

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra Zahradnictví



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Vliv vybraných herbicidů na rajčata

Bakalářská práce

Viktorie Tylová

Zahradnictví

Vedoucí práce: doc. Ing. Bc. Martin Koudela, Ph.D.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv vybraných herbicidů na rajčata" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 22.4.2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu doc. Ing. Bc. Martinovi Koudelovi, Ph.D., za vedení mé bakalářské práce a za cenné rady a připomínky. Dále bych chtěla poděkovat paní Ing. Miroslavě Soukupové za odborný dohled při provádění experimentů v laboratoři.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině a mému příteli, za trpělivost a podporu.

Vliv vybraných herbicidů na rajčata

Souhrn

Bakalářská práce byla zaměřena na zpracování literární rešerše na téma charakteristiky *Solanum lycopersicum* L., procesu klíčení a problematiky interakce osiva s herbicidními přípravky, konkrétně s *aminopyralidem* a *pyroxsulamem*. Další částí bylo založit experiment s klíčením osiva rajčete v herbicidně ošetřeném prostředí s následným popisem a vyhodnocením výsledků.

Cílem experimentu bylo nasimulovat a ověřit reakci osiva rajčete v prostředí s herbicidy, které by odpovídalo situaci na poli, kde jsou obsažena rezidua herbicidů v půdě, slámě a podzemní vodě. Z toho důvody byly pro pokus zvoleny velmi nízké koncentrace postřikové jíchy. Herbicidy byly ředěny do různých koncentrací a na kontrolní vody byla použita destilovaná voda. Pro potřeby pokusu bylo použito osivo odrůdy Šejk a odrůdy Start F1. Vždy proběhly čtyři opakování po 50 ks semen. V rámci laboratorního pokusu proběhly dva experimenty:

1. Vliv čistých herbicidních látek v různých koncentracích na klíčení rajčete,
2. Vliv výluhů z herbicidně ošetřené slámy v různých koncentracích na klíčení rajčete.

První pokus prokázal, že vzorky ošetřené *aminopyralidem* se vyznačovaly snížením rychlosti klíčení a počtu vyklíčených semen, rovněž vyšším výskytem deformovaných klíčků o až 5 %. *Pyroxsulam* zpomaloval proces klíčení, ale žádné deformace na klíčících semenech nezpůsobil.

V rámci druhého pokusu byly připraveny výluhy ze čtyř druhů herbicidně ošetřené slámy. Nejslabší reakci vyvolal výluh z jedenkrát ošetřené slámy Mustangem Forte (*aminopyralid*). Silně negativní reakce způsobily výluhy ze slámy ošetřené dvojitou dávkou Mustangu Forte, dvakrát ošetřené Corellem a neošetřené slámy, které způsobovaly snížení klíčivosti až o 20 % u nejvyšších koncentrací.

V obou experimentech se prokázalo, že s vyšší koncentrací se stupňoval účinek herbicidu, resp. vyšší výskyt deformací, zpomalení růstu a snížení klíčivosti.

Klíčová slova: herbicid, aminopyralid, pyroxsulam, rajče, klíčení

Effect of selected herbicides on tomatoes

Summary

The bachelor thesis was focused on the elaboration of a literary research on the topic: characteristics of *Solanum locopersicum* L., the process of germination and issues of the seed interaction with herbicides, specifically with *aminopyralid* and *pyroxsulam*. The next part was to establish an experiment with germination of tomato seeds in a herbicide-treated environment with subsequent description and evaluation of the results.

The aim of the experiment was to simulate and verify the reaction of tomato seeds in an environment with herbicides, which would correspond to the situation in the field, where herbicide residues are contained in soil, straw and in groundwater. For this reason, very low concentrations of herbicide solution were chosen for the experiment. The herbicides were diluted to various concentrations and for check was used distilled water. Seeds of the Šejk variety and the Start F1 variety were used for the purposes of the experiment. There were always four repetitions each 50 seeds. Two experiments were performed in the laboratory research:

1. Influence of pure herbicides in various concentrations on tomato germination,
2. Influence of leachates of herbicide-treated straws in various concentrations on tomato germination.

The first experiment proved that samples treated with *aminopyralid* were characterized by a reduction of germination speed and number of germinated seed, as well by higher occurrence of deformed sprouts by up to 5%. *Pyroxsulam* slowed down the germination process, but did not cause any deformations of on the germinating seeds.

In the second experiment, leachates of four types of herbicide-treated straws were prepared. The weakest reaction was caused by the leachate of the single time treated straw with Mustang Forte (*aminopyralid*). Significantly negative reactions were caused by the leachate of twice treated straw with Mustang Forte, twice treated straw with Corello and untreated straw, up to 20% at the highest concentrations.

Both experiments proved that the effect increased with higher concentration, or rather higher occurrence of deformations, growth retardation and reduced germination.

Keywords: herbicide, aminopyralid, pyroxsulam, tomato, germination

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Cíl práce.....	9
3	Literární rešerše.....	10
3.1	Rajče jedlé	10
3.1.1	Charakteristika.....	10
3.1.2	Taxonomické zařazení rajčete	11
3.1.3	Historie.....	11
3.1.4	Pěstování.....	12
3.2	Charakteristika a vývoj semen.....	12
3.2.1	Popis semen.....	12
3.2.2	Semena rajčat	13
3.2.3	Klíčivost semen	14
3.2.4	Klíčení semen	14
3.2.4.1	Druhy klíčení	15
3.2.5	Faktory ovlivňující klíčení.....	16
3.2.5.1	Vnější faktory	16
3.2.5.2	Vnitřní faktory.....	18
3.2.6	Dormance	19
3.3	Herbicidy	21
3.3.1	Klasifikace herbicidů	21
3.3.1.1	Podle selektivity.....	21
3.3.1.2	Podle způsobu přijímání látky rostlinou	21
3.3.1.3	Podle termínu aplikace	22
3.3.1.4	Podle mechanismu účinku.....	22
3.3.2	Adjuvanty.....	24
3.3.3	Chování herbicidů v půdě	24
3.3.4	Herbicidy v rostlině.....	25
3.3.5	Aminopyralid.....	26
3.3.6	Pyroxsulam.....	27
4	Metodika.....	28
4.1	Materiál.....	28
4.2	Postup založení a hodnocení pokusů	31
4.3	Metody vyhodnocení naměřených hodnot	32

5	Výsledky	33
5.1	První experiment.....	33
5.2	Druhý experiment	36
6	Diskuze	39
6.1	Účinky aminopyralidu.....	39
6.2	Účinky pyroxsulamu	39
6.3	Vliv výluhů z herbicidně ošetřené slámy	40
6.4	Kontrolní varianty	40
7	Závěr	42
8	Literatura.....	44
9	Seznam grafů a tabulek	48
10	Seznam obrázků	I
11	Samostatné přílohy	II

1 Úvod

Celosvětově je rajče jedním z nejpěstovanějších druhů zeleniny (Dorais et al. 2008). Každoročně se světově vyprodukuje přes 37 milionů tun (2019) rajčat. Největšími světovými producenty rajčat jsou Kalifornie a Čína. V rámci Evropské unie je nejvýznamnějším producentem Itálie, která vyprodukuje 4,8 mil. tun a na druhém místě je Španělsko s produkcí 3,2 mil. tun. V České republice se ročně sklídí přes 24 tisíc tun (2019) této plodové zeleniny (Buchtová 2020). V minulých letech produkce rajčat mírně klesla z důvodu nepříznivého počasí, ale nyní opět stoupá a podle odhadů se bude nadále zvyšovat.

Velká světová produkce se neobejde bez účinné ochrany rostlin před zaplevelením. Rostliny rajčat trpí konkurencí plevelů, která má za následek opoždění násady plodů, nízký výnos a špatnou kvalitu plodů (Mohammed & Ali 1986). Velké množství zaplevelení rovněž komplikuje sklizeň. Čím větší plochy jsou obhospodařovány, tím je regulace plevelů komplikovanější a nákladnější. Výskyt plevelů v porostech kulturních plodiny se dá řešit více způsoby např. dodržováním osevních postupů, výběrem konkurenceschopnějších odrůd, použitím čistého osiva, agrotechnickými zásahy (plečkování) a v neposlední řadě použitím herbicidních přípravků (Vencill et al. 2012). Pro velké vysoce mechanizované pěstitele je obtížné zcela eliminovat použití herbicidů, ale lze jejich množství snížit. Realistickým cílem by měla být integrovaná ochrana na základě kombinace biologické, chemické, mechanické a kulturní ochrany (Putnam 1990).

Značná většina světových i českých producentů rajčat i ostatních zemědělských plodin, využívá k regulaci plevelů primárně herbicidní ochranu. Nechemické způsoby regulace plevelů se uplatňují na ekologických farmách anebo u drobnějších pěstitelů a zahrádkářů. Herbicidy jsou pro zemědělce atraktivnější hned z několika důvodů. Hlavní a bezkonkurenční výhodou herbicidních postřiků je nižší nákladnost a silná a rychlá účinnost i v nízkých dávkách. Nevýhodou těchto látek, je složitá manipulace, je nutné dodržet předepsaný postup a dávku aplikace, zároveň je nezbytné postřikovou jichu aplikovat bezprostředně po naředění. Dále je potřeba zvolit správný herbicidní přípravek, aby nedošlo k poškození kulturní plodiny. Aplikaci může provádět jen vyškolený pracovník. Pokud jsou dodrženy všechny normy a nařízení, pak je použití herbicidů vcelku efektivní a nejméně nákladné.

Herbicidy jsou syntetické látky, jejichž rezidua zůstávají v půdě a podzemní vodě, odkud mohou proniknout do plodin, které jsou pěstovány pro potravinářské a krmné účely. Z dlouhodobého hlediska může mít konzumace takto „kontaminovaných“ potravin negativní vliv na lidský organismus (Jursíka et al. 2012). V historii byla herbicidní ochrana používána ve velké míře a ve vysokých dávkách. V dnešní době tomu již tak není a dávky jsou upraveny a herbicidní látky jsou podrobovány testům. Rizikové přípravky je zakázáno používat. Postupem času zakázaných přípravků stále přibývá. I přesto v půdě zůstává stopové množství těchto látek. Z tohoto důvodu se tato práce zabývá vlivem nízkých koncentrací herbicidů na klíčení rajčat.

2 Cíl práce

Cílem práce bylo zpracovat literární rešerši o problematice účinných herbicidních látek *aminopyralid* a *pyroxsulam* při pěstování rajčat. Součástí práce bylo založení a vyhodnocení experimentu, ve kterém byl hodnocen vliv uvedených účinných látek na rajčata.

3 Literární rešerše

3.1 Rajče jedlé

3.1.1 Charakteristika

Rajče jedlé, lilek rajče nebo též rajske jablko je jednou z nejvýznamnějších plodových zelenin. Stejně jako v českém jazyce, tak i v latině má tato rostlina více možných pojmenování – *Lycopersicon esculentum* Mill., *Lycopersicon lycopersicum* (L.) Karsten ex Farw. nebo *Solanum lycopersicum* L. (Pladias 2021). Rajče je jednoletá bylina dorůstající výšky až 1,5 metru. Lodyha je větvená a pokrytá měkkými žlaznatými chloupky, které vylučují typicky zapáchající látku, která na vzduchu tuhne. Stonek je u mladých rostlin bylinný, později dřevnatí (Petříková & Hlušek 2012, Pladias 2021).

Rajčata se dělí podle růstu hlavního stonku na tři typy: keříčkové, tyčkové a polodeterminantní. Tyčkové odrůdy (indeterminantní) se vyznačují neomezeným růstem stonku (až 13 m) a květenství zakládají za každým třetím listem. Keříčkové odrůdy (determinantní) mají ukončený růst stonku (0,4-0,7 m), květenství vytvářejí za každým druhým listem. Polodeterminantní odrůda je přechodným typem mezi dvěma výše zmíněnými odrůdami (Pekárková 2001; Petříková & Hlušek 2012).

List je složený, přetřhovaně zpeřený a pokrytý žlaznatými chloupky (Pladias 2021). V úžlabí listů se vytvářejí postranní výhony, které se vyštipují, aby rostlina byla silnější a lépe plodila. Výhony se vyštipují jen u tyčkových odrůd. Květy jsou žluté, pětičetné, aktinomorfní a samosprašné. Typem květenství je vijan (Petříková & Hlušek 2012). Plodem je dužnatá bobule zpravidla sytě červené barvy, ale jsou vyšlechtěny i odrůdy s oranžovými, žlutými, zelenými, hnědými i temně fialovými až černými plody (Dorais et al. 2008). Nezralé plody obsahují alkaloid solanin, který se při dozrávání odbourává. Stejně jako ostatní druhy plodové zeleniny, tak i rajčata mají velmi vysokou nutriční hodnotu. Významný je především vysoký obsah vitamínu C a přítomnost lykopenu (viz Tabulka 1) (Petříková & Hlušek 2012). Studie prokázaly nepřímou korelaci mezi konzumací rajčat a rizikem některých typů rakoviny a kardiovaskulárních onemocnění (Dorais et al. 2008).

Tabulka 1- Průměrné nutriční hodnoty plodů rajčete (Kopec 1998).

Složka	Sušina	Vláknina	Sacharidy	Bílkoviny	Tuky	Popeloviny
Hodnota (%)	5,48	1,2	2,63	0,88	0,2	0,5
Vitamíny	A	B1	B2	B6	C	E
Hodnota (mg/kg)	5,04	0,37	0,19	0,8	137	5,4
Minerální látky	Ca	Fe	Na	Mg	P	K
Hodnota (mg/kg)	100	2,7	50	110	240	2370

3.1.2 Taxonomické zařazení rajčete

Rajče řadíme do čeledi lilkovitých (*Solanaceae*) viz Tabulka 2. Čeleď zahrnuje jak jednoleté, tak vytrvalé byliny, stromy, keře, polokeře (v tropech i malé stromy) i liány. Areálem rozšíření je celý svět, vyjma arktických a pouštních oblastí. Nejrozšířenější jsou v tropických a subtropických oblastech (Jižní Amerika). Čeleď zahrnuje přibližně 96 rodů obsahujících celkem přes 2500 druhů. V České republice se vyskytuje přes 30 druhů v 11 rodech (Kocián 2021).

Lilkovité rostliny jsou charakteristické obsahem toxických látek, které jsou u všech zástupců ve větší nebo menší míře zastoupeny. Těmito látkami jsou alkaloidy. Nejvýznamějšími alkaloidy jsou atropin, belladonin, demissin, hyosciamin, nikotin, physalin, solanin, tomatin, tropin a mnoho dalších (Kocián 2021). Předávkování může způsobit rozšíření zornic, halucinace, křeče, kóma až smrt. Nejjedovatějšími zástupci jsou rulík zlomocný (*Atropa bella-donna* L.), durman obecný (*Datura stramonium* L.) a mandragora lékářská (*Mandragora officinarum* L.), jenž se využívají v lékařství a ve farmacii (Rocha 2018).

Řada druhů se pěstuje ve velkém množství pro potravinářský průmysl jako zelenina. Mezi nejpěstovanější druhy patří lilek brambor (*Solanum tuberosum* L.), rajče jedlé (*Lycopersicon lycopersicum* L.), paprika (*Capsicum* sp.) a lilek vejcoplodý (*Solanum melongena* L.). Pro člověka jsou velmi významné, díky vysokým nutričním hodnotám, konkrétně vysokému obsahu vitamínů (C, A), velkému množství draslíku, vápníku, fosforu, železa a dalších prospěšných látek (Petříková & Hlušek 2012; Kocián 2021).

Významné jsou i druhy pěstované na okrasu, mezi které lze zařadit především petúnie (*Petunia* sp.), durmanovec (*Brugmansia suaveolens* Humb. & Bonpl. Ex Willd) a mochyň peruánskou (*Physalis peruviana* L.).

Tabulka 2- Přehled taxonomie rajčete (Pladias 2021).

Řád	Čeleď	Rod	Druh
Lilkotvaré (<i>Solanales</i>)	Lilkovité (<i>Solanaceae</i>)	Lilek (<i>Solanum</i>)	Lilek rajče (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)

3.1.3 Historie

Rajčata pocházejí z Jižní Ameriky, konkrétně z oblastí Peru, Ekvádoru a Bolívie. Z historických zdrojů vyplývá, že původní obyvatelé je zde pěstovali již v 5. stol. př. n. l. Do Evropy se dostala rajčata až v 16. století n. l., nejdříve se objevila ve Španělsku, kde je používali jako zeleninu. Ostatní evropské státy byli dlouho přesvědčeni o tom, že jsou rajčata jedovatá, tudíž je nepěstovali ke konzumaci, nýbrž pouze jako botanickou a léčivou rostlinu. Italský botanik, Pietro Andrea Mattioli, v roce 1544 označil rajče jako silné afrodiziakum a dal mu jméno „jablko lásky“. Na Briských ostrovech se o strach z konzumace rajčat zasloužil tamní lékař a botanik, Jonh Gerard, který se domníval, že jsou rajčata silně toxická. Až v 18. století n. l. je ve Francii a Itálii začali pěstovat jako zeleninu a postupně se k nim přidaly i další země. Paradoxně ve Spojených státech amerických trvala nedůvěra k plodům rajčete nejdéle, až do

poloviny 19. století. Dokonce tehdejší prezident Thomas Jefferson se musel osobně zaručit, aby občany přesvědčil (Stein 1999; Causse et al. 2016; Gerszberg et al. 2015).

