech převyšovaly svými výsledky i samotný přípravek Cruiser OSR.

Pšenička & Honsnedl (2007) ve svém výzkumu apelují na použití kvalitního osiva. Zároveň uvádějí, že i nechemické způsoby ošetření osiv mohou přinést uspokojivé výsledky, což, mimo jiné, skýtá jistou naději i pro rozvoj ekologického zemědělství. To ostatně uvádějí i ve svých výsledcích, kde alternativní způsoby ošetření osiva přinesly kvalitní výsledky. Experimentech v této diplomové práci jsou zaměřené na ekologicky přijatelné ošetření osiv a jsou srovnávané s variantou Cruiser OSR, která již není možná k použití. V mnoha parametrech alternativní možnosti ošetření dosáhly lepších výsledků v porovnání s tímto přípravkem. V oblasti kapitoly Energie klíčení sice Cruiser OSR převyšuje ostatní varianty, ale velmi dobře se s ním může srovnávat popel ze smrku, což je zajímavá a téměř neprozkoumaná možnost v alternativním ošetření osiv máku setého. Je tedy patrné, že by si toto téma zasloužilo hlubší výzkum. V kapitole týkající se vývoje rostlin a kořenového systému, lze vyzdvihnout parametr ukazující průměrné hmotnosti jedné rostliny v kg. Zde z alternativních variant převyšuje Cruiser OSR hned několik přípravků. Hovoříme o TE Osivo spadajícím pod osvědčené stimulační přípravky, jehož hlavní účinnou látkou jsou aminokyseliny, huminové látky a auxiny (Bezděk 2024). Poté lze zmínit skořici, Bentonit a sádro, které jsou stále ještě málo prozkoumané. Podobné výsledky můžeme pozorovat i u průměrné výšky biomasy, kde opět popel ze smrku a bentonit přinesly jedny z nejvyšších hodnot. Z hodnocení parametrů pro výnosotvorné prvky stojí za zmínění samotný výnos v kg/ha, který je stále nejvyšší u varianty ošetřené Cruiser OSR. Je tedy patrné, že na tuto oblast by se měl příští výzkum více zaměřit.

Montes-Borego (2009) uvádí, že semena máku nevykazují 100% klíčivost, mají krátkou životnost a nízké pole rychlosti klíčení. Proto abychom předcházeli výnosovým ztrátám je nutné používat ošetření osiv. Jeho experimenty potvrdily pozitivní vliv netepelné plazmy na rychlost klíčení a zároveň lze tento způsob využít jako dezinfekci na již napadené povrchy semena. V našem experimentu jsme pozorovali pomocí laboratorního šetření energií klíčení pomocí různých metod ošetření osiva a zajímavé bylo, že ne všechny varianty, které měly rychlý start poté měly největší klíčivost. Například přípravek Cruiser OSR vykazuje znatelně pomalé klíčení na začátku pozorování a ke konci pozorování je na tom s energií klíčení ze všech přípravků nejlépe. Tyto výsledky ale nejsou vzhledem k předešlým studiím nijak překvapivé. Například De Villiers et al. (2005) porovnávali klíčivost semen ošetřených přípravkem Cruiser OSR s kombinovanou variantou SA-kombinace (Thiulin, Apron, Gaucho, Rovral) a došli také k potvrzení nižší intenzity počátečního klíčení semen ošetřených přípravkem Cruiser OSR. Po delší pozorované době se však rozdíl mezi pozorovanými variantami ustálily. Výrazné rozdíly v klíčení byly dle tohoto experimentu pozorovatelné především po 48 a k ustálení došlo po 144

hodinách. Na konci testu laboratorní klíčivosti se pravděpodobně již projevil fungicidní efekt přípravku Cruiser OSR a varianty ošetřené tímto přípravkem dosahovaly nejvyšší průměrné klíčivosti.

Poměrně inovativní záležitostí v této práci bylo testování ošetření osiva popelem z dubu a smrku. Využití popela pro ošetření osiv bylo již zmíněno v některých článcích, ale konkrétně využití popela z dubu a smrku nikoli. Moyin-Jesu (2010) ve své studii zkoumá účinnost popela z dřeva tropických stromů na klíčivost, růstových a výnosotvorných parametrů a ochranu škůdců u kukuřice. Porovnával varianty ošetřené výluhem z dřevěného popela, extraktem z listů tropického stromu, modifikovaným extraktem (výtažky z listů a popela) z listů a přípravkem Karate 520 EC. Z alternativních metod ošetření dosáhla nejlepších výsledků v ošetření osiva u klíčivosti modifikovaná varianta (výtažky z popela i listů), což bylo způsobené kombinací přítomnosti insekticidních účinných látek (Azadirachtin – listy, uhličitán vápenatý - popel). V našem pokusu bylo využito popelu ze smrku a dubu, které taktéž, mimo jiné, obsahují uhličitán vápenatý. Smrkový popel si v testu energie klíčení vedl velmi dobře a jeho výsledky byly v tomto měřeném parametru srovnatelné s variantou ošetřenou stimulačním přípravkem TE Osivo. Dřevěný popel se dostává do využití v pěstování rostlin, neboť má insekticidní účinky (Moyin-Jesu 2010). Ale rozhodně by stálo za to provést více výzkumů v širším spektru oblastí zemědělství.

Kuchtová et al. (2016) na základě svých zkoumaných výsledků uváděli, že byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi sledovanými variantami. Byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi zjištěnou HTS u variant ošetřených přípravkem TS Osivo (starší obdoba přípravku TE Osivo) oproti variantám ošetřeným přípravkem Gliorex a neošetřené kontrole. Gliorex dosahoval nižších hodnot než samotná neošetřená kontrola. V rámci tohoto pokusu byly zjišťovány rozdíly mezi použitými odrůdami a ošetřenými variantami. V rámci pokusu provedeného v této diplomové práci nebyl zjištěn u sledovaných variant statisticky významný rozdíl. Do pozorovaných variant nebyl zahrnut přípravek Gliorex. Oproti neošetřené kontrole však v tomto případě dosahovala nižších hodnot varianta ošetřená sádrou. TE Osivo dosahovalo vyšších hodnot než neošetřená kontrolní varianta, avšak v případě tohoto pokusu měla své konkurenty. V průměrné HTS dosahovaly lepších výsledků například varianty ošetřené přípravky Buteo start nebo Cruiser OSR. Oba přípravky jsou z kategorie chemických přípravků. Z kategorie biologických přípravků měl tento pokus zastoupení v Polyversum. Výsledky HTS variant ošetřených přípravkem Polyversum jsou nižší oproti TE Osivo, a proto můžeme potvrdit shodu s porovnávaným experimentem, pokud bereme v potaz srovnání pouze stimulačních a biologických přípravků.

