

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: Katedra genetiky a speciální produkce rostlinné

Vedoucí katedry: prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Alelopatický potenciál rostlin konopí setého (*Cannabis sativa*)

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jana Pexová Kalinová, Ph.D.

Autor bakalářské práce: Tomáš Klejna

České Budějovice, 2020

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Tomáš KLEJNA
Osobní číslo: Z17294
Studijní program: B4131 Zemědělství
Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině
Téma práce: Alelopatický potenciál rostlin konopí setého (*Cannabis sativa*)
Zadávací katedra: Katedra genetiky a speciální produkce rostlinné

Zásady pro vypracování

Cílem práce je porovnat účinky konopí setého na růst modelových rostlin v laboratorních podmínkách a navrhnout možnost využití získaných poznatků.

Vlastní řešení práce bude probíhat podle následujícího schématu.

- 1) Shromáždění názorů domácích a zahraničních autorů na řešenou problematiku a shrnutí informací o kompetičních a alelopatických účincích konopí.
- 2) Založení polního pokusu pro odběr rostlinného materiálu.
- 3) Založení laboratorního pokusu. Formou biotestů bude vyhodnocen vliv klíčících semen, nadzemních částí, či extraktů na klíčení eventuálně vzházení semen dvou modelových rostlin, případně vybraných plevelů a kulturních druhů.
- 4) Statistické zpracování a vyhodnocení získaných dat a dále uspořádání v podobě tabulek grafů či obrazových příloh. Součástí vyhodnocení bude porovnání zjištěných výsledků s výsledky obdobných pokusů u dostupných prací a závěrečný souhrn získaných výsledků.

Rozsah pracovní zprávy: 25 – 30 stran
Rozsah grafických prací: 5 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam doporučené literatury:

Sladký V. (2004) Konopí, šance pro zemědělství a průmysl, Praha : ÚZPI, 64 s.

Fortenbery T.R., Bennet M. Opportunities for commercial hemp production. Review of Agricultural Economics. 26 (2004), 97-117

Bewley, J. D., Black M. Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination: Volume 2: Viability, Dormancy, and Environmental Control. Springer Science & Business Media, 2012.

Ogata, J., et al. „Detection method for the ability of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed germination by the use of 2, 3, 5-triphenyl-2H-tetrazolium chloride (TTC).“ Yakugaku zasshi: Journal of the Pharmaceutical Society of Japan 128 (2008): 1707-1711.

Pudelfko, K., Majchrzak L., Narožna D. Allelopathic effect of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) on monocot and dicot plant species. Industrial Crops and Products 56 (2014): 191-199.

Lisson, S. N., Mendham, N. J., Carberry, P. S. Development of a hemp (*Cannabis sativa* L.) simulation model 1. General introduction and the effect of temperature on the pre-emergent development of hemp. Animal Production Science 40 (2000): 405-411.

Small, E., Brookes, B. Temperature and moisture content for storage maintenance of germination capacity of seeds of industrial hemp, marijuana, and ditchweed forms of *Cannabis sativa*. Journal of Natural Fibers, 9, (2012): 240-255.

Databáze Web of Science a Scopus

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jana Pexová-Kalinová, Ph.D.
Katedra genetiky a speciální produkce rostlinné

Datum zadání bakalářské práce: 25. února 2019
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2020

V Českých Budějovicích dne 25. února 2019

prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA 
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentůvých 1888, 370 08 České Budějovice

L.S.

prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení:

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce.

Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Praze dne 23.6. 2020

Podpis:

Klejna Tomáš

Poděkování:

Chtěl bych zde touto cestou poděkovat vedoucí mé bakalářské práce doc. Ing. Janě Pexové-Kalinové, Ph.D. za její odborné rady, metodickou pomoc a za její trpělivost a ochotu.

Abstrakt:

Cílem práce bylo porovnat účinky klíčících semen, čerstvých květů a vodných extraktů z čerstvých a sušených částí (listů a květů) rostlin konopí setého na klíčení semen modelových plodin – pšenice seté, ovsa setého, hořčice bílé, lupiny úzkolisté, jetele plazivého a salátu hlávkového v laboratorních podmínkách.

Po 3 dnech klíčení byla měřena celková délka kořínků a prýtů. V jednotlivých variantách byl vyhodnocován relativní alelopatický efekt, průměrná klíčivost a statistická průkaznost. Sledován byl i vliv vzdálenosti klíčících semen od vzorků konopného materiálu.

Vliv klíčících semen konopí se s výjimkou ovsa setého neprokázal jako příliš významný. Vliv částí a vodných extraktů rostlin konopí byl tento:

- statisticky významný inhibiční účinek vodného extraktu sušeného květu na klíčení pšenice seté
- statisticky významný inhibiční účinek čerstvých květů a extraktu ze sušených listů kvetoucích rostlin na klíčení ovsa setého, zde je navíc statisticky významný vliv vzdálenosti klíčících semen od vzorku konopného materiálu
- statisticky významný inhibiční účinek čerstvých květů a extraktů čerstvých i sušených listů na klíčení hořčice bílé, zde je i vliv na hodnoty klíčivosti
- prakticky žádný nebo až stimulační vliv na klíčení bobovitých rostlin, konkrétně lupiny úzkolisté a jetele plazivého
- statisticky významný inhibiční účinek čerstvých květů a extraktu čerstvých listů na klíčení hlávkového salátu, opět s vlivem na průměrnou klíčivost

Klíčová slova: alelopatie, konopí seté, cannabis, klíčení semen, klíčivost, inhibiční účinek, extrakty

Abstract:

The aim of the work was to compare the effects of germinating seeds, fresh flowers and aqueous extracts from fresh and dried parts (leaves and flowers) of hemp plants on seed germination of model crops – wheat, oats, white mustard, narrow-leaved lupin, white clover and lettuce in laboratory conditions.

After 3 days of germination, the total length of the roots and shoots was measured. In individual variants, the relative allelopathic effect, average germination and statistical significance were evaluated. The effect of the distance of germinating seeds from samples of hemp material was also monitored.

The effect of germinating hemp seeds, with the exception of oats, has not proved to be very significant. The effect of parts and aqueous extracts of hemp plants was as follows:

- statistically significant inhibitory effect of the aqueous extract of the dried flower on the germination of wheat
- statistically significant inhibitory effect of fresh flowers and extract from dried leaves of flowering plants on the germination of oats, there is also a statistically significant effect of the distance of germinating seeds from the sample of hemp material
- statistically significant inhibitory effect of fresh flowers and extracts of fresh and dried leaves on the germination of white mustard, there is also an effect on average germination values
- practically no or stimulating effect on the germination of legumes: narrow-leaved lupins and white clover
- statistically significant inhibitory effect of fresh flowers and fresh leaf extract on lettuce germination, again with an effect on average germination

Keywords: allelopathy, hemp, cannabis, germination, inhibitory effect, extracts

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. ÚVOD..... | 9 |
| 2. LITERÁRNÍ PŘEHLED..... | 10 |
| 2.1 Konopí seté..... | 10 |
| 2.1.1 Historie pěstování a zpracování konopí..... | 10 |
| 2.1.2 Využití produktu..... | 11 |
| 2.1.3 Botanická charakteristika..... | 11 |
| 2.1.4 Legislativa..... | 13 |
| 2.1.5 Požadavky na stanoviště..... | 13 |
| 2.1.6 Osevní postup..... | 13 |
| 2.1.7 Agrotechnika..... | 13 |
| 2.1.8 Hnojení..... | 14 |
| 2.1.9 Ochrana rostlin..... | 14 |
| 2.1.10 Sklizeň a posklizňové zpracování..... | 15 |
| 2.1.11 Obsah chemických látek..... | 16 |
| 2.2 Alelopatie rostlin..... | 17 |
| 2.2.1 Úvod..... | 17 |
| 2.2.2 Alelochemikálie..... | 18 |
| 2.2.3 Působení alelopatie..... | 20 |
| 2.2.4 Alelopatika jako pesticidy..... | 22 |
| 2.2.5 Alelopatie v osevních postupech..... | 23 |
| 2.2.6 Alelopatie posklizňových zbytků a mulče..... | 24 |
| 2.2.7 Alelopatické rostliny..... | 25 |
| 2.3 Alelopatie konopí..... | 26 |
| 3. CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE..... | 29 |
| 4. METODIKA..... | 30 |
| 4.1 Polní pokus..... | 30 |
| 4.2 Charakteristika použité odrůdy konopí..... | 30 |
| 4.3 Odběr vzorků..... | 30 |
| 4.4 Laboratorní pokus..... | 31 |
| 4.4.1 Materiál..... | 31 |
| 4.4.2 Test vlivu klíčících semen konopí na klíčení semen referenčních plodin..... | 31 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.4.3 | Test vlivu nadzemních částí a extraktů z rostlin konopí na klíčení semen referenčních plodin..... | 32 |
| 4.5 | Statistické zpracování naměřených dat..... | 34 |
| 5. | VÝSLEDKY..... | 35 |
| 5.1 | Test vlivu klíčících semen konopí na klíčení semen referenčních plodin..... | 35 |
| 5.2 | Test vlivu nadzemních částí a extraktů z rostlin konopí na klíčení semen referenčních plodin..... | 37 |
| 5.2.1 | Pšenice setá..... | 37 |
| 5.2.2 | Oves setý..... | 39 |
| 5.2.3 | Hořčice bílá..... | 40 |
| 5.2.4 | Lupina úzkolistá..... | 42 |
| 5.2.5 | Jetel plazivý..... | 43 |
| 5.2.6 | Salát hlávkový..... | 45 |
| 6. | DISKUZE..... | 46 |
| 7. | ZÁVĚR..... | 48 |
| 8. | PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ..... | 49 |
| 9. | PŘÍLOHY..... | 51 |

1. ÚVOD

Intenzivní nadužívání syntetických chemických prostředků na ochranu rostlin před škůdci a plevely – pesticidů, je závažným celosvětovým problémem a environmentální zátěží, kterým působila a stále negativně působí zejména převládající konvenční zemědělská výroba na půdu, vodu a biodiverzitu v kulturní krajině.

Tento stav není v takové míře do budoucna slučitelný se základními principy setrvale udržitelného zemědělství, které je jedním z důležitých cílů evropské zemědělské politiky.

Přitom překvapivě široké možnosti ochrany kulturních plodin a zabezpečení jejich výnosů přináší příroda sama. Kromě například biologické ochrany využitím přirozených antagonistů škůdců plodin (predátoři a parazitoidi) se nabízí i přirozená ekologická vlastnost některých rostlin – alelopatický efekt.

Jeho principem je často selektivní působení na okolní rostliny (příp. i živočichy) prostřednictvím celé škály přírodních chemických látek uvolňovaných alelopatickou rostlinou různými způsoby do prostředí, což jí přináší užitek a výhody.

Této schopnosti vybraných rostlin může zemědělec efektivně využít ve svůj prospěch například už jenom jejich zařazením do osevního postupu nebo jejich využitím jako krycích plodin a smíšených kultur. Potřebný efekt mají často i posklizňové zbytky a mulč těchto plodin.

V neposlední řadě jsou alelochemikálie inspirací i pro výrobu přírodních a ekologicky šetrných pesticidů nové generace se selektivním účinkem a snadnou odbouratelností.

Za jednu z perspektivních alelopatických plodin je považováno i konopí seté (*Cannabis sativa L.*), na které se zaměřuji právě v této práci.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 KONOPÍ SETÉ

2.1.1 Historie pěstování a zpracování konopí

Konopí seté znali a využívali lidé už od 4. tisíciletí př.n.l. Z vláken se vyráběla hlavně plátna a pevné provazy a lana, využívala se donedávna též jako různá těsnění (koudel). Využití našla také v papírenské výrobě. Semena se používala k výrobě konopného oleje. V období středověku byly hlavními výrobky lanová a plachty pro námořnictvo a potřeby pro vojsko. S nástupem dovozu bavlny a později výroby syntetických vláken došlo k významnému snižování ploch, na kterých se konopí pěstovalo. K určité obnově zájmu a nárůstu osevních ploch došlo až v meziválečném období (PETŘÍKOVÁ, 2015).

V době po 2. světové válce nastalo opět omezení pěstování konopí, hlavně v důsledku zákona z roku 1937, který prosadila ve Spojených státech silná průmyslová lobby a učinila tak z konopí v rámci ostré kampaně proti drogám zakázanou plodinu (MOUDRÝ, 2011).

Pouze několik tisíc hektarů představovala z důvodu různých protidrogových kampaní výměra konopí v 70. až 80. letech v Evropě. Pěstovalo se dále zejména ve Francii (pro papírenství), na Balkáně a v SSSR, kde jsou ovšem tehdejší výměry neznámé (SLADKÝ, 2004).

Na našem území bylo pěstování konopí zcela přerušeno v roce 1988, zejména kvůli velké náročnosti na ruční práce během sklizně a absenci vhodné mechanizace, např. strojů pro sklizeň. K určité obnově pěstování u nás došlo až mezi roky 1996 a 1999 (PETŘÍKOVÁ, 2015).

K 31. květnu 2019 činily osevní plochy konopí setého na území České republiky celkem 400 ha, z toho nejvíce v jihomoravském (197 ha), jihočeském (86 ha) a královéhradeckém (64 ha) kraji. Oproti roku 2018, kdy byly registrované osevní plochy 786 ha, se tak jednalo o pokles téměř na polovinu (ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, 2020).

2.1.2 Využití produktu

Produkty pěstování konopí setého mají mimořádně široké využití. Hlavní surovinou je biomasa (pazdeří a vlákno) a semeno. Vlákno se používá zejména v textilním průmyslu pro výrobu celé škály produktů, od krajek až po lana, více než 5 tisíc rozličných výrobků. Pazdeří (tj. stonky po oddělení vláken) mají využití ve stavebnictví, třeba na izolační materiály, v automobilovém průmyslu na různé součástky a výplně, v papírenství a pro energetické využití, např. pro výrobu briket, ale i jiných paliv a elektřiny. Semena mají využití hlavně v potravinářském průmyslu, ať už přímo nebo pro výrobu vysychavého konopného oleje. Dále se uplatní i ve farmaceutické výrobě a kosmetice, třeba na výrobu mastí a krémů a v řadě dalších odvětví (PETŘÍKOVÁ, 2015).

2.1.3 Botanická charakteristika

Konopí (*rod Cannabis*) zařazujeme spolu s chmelem (*rod Humulus*) do samostatné čeledi konopovitých (*Cannabaceae*). Obvykle rozlišujeme tři druhy konopí – konopí seté (*Cannabis sativa L.*), konopí indické (*Cannabis indica Lam.*) a konopí plevelné (*Cannabis ruderalis Janisch.*). Odlišují se od sebe hlavně strukturou dřevnatého oddenku, vzrůstem a velikostí nažek (KUBÁNEK, 2009).

Konopí seté (viz. obrázek č.1 a č.2) se dále dělí na tři různé formy. Forma jižní, která je původní, dozrává za 130 – 180 dnů, dorůstá do 3,5 až 4 metrů a je typická poměrně malým výnosem semen, ale poskytuje hodně jemného vlákna. Forma severní, která se u nás prakticky nepěstuje, má vegetační dobu 60 – 80 dnů, výšku do 0,8 metru a nevelký výnos semen i vlákna. Poslední je přechodná forma, vzniklá křížením dvou předchozích a uplatňuje se ve střední Evropě, tedy i u nás. Má vegetační dobu 90 až 120 dnů, výšku 1,7 až 2,5 metru (občas až 3,5 m) a slušný výnos semene i stonku (SLADKÝ, 2004).

Konopí je hodně náročné na vodu, půdu i techniku pěstování, ale poměrně odolné k škůdcům i chorobám. Je to jednoletá jednodomá nebo dvoudomá rostlina středoasijského původu. Rostliny samičí (tzv. hlavaté) jsou tmavěji zelené, statnější a více olistěné. Jejich růst do výšky je pomalejší než u samčích. Samčí rostliny (tzv. poskonné) mají světlejší barvu listů a šedo zelený vrchol, jsou také štíhlejší a vyšší (MOUDRÝ, 2011).

V obvyklém porostu je cca 47% samičích a 53% samčích rostlin. Rostliny jsou větrosnubné a samosprašné. Jejich kolmý, křivý hlavní kořen proniká obvykle 30 až 40 cm hluboko pod zem, na hlubokých půdách to ale mohou být až dva metry. Díky tomu je v půdě stabilní a nepoléhá. Lodyha v průběhu vegetace zesponu dřevnatí a podíl vláken se pohybuje mezi 13,5 a 19,5 %. Listy jsou 3-13ti četné, dlanité a střídavé. Hmotnost tisíce semen je cca 20 g (8 až 26 g). Vejčítá nažka je jednosemenná. Klíčivost semen už třetím rokem klesá na pouhých 30 až 40 % (PETŘÍKOVÁ, 2015).



Obr.č.1: Semeno konopí (BÁRTOVÁ, 2020)



Obr.č.2: Rostlina konopí (VESELÝ, 2020)

2.1.4 Legislativa

Pěstování a zpracování konopí v České republice upravuje zákon z 20. května 2004, kterým se mění zákon č. 167/1998 Sb., o návykových látkách, a zákon č. 2/1969 Sb. Zakazuje pěstovat druhy a odrůdy rostlin konopí (rod *Cannabis*), které mohou obsahovat více než 0,3% látek ze skupiny tetrahydrokanabinolů. Pro pěstování konopí na výměře nad 100 m² platí ohlašovací povinnosti u místně příslušných celních úřadů (ANONYM, 2020).

2.1.5 Požadavky na stanoviště

Konopí přechodného typu je u nás možno pěstovat ve většině úrodnějších oblastí. Vysévá se obvykle až po tzv. ledových mužích. Malé rostliny vydrží i slabé mrazíky do -4 °C. Jsou v tomto směru citlivější než len. Než dojde k zesílení kořenů je potřeba dostatečné množství vláhy a nevysychavé hlubší půdy. V pozdějších fázích růstu odolává díky délce svých kořenů i přísuškům. Konopí spotřebuje 1,5 až 2 násobek vody proti obilovinám (cca 700 l / kg sušiny). Úroveň srážek v červnu a červenci (maximální růst) by neměla klesnout pod 500 mm (SLADKÝ, 2004).