3.1.4 Pěstování

Rajčata řadíme mezi teplomilnější zeleninu, ideální teplota pro pěstování je od 18 do 28 °C (Petříková & Hlušek 2012). V noci by neměly teploty klesat pod 12-15 °C. Pro nasazení plodů jsou potřeba teploty od 18 do 24 °C (Žalud 2005). Pro pěstování rajčat je vhodné zvolit slunné stanoviště s humózní, hlinitopísčitou půdou (Gerszberg et al. 2015). Rajčata vyžadují dostatek vláhy, pokud je půda sušší je nutné zajistit dostatečnou závlahu (ideálně kapková závlaha). Je nutné se vyvarovat styku vody s povrchem listu, aby se snížilo riziko vzniku houbových chorob (Dorais 2008; Petříková & Hlušek 2012). Dále je důležité vybrat pozemek, na kterém se v uplynulých 3-4 letech nepěstovala žádná plodina z čeledi lilkovitých. Jinak by vzniklo velké riziko šíření chorob a škůdců (Petříková & Hlušek 2012).

Keříčkové odrůdy se pěstují převážně z přímého výsevu, ideální doba pro výsev je druhá polovina dubna. Jsou vhodné pro průmyslové zpracování např. pro výrobu kečupů nebo protlaků. Sklízají se mechanizovaně. Sklizeň začíná, když je alespoň 80 % plodů zralých, obvykle termín sklizně vychází na září. Tyčkové odrůdy jsou vhodné k přímému konzumu a sklízají se převážně ručně, aby se plody nepoškodily. Nejprve se předpěstovávají ve fóliovnících nebo sklenících (přelom března/dubna) a poté se v druhé polovině května vysazují ven na stanoviště. Sklizeň začíná v srpnu a končí začátkem října. Z počátku se sklízí dvakrát týdně a později stačí jen jednou za týden (Dorais 2008; Petříková & Hlušek 2012; Gerszberg et al. 2015).

3.2 Charakteristika a vývoj semen

3.2.1 Popis semen

Semeno je mnohobuněčný reprodukční orgán rostlin, který vzniká oplozením vajíčka na mateřské rostlině. Jeho hlavní funkcí je ochrana zárodku nové rostliny, přenos genetické informace a zachování druhu. Semena jsou různorodá a liší se velikostí, barvou, tvarem i strukturou povrchu. Rozličnost závisí na taxonu a na způsobu šíření semen. Základní morfologické znaky jsou pro všechna semena shodné. Na povrchu semene bývá viditelný pupek (hilum), což je jizva vzniklá oddělením zralého semene od poutka. Malou jizvu na povrchu semene tvoří také mikropylární otvor (cikatrikula), pod kterým je uložen zárodek kořene. Plně vyvinuté semeno se skládá z testy, embrya, endospermu a perispermu (Jensen 1998; Novák & Skalický 2012).

Testa (osemení)

Osemení se nachází na povrchu semene a chrání před vlivy vnějšího prostředí. Vzniká přeměnou vaječných obalů (integumentů) nebo jen jejich částí. Podle konzistence může být osemení kožovité, blanité, dužnaté, slizovatející ve vlhkém prostředí nebo může být pokryto trichomy. Funkcí testy je regulace, konkrétně ovlivňuje propustnost vody a plynu. Díky tomu

má vliv na fyziologické pochody při klíčení semen (Houba & Hosnedl 2002; Novák & Skalický 2012).

Embryo (zárodek)

Embryo vzniká z haploidní vaječné buňky (oosféra) oplozené haploidní generativní buňkou pylové láčky (Houba & Hosnedl 2002). Je složeno z dělohy nebo děloh a z embryonální osy, která se skládá z plumuly z radikuly. Plumula (pupen) je embryonální vegetační vrchol nesoucí základy listů. Radikula (kořínek) je embryonální vegetační vrchol kořene. U nahosemenných rostlin je plumula umístěna uprostřed semene a mívá většinou dvě nebo tři dělohy, ale může mít i větší počet děloh. U dvouděložných rostlin je plumula umístěna mezi dělohami (Bewley & Black 1994; Houba & Hosnedl 2002; Novák & Skalický 2012).

Endosperm (vnitřní živné pletivo)

Triploidní endosperm vzniká z diploidního jádra zárodečného vaku. Toto jádro je oplodněno jednou z haploidních buněk, která se nachází v pylové láčce. Je tvořen parenchymatickým pletivem (Bewley & Black 1994). Podle stavu endospermu ve fázi zralosti se semena dělí na dva druhy – s endospermem a bez endospermu. U semen s endospermem je ve fázi zralosti endosperm dobře vyvinutý. V druhém případě je endosperm u zralých semen silně redukováný nebo úplně chybí. Zásobními látkami jsou tuky, bílkoviny a škrob (Bewley et al. 2006; Houba & Hosnedl 2002).

Perisperm (vnější živné pletivo)

Perisperm je diploidní útvar semen rostlin. Vzniká z buněk zárodečného vaku. Plní funkci zásobní, neboť je zásobním pletivem vyživujícím embryo. U většiny druhů se v plné zralosti semene perisperm již nevyskytuje, protože se vyčerpá v ranějších fázích vývinu. U semen, která nemají endosperm, přebírá perisperm hlavní vyživovací funkci (Bewley & Black 1994; Bewley et al. 2006; Houba & Hosnedl 2002).

3.2.2 Semena rajčat

Semena rajčat jsou poměrně drobná. Mají oválný až kruhový tvar a jsou ze stran zploštělá. Barvu mají krémovou s odstíny žluté a světle hnědé. Celý jejich povrch je pokryt jemnými chloupky. Semena se nacházejí uvnitř dužnatého plodu, kde jsou uložena ve slizové hmotě (placenta) (Petříková & Hlušek 2012).

Průměrná velikost semene je 1-2 mm, podle odrůdy. Hodnota hmotnosti tisíce semen (HTS) je rovna 2,5-3,5 g. Semena klíčí po dobu 8-12 dní. Lze je skladovat 4-6 let, po tuto dobu si semena zachovávají klíčivost (Pekárková 2001; Petříková & Hlušek 2012). Na kvalitu semen, a tedy i na jejich klíčivost, má vliv doba sběru, podmínky skladování i odrůda rajčete (Demir & Ellis 1992). V semenářství se semena rajčat nejprve obrušují, aby se zbavila chloupků. Díky tomu je možný přesnější výsev (Pekárková 2001; Petříková & Hlušek 2012).



Obrázek 1- Osivo rajčete odrůdy Šejk (Autor: Tylová Viktorie 2022).

3.2.3 Klíčivost semen

Klíčivost je schopnost semen v příznivých podmínkách a za stanovenou dobu vyklíčit v normálně vyvinuté klíčence. Využívá se jako veličina sloužící k vyjádření kvality osiva. Hodnoty klíčivosti se udávají v procentech (kolik semen vyklíčí ze 100). Kvalitní osiva mají klíčivost 80-90 %. Houba & Hosnedl (2002) vyjadřují procento klíčivosti jako podíl klíčivých semen v testovaném vzorku, hodnoceném na konci období, vymezeného počtem dnů, kdy se předpokládá, že klíčení je již ukončeno.

Test klíčivosti se provádí v laboratorních podmínkách podle přesně stanovených mezinárodních pravidel International Seed Testing Association (ISTA 2019). Výhodou laboratorního testu je jeho opakovatelnost, možná reprodukovatelnost dat a porovnatelnost výsledků (Šerá 2014).

3.2.4 Klíčení semen

Definice klíčení semen se v literárních zdrojích často liší. Houba & Hosnedl (2002) definují, klíčení jako proces, který začíná příjmem vody a končí startem prodlužování embryonální osy, zpravidla kořínku. Votrubová (2010) popisuje klíčení jako změnu embrya (základ nového sporofytu) v klíčící rostlinu (semenaček). Procházka (1998) vysvětluje klíčení jako přechod semen z klidového stavu do stavu s plně funkčním metabolismem. Semena v klidovém stavu jsou dehydratovaná.

Aby semeno začlo klíčit musí být v první řadě již po určitou dobu odděleno od mateřské rostliny a zároveň musí být splněny určité podmínky, jako například dostatek vody a vhodná teplota. Neschopnost okamžitého vyklíčení semen je způsobena nesplněním vhodných okolních podmínek nebo přítomností inhibičních látek a mechanickými vlastnostmi osetí. Těmito mechanismy se rostliny chrání před klíčením v nevhodných podmínkách, jako například těsně před příchodem zimního období (Votrubová 2010).

Klíčení semen je složitý proces, který zahrnuje řadu biologických, biochemických a fyziologických procesů (např. hydratace proteinů, dýchání, prodlužování buněk, strukturální buněčné změny a makromolekulární syntézy) (Procházka 1998; Houba & Hosnedl 2002;).

Klíčení lze rozdělit do tří fází:

I. fáze

První fází klíčení je bobtnání. Zvyšuje se obsah vody v semenech, která byla doposud dehydratovaná. Tento proces je pouze fyzikálním jevem, proto k této fázi dochází u všech semen i u těch neživých a dormantních (Houba & Hosnedl 2002; Votrubová 2010).

II. fáze

V druhé fázi dochází k aktivaci biochemických pochodů (Houba & Hosnedl 2002). Zvyšuje se aktivita enzymů, které jsou schopny rozkládat živiny uložené v zásobních pletivech semena (Votrubová 2010). Tato fáze neprobíhá u neživých a dormantních semen.

III. fáze

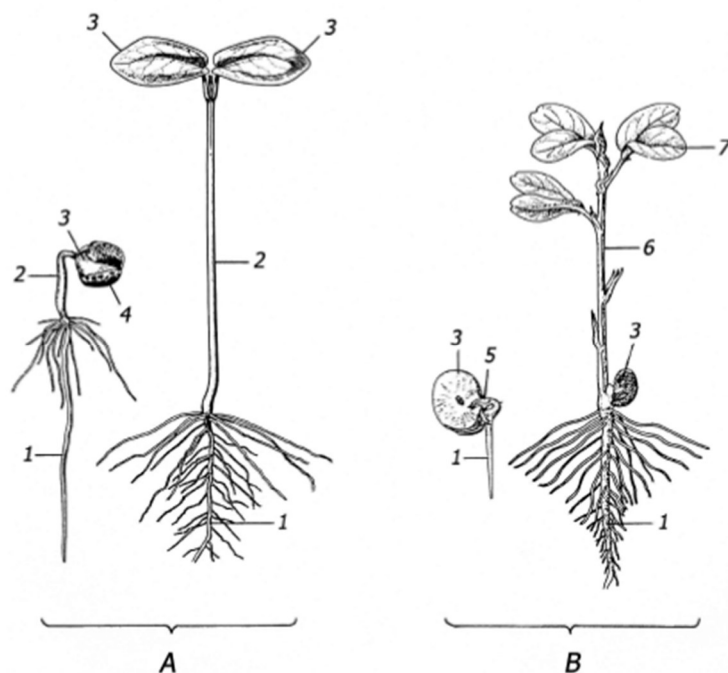
Tato fáze následuje po druhé fázi. Je typická již viditelným klíčením. Kořínek proráží strukturu obklopující embrya. Nově vzniklí semenáček se dále vyvíjejí (Houba & Hosnedl 2002).

3.2.4.1 Druhy klíčení

Rozlišujeme dva základní druhy klíčení, podle toho, zda se semena při klíčení dostávají pod povrch půdy nebo jestli klíčí na povrchu. Tyto dva druhy se nazývají epigeické a hypogeické klíčení (Votrubová 2010).

Epigeické klíčení je klíčení semen nad povrchem půdy. Tento způsob klíčení je oproti hypogeickému primitivnější. Je charakteristický např. pro semena borovice, fazolu, slunečnice nebo buku. Nejprve ze semena začne růst kořínek, který směrem dolů proniká do půdy, kde se zakotví a začne čerpat vodu a živiny. Z horní části kořínku vyrůstá hypokotyl, který se prodlužuje směrem nahoru, čímž vynáší dělohy a vegetační vrchol nad povrch půdy. Vegetační vrchol pokračuje v růstu a dělohy postupně uvadají (Pazourek 2001; Bewley et al. 2006).

Hypogeické klíčení probíhá pod půdním povrchem. Tento způsob se objevuje u rostlin jako je např. hrách, kukuřice nebo dub. Kořínek roste ze semene směrem dolů. Dělohy jsou ukryty pod povrchem půdy. Směrem vzhůru vyrůstá epikotyl, který dostává vzrostný vrchol nad povrch půdy. Epikotyl roste velmi rychle. Dělohy neztrácejí svoji nutriční funkci a jejich úlohou je potlačit růst úžlabních děložních pupenů. Koleoptile slouží jako ochrana vzrostného vrcholu při pronikání zkrz půdu a s růstem vzrostného vrcholu se postupně rozpadá (Pazourek 2001).



Obrázek 2– Způsoby klíčení dvouděložných rostlin (Votrubová 2010).

Obrázek č. 3 znázorňuje příklady klíčení rostlin. Vlevo je vždy vyobrazen počátek klíčení a vpravo je mladý semenáček. Část A se věnuje epigeickému klíčení skočce obecného (*Ricinus communis*). Následuje popis jednotlivých částí: 1- primární kořen, 2 – hypokotyl, 3 vlevo – dělohy kryté endospermem, 3 vpravo – děložní listy, 4 – osemení. Část B znázorňuje hypogeické klíčení bobu obecného (*Vicia faba*). Dále popis jednotlivých částí: 1 – primární kořen, 3 – dělohy, 5 – základ prýtu v semeni, 6 – stonek, 7 – listy (Votrubová, 2010).

3.2.5 Faktory ovlivňující klíčení

3.2.5.1 Vnější faktory

Proces klíčení semen je tvořen větším počtem dějů, které vedou k obnově metabolických procesů v semeni. Aby bylo klíčení možné je potřeba splnit několik základních podmínek. Je důležité, zda-li je semeno dormantní či nikoli. Nedormantní semena jsou schopna vyklíčit, naopak dormantní semena tuto schopnost nemají (Procházka et al. 1998). Dalšími nezbytnými podmínkami pro klíčení jsou voda, kyslík, teplota a světlo. Tyto faktory mají vliv na množství stimulačních a inhibičních látek v semeni a dále ovlivňují propustnost semenných obalů (Longo et al. 2020).

Voda

Voda je základním faktorem pro počátek klíčení semen. Většina zralých semen se vyskytuje s minimálním obsahem vody. Přítomnost vody je nutná pro bobtnání semen, které probíhá v první fázi procesu klíčení. Při přerušení bobtnání vyschnutím semene a následovněm znovu nabobtnání nemusí zpravidla docházet k poškození, pokud se tak stane do II. fáze klíčení.

V následujících fázích již dochází k buněčnému dělení a po vyschnutí může dojít k fatální poruše klíčení (Houba & Hosnedl 2002).

Semena přijímají vodu jizvou, která vznikla po oddělení poutka. Nejprve bobtná testa a následně přijímají vodu dělohy. Příjem vody nezávisí na ostatních životních dějích probíhajících uvnitř semene (Procházka et al. 1998). Dormantní semena bobtnají také, proto v této fázi nelze rozeznat, která semena jsou vitální a která nikoliv. Je nutné vyčkat, dokud není viditelný klíček. Klíček lze vidět po prasknutí testy a proražení radikuly (Houba & Hosnedl 2002).

Kyslík

Kyslík je nezbytný pro metabolické procesy klíčících semen. Dýcháním se oxidují tuky, škroby a jiné zásobní látky (Procházka et al. 1998). Tímto způsobem získávají semena potřebnou energii, než se jim vyvynou listy a budou schopny asimilace. Kyslík je nezbytný pro rostliny ve všech životních stádiích, od semena po vzrostlou rostlinu. U suchých semen byl příjem kyslíku velmi malý. Se začátkem procesu klíčení se u semen zvyšuje spotřeba kyslíku. S postupným bobtnáním pletiv se příjem kyslíku zvyšuje, dokud nejsou pletiva plně hydratovaná a poté se dýchání zpomalí. Ve III. fázi klíčení, která je spojena s růstem embryonální osy, opět spotřeba kyslíku vzrůstá (Bewley et al. 2006; Houba & Hosnedl 2002).