Do našich pokusů v této práci bylo zahrnuto několik variant ošetření, kde byly použity různé přírodní zdroje. Skořice byla zajímavou alternativou a v mnoha měřených parametrech přinesla více než uspokojivé výsledky. To by mohlo být způsobeno její hlavní účinnou látkou kterou je cinnamaldehyd (Suryanti et al. 2016). V oblasti energie klíčení vykazovala v počátku pozorování skvělých parametrů a mohla se rovnat i osvědčeným přípravkům jako je TE Osivo. Nebyla však konstantní po celou dobu pozorování laboratorní klíčivosti, a kromě rychlého startu energie jejího klíčení, na konci pozorování její energie klesla, respektive průměrný počet vyklíčených semen byl nižší. Obecně se ale ve své kategorii přípravků řadila v mnoha sledovaných parametrech k nejlepším. Hovoříme o polní vzházivosti, kde svým počtem rostlin/m<sup>2</sup> z celkových sledovaných variant měla 3. nejlepší výsledky hned po TE Osivo a

Cruiser OSR, což jsou dobře známé a osvědčené přípravky. U přípravku Cruiser OSR by tyto výsledky mohly být přisuzovány fungicidnímu účinku látky metlaxyl-M a fludioxonil (Horák 2004). Dále u skořice z kapitoly vývoje rostlin a kořenového systému je třeba vyzdvihnout průměr kořenového krčku (mm), kde skořice opět dosahovala nejvyšších hodnot nejen ve své kategorii, ale i v celkovém porovnání s ostatními přípravky byly její výsledky nadprůměrné, byť rozdíly nebyly statisticky průkazné. Její pozitivní účinky a zajímavé účinné látky zaujaly již několik studií. Například Cadena et al. (2018) ve svých výzkumech uváděli výsledky použití skořice, respektive esenciálních olejů, ve vztahu k ošetření rostlin proti bakteriálním chorobám a zároveň zkoumali její účinky v oblasti klíčení a její efekt na vývojové parametry rostlin a kořenového systému u hrachu. Bylo zjištěno, že semena ošetřená skořicí klíčila na začátku pozorování výrazně rychleji oproti neošetřené kontrolní variantě. Po čtyřech dnech, však obě varianty dosáhly podobného procenta vyklíčených semen. Podobný výsledek byl pozorován i u vzcházení rostlin. Statistické analýzy v oblasti napadení rostlin bakteriální infekcí však prokázaly, že rostliny jejichž semena byla ošetřena skořicí zůstaly bez příznaků, zatímco kontrolní varianty vykazovaly závažné známky bakteriální infekce. Tyto výsledky se shodují s našimi, neboť v oblasti energie klíčení skořice dosahovala v prvních dnech pozorování vysokých hodnot a ke konci pozorování její naměřené hodnoty byly spíše podprůměrné. Tyto výsledky by se daly vysvětlit použitou dávkou skořice a její kombinací nebo zabudováním do určité látky, neboť ve studiích Campiglia et al. (2007) je účinek esenciálních olejů skořice chápán jako inhibitor pro klíčení různých plevelů. Dále bylo zjištěno, že nejúčinnější testovaná dávka činí 2,7 litru čistého skořicového oleje na hektar a že tyto koncentrace je srovnatelná s aplikační dávkou mnoha registrovaných herbicidů.

Sádra v našich pokusech dosahovala výrazně podprůměrných výsledků. Zajímavé bylo, že v kapitole s parametry související s vývojem rostlin a rozvojem kořenového systému zas tak špatné výsledky nevykazovala. Dokonce u průměrné délky kořenů v cm dosahovala nejvyšších hodnot ve své kategorii přípravků a dosáhla 3. nejvyšších hodnot. Před ní byly varianty ošetřené TE Osivo a Buteo start, takže v tomto aspektu převyšovala i Cruiser OSR. V oblasti klíčení měla nejhorší výsledky ze všech variant, a to dokonce výrazně horší než neošetřená kontrolní varianta. Její účinky by se mohly odvíjet od použité dávky. Canadas et al. (2014) ve svých studiích zmiňují, že účinek použití sádry je odvislý od její dávky a také druhu rostliny na kterou je sádra aplikována. Gypsofilní skupiny snáší různé úrovně sádrového roztoku lépe a mají signifikantní vliv na jejich klíčení. Pro skupiny rostlin, které nejsou přizpůsobené na růst v sádrových půdách byla významná pouze nižší koncentrace sádry. Podle výzkumu Arnold et al. (2017) nebyly prokázány žádné rozdíly u testů klíčení nebo vitality mezi variantami ošetřenými sádrą a kontrolními variantami. To z hlediska našeho zkoumání můžeme potvrdit jen zčásti, neboť v našich pokusech byla v posledních fázích pozorování energie klíčení statisticky průkazně horší, než u neošetřené kontrolní varianty. To samé u změřené průměrné klíčivosti v %. Varianta ošetřená sádrą byla statisticky průkazně horší než neošetřená kontrolní varianta.

Dle výsledků z pokusů od Kuchtové & Dvořáka (2013) je patrné, že použití přípravku Polyversum a Gliorex se v použití ošetření osiv máku osvědčilo. Ošetření osiva signifikantně ovlivnilo výnos a zároveň omezilo možnost napadení rostlin chorobami způsobenými houbovými patogeny. V jejich experimentu bylo dosaženo nejvyšších hodnot výnosu u varianty ošetřené Polyversum. Vyšší HTS bylo stanoveno u varianty ošetřené Gliorexem, ale

k žádným dramatickým rozdílům mezi přípravky nedošlo. To můžeme potvrdit i ve výzkumu, který zahrnuje tato diplomová práce. V tomto případě jsme sice nepoužily přípravek Gliorex, ale použili jsme přípravek Polyversum. Hodnoty HTS mezi námi zkoumanými variantami nevykazovaly statisticky významné rozdíly a celkově rozdíly mezi variantami byly spíše zanedbatelné. Znatelnější odchylka se dá pozorovat pouze u sádry, ale musíme brát v potaz, že pochází z jiné kategorie přípravků a varianty námi zkoumaných přípravků jsou z různých skupin možností ošetření zahrnující chemické, biologické i stimulační přípravky.

V rámci této diplomové práce byly z chemického ošetření vybrány dva přípravky, a to Cruiser OSR a Buteo start. Buteo start by nyní mohl zastoupit místo Cruiser OSR v chemickém moření osiv. Tento přípravek dosahoval téměř ve všech sledovaných parametrech našich pokusů optimalizovaných výsledků. Navíc účinná látka tohoto přípravku (flupyradifurone) nemá takový negativní vliv na opylovače, jako tomu je v případě přípravku Cruiser OSR (Sparks 2013).