Maximálních výnosů lze dosáhnout na dobře připravených úrodných hlinitých až hlinitopísčitých půdách s lehce zásaditou až neutrální reakcí. Nevhodné jsou půdy kyselé a také mělké písčité či kamenité stejně jako jílovité. Pro efektivní strojní sklizeň je třeba vyrovnaná polní úrodnost, aby bylo dosaženo stejného vzrůstu a doby dozrávání v době sklizně (KUBÁNEK, 2009).

2.1.6 Osevní postup

Rostlina není na zařazení do osevního postupu náročná. Nejlepšími předplodinami jsou ty, které ponechají v půdě dostatek živin, hlavně dusíku. Patří sem například jeteloviny, luskoviny, kukuřice a okopaniny. Je běžné zařadit konopí mezi dvě obiloviny a také dobře snese pěstování samo po sobě. Konopí je výborná předplodina, které ponechá půdu v dobrém stavu. Pokud se pěstuje stejný druh na semeno, je nutná alespoň pětiletá pauza (MOUDRÝ, 2011).

2.1.7 Agrotechnika

Základem je na podzim orba hluboká 0,2 až 0,3 m, která je vhodná i k zaorání zejména statkových hnojiv. Na jaře je třeba provést důkladnou předseťovou přípravu a po zasetí půdu válet pro rovnoměrné vzcházení. Seje se nejdříve na konci dubna, případně až na

začátku května a to do hloubky 2 až 3 cm. Šířka řádků má být kolem 20 až 25 cm. Při pěstování čistě na vlákno se vysévá 100 kg/ha osiva, jinak stačí 80 kg/ha osiva pro pěstování na vlákno i semeno současně a pouze 20 – 30 kg/ha osiva u porostů pouze na sklizeň semene, kde se také zvětší šířka řádků na 40 až 60 cm (PETŘÍKOVÁ, 2015).

2.1.8 Hnojení

Na podzim je pod konopí vhodná zaorávka chlévského hnoje 20 až 40 t/ha spolu s jednou až dvěmi třetinami P-K hnojiv, dusíkatá hnojiva a zbytek P-K hnojiv se aplikují až na jaře. Tehdy se přihnojuje 70 až 100 kg N na hektar a doplní se 30 až 60 kg K se zapravením. Pokud se pěstuje konopí na semeno, přihnojí se navíc 30 až 60 kg/ha P. Všechna dusíkatá hnojiva se musí aplikovat před setím, fosfor lze doplnit i později v kapalně formě. Vápníkem se hnojí na podzim nebo k předplodině, nikdy přímo. Oproti jiným plodinám je konopí také velice náročné na hořčík. Odběr základních živin na 1 t produktů je uveden v tabulce č. 1 (BJELKOVÁ, 2017).

| Odběr živin pro výnos | |
|-----------------------|------------|
| 1 t suchých stonků | 1 t semene |
| 19 kg N | 64 kg N |
| 5 kg P | 17 kg P |
| 12 kg K | 42 kg K |
| 15 kg CaO | 62 kg CaO |

Tab.č.1: Odběr živin na produkci 1 t produktů (BJELKOVÁ, 2017)

2.1.9 Ochrana rostlin

Na rozdíl od většiny ostatních plodin nevyžaduje konopí tak razantní ochranu proti nemocem a škůdcům. Důležité je použití kvalitního osiva ve správném termínu a na kvalitně připravené, nezaplevelené půdě. Z případných škůdců lze uvést mšici konopnou (*Phyrodon cannabis* Pass.), housenky můry gama (*Autographa gamma* L.) nebo dřepčíka chmelového (*Psylliodes attenuata* Koch.) či zavíječe kukuřičného (*Ostrinia nubilalis* Hubn.). Nejzávažnější chorobou je asi bílá hniloba, kterou způsobuje hlízenka obecná (*Sclerotinia sclerotiorum* Masse.). Dále lze zmínit také plíseň šedou (*Botrytis cinerea* Pers.) a fuzariózu (*Giberella pulicaris* Sacc.). Novější odrůdy konopí vykazují velkou rezistenci proti napadení (SLADKÝ, 2004).

Konopí seté je považováno za plodinu s velkou kompetitivní schopností proti převážné části běžných plevelných druhů. Zejména v počátečních růstových a vývojových

fázích může být ale konopí potlačováno některými rychle vzcházejícími plevely. Může se jednat o jednoděložné i dvouděložné plevelné rostliny, jejichž zastoupení je na daném místě podobné jako u ostatních jarních plodin. Z vytrvalých plevelů jde o pcháč oset (*Cirsium arvense* L.) a pýr plazivý (*Elytrigia repens* L.). Mezi jednoděložné jednoleté můžeme zařadit oves hluchý (*Avena fatua* L.), ježatku kuří nohu (*Echinochloa crus-galli* L.) a plevely lipnicovité (*Poaceae*) nebo béry (*Setaria*). Nejvíce rozšířené jsou jednoleté dvouděložné plevelné rostliny, např. hořčice rolní (*Sinapis arvensis* L.), svízel přítula (*Galium aparine* L.), kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris* L.), penízek rolní (*Thlaspi arvense* L.), ředkev ohnice (*Raphanus raphanistrum* L.) a dále různé laskavce (*Amaranthus* sp.), rdesna (*Polygonum* sp.) a merlíky (*Chenopodium* sp.). Jelikož nejsou pro konopí v České republice povoleny žádné herbicidní přípravky, zůstává klíčová správná předseťová příprava a další agrotechnická opatření (BJELKOVÁ, 2017).

2.1.10 Sklizeň a posklizňové zpracování

Dříve se konopí sekalo ručně a skládalo do snopků v kterých semena dozrála a uschla. V současnosti se sklízí kombajnem v době, kdy jsou semena v dolní půlce květenství samičích jedinců v plné zralosti a v horní půlce v mléčné. Později hrozí vypadávání semen. Sklizeň se začíná brzy ráno či za vlhka, aby se omezilo vypadávání semen. Sklizeň na produkci vlákna se provádí v době plného květu samčích rostlin nebo po začátku opadu listů (MOUDRÝ, 2011).

Pro sklizeň je nutná speciální technika, protože houževnaté stonky konopí se namotávají na otáčivé části strojů. Proto byly provedeny různé úpravy standardních strojů, např. sklízecích mlátiček, které oddělí semena a stonky s listy pokládají do řádku na pole (viz. obrázek č. 3). Ty se pak po doschnutí slisují do balíků pro energetické nebo technické využití. Dále byla provedena úprava řezaček, které krátí stonky na délku 50 až 60 cm a případně další specializované sklízecí stroje, vyvinuté např. v Německu nebo Nizozemí (PETŘÍKOVÁ, 2015).

Po sklizni se semeno čistí a dosouší tak, aby byla jeho vlhkost nižší než 9%, čímž se zabrání plesnivění a zapaření. Při využití na vlákno se ve speciálním drtiči předdrcuje koudelová sláma a při tom dojde k oddělení vlákna od stonků. Dále se zpracovávají na

koudelovém stroji v tírnách. Pro energetické využití se provádí řezání, rozdrůžování nebo peletizace, zpracování je nesnadné i po sklizni (MOUDRÝ, 2011).



Obr.č.3: Sklizeň konopí v Nizozemí (MARTINJ, 2019)

2.1.11 Obsah chemických látek

V rostlinách konopí můžeme nalézt relativně velké množství látek patřících k primárním i sekundárním metabolitům. Je popsáno přes 421 sloučenin, většina z nich patří k látkám v rostlinách běžným. Třeba 18 aminokyselin, 20 jednoduchých kyselin, 35 sacharidů, amidy, aminy, alkoholy, aldehydy, ketony, laktony a estery, vitamíny, pigmenty a uhličitany. K sekundárním metabolitům patří např. silice (z 85% terpeny – monoterpeny a seskviterpeny), flavoidní glykosidy a alkaloidy, steroidy a nekanabinoidové fenoly. Specifická je hlavně přítomnost kanabinoidů, které nebyly zatím nalezeny v jiných druzích rostlin. Vytvářejí se hlavně v plodech a žláznatých listenech, které obalují květy (tzv. konopné plevy). Právě zastoupení a množství kanabinoidů je klíčové pro psychoaktivní a další biologické účinky pryskyřice (KUBÁNEK, 2009).

2.2 ALELOPATIE ROSTLIN

2.2.1 Úvod

Alelopatie rostlin je „chemická válka“ mezi rostlinami, kterou jedna rostlina působí na druhou, aby ji potlačila a využila výhod, které jí z toho plynou. Slovo alelopatie pochází ze dvou řeckých slov: „allelon“ a „pathos“, kde allelon znamená „navzájem“ a pathos znamená „trpět“. Ve fenoménu rostlinné alelopatie tedy alelopatické rostliny vytvářejí nepříznivé podmínky pro ostatní sousední rostliny tím, že snižují zejména jejich klíčivost a růst semenáčků. Alelopatické rostliny jsou velmi účinné při ničení plevelů a jsou známé jako přírodní „zabijáci plevelů“ (REZA, 2016).

Termín alelopatie byl poprvé použit v roce 1937 rakouským vědcem Hansem Molischem v jeho knize „Der Einfluss einer pflanze auf die Andere – Allelopathie“. Nejprve byla zkoumána v lesnických systémech. Alelopatie může ovlivňovat mnoho aspektů rostlinné ekologie, např. výskyt a růst rostlin, sukcesí rostlin, struktury rostlinných společenstev, dominanci, rozmanitost a produktivitu rostlin. Zpočátku výzkum ukazoval, že mnoho hodnocených lesních druhů mělo negativní alelopatické účinky na pěstované kulturní plodiny, ale v 80. letech byl zahájen výzkum s cílem identifikovat druhy, které by měly prospěšné, neutrální nebo selektivní účinky na doprovodné plodiny (plevele). Počáteční výzkum vycházel z pozorování špatné regenerace lesních druhů, poškozování kulturních plodin a snižování jejich výnosu, problémů s výsadbou stromů a výskytu plevelu prostých zón a dalších souvisejících změn ve společenstvech rostlin (FERGUSON, 2013).

Termín alelopatie upřesnil E. L. Rice v roce 1984, když ji definoval jako jakýkoli přímý i nepřímý, škodlivý nebo prospěšný účinek jedné rostliny (včetně mikroorganismů) prostřednictvím produkce chemických sloučenin, které uvolňuje do životního prostředí. V roce 1996 Mezinárodní alelopatická společnost (International Allelopathy Society) rozšířila svou definici alelopatie na jakýkoli proces zahrnující sekundární metabolity produkované rostlinami, mikroorganismy, viry a houbami, které ovlivňují růst a vývoj zemědělských a biologických systémů. Navíc by měli být mezi alelopatické donory i akceptory zahrnováni i živočichové (CHENG, 2015).

Použití syntetických chemických sloučenin v zemědělství přineslo do dnešního světa různé typy ekologických a environmentálních katastrof. Tyto toxické chemikálie

vážně poškozují ekologickou rovnováhu a přinášejí mnoho nebezpečných chorob. Proto se zvýšila poptávka po udržitelném zemědělství a ekologických alternativách k chemickým sloučeninám. Alelopatie rostlin je skvělou alternativou k použití toxických chemických herbicidů v regulaci plevelů (REZA, 2016).

2.2.2 Alelochemikálie

Alelochemikálie se neřadí mezi živiny, jsou produkovány hlavně jako sekundární rostlinné metabolity nebo produkty rozkladu mikrobů a jsou vlastně aktivním médiem alelopatického efektu. Skládají se z různých skupin chemických látek a jsou klasifikovány do následujících 14 kategorií na základě chemické podobnosti:

-ve vodě rozpustné organické kyseliny, alkoholy s přímým řetězcem a alifatické aldehydy a ketony

-jednoduché nenasycené laktony

-mastné kyseliny a polyacetyleny s dlouhým řetězcem

-benzochinon, antrachinon a komplexní chinony

-jednoduché fenoly, kyselina benzoová a její deriváty

-kyselina skořicová a její deriváty

-kumariny

-flavonoidy

-taniny

-terpenoidy a steroidy

-aminokyseliny a peptidy

-alkaloidy a kyanohydriny

-sulfidy a glukosinoláty

-puriny a nukleosidy

Regulátory růstu rostlin včetně kyseliny salicylové, kyseliny gibberellové a ethylenu jsou také považovány za alelochemické látky. Rychlý pokrok analytické technologie v posledních letech umožnil izolovat a identifikovat i nepatrné množství alelochemikálií a provádět sofistikované strukturální analýzy těchto molekul (CHENG, 2015).

Alelochemikálie jsou směsmi různých sloučenin, které často mají větší alelopatický účinek než jako samotné jednotlivé sloučeniny. Kromě toho různé fyziologické a environmentální stresy jako: škůdci a nemoci, intenzita slunečního záření, herbicidy a nedostatečná hladina živin, vlhkost a teplota, mohou také ovlivnit alelopatické potlačení plevelů. Různé části rostlin jako květy, listy, opadanka a mulč listů, stonky, kůra, kořeny a jejich výluhy mohou mít alelopatickou aktivitu, která se v průběhu vegetačního období mění. V půdě mohou také přetrvávat alelopatické chemikálie, ovlivňující jak sousední rostliny, tak samotnou rostlinu, která je jejich zdrojem. Protože jsou alelochemikálie rostlinného původu, mohou být snáze biologicky rozložitelné než tradiční herbicidy, ale také mohou mít nežádoucí účinky na necílové druhy, což vyžaduje ekologické studie před rozšířeným použitím (FERGUSON, 2013).

Alelochemikálie se uvolňují do životního prostředí přirozenými cestami, jako je těkavost, vyluhování listů, rozklad zbytků nebo exudace z kořenů. Aktivita alelochemikálií se liší také podle použitých extrakčních technik. Při extrakci se může přirozené složení alelochemických látek poněkud změnit, což je třeba mít při výzkumu na paměti (CHENG, 2015).

Při zkoumání alelopatického potenciálu by se měl brát v úvahu jak typ, tak i množství alelochemikálií uvolňovaných rostlinami. Interakce, jako je synergie a antagonismus mezi různými alelochemikáliemi musí být brány v potaz, protože jedna látka nemusí vykazovat alelopatickou aktivitu jednotlivě, ale až ve spojení s jinými, navíc třeba jen v určitém poměru (ALBUQUERQUE, 2010).

Typ a množství uvolňovaných alelochemikálií závisí na kombinaci samotné rostliny (rostlinné faktory) a environmentálních faktorů. Mezi rostlinné faktory patří druh,

odrůda, růstové stadium a typ pletiv. Rostliny ze stejného prostředí nebo taxonomicky blízké nemusí nutně vykazovat podobnou produkci sekundárních metabolitů a proto nemusí vylučovat stejné množství nebo druh alelochemikálií a tedy ani mít podobné alelopatické účinky. Alelochemikálie mohou být degradovány poté, co byly uvolněny do půdy. Jejich poločas rozkladu se liší od několika hodin do několika měsíců, což je hlavně spojeno s jejich koncentrací, typem půdy, půdními enzymy a půdní mikrobiální populací a strukturou společenství (CHENG, 2015).

Čas, podmínky prostředí a druh pletiva rostliny se promítají do rozdílů v alelochemických koncentracích v produkční rostlině. Například výluhy listů blahovičnicku (*Eucalyptus*) jsou pro některé plodiny toxičtější než výluhy z jeho kůry. Alelopatický potenciál povijnice káhirské (*Ipomoea cairica*) je významně vyšší při vyšších teplotách prostředí. Půdní biota může snižovat alelopatický potenciál nestarky (*Ageratina adenophora*). Kostřava červená (*Festuca rubra*) infikovaná houbovým endofytem produkuje více alelochemikálií než rostliny, které nebyly infikovány (FERGUSON, 2013).

2.2.3 Působení alelopatie

Alelopatické rostliny uvolňují chemické látky ze svých kořenů, rozkladem rostlinných částí nebo smyvem z povrchu rostliny do půdy a tyto chemikálie potlačují nebo dokonce zabíjejí sousední rostliny, když jsou jimi absorbovány. Některé alelochemikálie mění množství produkce chlorofylu v rostlině a tak zpomalují nebo zastavují proces fotosyntézy, což nakonec vede k potlačení nebo smrti této rostliny (REZA, 2016).

Alelochemikálie (hlavně fenolické) mohou měnit obsah regulátorů růstu rostlin nebo vyvolat nerovnováhu v různých fytohormonech, což inhibuje růst a vývoj rostlin, například s ohledem na klíčivost semen a růst semenáčků (YANG, 2005).

Alelochemikálie také inhibují růst rostlin ovlivňováním různých stupňů dýchání, jako je přenos elektronů v mitochondriích, oxidační fosforylace, tvorba CO₂ a aktivita enzymu ATP. Tyto chemikálie mohou snížit příjem kyslíku, což zabraňuje oxidaci NADH, inhibuje aktivitu enzymu syntézy ATP, snižuje tvorbu ATP v mitochondriích,

narušuje oxidativní fosforylaci rostlin a nakonec inhibuje dýchání. Na druhé straně mohou i stimulovat uvolňování CO₂, což dýchání podporuje (CHENG, 2015).

Mezi běžně citované účinky alelopatie patří snížená klíčivost semen a růst sazenic. Stejně jako u syntetických herbicidů, neexistuje žádný jednotný typ účinku ani fyziologické cílové místo pro všechny alelochemické látky. Je však známo, že působení některých alelochemikálií zahrnuje vliv na dělení buněk, klíčení pylu, absorpci živin, fotosyntézu a funkci specifických enzymů. Například Golisz (2011) zkoumal účinek alelochemické látky známé jako velvetbean, 3- (3', 4'-dihydroxyfenyl) -l-alanin (l-DOPA), inhibice touto sloučeninou je způsobena nepříznivými účinky na metabolismus aminokyselin a rovnovážnou koncentraci železa (FERGUSON, 2013).