Nedostatek kyslíku při klíčení má za důsledek snížení procenta klíčivosti. Avšak existují druhy rostlin, které dokážou klíčit v prostředí bez přístupu kyslíku jako je např. rýže. Obsah kyslíku v půdě by se měl optimálně pohybovat kolem 19 %. Inhibice klíčení nastává, pokud se množství kyslíku dostane pod 3 %. U citlivějších rostlin jsou kritické hodnoty již pod 10 % O₂ v půdě (Houba & Hosnedl 2002).

Teplota

Klíčení je po biochemické stránce sledem chemických reakcí a metabolických procesů, které probíhají jen za určitých teplot okolního prostředí (Houba & Hosnedl 2002). Teplota je významným faktorem ovlivňujícím klíčení a dormanci semen (Yan & Chen 2020). Obecně lze říci, že se vzrůstající teplotou roste i klíčivost semen (Procházka et al. 1998).

Vliv teploty na klíčení vyjadřují tři kardinální body: minimum, maximum a optimum. Hodnoty těchto teplot jsou pro každou rostlinu specifické. Závisí na botanickém druhu, odrůdě, kvalitě a stáří osiva, zeměpisném původu semen a na podmínkách okolního prostředí. Optimální teplota vhodná pro klíčení rostlin často bývá nižší než teplotní optimum pro růst dané rostliny. Optimální teplota pro klíčení většiny semen se pohybuje v rozmezí od 15 °C do 30 °C (Houba & Hosnedl 2002).

Světlo

Světlo není nezbytnou podmínkou pro klíčení, ačkoli existují druhy rostlin, které pro svůj raný vývoj světlo potřebují. Klíčení ovlivňuje intenzita světla nebo jeho spektrální složení. Na klíčení semen účinkuje světlo pomocí fytochromového systému (Houba & Hosnedl 2002; Longo et al. 2020).

Podle požadavků na přítomnost světla při klíčení, lze rozdělit semena na pozitivně fotoblastická, negativně fotoblastická a na semena neutrální. Pozitivně fotoblastická semena

pro svůj vývoj potřebují světlo. Tato semena obsahují menší množství zásobních látek, proto se musí klíční rostliny co nejrychleji vyvynout, aby byly schopné asimilovat. Negativně fotoblastická semena nepotřebují při klíčení přítomnost světelného záření. Z tohoto důvodu mohou klíčit ve větších hloubkách pod povrchem půdy (Procházka et al. 1998; Houba & Hosnedl 2002).

3.2.5.2 Vnitřní faktory

Pokud se semeno nachází v příznivých podmínkách vnějšího prostředí a přesto neklíčí, příčinou budou vnitřní faktory semene. Při procesu klíčení mají vnitřní i vnější faktory stejný vliv na úspěšnost klíčení semene. Hlavními látkami, které ovlivňují klíčení jsou fytohormony (rostlinné hormony). Dále může mít na klíčení vliv nepropustnost osemení pro vodu a plyn, mechanická tvrdost osemení nebo nedostatečný vývin embrya (Procházka et al. 1998; Houba & Hosnedl 2002; Šerá et al. 2014).

Fytohormony

Fytohormony jsou látky, která si rostlina vytváří sama, aby mohla regulovat svůj růst a vývoj. Jsou definovány jako chemické signály, které jsou účinné již ve stopových množstvích ($<1 \text{ mmol l}^{-1}$) (Hejnák et al. 2005). Tyto látky se podílejí na řízení biologických a fyziologických procesů při vzniku semen a plodů a z části řídí proces klíčení semen (Houba & Hosnedl 2002). Rostlina produkuje různé růstové hormony, které mohou na procesy v rostlině působit inhibičně nebo stimulačně. Tím je ovlivněna celistvost rostlinného těla jako celku (Kincl & Krpeš 2006).

Klíčový je poměr koncentrací jednotlivých fytohormonů v rostlině. Tyto koncentrace se během vývoje rostliny mění a jejich rovnováha a poměr hrají důležitou roli v růstu a vývoji rostliny (Bewley & Black 1994; Kincl & Krpeš 2006).

Houba & Hosnedl (2002) rozdělili fytohormony do tří kategorií, podle jejich vlivu na procesy v semeni:

- a) ovlivňují růst a vývoj semen a plodů, řídí ukončení růstu semene před jeho zralostí,
- b) regulují ukládání zásobních látek v období zrání – převod asimilátů do semen,
- c) podílí se na dormanci semen a na řízení klíčení a ovlivňuje první fáze růstu klíčících rostlin.

Inhibiční fytohormony

Nejvýznamějším inhibičním rostlinným hormonem je kyselina abscisová (ABA). Má opačné účinky na auxiny, gibereliny a cytokininy (Kincl & Krpeš 2006). Vyšší koncentrace ABA v rostlině má za následek inhibici klíčení semen na mateřské rostlině, pokud semena nejsou ještě zralá. Také má vliv na stárnutí rostlin. Řídí dormanci semen, jelikož s vyšší koncentrací ABA se zvyšuje zralost semen (Houba & Hosnedl, 2002, Yan & Chen 2020).

Vliv na vnitřní procesy semen má i kyselina jasmonová, která inhibuje klíčení semen (Kincl & Krpeš 2006).

Stimulační fytohormony

Mezi nejdůležitější stimulační hormony obsažené v rostlině patří auxiny, gibereliny a cytokininy. Auxiny mají příznivý vliv na klíčení i na růst rostlin. Při procesu klíčení se auxiny enzymaticky uvolňují a transportují do vrcholu kaleoptile, kde účinkují na pozitivní fototropismus. Auxiny vznikají v oplozeném vajíčku a stimulují vznik plodu (Bewley & Black 1994; Kincl & Krpeš 2006).

Přítomnost giberelinů je nezbytná pro klíčení semen. Jejich funkcí je rušení dormance, čímž podporují klíčení semen. Mají inhibiční účinky ke kyselině abscisové. Dále regulují aktivitu enzymu amylázy při klíčení semen (Kincl & Krpeš 2006).

Cytokininy mají vliv na dělení buněk. Nejvíce se podílejí na dělení buněk při počátečním vývinu semene. Se snížením koncentrace cytokininů se zpomaluje stárnutí celé rostliny. Cytokininy působí zpravidla v kombinaci s gibereliny. Dalšími účinky jsou např. stimulace apikální dominance u kořenů, inhibice apikální dominance stonku nebo přerušování dormance semen (Houba & Hosnedl 2002).

Nepropustnost semen pro vodu a plyny

Příjmu vody přes testu brání palisádový sklerenchym. Aby semena byla schopná bobtnat, je nutné sklerenchym narušit. Existují dva způsoby, jak narušit sklerenchym – mechanicky nebo chemicky. Používají se skleněné střepy, písek nebo kyselina sírová (Procházka et al. 1998).

Pokud jsou semena nepropustná pro kyslík a oxid uhličitý, dochází k inhibici růstu embrya. Aby se tato zábrana odstranila, je nutné odstranit osemení (Houba & Hosnedl 2002).

Nedostatečně vyvinuté embryo

K vyklíčení je nesmírně důležité, aby semena během svého vývoje nevyschla. Pokud není embryo dostatečně vyvinuté, není možné, aby semeno vyklíčilo i přes optimální podmínky (Procházka et al. 1998; Houba & Hosnedl 2002).

Mateřská rostlina

Na klíčení semen mají vliv podmínky, ve kterých se vyvíjela mateřská rostlina. Velký vliv má doba kvetení a zrání semen, výživa rostliny, stáří mateřské rostliny a umístění v květenství (Procházka et al. 1998; Šerá et al. 2014).

3.2.6 Dormance

Dormance semen je stav, při kterém osivo neklíčí, přestože se nachází v příznivých podmínkách. Zabraňuje osivu vyklíčit v nevhodných podmínkách. Některá semena klíčí okamžitě po dozrání, naopak jiná semena potřebují projít klidovým stádiem (dormancí) než jsou schopná vyklíčit. K dormanci dochází zpravidla před zimou, aby nedošlo k poškození klíčících rostlin mrazem (Bewley & Black 1994; Procházka et al. 1998). Dormanci můžeme rozdělit na dvě základní formy, kterými jsou primární a sekundární dormance.

Primární dormance

Primární dormance je navozena u semen po sklizni. Podle příčiny ji dělíme na exogenní a endogenní dormanci (Houba a Hosnedl 2002).

Exogenní (vnější) dormance je zapříčiněna vlastnostmi semenných obalů. Konkrétně se na dormanci podílí endosperm, perisperm, vnější intergumenty obalů semen a zbytky oplodí. Semenné obaly zabraňují hydrataci a následnému bobtnání semen, čímž inhibují klíčení. Zároveň působí jako mechanická bariéra, která brání růstu kořínků. (Procházka et al. 1998; Houba & Hosnedl 2002)

Endogenní (vnitřní) dormance je zapříčiněna vysokým obsahem inhibičních látek (fytohormonů). Těmito látkami jsou kyselina abscisová, kyselina jasmonová, kyselina benzoová, kyselina skořicová a kumarin. Vlivem těchto látek dochází k nepropustnosti vody a plynu o semením a nevyvinutí embrya. Dále mají inhibiční vliv na translaci a transkripci genů (Procházka et al. 1998). Endogenní příčiny dormance lze odstranit pomocí stratifikace semen nebo vyluhováním semen v látkách, které způsobují dormanci. Tvorba inhibitorů, tudíž i endogenní dormance je ovlivňována podmínkami, při kterých se semena vyvíjela a zrála např. převládající teplota v průběhu zrání, množství vláhy v průběhu zrání, délka dne, stáří mateřské rostliny a pozice semen na rostlině (Bewley & Black 1994; Houba & Hosnedl 2002).

Sekundární dormance

Vyskytuje se u semen, která se nacházejí v nevhodných podmínkách pro klíčení. Těmito podmínkami mohou být: nedostek kyslíku, vodní stres, nevhodné světelné podmínky, tma nebo neoptimální teplota (Bewley & Black 1994; Procházka et al. 1998; Houba & Hosnedl 2002).

3.3 Herbicidy

Látky, které slouží k regulaci nežádoucího rostlinného porostu, se nazývají herbicidy. Jsou to chemické sloučeniny, které svojí biologickou aktivitou ovlivňují fyziologické pochody rostlin a tím způsobují jejich poškození a následný úhyn (Jursík et al. 2018). Herbicidy mají široké využití v boji proti plevelům. Jako plevel se označují rostliny, které rostou na polích, loukách a zahradách proti vůli člověka. Plevelné rostliny mají negativní vliv na růst zemědělských plodin a okrasných rostlin, konkrétně odčerpávají živiny a vodu, komplikují sklizeň, zvyšují ztráty a konkurují v růstu (Mikulka 2018).

Látky s herbicidním účinkem se nejběžněji používají v zemědělské výrobě, ale i též na pozemcích nevyužívaných pro zemědělské účely. Použití herbicidů je z ekonomického hlediska výhodné, neboť jsou oproti ostatním prostředkům na regulaci plevelů méně nákladné (Sutton et al. 2006). Navíc jsou méně náročné na lidskou práci. Aplikace je relativně rychlá a je schopen ji provést jeden kvalifikovaný pracovník sám. Nevýhodou herbicidů je, že při špatném zacházení může dojít k poškození pěstovaných rostlin. Dále mohou mít negativní vliv na osoby, které přichází s těmito látkami do přímého kontaktu. Rezidua a látky vzniklé rozkladem herbicidů mohou zůstat po určitou dobu v půdě a v podzemní vodě a mohou se objevit v potravinách (Jursík et al. 2018).

Agrochemický průmysl, který je zaměřený na výrobu látek určených na ochranu rostlin z velké části vznikl po druhé světové válce komercializací prvních selektivních herbicidů. Prvními komerčně distribuovanými herbicidy byly přípravky 2,4-D (1945) a MCPA (1946). V dnešní době je používání herbicidů nedílnou součástí zemědělské výroby (Cobb et al. 2010).

3.3.1 Klasifikace herbicidů

3.3.1.1 Podle selektivity

Herbicidy jsou klasifikovány na základě různých faktorů, mezi které patří mimo jiné selektivita. Selektivní herbicidy je možné použít cíleně na danou skupinu rostlin. Inhibují plevele a nepoškozují plodiny. Avšak je nutné přesně určit, pro které rostliny je určen a je nesmírně důležité dodržet dávkování, termín a způsob aplikace. Neselektivní herbicidy usmrtí všechny rostliny, které s nimi přijdou do kontaktu. Nesmí působit toxicky na následné plodiny. Používají se na plochách, kde není vyžadována žádná vegetace (Jamal 2011; Jursík et al. 2018).

3.3.1.2 Podle způsobu přijímání látky rostlinou

Herbicidy se dále kategorizují na základě způsobu přijímání látky rostlinou. Dělí se na translokační a kontaktní. Translokační (systemické) herbicidy jsou přijímány listy, kořeny nebo výhonky. Princip jejich účinku spočívá v transportu herbicidních látek z místa kontaktu do všech částí rostliny (Jamal 2011; Jursík et al. 2018). Naopak kontaktní herbicidy poškozují jen zasaženou část rostliny. Je proto nutné zvolit vhodný termín a při aplikaci zasáhnout veškerou listovou plochu (Jursík et al. 2018).

3.3.1.3 Podle termínu aplikace

Herbicidy se aplikují převážně v počátečních fázích zaplevelení, ještě před vytvořením konkurenčních vztahů mezi pleveli a pěstovanými rostlinami. Podle termínu, kdy se provádí aplikace, lze herbicidy rozdělit na preemergentní, postemergentní a herbicidy aplikované před setím (Jamal 2011; Jursík et al. 2018).

Herbicidy aplikované před setím, jak už z pojmenování vyplývá, se na pozemek zapravují ještě před tím, než je proveden samotný výsev. Tento způsob není v zemědělství moc často využíván, kvůli technické náročnosti. Využívá se zpravidla pro neselektivní herbicidy a pro herbicidy, které se snadno rozkládají působením slunečního záření (Jursík et al. 2018).

Preemergentní aplikace herbicidů probíhá po zasetí kulturních rostlin, ale ještě před jejich vzejetím. Je velmi důležité brát při aplikaci ohled na průběh počasí – je vhodné aplikovat na vlhkou půdu, ale nesmí být vysoké srážky po aplikaci, jinak se látky odplaví z místa působení a mohou poškodit klíčící plodiny a kontaminovat podzemní vodu. Těžko lze odhadnout přesné zastoupení plevelných druhů, proto je někdy nutné následně provést opravňující aplikaci herbicidů (Jursík et al. 2018).

Postemergentní způsob aplikace lze použít v případě, kdy jsou již pěstované rostliny vyklíčené nebo vysazené. Pro tento způsob je velmi důležité dodržení správné doby aplikace, podle růstové fáze plevelu a pěstované plodiny. Používají se listové herbicidy nebo herbicidy přijímané kořeny i listy zároveň (Jursík et al. 2018).

3.3.1.4 Podle mechanismu účinku

Mechanismem působení herbicidu nazýváme způsob, jakým herbicid inhibuje určitý biochemický proces v rostlině (Jursík et al. 2018). Celosvětově se používá klasifikace herbicidů podle HRAC (Herbicide Resistance Action Committee). Společnost HRAC dělí herbicidy na základě jejich cíleného inhibujícího proteinu (místa působení) a mechanismu účinku, podobnosti symptomů poškození a příslušnosti k chemické skupině. Označují se kódem (A-P), který je uveden na etiketě herbicidního přípravku (Beffa et al. 2019).

Beffa et al. (2019) rozděluje herbicidy podle mechanismu účinku v publikaci společnosti HRAC následovně:

Tabulka 3 - Rozdělení herbicidů podle společnosti HRAC na základě mechanismu působení účinné látky (Cobb et al. 2010; Vencill et al. 2012; Jursík et al. 2018; Beffa et al. 2019).

Členění dle HRAC	Skupina podle mechanismu účinku	Účinná látka	Charakteristika
A	Inhibitory ACCasy (listové graminicidy)	<i>Pinoxaden</i> <i>Fenoxaprop</i> <i>Pinoxade</i>	Inhibují tvorbu buněčných membrán v meristémeh rostlin; účinkují na trávovité plevele; poškození se projevuje nekrotizací mladých listů.

