

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Dynamika růstu meziplodin a možnosti jejich regulace
přírodními látkami**

Diplomová práce

Bc. Ilie Rudenco

Rozvoj venkovského prostoru

Ing. Pavel Procházka, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Dynamika růstu meziplodin a možnosti jejich regulace přírodními látkami" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.04.2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Pavlovi Procházkovi, Ph.D. za konzultace, trpělivost, vstřícnost a odborné vedení při zpracování práce. Děkuji také všem, kteří se podíleli na uskutečnění pokusů a umožnili tak úspěšné dokončení práce.

Dynamika růstu meziplodin a možnosti jejich regulace přírodními látkami

Souhrn

Meziplodiny a pomocné plodiny se stávají nezbytnou součástí pěstebních systémů díky schopnosti omezit negativní působení zemědělství na životní prostředí. Tyto plodiny mají pozitivní vliv na půdní strukturu, bilanci organické hmoty v půdě, omezují erozi a zabraňují rozšiřování plevelů, škůdců a chorob.

Pro optimální dosažení pěstebního cíle je zapotřebí včasné umrtvení či omezení růstu meziplodin. Jednou z možností této regulace je umrtvení plodin mrazem. Při jarních výsevech nelze s efektem nízkých teplot počítat. Meziplodiny je proto nutné regulovat mechanicky či pomocí chemických látek. Nejčastěji využívané prostředky jsou na bázi glyphosate. Konvenční přípravky jsou stále více regulované a vzniká tlak na omezení jejich používání. Nelze opomenout stále větší schopnost rezistence polních plevelů.

Polní pokus byl proveden v roce 2022 s cílem sledovat dynamiku růstu několika vytipovaných meziplodin běžně používaných v osevních postupech. Na těchto porostech byly aplikovány jednak preemergentní herbicidy a jednak postemergentní herbicidy a tři vybrané přírodní látky. Cílem této práce bylo vyhodnotit možnost regulace vybraných meziplodin pomocí přírodních látek pro jejich pozdější použití v systému pěstování brambor technologií záhonového odkamenění.

Ze získaných výsledků je patrné, že vybrané přírodní látky mají schopnost částečně regulovat pomocné plodiny a jednoznačně oslabí ošetřený porost. Zároveň je nutné konstatovat, že některé meziplodiny po tomto ošetření by mohli dostatečně zregenerovat a následně konkurenčně ohrozit hlavní plodinu. Existuje však velký potenciál ve vývoji nových prostředků s herbicidními účinky formou kombinace různých účinných látek přírodního původu.

Klíčová slova: meziplodiny, přírodní látky, dynamika růstu, regulace

Growth dynamics of intercrops and the possibilities of their regulation with natural substances

Summary

Cover crops and companion crops have become an essential part of cropping systems due to their ability to mitigate the negative impact of agriculture on the environment. These crops have a positive effect on soil structure, organic matter balance in the soil, reduce erosion, and prevent the spread of weeds, pests, and diseases.

To achieve the optimal cropping goal, timely termination or growth limitation of cover crops is necessary. One option for this regulation is the use of frost to kill the plants. However, this method cannot be relied upon during spring planting. Therefore cover crops need to be mechanically or chemically regulated. Glyphosate is one of the most commonly used chemical substances for this purpose. However, conventional herbicides are increasingly regulated, and there is pressure to reduce their usage. Additionally, the ability of field weeds to develop resistance is also increasing.

A field experiment was conducted in 2022 to monitor the growth dynamics of several selected cover crops commonly used in cropping systems. Pre-emergent and post-emergent herbicides and three selected natural substances were applied to these crops. The aim of this study was to evaluate the possibility of regulating selected cover crops using natural substances for their later use in the potato cultivation system through bed-rock removal technology.

The results show that the selected natural substances have the ability to partially regulate companion crops and significantly weaken the treated crop. It is important to note that some cover crops may regenerate sufficiently after treatment and subsequently pose a competitive threat to the main crop. However, there is significant potential in the development of new natural herbicides by combining different effective natural substances.

Keywords: intercrops, natural substances, growth dynamics, regulation

Obsah

1	Úvod	7
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	8
3	Literární rešerše	9
3.1	Meziplodina	9
3.2	Pomocná plodina	10
3.2.1	Vybrané druhy pomocných plodin	11
3.2.1.1	Tritikale jarní	11
3.2.1.2	Oves nahý	11
3.2.1.3	Hrách setý polní	12
3.2.1.4	Peluška jarní	12
3.2.1.5	Hořčice bílá	13
3.2.1.6	Bob obecný	13
3.2.1.7	Svazenka vratičolistá	13
3.2.1.8	Jetel inkarnát	14
3.3	Osevní postupy s využitím pomocných plodin	14
3.3.1	Setí do živého mulče	14
3.3.2	Pásové výsevy pomocných plodin	15
3.3.3	Souběžné pěstování pomocné a hlavní plodiny	16
3.4	Pomocné plodiny na okopaninách	16
3.5	Možnosti regulace pomocných plodin	17
3.5.1	Regulace pomocí přírodních látek	18
3.5.2	Tymiánová silice	19
3.5.3	Ocet	20
3.5.4	Tea tree oil (TTO)	20
4	Metodika	22
5	Výsledky	26
5.1	2. Odběr	26
5.2	3.Odběr	27
5.3	4.Odběr	28
5.4	Dynamika růstu sledovaných plodin	34
6	Diskuze	40
7	Závěr	42
8	Literatura	43

1 Úvod

Systémy využívající pomocné plodiny představují jednu z možností biotické intenzifikace v rostlinné výrobě. Díky využití biologických principů umožňují eliminovat potenciální negativní dopady zemědělství na životní prostředí a současně udržovat stávající produktivitu pěstitelských systémů (Brant 2019).

Pro správné využití meziplodin je nutné řešit otázku regulace růstu s ohledem na dosažení požadovaného efektu. Důvody pro regulaci růstu a umrtvení porostů mohou být různé, jako například optimalizace produkce biomasy, snížení transpirace, ovlivnění kvality nadzemní a podzemní biomasy a další. U některých jarních a nevymrzajících druhů meziplodin nelze počítat s efektem mrazu jako s prostředkem k regulaci růstu, jak je to u strniskových a pozdních podzimních výsevů. Pro regulaci a umrtvení porostů využíváme různé metody, jako například chemickou regulaci pomocí herbicidů a mechanické zásahy s poškozením nadzemní části rostlin. Je vyvíjen stále větší tlak na zapojení přírodních látek s herbicidním, respektive desikačním účinkem do osevních postupů (Brant 2022).

Lilek brambor (*Solanum tuberosum*) je jedna ze zásadních plodin pěstovaná v různých krajinách a rozdílných ekosystémových podmínkách. Z historického hlediska získali brambory přívlastek „druhý chléb“, kdy byla průměrná denní spotřeba brambor okolo 0,6 kg což by znamenalo roční spotřebu 219 kg na osobu (Černý 2003). Spotřeba roku 2020 se pohybovala okolo 65 kg (ČSÚ 2021). Brambory také patří mezi plodiny s nejvyšší erozí. Hlavními důvody jsou: zpracování půdy, nízká pokryvnost během většiny vegetačního období, zhutnění častým provozem a vytváření odtokových linií. Nakonec na bramborách vzniká ještě sklizňová eroze, což je půdní materiál sklizený společně s brambory (Auerswald et al. 2006).

Na svažitých pozemcích jsou půdoochranné technologie nezbytné k eliminaci odosu půdních částic. Vodní eroze představuje vážný problém pro zemědělské oblasti po celém světě. Půda je cenným zdrojem, který je nutné chránit, aby bylo možné udržet vysokou úroveň zemědělské produkce a minimalizovat negativní dopad na životní prostředí. Agrotechnická protierozní opatření mohou být účinným způsobem, jak zabránit degradaci půdy a snížit náklady spojené s obnovou půdní vrstvy. Jedním z neúčinnějších způsobů, jak chránit půdu před vodní erozí, je udržovat ji pokrytou rostlinnými zbytky. Rostlinná hmota, která zůstává na povrchu půdy po sklizni, pomáhá udržovat půdu na místě a zpomaluje tok vody při deštích. Předplodiny a meziplodiny také mohou být významným zdrojem organické hmoty a živin pro půdu. Mulčování, tedy pokrytí povrchu půdy vrstvou mulče, je dalším účinným způsobem, jak chránit půdu před vodní erozí a zlepšit její strukturu (Badalíková a Bartlová 2011).

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Hypotézy:

- 1) Porosty meziplodin lze regulovat pomocí přírodních látek.
- 2) Nelze prokázat statisticky významný vliv mezi účinností přírodních látek a konvenčních přípravků při regulaci porostů meziplodin.

Cíle práce:

Cílem práce je zpracovat literární rešerši komplexního charakteru na vybrané téma a vyhodnotit možnosti regulace vybraných meziplodin přírodními látkami ve vztahu k dynamice jejich růstu.

3 Literární rešerše

3.1 Meziplodina

Meziplodiny jsou plodiny, které se využívají ke zvýšení vegetačního pokryvu půdy v období, kdy hlavní plodina nemá velké množství biomasy (Brant a Balík 2008). Lithourgidis et al. (2011) definuje meziplodiny jako pěstování dvou nebo více plodin na stejném prostoru ve stejný čas, které má za cíl efektivně sladit požadavky plodin s dostupnými růstovými zdroji a prací. Nejběžnější výhodou meziplodin je produkce vyššího výnosu na daném pozemku tím, že efektivněji využívají dostupné růstové zdroje s použitím směsi plodin s různou schopností zakořenění, strukturou porostu, výšky a požadavky na živiny. Kromě toho meziplodiny zvyšují úrodnost půdy prostřednictvím biologické fixace dusíku, zvyšují ochranu půdy díky většímu pokrytí půdy a poskytují větší odolnost proti poléhání u plodin náchylných k polehání než při pěstování v monokultuře. Navíc umožňují nižší vstupy díky nižším požadavkům na hnojiva a pesticidy, snižují tak dopady zemědělství na životní prostředí. Dostatečné množství organické hmoty v půdě přispívá k retenci půdy (Badalíková a Vašinka 2019).

Meziplodiny se pěstují zejména pro zvýšení produkčních i mimoprodukčních funkcí zemědělství. Mimoprodukční funkce mohou sloužit pro uchování přírodních zdrojů. Navíc vyrovnávají poměr toku energie a hmoty v krajině. Částečně dodávají energii a prvky, které jsou důležité pro zvýšení výnosu hlavní plodiny (Brant a Balík 2008).

Meziplodina je plodina vysévaná mezi sezónami pravidelných výsadeb, aby se využilo dočasné nečinnosti půdy. Zlepšuje kvalitu půdy, eliminuje erozi, snižuje ztráty živin, snižuje infekční tlak chorob a škůdců a zlepšuje ochranu proti plevelům (Brant et al. 2009).

Podle Šarapatky (2010) rozlišujeme 3 základní formy meziplodin:

- meziplodiny ozimé – Nejčastěji se využívají k zajištění rychlé a čerstvé píče v brzkém jarním období.
- meziplodiny letní – Do osevního postupu se přidávají v letním meziobdobí. Vysévají se zejména po brzkém sklizení hlavní plodiny na jaře za účelem sklizně jako zdroj objemného krmiva, ale především pro ochranu půdy a zlepšení půdních vlastností posklizňovými zbytky, nebo celým zaoráním jako zelené hnojení.
- meziplodiny podsevové – Jsou podsévány na jaře do krycí plodiny a sklízí se, spásají, nebo zaorávají na zelené hnojení tentýž rok na podzim. Za podsevové meziplodiny se nejčastěji označují některé trávy a jeteloviny.

Meziplodiny dále přispívají k ochraně půdy před vodní erozí. Včasné zasedí meziplodiny následované po sklizni hlavní plodiny může zvýšit množství biomasy a zabránit nárůstu evaporace (Vach et al. 2005).

Hospodaření za pomoci meziplodin může rovněž negativně ovlivnit některé plodiny, které následují po meziplodině. Nejčastější negativní vlivy jsou spojeny s volbou špatného rostlinného druhu, který nekoresponduje půdními a klimatickými podmínkami v dané oblasti doprovázení technologiemi pěstování (Brant a Balík 2008).

Několik studií již prokázalo účinnost meziplodin ke snížení vyplavování dusičnanů do podzemních vod. Meziplodiny i krycí plodiny je nutné vysévat v létě, kdy je půda po sklizni hlavní plodiny často vyprahlá. Termíny setí musí být pečlivě přizpůsobeny počasí, aby se zabránilo špatnému vzcházení, zejména na suchých stanovištích (Constantin et al. 2015).

3.2 Pomocná plodina

Plodiny, které nemůžeme označit za meziplodiny se nazývají pomocné. Neboť meziplodiny se zařazují v období mezi pěstování dvou hlavních plodin, kdy je půda nevyužitá, zatímco v tomto případě roste více plodin současně. Jedná se o nejefektivnější využití prostoru, ale také se popisuje pozitivní korelace jedné a druhé plodiny (Šimon 1942).

Pomocné plodiny jsou důležitou součástí udržitelných zemědělských systémů. Zvyšují povrchové zbytky biomasy a pomáhají snižovat erozi půdy. Zlepšují strukturu a schopnost půdy zadržovat vodu a tím zvyšují účinnost aplikovaného dusíkatého hnojiva. Některé pomocné plodiny jako jsou jetel inkarnát nebo víkev huňatá fixují vzdušný dusík a zmenšují nároky na dusík následné plodiny. Organické střídání plodin založené na luštěninách poskytuje rozmanitější spektrum plodin ve srovnání s konvenčními formami a poskytuje multifunkční výhody, včetně splnění cílů v oblasti životního prostředí a jeho ochrany (Freyer 2003). Pomocné plodiny mohou také potlačit plevel, poskytnout ochranu proti škodlivému hmyzu a dalším škůdcům (Lu et al. 2000).

Pěstování pomocných plodin v moderní polní produkci je jednou z cest, jak zlepšit biodiverzitu zemědělských ekosystémů. Jejich zavedení do systému střídání plodin zlepšuje hydrologický stav půdy a chrání půdu před vodní a eolickou erozí v závislosti na biologii pomocných plodin a podmínkách stanoviště, jakož i na intenzitě a rozložení srážek během vegetačního období. Pomocné plodiny mají pozitivní vliv na fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy, zvyšují obsah makroživin v půdě, zlepšují strukturu půdy, zvyšují pH a omezují vyplavování živin do hlubších částí půdního profilu. Navíc poskytují značné množství biomasy a posklizňových zbytků, čímž obohacují půdu organickým uhlíkem (Orzech a Zaluski 2020).

Pomocné plodiny pozitivně ovlivňují množství pórů a stabilitu půdních agregátů v různých hloubkách půdního profilu. Umožňují zvýšit stabilní zásoby C a N v půdě pomocí biologické fixace N v případě luskovin. Způsobují změny v rozložení velikosti půdních částic, což vede k vyššímu procentu jemnějších půdních frakcí (Harasim 2020). Intenzifikace krycími plodinami napomáhá ke zvýšené udržitelnosti zemědělských systémů a zmenšuje množství potřebných dusíkatých hnojiv (Restovich et al. 2019).

Vedle zřejmých přínosů, které poskytují pomocné plodiny, se mohou v daném postupu pěstování objevit negativní důsledky. Podle Branta (2008) se jedná o:

- kompetice o vegetační faktory mezi hlavní vegetační faktory mezi hlavní a pomocnou plodinou
- nedostatečný, nebo nadbytečný růst pomocné plodiny, který ovlivní výnos pomocné plodiny
- negativní ovlivnění hlavní plodiny chemickými látkami produkující pomocnou plodinou nebo produkty termolýzy biomasy pomocné plodiny

- nedostatečné vymrznutí pomocné plodiny, nebo neúplné mechanické odstranění
- odolnost vůči herbicidům použitých na hlavní plodinu za účelem regulace plevelů a pomocné plodiny
- přispění k rozvoji chorob a škůdců při souběžném pěstování, nebo u následné plodiny
- míru ohrožení těmito riziky lze ovlivnit vhodným výběrem plodin, správně založeným porostem a agrotechnickými postupy ve vzájemné korelaci se současnými podmínkami prostředí

3.2.1 Vybrané druhy pomocných plodin

3.2.1.1 Triticale jarní

Triticale je umělý druh vyvinutý křížením pšenice a žita. Obsahuje příznivé alely z obou druhů, které umožňují adaptaci na prostředí, které je pro pšenici méně příznivé a poskytuje lepší výnos biomasy a kvalitu píce. Získává si také oblibu jako pomocná plodina pro zlepšení zdraví půdy a snížení vyplavování živin (Ayalew et al. 2018). Pěstuje se převážně jako ozim, ale díky vysokému výnosovému potenciálu se stále více využívají jarní odrůdy. Důležité také je, že těchto dobrých výnosů lze dosáhnout v méně příznivých oblastech jako je bramborářská oblast. Stejně jako ozimé triticales, nemají jarní odrůdy velké nároky na prostředí. Podzimní příprava půdy spočívá v orbě a zapravení fosforečných a draselných hnojiv. Jarní příprava půdy se shoduje s ostatními jarními obilninami, kde je zásadní včasné setí, a poté dodání dusíkatých hnojiv. Výsev se pohybuje v oblasti od 400-500 klíčivých semen v návaznosti na oblast ve které se porost zakládá. Sklizeň je rovněž obdobná jako u ostatních obilnin. Doba sklizně je zde zásadní, neboť při pozdější sklizni hrozí prorůstání semen v klasech, které je častější u jarních odrůd (Petr 2011). Triticale je jedna z nejvhodnějších pomocných plodin pro pěstování silážní kukuřice, protože má potenciál snížit erozi půdy, zachytit zbytkový dusík, zvýšit roční výnosy píce a poskytnout kvalitní píci (Ketterings et al. 2015).