## 7 Závěr

Cílem práce bylo vyhodnotit vliv různých způsobů ošetření osiva máku setého na klíčivost a vitalitu osiva v laboratorních podmínkách, vzcházivost porostu v rámci přesného polního maloparcelkového pokusu, na strukturu porostu a výnos.

- V rámci první kategorie Energie klíčení a laboratorní klíčivost lze konstatovat, že v rámci chemických přípravků a celkově všech pozorovaných variant měl nejvyšší průměrnou laboratorní klíčivost Cruiser OSR. Z alternativních variant dosahoval nejvyšších hodnot popel ze smrku. Nejnižších hodnot dosahovala sádra, a to po celou dobu měření (7 dní). Oproti sádře byl u všech variant kromě skořice a bentonitu zaznamenán statisticky průkazný rozdíl na konci posledního dne pozorování.
- V souvislosti na pozorování polní vzcházivosti byly nejvyšší hodnoty v počtu rostlin na m<sup>2</sup> naměřeny u varianty s použitím stimulačního přípravku TE Osivo. Tato varianta jednoznačně převyšovala všechny ostatní ve všech pěti odpočtech. Na konci vzcházení bylo u této varianty naměřeno 56,7 rostlin/m<sup>2</sup>. Nejméně rostlin na konci vzcházení bylo zaznamenáno u varianty ošetřené sádrou.
- V oblasti vlivu ošetření na vývojové parametry rostlin a rozvoj kořenového systému dosahovalo nejvyšších hodnot ve všech sledovaných parametrech TE Osivo. Většina měřených parametrů v této oblasti byla z hlediska výsledků poměrně variabilní. Cruiser OSR ve většině měření dosahoval průměrných až podprůměrných hodnot.
- Z hlediska výnosotvorných prvků jsme zaznamenali vysoké hodnoty u variant ošetřených Cruiser OSR a TE Osivo. Především u výnosu (kg/ha), kde tyto dvě varianty jednoznačně převyšovaly ostatní. Nejnižší výnosy byly zaznamenány u varianty ošetřené sádrou. Statisticky průkazný rozdíl byl zjištěn u přípravku Cruiser OSR oproti sádře, Polyversum a Bentonitu.
- Nízce variabilním sledovaným parametrem bylo HTS a výška rostlin v porostu. Poměrně variabilní byl počet makovic na m<sup>2</sup>, kde nejvyšších hodnot dosahovaly Cruiser OSR a TE Osivo a nejnižšího počtu sádra. Mezi sledovanými variantami však nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl. Variabilní bylo měření počtu rostlin/m<sup>2</sup> ve fázi plného vzejití. Zde byl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl mezi Cruiser OSR a neošetřenou kontrolní variantou a také TE Osivo a kontrolou. Počet rostlin na konci vegetace byl také poměrně variabilní, ale nebyl prokázán statisticky významný rozdíl.
- Mezi sledované přípravky byl také zařazen insekticidně působící přípravek Buteo start, který je v současné době povolen pro ošetřování osiva máku setého. Jeho účinnost nedosahuje výsledků zjištěných v případě přípravku Cruiser OSR, pravděpodobně kvůli absenci fungicidní složky. Na druhou stranu, oproti neošetřené kontrole měl lepší výnosotvorné parametry i výnos.

Na základě provedených experimentů lze doporučit aplikaci skořice a smrkového popelu. Jedná se nicméně pouze o jednoleté výsledky, kdy může velkou roli hrát vliv ročníku, je proto nezbytné v pokusech nadále pokračovat.

## 7.1 Vyjádření k hypotézám

Na základě výsledků, můžeme potvrdit obě hypotézy. V některých parametrech se sice vyskytly varianty, které hypotézu nesplňovaly, ale většina testovaných variant potvrdila, že různé metody ošetření osiva máku setého pozitivně ovlivňují sledované parametry (laboratorní klíčivost osiva, vzcházivost, zapojení do porostu, strukturu porostu a výnos).

Hypotéza 1: Lze předpokládat, že různé metody ošetření osiva máku setého pozitivně ovlivní laboratorní klíčivost osiva, vzcházivost a zapojení porostu.

**Hypotéza potvrzena:** Oproti neošetřené kontrole měla většina přípravků vyšší procentuální klíčivost, vzcházivost i lepší zapojení do porostu. Hypotézu nesplňovala sádra. Z hlediska klíčivosti byly dokonce u některých variant pozorovány statisticky průkazné rozdíly od neošetřené kontrolní varianty.

Hypotéza 2: Lze předpokládat, že různé metody ošetření osiva máku setého pozitivně ovlivní strukturu porostu a výnos semen máku setého.

**Hypotéza potvrzena:** Opět byly u většiny variant zaznamenány vyšší hodnoty oproti neošetřené kontrolní variantě. U výnosu jsme pozorovali statisticky průkazné rozdíly. Statisticky významné rozdíly byly také u počtu rostlin/m<sup>2</sup>.

## 8 Literatura

- Aladjadiyan A. 2012. Physical factors for plant growth stimulation improve food quality. Pages 145-168 in Aladjadiyan A, editor. IntechOpen, London.
- Alexander J. et al. 2011. Scientific Opinion on the risks for public health related to the presence of opium alkaloids in poppy seeds. European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy. **9**: 541-547.
- Araújo SDS, Paparella S, Dondi D, Bentivoglio A, Carbonera D, Balestrazzi A. 2016. Physical methods for seed invigoration: Advantages and challenges in seed technology. *Frontiers in Plant Science* **7**:(e00646) DOI: 10.3389/fpls.2016.00646.
- Arnold JA, Beasley JP, Harris GH, Grey TL, Cabrera M. 2017. Effect of gypsum application rate, soil type, and soil calcium on yield, grade and seed quality of runner type peanut cultivars. *Peanut Science* **44**:13-18.
- Asaad T. 2015. Sleep in ancient Egypt. Pages 13-19 in Chokroverty S, Billiard M, editors. *Sleep Medicine: A Comprehensive Guide to Its Development, Clinical Milestones, and Advances in Treatment*. Springer, New York.
- Bajpai VK, Kang S, Xu H, Lee SG, Baek KH, Kang SC. 2011. Potential roles of essential oils on controlling plant pathogenic bacteria *Xanthomonas* species: a review. *The Plant Pathology Journal* **27**:207-224.
- Baraka A. 1982. Historical aspects of opium. *Middle East journal of anaesthesiology* **6**:289-302.
- Baranyk P. 2010. *Olejníny*. Profí Press, Praha.
- Bechyně M, Kadlec T, Vašák J. 2001. *Mák*. Agrospoj, Praha.
- Bečka D, Cihlár P, Vlažný P, Pazderů K, Vašák, J. 2014. Poppy root weevils (*Stenocarus ruficornis*, Stephens 1831) control in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Plant, Soil and Environment* **60**:470–474.
- Bělonožníková K, Hýsková V, Chmelík J, Kavan D, Čerovská N, Ryšlavá H. 2022. *Pythium oligandrum* in plant protection and growth promotion: Secretion of hydrolytic enzymes, elicitors and tryptamine as auxin precursor. *Microbiological Research*, **258**:(e126976) DOI: 10.1016/j.micres.2022.126976.
- Benhamou N, Le Floch G, Vallance J, Gerbore J, Grizard D, Rey P. 2012. *Pythium oligandrum*: an example of opportunistic success. *Microbiology*, **158**:2679-2694.