B	Inhibitory acetolaktát syntázy (ALS)	<i>Pyroxsulam</i> <i>Florasulam</i> <i>Tribenuron</i> <i>Iodosulfuron</i>	Inhibují syntézu DNA; působí zpomalení růstu a zaschnutí veg. vrcholu; použití na trávy a širokolisté plevele.
C1, C2, C3	Inhibitory fotosystému II	<i>Lenacil</i> <i>Chloridazon</i> <i>Bentazone</i>	Inhibují přenos elektronů přes thylakoidní membránu v PS II; na dvouděložné plevele; způsobují nekrózy listů.
D	Inhibitory fotosystému I	<i>Diquate</i>	Zachycují volné elektrony a následnými reakcemi dochází k poškození buň. membrán a vylití obsahu buněk; projevují se hnědnutím zasažených míst; kontaktní herbicidy.
E	Inhibitory syntézy porfyrinů (PPO)	<i>Bifenox</i> <i>Flumioxazin</i>	Způsobují nekrózy listů, inhibují funkci PPO; poškození buněčných membrán a hromadění ethylenu a methanu.
F1	Inhibitory fytoendesaturázy (PDS)	<i>Flurochloridon</i> <i>Diflufenican</i> <i>Beflubutamid</i>	Inhibují enzym PDS a důsledkem je rozpad chlorofylu; způsobují vybělení pletiv a následný úhyn rostliny; půdní; preemergentní.
F2	Inhibitory syntézy p-hydroxyfenyl pyruvát dioxxygenázy (HPPD)	<i>Mesotrione</i> <i>Tembotrione</i> <i>Sulcotrione</i> <i>Topramezone</i>	Inhibují tvorbu karotenoidů; způsobují porušení chlorofylu; dochází k zbělání rostlin a následnému úhynu.
F3	Inhibitory syntézy karotenoidů	<i>Clomazone</i>	Inhibují syntézu karotenoidů; destruktivní účinky na chlorofyl.
G	Inhibitory 5-enolpyruvylshikimát-3-fosfát syntázy (EPSPS)	<i>Glyphosate-IPA</i> <i>Sulphosate</i>	Způsobují zastavení růstu a následně chlorózy; inhibují funkci EPSPS a tvorbu aromatických aminokyselin v chloroplastech.
H	Inhibitory glutamin syntézy (GS)	<i>Glufosinate-NH₄</i>	Narušení funkce GS; hromadění amoniaku v buňce; inhibice fotosyntézy a rozpad chlorofylu; žloutnutí listů až nekrózy.
K1	Inhibitory stavby mikrotubulů	<i>Pendimethalin</i> <i>Propyzamid</i>	Inhibují tvorbu mikrotubulů a celého vřetenka; negativně ovlivňují párování chromozomů a způsobují jejich neuspořádané rozdělení; zasažené rostliny nevzcházejí a jsou deformované.

K3	Inhibitory syntézy mastných kyselin s dlouhým řetězcem (VLCFA)	<i>Dimethenamid</i> <i>Metolachlor</i> <i>Dimethachlor</i>	Ovlivňují syntézu mastných kyselin, lipidů, vosků, flavonoidů a bílkovin; narušují dělení, růst a vývoj buněk; účinkují na plevle v nižších růstových fázích; způsobují zhroucení koleoptile a zakrňování listů; citlivé plevle nevzejdou.
N	Inhibitory prodlužování řetězců mastných kyselin	<i>Prosulfocarb</i> <i>Ethofumesate</i>	Inhibují enzym acyl-CoA elongázu; inhibují tvorbu povrchových lipidů; zasažené rostliny mají zhroucené koleoptile nebo vůbec nevzejdou; špatné rozbalování listů.
O	Růstové herbicidy (syntetické auxiny)	<i>Aminopyralid</i> <i>2,4-D</i>	Napodobují přírodní auxin; způsobují poruchy metabolismu; projevují se abnormálním růstem a následně nekrotizací až vadnutím a úhynem rostlin.

3.3.2 Adjuvanty

Herbicidní přípravky jsou obohaceny o další látky, které se nazývají adjuvanty. Tyto látky mají za úkol zlepšit vlastnosti a účinky herbicidů a napomoci lepší propustnosti látek do rostlin. Pro tyto účely slouží např. smáčedla, která snižují povrchové napětí kapaliny, čímž urychlují průnik látky vrstvami rostliny. Dále se mohou přidávat olejové adjuvanty, které narušují ochranné struktury na povrchu rostlin a zároveň zpomalují vysychání aplikačního roztoku. Adheziva jsou látky zvyšující přilnavost přípravku k povrchu rostliny. Též se mohou přidávat látky, které ovlivňují vlastnosti postřikové jíchy, jako např. emulgátory, zvlhčující látky, barviva, zahušňovačla nebo přísady zajišťující kompatibilitu. Použitím nevhodných adjuvantů může dojít ke snížení účinnosti herbicidů nebo dokonce k poškození pěstovaných rostlin (Dubská 2018; Jursík et al. 2018).

3.3.3 Chování herbicidů v půdě

Je nutné brát v úvahu, že pouze malá část herbicidní jíchy je finálně přijata cílovou rostlinou. Důvody mohou být různé, ale nejčastěji je to způsobeno nestálostí herbicidů působením slunečního záření, transportem herbicidů vzduchem na jiné místo nebo přijetím herbicidní látky neplevelnou rostlinou (Jursík et al. 2018). Nakonec se převážná část herbicidní látky dostává do půdy (Jursík et al. 2011).

Veškeré herbicidní přípravky se dostávají do kontaktu s půdou a to nehledě na termín a způsob aplikace (Jursík et al. 2011). Chování herbicidních látek v půdě je komplikováno celou řadou složitých interakcí s pevnou, kapalnou a plynou fází půdy a zároveň s živou složkou

půdy, proto není pochopení tohoto problému jednoduché (Kozák 1988). Způsob, jakým je herbicid rozdělen mezi jednotlivé fáze, závisí na fyzikálně-chemických vlastnostech půdy, chemické struktuře účinné látky, formulaci herbicidu a povětrnostních podmínkách (Jursík et al. 2011).

Půdní procesy, jako je adsorpce a degradace, jsou klíčovými nástroji po posuzování chování herbicidů v půdě (Sharipov et al. 2021). Jursík et al. (2018) uvádějí, že na sorpci většiny herbicidů má největší vliv obsah půdní organické hmoty. Sharipov et al. (2021) toto tvrzení potvrzují a navíc uvádějí, že existují další faktory ovlivňující sorpci, mezi které řadí pH půdy a obsah jílu v půdě. Půdy s vysokým podílem jílových složek jsou méně propustné pro herbicidy, naopak půdy písčité vykazují vyšší migraci herbicidů. Vysoké pH zvyšuje sorpci herbicidů v půdě.

3.3.4 Herbicidy v rostlině

Rostliny přijímají herbicidy kořeny, hypokotylem nebo listy. Aby herbicid mohl začít účinkovat, je nejprve nutné jeho přijetí cílovou rostlinou. Poté je transportován na místo účinku v rostlině (Jursík et al. 2018). Pohyb rozpuštěných látek probíhá v rostlinách dvěma způsoby. Jedna cesta je apoplastem a zahrnuje transport na krátké vzdálenosti přes mezibuněčné prostory a na dlouhé vzdálenosti xylémem. Druhá cesta je symplastem a zahrnuje transport na krátké vzdálenosti cytoplazmou sousedních buněk, které jsou propojené kanálky (plasmodesmy) a na delší vzdálenosti floémem (Bromilow & Chamberlain 1991).

Herbicidy, které rostlina přijímá kořeny jsou transportovány xylémem, a to ve směru vzestupném, tedy po směru transpiračního proudu (Jursík et al. 2018). Xylém se skládá z mrtvých buněk, které již neobsahují žádnou cytoplazmu. Umožňuje rychlý a efektivní pohyb většího objemu roztoku (Bromilow & Chamberlain 1991). Herbicidy, které jsou přijímány xylémem jsou aplikovány preemergentně nebo časně postemergentě (Jamal 2011).

Herbicidy, které rostlina přijímá prostřednictvím listů jsou dále transportovány jak xylémem, tak floémem a v rostlině se pohybují oběma směry (Jursík et al. 2018). Na rozdíl od xylému je floém tvořen živými buňkami (Jamal 2011). Obsahuje větší počet specializovaných buněk, které jsou spojené cytoplasmami a transportují mezi sebou roztok na bázi vody s živinami. Mezi tyto buňky řadíme sítkovce a průvodní buňky. Floém rozvádí produkty fotosyntézy všemi směry do všech částí rostliny (Bromilow & Chamberlain 1991).

Množství přijatého herbicidu rostlinou ovlivňuje řada faktorů. Hlavním z nich je morfologie rostliny. Jamal (2011) uvádí, že na širokolisté plevely se dostane více postřikové jichy, avšak u úzkolistých rostlin je tomu naopak, což může zásadně ovlivnit účinek herbicidu. Rovněž uvádí, že dalším limitujícím faktorem je tloušťka voskové vrstvy na listech některých druhů rostlin. Pokud je vosková vrstva příliš silná, pak brání herbicidnímu postřiku proniknout do pletiv rostliny. Bromilow & Chamberlain (1998) uvádějí, že rostliny se liší umístěním míst růstu, množstvím embryonálních tkání, přítomností nebo nepřítomností kambia, hloubkou kořenového systému, distribucí kořenů, plochou, kapacitou a účinností při přijímání molekul herbicidů z půdního roztoku. Všechny tyto faktory mohou ovlivnit citlivost rostlin jak plevelných, tak kulturních.

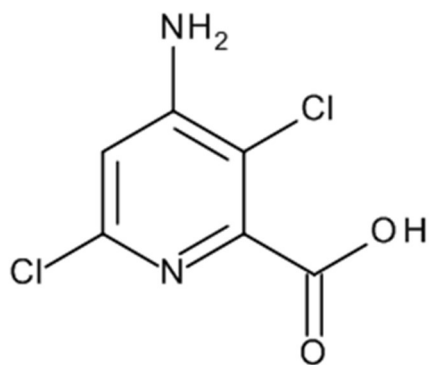
3.3.5 Aminopyralid

Aminopyralid je chemická sloučenina, využívaná pro své herbicidní účinky. Slouží k odstranění dvouděložných plevelů v porostech obilnin, kukuřice a řepky. Dále je využíván k regulaci širokolistých plevelů na loukách, pastvinách a v trávnicích, ale také na nezemědělských plochách jako např. podél silnic a cest. *Aminopyralid* je selektivní herbicid, který lze aplikovat preemergentně i postemergentně v závislosti na druhu plodiny na okolních podmínkách (EPA 2005; Jursík et al. 2018). Při aplikaci je důležité dbát na vhodné klimatické podmínky. Není vhodné aplikovat herbicid za extrémně nízkých a vysokých teplot, za sucha a za silného větru. Příliš silný vítr by mohl přemístit herbicid na okolní plochy, kde by mohlo dojít ke kontaminaci tamního porostu, především u citlivých plodin jako např. rajčat, brambor, slunečnice, viné révy nebo ovoce (Cobb et al. 2010; Jursík et al. 2018).

Aminopyralid se při pokojové teplotě nachází v pevném stavu ve formě šedobílého prášku (EPA 2005). *Aminopyralid* patří mezi pyridin-karboxylové kyseliny (Beffa et al. 2019). Již v nízkých koncentracích jsou tyto látky vysoce fytotoxické. Díky jejich dobré rozpustnosti ve vodě a perzistenci v půdě jsou tyto látky nevhodné do lehkých půd s vysokou hladinou pod povrchové vody. Zároveň jsou tyto látky dlouho perzistentní v organických zbytcích rostlin (sláma). Z toho důvodu je nevhodné tímto způsobem ošetřenou slámu aplikovat na porosty zeleniny, neboť by mohlo dojít ke kontaminaci výsadby a následné deformaci plodiny (Jursík et al. 2018).

S ohledem na mechanismus účinku se *aminopyralid* řadí mezi syntetické auxiny, též označované jako růstové herbicidy. Herbicidy z této skupiny jsou synteticky vyráběné látky, které se chovají jako auxiny (Cobb et al. 2010; Jursík et al. 2018). Syntetické auxiny na rozdíl od těch přírodního původu se v rostlinách hůře rozkládají, což u rostlin vede k nevyváženosti obsahu fytohormonů. To má za následek poruchy metabolismu a normálního růstu rostlin (Jursík et al. 2018). Příznaky poškození růstovými herbicidy se projevují kroucením listů a lodyh, deformacemi listů, prodlužováním a abnormálním růstem listů, zakříváním kořenů a vznikem nádorů. Následně vznikají nekrózy, chlorózy vegetačního vrcholu a rostliny uvadají (Jursík et al. 2018; Cobb et al. 2010).

Blast, Bonaxa, Galera Podzim, Hurricane, Kantor Plus, Metazamix a Mustang Forte jsou herbicidní přípravky s účinnou látkou *aminopyralid*, které jsou distribuovány na území České republiky (Agromanual 2022). Prvně byl evidován v USA v roce 2005 pod obchodním názvem Milestone (EPA 2005).



Obrázek 3 - Chemický vzorec aminopyralidu (Tian et al. 2012).

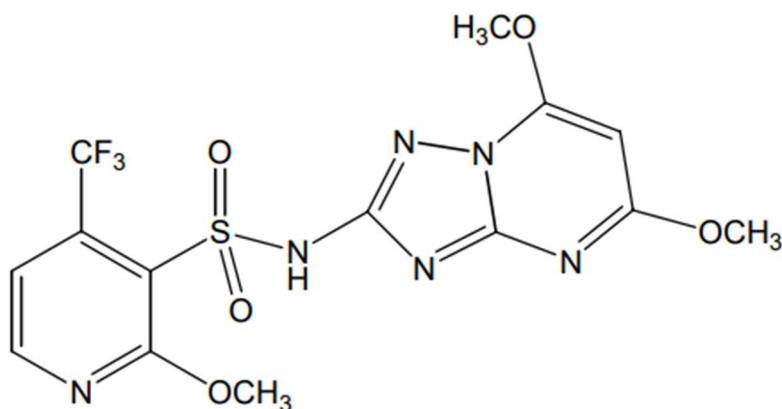
3.3.6 Pyroxsulam

Pyroxsulam je selektivní herbicid, který je určen k regulaci trav a širokolistých plevelů v porostech ozimých obilnic (s výjimkou ječmene). Nejvíce se využívá v porostech ozimé pšenice, kde slouží k hubení planého ovsa a dalších plevelů. Aplikuje se postemergentně ve formě postřikové jichy. Postřik je nutné provést rovnoměrně po celé ploše (EPA 2008; Jursíka et al. 2018).

Podle místa účinku se *pyroxsulam* řadí do skupiny inhibitorů acetolaktát syntázy (Beffa et al. 2019). Acetolaktát syntáza (ALS), též známá pod názvem acetohydroxyacid syntáza (AHAS), je enzym, který se podílí na biosyntéze aminokyselin isoleucinu, leucinu a valinu. ALS je lokalizována v chloroplastech rostlin (Jursík et al. 2018). Herbicidy z této skupiny inhibují funkci ALS, což vede k zastavení tvorby výše zmíněných aminokyselin a následně k inhibici syntézy DNA, zastavení dělení meristematických pletiv a posléze způsobí zástavu růstu rostliny (Cobb et al. 2010). Na rostlinách se účinek herbicidu projevuje zastavením růstu, žloutnutím mladých listů (u některých druhů se listy zbarvují do fialova) a nakonec zaschnutím vegetačního vrcholu. Herbicidy z této skupiny se aplikují v nízkých dávkách a pro člověka a ostatní teplokrevné živočichy jsou relativně bezpečné (Jursík et al. 2018).

Metabolismus pyroxsulamu je relativně rychlý. Množství reziduí v rostlinách dosahuje nízkých hodnot (APVMA 2008). European Food Safety Authority (2013), dále jen jako EFSA, dokazují, že metabolity *pyroxsulamu* nejsou z toxikologického hlediska pro savce, ptáky ani hmyz nebezpečné. Na základě pokusů s potkany a myšmi, bylo zjištěno, že je po 48 hodinách vyloučeno z živočišného těla až 78 % aplikované látky (APVMA 2008; EFSA 2013).

Pyroxsulam je chemická sloučenina ze skupiny triazolopyrimidinů (Jursíka et al. 2018; Beffa et al. 2019). Bod tání má při teplotě 208 °C, při pokojové teplotě je v pevném stavu. Je nehořlavý, nekorozivní a netěkavý (Agrobaseapp 2022). V České republice je k dostání v přípravcích Ataman, Avoxa, Corello, Huricane a Orcane (Agromanual 2022). *Pyroxsulam* je v EU evidován a schválen od 1. května 2014. V USA je evidován již od roku 2008 (EPA 2008). Chemickým vzorcem se *pyroxsulamu* značí jako C₁₄H₁₃F₃N₆O₅S (PubChem 2022). Strukturální chemický vzorec *pyroxsulamu* viz Obrázek 3.