3.2.1.2 Oves nahý

Oves nahý je jednoletá tráva, které se daří v chladných a vlhkých podmínkách. Jedná se o nejméně náročnou obilninu na živiny a snáší různé typy půd. Je významnou obilninou zejména pro horské a podhorské oblasti, kde je dostatek srážek, jelikož je oves náchylný na sucho. Jako krycí plodina oves dobře potlačuje plevele a neomezuje růst hlavní plodiny (Konvalina et al. 2008). Oves poskytuje rychlý nárůst biomasy, potlačuje plevel, přijímá přebytečné hnojení z půdy a může zlepšit produktivitu luskovin, pokud jsou pěstovány ve směsích. Pokud je vysetý dostatečně brzy, přijímá přebytek N a malé množství P a K. Někteří farmáři používají oves jako dusíkatou meziplodinu po letním kypření, aby zadrželi přes zimu dusík. V takovém případě se část dusíku v ovsu umrtveném zimou se může do jara ztratit, a to buď denitrifikací do atmosféry nebo vyplavováním z půdního profilu. Pro zmenšení této ztráty je možné zkombinovat oves s přezimující luskovinou. V polních podmínkách je oves regulován pomocí vyzimování. V teplejších podmínkách se oves

redukuje pomocí sečení nebo postřikem brzy na začátku vegetačního období. V systémech no-till pěstování je možnost porost zanechat na povrchu půdy jako mulč (Clark 2008).

3.2.1.3 Hrách setý polní

Pěstování hrachu setého je náročnější na dodržování agrotechnických požadavků, než jsou obilniny. Každé agrotechnické opatření má zásadní vliv na výnos. Mezi nejdůležitější aspekty můžeme zařadit volbu vhodné odrůdy a její korelaci s prostředím, správné zařazení do osevního postupu, dodržování termínu setí a sklizně a komplexní ochranu proti škůdcům a plevelům. Při růstu porostu se nejvíce negativních důsledků projevuje při nedostatku, nebo nadbytku vláhy. Pro klíčení a bobtnání vyžaduje velké množství vláhy. Stejně jako v období tvorby pupat a květů. Nedostatek vláhy vede ke zmenšení počtu semen v luscích. Nadbytek srážek v tomto období také působí negativně. Porostu nadměrně rostou vegetativní orgány, což se projeví snížením růstu. Hrách má částečný fyto-sanitární účinek. Díky tomu se často zařazuje mezi dvě obilniny. Hrách je známý také díky jeho odplevelujícímu účinku. Ten nastává pouze v plném růstu porostu. Do té doby je naopak silně napadán plevellem. Hnojení je zde založeno zejména na rhizobiálních bakteriích a jejich symbiotické fixaci dusíku. Za správných podmínek pro tyto bakterie, zejména půdní pH, dosahuje fixace 140-200 kg N/ha (Hosnedl 1994).

3.2.1.4 Peluška jarní

Peluška jarní se využívá zejména jako zdroj kvalitní píče krmení skotu. Z ekologického hlediska je velice vhodná jako předplodina, která váže vzdušný dusík do půdy, zlepšuje půdní strukturu, působí protierozně a částečně fyto-sanitárně. Nejčastěji se pěstuje ve směsích s obilninami nebo jako čistá kultura určená k výrobě osiva. Peluška jarní se dá pěstovat v každé oblasti ČR. Menších výnosů může dosahovat pouze na velmi suchých písčitých půdách a na kyselých půdách. Předseťová úprava půdy spočívá v aplikaci fosforečných a draselných hnojiv. Počáteční hnojení dusíkatými hnojivy se zde využívá jen ve velmi malých dávkách nebo vůbec, neboť rhizobiální bakterie obsažené v kořenech porostu dokážou půdu obohatit o 25 až 50 kg N/ha. Díky tomu je méně závislý na syntetických N hnojivech než rostliny, které nepatří do čeledi *Fabaceae*. Pro maximální využití potenciálů těchto bakterií je důležité zachovat správné pH půdy. Pro maximální rozvoj hlízkových bakterií je třeba udržet půdu lehce kyselou až neutrální (Tyller at al. 1999). Chapagain a Riseman (2014) ve své studii meziplodin na ječmenu jarním a hrachu setém uvádí celkové množství dusíku akumulovaného v meziplodinách o 122-202 % vyšší než celkové množství dusíku akumulované na monokulturním porostu ječmene.

3.2.1.5 Hořčice bílá

Hořčice je vhodná především jako strnisková meziplodina. Vyznačuje se úzkým křídlovým kořenem se spoustou postranních kořínků. Je nenáročná na klima a její vzházivost za příznivých podmínek je už po 2-3 dnech od zasetí. Oblíbená je také zejména díky levnému osivu (Vach a kol. 2005). Hořčice bílá se také vysévá pro omezení vyplavování dusičnanů během zimy (Dorsainvil at al. 2005).

Kromě běžných druhů plevelů, jsou porosty meziplodin negativně ovlivňovány samovolně rostoucími zbytky plodiny, která byla na stanovišti pěstovaná před meziplodinou. Tyto rostliny jsou nežádoucí z hlediska konkurence meziplodiny a výskytu chorob a škůdců. Na druhou stranu mohou pozitivně ovlivnit výnos biomasy, a také zamezit půdní erozi. Mělké zpracování půdy může vést k většímu množství samovolně rostoucích plodin v porostech meziplodin. Brant et al. (2009) popsal dobrou schopnost hořčice bílé a svazenky vratičolisté. Při dostatečném úhrnu srážek, mohou tyto rostliny rychle přerůst samovolnou plodinu a díky zastínění ji redukovat. Další důvod redukce samovolných rostlin, zejména u hořčice bílé je schopnost hlubšího zakořenění v půdě oproti samovolným rostlinám, které může snížit dostupnost vody pro mělce kořenicí rostliny. Pro produkci biomasy je důležitý dostatečný zdroj vody.

3.2.1.6 Bob obecný

Bob obecný patří mezi luskoviny s vysokým obsahem bílkovin (21 až 34 %), aminokyselin, tuku a cukru (Alsaadawi et al. 2017). Ekologické výhody bobu zahrnují schopnost fixovat atmosférický dusík, pozitivní předplodinový efekt, také zvýšení dostupnosti fosforu pro následné plodiny. Luskoviny jsou obecně považovány za dobré pomocné plodiny, protože produkují biomasu a konkurují plevelům bez silného soupeření s hlavní plodinou o dusík, protože fixují vzdušný dusík (Verret at al. 2017). Zavedení luštěnin do osevních postupů povede k nižší potřebě využívat dusíkatá hnojiva. Pěstování směsí bobu setého a obilovin může zlepšit výnos, obsah bílkovin a výnos bílkovin oproti monokulturám obou plodin (Neugschwandtner et al. 2015). Studie Kaci et al. (2018) svými výsledky rovněž potvrzuje zvýšení výnosu pšenice pěstované v kombinaci s bobem setým.

3.2.1.7 Svazenka vratičolistá

Svazenka pochází ze Severní Ameriky a do Evropy se dostala v 19. století. Pěstuje se především jako meziplodina, ale lze ji využít i jako krmivo. Jde o výborného přerušovače obilných sledů v osevním postupu. Jde o důležitou medonosnou plodinu, obsahující značné množství nektaru a je domovem velkého množství hmyzu. Je dobře odolná vůči suchu a preferuje lehčí půdy. Utužené, podmáčené nebo kyselé půdy jsou pro svazenku nevhodné (Kubíková et al. 2022). Uvádí se, že svazenka přitahuje pestřenky a jejich larvy snižují výskyt některých mšic, škodících zejména na plodinách cukrové řepy. Ukázalo se, že svazenka podporuje další hmyzí predátory, jako jsou parazitoidy a pavouky, což může snížit populaci některých hmyzích škůdců. U některých plodin, jako je ozimý hrách, vysetých ve směsích se svazenkou vratičolistou byl prokázán větší výnos biomasy než při pěstování v monokulturách

(Lenning et al. 2020). Pěstování svazenky a některých dalších meziplodin přispělo ke zlepšení půdních chemických parametrů a půdní enzymatické aktivity. Díky tomu se projevily zvýšené hodnoty obsahu celulózy, hemicelulózy ligninu, o-dihydroxyfenolů, aminokyselin, lepší kvalita bílkovin a vyšší obsah makro a mikroživin (Kwiatkowski et al. 2022).

3.2.1.8 Jetel inkarnát

Jetel nachový neboli inkarnát je jednoletá přezimující jetelovina, která se pěstuje zejména na lehkých písčitých půdách kde jsou špatné podmínky pro pěstování jiných jetelovin. Do osevních postupů se zařazuje zejména díky své ranosti, díky které se hodí jako předplodina pro brambory. Dále se využívá jako meziplodina před kukuřicí, proso, mrkev nebo pohanku, nebo jako zelené hnojení. Nemůžeme opomenout i kvalitní a dlouhotrvající píci. Výsev jetele nachového se doporučuje po raně sklizených ozimech. Půdu před setím je potřeba obohatit o draslík a fosfor. Jeteloviny mají schopnost fixovat vzdušný dusík, a proto není třeba přihnojovat dusíkem (Tyller et al. 1999).

3.3 Osevní postupy s využitím pomocných plodin

Osevní postup je periodické střídání plodin na určitém místě za určitý čas. Postup střídání a výběr plodin záleží na podmínkách prostředí a na záměru pěstitele. Osevní postup tvoří páteř rostlinné produkce. Rozeznáváme osevní postup pevný, který se je neměnný a přesně dodržovaný, nebo volný osevní postup, který dodržuje obecné zásady, ale pěstované plodiny se mění v návaznosti na aktuální poptávce po některým plodinám. Pro udržení půdy v dobrém stavu by se měla do osevního postupu zařadit jetelovina, a to jednou za 6 až 9 let. Hnojení organickými hnojivy je doporučeno jednou za 3 až 5 let (Křen a Dušková 2015).

Historickým základem pro moderní střídání plodiny slouží osevní postup norfolkský, který je založen na střídání jetele, ozimé obilniny, okopaniny hnojené hnojem a jarní obilninou. Alternativou k tomuto postupu sloužil kentský osevní postup. Zakládá se na principu střídání jetele, ozimé obilniny, luskoviny a jarní obilniny. Pěstované plodiny a jejich střídání má značný vliv na půdu. Zejména kořenový systém přímo ovlivňuje tvorbu půdních agregátů. Hlubokokořenní rostliny mají pozitivnější vliv na půdní strukturu i na zadržování vody než plodiny mělcekořenní. Další rozdíly jsou v nárocích plodiny na živiny, kdy po pěstování plodiny náročné na živiny potřebuje půda odpočinek. Kořenové systémy napomáhají činnosti půdních mikroorganismů. Plodiny odebírají z půdy určité spektrum živin, které je vyčerpitelné a potřebuje určitý čas na doplnění. Při nedodržování pravidel pro střídání plodin může dojít k tzv. únavě půdy. Ta je způsobena zejména pěstování stejné plodiny více častěji na jednom pozemku. Jsou popsány plodiny, které mají tzv. horší snášenlivost a jejich následné pěstování na stejném pozemku se nedoporučuje i několik let. Ovšem některé plodiny zvládají pěstování i několik let po sobě např. kukuřice nebo sója, ale jsou více ohroženy napadením chorobami a škůdci (Šarapatka 2010).

3.3.1 Setí do živého mulče

Hlavním účelem mulče je zachování půdní vyspělosti, zabránění slití a kornatění půdy, které vedou k většímu výparu. Mulč uchovává stabilní půdní teplotu, zvyšuje mikrobiální činnost a

zmenšuje růst jednoletých plevelů. Chrání půdu před vodní a větrnou erozí. Šimon et al. (1999) popisuje 3 základní technologie ochranného zpracování půdy:

- Setí do nezpracované půdy (no-till)

Technologie pěstování no-till dokáže řešit některé problémy spojené s pěstováním širokořádkových plodin, zejména kukuřice. Díky stálému pokryvu půdy lze zamezit erozi. Dále je půda při sklizni mnohem stabilnější a těžké stroje nevytváří koleje (Dierauer 2017).

Böhler & Dierauer (2017) v letech 2012 až 2016 provedli praktické zkoušky s přímým výsevem kukuřice do různých druhů živého mulče. Největší předností byla regulace plevelu a lepší prohřátí půdy na jaře. Ovšem herbicidy na bázi glyfosátů jsou stále mnohem účinnější. Setí do živého mulče se doporučuje pro menší farmy s živočišnou produkcí, které obhospodařují úrodnou, ale erozí ohroženou půdu. Jako mulče se především využívají posklizňové zbytky předplodin. Např: sláma řepky, luskoviny (Šimon et al. 1999).

- Povrchové zpracování půdy s mulčem (Mulch-till)

Technologie spočívá v rozprostření posklizňových zbytků mulčovačem po povrchu půdy a následné mělké zpracování podmítači, kypřiči aj.

Regulace meziplodin zde probíhá pomocí mrazu v zimě, nebo na jaře chemicky

- Zpracování půdy do hrůbků (Ridge-till)

Technologie vhodná pro širokořádké plodiny. Výsev se provádí na upravený vrchol hrůbků pomocí modifikovaného secího stroje. Posklizňové zbytky jsou umístěny většinou na spodní části hrůbků.

3.3.2 Pásové výsevy pomocných plodin

Tento způsob výsevu spočívá v zasetí pomocné plodiny nebo meziplodiny do meziřádku nebo řádku hlavní plodiny. Při této technologii dochází ke hlubšímu prokypření půdy v pásu pomocí kypřící radlice a následnému mělkému zpracování vrchní části pásu půdní frézou, přičemž výsev kukuřice se obvykle provádí souběžně. Tato technologie umožňuje provádět kypření jak do strniště po sklizni plodin na zrno, tak krmných plodin na píci. Při zakládání nových porostů pícnin, které jsou často směsí trav a dalších plodin, se provádí pásové kypření půdy a výsev souběžně s plošnou nebo pásovou aplikací herbicidu určeného k regulaci pomocné plodiny, což umožňuje provést celou operaci během jednoho vstupu (Brant et al. 2016). Největší výhodou je eliminace eroze půdy, zlepšení průsaku vody do větších hloubek půdního profilu a obohacení půdy o organickou hmotu. Po následném urtvení tohoto porostu slouží jako živý mulč pro ochranu proti plevelnému bujení. Půda je zpracovávána pouze v meziřádcích. Meziřádkový prostor je obohacen meziplodinou nebo hlavní plodinou a budoucí řádek hlavní plodiny zůstává bez vegetace. Tím nedochází k negativnímu vývoji hlavní plodiny vlivem špatné přípravy půdy, regenerace usmrceného porostu pomocné plodiny atd. (Brant 2019).

Pásové zpracování půdy za pomoci meziplodin vzniklo v USA a označuje se pojmem bio-strip-till. Při pásovém zpracování se půda v budoucím semenném řádku nakypří jen

částečně, přičemž prostor mezi řádky zůstává neobdělávaný a pokrytý odumřelým rostlinným materiálem (Bischoff et al. 2014). Podle Jaskulska et al. (2022) pásové meziplodiny ječmene a hrachu pomocí strip-till vykazují lepší jednotnost vzcházení, hustotu rostlin a snížily zaplevelení v porovnání se smíšenými kultury.

3.3.3 Souběžné pěstování pomocné a hlavní plodiny

Největší výhodou souběžného pěstování pomocné plodiny s hlavní je efektivní využití mechanizace. Hlavní i pomocná plodina je vysévána pomocí jedné mechanické operace. Doba setrvání živé pomocné plodiny v porostu hlavní plodiny může být různá a přizpůsobována podmínkám daného ročníku. Při pěstování hlavních a pomocných plodin na jedné ploše lze použít dvě základní rozmístění. První, kde je hlavní plodina umístěna na určité místo a pomocná plodina je rozmístěna náhodně. Druhý způsob spočívá v cíleném rozmístění obou typu rostlin. Někdy se používá smíšené schéma, kde je hlavní a dominantní pomocná plodina umístěna na předem určené místo a druhá pomocná plodina umístěna náhodně (Brant et al. 2019). Díky efektivnějšímu využívání zdrojů společně se sníženým výskytem plevelů, škůdců a chorob může toto pěstování dosahovat podobných výsledků jako pěstování jedné nebo dvou hlavních plodin. Nutné je vzít v úvahu optimální dobu setí obou kombinovaných plodin, také je nutné použít vhodnou secí i sklizňovou metodu. To může mít vliv na šířku řádku a vede ke snížení celkového výnosu (Echarte et al. 2011). Porosty pomocných plodin, které jsou založené v době výsadby kukuřice mají pozitivní vliv na množství rozpuštěného fosforu a nerozpuštěných látek v odtokové vodě. Porosty pomocných plodin mohou pomoci v boji s eutrofizací v oblastech ohrožených erozí (Kleinman 2005).