- Bernáth J, Németh É, Petheő F. 2003. Alkaloid accumulation in capsules of the selfed and cross-pollinated poppy. *Plant Breeding* **122**:263-267.
- Bhatla SC, Lal MA. 2023. Auxins. Pages 399-420 in Bhatla SC, Lal MA, editors. *Plant physiology, development and metabolism*. Springer, Singapore.
- Bhattacharji R, Kamminga, JE. 2010. Poppy for Medicine: An Essential Part of a Balanced Economic Development Solution for Afghanistan's Illegal Opium Economy. *Journal of Drug Policy Analysis*, **3**:5-18.
- Bloem E, Haneklaus S, Schnug E. 2005. Significance of sulfur compounds in the protection of plants against pests and diseases. *Journal of Plant Nutrition* **28**:763-784.
- Boček S, Salaš P, Sasková H, Mokričková J. 2012. Effect of Alginure® (seaweed extract), Myco-Sin® VIN (sulfuric clay) and Polyversum®(Pythium oligandrum Drechs.) on yield and disease control in organic strawberries. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, **60**:19-28.
- Bozan B, Temelli F. 2003. Extraction of poppy seed oil using supercritical CO<sub>2</sub>. *Journal of Food Science* **68**:422-426.
- Bozan B, Temelli F. 2008. Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. *Bioresource technology* **99**:6354-6359.
- Brady LR, Tyler VE. 1959. The biosynthesis of clavine alkaloids. *Planta Medica*, **7**:225-233.
- Brant V, Šmöger J, Slabý J, Kroulík M, Zábanský P, Ryčl D, Škeříková M, Hofbauer M. 2019. Mák s podsevem jarního ječmene. *Úroda: časopis pro rostlinnou produkci* **67**:41-48.
- Brown RH. 2002. The opium trade and opium policies In India, China, Britain, and the United States: historical comparisons and theoretical interpretations. *Asian Journal of Social Science* **30**:623-656.
- Burketova L, Trda L, Ott PG, Valentova O. 2015. Bio-based resistance inducers for sustainable plant protection against pathogens. *Biotechnology Advances*, **33**:994-1004.
- Cadena MB, Preston GM, Van der Hoorn RAL, Flanagan NA, Townley HE, Thompson IP. 2018. Enhancing cinnamon essential oil activity by nanoparticle encapsulation to control seed pathogens. *Industrial Crops and Products*, **124**:755-764.
- Calderón R, Montes-Borrego M, Landa BB, Navas-Cortés JA, Zarco-Tejada PJ. 2014. Detection of downy mildew of opium poppy using high-resolution multi-spectral and thermal imagery acquired with an unmanned aerial vehicle. *Precision Agriculture* **15**:639–661.

- Canadas EM, Ballesteros M, Valle F, Lorite J. 2014. Does gypsum influence seed germination?. *Turkish Journal of Botany* **38**:141-147.
- Canellas LP, Olivares FL. 2014. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* **1**:1-11.
- 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.
- Chaitanya AK, Pal B, Pati S, Badole S. 2014. Role of boron in crop production and its management. *Popular Kheti* **2**:38-41.
- Chaverri P, Samuels GJ. 2013. Evolution of habitat preference and nutrition mode in a cosmopolitan fungal genus with evidence of interkingdom host jumps and major shifts in ecology. *Evolution* **67**:2823-2837.
- Christrup LL. 1997. Morphine metabolites. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, **41**:116-122.
- Christenhusz MJM, Fay MF, Chase MW. 2017. *Plants of the world: an illustrated encyclopedia of vascular plants*. University of Chicago Press, Chicago.
- Chitty JA, Allen RS, Fist AJ, Larkin PJ. 2003. Genetic transformation in commercial Tasmanian cultivars of opium poppy, *Papaver somniferum*, and movement of transgenic pollen in the field. *Functional Plant Biology* **30**:1045-1058.
- Cirujeda A, Recasens J, Torra J, Taberner A. 2008. A germination study of herbicide-resistant field poppies in Spain. *Agronomy for Sustainable Development* **28**:207-220.
- Clair SB, Lynch JP. 2010. The opening of Pandora's Box: climate change impacts on soil fertility and crop nutrition in developing countries. *Plant and Soil*, **335**:101-115.
- Clarke DB. 2010. Glucosinolates, structures and analysis in food. *Analytical methods* **2**:310-325.
- Combs GF, McClung JP. 2016. *The vitamins: fundamental aspects in nutrition and health*. Academic press, Cambridge.
- Cui H, Fan Y, Yang J, Xu L, Zhou J, Zhu Z. 2016. *In situ* phytoextraction of copper and cadmium and its biological impacts in acidic soil. *Chemosphere* **161**:233-241.
- Dąbrowski G, Czaplicki S, Konopka I. 2020. Composition and quality of poppy (*Papaver somniferum* L.) seed oil depending on the extraction method. *LWT*, **134**: 10-726.

- De Micco V, Paradiso R, Aronne G, De Pascale S, Quarto M, Arena C. 2014. Leaf anatomy and photochemical behaviour of *Solanum lycopersicum* L. plants from seeds irradiated with low-LET ionising radiation. *The Scientific World Journal* **2014**:1-14.
- 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**:236-239.
- Droby S, Wisniewski M, Macarasin D, Wilson C. 2009. Twenty years of postharvest biocontrol research: is it time for a new paradigm? *Postharvest Biology and Technology* **52**:137–145.
- Duarte DF. 2005. Opium and opioids: a brief history. *Revista brasileira de anestesiologia*, **55**:135-146.
- Eilenberg J, Hajek A, Lomer C. 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl* **46**:387–400.
- Erinç H, Tekin A, Özcan MM. 2009. Determination of fatty acid, tocopherol and phytosterol contents of the oils of various poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds. *Grasas y Aceites*, **60**:375-381.
- Fábry A. 1992. Olejniny. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha.
- Facchini PJ, Hagel JM, Liscombe DK, Loukanina N, MacLeod BP, Samanani N, Zulak KG. 2005. Opium poppy: blueprint for an alkaloid factory. *Phytochemistry Reviews* **6**:97–124.
- Fejér J, Nastišin L, Majdanová J. 2021. Results of oilseed poppy breeding and production potential of new varieties. *Biology and Life Sciences Forum*. **3**:14.
- Ferro N, Gallegos A, Bultinck P, Jacobsen H. J, Carbó-Dorca R, Reinard T. 2006. Coulomb and overlap self-similarities: a comparative selectivity analysis of structure-function relationships for auxin-like molecules. *Journal of Chemical Information and Modeling* **46**: 1751-1762.
- Gamlath M, Abeywickrama K, Wickramarachchi S. 2010. Root growth promotion of *Ficus* species during air-layering. *Ceylon Journal of Science (Biological Sciences)* **39**:45-51.
- 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.