Obrázek 4 - Chemický vzorec pyroxsulamu (European Food Safety Authority 2013).

4 Metodika

Byly provedeny dva experimenty s vybranými odrůdami rajčat, které probíhaly za identických laboratorních podmínek. V prvním pokusu byl proveden test klíčivosti osiva rajčat pod vlivem vybraných koncentrací herbicidních látek. Ve druhém experimentu se posuzoval vliv výluhů z herbicidně ošetřené slámy na klíčení rajčat. Výluhy byly taktéž ředěny do požadovaných koncentrací. Navíc byly založeny kontrolní varianty ošetřené pouze destilovanou vodou. Vždy byla provedena čtyři opakování, aby se docílilo co nejpřesnějších výsledků.

4.1 Materiál

Osivo

Experiment byl proveden na osivu rajčete (*Solanum lycopersicum* L.), konkrétně na odrůdách Start F1 a Šejk. Bylo použito 5000 ks semen od každé odrůdy, tedy celkem 10000 ks semen. Na každé opakování bylo potřeba 50 ks semen.

Tabulka 4 - Přehled použitých odrůd osiva rajčete.

Odrůda	Číslo partie	Mořeno	Druh	Dodavatel
Start F1	7-0051-90194-01	NE	Rajče tyčkové	Semo a.s.
Šejk	8-0040-90097-01	ANO	Rajče keříčkové	Semo a.s.

Start F1

Jedná se o hybrid raného tyčkového rajčete. Rostlina dorůstá výšky kolem 2 m. Plod je kulovitý, středně velký, v plné zralosti je sytě červený s mírnými náznaky žeber (Semo a.s. 2022).



Obrázek 5 - Ilustrační foto plodu odrůdy rajčete Start F1 (Semo a.s. 2022).

Šejk

Tato odrůda se řadí mezi rané odrůdy. Rostlina dorůstá výšky 80-90 cm. Plody mají oválný tvar a jsou středně velké. Celé dužnina je bohatá na červené barvivo. Plody se využívají v potravinářském průmyslu na výrobu kečupů a protlaků.



Obrázek 6 - Ilustrační foto plodu odrůdy rajčete Šejk (Semo a.s. 2022).

Herbicidy

Pro potřeby pokusu byly zvoleny dvě herbicidní látky, konkrétně *aminopyralid* a *pyroxsulam*. *Aminopyralid* byl k dostání v čisté formě. Naopak *pyroxsulam* bylo možné získat ve formě herbicidního přípravku prodáváného pod obchodním názvem Corello s účinnou látkou *pyroxsulam* (75 g). Z toho důvodu muselo být přepočteno množství herbicidního přípravku v poměru s čistou účinnou látkou, aby bylo zachováno dávkování. Koncentrace byly zvoleny na základě studia analytických metod ke stanovení koncentrace účinných látek v rostlinách, konkrétně na základě práce Rashid et al. (2001). S ohledem na nízké koncentrace a tomu odpovídající velmi malé množství herbicidu, bylo nutné vážit herbicidy na velmi přesných laboratorních vahách. Herbicidní látky se ředily každá do pěti koncentrací viz Tabulka 5. Od každé koncentrace byly naředěny 2 litry herbicidní jichy, která byla bezprostředně po naředění použita na ošetření osiva.

Tabulka 5 - Přehled koncentrací herbicidů.

Účinná látka	Forma	Koncentrace					
		<i>Aminopyralid</i>	Čistá	0	2 ppb	5 ppb	10 ppb
<i>Pyroxsulam</i>	Corello	0	10 ppm	20 ppm	40 ppm	80 ppm	160 ppm

Tabulka 6 - Přehled dávkování herbicidů pro ředění.

Aminopyralid		Pyroxsulam		
Koncentrace	Dávka (čistá)	Koncentrace	Dávka (čistá)	Dávka (Corello)
2 ppb	0,002 mg/l	10 ppm	10 mg/l	0,133 g/l
5 ppb	0,005 mg/l	20 ppm	20 mg/l	0,266 g/l
10 ppb	0,01 mg/l	40 ppm	40 mg/l	0,532 g/l
25 ppb	0,025 mg/l	80 ppm	80 mg/l	1,064 g/l
50 ppb	0,05 mg/l	160 ppm	160 mg/l	2,128 g/l

Výluhy

Na experiment s výluhy byla potřeba vysušená sláma, která pocházela z herbicidně ošetřené pšenice vypěstované na polích na území České republiky. Výluhy se ředily v daných poměrech s destilovanou vodou viz Tabulka 6. Koncentrace byly zvoleny v souladu s experimenty prováděnými Rashid et al. (2001) na stanovení koncentrace účinných látek v rostlině. Na přípravu cca 300-400 ml výluhu bylo potřeba navážit 100 g drcené slámy a 1 litr destilované vody. Množství jednotlivých výluhů nebylo totožné kvůli různé nasákavosti slámy.

Tabulka 7 - Přehled použité slámy pro přípravu výluhů.

Obilnina	Účinná látka	Forma	Dávka	Lokalita	Rok sklizně	Koncentrace (%)		
Pšenice	<i>Aminopyralid</i>	Mustang Forte	1x	Libodřice	2021	100	50	25
Pšenice	<i>Aminopyralid</i>	Mustang Forte	2x	Červený Újezd	2021	100	50	25
Pšenice	<i>Pyroxsulam</i>	Corello	2x	Červený Újezd	2021	100	50	25
Pšenice	-	-	0	Kojátky	2020	100	50	25

Pěstební substrát

Semena klíčila v nádobách naplněných pískem. Byl použit písek typu PR33 (jemnozrný říční písek) od společnosti Provodínské písky a.s. Celkem bylo použito 100 nádob a do každé bylo naváženo 210 g písku. Celkové množství použitého písku bylo 21 kg.

Laboratorní vybavení

Celý experiment probíhal v laboratorních podmínkách, aby nedošlo k znehodnocení výsledků vlivem nežádoucích faktorů. Přípravné práce byly prováděny v rukavicích, aby nedošlo ke kontaminaci materiálu. Experiment probíhal v Q-Celle s nastavitelnou teplotou a vlhkostí vzduchu. Pro napočítání přesného množství osiva posloužilo elektrické počítadlo semen. Na navážení přesného množství herbicidních látek a písku byla potřeba laboratorní váha s přesností na mikrogramy. Herbicidní látky se ředily do lahví z neprůsvitného skla o objemu cca 2 litry. Samotné klíčení semen probíhalo v plastových nádobách opatřených víčkem. Každá nádoba byla rozdělena na dvě poloviny, aby bylo možné provést více opakování najednou.

4.2 Postup založení a hodnocení pokusů

První experiment

Dne 15. 4. 2021 byl v laboratoři na České zemědělské univerzitě v Praze (katedra zahradnictví FAPPZ) založen první pokus. Tento experiment měl za cíl zjistit vliv rozličných koncentrací čistého *aminopyralidu* a *pyroxsulamu* ve formě přípravku Corello na klíčení semen dvou odrůd rajčete. V rámci pokusu proběhly čtyři opakování. Do předem vymytých plastových nádob byl navažen písek, konkrétně do každé 210 g. Na písek byla aplikována herbicidní jícha v různých koncentracích v množství 40 ml do každé nádoby. Herbicidní jíchy byly naředěny bezprostředně před použitím. Pro každou koncentraci byly použity 2 nádoby od obou odrůd. Kontrolní varianty byly zalaty stejným množstvím destilované vody. Následně byla každá krabička rozdělena na dvě poloviny a písek byl upraven, tak aby vytvořil rovnou plochu. Na povrch písku bylo umístěno 100 ks semen (do každé poloviny 50 ks). Takto připravené nádoby byly opatřeny víčkem a uloženy do Q-Celly, která udržovala stanovenou teplotu 20°C. Odečítání vyklíčených semen začalo 4. den od založení (19. 4. 2021) a následně pokračovalo po 24 hodinách až do 10. dne (25. 4. 2021).

Druhý experiment

V rámci druhého experimentu, jenž měl za cíl zjistit vliv působení výluhů z herbicidně ošetřené slámy na klíčení semen rajčat, bylo nejdříve zapotřebí nachystat výluhy. Na jejich přípravu bylo potřeba navázat 100 g té nejjemější frakce od každého druhu slámy. Tyto vzorky byly smíchány s 1 litrem destilované vody a uloženy v uzavřených nádobách na místo bez přístupu denního světla. Po 24 hodinách byla směs promíchána a zkontrolována. Po 48 hodinách byl proces macerace slámy pro potřeby experimentu již dostačující. Dne 22. 10. 2021 byl experiment založen. Přes síto byl výluh proceděn, aby se kapalina oddělila od větších částí frakce, drobné části slámy bylo možné ve vzorku ponechat. Vzniklé suspenze byly dále naředěny s destilovanou vodou do daných poměrů (50 %, 25 %). Stejně jako v prvním pokusu, tak i zde byly plastové nádoby naplněny 210 g písku a na povrch písku se aplikovaly výluhy. Poté byly krabičky rozděleny na dvě poloviny a povrch písku byl srovnán do roviny. Dále na srovnaný povrch bylo umístěno osivo (100 ks/krabička). Nádoby byly uloženy do termostatu (Q-cell) s nastavenou teplotou 20°C. Odečítání vyklíčených semen začalo 3. den od založení (25. 10. 2021) a následně pokračovalo po 24 hodinách až do 10. dne (1. 11. 2021).

4.3 Metody vyhodnocení naměřených hodnot

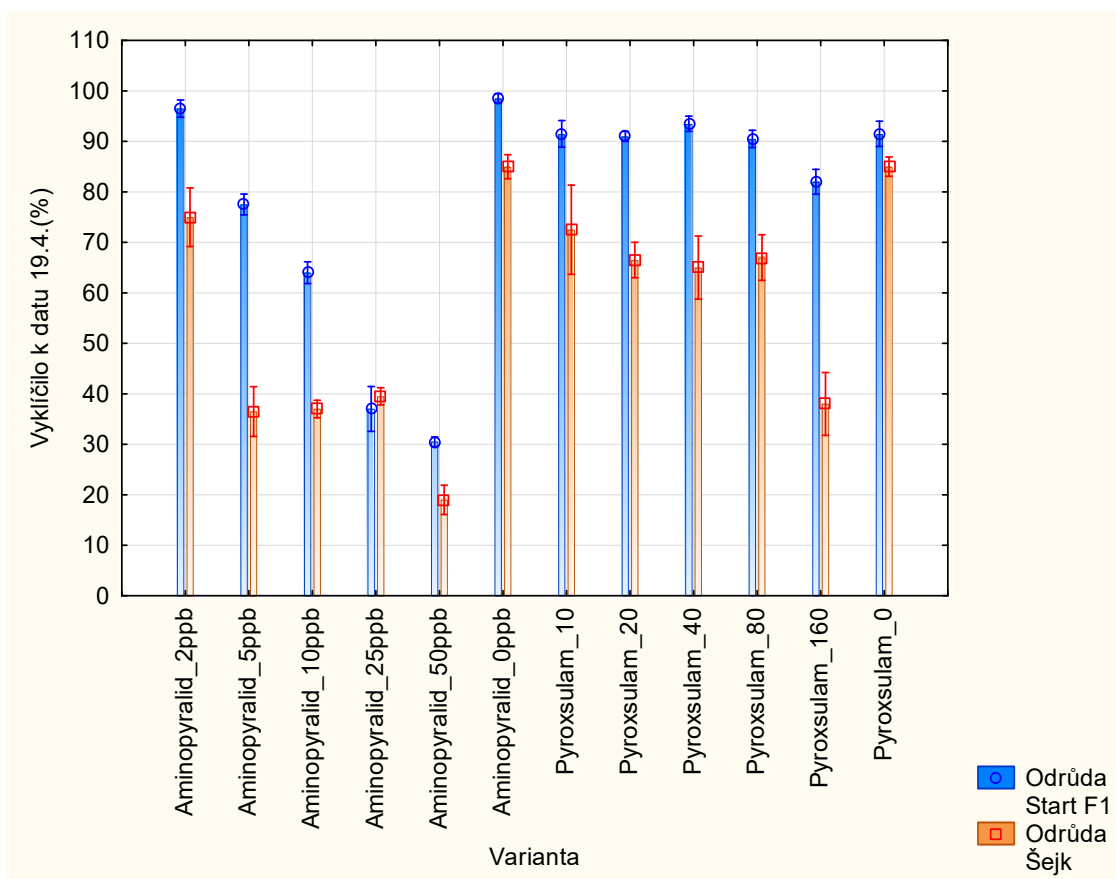
Naměřené hodnoty z experimentů byly vyhodnoceny pomocí počítačového programu Statistica 12 od společnosti StatSoft, INC. Do softwaru byly zadávány procentuální hodnoty vyklíčených semen za každý den probíhajícího experimentu. Program provedl statistickou analýzu dat a na základě výsledných hodnot vytvořil grafy. Pro přehlednost výsledků byl zvolen sloupcový typ grafu s chybovými úsečkami s odchylkou 5 %.

V počítačovém programu MS Excel byly vytvořeny grafy popisující procentuální zastoupení vyklíčených semen, která vykazovala známky abnormálního růstu, konkrétně zde byla klíčová zdeformovanost klíčících semen. Rovněž byl zvolen sloupcový typ grafu.

5 Výsledky

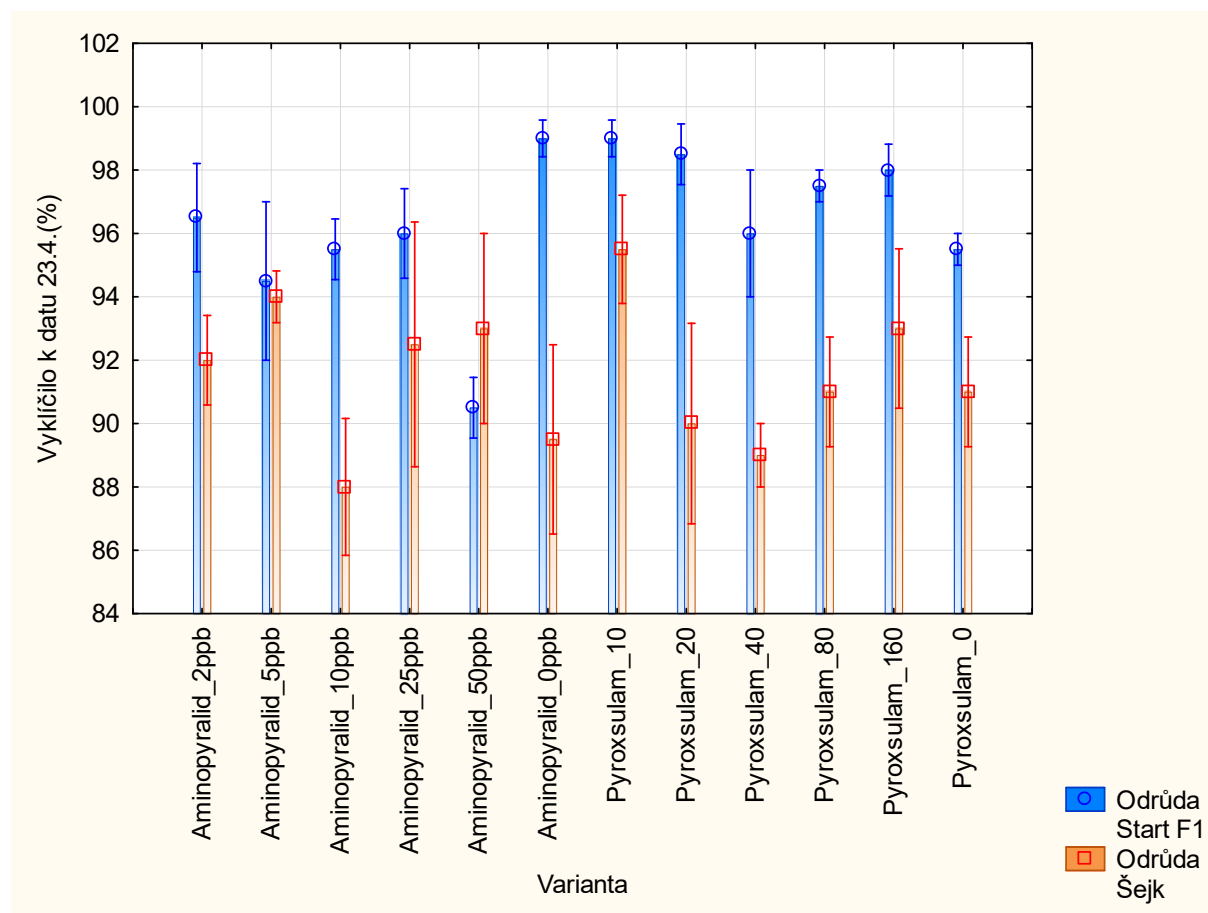
5.1 První experiment

V rámci prvního pokusu byl pozorován vliv koncentrací čistých herbicidních látek na klíčení rajčat. Graf č.1 znázorňuje výsledné hodnoty z prvního dne měření, kdy semena klíčila již po dobu čtyř dní. Z grafu je patrný rozdíl mezi vzorky ošetřenými *aminopyralidem* a vzorky ošetřenými *pyroxsulamem*. *Aminopyralid* měl v prvních fázích klíčení zdatelně negativnější vliv na klíčení semen, což lze pozorovat při porovnání výsledků s kontrolními vzorky ošetřenými pouze destilovanou vodou (Pyroxsulam_0, Aminopyralid_0ppb). S vyšší koncentrací aminopyralidu se počet vyklíčených semen snižoval. Dále lze z grafu vyvodit, že semena odrůdy Šejk byla na vliv obou herbicidních látek citlivější než semena odrůdy Start F1. Konkrétně na *aminopyralid* reagovalo osivo odrůdy Šejk silně negativně již při koncentraci 5 ppb. U vzorků ošetřených *pyroxsulamem* není rozdíl mezi jednotlivými koncentracemi tak markantní, ale ani není zanedbatelný. Nejpatrnější vliv na snížení klíčivosti semen měla u *pyroxsulam* až nejvyšší použitá koncentrace, tedy 160 ppm a to převážně u odrůdy Šejk.