Souběžné pěstování dvou různých plodin v systémech intenzivního zemědělství může vést k výrazně vyššímu výnosu na plochu a dokáže až o třetinu snížit množství hnojiv. Těchto závěru dosáhl v metastudii kolektiv autorů pod vedením Chunje Li. Zatímco intenzivní zemědělství v Evropě nebo Severní Americe se většinou vyznačuje pěstováním monokultur, v Číně se pomocné plodiny využívají i k dosažení výnosu. Ve studii byly zkoumány celkem čtyři různé varianty společného pěstování dvou plodin na jednom poli: náhodně promíchané, střídající v řadách, střídající v úsecích několika řad a střídavé v úsecích s většími rozestupy. Nejvýhodnější metodou se ukázalo použití meziplodiny v kombinaci s kukuřicí s rozdílnými termíny setí a sklizně. Bylo zjištěno, že výnosy dosahovaly v průměru o 1500 kilogramů na jeden hektar více než při pěstování monokultury (Li 2020).

3.4 Pomocné plodiny na okopaninách

Brambory jsou do osevního postupu zařazovány jako zlepšující, odplevelující, na předplodiny nenáročné plodiny. Z hlediska nároků brambor na půdní strukturu jsou za nejvhodnější předplodinu považovány hluboko kořenicí plodiny (jetel, vojtěška, jetelotravní směs, luskoviny), které kromě dobré struktury obohatí půdu o vzdušný N. Brambory jako okopanina hnojená nejčastěji hnojem se nejčastěji řadí mezi dvě obilniny. Pro zvýšení živin pro tyto obilniny se do osevního postupu zařazují meziplodiny. Tyto plodiny mohou zmenšit riziko výskytu chorob a škůdců (Černý 2003). Při dlouhodobém pěstování brambor může dojít ke ztrátě organické hmoty v důsledku eroze. Vyčerpání organické hmoty zhoršuje půdní strukturu,

sníží kapacitu půdy zadržovat vodu, zhorší stabilitu půdního agregátu a zhorší úrodnost půdy. Ochrana před erozí půdy a účinné využívání vody je zásadní pro udržitelnou produkci brambor v suchých a polosuchých oblastech. Pěstování luštěnin v těchto oblastech zlepšuje kvalitu půdy díky biologické fixaci dusíku a snížení větrné eroze v důsledku lepšího pokryvu půdy. Ren et al. (2019) dokazuje, že pěstební systém brambor a vikve jako pomocné plodině zlepšuje produktivitu půdy a schopnost plodin využívat dostupnou vodu v oblastech středně ohrožených suchem.

V období od výsadby do zapojení porostu se realizuje několik kultivačních zásahů, cílem, kterých je likvidovat plevele, udržovat příznivý fyzikální stav půdy a regulovat vrstvu půdy nad hlízami. Kultivace vytváří příznivý předpoklad pro vyrovnané vzcházení, růst trsů, dynamiku růstu hlíz. Na základě zvoleného způsobu kultivace v kombinaci s aplikací herbicidů se diferencují tři typy technologií kultivace v průběhu vegetace:

- Plně mechanizovaná kultivace
- Částečně mechanizovaná kultivace s použitím herbicidů:
Mechanická kultivace se provádí od sázení po vzejití porostu. Používá se kombinace vláčení a proorávek prováděných po sobě. Těsně před vzejití porostu se aplikuje preemergentní herbicid. V případech, kdy preemerentní herbicid nedosáhl požadovanou účinnost, nebo se na porostu vyskytují obtížně zhubitelné plevele, lze aplikovat herbicid post emergentní. Dá se aplikovat i preventivně proti tzv. druhotnému zaplevelení (Čepl 2005). Diviš (2002) uvádí vliv regulace zaplevelení na výnos hlíz. Při regulaci zaplevelení pomocí mechanické kultivace s následným ošetřením pomocí preemergentních herbicidů bylo dosaženo o 10 % vyššího výnosu, než v porostech ošetřovaných pouze mechanicky. Dané zvýšení se projevilo na počtu a hmotnosti hlíz.
- Ošetření bez kultivace

3.5 Možnosti regulace pomocných plodin

Pomocné plodiny mají pouze mimoprodukční funkci. Porost je nutné ve správný čas umrtvit pro naplnění pěstební cíle pro hlavní plodinu, efektivní zapravení pomocné plodiny do půdy nebo zmenšení transpirace. U podzimních výsevů se ve většině případů počítá s umrtvením rostliny mrazem. V případě jarních plodin, není tento efekt použitelný, navíc některé rostliny mají alespoň částečnou regenerační schopnost. Zde je nutný zásah pomocí herbicidního přípravku, nebo mechanické poškození nadzemní části rostliny. Chemická regulace je méně oblíbená a silně regulovaná metoda, přesto v určitých podmínkách je dobré její aplikaci využít. Za nejspolehlivější látku se považuje glyphosate o dávce 700 až 1500 g/ha v závislosti na plodině a její fázi růstu. Pokud se nedá použít glyphosate, lze regulovat meziplodiny pomocí herbicidů MCPA (2-methyl-4-chlorophenoxyacetic acid) nebo 2,4-D (dichlorfenoxycetová kyselina). Velmi účinné jsou také sulfonylmočoviny, které ovšem musí mít krátké reziduální působení, aby nepoškodily následnou plodinu. Tyto herbicidy se obvykle aplikují jako granuláty s pomocí adjuvantu, zvláště pokud je sucho. Pokud herbicid zasáhne velké množství biomasy, může se uvolňovat do půdy a poškodit následnou plodinu, zvláště

pokud se biomasa nezapraví rovnoměrně. Mechanické zpracování lze využít pouze za předpokladů, že nepoškodí hlavní rostlinu. Mezi nejčastější způsoby mechanické regulace patří mulčování, seč, válení nebo použití řezných válců (Brant et al. 2022).

V současné době existuje zájem o omezení zásahů pro zpracování půdy, protože přispívají k ochraně půdy a vody a mohou snížit náklady na práci a palivo. V takových systémech jsou krycí plodiny a plevely obvykle regulovány před setím hlavní plodiny pomocí neselektivních herbicidů, obvykle na bázi glyfosátu. Pro snížení rizik plynoucích z rozšíření používání herbicidů jsou však žádoucí metody, které jsou méně závislé na herbicidu. Dorn et al. (2013) provedli studii za použití rolovací sekačky pro regulaci plevelů i krycí plodiny. Tato metoda nabízí možnost snížit množství herbicidů, ale pouze mechanická regulace může výrazně snížit požadovaný výnos hlavní plodiny. Byly vyzkoušeny i techniky setí plodin bez orby používané ve Spojených státech např. setí ozimého žita nebo vikve chlupaté na podzim a usmrcení této krycí plodiny herbicidy na jaře. Ve Švýcarsku místo usmrcení pomocné plodiny farmáři používali píci jako seno nebo pro pastvu před zasetím kukuřice. Bezorebný systém pěstování je stále více využíván (Hartwig a Ammon 2002).

Bentazon

Bentazon (3-isopropyl-1H-2,1,3-benzothiadiazin-4(3H)-on-2,2-dioxid) je selektivní kontaktní herbicid přijímaný primárně zelenými částmi rostlin. Ovlivňuje fotosyntézu dvouděložných plevelů. Bentazon by měl být používán pouze postemergentně. Jeho selektivita spočívá ve schopnosti rostlin rychle metabolizovat účinnou látku a konjugovat ji s cukrem, zatímco většina plevelů tuto schopnost nemá, takže dochází k narušení fotosyntézy a plevely umírají. Bentazon je v současné době praktickou možností pro postemergentní ošetření proti svízeli pítula (*Galium aparine*) v hrachu a fazolu. Další silnou stránkou bentazonu je jeho účinnost proti plevelu v sójových bobech a v rýži (Huber 1994).

3.5.1 Regulace pomocí přírodních látek

Meziplodiny a pomocné plodiny jsou nejčastěji regulovány herbicidy na bázi glyfosátu, ale i jiných účinných látek chemického původu. Existují však i některé přírodní látky, které částečně nahrazují herbicidy a mohou potenciálně regulovat i meziplodiny a pomocné plodiny. Tvrdí se, že použití herbicidů negativně ovlivňuje životní prostředí. Neméně důležitá je skutečnost, že stále více plevelů si vytváří vůči herbicidům rezistenci. V současné době se na trhu objevují látky s účinnou látkou kyselinou pelagonovou. Pro dosažení požadovaného herbicidního účinku je zapotřebí vysokých dávek této látky a vzhledem k tržní ceně je nepravděpodobné, že tato látka běžné herbicidy nahradí (Brant et al. 2022).

Silice jsou přírodní, těkavé a komplexní sloučeniny vyznačující se silným aromatem a vyskytující se zejména jako sekundární metabolity. Dosud bylo popsáno okolo 3000 druhů silic, z toho asi 300 je komerčně významných (Chaubey 2012). Silice mají širokou škálu biologických aktivit, včetně antibakteriálních, antivirových, protizánětlivých, antifungálních, antimutagenních, antikarcinogenních a antioxidačních a další. Silice neboli esenciální oleje se získávají z různých částí aromatických rostlin, jako jsou květy, plody, semena, pupeny,

oddenky, kořeny a kůra. Existuje několik popsaných technik k získání esenciálních olejů z rostliny. Nejčastější jsou hydrodestilace, extrakce rozpouštědlem, lisování za studena a superkritická extrakce (Shaaban et al. 2012). Rostlinné silice jsou obvykle komplexní směsí přírodních sloučenin složených především z terpenoidů, včetně monoterpenů a seskviterpenů a jejich příbuzných derivátů. V menších koncentracích se vyskytují alkalické uhlovodíky, alkoholy, kyseliny, acyklické estery, aldehydy, laktony a kumariny (Božovič et al. 2017).

Parní destilace je nejrozšířenou metodou pro extrakci rostlinného esenciálního oleje. Touto metodou je možné vytěžit 93 % silic a zbývajících 7 % lze dále extrahovat jinými metodami. Zjednodušeně se rostlina umístí do vroucí vody, anebo se zahřeje párou. Toto teplo je hlavní důsledek rozpadu buněčné struktury. Díky tomu se uvolňují silice (Masango 2005).

Extrakce rozpouštědlem je upřednostněna pro křehké a jemné rostlinné materiály, které nejsou odolné vůči vysokým teplotám parní destilace. Jako rozpouštědlo se nejčastěji používá aceton, hexan, petrolether, matanol nebo ethanol. Nejběžnější provedení je smíchání rozpouštědla se vzorkem rostlinné hmoty, poté dojde k zahřátí pro uvolnění esenciálních olejů a k následné filtraci. Pomocí následného odpaření rozpouštědla se filtrát zahustí a vznikne koncentrát na bázi pryskyřice nebo vosku. Tento koncentrát se smíchá s alkoholem, který uvolní čistý éterický olej a při nízké teplotě se tento alkohol destiluje (Tongnuanchan a Benjakul 2014).

Muller et al. (1964) zjistili, že těkavé látky esenciálních olejů prokazují herbicidní aktivitu. Naznačují tím potenciál využití těchto látek pro hubení plevelů. Ramezani et al. (2008) prokázal inhibiční vliv esenciálních olejů na klíčivost semen vybraných druhů plevelů a potenciál jejich využití jako preemergentní herbicidy.

3.5.2 Tymiánová silice

Rod *Thymus* se skládá z více než 215 druhů bylin a je aromatickou rostlinou používanou pro léčebné a kořenící účely téměř všude na světě.

Thymus vulgaris L. neboli tymián obecný je aromatický vytrvalý keř z čeledi hluchavkovitých. Tymián má široké spektrum účinků jako antiseptické, karminativní, antimikrobiální a antioxidační vlastnosti. Tymol je hlavní silicí obsažené v tymiánu. Jako doprovodné složky jsou karvakrol a flavonoidy, ale i další v menších koncentracích (Shabnum et al. 2011). Kromě terapeutických vlastností existuje možnost využití jako alternativy k syntetickým přípravkům k s herbicidní nebo antifugální aktivitou. Těkavé oleje mají schopnost narušit vnější obal buňky i její cytoplazmu. Hydrofobní charakter těchto olejů může ovlivnit bakteriální strukturu a tím zvýšit permeabilitu cytoplazmatické membrány (Alexa et al. 2018). Podobné účinky vykazuje také rod *Atemisia*. Jeden z největších a nejrozšířenějších rodu patří do čeledi *Asteraceae*, která se vyskytuje hojně po celém světě s výjimkou Antarktidy. Znamená to, že obývá různá stanoviště, kterým se musel tento rod přizpůsobit, a tak může vyskytovat v různých velikostech i formách s přítomností různých sekundárních metabolitů, které rostlině často umožňují tuto diverzifikaci. Terpenoidy jsou zde přítomny ve všech sloučeninách, od monoterpenů až po triterpeny. Jednou z vlastností, kterou dodávají rostlině pomocí monoterpenů a seskviterpenů obsažených v esenciálním oleji je silná aromatická vůně. Množství a složení určitých silic se podstatně liší v návaznosti na okolní prostředí. Flavonoidy a Coumariny jsou v rodu také hojně

zasoupeny a jsou jim připisovány různé účinky, zejména antibakteriální (Wright 2001).

Esenciální olej z rodu *Artemisia* vykazuje potenciál pro využití v zemědělství jakožto bioherbicid. Ve studii Kaur et al. (2010) prokázal účinek éterického oleje na vzcházivost několika druhů plevelů (*Achyranthes aspera*, *Cassia occidentalis*, *Parthenium hysterophorus*, *Echinochloa crus-galli* a *Ageratum conyzoides*). Při dávce 50 µg oleje/ 1 g substrátu byla vzcházivost pouze 6 % pro *Achyranthes aspera*, 17 % pro *Ageratum conyzoides* a 21 % pro *Parthenium hysterophorus*, ale i poloviční dávka oleje dosáhla výsledků v rozmezí od 20 do 27 % nižší vzcházivost oproti kontrole.

3.5.3 Ocet

Komerčně dostupné přípravky pro ekologické zemědělství často obsahují nějakou kombinaci octu, éterického oleje nebo oleje z citrónové trávy. Ocet se získává aerobní bakteriální oxidací etanolu za vzniku kyseliny octové. Pro herbicidní využití octa je využíváno, avšak jeho účinnost často závisí na koncentraci. Ocet je klasifikován jako širokospektrální herbicid, ale některé druhy plevelů hubí s větší účinností. U octa s méně než 5 % koncentrací často dochází k opětovnému růstu plevelů. Přípravky, které obsahují množství okolo 20 % vyžadují složitou a odbornou manipulaci. Je nutná ochrana dýchacích cest, rukavice, ochranné brýle a košile s dlouhými rukávy. Postřikovače je potřeba po použití pečlivě vyčistit, jinak dojde ke korozi. Hlavní výhodou je, že se nejedná o chemický přípravek a nezanechává v prostředí žádné toxické prvky. Jak již bylo zmíněno, velice záleží na koncentraci octa a také na druhu plevelu který je huben. Například velice účinný 20 % ocet usmrtil pouze 18 % rostliny *Abutilon theophrasti*, která se vyskytuje v jižní Asii. Náchylnější jsou také mladší a menší plevely než starší. A pro aplikaci jsou lepší vyšší teploty (Quarles 2010).

Moran et al. (2006) provedli studii rozmanitosti plevelů na bavlníku a možnostech jejich regulace pomocí různých dávek octa. Zjistilo se, že při aplikaci 9 % kyseliny octové vyhubilo až 100 % plevelů. Stejný účinek dosáhla koncentrace 4,5 %. V obou případech však bylo poškozeno i značné množství porostu bavlníku (78 a 28 %). Roztok o koncentraci 0,9 % kyseliny octové neměl žádný vliv na porost bavlníku, avšak dokázal usmrtit pouze 48 % plevelů. Autoři se shodnou na tom, že účinnost octa v menších koncentracích by mohly být vhodnou metodou ošetření v kombinaci s dalšími zásahy.

3.5.4 Tea tree oil (TTO)

Oleje z čajovníku *Melaleuca bracteata* a *Melaleuca alternifolia* jsou velmi důležité a mají antioxidační a antimikrobiální vlastnosti. TTO má baktericidní účinek proti různým bakteriálním druhům, jako jsou *Bacillus careus*, *Bacillus subtilis*, *E. coli* a *Pseudomonas putida*. *Melaleuca* je původní rod Austrálie, který se také dokáže přizpůsobit různým agroklimatickým zónám. Ve druhé světové válce byl TTO využíván jako repelent proti hmyzu a obecně antimikrobiální činidlo. TTO se skládá z přibližně 100 různých chemických látek, převážně monoterpenů a seskviterpenů. TTO je také účinným organickým fungicidem, herbicidem a insekticidem pro použití v zemědělském sektoru. Tea tree oil a jeho složky byly aplikovány v oblasti zemědělství jako prevence kažení potravin nebo ve formě pesticidů.