- Ghafoor K, Özcan MM, Fahad AJ, Babiker EE, Fadimu GJ. 2019. Changes in quality, bioactive compounds, fatty acids, tocopherols, and phenolic composition in oven-and microwave-roasted poppy seeds and oil. *LWT* **99**:490-496.
- Godlewska A, Ciepiela GA. 2020. Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) fiber fraction content and dry matter digestibility following biostimulant application against the background of varied nitrogen regime. *Agronomy* **11**:1-12.
- Gupta UC. 2016. Boron. Pages 257-294 in Barker AV, Pilbeam DJ, editors. Handbook of plant nutrition. CRC press, Boca Raton.
- Hariri M, Ghiasvand R. 2016. Cinnamon and chronic diseases. Pages 1-24 in Gupta SC, Prasad S, Aggarwal BB, editors. Drug Discovery from Mother Nature. Springer, Cham.
- Havel J, Cihlák P, Kolařík P, Poslušná J. 2015. Ošetření máku listovými hnojivy a stimulatory. Pages 127-129 in Bečka D, Švachula V, Vach M, editors. Prosperující olejniný. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- He S, He Z, Yang X, Stoffella PJ, Baligar VC. 2015. Soil biogeochemistry, plant physiology, and phytoremediation of cadmium-contaminated soils. *Advances in agronomy* **134**:135-225.
- Holalu, SV, Reddy SK, Finlayson SA. 2021. Low red light: Far red light inhibits branching by promoting auxin signaling. *Journal of Plant Growth Regulation* **40**:2028-2036.
- Herrero J, Porta J. 2000. The terminology and the concepts of gypsum-rich soils. *Geoderma* **96**:47-61.
- Hermosa R, Viterbo A, Chet I, Monte E. 2012. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. *Microbiology* **158**:17-25.
- Hoyos-Carvajal L, Orduz S, Bissett J. 2009. Genetic and metabolic biodiversity of *Trichoderma* from Colombia and adjacent neotropic regions. *Fungal Genetics and Biology* **46**:615-631.
- Honsová H, Cihlák P. 2018. Klíčivost a vitalita osiva máku ve vztahu k produktivitě porostu v roce 2018. Pages 66-68 in Švachula V, Honsová H, editors. Prosperující plodiny. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Jaslovské Bohunice.
- Horák A. 2004. Nová dimenze moření osiva řepky – Cruiser OSR. Page 156 in Kováčik A, Vrkoč F, editors. Řepka a Mák. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

- Hradecká D, Mach J. 2007. Stimulační a adaptogenní účinky přípravků Trisol v máku měření působení přípravků na rostliny metodou RFI. Sborník z konference „Prosperující olejniny“. 135-139.
- Hussain M, Farooq S, Merfield C, Jabran K. 2018. Mechanical weed control. Pages 133-155 in Jabran K, Chauhan BS, editors. Non-chemical weed control. Academic Press, Cambridge.
- Husain SZ, Sharma RP. 1983. The opium poppy: *Papaver somniferum* L. - Botany, origin, and related alkaloids. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, **1**:37-77.
- Islam SMM, Masum MMI, Fakir MGA. 2009. Prevalence of seed-borne fungi in sorghum of different locations of Bangladesh. *Scientific Research and Essay* **4**:175-179.
- Jagadala K, Bhol R, Sahoo JP. 2020. Effect of boron on growth and yield parameters of sunflower in acid soil. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* **9**:215–218.
- Jefferies H, Coster J, Khalil A, Bot J, McCauley RD, Hall JC. 2003. Glutathione. *ANZ Journal of Surgery* **73**:517-522.
- Kabourková K. 2018. Produkce olejin v České republice. Charakteristika účtování olejin v podniku zemědělské prvovýroby. *Auspicia* **4**:65-73.
- Kapoor, L. 2020. *Opium poppy: botany, chemistry, and pharmacology*. CRC Press, Boca Raton.
- Kamkar B, Ahmadi M, Soltani A, Zeinali E. 2008. Evaluating non-linear regression models to describe response of wheat emergence rate to temperature. *Seed Science and Biotechnology* **2**:53-57.
- Kara N. 2017. The effects of autumn and spring sowing on yield, oil and morphine contents in the Turkish poppy (*Papaver somniferum* L.) cultivars. *Turkish Journal of Field Crops* **22**:39-46.
- Kauppila GR, Eagen KV. 2023. Opioid use disorder from poppy seed tea use: a case report. *American Journal of Case Reports*. **24**:(e938675) DOI: 10.12659/ajcr.938675.
- Khil'Ko SL, Efimova IV, Smirnova OV. 2011. Antioxidant properties of humic acids from brown coal. *Solid Fuel Chemistry* **45**:367-371.
- Klockgether-Radke AP. 2002. F. W. Sertürner und die Entdeckung des Morphins. *AINS* **37**:244-249.
- Knutsen HK et al. 2018. Update of the Scientific Opinion on opium alkaloids in poppy seeds. *EFSA Journal*, **16**:(e05243) DOI: 10.2903/j.efsa.2018.5243.

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

Krist S, Stuebiger G, Bail S, Unterweger H. 2006. Detection of adulteration of poppy seed oil with sunflower oil based on volatiles and triacylglycerol composition. Journal of Agricultural and Food Chemistry **54**:6385-6389.

Kuchtová P, Dvořák P, Hájková M, Plachká E, Kazda J, Tomášek J. 2011. Vliv ošetření osiva na složky výnosu u ekologicky pěstovaného máku (*Papaver somniferum* L.). Pages 94-98 in Švachula V, Vach M, Bečka D, Šimka J, editors. Prosperující olejniný. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Kuchtová P, Hájková M, Havel J, Kazda J, Plachká E, Dvořák P. 2013. Pěstitelská technologie máku pro ekologické zemědělství. ČZU v Praze, Katedra rostlinné výroby FAPPZ.

Kuchtová P, Dvořák P. 2013. Vliv ošetření osiva na výnos ekologického máku. Pages 52-57 in Švachula V, Dvořák P, editors. Sborník ze semináře „Výzkum a zkušenosti s pěstováním rostlin v ekologickém zemědělství“. ČZU v Praze, Praha.