Graf 1 – Vliv čistých herbicidních látek v různých koncentracích na klíčení rajčete čtvrtý den od založení experimentu. (Koncentrace aminopyralidu jsou uvedeny v jednotkách ppm)

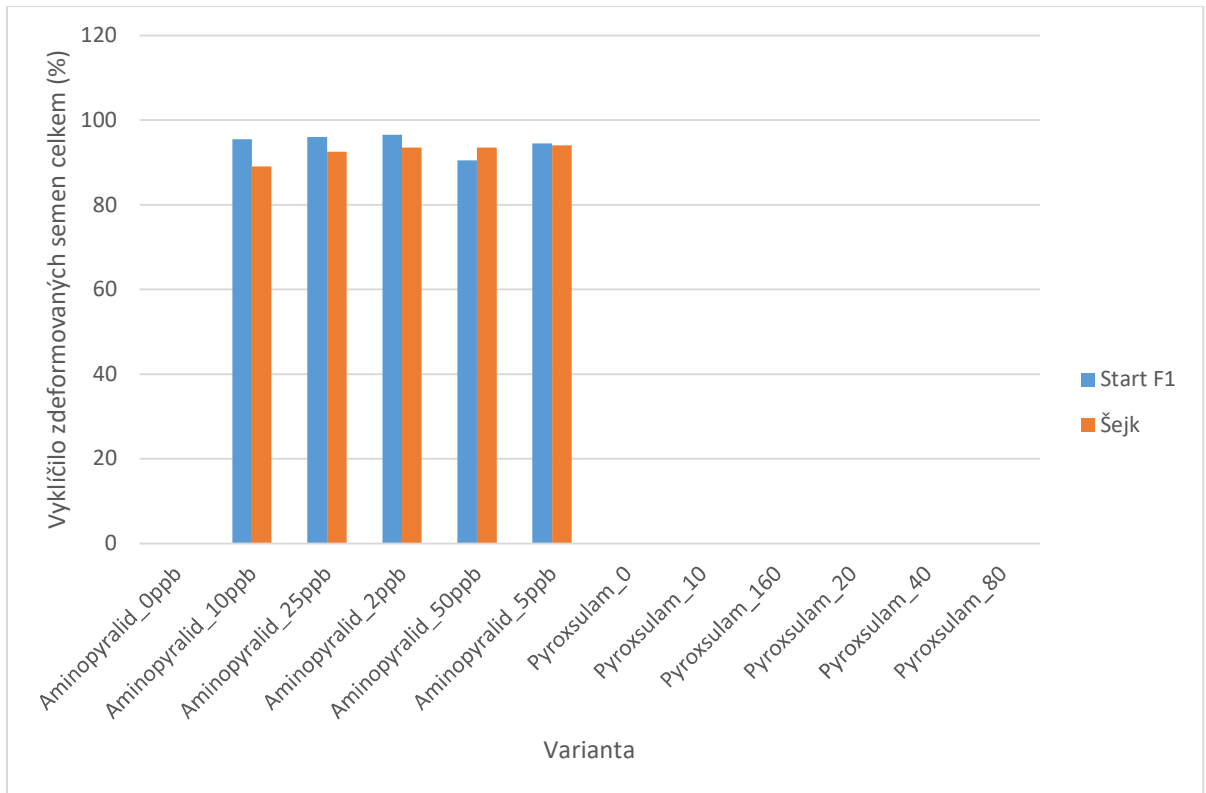
Graf č. 2 představuje naměřené hodnoty z prvního pokusu, ale tentokrát získané osmý den po založení. Opět lze pozorovat nevyrovnanost v klíčení mezi variantami ošetřenými *aminopyralidem* a variantami, na které byl aplikován *pyroxsulam*. *Aminopyralid* měl vyšší vliv na snížení klíčivosti v porovnání s *pyroxsulamem* téměř u všech variant. Pouze varianta *Aminopyralid_50ppb* vykazovala vyšší klíčivost u odrůdy Šejk oproti odrůdě Start F1. Z grafu je zřejmé, že varianty s osivem odrůdy Start F1 vykazovaly lepší klíčivost oproti odrůdě Šejk, u níž byly hodnoty klíčivosti semen nižší. Osivo odrůdy Šejk mělo nižší klíčivost i u kontrolních vzorků ošetřených pouze destilovanou vodou. Vzorky odrůdy Start F1 ošetřené *aminopyralidem* reagovaly téměř shodně, kromě varianty ošetřené koncentrací 50 ppb. Tato nejvyšší použitá koncentrace vykazovala snížení klíčení osiva v porovnání jak s ostatními vzorky, tak s kontrolní variantou.



Graf 2 – Vliv čistých herbicidních látek v různých koncentracích na klíčení rajčete osmý den po založení experimentu. (Koncentrace *pyroxsulamu* jsou uvedeny v jednotkách ppm)

Grafu č. 3 popisuje množství zdeformovaných klíčících semen v prvním provedeném pokusu. Deformace se na klíčících projevovaly velmi zřetelným zkrácením primárního kořene a dále tloušťnutím hypokotylu. Z Grafu č. 3 je zřejmé, že *aminopyralid* měl markantnější vliv na vznik deformací. Už u nejnižší použité koncentrace *aminopyralidu* (*Aminopyralid_2ppb*) byla klíčící semena viditelně zdeformovaná. U vzorků ošetřených *pyroxsulamem* se zdeformovaná semena neobjevovala vůbec. U kontrolních variant, které

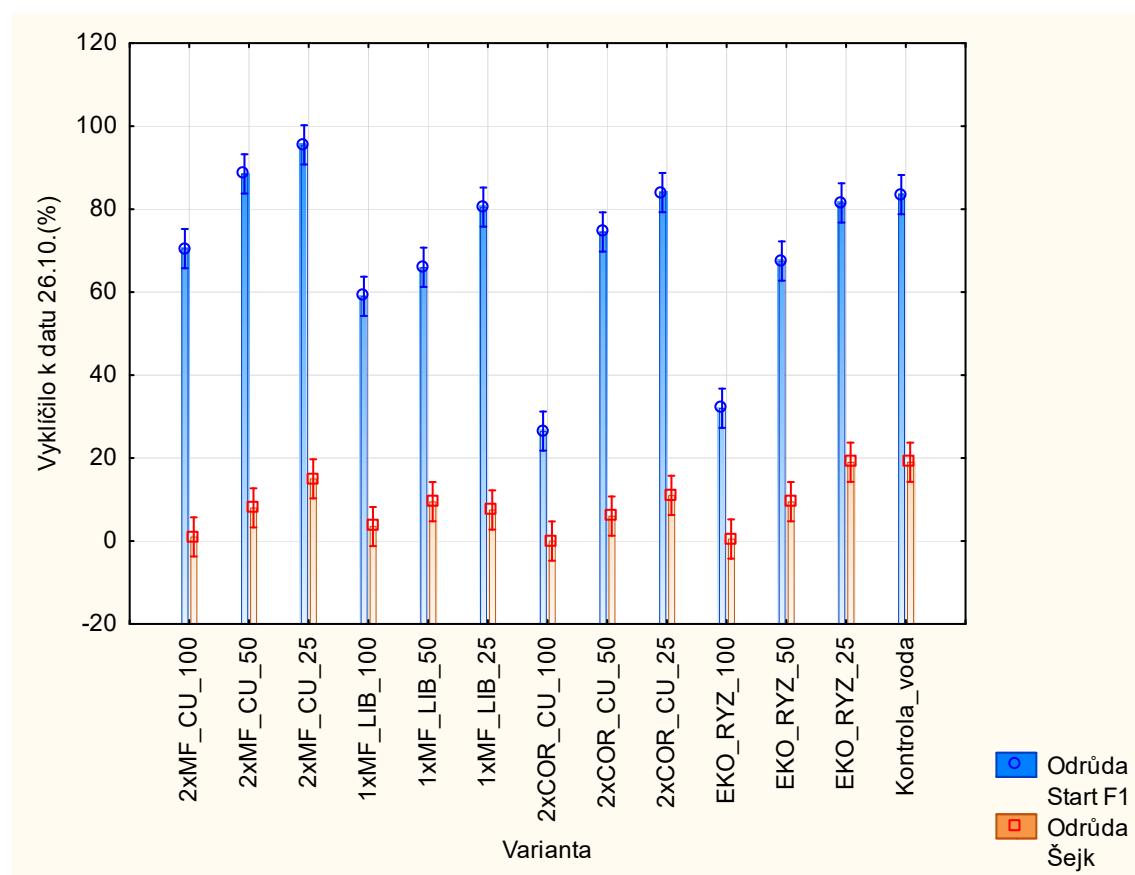
byly ošetřené pouze destilovanou vodou, se rovněž neobjevovala žádná semena se známkami deformace. Při porovnání výsledků odrůd Start F1 a Šejk se naměřené hodnoty deformovaných semen téměř neliší.



Graf 3 – Celkový počet zdeformovaných vyklíčených semen v jednotkách procent z experimentu s čistými herbicidními látkami aminopyralid a pyroxsulam. (Koncentrace pyroxsulamu jsou uvedeny v jednotkách ppm)

5.2 Druhý experiment

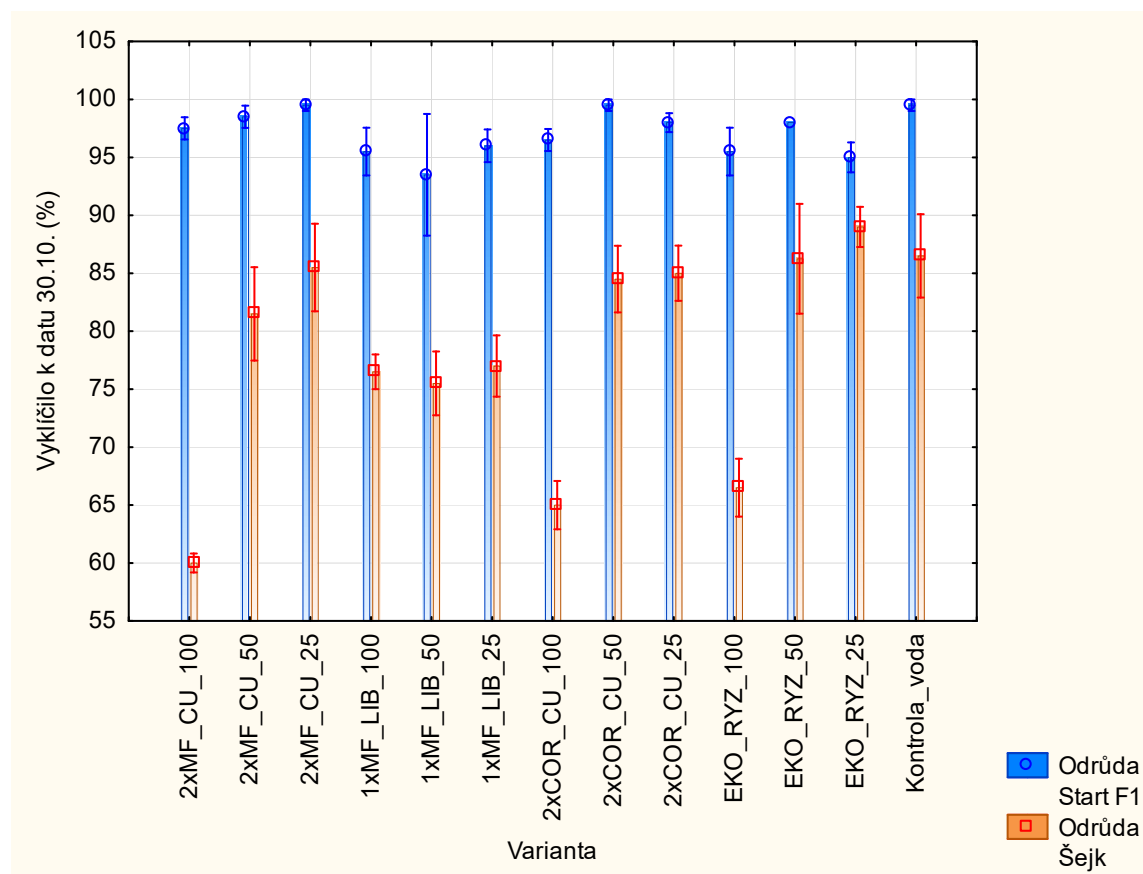
Druhý realizovaný pokus byl zaměřen na klíčení osiva rajčete pod vlivem výluhů z herbicidně ošetřené slámy v daných koncentracích. Graf č. 4 zobrazuje statistickou analýzu výsledků ze čtvrtého dne po založení pokusu. Na první pohled je z grafu patrné, že vzorky s osivem odrůdy Start F1 klíčily znatelně lépe oproti variantám s osivem odrůdy Šejk. Ve vztahu ke kontrolní variantě ošetřené pouze destilovanou vodou měly nejnižší výsledky varianty ošetřené 100% výluhy slámy, která byla ošetřena dvojitou dávkou přípravku Corello (2x_COR_CU_100) a 100% výluhy slámy, která nebyla ošetřena žádným herbicidním přípravkem (EKO_RYZ_100). Obecně lze z grafu vyčíst, že se snižující se koncentrací výluhu se zvyšovala klíčivost osiva.