Alelochemické sloučeniny, jako jsou rostlinné extrakty a esenciální oleje, jsou navrženy jako dobré alternativy k syntetickým herbicidům, protože jsou biologicky odbouratelné a méně toxické pro životní prostředí. Herbicidní účinek čajovníkového oleje byl hodnocen aplikací na porostu prosa prutnatého (*Panicum virgatum*), rosičky (*Digitaria longiflora*), vratiklasu (*Stachytarpheta indica*) a *Aster subulatus*. Při dávce 10 $\mu\text{L}/\text{ml}$ olej plně zamezil klíčivosti semen všech druhů plevelů. Dále byl pozorován pokles obsahu chlorofylu se zvýšenou koncentrací oleje, což ukázalo, že TTO brání fotosyntéze a narušuje listové membrány plevelu (Yasin et al. 2021).

4 Metodika

Maloparcelní pokus probíhal v roce 2022 na pokusném stanovišti České zemědělské univerzity v Praze v části Suchdol nedaleko Brandejsova statku. V rámci výzkumu bylo zaseto 9 vybraných pomocných plodin. Tabulka č.1 dokumentuje použité druhy plodin a jejich výsevek. Na obrázku č.1 je vidět způsob zasetí. Krátce po zasetí se na část pozemku aplikovaly herbicidy Bandur s účinnou látkou aclonifen a Arcade 880 EC s účinnými látkami prosulfokarb a metribuzin. Tyto herbicidy se běžně aplikují jako preemergentní ochrana porostu brambor. Dávkování a přesné datumy aplikací je popsáno v tabulce č.3. Prostorové rozmístění jednotlivých plodin na pozemku, které poskytuje dobrý přístup k pozemku pro aplikaci postřiku, je popsáno v tabulce č.2.

O týdenních intervalech po aplikaci následovaly dva odběry vzorků za účelem sledování dynamiky a růstu biomasy. V laboratorních podmínkách byl vždy spočítán počet jednotlivých rostlin ve vybraném vzorku, následně byla separovaná nadzemní a podzemní část rostliny. Jednotlivé části byly následně usušeny pomocí laboratorní sušárny a množství sušiny bylo zváženo pomocí laboratorní váhy. Zbývající porost na pokusném stanovišti byl později ošetřen pomocí kontaktního herbicidu Troy 480 s účinnou látkou bentazone a Sencor Liquid s účinnou látkou metribuzin. Tyto herbicidy se běžně aplikují postemergentně na porost brambor. Na části porostu byly aplikovány přírodní látky v podobě 1 % roztoku octa, 1 % roztoku esenciálního oleje tea tree oil a 1 % roztoku tymiánové silice. Těsně před aplikací těchto látek byl proveden 3. odběr vzorků a týden na to i 4. odběr, jak popisuje tabulka č.3. V každém případě následovalo měření počtu jednotlivých rostlin, a také hmotnosti sušiny. Porost svazenky vratičolisté a jetele byly odstraněny z následného vyhodnocení, jelikož nedošlo k dostatečnému vzejití porostu.

	Druh	výsevek (kg/ha)
1	triticale jarní	150
2	oves nahý	150
3	hrách setý polní	120
4	peluška jarní	90
5	peluška ozimá	90
6	hořčice bílá	10
7	bob obecný	100
8	svazenka vratičolistá	10
9	Jetel inkarnát	12

Tabulka č. 1: Výsevky jednotlivých plodin v kg/ha a množství vysetých semen na 1 m².

9	9	5	5	2	2
8	6	7	4	3	1
8	6	7	4	3	1

Tabulka č. 2: Prostorové rozmístění jednotlivých pomocných plodin.

Charakteristické údaje o pokusné lokalitě

Lokalita: Brandejsův statek

Nadmořská výška: 272,70 m

Průměrná sklonitost: 2,32°

BPEJ: 2.10.00

Půdní typ: hnědozem modální

Klimatický region: teplý, mírně suchý

Rozbory AZP (2018): pH: 7,5, Ca 7330 ppm; Mg 189 ppm; P 57 ppm; K 304 ppm

07.05.2022	předseťová příprava – rotační brány
09.05.2022	výsev pomocných plodin
24.05.2022	aplikace Bandur (4 l/ha)
	aplikace Arcade 880 EC (4 l/ha)
01.06.2022	1. odběr rostlin
09.06.2022	2. odběr rostlin
16.06.2022	aplikace Troy 480 EC (2 l/ha)
	aplikace Sencor liqid (1 l/ha)
	aplikace ocet (1 % roztok 200 l/ha) + 0.2 % smáčedlo Trend 90
	aplikace Teatree oil (1 % roztok 200 l/ha) + 0.2 % smáčedlo Trend 90
	aplikace tymiánové silice (1 % roztok 200 l/ha) + 0.2 % smáčedlo Trend 90
	3. odběr (těsně před aplikací)
23.06.2022	4. odběr

Tabulka č. 3: Agrotechnika pokusu.



Obr. č. 1: Výsev pomocných plodin na pozemku Brandejsův statek (Autor: Pavel Procházka)

Průběh počasí v roce 2022

Měsíc	Průměrná teplota v °C	Dlouhodobý normál teploty vzduchu 1991-2020	Celkový úhrn srážek v mm	Dlouhodobý srážkový normál 1991-2020
leden	2,2	-0,6	16,2	33
únor	4,5	0,4	10,2	28
březen	5,0	4,0	14,8	38
duben	8,2	9,2	48,6	31
květen	16,5	13,8	28,6	64
červen	20,7	17,2	139,6	77
červenec	20,4	19,0	80,8	79

Tabulku č.4: Průběh počasí v roce 2022 v porovnání s dlouhodobými normály (Zdroj: ISIDOR, EMS Brno & CHMI)

Květen byl podle měření teplot v Praze-Suchdol teplotně nadnormální s průměrnou teplotou 16,5 °C. Oproti teplotnímu normálu, který je pro Prahu 13,8 °C. Z hlediska srážkových úhrnů byl květen podprůměrný. Srážkový normál pro měsíc květen je v Praze a Středočeským kraji 64 mm. Podle tabulky č.4 je patrné, že období od ledna do června byl velice suchý. Naopak v červnu a červenci byl srážkový úhrn značně nad normálem.

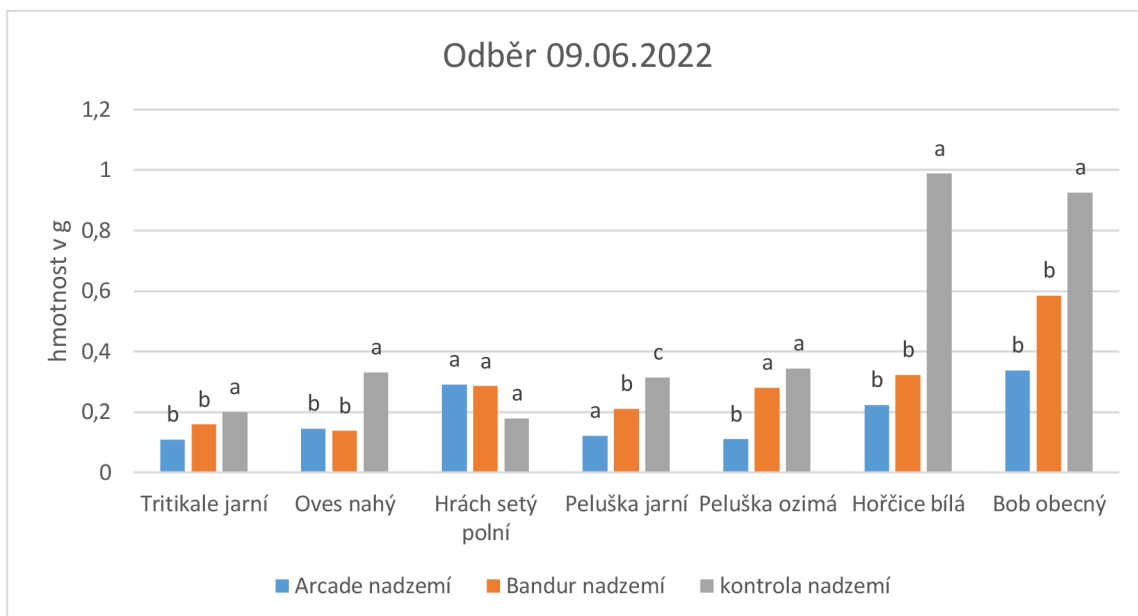
Statistické zhodnocení

Data byla upravená pomocí MS Excel (verze 2302) a vyhodnocena pomocí statistického programu IBM SPSS Statistics (verze 29.0.0.0) statistickou metodou mnohorozměrné analýzy rozptylu (MANOVA). Rozdíly mezi hodnotami byly hodnoceny pomocí Tuckey HSD testu na hladině významnosti $p = 0,05$. Grafické zpracování probíhalo v programu MS Excel a také pomocí programu Statistica 12.

5 Výsledky

5.1 2. Odběr

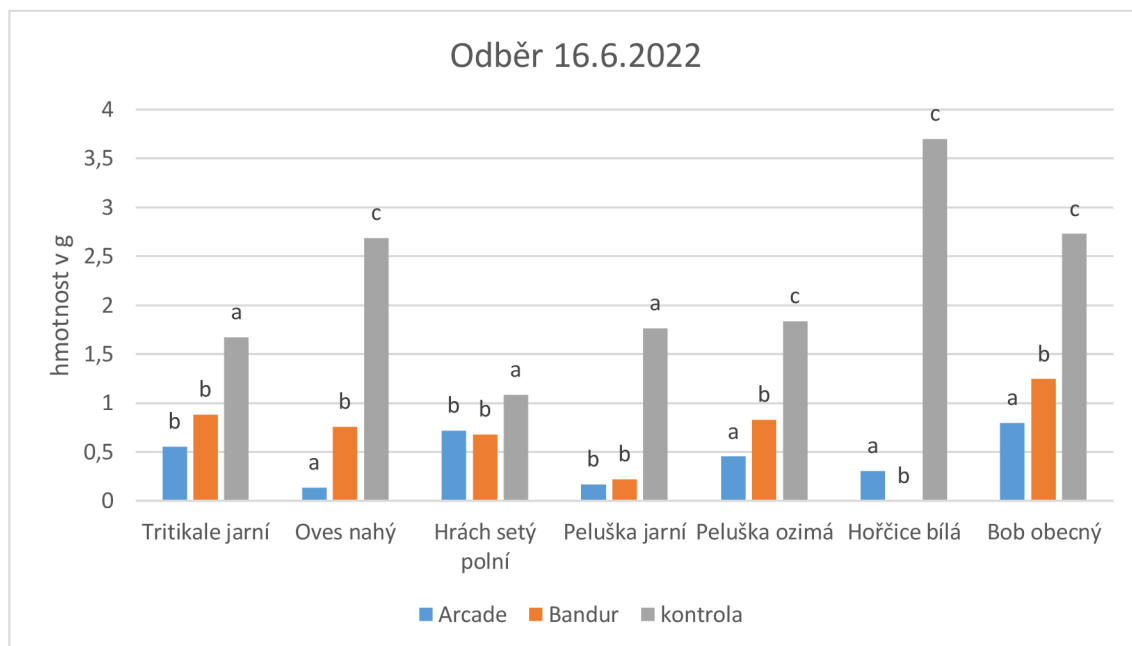
Jelikož první odběr probíhal krátce po zasetí zkoumaných plodin. Před tímto odběrem neprobíhalo žádné ošetření, a proto první odběr nebyl statisticky vyhodnocen. Graf č.1 prezentuje výsledky druhého odběru na sledovaném pozemku dne 09.06.2022, kde byl aplikován postřik pomocí herbicidů Bandur s účinnou látkou aclonifen a Arcade s účinnými látkami prosulfocarb a metribuzin. V porostu jarního tritikale nebyl statisticky významný rozdíl mezi množstvím sušiny odebrané na pozemku ošetřeném pomocí Bandur ani Arcade. Při srovnání množství sušiny jednotlivých přípravků s kontrolou také nebyl prokázán statisticky významný rozdíl. Avšak, množství sušiny porostu ovsa nahého ošetřeného pomocí Arcade vykazovalo statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 0,05 % v porovnání s kontrolou. Stejně tak byl pozorován statisticky významný rozdíl mezi prostředkem Bandur a kontrolou. Mezi jednotlivými prostředky na ochranu rostlin (POR) nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl, což ukazuje na to, že oba přípravky jsou schopny úspěšně regulovat porost pomocné plodiny složený z ovsa nahého. Ošetřený porost hrachu setého nevykazoval statisticky významný rozdíl oproti kontrolní skupině. U pelušky jarní ošetřené pomocí přípravku Arcade byl prokázán statisticky významný rozdíl v porovnání s prostředkem Bandur a také v porovnání s kontrolou. I porost ošetřený pomocí prostředku Bandur oproti kontrole vykazoval významnou regulaci, avšak ne tolik jako při použití přípravku Arcade. Podobný vliv byl pozorován na porostu pelušky ozimé, kde byl prokázán statisticky významný rozdíl v porovnání s prostředkem Bandur i v porovnání s kontrolou. Mezi kontrolní skupinou a prostředkem Bandur nebyl prokázán statisticky významný rozdíl. U porostu hořčice bílé nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými POR a kontrolní skupinou. U bobu obecného byl porost statisticky významně regulován oběma přípravky. Prokázán byl statisticky významný rozdíl v porovnání s kontrolní skupinou, přípravkem Arcade i přípravkem Bandur.



Graf č. 1: Množství sušiny vybraných pomocných plodin přepočítaných na jednu rostlinu týden po aplikaci preemergentních POR běžně využívaných na porost brambor. Sloupce se stejnými indexy nemají mezi sebou statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 0,05 %. Shodná písmena dokumentují, neprokázání statisticky významného rozdílu.

5.2 3.Odběr

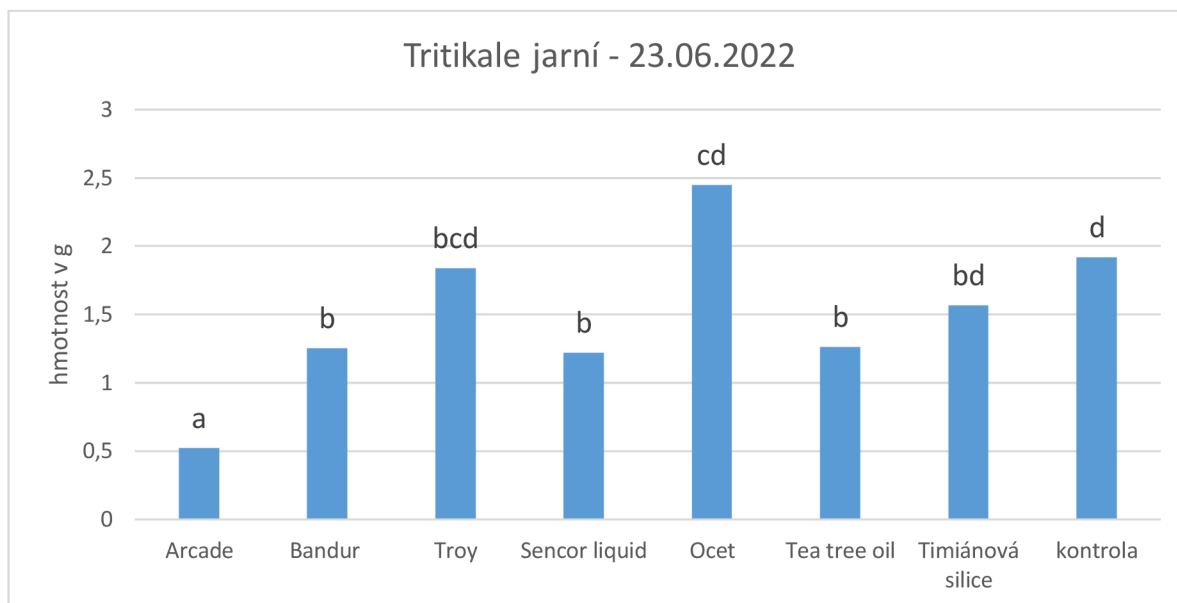
Odběr, který probíhal následující týden prokázal výrazný nárůst kontrolních vzorků v porovnání s vzorky ošetřenými pomocí POR, konkrétně všechny sledované plodiny vykazovaly statistický významný rozdíl na hladině významnosti 0,05 % v porovnání se vzorky ošetřené přípravky Bandur i Arcade. Svědčí to o schopnosti efektivně regulovat dané porosty. U některých byl prokázán rozdíl mezi sledovanými POR. Významný statistický rozdíl se podařilo prokázat mezi Arcade a Bandur. U porostu pelušky ozimé a bobu obecného bylo množství sušiny naměřené po ošetření prostředkem Arcade menší než po ošetření prostředkem Bandur se statisticky významným rozdílem na hladině významnosti 0,05 %. Pouze u porostu hořčice bílé byl naměřen opačný rozdíl. V porostech tritikale jarní, ovsa nahého, hrachu setého a pelušky jarní nebyl prokázán statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 0,05 % mezi sledovanými POR.