Některé alkaloidy se mohou vázat na DNA a zvýšit její štepnu teplotu, zatímco jiné mohou inhibovat DNA polymerázu a zabránit transkripci a translaci DNA, další mohou inhibovat biosyntézu proteinů. Alelochemikálie mohou kromě transportu inhibovat také absorpci aminokyselin, což narušuje syntézu proteinů a ovlivňuje růst buněk. Všechny fenolické kyseliny mohou ovlivnit integritu DNA a RNA. To naznačuje, že pozorovaný alelopatický jev je částečně výsledkem interakce alelochemikálií s těmito základními cíli, jako je DNA, RNA, proteinová biosyntéza a související procesy (CHENG, 2015).

Mnoho alelochemikálií ovlivňuje vstřebávání živin v kořenech rostlin nebo vyvolává vodní stres díky dlouhodobé inhibici využití vody. Alelochemikálie mohou inhibovat aktivity enzymu Na⁺ / K⁺ -ATPázy zapojené do absorpce a transportu iontů na buněčné plazmatické membráně, což potlačuje buněčnou absorpci K⁺, Na⁺ nebo jiných iontů. Účinky alelochemikálií na absorpci iontů úzce souvisí s alelochemickými koncentracemi a klasifikacemi. Například nízká koncentrace dibutylftalátu zvyšuje absorpci N, ale snižuje absorpci P a K. Vysoká koncentrace této chemikálie však inhibuje absorpci N, P a K. Podobně například nízká koncentrace difenylaminu stimuluje absorpci N a K, ale inhibuje absorpci P kořeny rajčat (GENG, 2009).

Mnoho alelopatických rostlin uvolňuje alelochemikálie v plynných formách tyto látky jsou nazývány jako volatilní a jsou uvolňovány především ze siličnatých rostlin. Tyto

plynné alelochemikálie jsou uvolňovány z malých pórů jejich listů. Když sousední rostliny absorbují tyto plyny, jsou potlačeny nebo zabity (REZA, 2016).

2.2.4 Alelopatika jako pesticidy

Základním přístupem používaným v alelopatickém výzkumu zemědělských plodin je screening plodin i přirozené vegetace z hlediska jejich schopnosti potlačovat plevele. Aby byla alelopatie prokázána, musí být určen rostlinný původ a produkce alelochemikálií a také jejich přetrvávání v životním prostředí v průběhu času v koncentracích dostatečných pro ovlivnění rostlin. V laboratoři jsou rostlinné extrakty a výluhy běžně testovány, zda mají účinky na klíčení, což je pak ověřováno v skleníkových a polních pokusech. Rovněž je třeba zvážit interakce mezi alelopatickými rostlinami, pěstovanými plodinami a jinými necílovými organismy. Kromě toho může alelochemie poskytnout základní struktury nebo šablony pro vývoj nových syntetických herbicidů. Studie objasnilly specifické alelochemikálie zapojené do potlačování plevelů, např. benzoxanoidy v žitu (*Secale*), diterpenoidní momilaktony v rýži (*Oryza*), alkaloidy a flavonoidy u kostřavy (*Festuca*), antratekton a naftotekton u teky obrovské (*Tectona grandis*), beta-d-glukopyranosylester kyseliny abscisové v borovici smolné (*Pinus resinosa*) nebo mastná kyselina cyklopropenová u sterkulie (*Sterculia foetida*) (FERGUSON, 2013).

Alelochemikálie lze využít jako přírodních herbicidů nebo pesticidů. Z různých rodů suchozemských a vodních rostlin lze izolovat různé třídy alelochemikálií, včetně alkaloidů, flavonoidů, kyanogenních sloučenin, derivátů kyseliny skořicové, benzoxazinů a ethylenu a některých dalších stimulátorů klíčení semen. Tyto alelochemikálie jsou přímo nebo potenciálně fytotoxické pro mnoho plevelných rostlin (REZA, 2016).

Studium alelochemikálií umožňuje šlechtění plodin s nízkým množstvím fytotoxických zbytků ve vodě a půdě. Jsou vhodnou náhradou syntetických herbicidů, protože alelochemikálie nemají reziduální nebo toxické účinky, ačkoli účinnost a specifita mnoha alelochemikálií je omezená. S tím je spojené snížení vstupu

chemických pesticidů a následného znečištění životního prostředí (MACIAS, 2003, BHADORIA, 2011).

Alternativně by aplikace alelopatických sloučenin před syntetickými herbicidy, společně s nimi nebo po nich mohla zvýšit celkový účinek obou látek a tím snížit aplikační dávky syntetických herbicidů. Bylo popsáno několik pokusů o aplikaci vodných extraktů z alelopatických rostlin na plodiny za účelem potlačení plevelů. Např. Awan (2012) použil na pšenici extrakt z řepky, čiroku a slunečnice, aby se snížil tlak plevelů. Když byl vodní extrakt smíchán s atrazinem, bylo dosaženo významné míry potlačení plevelů pšenice se sníženou dávkou herbicidu. Rezidua slunečnice s předset'ovou aplikací herbicidu Treflan zase zlepšila potlačení plevelů u bobu obecného (FERGUSON, 2013).

Další možností využití alelochemikálií v boji proti plevelům je genetický přenos vlastností divokých rostlin do komerčních plodin (REZA, 2016).

2.2.5 Alelopatie v osevních postupech

Použití alelopatických rostlin při společném pěstování může agroekosystému přinést velkou výhodu. Selektivně alelopatická rostlina může být použita jako doprovodná plodina pro hlavní pěstovanou plodinu. Selektivně alelopatická rostlina potlačí určité plevele a přitom nenaruší růst hlavní plodiny. Ukázalo se, že u řady druhů plodin, jako je kukuřice, lupina, oves, řepa, pšenice, hrách, proso, ječmen, žito atd. se při společném pěstování dosahuje potlačení řady plevelů (REZA, 2016).

Intercropping neboli pěstování smíšených kultur je běžnou praxí mezi zemědělci v rozvojových zemích pro maximalizaci zdrojů živin v půdě a snížení rizika selhání při pěstování jediné plodiny. Hustotu populace plevelů a produkci plevelné biomasy lze výrazně snížit pomocí systémů střídání plodin a smíšených kultur. Např. zařazení čiroku (*Sorghum bicolor* L.), sezamu (*Sesamum indicum* L.) a sóji (*Glycine max* L.) do smíšené kultury s pěstovanou bavlnou (*Gossypium hirsutum* L.) přináší větší výnosy vlákna a významnou inhibici plevele šáchoru hlíznatého (*Cyperus rotundus* L.) ve srovnání s bavlnou pěstovanou samostatně. Dále např. pěstování lilku (*Solanum*

melongena L.) spolu s česnekem (*Allium sativum L.*) je úspěšnou kultivační praxí pro lepší růst lilku a dosažení vyššího výnosu (CHENG, 2015).

2.2.6 Alelopatie posklizňových zbytků a mulče

Alelopatická plodina může být potenciálně použita k ničení plevelů výsadbou odrůdy s alelopatickými vlastnostmi, buď jako krycí plodina, v rotaci osevního postupu nebo pokud je ponechána jako posklizňový zbytek nebo mulč, zejména na pozemcích s nízkým výskytem plevelů, pro omezení jejich následného růstu. Například Ebrahimi (2012) zjistil, že žitný mulč má potlačující účinky na laskavec a šruchu zelnou, ale neměl žádný účinek na sléz a merlík. Dále využití ředkve seté jako podzimní krycí plodiny vede k snížení výskytu plevelů v následující sezóně. Příklad hořčičné moučky získané z hořčice bílé (*Sinapis alba*) do půdy se ukazuje jako účinný pro potlačení plevelů např. v ekologicky pěstované sladké cibuli (FERGUSON, 2013).

Alelopatické rostliny někdy způsobují určité přetrvávající problémy s půdou. Například zbytky některých alelochemikálií mohou existovat v půdě po dlouhou dobu i po odstranění rostliny, což má za následek “únavu půdy” a způsobuje, že některá místa nejsou dočasně vhodná pro další pěstování plodin. Takže alelopatické rostliny musí být využívány rozvážně (REZA, 2016).

Využití alelopatie, při mulčování slámy, zajišťuje regulaci plevelů a snižuje negativní dopad zemědělství na životní prostředí. Slaměný mulč zvyšuje obsah organických látek v půdě a také úrodnost půdy. Může však také mít negativní účinky zvýšením poměru C: N v půdě. Schulz (2013) zjistil, že sláma zelené pšenice (*Triticum aestivum L.*) inhibuje růst plevelů rodu *Ipomoea* (povijnice) v polích kukuřice (*Zea mays L.*) a sóji (*Glycine max L.*), čímž snižuje potřebu aplikace herbicidů. Schulz (2013) dále uvádí, že mulč žita (*Secale cereale L.*) významně snižuje klíčivost a růst několika agronomicky problematických trav a širokolistých plevelů. Transformační reakce žitných alelochemikálií v půdě – benzoxazinoidů, vedou primárně k produkci fenoazinonů, které mohou být degradovány několika specializovanými houbami. Z důvodu jejich selektivity a pravděpodobně omezené perzistence v půdě jsou benzoxazinoidy nebo zbytky žita vhodným prostředkem k ničení plevelů (CHENG, 2015).

2.2.7 Alelopatické rostliny

Ačkoli značné množství rostlin v přírodě vykazuje alelopatické chování, tak alelopatie není běžným jevem pro všechny druhy rostlin. Některé rostliny a stromy, známé jako alelopatické, jsou například: ořešák černý (*Juglans nigra*), pajasan žláznatý (*Ailanthus altissima*), škumpa vonná (*Rhus aromatus*), rýže (*Oryza sativa*), hrách (*Pisum sativum*), čirok (*Sorghum bicolor*) atd. Ořešák černý je specializovaná alelopatická rostlina, která obsahuje alelopatické látky v listech, pupenech, kořenech i plodech. Je také známo, že do půdy vylučuje látku zvanou juglon, která je respiračním inhibitorem některých rostlin (REZA, 2016).

Byla také popsána selektivní aktivita stromových alelochemikálií na zemědělských plodinách a jiných rostlinách. Zhao (2012) uvádí, že například leucéna bělohlavá (*Leucaena leucocephala*), „zázračný strom“ propagovaný pro revegetaci, ochranu půdy a vody a výživu hospodářských zvířat v Indii, obsahuje v listech toxickou, neproteinovou aminokyselinu, která inhibuje růst jiných stromů, ale nikoli vlastních sazenic. Dále zjistil, že druhy rodu *Leucaena* snižují výnos pšenice, ale zvyšují výnos rýže. Ferguson (2013) uvádí, že výluhy z hluchavkovité rostliny rodu drmek (*Vitex*) nebo javoru jasanolistého (*Acer negundo*) mohou zpomalit růst rosičky (*Digitaria eriantha*), ale stimulovat růst „bluestem“ (*Schizachyrium*) a další pastvinářské trávy. Mnoho invazivních rostlin může mít alelopatii jako strategii pro své šíření. Studie (Zhao, 2012) v Číně zjistila, že 25 z 33 známých škodlivých plevelů mělo významný alelopatický potenciál (FERGUSON, 2013).

Některé parazitické plevele produkují semena, která klíčí v reakci na chemické sloučeniny uvolňované z jejich hostitelů. Reza (2016) uvádí, že například záraza (*Orobanche*), parazitická rostlina obilnin, klíčí v reakci na p-benzochinonovou sloučeninu uvolněnou z přirozeného hostitele – čiroku. Etylen také účinně stimuluje klíčení zárazy v nepřítomnosti hostitele. Použitím alelochemikálií ke stimulaci sebevražedného klíčení semen plevelů se tak sníží počet dormantních semen v půdě (REZA, 2016).

2.3 ALELOPATIE KONOPÍ

Agnieszka Synowiec (2016) uvádí, že rostliny technického konopí (*Cannabis sativa* L.) vykazují konkurenční a alelopatickou aktivitu vůči plevelům. Ve své práci se zaměřila na posouzení alelopatické účinnosti esenciálního oleje (silice) získaného z květenství rostlin konopí odrůdy „Bialobrzeskíe“. Použitím GC-MS spektrometrie zjistila, že je složen převážně z mono- a seskviterpenových uhlovodíků. Testovala klíčení tří plodin a pěti plevelů v přítomnosti různých dávek esenciálních olejů konopí. Olej byl účinným inhibitorem klíčení a růstu sazenic v závislosti na dávce. Jako nejcitlivější se ukázal laskavec ohnutý (*Amaranthus retroflexus* L.) a sveřep stoklasa (*Bromus secalinus* L.). Naopak nejodolnější byla vůči esenciálnímu oleji řepka olejka (*Brassica napus* L.) a oves (*Avena*) (SYNOWIEC, 2016).

Krzysztof Pudelko (2014) zkoumal účinky vodních extraktů konopí (*Cannabis sativa* L.) na klíčivou energii a rychlost klíčení jednoděložných plodin: pšenice jarní (*Triticum aestivum* asp. *Vulgare* L.), žito ozimého (*Secale cereale* L.) a také dvouděložných: lupiny žluté (*Lupinus luteus* L.) a ozimé řepky olejky (*Brassica napus* ssp. *oleifera* L.). V pokusech aplikoval vodný extrakt v koncentracích 0,1, 0,5, 2,5 a 10 % a jako kontrolu použil vodu. Průběh klíčení sledoval denně a po 7 dnech změřil počet, délku a hmotnost kořínků a listů. Zjistil, že konopný extrakt snížil rychlost klíčení jednoděložných rostlin, zatímco u řepky byl účinek závislý na koncentraci. Vysoké koncentrace (2,5 a 10 %) rychlost klíčení snížily, ale nízké koncentrace měly naopak stimulační účinek. Semena lupiny klíčila dobře, ale u vysokých koncentrací se po 4 dnech semenáčky rozpadly nebo vykazovaly špatný růst a abnormální gravitropismus. Počet semenných kořenů pšenice koreloval s koncentrací extraktu konopí a zvýšil se z 4,7 (při 0%) na 6 (při 10%). Všechny čtyři druhy produkovaly kratší kořeny při nejvyšší koncentraci extraktu, řepka také při 2,5 %ním (PUDELKO, 2014).

Singh (2003) studoval(a) fytotoxické účinky listových výluhů samičích rostlin konopí setého (*Cannabis sativa* L.) na morfologické a biochemické parametry sambaby obecné (*Parthenium hysterophorus* L.). Výluhy sušených listů způsobily maximální snížení biologické aktivity sambaby. Intenzita inhibice fyziologických procesů sambaby klesala v pořadí: výluh sušených listů > výluh čerstvých listů > kontrola. Výluhy snížily klíčivost semen, průměrnou hmotnost zralé rostliny a obsah pigmentu.

Obsah bílkovin a aktivita nitrátreduktázy měly klesající trend v korelaci se zvyšováním koncentrace výluhu listů (SINGH, 2003).

Rueda-Ayala (2015) prováděl(a) laboratorní testy biochemických účinků kořenových a výhonkových extraktů různých krycích plodin. Pozorované účinky byly inhibiční, hormetické nebo kombinované na růst kořenů lociky salátové (*Lactuca sativa L.*), bėru zeleného pravého (*Setaria viridis L.*), laskavce ohnutého (*Amaranthus retroflexus L.*) a kukuřice seté (*Zea mays L.*) K výraznějším inhibičním účinkům došlo u vysoce koncentrovaných rostlinných extraktů. Kostřava červená (*Festuca rubra L.*), oves hřebíkatý (*Avena strigosa L.*) a konopí seté (*Cannabis sativa L.*) byly druhy krycích plodin s nejsilnějším inhibičním biochemickým účinkem na lociku, kukuřici a plevelu (RUEDA-AYALA, 2015).

Aisha Umer (2010) uvádí výsledky studie zkoumající mimo jiné alelopatickou aktivitu konopí setého (*Cannabis sativa L.*), ve které se ukázalo výrazné snížení růstu obou použitých testovacích (receptorových) rostlin – hrachu setého (*Pisum sativum L.*) a pšenice seté (*Triticum aestivum L.*). Nejvyšší koncentrace (5 g listů) zcela zpomalila růst plumuly i radikuly u obou plodin. Vodné extrakty 3 g listů, kořenů a stonků a extrakt 1 g listů vykazaly až 60%ní snížení růstu radikuly hrachu, ale růst plumuly se pohyboval mezi 38 až 70% u všech koncentrací extraktu. U pšenice byly výsledky různé, extrakty 5 g stonku a 3 g kořene inhibovaly růst plumuly i radikuly až o 100%, zatímco 3 g listu vykazovaly 100%ní inhibici plumuly, ale jen velmi mírný účinek na růst radikuly. Pouze extrakty 3 g stonku ukázaly největší procentuální účinek jak na růst plumuly tak i radikuly - 58 a 39% (UMER, 2010).

Homa Mahmoodzadeh (2015) studoval(a) alelopatický účinek vodných extraktů prýtu i kořenů rostlin konopí setého (*Cannabis sativa L.*) o koncentracích 25, 50, 75 a 100 % na klíčení semen lociky salátové (*Lactuca sativa L.*). Pro kontrolní variantu použil destilovanou vodu. Zjistil, že vodné extrakty prýtu konopí o vysokých koncentracích 75 a 100 % mají inhibiční účinek na ukazatele klíčivosti semen salátu. Extrakty prýtu o dvou nižších koncentracích (25 a 50 %) neměly statisticky významný vliv. Vodné extrakty kořene konopí neměly inhibiční účinek, naopak v koncentracích 50, 75 a 100 % vykazovaly stimulační účinek na délku kořenů i stonků salátu (MAHMOODZADEH, 2015).