Graf 4 – Vliv výluhů z herbicidně ošetřené slámy na klíčení rajčete čtvrtý den po založení experimentu. (MF=Mustang Forte; COR=Corello; EKO=neošetřené; LIB=Libodřice; CU=Červený Újezd; RYZ=farma Ryzner; 1x=jednou ošetřené; 2x=ošetřené dvojitou dávkou; 100=100% výluh; 50= 50% výluh; 25=25% výluh)

Výsledky ze statistické analýzy hodnot naměřených osmý den po založení experimentu vyjadřuje Graf č. 5. Opět vzorky s osivem odrůdy Start F1 klíčily v porovnání s variantami odrůdy Šejk viditelně lépe. U odrůdy Start F1 vyšly u všech variant téměř shodné výsledky. Pro osivo odrůdy Šejk byly výsledky jednotlivých variant různorodější. Nejmarknatnější snížení klíčivosti vykazovaly vzorky s osivem odrůdy Šejk ošetřené stoprocentními variantami výluhů ze slámy ošetřené Corellem (2xCOR_CU_100), dvojitou dávkou Mustangu Forte

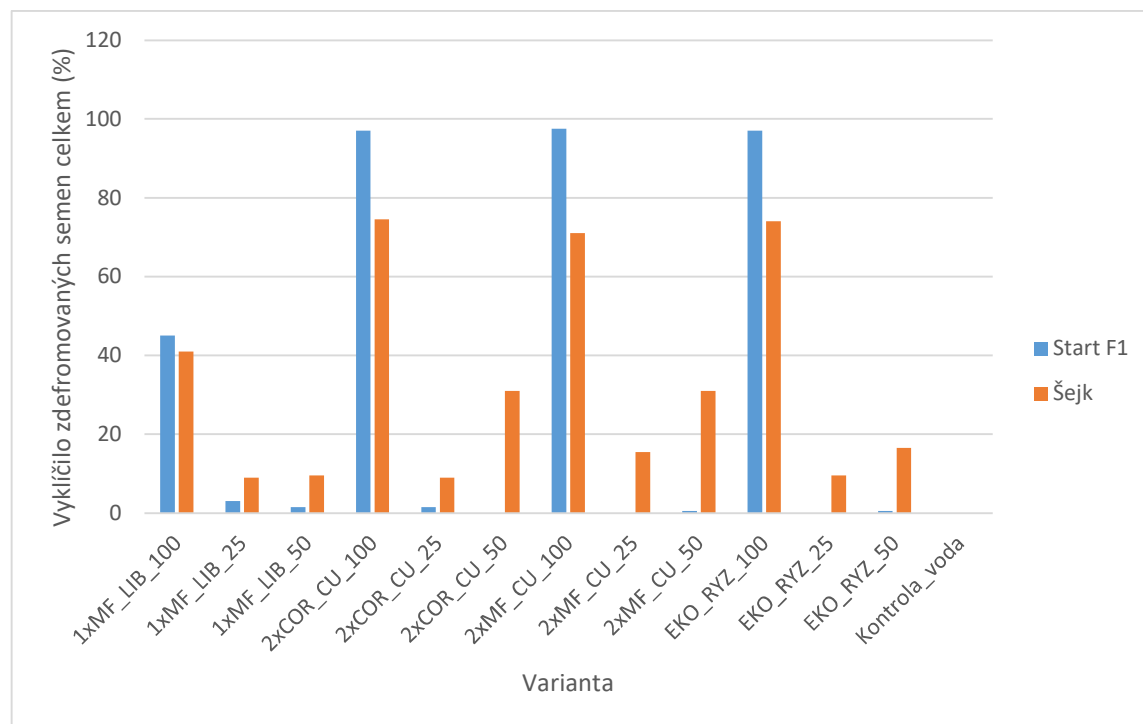
(2xMF_CU_100) a neošetřené slámy (EKO_RYZ_100). Varianty s osivem Šejk, na které byly aplikovány vyluhy z jedenkrát ošetřené slámy Mustangem Forte, vykazovaly ve všech koncentracích shodný pokles klíčivosti semen oproti kontrolní variantě. Ke kontrolním variantám se svými výsledky nejvíce blížily varianty, na které byly aplikovány nižší koncentrace vyluhů z neošetřené slámy (EKO_RYZ_25, EKO_RYZ_50), nižší koncentrace vyluhu ze slámy ošetřené dvojitou dávkou Corella (2xCOR_CU_25, 2xCOR_CU_50) a nejnižší koncentrace vyluhu ze slámy ošetřené dvojitou dávkou Mustangu Forte (2xMF_CU_25).



Graf 5 – Vliv vyluhů z herbicidně ošetřené slámy na klíčení rajčete osmý den po založení pokusu. (MF=Mustang Forte; COR=Corella; EKO=neošetřené; LIB=Libodřice; CU=Červený Újezd; RYZ=farma Ryzner; 1x=jednou ošetřené; 2x=ošetřené dvojitou dávkou; 100=100% vyluh; 50= 50% vyluh; 25=25% vyluh)

Celkové množství zdeformovaných klíčků z druhého experimentu popisuje Graf č. 6. Z grafu je patrné, že nejvyšší množství zdeformovaných klíčicích semen vykazují vzorky ošetřené variantami se 100% koncentracemi (2xMF_CU_100, 2xCOR_CU_100, EKO_RYZ_100). Vzorky, na které byla aplikována 100% koncentrace vyluhu ze slámy ošetřené jednou dávkou Mustangu Forte (1xMF_LIB_100), měly nižší množství zdeformovaných klíčků oproti ostatním 100% variantám. Zbylé varianty vykazovaly znatelně nižší množství deformovaných klíčků. U mnohých variant lze říct, že množství deformací bylo zanedbatelné ne-li dokonce nulové. V kontrolních vzorcích ošetřených pouze destilovanou

vodou se nevyskytly žádné deformace. Při porovnání obou odrůd lze z výsledků soudit, že varianty s osivem odrůdy Šejk byly náchylnější k tvorbě deformací i v nižších koncentracích, naopak u osiva Start F1 se u nižších koncentrací deformace objevovaly jen velmi zřídka.



Graf 6 – Celkový počet zdeformovaných klíčících semen v jednotkách procent z experimentu s výluhy z herbicidně ošetřené slámy. (MF=Mustang Forte; COR=Corello; EKO=neošetřené; LIB=Libodřice; CU=Červený Újezd; RYZ=farma Ryzner; 1x=jednou ošetřené; 2x=ošetřené dvojitou dávkou;100=100% výluh; 50= 50% výluh; 25=25% výluh)

6 Diskuze

Cílem experimentů bylo zjistit vliv nízkých koncentrací herbicidních látek, konkrétně *aminopyralidu* a *pyroxsulamu*, na klíčení rajčat. Při provádění pokusů byla snaha přiblížit okolnosti klíčení k tomu, v jakých klíčí semena rajčat v půdních podmínkách. Nízké koncentrace herbicidních látek a výluhy z herbicidně ošřené slámy sloužily k nasimulování možného množství reziduí v polních podmínkách. Někteří producenti mulčují pěstovaná rajčata právě slámou. Pokud sláma nepochází z ekologické farmy, dá se předpokládat, že byla herbicidně ošřena. Avšak zbytky po herbicidní ochraně nemusí být obsaženy pouze ve slámě, ale mohou se objevovat i v samotné půdě, zbytcích rostlin a v podzemní vodě.

6.1 Účinky aminopyralidu

Z počátku klíčení bylo průkazné, že se zvyšující koncentrací aminopyralidu se zpomalovalo klíčení oproti kontrolní variantě. Nakonec nejméně klíčila nejvyšší použitá koncentrace (50 ppb) a zbylé varianty klíčily poměrně více, ale i přes to dosahovaly nižších výsledků než varianty s *pyroxsulamem*. Jedním z viditelných poškození způsobených *aminopyralidem* jsou deformace kořenů (Cobb et al. 2010), což bylo možné pozorovat na klíčících již v prvních fázích klíčení. Byly zde vidět deformace u všech použitých koncentrací, nejen u těch nejvyšších. Deformace se vyznačovaly silným ztloustnutím hypokotylu a zakrňením primárního kořene. Lze předpokládat, že rostliny z takto poškozených klíčků uhynou v raných fázích vývoje.

Osivo odrůdy Šejk reagovalo na působení aminopyralidu zpomalením růstu a vyšším výskytem deformací, klíčivost byla snížena max. o 2 %. Odrůda Start F1 neměla do takové míry zpomalený růst a spíše reagovala snížením klíčivosti až o 4 %.

Singh et al. (2019) potvrzují, že *aminopyralid* má silně negativní vliv na růst rajčete. Z jejich experimentu vyplývá, že již ve fázi klíčení je růst rajčete silně inhibován. Rovněž vyzorovali, že rajčata byla oproti dalším použitým plodinám (okra, meloun) zřejmě citlivější na působení *aminopyralidu*. Na zmírnění přenosu *aminopyralidu* na plodiny navrhuje použití aktivního uhlí.

McManamen et al. (2018) dokazují, že *aminopyralid* má nepříznivé dopady na klíčení semen a podkládají své výsledky řadou experimentů, jak v polních podmínkách, tak ve skleníku.

6.2 Účinky pyroxsulamu

Diference v účincích rozdílných koncentrací herbicidní jichy připravené z *pyroxsulamu* nebyly průkazné. Varianty s vyššími koncentracemi účinné látky vykazovaly známky zpomalení růstu v prvních dnech klíčení. Ale ve výsledku se snížení klíčivosti objevilo jen u nejvyšší koncentrace (160 ppm) a to jen v řádech 2-3 %. *Pyroxsulam* nezpůsobil v prvním pokusu žádné deformace klíčků. S ohledem na výsledky lze konstatovat, že vliv *pyroxsulamu*

na klíčení semen rajčete je v takto nízkých koncentracích neprůkazný. Opět odrůda Šejk reagovala o poznání citlivěji oproti odrůdě Start F1.

Szmigielski et al. (2015) dokazují na testech s hořčicí, že hořčice ošetřená pyroxulamem klíčí pomaleji oproti kontrolní variantě. Ale oproti ostatním použitým herbicidním látkám klíčily varianty s *pyroxulamem* o poznání rychleji a více.

6.3 Vliv výluhů z herbicidně ošetřené slámy

Varianty s neošetřenou slámou vykazovaly podstatné snížení a zpomalení klíčivosti osiva. U nejvyšší koncentrace způsobovaly deformace. Toto zjištění je překvapivé, neboť bylo předpokladem, že tyto varianty budou vykazovat shodné výsledky jako kontrola. Toto tvrzení však bylo vyvráceno. Nakano et al. (2005) vyzpozorovaly, že výluh z pšenice (*Triticum aestivum* L.) inhiboval růst salátu, řeřichy a rýže. Z jejich výzkumu vyplývá, že je to způsobeno schopností pšenice uvolňovat inhibiční látky do svého okolí (aleopatie). Zároveň prokázali, že s vyšší koncentrací výluhu se jeho účinek stupňuje, což odpovídá předpokladu.

Co se týče účinné látky *pyroxulam*, která je obsažena v přípravku Corello, který byl aplikován na slámu pšenice, z které byl připraven výluh, bylo znatelné zpomalení a snížení klíčivosti jen u stropcentního výluhu. U odrůdy Šejk došlo ke snížení klíčivosti až o 20 %, ačkoliv u odrůdy Start F1 bylo snížení do 10 %. Zároveň byly u této varianty znatelné i deformace klíčků. U nižších koncentrací byly výsledky shodné s kontrolní variantou a deformace se objevovaly jen zřídka. Stejný trend byl pozorován u obou odrůd. Výsledky jsou podobné jako u pokusu s čistými herbicidními látkami, kde vzorky s *pyroxulamem* taktéž vykazovaly negativní reakci pouze při nejvyšší koncentraci.

Účinná látka *aminopyralid* byla obsažena v herbicidním přípravku Mustang Forte. V pokusu byla použita sláma z pšenice ošetřené jednou a dvěma dávkami Mustangu Forte. U výluhu z dvakrát ošetřené slámy se s vyšší koncentrací výluhu snižovala a zpomalovala klíčivost a rovněž se zvyšoval počet deformací ve vzorku. U výluhu z jedenkrát ošetřené slámy tento trend nebyl tak markantní. V porovnání s dvakrát ošetřenou slámou reagovaly vzorky s jedenkrát ošetřenou slámou méně citlivě. Lze to vyzpozorovat i v počtu deformovaných klíčků. Výsledky potvrdily předpoklad, že sláma ošetřená nižší dávkou herbicidní jichy bude méně inhibovat klíčení osiva. Rovněž bylo potvrzeno, že sláma s větším počtem dávek herbicidního postřiku způsobovala vyšší inhibiční efekt.

Neošetřená sláma a sláma ošetřená dvojitou dávkou Mustangu Forte v nejvyšší koncentraci (100 %) snižovaly klíčivost u osiva Šejk až o 20 %, u odrůdy Start F1 snížení jen max. o 3 %. Snížení klíčivosti u varianty s 1x Mustangem Forte nebylo ani u jedné odrůdy průkazné.

6.4 Kontrolní varianty

Některé kontrolní varianty vykazovaly nižší množství vyklíčených semen než varianty ošetřené herbicidy. Konkrétně to je možné vyzpozorovat z Grafu č. 2, který popisoval vliv čisté

herbicidní látky na klíčení 8. den po založení. Stejně jako u většiny variant, i zde měly vzorky s osivem odrůdy Šejk citlivější reakci.

Tyto nesrovnalosti mohly být způsobeny vnějšími nežádoucími faktory, jako například kontaminací vzorku spórami plísní. Rovněž mohlo klíčení zkomplikovat nedostatečně těsnící víčko nádoby, což mohlo mít za následek rychlejší vysychání pěstebního substrátu. Dále mohlo být ve vzorku přítomno větší množství dormantních a poškozených semen, která nemají schopnost klíčit (Houba & Hosnedl 2002).

7 Závěr

- V literární části se bakalářská práce zabývá morfologií rajčete, detailním popisem procesu klíčení semen a faktory, jež jej ovlivňují. Dále byly přiblíženy dvě herbicidní látky (*aminopyralid*, *pyroxsulam*) a jejich chování v okolním prostředí.
- Stěžejní částí bakalářské práce bylo provedení a vyhodnocení laboratorních pokusů s klíčením osiva rajčete odrůd Šejk a Start F1 vlivem *aminopyralidu* a *pyroxsulamu*. Byly založeny dva experimenty. První byl zaměřen na působení čistých herbicidních látek na klíčení semen. Druhý si kladl za cíl zjistit vliv výluhů z herbicidně ošetřené slámy na klíčení rajčete.
- Čistý *aminopyralid*, který byl v pokusu použit v pěti koncentracích, způsoboval značné deformace klíčících semen u všech použitých koncentrací. Rovněž měl negativní vliv na rychlost klíčení a snižoval počet vyklíčených semen. S vyšší koncentrací se efekt *aminopyralidu* stupňoval.
- *Pyroxsulam*, který byl použit ve formě přípravku Corello, rovněž v pěti koncentracích, měl na klíčení semen slabý vliv. Nezpůsobil žádné deformace klíčících rostlin. Pouze u nejvyšší použité koncentrace (160 ppm) bylo vidět snížení klíčivosti a zpomalení růstu oproti kontrolní variantě.
- Odrůda Šejk byla průkazně citlivější na působení herbicidních látek než odrůda Start F1. Rozdíl byl průkazný i u kontrolních variant ošetřených pouze destilovanou vodou, kde odrůda Šejk vykazovala větší výskyt deformací a pomalejší klíčení v porovnání s odrůdou Start F1.
- Varianty ošetřené výluhem ze slámy pšenice, která byla ošetřena přípravkem Corello, vykazovaly vyšší výskyt deformací a zpomalení klíčení především u nejvyšší použité koncentrace (100 %). Zbylé použité koncentrace klíčily téměř shodně s kontrolou.
- Překvapivé výsledky se objevily u vzorků ošetřených výluhem z neošetřené slámy. Byl zde vyvrácen předpoklad, že neošetřená sláma bude vykazovat shodné výsledky s kontrolními vzorky. Výluh z neošetřené slámy ve všech použitých koncentracích inhiboval růst klíčících rostlin a způsoboval jejich deformace.
- Účinek výluhu ze slámy, která byla dvakrát ošetřena Mustangem Forte (*aminopyralid*), se se zvyšující koncentrací zvyšoval. U nejvyšší koncentrace (100 %) silněji inhibovala klíčení, zpomalovala jeho průběh a způsobil vznik deformací. U zbylých koncentrací nebylo poškození tak markantní.

- Výluh z jedenkrát ošetřené slámy Mustangem Forte (*aminopyralid*) neměl na klíčení semen značný vliv. Všechny použité koncentrace měly takřka shodný vliv na klíčení osiva. Pouze z hlediska vzniku deformací, vykazovala nejvyšší koncentrace (100 %) mírný nárůst výskytu deformací ve vzorku. Ačkoliv ve srovnání s 2x Mustang Forte byl výskyt deformací takřka poloviční.

8 Literatura

- Australian Pesticide and Veterinary Medicines Authority (APVMA). 2008. Evaluation of the new active Pyroxsulam in the product. National Registration Authority of Agricultural and Veterinary Chemicals, Canberra.
- Beffa R, Menne H. Köcher H. 2019. Herbicide Resistance Action Committee (HRAC): Herbicide Classification, Resistance Evolution, Survey, and Resistance Mitigation Activities. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Bewley JD, Black M. 1994. Seeds: Physiology of Development and Germination. Springer, Boston, MA.
- Bewley JD, Black MJ, Halmer P. 2006. The Encyclopedia of Seeds: Science, Technology and Uses. Cabi, Wallingford.
- Bromilow RH, Chamberlain K. 1991. Pathways and Mechanisms of Transport of Herbicides in Plants. Pages 245-285 in Kirkwood RC, editor. Target Sites for Herbicide Action. Springer, Boston.
- Buchtová I. 2020. Situační a výhledová zpráva: Zelenina. Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha.
- Causse M, Giovannoni J, Bouzayen M, Zouine M. 2016. The Tomato Genome. Springer-Verlag GmbH Germany, Berlin.
- Cobb AH, Reade JPH. 2010. Herbicides and plant physiology. Wiley-Blackwell, Ames.
- Demir I, Ellis RH. 1992. Changes in seed quality during seed development and maturation in tomato. Seed Science Research **2**: 81-87.
- Dorais M, Ehret DL, Papadopoulos AP. 2008. Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: from the seed to the consumer. Phytochemistry Review **7**: 231-250.
- Dubská L. 2018. Efekt herbicidních přípravků na růst a prospívání *Calamagrostis epigejos* v kontrolovaných podmínkách [Diplomová práce]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- European Food Safety Authority (EFSA). 2013. Conclusion on the peer review of the herbicide risk assessment of the active substance pyroxsulam. EFSA Journal (e3182) DOI: 10.2903/j.efsa.2013.3182.
- Gerszberg A, Hnatuszko-Konka K, Kowalczyk T, Kononowicz AK. 2015. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in the service of biotechnology. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC) **120**: 881-902.
- Hejnák V, a kolektiv. 2005. Fyziologie rostlin. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Houba M, Hosnedl V. 2002. Osivo a sadba: Praktické semenářství. Martin Sedláček, Praha.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2019. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf.