Graf č. 2: Množství sušiny vybraných pomocných plodiny přepočítaných na jednu rostlinu 2 týdny po aplikaci preemergentních POR běžně využívaných na porost brambor. Sloupce se stejnými indexy nemají mezi sebou statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 0,05 %. Shodná písmena dokumentují, neprokázání statisticky významného rozdílu.

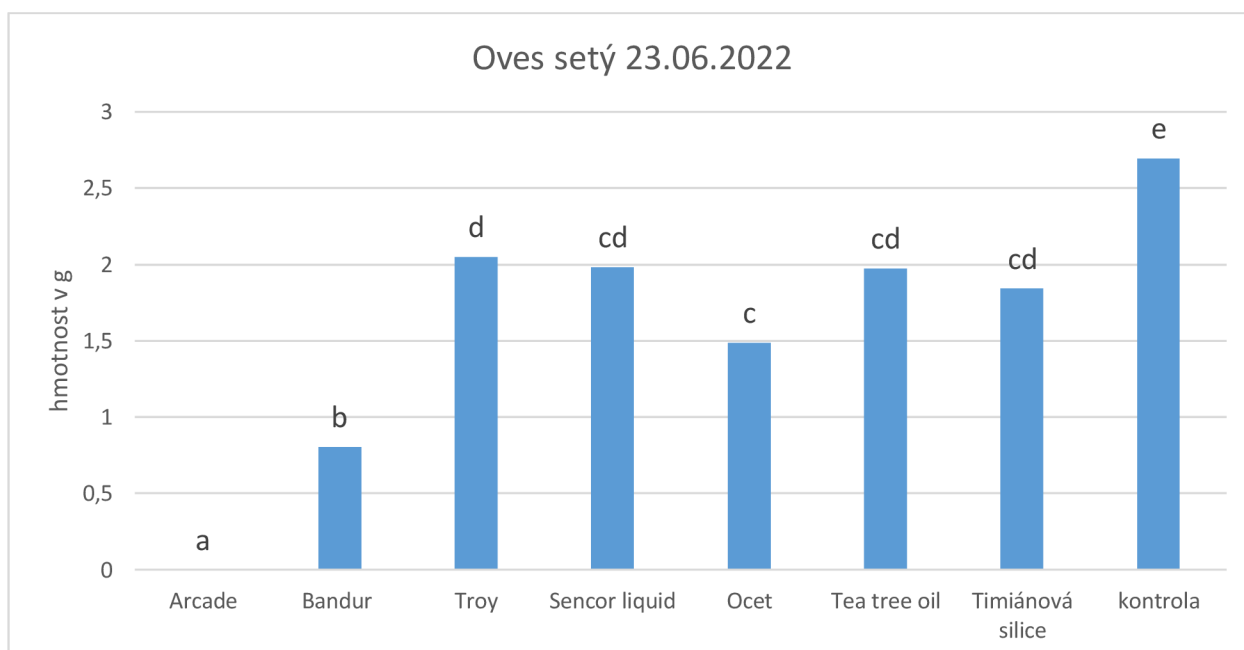
5.3 4.Odběr

Data z odběru 23.06.2022 zahrnují již 2 předchozí POR doplněné o 2 další postemergentní POR a také 3 přírodní látky: ocet, tea tree oil a tymiánovou silici. Pro vhodnější interpretaci výsledky rozděleny zvláště pro každou sledovanou pomocnou plodinu. Graf. č. 3 popisuje množství sušiny jedné rostliny porostu tritikale jarní po ošetření jednotlivými přípravky. Schopnost regulovat plodinu tritikale jarní byla zaznamenána u přípravku Bandur, Arcade, Sencor liquid a jako u jediné přírodní látky tea tree oil, kde byl statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 0,05 %. Větší množství sušiny po ošetření octem oproti kontrole je přisuzována variabilitě polního pokusu.



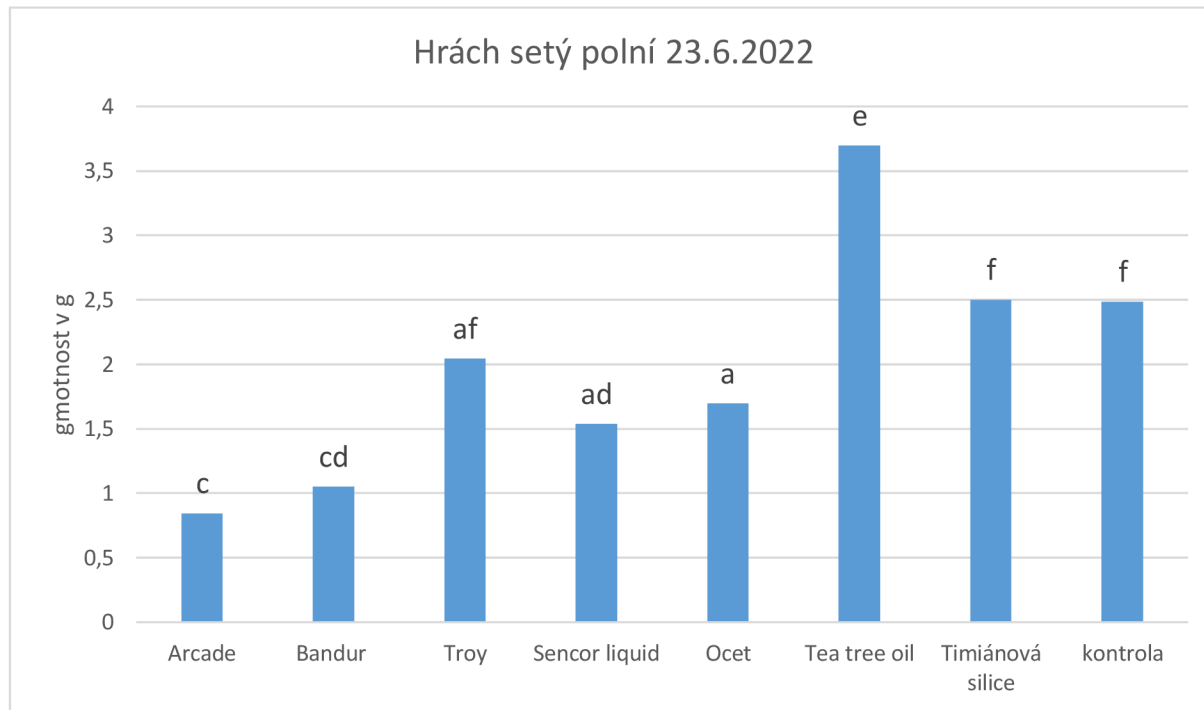
Graf č.3: Množství sušiny jedné rostliny tritikale jarní po ošetření herbicidními přípravky. Sloupce se stejnými znaky nemají mezi sebou statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 0,05 %. Shodné indexy dokumentují, neprokázání statisticky významného rozdílu.

Porost ovsa setého po posledním odběru byl zcela usmrcen přípravkem Arcade a také výrazně zregulován přípravkem Bandur. Ostatní byly také schopny regulovat porost ovsa se statisticky významným rozdílem na hladině významnosti 0,05 % oproti kontrole, ovšem do menší míry, než první 2 látky, což je patrné na grafu č. 4.



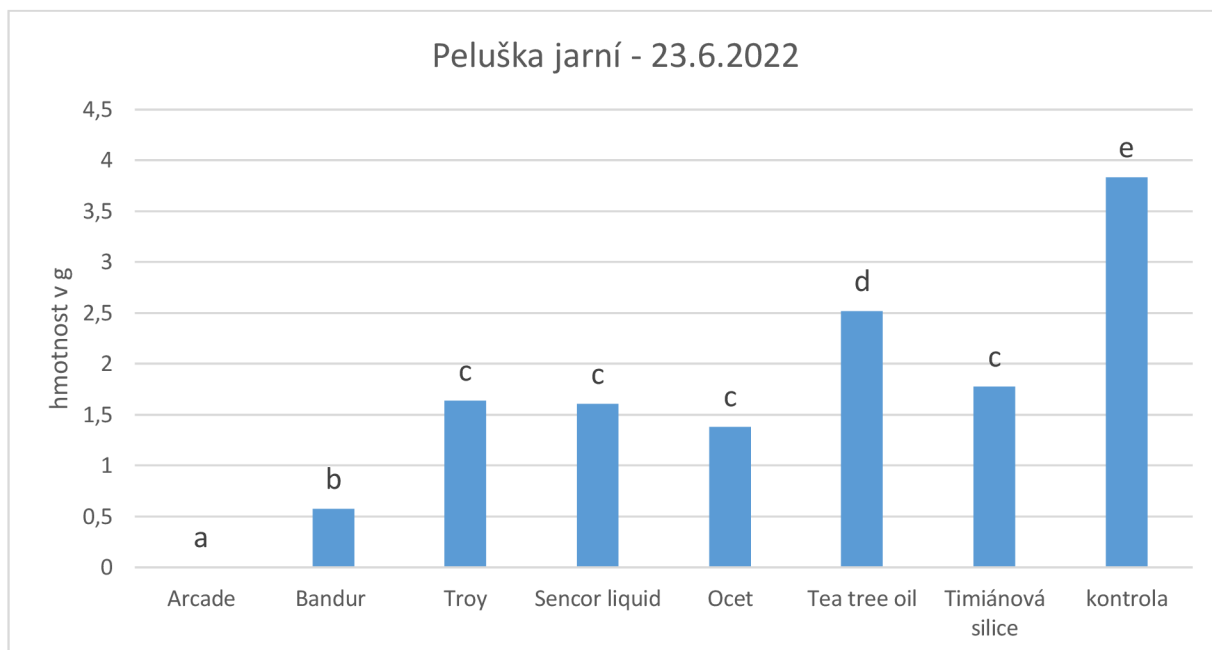
Graf č.4: Množství sušiny jedné rostliny ovsa setého po ošetření herbicidními přípravky. Sloupce se stejnými znaky nemají mezi sebou statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 0,05 %. Shodné indexy dokumentují, neprokázání statisticky významného rozdílu.

U hrachu setého byla prokázána schopnost regulace pomocí prostředků Arcade, Bandur, Sencor liquid a octa, které měli statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 0,05 % oproti kontrolnímu odběru. Množství sušiny porostu ošetřeného pomocí tea tree oil bylo větší, než byl kontrolní odběr. Důvodem je variabilita polního pokusu a velké množství faktorů, které ovlivňují sledovaný porost.



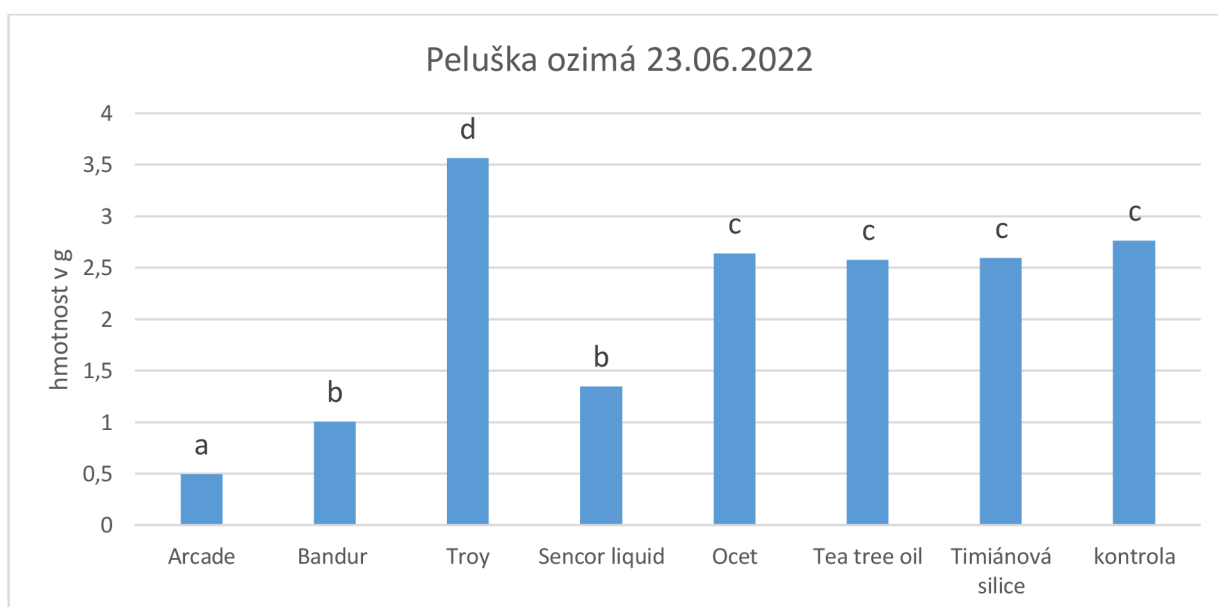
Graf č.5: Množství sušiny jedné rostliny hrachu setého polního po ošetření herbicidními přípravky. Sloupce se stejnými znaky nemají mezi sebou statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 0,05 %. Shodné indexy dokumentují, neprokázání statisticky významného rozdílu.

Porost pelušky jarní oproti kontrolnímu odběru výrazně zregulován ve všech případech. Množství sušiny, po ošetření všemi přípravky, bylo statisticky významně menší na hladině významnosti 0,05 % oproti kontrolnímu odběru. Jak ukazuje graf č. 6, přípravek Arcade zcela usmrtil sledovaný porost. Z přírodních látek byl porost nejlépe regulován pomocí octa, ovšem stejná účinnost na hladině významnosti 0,05 % byla zaznamenána u tymiánové silice.



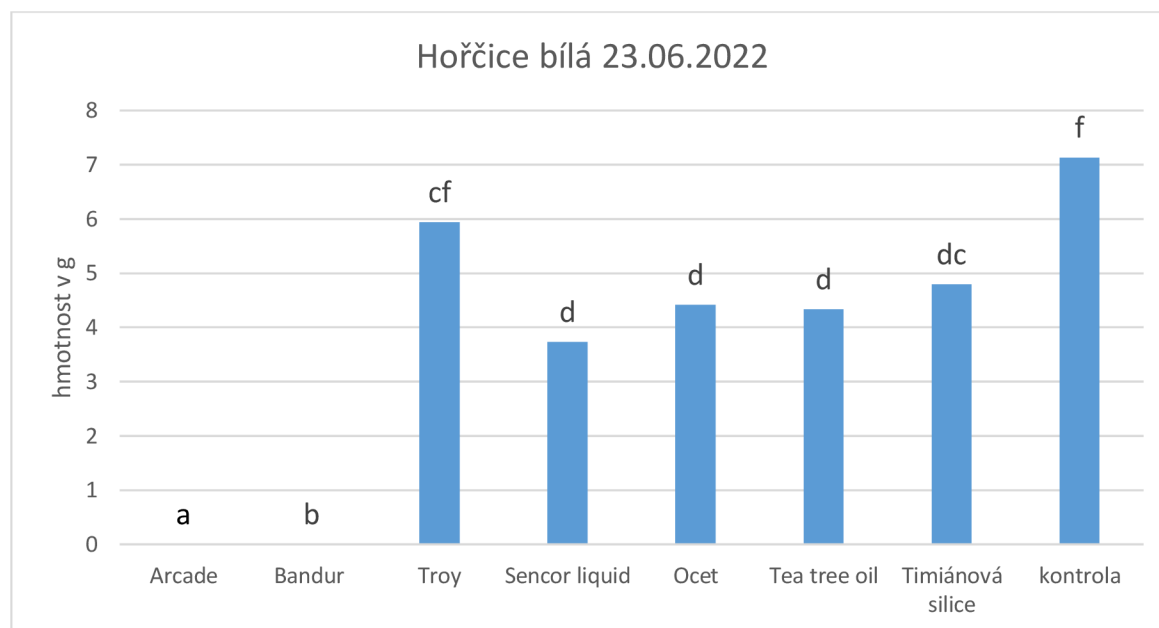
Graf č. 6: Množství sušiny jedné rostliny pelušky jarní po ošetření herbicidními přípravky. Sloupce se stejnými znaky nemají mezi sebou statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 0,05 %. Shodné indexy dokumentují, neprokázání statisticky významného rozdílu.

Pomocnou plodinu pelušky ozimé se nepodařilo regulovat žádnou přírodní látkou. Na grafu č. 7 nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 0,05 % mezi přírodními látkami a kontrolou. Z běžných POR pouze přípravek Troy neprokázal schopnost regulovat porost pelušky. Množství naměřené sušiny po ošetření tímto prostředkem bylo dokonce větší než kontrolní vzorek. Tento stav se dá zdůvodnit variabilitou polního pokusu.