Antonella Smeriglio (2019) vedla studii, ve které mimo jiné analyzovali chemické složení esenciálních olejů (silic) získaných ze zbytkového materiálu zpracování průmyslového konopí (*Cannabis sativa L. var. FUTURA 75*) pomocí plynové chromatografie (GC-FID a GC-MS) a také prováděli test fyto toxické aktivity in vitro na klíčení semen několika referenčních rostlin – ředkve seté (*Raphanus sativus L.*), řeřichy seté (*Lepidium sativum L.*), lociky salátové (*Lactuca sativa L.*), rajčete jedlého (*Solanum lycopersicum L.*), jílku mnohokvětého (*Lolium multiflorum Lam.*) a šruchy zelné (*Portulaca oleracea L.*). Ve vzorku konopí detekovali 79 různých sloučenin, nejhojnější třídu představovali seskviterpeny (52,26%, hlavně karyofillen a bergamoten), následované monoterpeny (40,51%, hlavně terpinolen, myrcen a pinen), dále oxidované seskviterpeny (4,87%), kanabinoidy (1,24%, hlavně kanabidiol) a oxidované monoterpeny (0,52%). V testu fyto toxicity projevilo konopí statisticky významnou aktivitu proti počátečnímu prodlužovacímu růstu kořínků semen salátu, jílku, ředkve a rajčete. Ukázalo se, že i tento vedlejší či odpadní materiál z technického konopí může být bohatým zdrojem esenciálních (éterických) olejů s širokou možností uplatnění (SMERIGLIO, 2019).

3. CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem práce je porovnat účinky konopí setého na růst modelových rostlin v laboratorních podmínkách a navrhnout možnost využití získaných poznatků.

4. METODIKA

4.1 Polní pokus

Pro získání rostlinného materiálu potřebného pro realizaci experimentů byl na pokusném pozemku Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích založen polní maloparcelkový pokus s konopím setým, odrůda KC DORA. Charakteristika pokusného pozemku je uvedena v tabulce č. 2.

Maloparcelkový pokus byl založen dne 27. května 2019 maloparcelkovým secím strojem po obilné předplodině, při sklizňové ploše parcely 10 m² a výsevku 250 rostlin na m². Během vegetace nebyly prováděny žádné agrotechnické zásahy.

| | |
|---------------------|---|
| Nadmořská výška (m) | 380 |
| Půdní druh | písčitohlinitá |
| Výrobní typ | bramborářský |
| Půdní typ | kambizem pseudo-glejová (hnědá půda oglejená) |
| pH | 6,4 |

Tab. č. 2: Charakteristika pokusného pozemku

4.2 Charakteristika použité odrůdy konopí

KC DORA – je maďarská jednodomá odrůda vyšlechtěná společností AGROMAG Kft., určená pro produkci květů za účelem extrakce CBD. Délka vegetace je 145 dní, výnos semen 800-1000kg/ha, výška rostlin v době zralosti 200-250cm, obsah oleje v semeni 28-30%, HTN 16-18g, obsah CBD 2-3%, výnos biomasy 10-12 t/ha (ANONYM, 2020).

Dodavatelem použitého osiva byla firma SEMO a.s.

4.3 Odběr vzorků

Dne 19. července 2019 byl proveden odběr rostlinného materiálu a to z celkem 70 náhodně vybraných kvetoucích a 70 nekvetoucích vzrostlých rostlin konopí. Odebrána byla květenství a zdravé zelené listy kvetoucích rostlin a listy nekvetoucích rostlin.

V laboratoři Katedry speciální produkce rostlinné byly na analytických vahách připraveny vzorky čerstvých květů o hmotnosti 1 g a 2 g a pro potřeby extrakce vzorky listů a květů po 50 g do papírových sáčků, které byly po transportu v chladícím boxu umístěny do chladničky (cca 5 °C).

Sušené vzorky byly usušeny za pokojové teploty v rozmezí $24,5 \pm 1,5^\circ\text{C}$ v temné místnosti bez přístupu denního světla po dobu minimálně 10 dní.

4.4 Laboratorní pokus

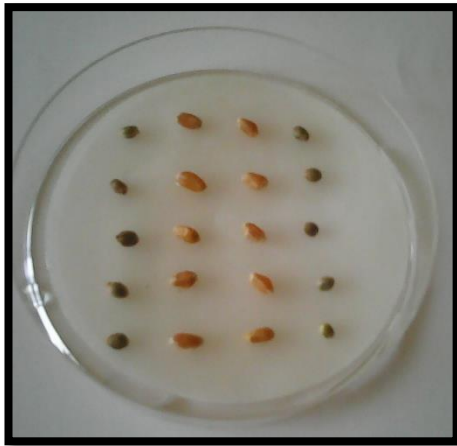
4.4.1 Materiál

Použité druhy referenčních plodin:

- pšenice setá jarní (*Triticum aestivum L.*), odrůda ALICIA, zdroj ZF JU
- oves setý (*Avena sativa L.*), odrůda POSEIDON, zdroj ZF JU
- hořčice bílá (*Sinapis alba L.*), odrůda SEVERKA, dodavatel Oseva Agro s.r.o.
- lupina úzkolistá (*Lupinus angustifolius L.*), odrůda DALBOR, zdroj ZF JU
- jetel plazivý (*Trifolium repens L.*), odrůda BIANCA, dodavatel Aros Osiva s.r.o.
- salát hlávkový (*Lactuca sativa var. capitata L.*), odrůda SAFÍR, dodavatel Semo a.s.

4.4.2 Test vlivu klíčících semen konopí na klíčení semen referenčních plodin

Test klíčivosti byl prováděn v plastových Petriho miskách o průměru 90 mm, do kterých byl vložen laboratorní filtrační papír typu KA1 o průměru 80 mm, který byl zvlhčen 3 ml destilované vody. Do každé misky bylo umístěno 10 semen konopí a 10 semen jedné z uvedených plodin v pravidelných řadách (viz. obr. 4)



Obr.č.4: Test klíčivosti pšenice – konopí (1:1)



Obr.č.5: Test klíčivosti pšenice bez konopí - kontrola

V kontrolní variantě pokusu byla použita pouze semena dané plodiny (varianta „bez konopí“) (viz. obr. čís. 5). Petriho misky byly zavíčkované a utěsněny pruhem laboratorního parafilmu.

Pokus byl založen vždy ve čtyřech opakováních pro jednu variantu. Petriho misky byly umístěny do temné místnosti bez přístupu denního světla. Zde byly ponechány po dobu 3 dnů při teplotě $24,5 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$. Po uplynutí uvedené doby byla u jednotlivých naklíčených semen milimetrovým pravítkem změřena celková délka kořínků a prýtlů a zaznamenán počet vyklíčených jedinců. Za klíčivé semeno bylo považováno každé semeno s kořínkem o délce minimálně 2 mm.

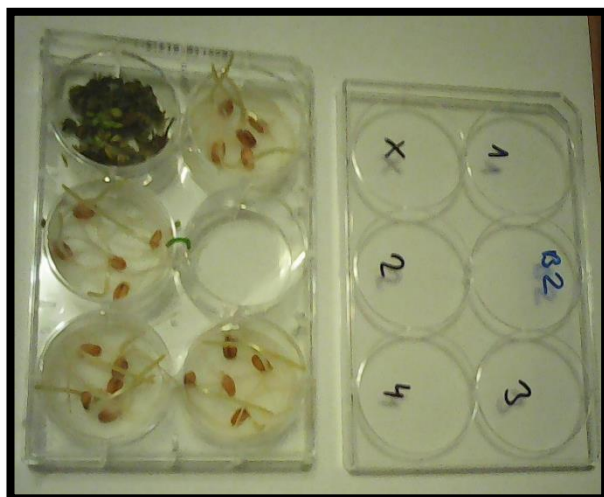
4.4.3 Test vlivu nadzemních částí a extraktů z rostlin konopí na klíčení semen referenčních plodin

Pokus byl proveden celkem v 7 variantách pro každou z vybraných referenčních plodin:

- žádný vzorek konopí = kontrola
- 1 g čerstvých květů
- 2 g čerstvých květů
- 1 ml výluhu z čerstvých listů nekvetoucích rostlin
- 1 ml výluhu ze sušených listů nekvetoucích rostlin
- 1 ml výluhu ze sušených listů kvetoucích rostlin
- 1 ml výluhu ze sušených květů

Výluhy byly prováděny destilovanou vodou v poměru 100 g (vztaženo k hmotnosti čerstvého materiálu) na 1 litr destilované vody po dobu 24 hodin.

Testy byly prováděny na plastových destičkách Biofil – 6 well Tissue Culture Plate s 6 studnami o průměru 35 mm a hloubce 20 mm. Na každé destičce byl vzorek umístěn v jedné rohové studně, semena referenčních plodin byla ke klíčení nasazována jednak do dvou studní ve variantě „40 MM“, kde byla průměrná vzdálenost středů studní od středu studny se vzorkem 40 mm a do dvou studní ve variantě „85 MM“, kde byla tato průměrná vzdálenost středů studní ke vzorku 85 mm, tj. prakticky dvojnásobná. Ukázka rozložení je na obr. čís. 6, kde X je studna pro vzorek, 1 a 2 jsou studny varianty „40 MM“ a 3 a 4 varianty „85 MM“. Od každé varianty vzorku byla založena čtyři opakování, tj. dvě destičky. Jako kontrolní varianta byly nasazeny dvě destičky bez vzorku konopí.



Obr.č. 6: Test vlivu 2g čerstvých květů konopí na klíčení semen pšenice

Semena vybraných referenčních plodin byla nasazena po 5 ks na studnu s výjimkou lupiny úzkolisté, kde byla kvůli velikosti semen použita pouze 3 ks. Semena byla umístěna do studní na výseči laboratorního filtračního papíru typu KA1 o průměru 30 mm navlhčeného 1 ml destilované vody. Destičky byly upraveny tak, aby i po uzavření víčkem byla zajištěna potřebná výměna plynů mezi jednotlivými studnami. Obvod destiček byl po zavíčkování utěsněn pruhem laboratorního parafilmu.

Destičky byly ponechány po dobu 3 dní v temné místnosti bez přístupu denního světla při teplotě v rozmezí $24,5 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$. Po uplynutí této doby byla u každého naklíčeného

semene změřena milimetrovým pravítkem celková délka kořínku a prýtu a zaznamenán počet vyklíčených jedinců (s kořínkem délky min. 2 mm) pro výpočet klíčivosti v procentech.

4.5 Statistické zpracování naměřených dat

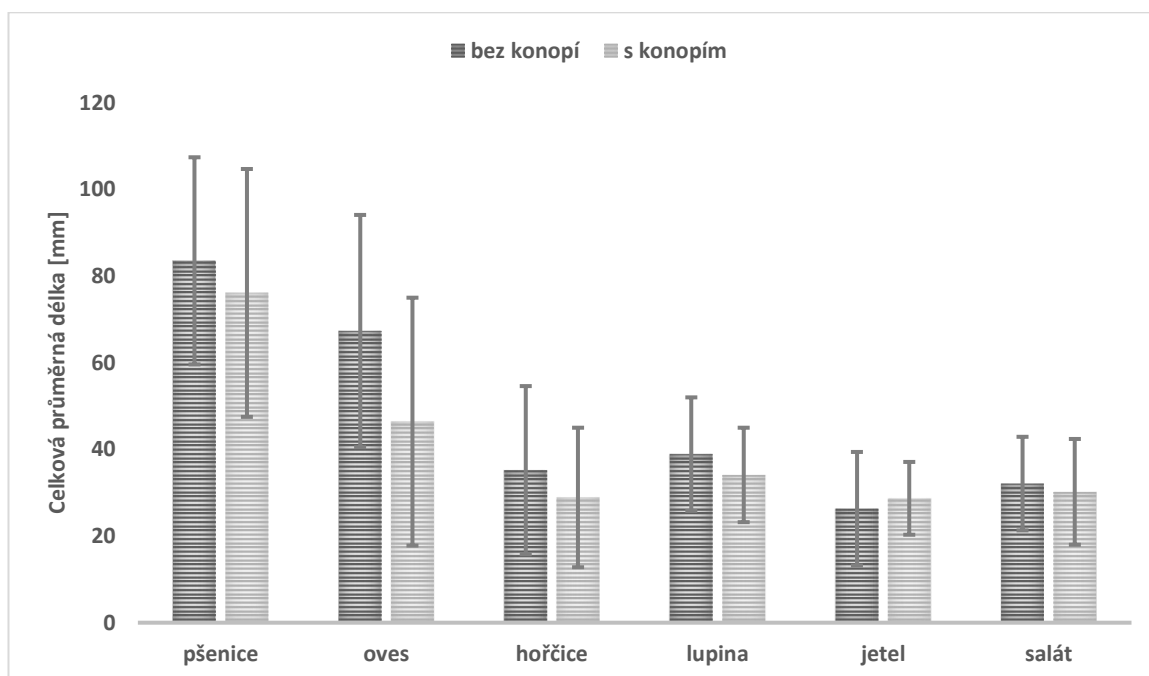
Statistické zpracování dat naměřených v uvedených experimentech bylo realizováno v programu Microsoft Excel. U všech množin dat byly vypočteny aritmetické průměry se směrodatnými odchylkami a rozptyly hodnot. Pro porovnání dat naměřených variant „s konopím“ ku variantám „bez konopí“ případně variant se vzorkem k variantám bez vzorku konopí (kontrola) byly zvoleny dvě metody:

- 1.) Vyjádření rozdílu celkových průměrných hodnot naměřených délek (kořínek+prýt) v procentech – relativní alelopatický účinek, kde záporná hodnota vyjadřuje o kolik procent byla průměrná délka rostlinné části kratší než u srovnávací varianty pokusu, v případě kladných hodnot byla délka rostlinné části delší. Kvůli nezanedbatelnému výskytu nevyklíčených semen, byla pro každou variantu pokusů vypočtena i hodnota průměrné klíčivosti, tedy procentuální množství vyklíčených semen (tj. semen s kořínkem délky alespoň 2 mm) v daném vzorku.
- 2.) Pro vyhodnocení, zda rozdíly v porovnávaných souborech jsou statisticky významné, byl použit tzv. Studentův T-TEST a to dvojvýběrový nepárový (pro zhodnocení rozdílnosti rozptylů souborů porovnávaných dat byl vypočítán i tzv. F-TEST, jehož výsledky se ale ukázaly pro výsledky T-Testu u našich dat zanedbatelné). Po porovnání s hladinami významnosti bylo stanoveno, zda jsou rozdíly statisticky nevýznamné ($p > 0,05$), statisticky významné ($p < 0,05$) nebo statisticky vysoce významné ($p < 0,01$)

5. VÝSLEDKY

5.1 Test vlivu klíčících semen konopí na klíčení semen referenčních plodin

Výsledky tohoto pokusu nejlépe vystihují následující grafy. Vybrané číselné údaje jsou také uvedeny v tabulce čís. 3 v příloze. V grafu čís. 1 jsou vyneseny celkové aritmetické průměry délek (kořínek + prýt) v milimetrech, vypočtené z naměřených hodnot pro všechny varianty jednotlivých referenčních plodin. Příslušné chybové úsečky navíc zobrazují vypočtené směrodatné odchylky těchto průměrných hodnot v milimetrech. V grafu můžeme snadno porovnat výsledky kontrolní varianty „bez konopí“ s pokusnou variantou „s konopím“ pro konkrétní plodinu i výsledky pro jednotlivé plodiny mezi sebou.

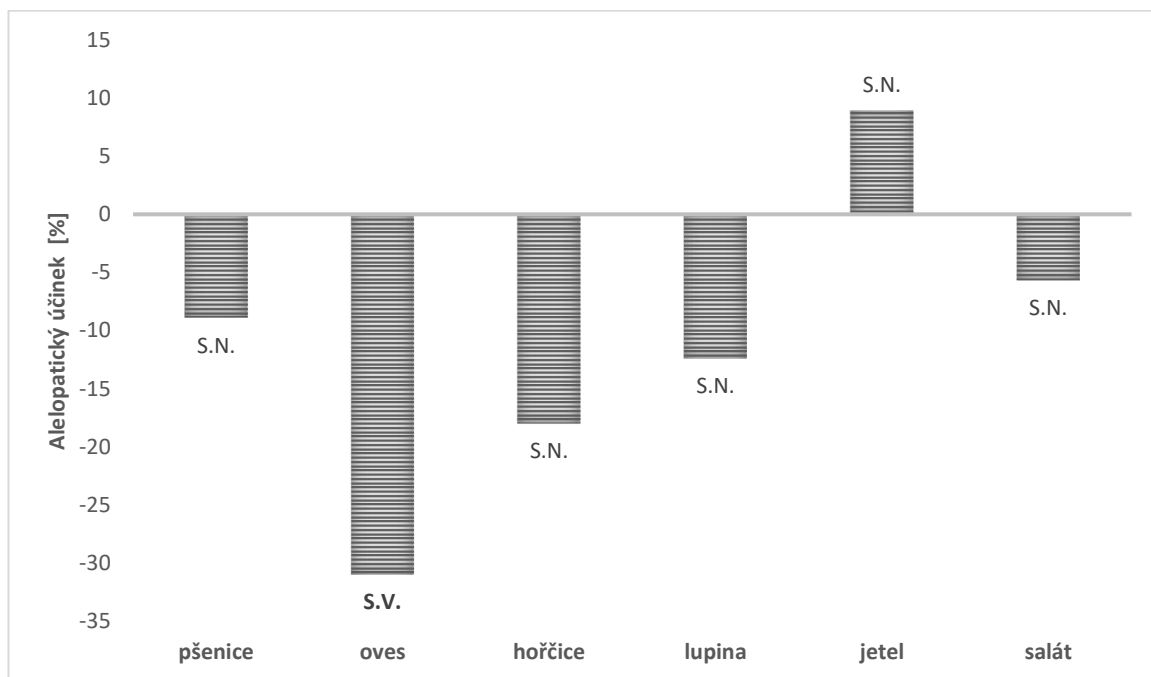


Graf č. 1 Vliv klíčících semen konopí setého na růst klíčku referenčních plodin

U většiny referenčních plodin, kromě jetele plazivého, jsou průměrné naměřené hodnoty délek u varianty s konopím nižší, než u kontrolní varianty bez konopí, což by ukazovalo na inhibiční účinek klíčících semen konopí. Hodnoty odchylek jsou však také nezanedbatelné. Největší vliv na tento rozptyl měl různý počet zcela nevyklíčených semen, tj. nulových hodnot, které byly v množině zpracovávaných dat cíleně ponechány.