Labanca F, Ovesna J, Milella L. 2018. *Papaver somniferum* L. taxonomy, uses and new insight in poppy alkaloid pathways. Phytochemistry reviews **17**:853-871.

Lal RK. 2022. The opium poppy (*Papaver somniferum* L.): Historical perspectives recapitulate and induced mutation towards latex less, low alkaloids in capsule husk mutant: A review. Journal of Medicinal Plants Studies **10**:19-29.

Landa BB, Montes-Borrego M, Muñoz-Ledesma FJ, Alcaliber SA, Jiménez-Díaz RM. 2005. First report of downy mildew of opium poppy caused by *Peronospora arborescens* in Spain. Plant Disease **89**:338.

Landa BB, Montes-Borrego M, Muñoz-Ledesma FJ, Jiménez-Díaz RM. 2007. Phylogenetic analysis of downy mildew pathogens of opium poppy and PCR-based in-plant and seed detection of *Peronospora arborescens*. Phytopathology **97**:1380-1390.

Lampi AM, Kamal-Eldin A, Piironen V. 2002. Tocopherols and tocotrienols from oil and cereal grains. Functional Foods: Biochemical and Processing aspects **2**:1-38.

Le Floch G, Rey P, Benizri E, Benhamou N, Tirilly Y. 2003. 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.

- Li L, Li J, Shen M, Hou J, Shao H, Dong Y, Jiang J. 2016. Improving seed germination and peanut yields by cold plasma treatment. *Plasma Science and Technology* **18**:1027-1033.
- Liang Y, Wu Y, Sun K, Chen Q, Shen F, Zhang J, Fang J. 2012. Rapid inactivation of biological species in the air using atmospheric pressure nonthermal plasma. *Environmental science & technology* **46**:3360-3368.
- Liao LH, Wu WY, Berenbaum MR. 2017. Impacts of dietary phytochemicals in the presence and absence of pesticides on longevity of honey bees (*Apis Mellifera*). *Insects* **8**:1-13.
- Lohr V. 2023. Mák v roce 2022 a výhled na další období. *Makový občasník* **22**:3-10.
- Lötsch J, Geisslinger G. 2001. Morphine-6-glucuronide: an analgesic of the future? *Clinical Pharmacokinetics* **40**:485-499.
- MacCarthy P. 2001. The principles of humic substances. *Soil Science* **166**:738-751.
- Mills J, Barton P. 2007. *Drugs and Empires: Essays in Modern Imperialism and Intoxication*. Palgrave Macmillan London, London.
- Mishra K. B, Rastogi A, Siddiqui A, Srivastava M, Verma N, Pandey R, Sharma C. N, Shukla S. 2012. Opium Poppy: Genetic Upgradation Through Intervention of Plant Breeding Techniques. Pages 209-238 in Andersen SB, editor. *Plant Breeding from Laboratories to Fields* IntechOpen, London.
- Moyin-Jesu EI. 2010. Comparative evaluation of modified neem leaf, wood ash and neem leaf extracts for seed treatment and pest control in maize (*Zea mays* L.). *Emirates Journal of Food and Agriculture* **22**:37-45.
- Moyad MA. 2005. An introduction to dietary/supplemental omega-3 fatty acids for general health and prevention: part II. *Urologic Oncology: Seminars and Original Investigations* **23**:36-48.
- Montes-Borrego M, Munoz-Ledesma FJ, Jiménez-Díaz RM, Landa BB. 2009. A nested-PCR protocol for detection and population biology studies of *Peronospora arborescens*, the downy mildew pathogen of opium poppy, using herbarium specimens and asymptomatic, fresh plant tissues. *Phytopathology* **99**:73-81.
- Muhammad A, Akhtar A, Aslam S, Khan R. S, 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**:522-547.

- Munkvold GP, Watrin C, Scheller M, Zeun R, Olaya G. 2014. Benefits of chemical seed treatments on crop yield and quality. Pages 89-113 in Gulino ML, Munkvold G, editors. *Global Perspectives on the Health of Seeds and Plant Propagation Material*. Springer, Dordrecht.
- Nauen R, Jeschke P, Velten R, Beck ME, Ebbinghaus-Kintscher U, Thielert W, Wölfel K, Haas M, Kunz K, Raupach G. 2015. Flupyradifurone: a brief profile of a new butenolide insecticide. *Pest Management Science* **71**:850-862.
- Németh E. 1998. Cultivation of poppy in the temperate zone. Pages 270-288 in Bernáth J, editor. *Poppy: The Genus *Papaver**. CRC Press, Boca Raton.
- Németh-Zámbori É, Jászberényi C, Rajhárt P, Bernáth J. 2011. Evaluation of alkaloid profiles in hybrid generations of different poppy (*Papaver somniferum* L.) genotypes. *Industrial Crops and Products*, **33**:690-696.
- Pšenička P, Hosnedl V. 2007. Nechemické ošetření osiva jarního máku jako možnost ochrany v alternativním zemědělství. Sborník z konference „Ekologické zemědělství 2007“. **6**:166-168.
- Pšenička P, Cihlář P, Hosnedl V, Vašák J, Doležalová J. 2009. Biologické a morfologické vlastnosti jarního máku odrůdy Major. Sborník z konference „Prosperující olejniný“, 98-103
- Qayyum MF, ur Rehman MZ, Ali S, Rizwan M, Naeem A, Maqsood MA, Khalid H, Rinklebe J, Ok YS. 2017. Residual effects of monoammonium phosphate, gypsum and elemental sulfur on cadmium phytoavailability and translocation from soil to wheat in an effluent irrigated field. *Chemosphere* **174**:515-23.
- Özcan MM, Atalay Ç. 2006. Determination of seed and oil properties of some poppy (*Papaver somniferum* L.) varieties. *Grasas y aceites* **57**:169-174.
- Papas AM. 2019. *Antioxidant status, diet, nutrition, and health*. CRC press, Boca Raton.
- Pignitter M, Somoza V. 2012. Critical evaluation of methods for the measurement of oxidative rancidity in vegetable oils. *Journal of Food and Drug Analysis* **20**:772-777.
- Pinke G, Pál R. W, Tóth K, Karácsony P, Czúcz B, Botta-Dukát Z. 2011. Weed vegetation of poppy (*Papaver somniferum*) fields in Hungary: effects of management and environmental factors on species composition. *Weed Research* **51**:621-630.
- Rahimi A, Arslan N, Rezaeieh KAP, Gurbuz B. 2015. Variation in fatty acid composition of four Turkish registered poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds in two locations (Ankara and Boldavin) of Turkey. *European Online Journal of Natural and Social Sciences* **4**:183-190.