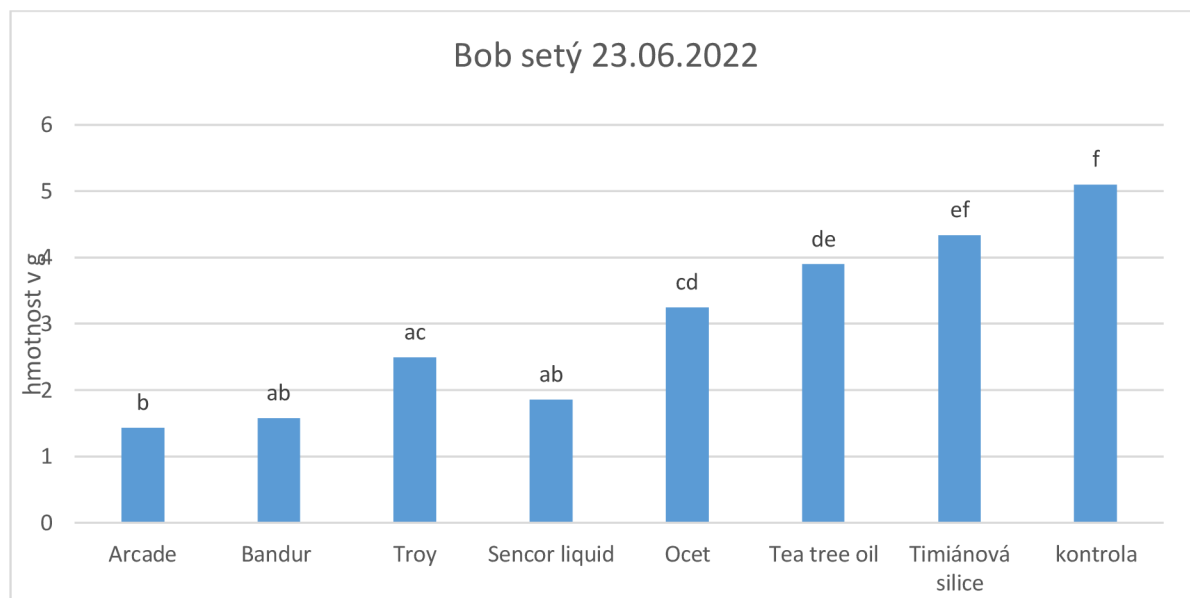
Graf č. 7: Množství sušiny jedné rostliny pelušky ozimé po ošetření herbicidními přípravky. Sloupce se shodnými indexy nemají mezi sebou statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 0,05 %.

Na grafu č.8 je vidět, že porost hořčice bílé po ošetření přípravky Arcade a Bundur byl zcela usmrčen. Zbylé prostředky vykazovaly poměrně vysoké hodnoty nadzemní biomasy, ale se statisticky významným rozdílem oproti kontrolnímu vzorku.



Graf č. 8: Množství sušiny jedné rostliny hořčice bílé po ošetření herbicidními přípravky. Sloupce se stejnými indexy nemají mezi sebou statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 0,05 %.

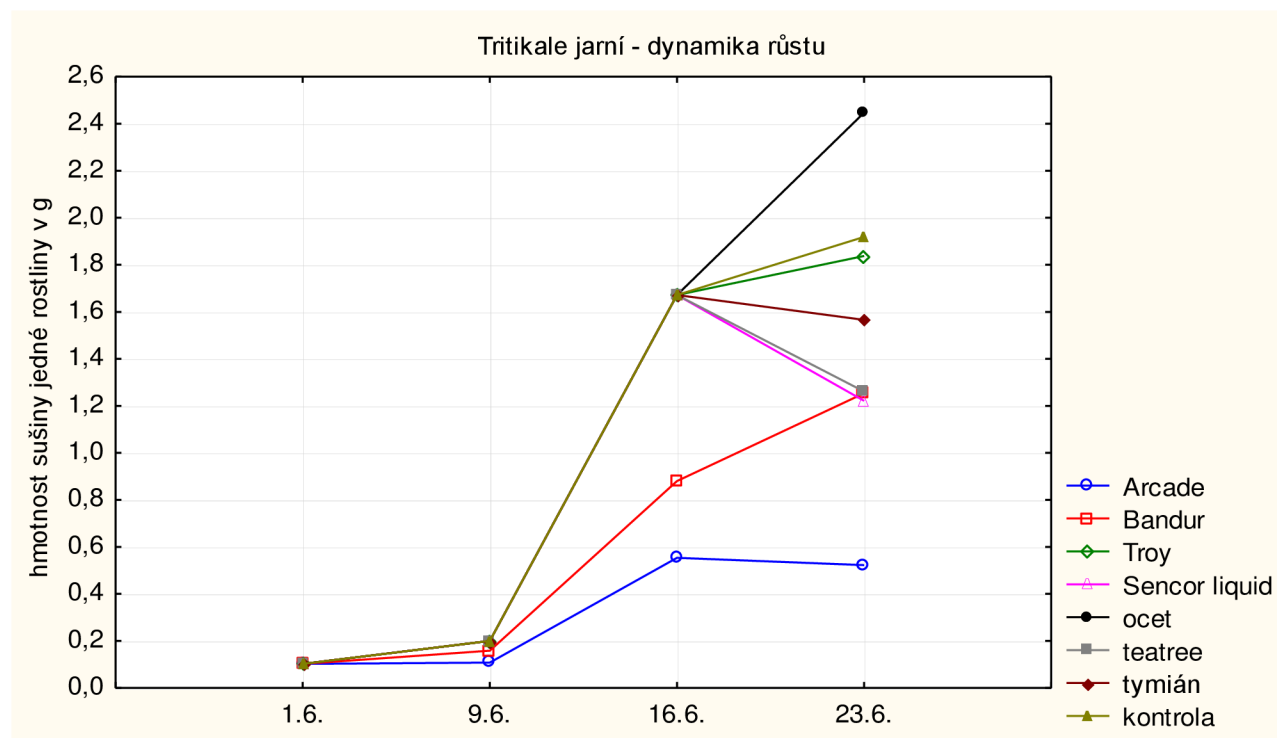
U bobu obecného také byly u většiny přípravků prokázán statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 0,05 % v porovnání s kontrolou. Pouze mezi tymiánovou silicí a kontrolou statisticky významný rozdíl prokázán nebyl. Přesto jsou na grafu č. 9 patrné značné rozdíly mezi jednotlivými přípravky. Zejména mezi přírodními látkami a běžnými POR. Nejmenší hmotnost z přírodních látek byla naměřená u octa, přesto má statisticky významný rozdíl mezi prostředkem Arcade, Bandur i Sencor liquid.



Graf č. 9: Množství sušiny jedné rostliny bobu obecného po ošetření herbicidními přípravky. Sloupce se stejnými indexy nemají mezi sebou statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 0,05 %.

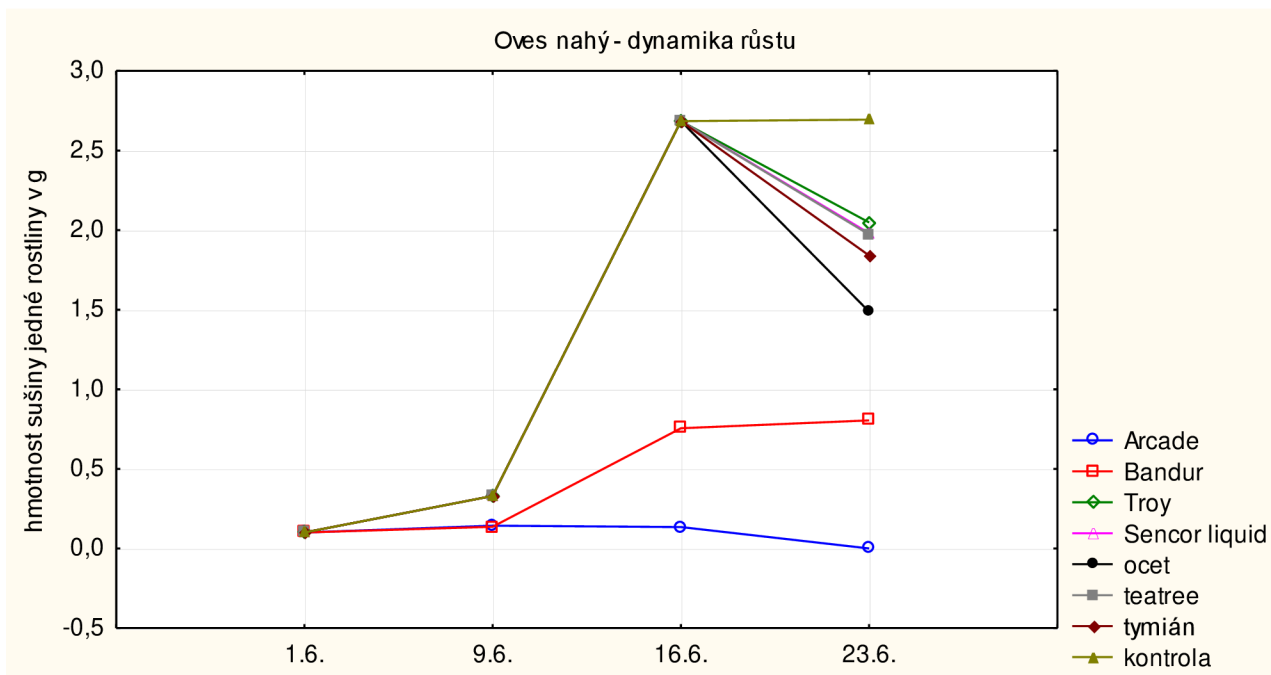
5.4 Dynamika růstu sledovaných plodin

Graf č.10 ukazuje dynamiku růstu tritikale jarní. Celkově porost tritikale jarní byl mnohem odolnější vůči (POR) a téměř zcela odolný vůči přírodním látkám. Porost ošetřený pomocí octu byl průměrně vyšší proti kontrole, což bylo způsobeno variabilitou porostu. Porost byl částečně zredukován pomocí tea tree oil a přípravku Sencor liquid.



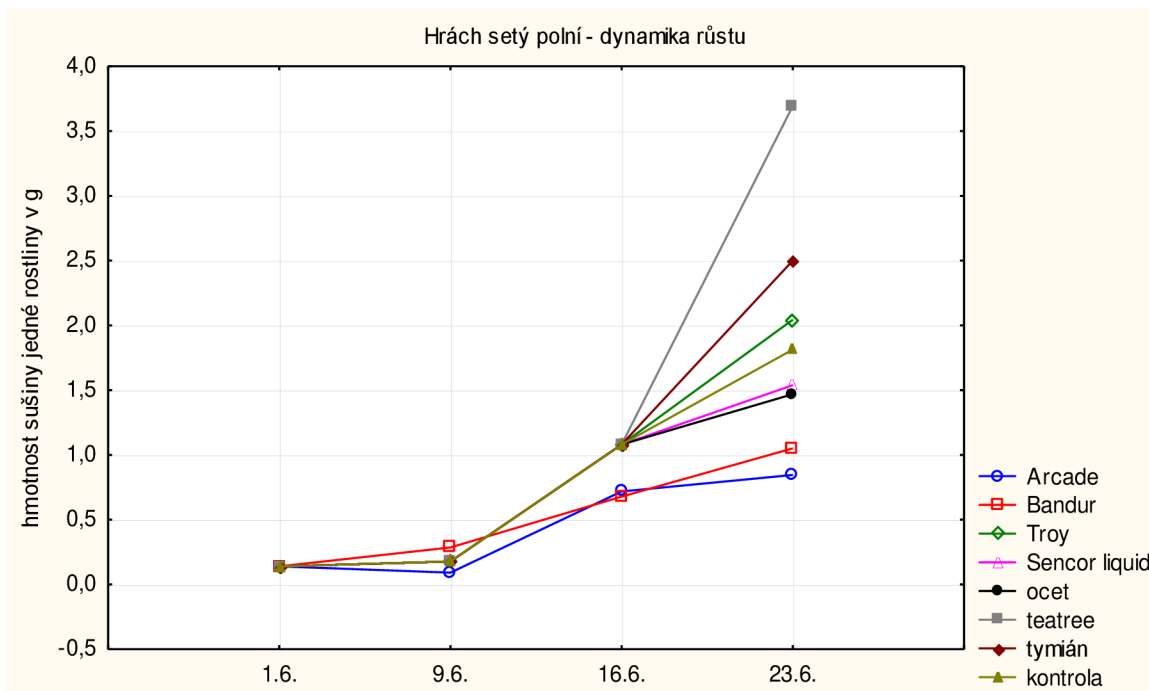
Graf č. 10 Dynamika růstu – tritikale jarní. Množství sušiny přepočítáno na 1 rostlinu.

Graf č.11 popisuje změny v množství naměření sušiny porostu ovsa ošetřené 2 preemergentními přípravky na ochranu rostlin (POR) a také 3 druhy alternativních přírodních látek. Hmotnost odebraných vzorků byla přepočítána na jednu rostlinu. Z chemických látek se byla zaznamenána nejvyšší účinnost postřiku Arcade, který postupně zcela úplně usmrtil sledovaný porost. Z přírodních látek nejlépe dopadl 1% roztok octa při dávce 200 l/ha. V době posledního odběru byl porost ošetřený octem o 45% zregulovaný oproti kontrole. Celkově postemergentní látky po aplikaci 16.6. zaznamenali částečný účinek.



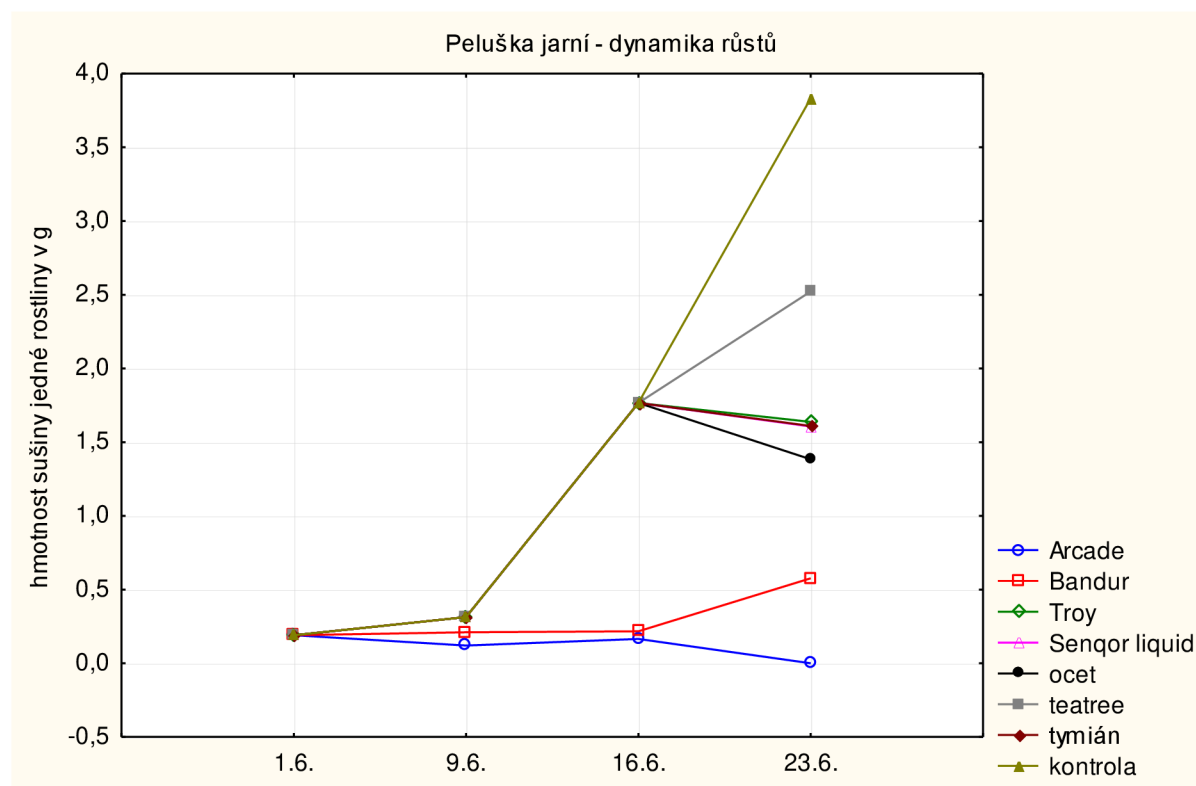
Graf č. 11 Dynamika růstu – oves nahý. Množství sušiny přepočítáno na 1 rostlinu.

Porost hrachu byl značně regulován preemergentními herbicidy Arcade a Bandur, které byli aplikovány v době, kdy porost hrachu setého byl vzrostlý. U postemergentních látek zapůsobil pouze přípravek Sencor liquid a z přírodních látek to byl ocet, jak je patrné na grafu č. 12. Zde je opět vidět variabilita porostu kdy průměrné hodnoty sušiny odebrané z porostu ošetřovaného pomocí tea tree oil a tymiánové silice převyšovaly hodnotu kontrolního odběru.