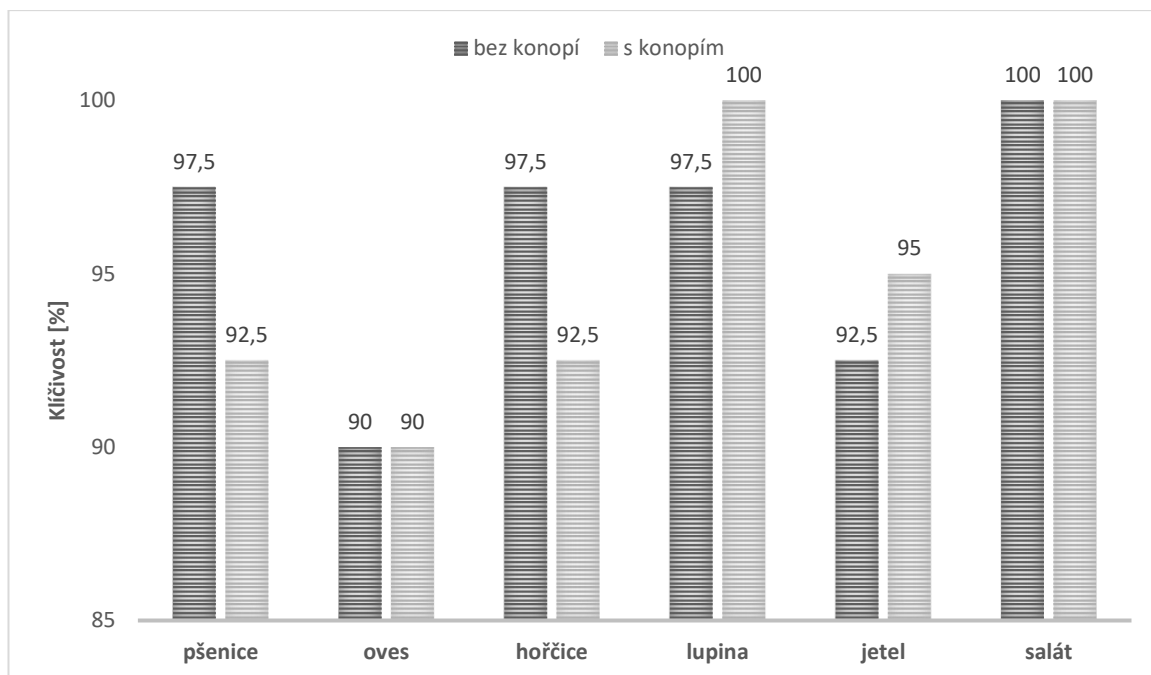
Pro zvýraznění sledovaných rozdílů mezi kontrolními a pokusnými variantami jednotlivých plodin, byly tyto rozdíly průměrných délek převedeny do procentuálního vyjádření alelopatického účinku. V grafu čís. 2 tedy vidíme, o kolik procent byla

pokusná varianta „s konopím“ kratší (záporná hodnota) nebo delší (kladná hodnota) než kontrolní varianta „bez konopí“. Z grafu vyplývá, že největší relativní inhibiční účinek byl zaznamenán u ovsa setého (-31%), následovaného hořčicí bílou (-18%). Relativní stimulační účinek byl zaznamenán pouze u jetele plazivého. V grafu je též pro každou plodinu uveden výsledek vyhodnocení tzv. Studentova T-Testu. Statisticky významný rozdíl hodnot vykazuje pouze oves setý, u všech ostatních plodin vyšel vliv statisticky nevýznamný.



Graf č. 2 Vliv klíčících semen konopí setého na růst klíčku referenčních plodin vyjádřený v % jako inhibice či stimulace (T-TEST: S.N. – statisticky nevýznamný vliv, S.V. – statisticky významný vliv)

Dalším sledovaným parametrem byla průměrná klíčivost semen referenčních plodin v procentech, opět pro kontrolní i pokusnou variantu. Zjištěné hodnoty jsou zobrazeny v grafu čís. 3. Zde vidíme sníženou klíčivost u varianty s konopím oproti variantě bez konopí u pšenice a hořčice, u lupiny a jetele je situace opačná a u ovsa a salátu je klíčivost obou variant shodná. Pokud porovnáme celou množinu hodnot klíčivosti kontrolní a pokusné varianty u všech plodin, statistický rozdíl je dle T-Testu nevýznamný. Vliv klíčících semen konopí na klíčivost semen referenčních plodin je tedy dle těchto výsledků neprůkazný, ale nelze ho ani zcela vyloučit.



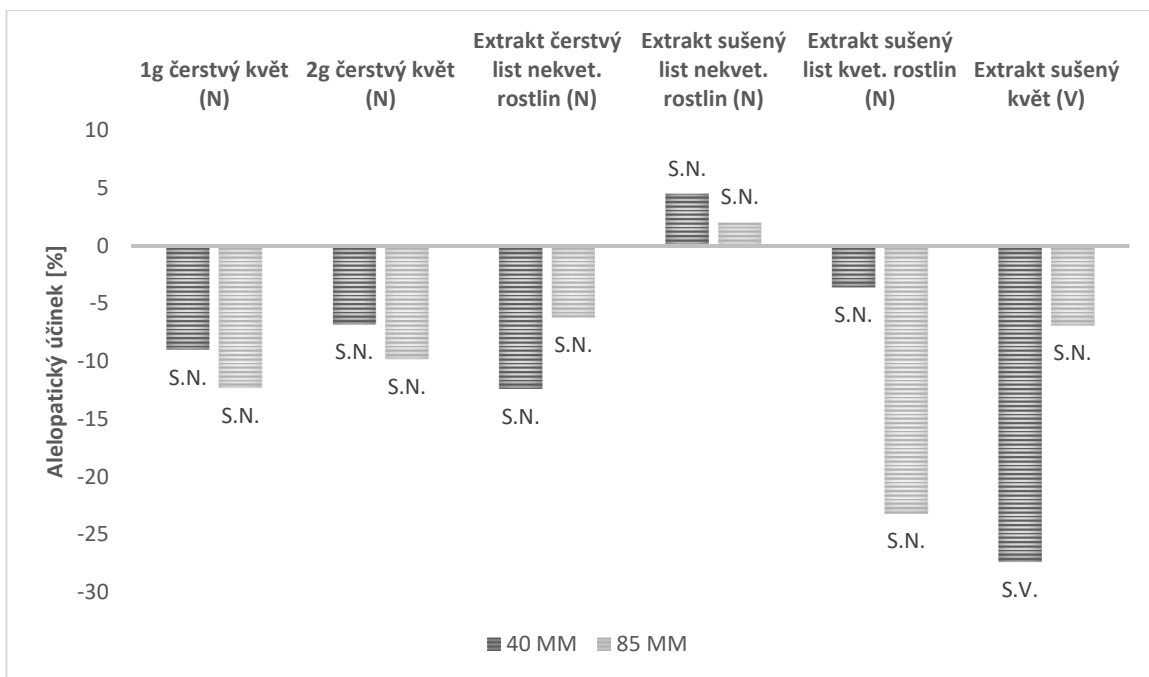
Graf č. 3 Vliv klíčících semen konopí setého na klíčivost semen referenčních plodin

5.2 Test vlivu nadzemních částí a extraktů z rostlin konopí na klíčení semen referenčních plodin

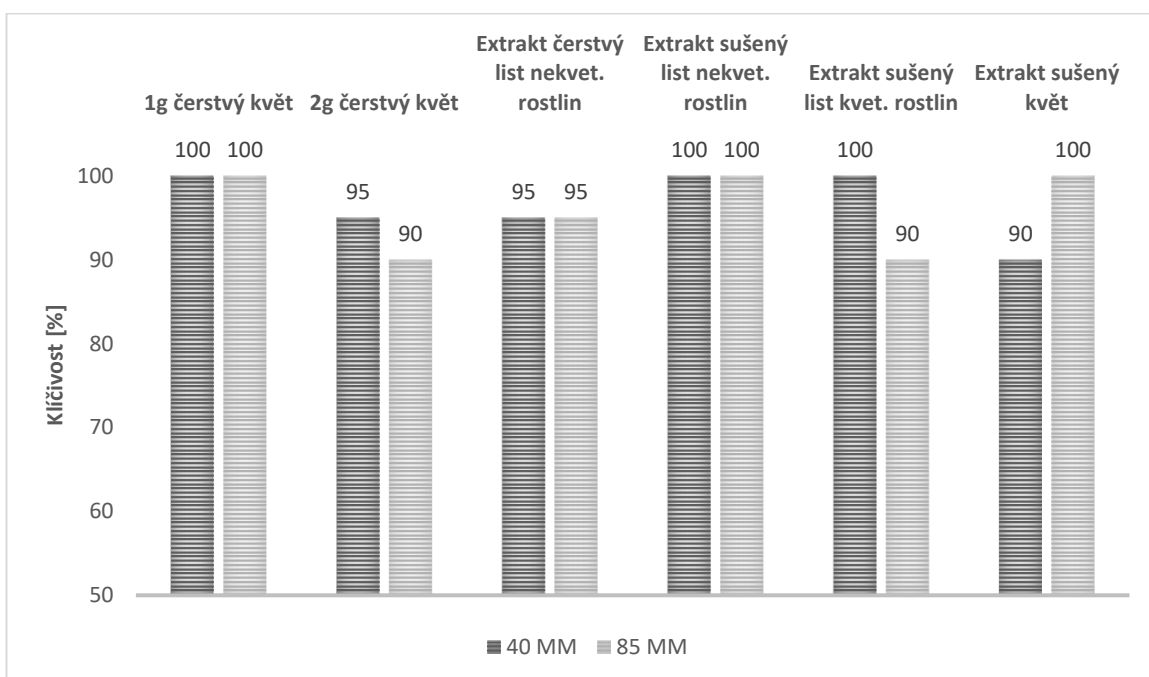
Výsledky tohoto rozsáhlého pokusu si opět ukážeme na grafech, tentokrát zvlášť pro jednotlivé referenční plodiny, které vystihují zjištěný alelopatický efekt v procentech (tj. relativní rozdíl naměřených průměrných délek mezi kontrolní a pokusnou variantou), statistickou průkaznost vlivu dle Studentova T-Testu a průměrnou klíčivost v procentech, a to pro všech šest typů použitých vzorků připravených z rostlin konopí, získaných v polním pokusu. Navíc uvidíme i porovnání dvou variant vzdálenosti klíčících semen plodin od vzorku (40 a 85 mm) a statistickou významnost jejich rozdílu, opět dle T-Testu. Vybrané číselné údaje tohoto pokusu jsou uvedeny v tabulce čís. 4 v příloze.

5.2.1 Pšenice setá

V grafu čís. 4 vidíme větší či menší inhibiční alelopatický účinek u většiny variant vzorku, kromě jediné varianty, kde je však rozdíl poměrně zanedbatelný. Statisticky významný vliv byl zaznamenán pouze u varianty s vodným extraktem ze sušených květů ve vzdálenosti 40 mm od vzorku (-27,4%). U této varianty byl také zaznamenán jediný průkazný vliv vzdálenosti od vzorku.



Graf č. 4 Vliv květů konopí setého a vodných extraktů z částí rostlin konopí setého na růst klíčků semen **pšenice** při dvou vzdálenostech od vzorku (T-TEST: S.N. – statisticky nevýznamný vliv, S.V. – statisticky významný vliv; S.V.V. – statisticky vysoce významný vliv, (N) – neprůkazný vliv vzdálenosti, (V) – průkazný vliv vzdálenosti)

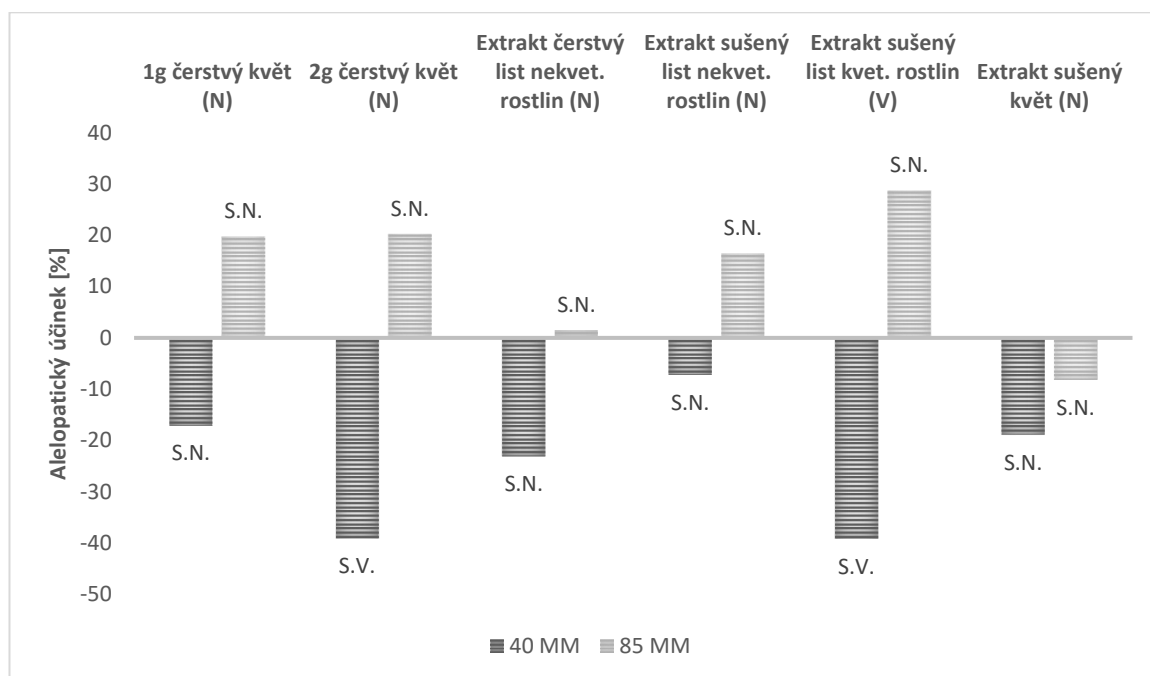


Graf č. 5 Vliv květů konopí setého a vodných extraktů z částí rostlin konopí setého na klíčivost semen **pšenice** při dvou vzdálenostech od vzorku

Na grafu čís. 5 vidíme výsledky průměrné klíčivosti. Nejsou zde významné rozdíly, klíčivost u pšenice zde neklesá pod 90 %.

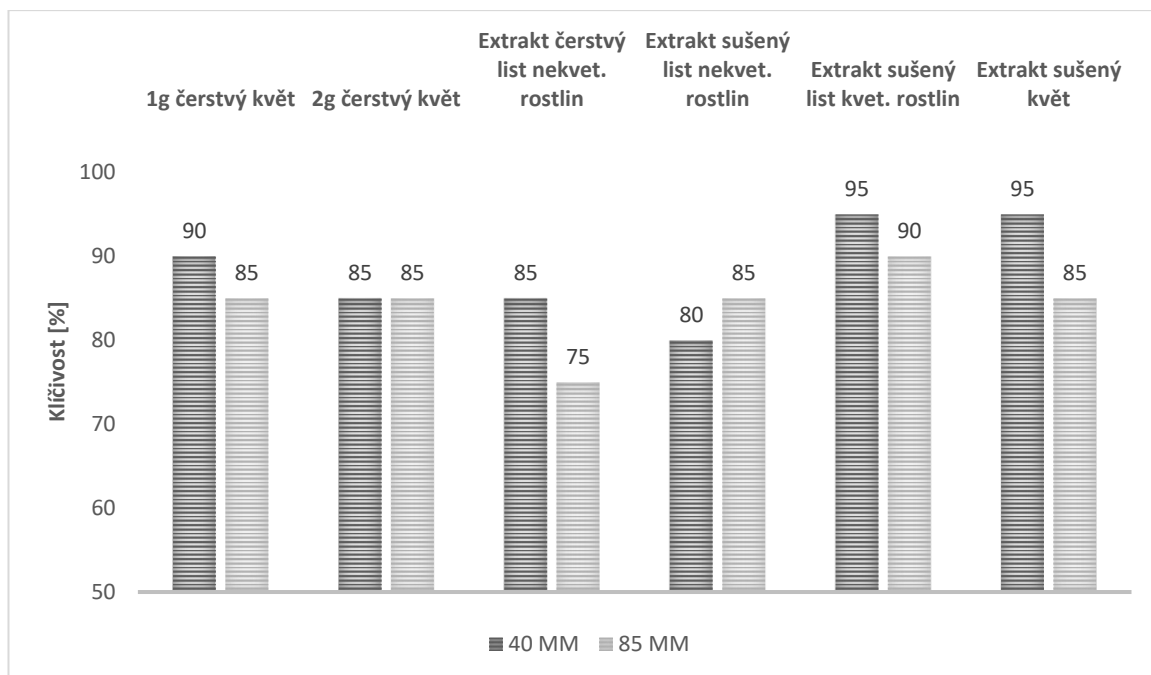
5.2.2 Oves setý

U ovsa vidíme v grafu čís. 6 zajímavý výsledek, kdy se ve všech variantách vzdálenosti 40 mm od vzorků všech typů projevil inhibiční alelopatický účinek, ve dvou případech dokonce statisticky významný a to u 2 g čerstvého květu (-39,1%) a extraktu sušených listů kvetoucích rostlin (-39,2%). Naopak ve variantách 85 mm od vzorku byl kromě jediné výjimky účinek opačný, i když vždy statisticky neprůkazný. Statisticky významný vliv vzdálenosti byl přítom vypočten pouze u varianty s extraktem sušených listů kvetoucích rostlin.