- Rademacher W. 2000. Growth Retardants: Effect on gibberelin biosynthesis and other metabolit pathways. *Annual Review of Plant Biology* **51**:501-531.
- Ran J, Wang D, Wang C, Zhang G, Zhang H. 2016. Heavy metal contents, distribution, and prediction in a regional soil–wheat system. *Science of the Total Environment* **544**:422-431.
- Richards JF. 2002. Opium and the British Indian Empire: The Royal Commission of 1895. *Modern Asian Studies* **36**:375-420.
- Rizwan M, Ali S, Abbas T, Zia-ur-Rehman M, Hannan F, Keller C, Ok YS. 2016. Cadmium minimization in wheat: a critical review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* **130**:43-53.
- Rizwan M, Meunier JD, Davidian JC, Pokrovsky OS, Bovet N, Keller C. 2016. Silicon alleviates Cd stress of wheat seedlings (*Triticum turgidum* L. cv. Claudio) grown in hydroponics. *Environmental Science and Pollution Research* **23**:1414-1427.
- Roubal T. (2003). Regulace tvorby výnosu a poléhání jarního máku. Sborník „Řepka, Mák, Hořčice“. Česká zemědělská společnost na ČZU v Praze. 142-149.
- Rück A, Palme K, Venis MA, Napier RM, Felle HH. 1993. Patch-clamp analysis establishes a role for an auxin protein in the auxin stimulation of plasma membrane current in *Zea mays* protoplasts. *The Plant Journal* **4**:41-6.
- Rueda-Ayala V, Rasmussen J, Gerhards R. 2010. Mechanical weed control. Pages 279-294 in Oerke EC, Gerhards R, Menz G, Sikora RA, editors. *Precision crop protection-the challenge and use of heterogeneity*. Springer, Dordrecht.
- Russo RO, Berlyn GP. 1991. The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture* **1**:19–42.
- Ryan E, Galvin K, O'Connor TP, Maguire AR, O'Brien NM. 2007. Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes. *Plant Foods for Human Nutrition* **62**:85-91.
- Satorre EH, Maddonni GA. 2018. Spatial crop structure in agricultural systems. Pages 1-17 in Meyers RA, editor. *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*. Springer, New York.
- Satranský M. 2023. Alternativní možnosti ošetření osiva a ochrany rostlin v rámci pěstíelské technologie máku setého [Diss. Thesis]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Scavo A, Mauromicale G. 2020. Integrated weed management in herbaceous field crops. *Agronomy* **10**:1-26.

- Schiff PL. 2002. Opium and its alkaloids. *American Journal of Pharmaceutical Education* **66**:188-196.
- Schulz H, Baranska M, Quilitzsch R, Schütze W. 2004. Determination of alkaloids in capsules, milk and ethanolic extracts of poppy (*Papaver somniferum* L.) by ATR-FT-IR and FT-Raman spectroscopy. *Analyst* **129**:917-920.
- Scott JB, Hay FS, Wilson CR, Cotterill PJ, Fist AJ. 2003. Spatiotemporal analysis of epiphytotics of downy mildew of oilseed poppy in Tasmania, Australia. *Phytopathology* **93**:752-757.
- Seithi KL, Sapra RL, Gupta R, Dhindsa KS, Sangwan NK. 1990. Performance of poppy cultivars in relation to seed, oil and latex yields under different environments. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **52**:309-313.
- Shafii B, Price WJ. 2001. Estimation of cardinal temperatures in germination data analysis. *Journal of agricultural, biological, and environmental statistics* **6**:356-366.
- Sharma A, Shukla A, Attri K, Kumar M, Kumar P, Suttee A, Singla N. 2020. Global trends in pesticides: A looming threat and viable alternatives. *Ecotoxicology and Environmental Safety* **201**:(e110812) DOI: 10.1016/j.ecoenv.2020.110812.
- Sharma JR, Lal RK, Misra HO, Naqvi AA, Patra DD. 1999. Opiumless and alkaloid-free non-narcotic opium poppy (*Papaver somniferum*) variety "Sujata". *United States Patent* **6**:730-838.
- Sharma JR, Lal RK, Gupta MM, Verma RK, Misra HO. 2002. A superior gum variety Sampada of opium poppy (*Papaver somniferum*). *Journal of Medicinal Aromatic Plant Sciences* **24**:478-480.
- Sharma JR, Singh OP. 1983. Genetics and genetic improvement. In: *The Opium poppy*. Pages 39-68 in Husain A, Sharma JR, editors. *Medicinal and Aromatic Plant Series 1*. CIMAP, Lucknow.
- Shetge S. A, Redan B. W. 2023. Assessment of Dry Heating, Water Rinsing, and Baking on Concentrations of the Opium Alkaloid Noscapine in Poppy Seeds. *ACS Food Science & Technology* **2**:541-548.
- Siddique R. 2012. Utilization of wood ash in concrete manufacturing. *Resources, conservation and Recycling* **67**:27-33.
- Singh M, Chaturvedi N, Shashany AK, Shukla AK. 2014. Impact of Promising Genotypes of *Papaver somniferum* L. Developed for Beneficial Uses. *International Symposium on Papaver* **1036**:29-41.

- Skalický M, Hejnak V, Novak J, Hejtmankova A, Stranska I. 2014. Evaluation of selected poppy (*Papaver somniferum* L.) cultivars: industrial aspect. Turkish Journal of Field Crops **19**:189-196.
- Snyder B. 2014. Revisiting old friends: update on opioid pharmacology. Australian Prescriber **37**:56-60.
- Sood M, Kapoor D, Kumar V, Sheteiwy MS, Ramakrishnan M, Landi M, Araniti F, Sharma A. 2020. *Trichoderma*: The “secrets” of a multitaled biocontrol agent. Plants **9**:1-25.
- Sosnowski J, Truba M, Vasileva V. 2023. The impact of auxin and cytokinin on the growth and development of selected crops. Agriculture, **13**:1-14
- Sparks TC. 2013. Insecticide discovery: an evaluation and analysis. Pesticide biochemistry and physiology **107**:8-17.
- Spitzer T, Klemová Z. 2012. Regulace výšky porostu máku aplikací morforegulátorů. Obilnářské listy **20**:27-29.
- Sposito G, Weber JH. 1986. Sorption of trace metals by humic materials in soils and natural waters. Critical Reviews in Environmental Science and Technology **16**:193-229.
- Sun ZB, Li SD, Ren Q, Xu JL, Lu X, Sun MH. 2020. Biology and applications of *Clonostachys rosea*. Journal of Applied Mikrobiology **129**:486-495.
- Suryanti V, Wibowo FR, Isnaeni SR, Sari MRK, Handayani S. 2016. Addition reaction of methyl cinnamate with 2-amino-4-nitrophenol. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, **107**:1-6.
- Stevenson F. J. 1994. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. John Wiley & Sons, Canada.
- Symanowicz B, Becher M, Jaremko D, Skwarek K. 2018. Possibilities for the use of wood ashes in agriculture. Journal of Ecological Engineering, **19**:191-196.
- Szczepanek M, Wilczewski E, Poberezny J, Wszelaczynska E, Keutgen A, Ochmian I. 2015. Effect of biostimulants and storage on the content of macroelements in storage roots of carrot. Journal of Elementology **20**:1021-1031.
- Šerá B, Gajdová I, Šerý M, Špatenka P. 2013. New physicochemical treatment method of poppy seeds for agriculture and food industries. Plasma Science and Technology **15**:935-938.

