

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Demonstrační a experimentální pracoviště



Regulace výdrolu Clearfield řepky v porostu obilnin

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Adam Vavřík

Obor studia: Rostlinolékařství

Vedoucí práce: doc. Ing. Miroslav Jursík, Ph.D.

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Regulace výdrolu Clearfield řepky v porostu obilnin " jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12. 4. 2017

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Miroslavu Jursíkovi, Ph.D. za cenné rady a konzultace během vypracovávání této práce, dále Ing. Luďkovi Procházkovi za poskytnutí údajů o založení pokusu a Ing. Veronice Fendrychové za pomoc s praktickou částí práce.

Regulace výdrolu Clearfield řepky v porostu obilnin

Souhrn

Zavedení pěstování odrůd plodin tolerantních k herbicidům (HT technologie) znamenalo revoluční počín v ochraně proti plevelům. Řepka tolerantní k imidazolinonům byla vyšlechtěna přirozenými metodami a v roce 1995 byla uvedena na trh v USA. V České republice je registrována od roku 2012. Tato technologie nese obchodní název Clearfield (CL).

V agronomickém roce 2015/2016 proběhly na pozemcích v Praze – Suchdol, maloparcelkové pokusy v porostu ozimé pšenice a jarního ječmene. Cílem pokusu bylo posoudit škodlivost a reprodukční schopnost výdrolu řepky v těchto obilninách a otestovat účinnost vybraných herbicidů na výdrol CL a konvenční řepky. U pšenice ozimé byly provedeny dva termíny aplikace herbicidů: na podzim (řepka BBCH 10-11) a na jaře po obnově vegetace (řepka BBCH 15). V jarním ječmeni byly aplikovány herbicidy v jednom termínu postemergentně v době odnožování ječmene (řepka BBCH 14). Sledována byla účinnost herbicidů na výdrol konvenční a CL odrůdy řepky a fytotoxicita herbicidního ošetření. Dále byla sledována hmotnost biomasy řepky (včetně kořenů), reprodukční schopnost řepky a v pšenici ozimé navíc výnos zrna.

Nejvyšší účinnost na výdrol CL řepky v ozimé pšenici vykazala podzimní TM kombinace herbicidních látek metribuzin + diflufenican + flufenacet (Sencor Liquid + Cougar Forte). Neprůkazně nižší účinnosti dosáhly herbicidy obsahující pendimethalin, chlortoluron, isoproturon a flumioxazin aplikované rovněž na podzim. Po aplikaci flumioxazinu byl zaznamenán mírný projev fytotoxicity na pšenici. V pokusu se potvrdilo, že inhibitory ALS (testovány byly chlorsulfuron, iodosulfuron, amidosulfuron) nedostatečně potlačují výdrol CL řepky. Po aplikaci těchto herbicidů bylo zaznamenáno také nejvyšší množství biomasy CL řepky (1.108 resp. 1.787 g.m⁻²) a dozrálých semen řepky (7.437 resp. 10.221 semen.m⁻²). Poměrně velká hmotnost biomasy CL řepky (792-1.011 g.m⁻²) byla zaznamenána také po jarních aplikaci herbicidů obsahující 2,4-D (Mustang, Mustang Forte, Husar Active), přestože jejich účinnost na CL řepku byla uspokojivá. Účinnost herbicidů měla průkazný vliv na hmotnost biomasy výdrolu. Mezi hmotností biomasy a reprodukční schopností výdrolu řepky se nepotvrdila lineární závislost. Průkazně vyšší výnos zrna pšenice (o 0,6 t.ha⁻¹) byl zaznamenán na parcelách ošetřených na podzim oproti variantám ošetřeným až na jaře. Výše výnosu zrna pšenice byla negativně ovlivněna vytvořeným množstvím biomasy výdrolu řepky.

V jarním ječmeni potlačily spolehlivě CL výdrol pouze herbicidy obsahující 2,4-D (Mustang a Mustang Forte). Fytotoxicita nebyla pozorována po žádném herbicidním ošetření. Průkazně vyšší množství biomasy výdrolu řepky bylo nalezeno pouze na neošetřených kontrolách (40 a 56 g.m⁻²), nicméně toto množství bylo přibližně 20 x nižší než v porostu pšenice. Na žádné pokusné parcele ječmene nebyly v době sklizně nalezeny dozrálé šesule řepky. Výnos zrna se v ječmeni nehodnotil, neboť porost před plánovanou sklizní silně polehl a bylo znemožněno vymláčení zrna. S ohledem na nízkou hmotnost biomasy řepky v porostu ječmene se však nepředpokládaly výnosové rozdíly mezi variantami pokusu.

Klíčová slova: výdrol řepky, Clearfield technologie, herbicidy, obilniny, konkurence, reprodukční schopnost.

Control of volunteer Clearfield oil seed rape in cereals

Summary

Herbicide tolerant (HT) crops became a revolutionary act in weed control. In 1995, oilseed rape (OSR) tolerant to imidazols started to be sold in USA. This technology (Clearfield) was bred by conventional methods. In the Czech Republic, Clearfield (CL) OSR has been registered since 2012.