Graf č. 6 Vliv květů konopí setého a vodných extraktů z částí rostlin konopí setého na růst klíčků semen **ovsa** při dvou vzdálenostech od vzorku (T-TEST: S.N. – statisticky nevýznamný vliv, S.V. – statisticky významný vliv; S.V.V. – statisticky vysoce významný vliv, (N) – neprůkazný vliv vzdálenosti, (V) – průkazný vliv vzdálenosti)

V grafu čís. 7 pak jsou výsledky průměrných klíčivostí, v kterých nevidím žádnou významnou korelaci a pohybují se zde u ovsa kolem 85 %.

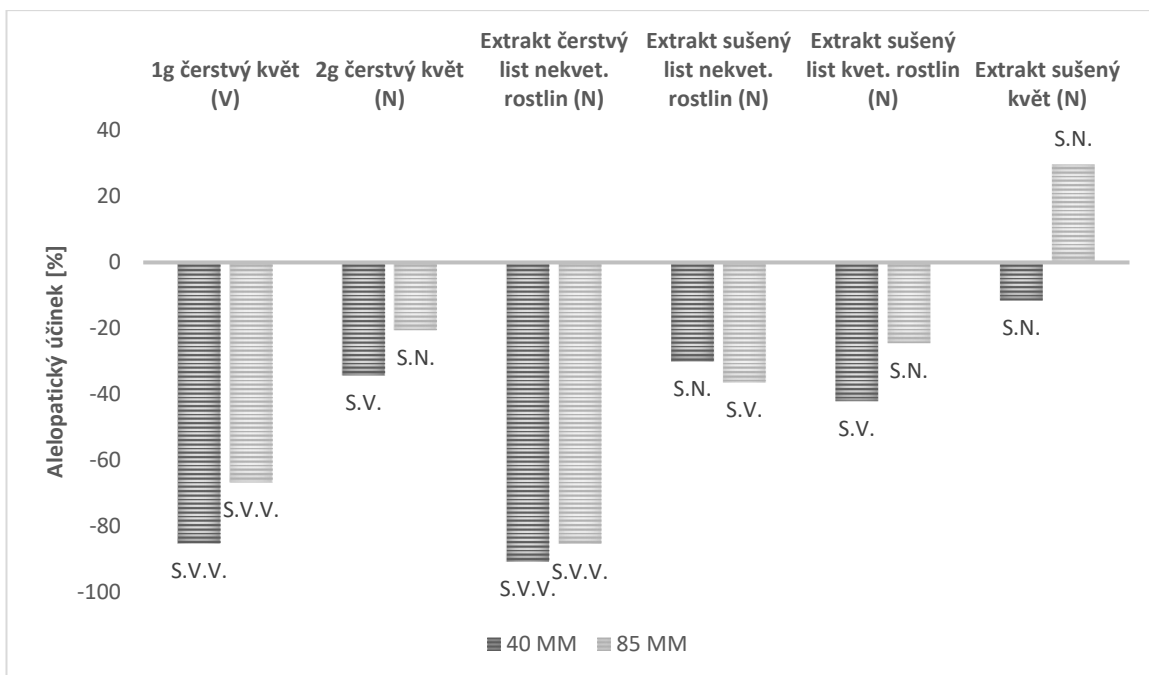


Graf č. 7 Vliv květů konopí setého a vodných extraktů z částí rostlin konopí setého na klíčivost semen **ovsa** při dvou vzdálenostech od vzorku

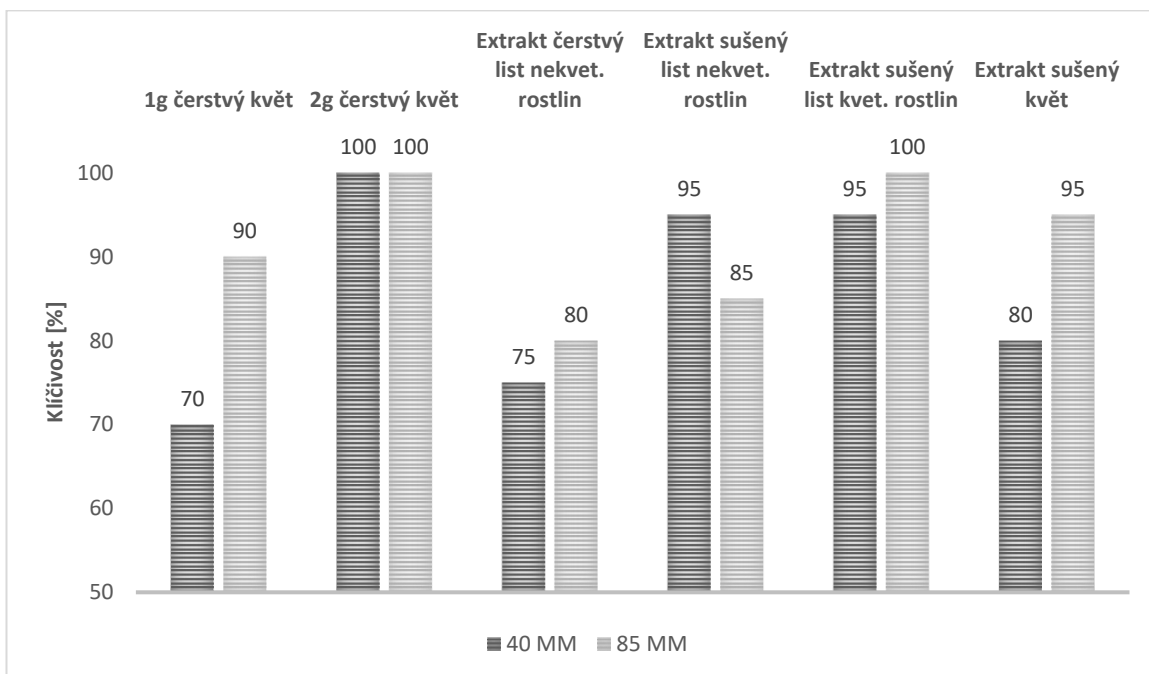
5.2.3 Hořčice bílá

V grafu čís. 8 jsou k nahlédnutí výsledky pro hořčici bílou, taktéž poměrně zajímavé. Kromě jediné navíc statisticky neprůkazné varianty se vždy projevil inhibiční alelopatický efekt konopných vzorků, navíc s řadou statisticky významných či dokonce vysoce významných rozdílů. Největší efekt zde byl zaznamenán u varianty s extraktem z čerstvých listů nekvetoucích rostlin (-90,7%) a 1 g čerstvého květu (-85,2%), kde byl také zaznamenán jediný významný rozdíl mezi variantami vzdálenosti od vzorku. Nižší, i když u varianty 40 mm stále statisticky významný efekt u 2 g čerstvého květu (-34,3%), si vykládám tím, že byla tato varianta oproti 1 g variantě zpracována z kapacitních důvodů s odstupem 4 dní, což se na květech mohlo projevit, ačkoliv byly celou dobu skladovány v chladničce.

V grafu čís. 9 pak vidíme hodnoty průměrných klíčivostí hořčice. Zde je zajímavé, že varianty s průměrně nejnižší klíčivostí odpovídají zároveň variantám s největším statisticky vysoce významným alelopatickým účinkem, tj. extraktu z čerstvých listů a 1 g čerstvého květu.



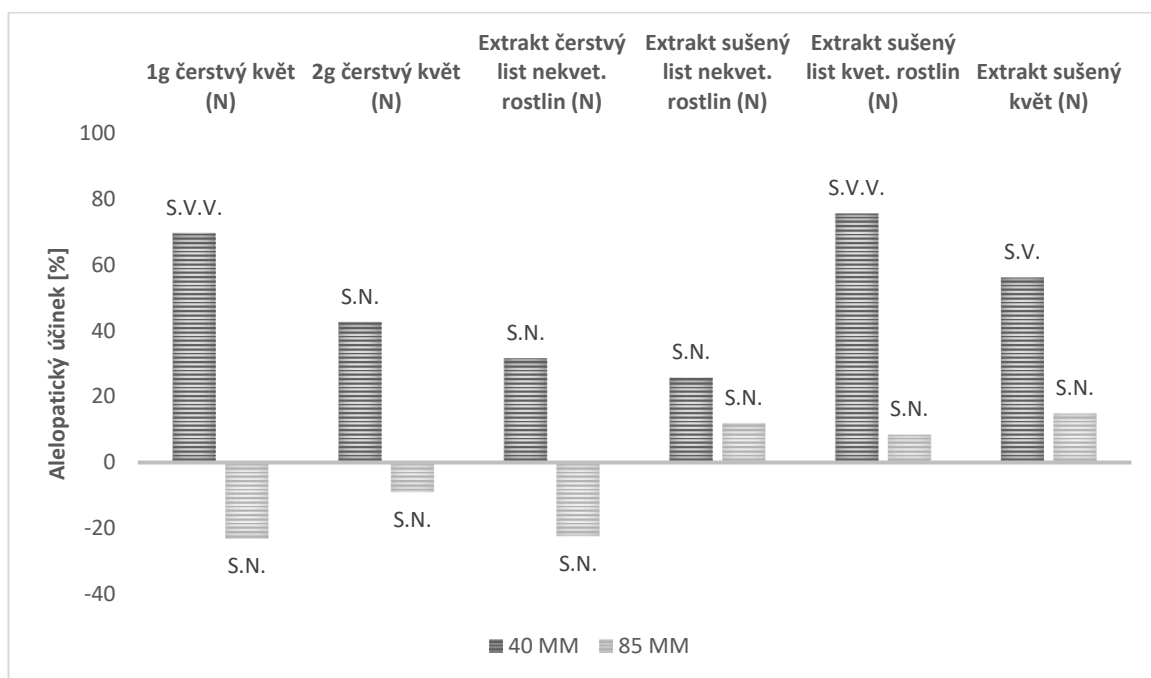
Graf č. 8 Vliv květů konopí setého a vodných extraktů z částí rostlin konopí setého na růst klíčků semen **hořčice** při dvou vzdálenostech od vzorku (T-TEST: S.N. – statisticky nevýznamný vliv, S.V. – statisticky významný vliv; S.V.V. – statisticky vysoce významný vliv, (N) – neprůkazný vliv vzdálenosti, (V) – průkazný vliv vzdálenosti)



Graf č. 9 Vliv květů konopí setého a vodných extraktů z částí rostlin konopí setého na klíčivost semen **hořčice** při dvou vzdálenostech od vzorku

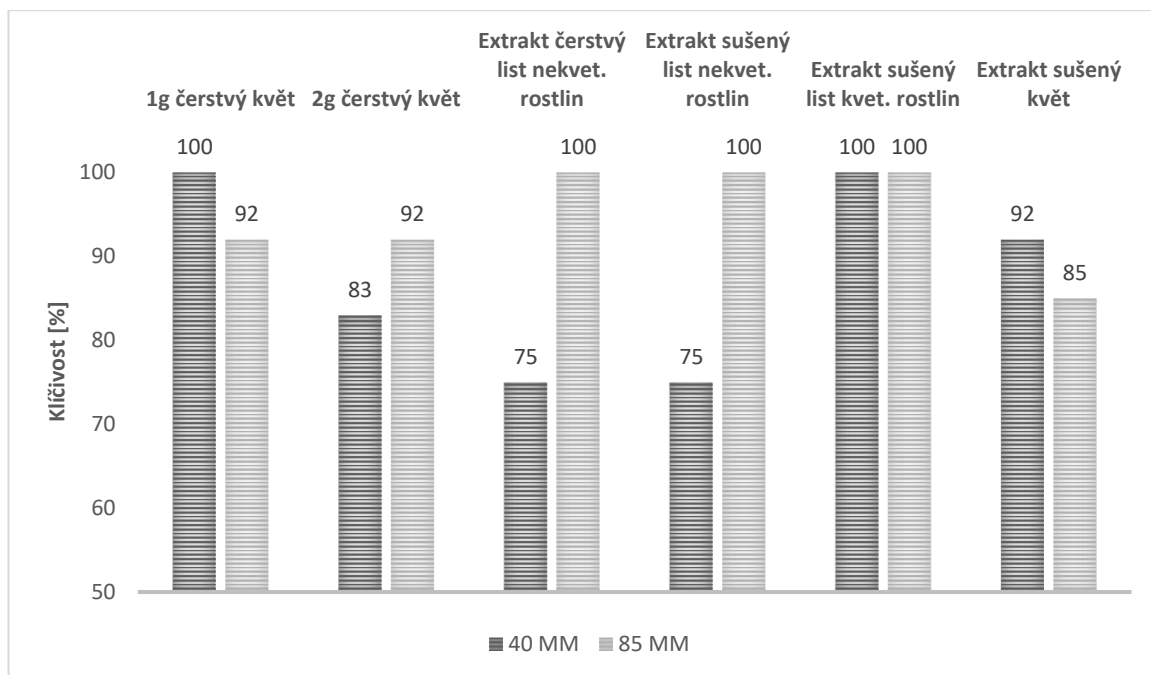
5.2.4 Lupina úzkolistá

Lupina se dosavadním výsledkům vymyká a v grafu čís. 10 vidíme, že všechny typy konopných vzorků měly spíše stimulační účinek na klíčení semen, ve třech případech dokonce statisticky významný či vysoce významný, a to nejvýrazněji u variant 40 mm od vzorku, tedy bližších. Tři výjimky se slabým inhibičním efektem byly vždy u vzdálenějších variant 85 mm od vzorku a vždy statisticky nevýznamné.



Graf č. 10 Vliv květů konopí setého a vodných extraktů z částí rostlin konopí setého na růst klíčků semen **lupiny** při dvou vzdálenostech od vzorku (T-TEST: S.N. – statisticky nevýznamný vliv, S.V. – statisticky významný vliv; S.V.V. – statisticky vysoce významný vliv, (N) – neprůkazný vliv vzdálenosti, (V) – průkazný vliv vzdálenosti)

V grafu čís. 11 jsou hodnoty průměrných klíčivostí lupiny. Vidíme, že varianty s největším stimulačním allelopatickým účinkem měly i dobrou klíčivost, ty s inhibičním ovšem také, takže zde klíčivost patrně nehraje významnou roli.

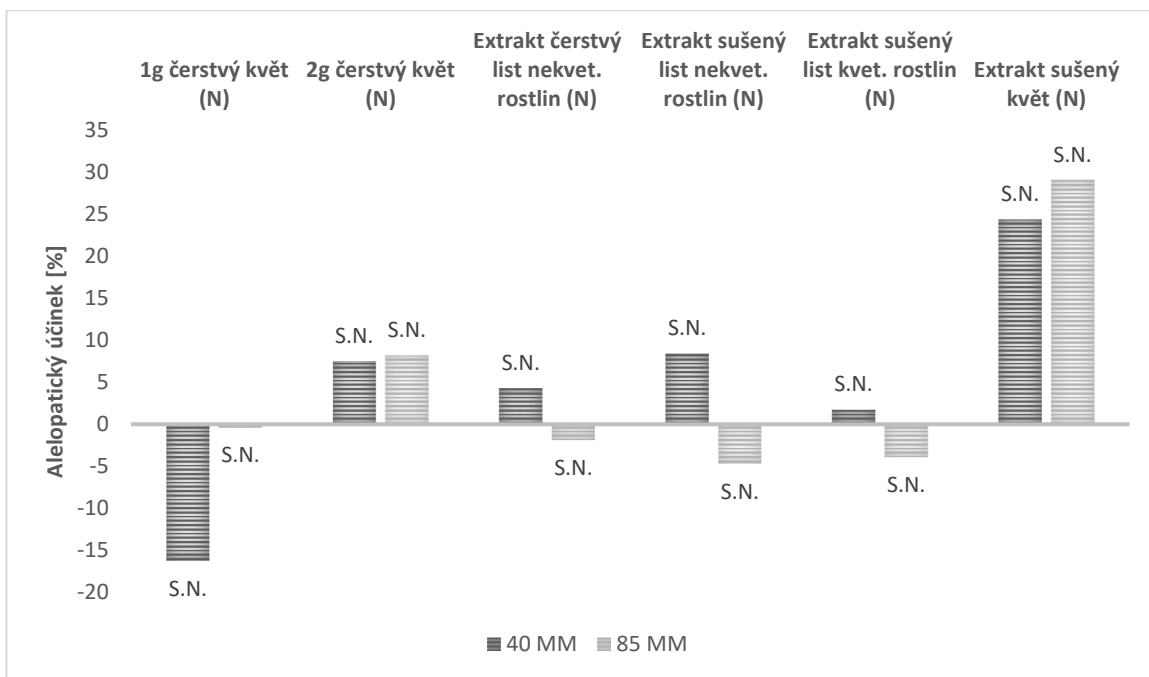


Graf č. 11 Vliv květů konopí setého a vodných extraktů z částí rostlin konopí setého na klíčivost semen **lupiny** při dvou vzdálenostech od vzorku

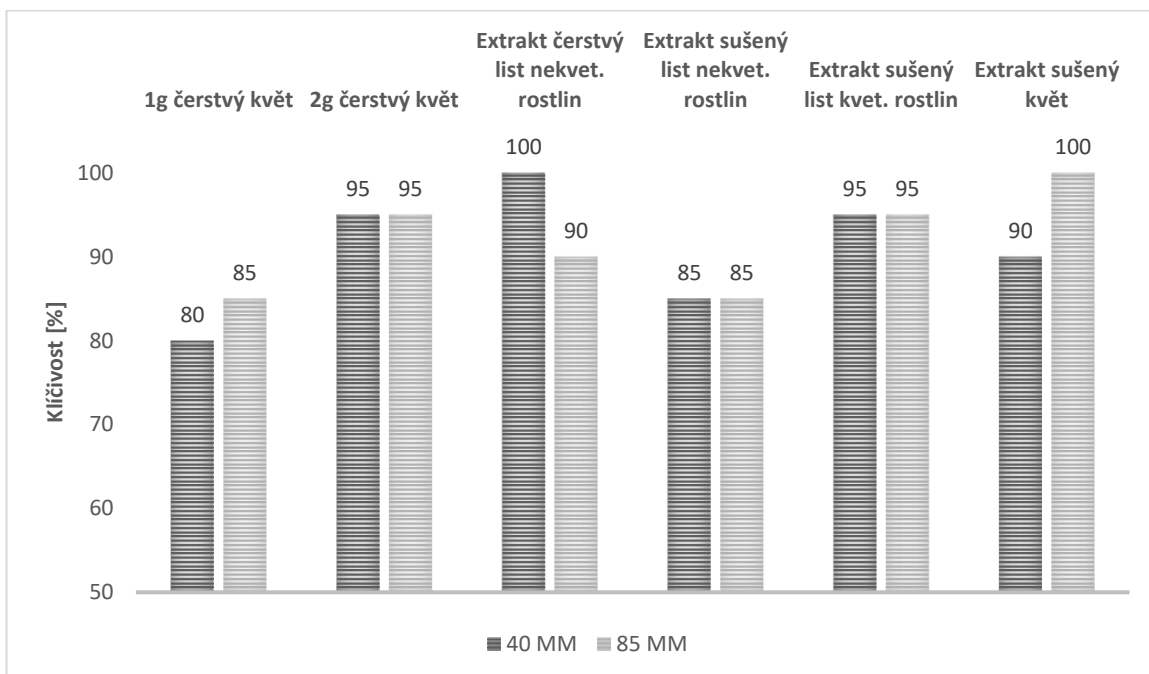
5.2.5 Jetel plazivý

U jetele vidíme v grafu čís. 12 určitý inhibiční účinek u vzorku s 1 g čerstvého květu ve variantě blíže vzorku a naopak stimulační účinek u vzorku extraktu sušeného květu v obou variantách vzdálenosti, ostatní účinky jsou velice nevýrazné. Nevyskytuje se zde ovšem naprosto žádný statisticky významný výsledek v žádném srovnání. Vzhledem k tomu a k rozložení výsledků u jednotlivých vzorků usuzují, že u jetele neměly konopné vzorky na klíčení semen žádný relevantní vliv.