- Jamal RQ. 2011. Herbicides Applications: Problems and Considerations. Pages 643-664 in Kortekamp A, editor. Herbicides and Environment. IntechOpen, London.
- Jensen HA. 1998. Bibliography on Seed Morphology. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Jursík M, Holec J, Hamouz P, Soukup J. 2018. Biologie a regulace plevelů. Kurent, České Budějovice.
- Jursík M, Kočárek M, Kolářová M, Hamouz P, Andr J. 2018. Optimalizace regulace plevelů v systému integrované produkce slunečnice. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Jursík M, Kočárek M, Soukup J, Holec J, Hamouz P. 2011. Chování herbicidů v prostředí. Listy cukrovarnické a řepařské **127**: 7-8.
- Jursík M, Soukup J, Holec J. 2010. Mechanizmy účinku herbicidů a projevy jejich působení na rostliny: Úvod do problematiky mechanismu působení herbicidů. Listy cukrovarnické a řepařské **126** (1): 14-16.
- Kincl M, Krpeš V. 2006. Základy fyziologie rostlin. Václav Krpeš, Ostrava.
- Kopec K. 1998. Tabulky nutričních hodnot ovoce a zeleniny. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.
- Kozák J. 1988. Chování herbicidů v půdách [Doktorská dizertační práce]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Longo CH, Holness S, De Angelis V, Lepri A, Occhigrossi S, Ruta V, Vittorioso P. 2020. From the Outside to the Inside: New Insights on the Main Factors That Guide Seed Dormancy and Germination. Genes **12** (1): 52-68.
- MCManamen Ch, Nelson CR, Wagner V. 2018. Timing of seeding after herbicide application influences rates germination and seedling biomass of native plants used for grassland restoration. Restoration Ecology **26** (6): 1137-1148.
- Mohammed AI, Ali AY. 1986. Effect of Herbicides on yield and fruit Quality of Tomato. Acta Horticulturae **190**: 191-196.
- Nakano H, Morita S, Shigemori H, Hasegawa K. 2005. Plant growth inhibitory compounds from aqueous leachate of wheat straw. Plant Growth Regulation **48**: 215-219.
- Novák J, Skalický M. 2012. Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika. Powerprint, Praha.
- Pazourek J. 2001. Vyprávění o rostlinách. Academia, Praha.
- Pekárková E. 2011. Pěstujeme rajčata, papriky a další plodové zeleniny. Grada, Praha.
- Petříková K, Hlušek J. 2012. Zelenina: pěstování, výživa, ochrana a ekonomika. Profi Press, Praha.
- Procházka S, Macháčková I, Krekule J, Šebánek J. 1998. Fyziologie rostlin. Academia, Praha.
- Putnam AR. 1990. Vegetable weed control with minimal herbicide inputs. Pages 155-159 Janick J, editor. HortScience, Vol. 25 (2), February 1990. Department of Horticulture, Purdue University, West Lafayette.

- Rashid A, Sharma P, Evans IR. 2001. Plant bioassay techniques for detecting and identifying herbicide residues in soil. *Agri-Facts: Practical information for Alberta's Agriculture Industry* **609** (1): 1-4.
- Rocha IS. 2018. *Solanaceae: Cultivation, Nutrition and Health*. Nova Science Publishers Inc., New York.
- Sharipov U, Kočárek M, Jursík M, Nikodem A, Borůvka L. 2021. Adsorption and degradation behavior of six herbicides in different agricultural soils. *Environmental Earth Sciences* **80**: 702, DOI: 10.1007/s12665-021-10036-7.
- Singh V, Masabni J, Baumann P, Isakeit T, Matocha M, Provin T, Liu R, Carson K, Bagavathiannan M. 2019. Activated charcoal reduces pasture herbicide injury in vegetable crops. *Crop Protection* **117**: 1-6.
- Stein S, Kopec K. 1999. *Zelenina. Příroda a.s., Bratislava*.
- Sutton K, Lanini W, Mitchell J, Miyao E, Shrestha A. 2006. Weed Control, Yield and Quality of Processing Tomato Production under Different Irrigation, Tillage and Herbicide Systems. *Weed Technology* **20** (4): 831-838.
- Szmigielski AM, Schoenau JJ, Beckie HJ. 2015. Assessment of Wild Mustard (*Sinapis arvensis* L.) Resistance to ALS-inhibiting Herbicides. Pages 323-332 in Price A, Kelton J, Sarunaite L, editors. *Herbicides: Physiology of Action and Safety*. IntechOpen, London.
- Šerá B, Šerý M, Hnatuic E. 2021. Klíčivost mořeného osiva kukuřice seté po ošetření klouzavým obloukovým výbojem. Pages 43-47 in Pazderů K, editor. *Osivo a sadba: XV. odborný a vědecký seminář pořádaný ČZU v Praze, ve spolupráci s Českomoravskou šlechtitelskou semenářskou asociací, Družstvem vlastníků odrůd a Českou zemědělskou společností na ČZU: sborník referátů*. Katedra agroekologie a rostlinné produkce, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Šerá B. 2014. Klíčivost jako běžný test v botanickém pozorování, šlechtění a experimentech. Pages 9-17 in Bláha L, editor. *Příspěvky k problematice zemědělského pokusnictví*. Powerprint, Praha.
- Tian Y, Liu X, Dong F, Xu J, Lu C, Kong Z, Wang Y, Zheng Y. 2012. Simultaneous determination of aminopyralid, clopyralid and picloram residues in vegetables and fruits using ultra-performance liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Journal of AOAC International* **95** (2): 554-559.
- Vencill WK, Nichols RL, Webster TM, Soteris JK, Mallory-Smith C, Burgos NR, McClelland MR. 2012. Herbicide Resistance: Toward an Understanding of Resistance Development and the Impact of Herbicide-Resistance Crops. *Weed Science* **60** (1): 2-30.
- Votrubová O. 2010. *Anatomie rostlin*. Karolinum, Praha.
- Yan A, Chen Z. 2020. The Control of Seed Dormancy and Germination by Temperature, Light and Nitrate. *The Botanical Review* **86**: 39-75.
- Žalud Z. 2005. Agroklimatický potenciál rozšíření rajčete jedlého (*Lycopersicon lycopersicum* L.). *Sborník Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně* **LIII**: 19-26.

Internetové zdroje:

- Agrobase. 2022. Agrobase: Pyroxsulam. Dow AgroSciences Canada Inc., Canada. Available from <https://agrobaseapp.com/canada/pesticide/pyroxsulam> (accessed February 2022).
- Kocián P. 2021. Květena ČR: Solanceae-Lilkovité. Available from <http://kvetenacr.cz/celed.asp?IDceled=13> (accessed October 2021).
- Kurent s.r.o. 2022. Agromanual: Aminopyralid. Kurent s.r.o., České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/pripravky/ucinne-latky/ucinna-latka/aminopyralid> (accessed February 2022).
- Kurent s.r.o. 2022. Agromanual: Pyroxsulam. Kurent s.r.o., České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/pripravky/ucinne-latky/ucinna-latka/pyroxsulam> (accessed February 2022).
- Mikulka J. 2018. Česká technologická platforma pro zemědělství: Aplikace integrovaných systémů regulace plevelů. Available from <https://www.ctpz.cz/vyzkum/aplikace-integrovanych-systemu-regulace-plevelu-856> (accessed January 2022).
- National Center for Biotechnology Information. 2022. PubChem: Pyroxsulam. PubChem Compound Summary for CID 1157155. Available from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Pyroxsulam> (accessed February 2022).
- Pladias – Databáze české flóry a vegetace. 2021. Pladias – Databáze české flóry a vegetace: Solanum lycopersicum. Available from <https://pladias.cz/taxon/overview/Solanum%20lycopersicum> (accessed October 2021).
- Semo a.s. 2022. Semo: Rajče keříčkové Šejk. Available from <https://www.semo.cz/eshop/rajce-kerickove-sejk-3146/> (accessed January 2022).
- Semo a.s. 2022. Semo: Rajče tyčkové Start S F1. Available from <https://www.semo.cz/eshop/rajce-tyckove-start-s-f1-3218/> (accessed January 2022).

9 Seznam grafů a tabulek

Tabulka 1- Průměrné nutriční hodnoty plodů rajčete (Kopec 1998).	10
Tabulka 2- Přehled taxonomie rajčete (Pladias 2021).	11
Tabulka 3 - Rozdělení herbicidů podle společnosti HRAC na základě mechanismu působení účinné látky (Cobb et al. 2010; Vencill et al. 2012; Jursík et al. 2018; Beffa et al. 2019).	22
Tabulka 4 - Přehled použitých odrůd osiva rajčete.	28
Tabulka 5 - Přehled koncentrací herbicidů.	29
Tabulka 6 - Přehled dávkování herbicidů pro ředění.	29
Tabulka 7 - Přehled použité slámy pro přípravu výluhů.	30

Graf 1 - Vliv čistých herbicidních látek v různých koncentracích na klíčení rajčete čtvrtý den od založení experimentu.	33
Graf 2 - Vliv čistých herbicidních látek v různých koncentracích na klíčení rajčete osmý den po založení experimentu.	34
Graf 3 - Celkový počet zdeformovaných vyklíčených semen v jednotkách procent z experimentu s čistými herbicidními látkami aminopyralid a pyroxsulam.	35
Graf 4 - Vliv výluhů z herbicidně ošetřené slámy na klíčení rajčete čtvrtý den po založení experimentu.	36
Graf 5 - Vliv výluhů z herbicidně ošetřené slámy na klíčení rajčete osmý den po založení pokusu.	37
Graf 6 - Celkový počet zdeformovaných klíčících semen v jednotkách procent z experimentu s výluhy z herbicidně ošetřené slámy.	38

10 Seznam obrázků

Obrázek 1- Osivo rajčete odrůdy Šejk (Autor: Tylová Viktorie 2022).	14
Obrázek 2– Způsoby klíčení dvouděložných rostlin (Votrubová 2010).....	16
Obrázek 3 - Chemický vzorec aminopyralidu (Tian et al. 2012).....	26
Obrázek 4 - Chemický vzorec pyroxsulamu (European Food Safety Authority 2013).	27
Obrázek 5 - Ilustrační foto plodu odrůdy rajčete Start F1 (Semo a.s. 2022).	28
Obrázek 6 - Ilustrační foto plodu odrůdy rajčete Šejk (Semo a.s. 2022).....	29

11 Samostatné přílohy



Obrázek 7 - Lahve z neprůsvitného skla na ředění herbicidů (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 8 - Lahve z neprůsvitného skla na ředění herbicidů (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 9 – Plastové nádoby opatřené víčkem na klíčení semen (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 10 – Odrůda Start F1; pyroxsulam; 4. den (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 11 – Odrůda Šejk; pyroxsulam; 4. den; vlevo kontrola; vpravo 10 ppm (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 12 – Odrůda Šejk; pyroxsulam; 4. den; vlevo kontrola; vpravo 40 ppm (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 13 – Odrůda Šejk; pyroxsulam; 4. den; vlevo kontrola; vpravo 160 ppm (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 14 – Odrůda Start F1; pyroxsulam; 4. den; vlevo kontrola; vpravo 160 ppm (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 15 – Odrůda Start F1; pyroxsulam; 4. den; vlevo kontrola; vpravo 10 ppm (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 16 – Odrůda Start F1; pyroxsulam; 4. den; vlevo kontrola; vpravo 40 ppm (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 17 – Odrůda Start F1; aminopyralid; 4. den; vlevo kontrola; vpravo 2 ppb (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 18 – Odrůda Start F1; aminopyralid; 4. den; vlevo kontrola; vpravo 25 ppb (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 19 – Odrůda Start F1; aminopyralid; 4. den; vlevo kontrola; vpravo 50 ppb (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 20 – Odrůda Šejk; aminopyralid; 4. den; vlevo kontrola; vpravo 5 ppb (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 21 – Odrůda Šejk; aminopyralid; 4. den; vlevo kontrola; vpravo 25 ppb (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 22 – Odrůda Šejk; aminopyralid; 4. den; vlevo kontrola; vpravo 50 ppb (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 23 – Odrůda Start F1; aminopyralid; 4. den (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 23 – Odrůda Šejk; aminopyralid; 4. den (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 24 – Odrůda Šejk; aminopyralid; 5. den; 2 ppb (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 25 – Odrůda Šejk; aminopyralid; 5. den; 10 ppb (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 26 – Odrůda Šejk; aminopyralid; 5. den; 50 ppb (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 27 – Odrůda Šejk; aminopyralid; 5. den; vlevo kontrola; vpravo 50 ppb (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 28 – Použitá frakce slámy pšenice z Libodřic (2021) ošetřené 1x Mustangem Forte (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 29 – Použitá frakce slámy pšenice z Červeného Újezdu (2021) ošetřené 2x Corellem (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 30 – Použitá frakce slámy pšenice z Červeného Újezdu (2021) ošetřené 2x Mustangem Forte (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 31 – Použitá frakce slámy pšenice z Kojátek (2020) neošetřené žádným herbicidem (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 32 – Odrůda Šejk; kontrola; 4. den (Autor: Tylová Viktorie 2021).



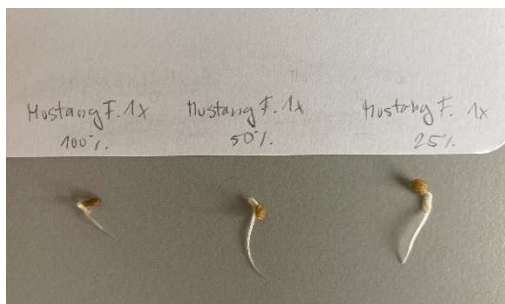
Obrázek 33 – Odrůda Start F1; kontrola; 4. den (Autor: Tylová Viktorie 2021).



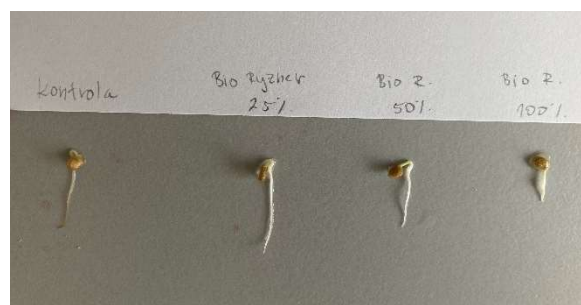
Obrázek 34 – Odrůda Start F1; Corello 2x (100 %); 4. den (Autor: Tylová Viktorie 2021).



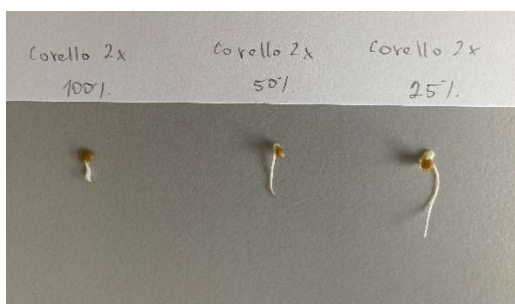
Obrázek 35 – Odrůda Šejk; Corello 2x (50 %); 4. den (Autor: Tylová Viktorie 2021).



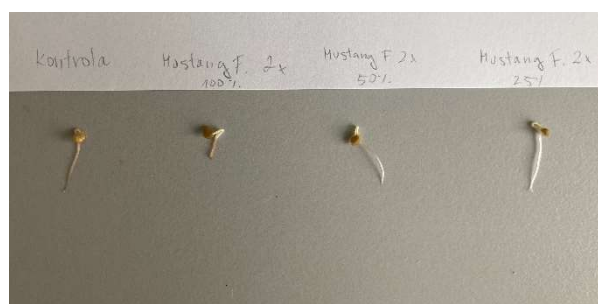
Obrázek 36 – Odrůda Start F1; srovnání koncentrací 1x Mustangu Forte; 4. den (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 37 – Odrůda Start F1; srovnání koncentrací neošetřené slámy a kontroly; 4. den (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 38 – Odrůda Start F1; srovnání koncentrací Corello 2x; 4. den (Autor: Tylová Viktorie 2021).



Obrázek 39 – Odrůda Start F1; srovnání koncentrací 2x Mustang Forte a kontroly; 4. den (Autor: Tylová Viktorie 2021).