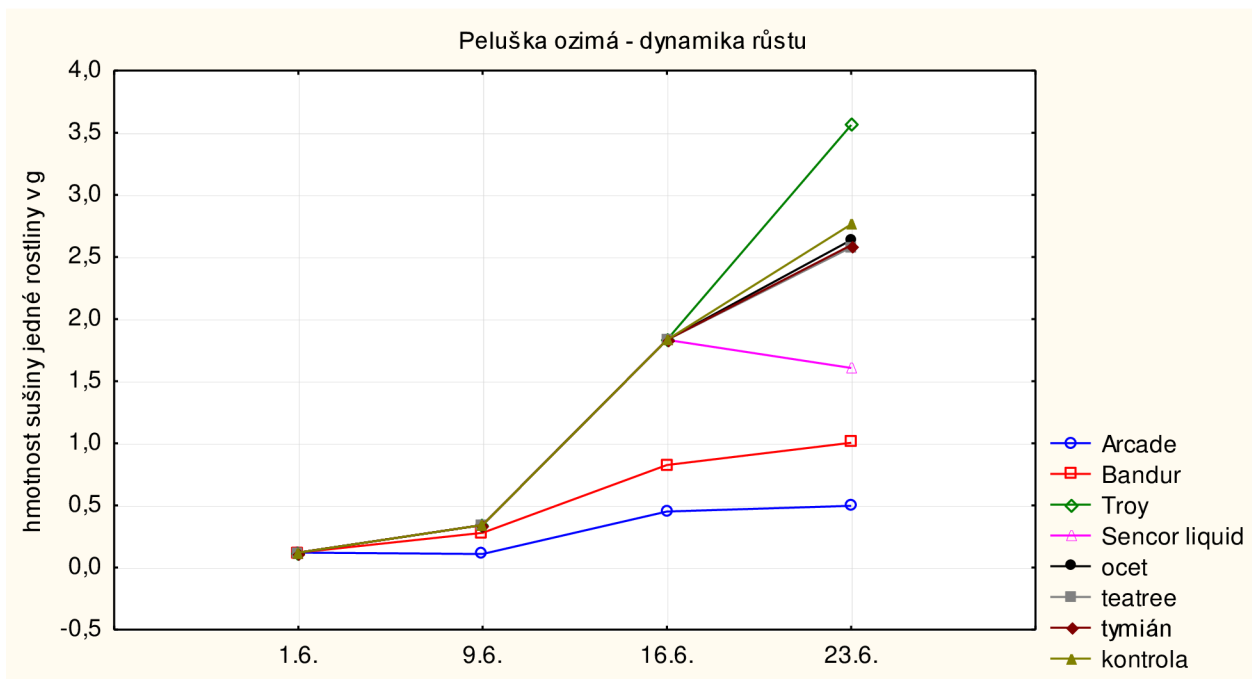
Graf č. 12 Dynamika růstu – hrách setý polní. Množství sušiny přepočítáno na 1 rostlinu.

Na grafu č. 13 je znázorněna dynamika růstu pelušky jarní. Po ošetření preemergentními POR byl porost téměř zcela regulován. Také postemergentní látky byly schopny regulovat porost pelušky včetně sledovaných přírodních látek.



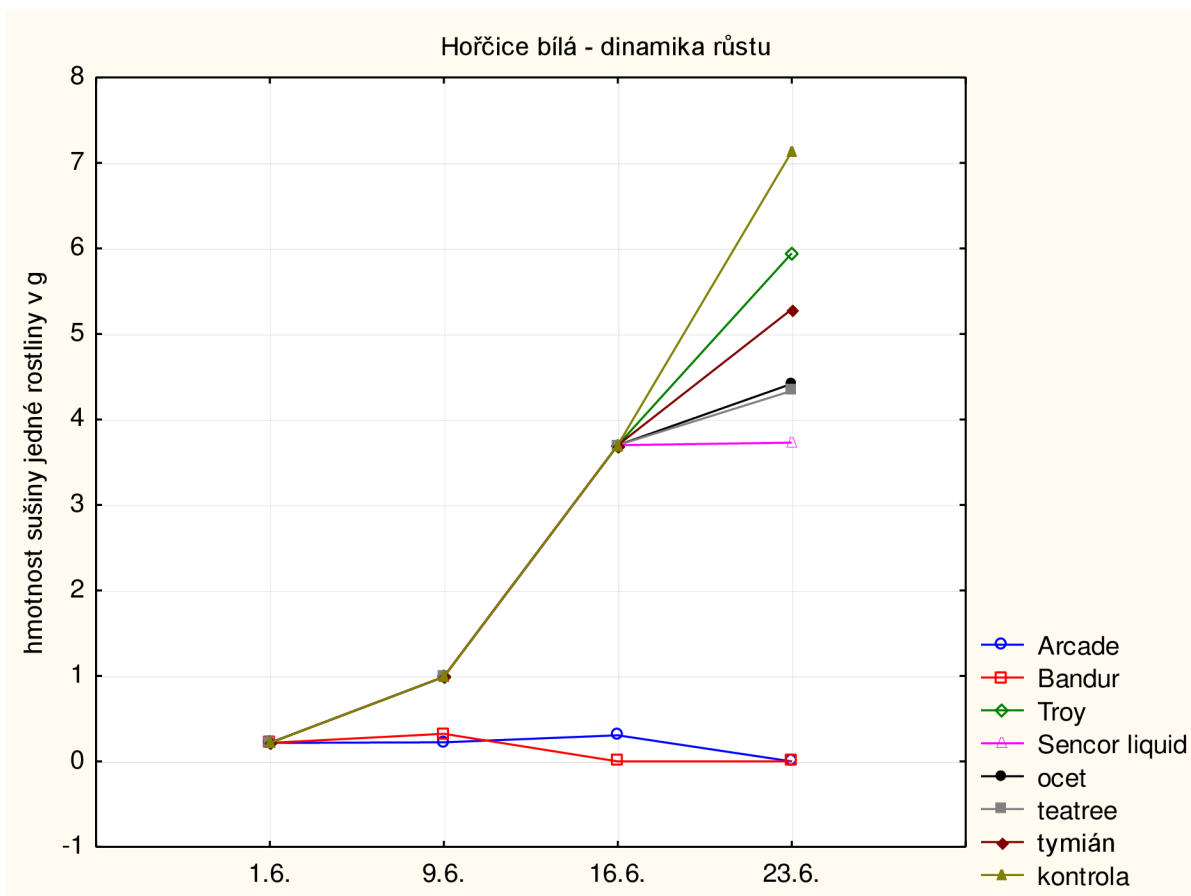
Graf č. 13 Dynamika růstu – peluška jarní. Množství sušiny přepočítáno na 1 rostlinu.

U porostu ozimé pelušky podle grafu č. 14 preemergentní POR výrazně regulovali porost. U látek postemergentních pouze Sencor liquid reguloval daný porost. Ostatní látky neovlivnili dynamiku růstu oproti kontrole.



Graf č. 14 Dynamika růstu – peluška ozimá. Množství sušiny přepočítáno na 1 rostlinu.

Hořčice bílá byla zcela usmrcena prostředky Arcade a Bandur, což dokazuje obrázek č.2. Postemergentní prostředky byly schopny jen částečně regulovat porost hořčice bílé. Z přírodních látek byly nejvíce efektivní ocet a tea tree oil což můžeme pozorovat na grafu č. 15.

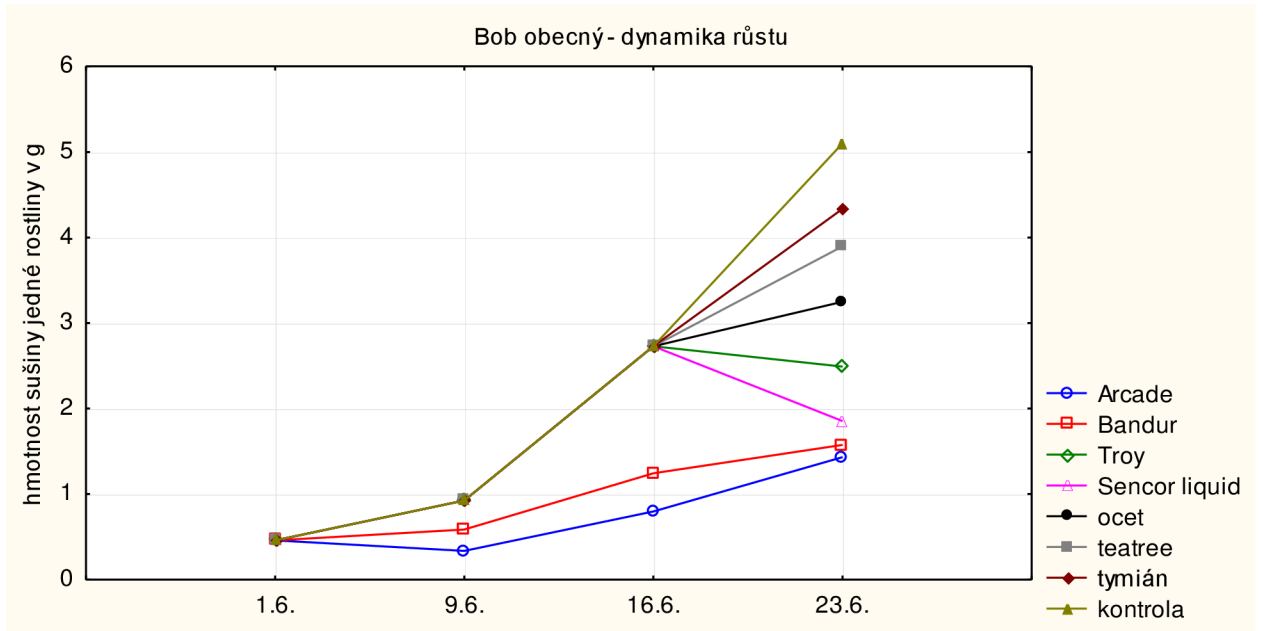


Graf č. 15 Dynamika růstu – hořčice bílá. Množství sušiny přepočítáno na 1 rostlinu.



Obrázek č. 2 hořčice bílá – 2 týdny po ošetření pomocí Arcade a Bandur (Autor: Pavel Procházka)

Na grafu č. 6 je vidět účinek preemergentních POR, které výrazně regulovali sledovaný porost. Následně schopnost regulace se ukázala u dalších dvou POR Troy a Sencor liquid. Alternativní přírodní látky výrazně neovlivnili sledovaný porost.



Graf č. 16 Dynamika růstu – bob obecný. Množství sušiny přepočítáno na 1 rostlinu.

6 Diskuze

Polní pokus vlivu různých typů herbicidních látek na několika meziplodinách využívaných na porostu brambor, prokázal že konvenční herbicidy jsou schopny účinně regulovat pomocné plodiny na porostu brambor. Herbicidy na bázi aclonifenu mohou úspěšně regulovat rostliny nejen preemergentně, ale i postemergentně (Kilinc 2011). Postemergentní aplikace preemergentního herbicidu s účinnou látkou metribuzin byly schopny regulovat porosty všech sledovaných pomocných plodin. Porost ovsa nahého byl zcela usmrčen bez jakýchkoliv zbytků porostu. Výsledky polního pokusu Palhano et al. (2018) ukázali, že některé herbicidy jako je atrazin, diuron a metribuzin snížili hustotu krycích luskovin o 23 až 40 % 14 dní po ošetření. Ve sledovaném pokusu preemergentní POR Arcade na bázi prosulfocarbu a metribuzinu účinně regulovaly většinu porostu pomocných plodin s účinností 45 % až 100 %. Tyto běžně pro porost brambor využívané látky mohou účinně regulovat porost pomocných plodin.

Postemergentní přípravek Sencor s účinnou látkou metribuzin ve většině případů prokázal schopnost regulovat porost. Alebrahim et al. (2012) uvádí schopnost metribuzinu postemergentně regulovat plevely na porostu brambor. Ovšem některé odrůdy brambor jsou náchylné na listovou aplikaci a může být snížen jejich výnos nebo velikost hlíz. Často se u brambor projevuje žloutnutí listů a zpomalení růstu. Někdy může dojít i k nekróze listů a zasychání, a v nejhorsích případech k úplnému odumření rostliny. Tyto příznaky však obvykle po krátké době odezní, ale růst rostlin se může zpomalit. Projevy závisí na teplotě vzduchu, slunečním záření a množství srážek. Je důležité zohlednit, jaká odrůda brambor je citlivá na použití metribuzinu (Kasal 2013).

Dalším ohrožením by mohla být mutace některých plevelů a jejich následná rezistence. Rezistence některých plevelů vůči účinné látce metribuzin byla popsána v několika studiích (Renner 1998, Mengistu et al. 2000, Lu et al. 2019). U plevelů se vyvinulo nejvíce možností rezistence než u jiných škodlivých činitelů, protože použití herbicidů je mnohem rozsáhlejší než použití jiných pesticidů, a protože produkce semen plevelu je tak velká. Objev a vývoj selektivních herbicidů je problematičtější než u insekticidů a fungicidů, protože ty musí rozlišovat pouze mezi hmyzem, nebo patogenem a rostlinou. Herbicidy jsou typicky selektivní mezi jednotlivými rostlinami, což znamená, že existují některé rostliny, které již mají přirozenou rezistenci vůči herbicidu, kterou mohou od rostliny získat i plevely. Navíc rezistence u plevelů se nepodobají rezistenci vůči antibiotikům, lékům a dalším pesticidům (Gressel 2009). Metribuzin je vysoce toxický pro sladkovodní mykrofyta a řasy. Pro ryby vykazuje střední toxicitu a je toxický i pro vodní rostliny. Pesticidy mohou mít také negativní vliv na zdraví člověka, ať už formou akutní toxicity, nebo i chronické. Některé studie dokazují karcinogenní i teratogenní účinky metribuzinu (Samir et al. 2020).

Dalším postemergentním přípravkem je prostředek Troy s účinnou látkou bentazone. Troy 480 je běžně využívaný postemergentní herbicid, který se aplikuje buď samostatně, nebo v kombinaci s dalším přípravkem. Například u je účinná látka bentazone běžně využívaná pro postemergentní ochranu bobu obecného pro kontrolu plevelů. Při nesprávné aplikaci však může významně poškodit porost bobu obecného (Vaculík 2019). S tím souhlasí také sledovaný pokus, kdy porost bobu obecného byl po ošetření přípravkem Troy

poškozen o 48 % oproti kontrolnímu měření. Naopak porost pelušky ozimé nebyl významně látkou bentazon poškozen, k tomuto závěru došlo i v práci Yenish (2002).

Vzhledem ke schopnosti plevelů vyvíjet odolnost vůči známým herbicidům se počet nástrojů pro regulaci plevelů, a zejména těch, které mohou regulovat plevele odolné vůči herbicidům, rychle snižuje. Proto existuje zdůvodnění k objevování herbicidů zaměřených na přírodní produkty, který těží ze strukturální rozmanitosti a vynalézavosti, kterou tyto biologicky aktivní sloučeniny poskytují (Dayan et al. 2012).

Jednou z přírodních látek, která by mohla sloužit ke kontrole plevelů je kyselina octová neboli ocet. V polním pokusu byl ocet aplikován 6 týdnů po zasetí pomocných plodin. Ocet byl schopný regulovat pomocnou plodinu v 5 ze 7 případů. Porost tritikale jarní nebyl postřikem octa zredukován oproti kontrole. Další plodinou odolnou vůči postřiku 1 % octa byla peluška ozimá. Podle Evanse (2009) účinnost octa závisí na druhu plevelu a jeho velikosti v době aplikace. V jeho polním pokuse uvádí až 83 % regulaci plevelů na porostu brambor po aplikaci 20 % octa (636 l/ha). Takto koncentrovaný ocet však způsobil velké ztráty na porostu brambor. Tento pokus byl aplikován také na porost kukuřice, kde způsobil škody na porostu, avšak ten se dokázal dostatečně zregenerovat a výsledný výnos nebyl výrazný. Brant et al. (2022) také popisuje částečný desikační účinek kyseliny octové (8 %). V polním pokusu u pelušky jarní byla prokázána schopnost redukovat porost oproti kontrole a vliv octa byl velmi podobný konvenčním postemergentním herbicidům. Ocet se ze 3 sledovaných přírodních látek prokázal nejlepší desikační účinek.

Druhou sledovanou přírodní látkou byl 1 % tea tree oil. Jeho desikační efekt byl prokázán rovněž u 5 ze 7 sledovaných pomocných plodin. Pouze u porostu hrachu setého a pelušky ozimé se porosty ošetřené pomocí tea tree oil nelišily od kontroly. V některých případech byly účinky tea tree oil téměř shodné s některými postemergentními herbicidy. Čajovníkový olej se využívá zejména ve farmacii a jeho účinky jakožto herbicidu, nejsou důkladně popsány. Ibáñez a Blázquez (2019) popisuje možnost postemergentní kontroly invazní rostliny ve Španělsku *Cortaderia selloana* pomocí čajovníkového oleje.

Tymiánová silice také prokázala částečný desikační účinek, ale pouze u 3 ze 7 sledovaných plodin. Regulován byl pouze porost pelušky jarní, ovsa setého a hořčice bílé. U hořčice bílé bylo pomocí tymiánové silice zredukováno 64 % porostu oproti kontrole. S tímto výsledkem souhlasí i práce Branta et al. (2022). U zbývajících plodin se porost ošetřený pomocí tymiánové silice výrazně nelišil od kontrolní plodiny.