U hodnot průměrné klíčivosti v grafu čís. 13 také nevidím žádný významný vztah, i když nejmenší klíčivost měl vzorek s největším inhibičním účinkem a naopak.



Graf č. 12 Vliv květů konopí setého a vodných extraktů z částí rostlin konopí setého na růst klíčků semen **jetele** při dvou vzdálenostech od vzorku (T-TEST: S.N. – statisticky nevýznamný vliv, S.V. – statisticky významný vliv; S.V.V. – statisticky vysoce významný vliv, (N) – neprůkazný vliv vzdálenosti, (V) – průkazný vliv vzdálenosti)



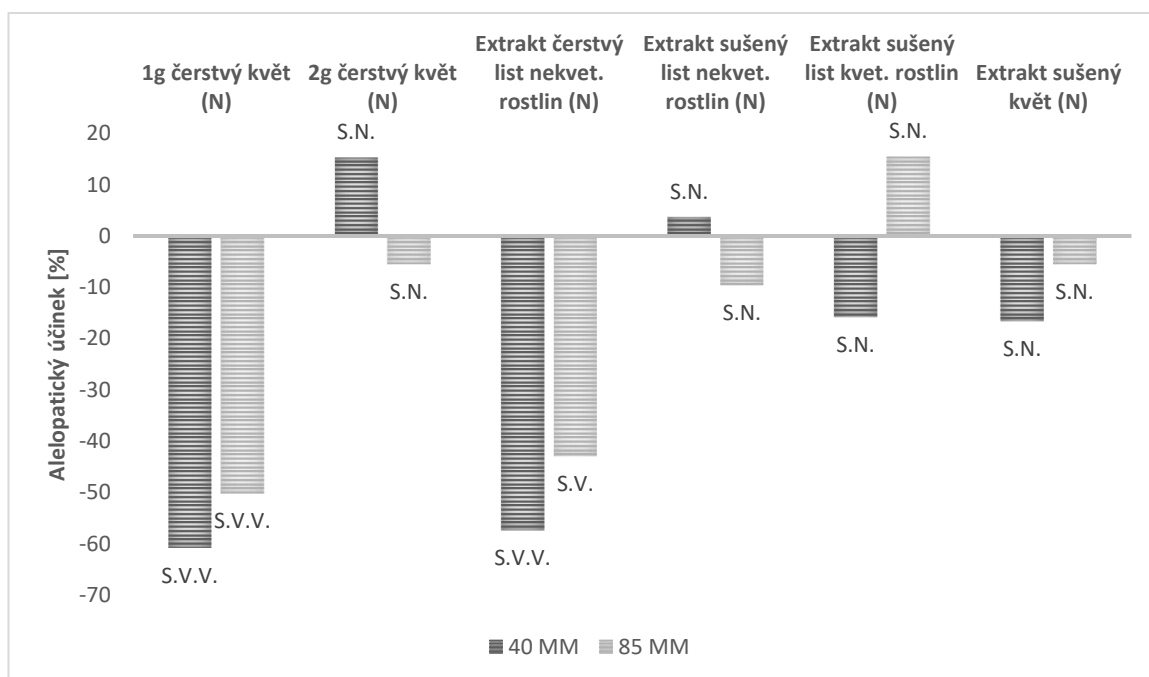
Graf č. 13 Vliv květů konopí setého a vodných extraktů z částí rostlin konopí setého na klíčivost semen **jetele** při dvou vzdálenostech od vzorku

5.2.6 Salát hlávkový

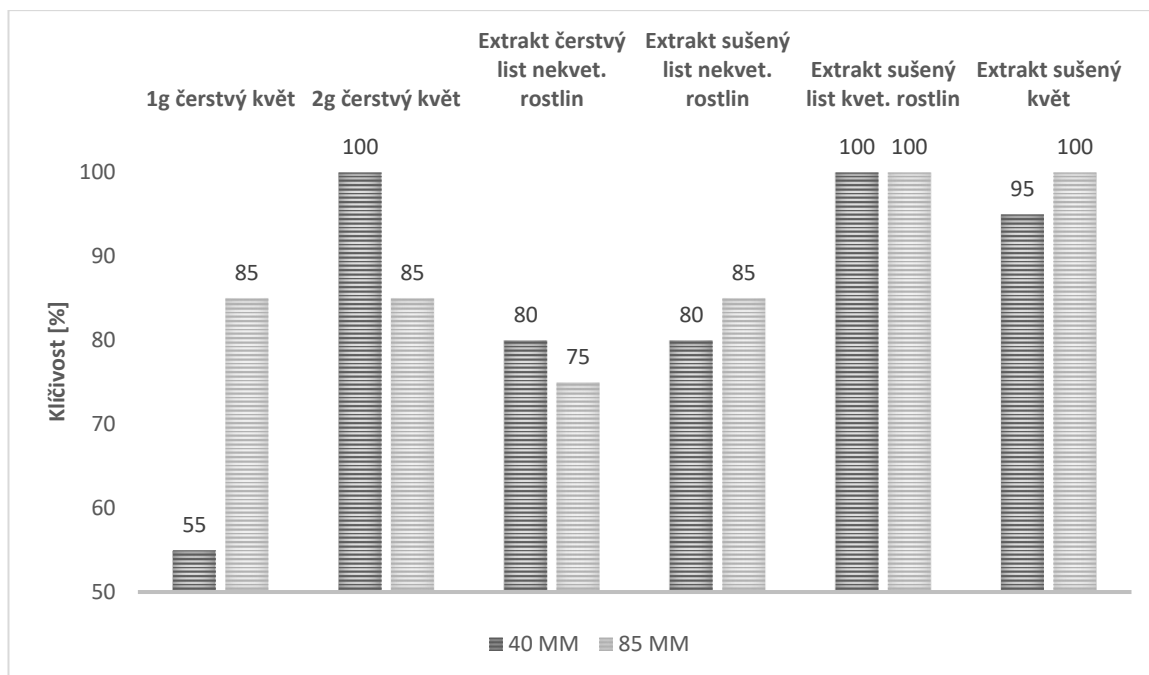
V grafu čís. 14 jsou výsledky pokusu se semeny hlávkového salátu. Ukazuje se nám zde statisticky vysoce významný či významný inhibiční alelopatický účinek u čerstvých konopných vzorků, konkrétně největší u 1 g čerstvého květu (až -60,8%), následovaného vodným extraktem z čerstvých listů nekvetoucích rostlin (až -57,4%). Rozdíly mezi variantami vzdálenosti 40 mm a 85 mm od vzorku jsou všechny statisticky neprůkazné.

Odlišný výsledek u varianty s 2 g čerstvého květu si vykládám tím, že byla tato varianta oproti 1 g variantě zpracována z kapacitních důvodů s odstupem 4 dní, což se na květech mohlo projevit, ačkoliv byly celou dobu skladovány v chladničce, jak jsem uváděl už u výsledků hořčice.

Ostatní typy vzorků (ze sušených částí rostlin) mají statisticky nevýznamný a různorodý výsledek.



Graf č. 14 Vliv květů konopí setého a vodných extraktů z částí rostlin konopí setého na růst klíčků semen **salátu** při dvou vzdálenostech od vzorku (T-TEST: S.N. – statisticky nevýznamný vliv, S.V. – statisticky významný vliv; S.V.V. – statisticky vysoce významný vliv, (N) – neprůkazný vliv vzdálenosti, (V) – průkazný vliv vzdálenosti)



Graf č. 15 Vliv květů konopí setého a vodných extraktů z částí rostlin konopí setého na klíčivost semen **salátu** při dvou vzdálenostech od vzorku

Z grafu čís. 15, kde jsou zobrazeny výsledky klíčivosti, vyplývá, že u vzorků s největším inhibičním účinkem je obecně i nižší průměrná klíčivost, v jednom případě dokonce jen 55 % (u 1 g čerstvého květu, variantě 40 mm). Je zde tedy možná jistá korelace.

6. DISKUZE

Pokud porovnám výše uvedené výsledky své práce mj. s vědeckými pracemi citovanými v literárním přehledu, dospěji k těmto závěrům.

Celkem jednoznačný inhibiční alelopatický účinek vodných extraktů konopí, zejména sušených květů, který jsem pozoroval u pšenice seté zaznamenal i Krzyssztof Pudelko (2014) a Aisha Umer (2010). Oba zjistili, že při působení vodních extraktů z rostlin konopí setého dochází k inhibici klíčení semen pšenice a zpomalení růstu jejich kořínků i prýtlů, navíc v závislosti na koncentraci extraktů.

Oves použila jako jednu z testovacích plodin ve své studii Agnieszka Synowiec (2016). Dospěla k částečně podobnému výsledku jako já (statisticky významný inhibiční účinek květů a extraktů kvetoucích rostlin). Sledovala působení esenciálního oleje (tj. silic) z květenství konopí setého a zjistila inhibiční účinek na klíčení a růst

všech testovacích plodin, tj. včetně ovsa, i když u ní patřil do skupiny odolnějších plodin.

Hořčici bílou jako testovací plodinu nikdo z citovaných autorů přímo nevyužil, ale Krzysztof Pudelko (2014) použil řepku olejku, která patří do stejné čeledi brukvovitých (*Brassicaceae*) a zjistil snížení rychlosti klíčení při použití koncentrovanějších vodných extraktů z konopí setého. Antonella Smeriglio (2019) použila pro změnu ředkev setou, taktéž příbuznou ze stejné čeledi brukvovitých a zaznamenala statisticky významný inhibiční účinek silic z konopného materiálu na růst kořínků semen. Oba závěry tedy nejsou v rozporu s inhibičním alelopatickým účinkem čerstvých květů a vodných extraktů listů konopí, který jsem zaznamenal u hořčice.

Krzysztof Pudelko (2014) testoval také mj. lupinu žlutou, která je příbuznou rostlinou lupiny úzkolisté (ze stejného rodu – *Lupinus*), kterou jsem používal jako referenční plodinu. Zjistil, že vodný extrakt z konopí setého neměl minimálně v prvních čtyřech dnech žádný negativní vliv, tj. semena lupiny klíčila dobře. I tento závěr není v rozporu s mým zjištěním, kdy jsem pozoroval při působení konopných extraktů účinek spíše stimulační.

U jetele plazivého jsem nezaznamenal žádný prokazatelný alelopatický vliv částí rostlin ani vodných extraktů konopí v žádné variantě pokusu. V testu vlivu klíčících semen konopí byl dokonce jediným se stimulačním účinkem (i když statisticky nevýznamným). Žádný z citovaných autorů jetel jako testovací plodinu nepoužil a u jiných plodin ze stejné čeledi bobovité (*Fabaceae*) jsou výsledky různorodé. Příklad s lupinou žlutou, kde Krzysztof Pudelko (2014) nezaznamenal v prvních fázích klíčení žádný vliv extraktu konopí, je uveden výše. U hrachu setého ovšem Aisha Umer (2010) inhibiční účinek vodných extraktů zaznamenala.

Inhibiční alelopatický účinek, který jsem zaznamenal u klíčení semen salátu, zejména u vzorků z čerstvého květu a vodného extraktu z čerstvých listů konopí setého koreluje s výsledky výzkumu dále uvedených tří citovaných autorů. Rueda-Ayala (2015), Antonella Smeriglio (2019) i Homa Mahmoodzadeh (2015) zjistili statisticky významný inhibiční účinek extraktů nadzemních částí i esenciálních olejů konopí setého na růst kořínků semen lociky salátové.

7. ZÁVĚR

Konopí seté se dle shromážděných informací jeví jako perspektivní zemědělská plodina s mimořádně širokým potenciálem použití produktů. Ideální využití najde zejména v systémech setrvalého či chcete-li ekologického zemědělství. V podstatě jedinými podstatnějšími komplikacemi jeho pěstování jsou technicky obtížnější sklizeň a posklizňové zpracování, případně povinnosti vyplývající z legislativy.

Pokud jde o jeho alelopatický potenciál, ten byl již v mnoha výzkumech potvrzen a odpovídají tomu i celkové výsledky této práce.

Vliv klíčících semen konopí se sice, s výjimkou ovsu setého, neprokázal jako příliš významný, ale při zkoumání vlivu nadzemních částí a vodných extraktů z dospělých rostlin konopí jsem došel v některých případech k zajímavým výsledkům, konkrétně:

- významný inhibiční účinek vodného extraktu sušeného květu na klíčení pšenice seté (konkrétně -27,4% ve variantě 40 mm od vzorku)
- významný inhibiční účinek čerstvých květů (-39,1%) a extraktu ze sušených listů kvetoucích rostlin (-39,2%) na klíčení ovsu setého (varianty 40 mm od vzorku), zde navíc také vyniká významný vliv vzdálenosti klíčících semen od vzorku konopného materiálu
- významný inhibiční účinek čerstvých květů (-85,2%) a extraktů čerstvých i sušených listů (-90,7% a -42,1%) na klíčení hořčice bílé, zde pozorujeme i vliv na hodnoty klíčivosti
- prakticky žádný nebo až stimulační vliv na klíčení bobovitých rostlin, konkrétně lupiny úzkolisté a jetele plazivého
- významný inhibiční účinek čerstvých květů (až -60,8%) a extraktu čerstvých listů (až -57,4%) na klíčení hlávkového salátu, opět s jistým vlivem na průměrnou klíčivost

Získané výsledky v zásadě korespondují i se závěry výzkumných prací několika dalších citovaných autorů, což je do jisté míry potvrzuje.

Práce podle mě ukazuje na další možné směry výzkumu, zejména detailnější posouzení vlivu čerstvosti použitého materiálu a koncentrace použitých extraktů. Zajímavé by také bylo posouzení vlivu vlastních silic, izolovaných např. destilací s vodní parou nebo extrakcí do organických rozpouštědel, což jsou metody spíše použitelné pro výrobu přírodních pesticidů ve větším měřítku.

8. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

- ALBUQUERQUE M., SANTOS R., LIMA L., MELOFILHO P., NOGUEIRA R., CAMARA C., Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems, *Rev. AgronSust. Dev.* 31, 379–395, 2010
- ANONYM, www.konopa.cz/o-konopi/legislativa/o-pestovani/ , [online], KONOPA z.s., 2020
- AWAN K., RASHEED M., ASHRAF M., KHURSHID M., Efficacy of Brassica, Sorghum and Sunflower aqueous extracts to control Wheat weeds under rainfed conditions of Pothwar, Pakistan, *Jr. of Animal and Plant Scienc.* 22, 715–721, 2012
- BÁRTOVÁ D., www.botanickafotogalerie.cz , [online], 2020
- BHADORIA P., Allelopathy : a natural way towards weed management, *Am.J. Exp.Agric.* 1, 7–20, 2011
- BJELKOVÁ M., ŠMIROUS P., VRBOVÁ M., VACULÍK A., Komplexní metodika pěstování konopí setého, Agritec, Šumperk, 2017
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, www.czso.cz , [online], 2020
- EBRAHIMI F., HOSSEINI N. a M., Effects of herbal extracts on Red Root Pigweed (*Amaranthus retroflexus*) and Lambsquarters (*Chenopodium album*) weeds in Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris*), *Iranian Journal of Field Crop Science* 42, 757–766, 2012
- FERGUSON J., RATHINASABAPATHI B., CHASE C., Allelopathy: How plants suppress other plants, University of Florida, 2013
- GENG G., ZHANG S., CHENG Z., Effects of different allelochemicals on mineral elements absorption of tomato root, *ChinaVeget.* 4, 48–51, 2009
- GOLISZ A., SUGANO M., HIRADATE S., FUJII Y., Microarray analysis of *Arabidopsis* plants in response to allelochemical L-DOPA. *Planta* 233, 231–240, 2011
- CHENG F., CHENG Z., Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy, College of Horticulture, Northwest AF University, China, 2015

- KUBÁNEK V., Konopí a mák, Tribun EU, Brno, 2009
- MACIAS F., MARIN D., OLIVEROS-BASTIDAS A., VARELA R., SIMONET A., CARRERA C., Allelopathy as a new strategy for sustainable ecosystems development, *Biol.Sci.Space* 17, 18–23, 2003
- MAHMOODZADEH H., GHASEMI M., ZANGANEH H., Allelopathic effect of medicinal plant *Cannabis sativa* L. on *Lactuca sativa* L. seed germination, *Acta agriculturae Slovenica*, 2015
- MARTINJ, Tractorspotter, https://www.youtube.com/watch?v=_AKUCvqppy8 , [online], 2019
- MOUDRÝ J., Alternativní plodiny, ProfiPress, Praha, 2011
- PETŘÍKOVÁ V., WEGER J., Pěstování rostlin pro energetické a technické využití, ProfiPress, Praha, 2015
- PUDELKO K., MAJCHRZAK L., NAROZNA D., Allelopathic effect of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) on monocot and dicot plant species, *Poznan Univ Life Sci*, Poland, 2014
- REZA S., Plant Allelopathy, The Permaculture Research Institute, Australia, Channon, 2016
- RUEDA-AYALA V., JAECK O., GERHARDS R., Investigation of biochemical and competitive effects of cover crops on crops and weeds, Elsevier Ltd., Oxford, 2015
- SCHULZ M., MAROCCO A., TABAGLIO V., MACIAS F., MOLINILLO J., Benzoxazinoids in rye allelopathy – from discovery to application in sustainable weed control and organic farming, *J.Chem.Ecol.* 39, 154–174, 2013
- SINGH N., THAPAR R., Allelopathic influence of *Cannabis sativa* on growth and metabolism of *Parthenium hysterophorus*, Haryana Agricultural University, Hisar, India, 2003
- SLADKÝ V., Konopí, šance pro zemědělství a průmysl, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 2004
- SMERIGLIO A., TROMBETTA D., CORNARA L., VALUSSI M., DE FEO V., CAPUTO L., Characterization and phytotoxicity assessment of essential oils from plant byproducts, MDPI, *Molecules*, Basel CH, 2019

SYNOWIEC A., RYS M., BOCIANOWSKI J., WIELGUSZ K., BYCZYNSKA M., HELLER K., DANUTA K., Phytotoxic effect of fiber hemp essential oil on germination of some weeds and crops, University of Agriculture in Krakow, 2016

UMER A., YOUSAF Z., KHAN F., HUSSAIN U., ANJUM A., NAYAAB Q., YOUNAS A., Evaluation of allelopathic potential of some selected medicinal species, African Journal of Biotechnology 9(37), 6194-6206, 2010

VESELÝ P., www.botanickafotogalerie.cz , [online], 2020

YANG Q., YE W., LIAO F., YIN J., Effects of allelochemicals on seed germination, Chin. J. Ecol. 24, 1459–1465, 2005

ZHAO P., NI G., HUANG Q., HOU P., ZHOU C., CAO Q., PENG S., Exploring the novel weapons hypothesis with invasive plant species in China, Allelopathy Journal 29, 199–213, 2012

9. PŘÍLOHY

Tabulka č. 3: Test vlivu klíčících semen konopí na klíčení semen vybraných referenčních plodin

| Plodina | Opakování | Bez | Bez konopí | S konop. | S konopím | Porovnání | Porovnání | T-TEST | Klíčivost – | Klíčivost – | Vyhodn. T- |
|---------|-----------|------|-------------|----------|-------------|-----------|-----------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------------------------|
| PŠENICE | 1 | 68,5 | 83,5 ± 23,9 | 89,9 | 76,1 ± 28,6 | 107,6 | 91,1 | Statisticky nevýznamný rozdíl | 97,5 | 92,5 | Statisticky nevýznamný rozdíl |
| | 2 | 86,5 | | 58,6 | | 70,2 | | | | | |
| | 3 | 81,4 | | 68,0 | | 81,4 | | | | | |
| | 4 | 97,7 | | 87,7 | | 105,0 | | | | | |
| OVES | 1 | 56,5 | 67,3 ± 26,8 | 41,6 | 46,4 ± 28,6 | 61,8 | 69,0 | Statisticky významný rozdíl | 90,0 | 90,0 | |
| | 2 | 79,5 | | 20,9 | | 31,1 | | | | | |
| | 3 | 55,3 | | 53,4 | | 79,4 | | | | | |
| | 4 | 77,8 | | 69,7 | | 103,6 | | | | | |
| HOŘČICE | 1 | 37,7 | 35,2 ± 19,4 | 19,9 | 28,9 ± 16,1 | 56,5 | 82,0 | Statisticky nevýznamný rozdíl | 97,5 | 92,5 | |
| | 2 | 40,6 | | 36,6 | | 103,9 | | | | | |
| | 3 | 44,6 | | 33,9 | | 96,2 | | | | | |
| | 4 | 18,0 | | 25,2 | | 71,5 | | | | | |
| LUPINA | 1 | 37,7 | 38,9 ± 13,1 | 36,7 | 34,1 ± 10,9 | 94,5 | 87,6 | Statisticky nevýznamný rozdíl | 97,5 | 100 | |
| | 2 | 42,7 | | 36,4 | | 93,7 | | | | | |
| | 3 | 39,5 | | 29,7 | | 76,4 | | | | | |
| | 4 | 35,5 | | 33,4 | | 86,0 | | | | | |
| JETEL | 1 | 29,2 | 26,3 ± 13,1 | 27,9 | 28,7 ± 8,4 | 106,0 | 108,9 | Statisticky nevýznamný rozdíl | 92,5 | 95,0 | |
| | 2 | 26,8 | | 27,1 | | 102,9 | | | | | |
| | 3 | 25,1 | | 31,2 | | 118,5 | | | | | |
| | 4 | 24,2 | | 28,5 | | 108,3 | | | | | |
| SALÁT | 1 | 31,5 | 32,1 ± 10,8 | 31,9 | 30,2 ± 12,2 | 99,5 | 94,3 | Statisticky nevýznamný rozdíl | 100 | 100 | |
| | 2 | 32,7 | | 33,8 | | 105,5 | | | | | |
| | 3 | 30,6 | | 26,7 | | 83,3 | | | | | |
| | 4 | 33,4 | | 28,5 | | 88,9 | | | | | |

Tabulka č. 4: Test vlivu nadzemních částí a extraktů rostlin konopí na klíčení semen vybraných referenčních plodin (Výsledky T-TESTu: S.N. – statisticky nevýznamný vliv, S.V. – statisticky významný vliv, S.V.V. – statisticky vysoce významný vliv)

| Refer. plodina | Druh vzorku z rostliny konopí | Jamka od vzorku | Celk. prům. délka [mm] | Sm.odch. ±[mm] | Var. / blank [%] | Klíčivost [%] | T-TEST var. / blank | Porovn. 40 /85mm [%] | Rozdíl 40 /85 mm [%] | T-TEST 40/85 mm |
|----------------|------------------------------------|-----------------|------------------------|----------------|------------------|---------------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------|
| PŠENICE | kontrola (blank) | 40 MM | 86,4 | 25,3 | | 95 | | | | |
| | | 85 MM | 87,7 | 29,4 | | 100 | | | | |
| | 1g čerstvý květ | 40 MM | 78,7 | 23,5 | 91,0 | 100 | S.N. | 102,3 | +2,3 | S.N. |
| | | 85 MM | 76,9 | 23,0 | 87,7 | 100 | S.N. | | | |
| | 2g čerstvý květ | 40 MM | 80,5 | 27,7 | 93,2 | 95 | S.N. | 101,8 | +1,8 | S.N. |
| | | 85 MM | 79,1 | 35,0 | 90,2 | 90 | S.N. | | | |
| | Extrakt čerstvý list nekvet. rostl | 40 MM | 75,7 | 26,5 | 87,6 | 95 | S.N. | 92,1 | -7,9 | S.N. |
| | | 85 MM | 82,2 | 25,0 | 93,8 | 95 | S.N. | | | |
| | Extrakt sušený list nekvet. rostl | 40 MM | 90,3 | 10,9 | 104,5 | 100 | S.N. | 101,0 | +1,0 | S.N. |
| | | 85 MM | 89,4 | 13,3 | 102,0 | 100 | S.N. | | | |
| | Extrakt sušený list kvet. rostlin | 40 MM | 83,3 | 24,5 | 96,4 | 100 | S.N. | 123,8 | +23,8 | S.N. |
| | | 85 MM | 67,3 | 39,3 | 76,8 | 90 | S.N. | | | |
| | Extrakt sušený květ | 40 MM | 62,7 | 28,9 | 72,6 | 90 | S.V. | 76,8 | -23,2 | S.V. |
| | | 85 MM | 81,6 | 11,3 | 93,1 | 100 | S.N. | | | |
| OVES | kontrola (blank) | 40 MM | 62,7 | 32,7 | | 95 | | | | |
| | | 85 MM | 43,1 | 36,6 | | 75 | | | | |
| | 1g čerstvý květ | 40 MM | 52,0 | 31,0 | 82,9 | 90 | S.N. | 100,8 | +0,8 | S.N. |
| | | 85 MM | 51,6 | 30,8 | 119,7 | 85 | S.N. | | | |
| | 2g čerstvý květ | 40 MM | 38,2 | 30,4 | 60,9 | 85 | S.V. | 73,8 | -26,2 | S.N. |
| | | 85 MM | 51,8 | 31,7 | 120,2 | 85 | S.N. | | | |
| | Extrakt čerstvý list nekvet. rostl | 40 MM | 48,2 | 29,6 | 76,9 | 85 | S.N. | 110,3 | +10,3 | S.N. |
| | | 85 MM | 43,7 | 33,3 | 101,5 | 75 | S.N. | | | |
| | Extrakt sušený list nekvet. rostl | 40 MM | 58,2 | 33,0 | 92,8 | 80 | S.N. | 116,2 | +16,2 | S.N. |
| | | 85 MM | 50,1 | 29,2 | 116,4 | 85 | S.N. | | | |
| | Extrakt sušený list kvet. rostlin | 40 MM | 38,1 | 26,8 | 60,8 | 95 | S.V. | 68,8 | -31,2 | S.V. |
| | | 85 MM | 55,4 | 24,1 | 128,7 | 90 | S.N. | | | |
| | Extrakt sušený květ | 40 MM | 50,9 | 26,7 | 81,1 | 95 | S.N. | 128,7 | +28,7 | S.N. |
| | | 85 MM | 39,5 | 25,8 | 91,8 | 85 | S.N. | | | |

| Refer. plodina | Druh vzorku z rostliny konopí | Jamka od vzorku | Celk. prům. délka [mm] | Sm.odch. ± [mm] | Var. / blank [%] | Klíčivost [%] | T-TEST var. / blank | Porovn. 40 /85 mm [%] | Rozdíl 40 /85 mm [%] | T-TEST 40/85 mm |
|----------------|------------------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------|---------------|---------------------|-----------------------|----------------------|-----------------|
| HOŘČICE | kontrola (blank) | 40 MM | 30,1 | 17,6 | | 100 | | | | |
| | | 85 MM | 26,0 | 12,8 | | 95 | | | | |
| | 1g čerstvý květ | 40 MM | 4,5 | 3,2 | 14,8 | 70 | S.V.V. | 51,4 | -48,6 | S.V.V. |
| | | 85 MM | 8,7 | 5,6 | 33,3 | 90 | S.V.V. | | | |
| | 2g čerstvý květ | 40 MM | 19,8 | 10,3 | 65,7 | 100 | S.V. | 95,9 | -4,1 | S.N. |
| | | 85 MM | 20,6 | 14,2 | 79,4 | 100 | S.N. | | | |
| | Extrakt čerstvý list nekvět. rostl | 40 MM | 2,8 | 1,9 | 9,3 | 75 | S.V.V. | 73,7 | -26,3 | S.N. |
| | | 85 MM | 3,8 | 2,1 | 14,6 | 80 | S.V.V. | | | |
| | Extrakt sušený list nekvět. rostl | 40 MM | 21,1 | 11,3 | 70,0 | 95 | S.N. | 127,6 | +27,6 | S.N. |
| | | 85 MM | 16,5 | 12,0 | 63,6 | 85 | S.V. | | | |
| | Extrakt sušený list květ. rostlin | 40 MM | 17,4 | 13,3 | 57,9 | 95 | S.V. | 88,8 | -11,2 | S.N. |
| | | 85 MM | 19,6 | 10,1 | 75,5 | 100 | S.N. | | | |
| | Extrakt sušený květ | 40 MM | 26,6 | 18,3 | 88,4 | 80 | S.N. | 78,9 | -21,1 | S.N. |
| | | 85 MM | 33,7 | 24,8 | 129,7 | 95 | S.N. | | | |
| LUPINA | kontrola (blank) | 40 MM | 19,8 | 8,9 | | 92 | | | | |
| | | 85 MM | 33,8 | 7,9 | | 100 | | | | |
| | 1g čerstvý květ | 40 MM | 33,5 | 8,5 | 169,6 | 100 | S.V.V. | 128,8 | 28,8 | S.N. |
| | | 85 MM | 26,0 | 14,4 | 77,0 | 92 | S.N. | | | |
| | 2g čerstvý květ | 40 MM | 28,2 | 14,9 | 142,6 | 83 | S.N. | 91,6 | -8,4 | S.N. |
| | | 85 MM | 30,8 | 13,0 | 91,1 | 92 | S.N. | | | |
| | Extrakt čerstvý list nekvět. rostl | 40 MM | 26,0 | 16,1 | 131,6 | 75 | S.N. | 99,0 | -1,0 | S.N. |
| | | 85 MM | 26,3 | 13,1 | 77,8 | 100 | S.N. | | | |
| | Extrakt sušený list nekvět. rostl | 40 MM | 24,8 | 17,7 | 125,7 | 75 | S.N. | 65,8 | -34,2 | S.N. |
| | | 85 MM | 37,8 | 11,9 | 111,9 | 100 | S.N. | | | |
| | Extrakt sušený list květ. rostlin | 40 MM | 34,7 | 10,0 | 175,5 | 100 | S.V.V. | 94,8 | -5,2 | S.N. |
| | | 85 MM | 36,6 | 9,5 | 108,4 | 100 | S.N. | | | |
| | Extrakt sušený květ | 40 MM | 30,8 | 12,2 | 156,1 | 92 | S.V. | 79,6 | -20,4 | S.N. |
| | | 85 MM | 38,8 | 13,1 | 114,8 | 92 | S.N. | | | |

| Refer. plodina | Druh vzorku z rostliny konopí | Jamka od vzorku | Celk. prům. délka [mm] | Sm.odch. ± [mm] | Porovn. var. / blank [%] | Klíčivost [%] | T-TEST var. / blank | Porovn. 40 /85 mm [%] | Rozdíl 40 /85 mm [%] | T-TEST 40/85 mm |
|----------------|------------------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|--------------------------|---------------|---------------------|-----------------------|----------------------|-----------------|
| JETEL | kontrola (blank) | 40 MM | 23,4 | 11,7 | | 90 | | | | |
| | | 85 MM | 24,3 | 12,3 | | 95 | | | | |
| | 1g čerstvý květ | 40 MM | 19,6 | 13,5 | 83,7 | 80 | S.N. | 81,0 | -19,0 | S.N. |
| | | 85 MM | 24,2 | 13,8 | 99,6 | 85 | S.N. | | | |
| | 2g čerstvý květ | 40 MM | 25,1 | 10,2 | 107,5 | 95 | S.N. | 95,6 | -4,4 | S.N. |
| | | 85 MM | 26,3 | 11,0 | 108,2 | 95 | S.N. | | | |
| | Extrakt čerstvý list nekvět. rostl | 40 MM | 24,4 | 5,6 | 104,3 | 100 | S.N. | 102,3 | +2,3 | S.N. |
| | | 85 MM | 23,8 | 11,4 | 98,1 | 90 | S.N. | | | |
| | Extrakt sušený list nekvět. rostl | 40 MM | 25,3 | 13,2 | 108,4 | 85 | S.N. | 109,5 | +9,5 | S.N. |
| | | 85 MM | 23,1 | 13,8 | 95,3 | 85 | S.N. | | | |
| | Extrakt sušený list květ. rostlin | 40 MM | 23,8 | 11,3 | 101,7 | 95 | S.N. | 101,9 | +1,9 | S.N. |
| | | 85 MM | 23,3 | 11,4 | 96,1 | 95 | S.N. | | | |
| | Extrakt sušený květ | 40 MM | 29,1 | 12,1 | 124,4 | 90 | S.N. | 92,8 | -7,2 | S.N. |
| | | 85 MM | 31,3 | 9,3 | 129,1 | 100 | S.N. | | | |
| SALÁT | kontrola (blank) | 40 MM | 32,3 | 15,2 | | 90 | | | | |
| | | 85 MM | 31,9 | 19,4 | | 80 | | | | |
| | 1g čerstvý květ | 40 MM | 12,7 | 12,6 | 39,2 | 55 | S.V.V. | 79,8 | -20,2 | S.N. |
| | | 85 MM | 15,9 | 10,6 | 49,8 | 85 | S.V.V. | | | |
| | 2g čerstvý květ | 40 MM | 37,3 | 7,6 | 115,3 | 100 | S.N. | 123,8 | +23,8 | S.N. |
| | | 85 MM | 30,1 | 19,2 | 94,5 | 85 | S.N. | | | |
| | Extrakt čerstvý list nekvět. rostl | 40 MM | 13,8 | 10,4 | 42,6 | 80 | S.V.V. | 75,5 | -24,5 | S.N. |
| | | 85 MM | 18,2 | 13,5 | 57,1 | 75 | S.V. | | | |
| | Extrakt sušený list nekvět. rostl | 40 MM | 33,5 | 20,5 | 103,7 | 80 | S.N. | 116,3 | +16,3 | S.N. |
| | | 85 MM | 28,8 | 19,5 | 90,4 | 85 | S.N. | | | |
| | Extrakt sušený list květ. rostlin | 40 MM | 27,2 | 16,2 | 84,2 | 100 | S.N. | 73,9 | -26,1 | S.N. |
| | | 85 MM | 36,8 | 14,1 | 115,5 | 100 | S.N. | | | |
| | Extrakt sušený květ | 40 MM | 27,0 | 12,0 | 83,4 | 95 | S.N. | 89,5 | -10,5 | S.N. |
| | | 85 MM | 30,1 | 9,5 | 94,5 | 100 | S.N. | | | |