- Tang X, Tian Q. 2022. Sources and applications of biostimulants. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science **1035**:(e012007) DOI: 10.1088/1755-1315/1035/1/012007.
- Tittonell, P. 2014. Ecological intensification of agriculture—sustainable by nature. Current Opinion in Environmental Sustainability **8**:53-61.
- Thambugala KM, Daranagama DA, Phillips AJ, Kannangara SD, Promputtha I. 2020. Fungi vs. fungi in biocontrol: An overview of fungal antagonists applied against fungal plant pathogens. Frontiers in cellular and infection microbiology **10**:(e604923) DOI: 10.3389/fcimb.2020.604923.
- Thompson H, Coulson M, Ruddle N, Wilkins S, Harrington P, Harkin S. 2016. Monitoring the effects of thiamethoxam applied as a seed treatment to winter oilseed rape on the development of bumblebee (*Bombus terrestris*) colonies. Pest Management Science **72**:1737-1742.
- Torra J, Recasens J. 2008. Demography of corn poppy (*Papaver rhoeas*) in relation to emergence time and crop competition. Weed Science **56**:826-833.
- Ungar IA. 1978. Halophyte seed germination. The Botanical Review **44**:233-264.
- Vach M, Javůrek M. 2011. Efektivní technologie obdělávání půdy a zakládání porostů polních plodin. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Valíček, P. 2000. Rostlinné omamné drogy. Start, Benešov.
- Van den Brink PJ, Van Smeden JM, Bekele RS, Dierick W, De Gelder DM, Noteboom M, Roessink I. 2016. Acute and Chronic Toxicity of Neonicotinoids to Nymphs of a Mayfly Species and Some Notes on Seasonal Differences. Environmental Toxicology and Chemistry **35**:128-133.
- Van Wees SC, Van der Ent S, Pieterse CM. 2008. Plant immune responses triggered by beneficial microbes. Current Opinion in Plant Biology **11**:443-448.
- Vašák J. 2010. Mák. Powerprint, Praha.
- Veith M, Kirs T, Huch V. 2013. N-Methyl-Piperidine Stabilised Halogen Alanes. Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie **639**:312-318.
- Vermeire A, Remon JP. 1999. Stability and compatibility of morphine. International Journal of Pharmaceutics **187**:17-51.

Von Wandruszka R, Ragle C, Engebretson R. 1997. The role of selected cations in the formation of pseudomicelles in aqueous humic acid. *Talanta* **44**:805-809.

Vrbovský V, Plachká E, Havel J, Rychlá A, Kořínek J, Seidenglanz M. 2023. Mák jako ozimá plodina – výhody, rizika a jak na to. *Úroda: časopis pro rostlinou produkci* **71**:54–56.

Wang YH, Avula B, Nanayakkara ND, Zhao J, Khan IA. 2013. Cassia cinnamon as a source of coumarin in cinnamon-flavored food and food supplements in the United States. *Journal of agricultural and food chemistry* **61**:4470-4476.

Wang J, El-Sayed ME, Abdelhafeez IA. 2021. The influence of groundwater desalination by modified active carbon/Bentonite on Its application in agriculture. *Sustainability*, **13**:1-11.

Wijekoon CP, Facchini PJ. 2012. Systematic knockdown of morphine pathway enzymes in opium poppy using virus-induced gene silencing. *The Plant Journal* **69**:1052-1063.

Wójtowicz M, Wójtowicz A. 2009. Effectiveness of chemical protection against weeds applied to poppy (*Papaver somniferum* L.). *Journal of Plant Protection Research* **49**:209-215.

Woodcock BA et al. 2018. Neonicotinoid residues in UK honey despite European Union moratorium. *PLoS ONE* **13**:(e0189681) DOI: doi.org/10.1371/journal.pone.0189681.

Yomgirovna, RG. 2023. Agrobiological properties of bentonite in agriculture. *Gospodarka i Innowacje* **40**:179-183.

Zaka R, Chenal C, Misset M. 2002. Study of external low irradiation dose effects on induction of chromosome aberrations in *Pisum sativum* root tip meristem. *Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* **517**:87–99.

Zandonadi DB, Canellas LP, Façanha AR. 2007. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H<sup>+</sup> pumps activation. *Planta* **225**:1583-1595.

## 9 Použité internetové zdroje

Bezděk P. 2024. TE Osivo pro rychlý start a vitalitu. Trisol farm. Available from [https://www.trisol.farm/pripravky\\_profi/osivo.php](https://www.trisol.farm/pripravky_profi/osivo.php) (Accessed March 2024).

Elita. 2024. Osiva. ELITA semenářská, Brno. Available from <https://elita.cz/kontakty> (accessed March 2024)

Envisseed. 2024. Envisseed. Envi Produkt, Praha. Available from <https://www.enviprodukt.cz/agro/produkty/envisseed> (accessed March 2024).

FAO. 2024. FAOSTAT: Production – Crops and livestock products. FAO, Rome. Available from <https://www.fao.org/faostat/en/#compare> (accessed March 2024).

Satranský M, Cihlář P. 2021. Pěstitelská technologie máku od vzejití ke sklizni. Agromanuál. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/pestitelska-technologie-maku-od-vzejiti-ke-sklizni> (accessed November 2023).

Satranský M. 2020. Ošetření osiv jarního máku. Agromanuál. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/osetreni-osiva-jarniho-maku> (accessed January 2024).

Satranský M. 2023. Zakládání porostů máku setého a vybrané výsledky z pokusů. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zakladani-porostu-maku-seteho-a-vybrane-vysledky-z-pokusu> (accessed February 2024).

Satranský M, Cihlář P. 2021. Zakládání porostů jarního máku. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zakladani-porostu-jarniho-maku> (accessed February 2024).

ÚKZÚZ. 2024. Buteo Start. ÚKZÚZ, Brno. Available from [https://eagri.cz/public/app/srs\\_pub/fytoportal/public-por/?key=%22p:Buteo%20Start%22#rlp%7Cprip%7Curedni%7Cdetail:Buteo%20Start](https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public-por/?key=%22p:Buteo%20Start%22#rlp%7Cprip%7Curedni%7Cdetail:Buteo%20Start) (accessed March 2024).