7 Závěr

Na základě výš popsaných výsledků lze konstatovat, že vybrané látky by se daly aplikovat pro redukcii pomocných plodin na porostu brambor. Zároveň lze konstatovat, že přírodní látky s herbicidním účinkem mají na tyto plodiny mírný desikační efekt a jednoznačně vedou k retardaci růstu rostlin. Vzhledem k neselektivitě přírodních látek je třeba dbát na zonální aplikaci mezi hrůbky brambor, aby nebyla negativně ovlivněna hlavní plodina. Z hlediska nárůstu biomasy i možnosti regulace pomocí přírodních látek se nejvhodnější ukázaly porosty pelušky jarní a hořčice bílé.

Stanovisko k hypotézám:

„Porosty meziplodin lze regulovat pomocí přírodních látek.“

- Tato hypotéza **byla přijata**
- Většina sledovaných plodin byla alespoň částečně regulována přírodními látkami
- Při zvýšení koncentrace účinných látek existuje potenciál k úplné regulaci meziplodin

„Nelze prokázat statisticky významný vliv mezi účinností přírodních látek a konvenčních přípravků při regulaci porostů meziplodin.“

- Tato hypotéza **byla přijata**
- Postemergentní konvenční přípravky neprokázali statisticky významný rozdíl oproti přírodním látkám.
- V některých případech byly přírodní látky efektivnější v regulaci meziplodin, než postemergentní konvenční přípravky

Dále bylo zjištěno, že preemergentní konvenční herbicidy dokážou zcela eliminovat porost pomocné plodiny. Tento efekt může být v některých případech nežádoucí, protože po preemergentní aplikaci může nastat období, kdy pole nebude pokryto žádnou plodinou a bude vystaveno nežádoucím vlivům eroze.

Tato práce by mohla dále sloužit ke zkoumání vlivu pomocných plodin na okopaních a jejich efektivnímu a zároveň šetrnému ošetření. Zároveň je zde potenciál v kombinaci různých přírodních látek pro dosažení efektivnějšího účinku.

8 Literatura

Alebrahim MT, Majd R, Mohassel MR, Wilcockson S, Baghestani MA, Ghorbani R, Kudsk P. 2012. Evaluating the efficacy of pre-and post-emergence herbicides for controlling *Amaranthus retroflexus* L. and *Chenopodium album* L. in potato. *Crop Protection*. **1**(42):345-50.

Alexa E, Sumalan RM, Danciu C, Obistioiu D, Negrea M, Poiana MA, Rus C, Radulov I, Pop G, Dehelean C. 2018. Synergistic antifungal, allelopathic and anti-proliferative potential of *Salvia officinalis* L., and *Thymus vulgaris* L. essential oils. *Molecules*. **23**(1):185.

Alsaadawi IS, Tawfiq AA, Malih HM. 2017. Effect of allelopathic Sorghum Mulch on growth and yield of Faba Bean (*Vicia faba*) and companion weeds. *Journal of Plant Protection*. **12**, 123-7.

Auerswald K, Gerl G, Kainz M. 2006. Influence of cropping system on harvest erosion under potato. *Soil and Tillage Research*. **89**(1):22-34.

Ayalew H, Kumssa TT, Butler TJ, Ma XF. 2018. Triticale improvement for forage and cover crop uses in the southern great plains of the United States. *Frontiers in plant science*. **9**, 1130.

Badalíková B, Bartlová J. 2011. Podmínky dodržování ochrany půdy. *Farmář*. **17**(5): 36-37.

Badalíková B, Vašínská M. 2019 MEZIPLODINY CHRÁNÍ PŮDU PŘED NADMĚRNÝM VÝPAREM VODY. *Zahradnictví: Vědecká příloha*. Praha: Profi Press, 2019, **18**(11): 1-8.

Bischoff J, Tauchnitz N, Schrödter M. 2014. Bio-Strip-Till: Streifenbearbeitung kombiniert mit Zwischenfruchtanbau und platzierter Gülle-Depot-Düngung zur Verbesserung von Nährstoffeffizienz und Bodenstruktur. *Mitt.Ges. Pflanzenbauwiss*. **26**, 20-21.

Böhler D, Dierauer H. 2017. Messerwalze statt Glyphosat. *LOP Landwirtschaft ohne Pflug*. **5**: 39–43.

Božović M, Navarra A, Garzoli S, Pepi F, Ragno R. 2017. Essential oils extraction: A 24-hour steam distillation systematic methodology. *Natural product research*. **31**(20):2387-96.

Brant V, Balík J. 2008. Meziplodiny. Kurent. České Budějovice.

Brant V, Bečka D, Cihlár P, Fuksa P, Hakl J, Holec J, Chyba J, Jursík M, Kobzová D, Krček V, Kroulík M, Kusá H, Novotný I, Pivec J, Prokinová E, Růžek P, Smutný V, Škeříková M, Zábanský P. 2016. Pásové zpracování půdy (strip tillage). *Profi press*. 135.

Brant V, Neckář K, Pivec J, Duchoslav M, Holec J, Fuksa P, Venclová V. 2009. Competition of some summer catch crops and volunteer cereals in the areas with limited precipitation. *Plant Soil Environ*, **55**(1), 17-24.

BRANT V. 2019. Pásové výsevy meziplodin v pěstebních systémech kukuřice seté. Available from: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/pasove-vysevy-meziplodin-v-pestebnich-systemech-kukurice-sete> (Accessed October 2022).

BRANT V. 2022. Brukvovité meziplodiny. Agrární komora České republiky. Praha.

Clark A. 2008. Managing cover crops profitably. Diane Publishing.

Constantin J, Dürr C, Tribouillois H, Justes E. 2015 Catch crop emergence success depends on weather and soil seedbed conditions in interaction with sowing date: A simulation study using the SIMPLE emergence model. *Field Crops Research*. 176:22-33.

Čepl J. 2005. Ochrana brambor proti plevelům. Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod.

Černý I. 2003. Okopaniny. Ústav vědecko-technologických informací pre pľdohospodárstvo, Nitra, Nitra.

ČSÚ. 2021. Spotřeba potravin-2020. Český statistický úřad. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin> (accessed March 2023).

Dayan FE, Owens DK, Duke SO. 2012. Rationale for a natural products approach to herbicide discovery. *Pest management science*. **68**(4):519-28.

Dierauer H, Böhler D. 2017. Erbsen statt Glyphosat: Die Direktsaat von Biomais kann funktionieren. *Bioaktuell* 5, 14-15.

Diviš J. 2002. Regulace zaplevelení v porostech brambor. In: Collection of Scientific Papers, Faculty of Agriculture in České Budějovice, České Budějovice.

Dorn B, Stadler M, van der Heijden M, Streit B. 2013. Regulation of cover crops and weeds using a roll-chopper for herbicide reduction in no-tillage winter wheat. *Soil and Tillage Research*. 134:121-32.

Dorsainvil F, Dürr C, Justes E, Carrera A. 2005. Characterisation and modelling of white mustard (*Sinapis alba* L.) emergence under several sowing conditions. *European Journal of Agronomy* **23**(2), 146-158.

Echarte L, Della Maggiora A, Cerrudo D, Gonzalez VH, Abbate P, Cerrudo A, Sadras VO, Calvino P. 2010 Yield response to plant density of maize and sunflower intercropped with soybean. *Field Crops Research*, **121**(3), 423-429.

Evans GJ, Bellinder RR. 2009. The potential use of vinegar and a clove oil herbicide for weed control in sweet corn, potato, and onion. *Weed Technology*. **23**(1):120-8.

- Freyer B. 2003. Fruchtfolgen. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, Stuttgart, 230.
- Gressel J. 2009. Evolving understanding of the evolution of herbicide resistance. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*. **65**(11):1164-73.
- Harasim E, Antonkiewicz J, Kwiatkowski CA. 2020. The effects of catch crops and tillage systems on selected physical properties and enzymatic activity of loess soil in a spring wheat monoculture. *Agronomy*. **10**(3):334.
- Hartwig NL, Ammon HU. 2002. Cover crops and living mulches. *Weed science*. **50**(6):688-99.
- Hosnedl V, Hochman M. 1994. Základy pěstování hrachu. Institut výchovy a vzdělání MZe ČR v Praze, Praha.
- Huber R, Otto S. 1994. Environmental behavior of bentazon herbicide. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology: Continuation of Residue Reviews*. 111-34.
- Chapagain T, Riseman A. 2014. Barley–pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. *Field Crops Research* 166, 18-25.
- Chaubey MK. 2012. Biological effects of essential oils against rice weevil *Sitophilus oryzae* L.(Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. **15**(5):809-15.
- Ibáñez MD, Blázquez MA. 2019. Tea tree and wintergreen essential oils in the management of the invasive species *Cortaderia selloana* and *Nicotiana glauca*. *Journal of Plant Protection Research*. **59**(2):160-169.
- JASKULSKA I, JASKULSKI D, GAŁĘZEWSKI L. 2022. Peas and Barley Grown in the Strip-Till One Pass Technology as Row Intercropping Components in Sustainable Crop Production. *Agriculture*. **12**(2), 229.
- Kaci G, Blavet D, Benlahrech S, Kouakoua E, Couderc P, Deleporte P, Desclaux D, Latati M, Pansu MA, Drevon JJ, Ounane SM. 2018. The effect of intercropping on the efficiency of faba bean–rhizobial symbiosis and durum wheat soil-nitrogen acquisition in a Mediterranean agroecosystem. *Plant Soil Environ*. 3:138-146.
- Kasal P. 2013. Hodnocení odrůdové citlivosti brambor k postemergentní aplikaci metribuzinu v roce 2013. *Bramborářství*. **21**(4): 11-14.
- Kaur S, Singh HP, Mittal S, Batish DR, Kohli RK. 2010. Phytotoxic effects of volatile oil from *Artemisia scoparia* against weeds and its possible use as a bioherbicide. *Industrial Crops and Products*. **32**(1):54-61.

Ketterings QM, Swink SN, Duiker SW, Czymmek KJ, Beegle DB, Cox WJ. 2015. Integrating cover crops for nitrogen management in corn systems on northeastern US dairies. *Agronomy Journal*. **107**(4):1365-76.

Kilinc O. 2011. Aclonifen: The identikit of a widely used herbicide. *Afr. J. Agric. Res.* **6**(10):2411-9.

Kleinman PJA, Salon P, Sharpley AN, Saporito LS. 2005. Effect of cover crops established at time of corn planting on phosphorus runoff from soils before and after dairy manure application. *Journal of Soil and Water Conservation*, **60** (6) 311-322.

Konvalina P, Moudrý J, Kalinová J, Capouchová I, Stehno Z. 2008. Pěstování obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. České Budějovice.

KŘEN J, DUŠKOVÁ S. 2015. Systémy rostlinné výroby. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

Kubíková Z, Smejkalová H, HutYROVÁ H, Kintl A, Elbl J. 2022. Effect of Sowing Date on the Development of Lacy Phacelia (*Phacelia Tanacetifolia* Benth.). *Plants*. **11**(22):3177.

Kwiatkowski CA, Harasim E, Klikocka-Wiśniewska O. 2022. Effect of Catch Crops and Tillage Systems on the Content of Selected Nutrients in Spring Wheat Grain. *Agronomy*. **12**(5):1054.

Lenning Z, Scianna J, Jacobs J, Pokorny M. 2020. Effects of Seeding Depth and Mix Compatibility on the Establishment and Growth of Lacy Phacelia (*Phacelia tanacetifolia*). Bridger Plant Materials Center. Bridger.

Li C, HOFFLAND E, KUYPER TW, YU Y, ZHANG C, LI H, ZHANG F, VAN DER WERF W. 2020. Syndromes of production in intercropping impact yield gains. *Nature Plants*. **6**(6), 653-660.

Lithourgidis AS, Dordas CA, Damalas CA, Vlachostergios DN. 2011. Annual Intercrops: An Alternative Pathway for Sustainable Agriculture. *Australian Journal of Crop Science*. **5**(4): 396–410.

Lu H, Yu Q, Han H, Owen MJ, Powles SB. 2019. Metribuzin resistance in a wild radish (*Raphanus raphanistrum*) population via both psbA gene mutation and enhanced metabolism. *Journal of agricultural and food chemistry*. **67**(5):1353-9.

Lu Yao-Chi, Watkins KB, John R, Teasdale, Aref AB. 2000. COVER CROPS IN SUSTAINABLE FOOD PRODUCTION. *Food Reviews International*. **16**(2), 121-157.

Masango P. 2005. Cleaner production of essential oils by steam distillation. *J Cleaner Prod*. **13**:833–9.

- Mengistu LW, Mueller-Warrant GW, Liston A, Barker RE. 2000. psbA mutation (valine219 to isoleucine) in *Poa annua* resistant to metribuzin and diuron. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*. **56**(3):209-17.
- Moran PJ, Greenberg SM. 2006. Winter cover crops and vinegar as weed control techniques in sustainable cotton production. In *Proceedings of the 2006 Beltwide Cotton Conferences*. p.2188-2195.
- Muller CH, Muller WH, Haines BL. 1964. Volatile growth inhibitors production by aromatic shrubs. *Science* 143: 471-473.
- Neuschwandtner R, Ziegler K, Kriegner S, Wagentristsl H, Kaul HP. 2015. Nitrogen yield and nitrogen fixation of winter faba beans. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*. **65**(7):658-66.
- Orzech K, Zaluski D. 2020. Effect of companion crops and crop rotation systems on some chemical properties of soil. *Journal of Elementology* .**25**(3): 931-949.
- Palhano MG, Norsworthy JK, Barber T. 2018. Sensitivity and likelihood of residual herbicide carryover to cover crops. *Weed Technology*. **32**(3):236-43.
- Petr J. 2011. Pěstování jarního tritikale. *Úroda*. 59:2, 66-68.
- Quarles W. 2010. Alternative herbicides in turfgrass and organic agriculture. *Integrated Pest Management Practitioner*. **32**(5/6):1-8.
- Ramezani S, Saharkhiz MJ, Ramezani F, Fotokian MH. 2008. Use of essential oils as bioherbicides. *Journal of Essential oil bearing Plants*. **11**(3):319-27.
- Ren J, Zhang L, Duan Y, Zhang J, Evers JB, Zhang Y, Su Z, van der Werf W. 2019. Intercropping potato (*Solanum tuberosum* L.) with hairy vetch (*Vicia villosa*) increases water use efficiency in dry conditions. *Field Crops Research*. 240:168-76.
- Renner KA, Powell GE. 1998. Weed control in potato (*Solanum tuberosum*) with rimsulfuron and metribuzin. *Weed technology*. **12**(2):406-9.
- Restovich SB, Andriulo AE, Armas-Herrera CM, Beribe MJ, Portela SI. 2019. Combining cover crops and low nitrogen fertilization improves soil supporting functions. *Plant and Soil* **442**, 401-417.
- Samir D, Selma RM, Asma S. 2020. The effect of herbicide metribuzin on environment and human: A Systematic Review. *Pharmaceutical and Biosciences Journal*. 1:10-5.

Shaaban HA, El-Ghorab AH, Shibamoto T. 2012. Bioactivity of essential oils and their volatile aroma components. *Journal of Essential Oil Research*. **24**(2):203-12.

Shabnum S, Wagay MG. 2011. Essential oil composition of *Thymus vulgaris* L. and their uses. *J. Res. Dev.* 11:83-94.

Šarapatka B. 2010. *Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření*. Bioinstitut, Olomouc.

ŠIMON J, Škoda V, HŮLA J. 1999. *Zakládání porostů hlavních polních plodin novými technologiemi*. Agrospoj. Praha.

Šimon J. 1942. *Význam a možnosti pěstování meziplodin*. Česká akademie zemědělská. Praha.

Tongnuanchan P, Benjakul S. 2014. Essential oils: extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *Journal of food science*. **79**(7):1231-49.

Tyller R, Macháčková I, Pacák M. 1999. *Stručná metoda pěstování pícních druhů*. Agrospoj, Praha.

Vaculík A. 2019. *Ochrana porostů luskovin proti nežádoucímu zaplevelení*. Profí Press, Praha. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/ochrana-porostu-luskovin-proti-nezadoucimu-zapleveleni#:~:text=Postemergent%C3%AD%20aplikace%20v%20hrachu&text=jako%20opravu%2C%20lze%20vyu%C5%BE%C3%ADt%20%C4%8Dasn%C4%9B,pou%C5%BEit>. (Accessed March 2023).

Vach M, Haberle J, Javůrek M, Procházka J, Procházková B, Suškevič M, Neudert L. 2005. *Pěstování meziplodin v různých půdně-klimatických podmínkách České republiky*. ÚZPI, Praha.

Verret V, Gardarin A, Markowski D, Lorin M, Cadoux S, Butier A, Valantin-Morisson M. 2017. Assessment of the benefits of frost-sensitive companion plants in winter rapeseed. *European Journal of Agronomy*. 91, 93-103.

Wright CW. 2001. *Artemisia*. CRC Press, University of Brentford, United Kingdom.

Yasin M, Younis A, Javed T, Akram A, Ahsan M, Shabbir R, Ali MM, Tahir A, El-Ballat EM, Sheteiwy MS, Sammour RH. 2021. River tea tree oil: composition, antimicrobial and antioxidant activities, and potential applications in agriculture. *Plants*. **10**(10):2105.

Yenish JP, Eaton NA. 2002. Weed control in dry pea (*Pisum sativum*) under conventional and no-tillage systems. *Weed technology*. **16**(1):88-95.