In agronomical year 2016/2017, small plot field experiment was carried out in winter wheat and spring barley. The trial objective was to assess a competition and reproduction ability of OSR volunteers in these crops and to test the effectiveness of selected herbicides on CL and conventional OSR volunteers. In winter wheat, two herbicide applications were performed. The first application was done in autumn (volunteer OSR BBCH 10–11) and the second application in spring (volunteer OSR BBCH 14). In spring barley one herbicide application was realized at the time of barley tillering (volunteer OSR BBCH 14). Efficacy of herbicides on volunteer OSR, weight of OSR biomass (including roots), OSR seed production ability and yield of wheat grain were evaluated/recorded.

In winter wheat, the autumn combination of metribuzin + diflufenican + flufenacet (Sencor Liquid + Cougar Forte) had the highest efficacy on CL OSR volunteer. Insignificantly lower efficacy was showed by pendimethalin, chlortoluron, isoproturon and flumioxazin which were applied in autumn as well. Low phytotoxicity on wheat was recorded after the application of flumioxazine. Acetolactate synthase (ALS) inhibitors (tested chlorsulfuron, iodosulfuron and amidosulfuron) showed insufficient efficacy on CL OSR volunteers. The highest weight of CL OSR biomass (1.108 and 1.787 g.m⁻²) and matured seeds (7.437 and 10.221 seeds.m⁻²) were recorded after the application of tested ALS inhibitors. Rather high weight of CL OSR biomass (792-1.011 g.m⁻²) was recorded also after the spring application of 2,4 -D (Mustang, Mustang, Husar Active) although their efficacy on CL OSR was satisfactory. Efficacy of herbicides had a significant effect on the weight of OSR volunteer biomass. Linear dependence between a weight of biomass and seed production of OSR volunteers was not confirmed. Wheat treated in the autumn showed significantly higher yield (0.6 t.ha⁻¹) than wheat treated in the spring. Wheat grain yield was negatively affected by the weight of OSR biomass.

In spring barley, CL OSR volunteers were sufficiently controlled only by 2,4-D (Mustang and Mustang Forte). Significantly higher weight of OSR volunteer biomass was

found only on untreated plots (40 and 56 g.m⁻²), however, this amount was 20 times smaller compared to untreated plots in wheat. No matured OSR seeds were found in the time of harvest. Barley grain yield was not measured because of considerable stand lodging. Significant differences among tested treatments were, however, not expected in regard to the low weight of OSR biomass in barley.

Keywords: oilseed rape volunteer, Clearfield oilseed rape, herbicides, cereals, competition ability, seed production.

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce a hypotézy.....	2
2.1	Cíl práce	2
2.2	Stanovené hypotézy	2
3	Literární rešerše.....	3
3.1	Význam obilnin.....	3
3.1.1	Pšenice setá (<i>Triticum aestivum</i>).....	3
3.1.2	Ječmen setý (<i>Hordeum vulgare</i>)	4
3.2	Význam olejnin.....	5
3.2.1	Řepka olejná (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>napus</i>)	6
3.2.1.1	Postavení řepky v současné struktuře plodin	7
3.2.1.2	Požadavky na předplodinu řepky	7
3.2.1.3	Předplodinová hodnota řepky.....	7
3.3	Herbicidní ochrana	8
3.3.1	Historický vývoj	8
3.3.2	Mechanismus účinku herbicidů	9
3.3.2.1	Inhibitory syntézy aminokyselin	11
3.3.2.1.1	ALS inhibitory (B)	14
3.3.3	Selektivita herbicidů	19
3.3.3.1	Mechanismy selektivity.....	19
3.3.3.1.1	Fyziologicky podmíněná selektivita.....	19
3.3.3.1.2	Morfologicko – anatomicky podmíněná selektivita.....	20
3.3.3.1.3	Poziční selektivita	20
3.3.4	Formulace herbicidů	20
3.3.4.1	Formulační typy	21
3.3.4.1.1	Pevné formulace.....	21
3.3.4.1.2	Kapalné formulace	21
3.3.4.2	Adjuvanty	22
3.3.5	Příjem a translokace herbicidů v rostlině.....	23
3.3.5.1	Listový příjem	24
3.3.5.2	Kořenový příjem	24
3.3.6	Termíny aplikace herbicidů	24

3.3.6.1	Předset'ové aplikace	25
3.3.6.1.1	Aplikace před setím se zapravením do půdy	25
3.3.6.1.2	Aplikace před setím bez zapravení do půdy	25
3.3.6.2	Preemergentní aplikace (PRE)	25
3.3.6.3	Postemergentní aplikace (POST)	26
3.4	Herbicidní ochrana obilnin	26
3.4.1	Pšenice ozimá	27
3.4.1.1	Podzim	27
3.4.1.1.1	Preemergentní ošetření	27
3.4.1.1.2	Časné postemergentní ošetření	28
3.4.1.1.3	Postemergentní ošetření	28
3.4.1.2	Jaro	28
3.4.1.2.1	Časně jarní ošetření	29
3.4.1.2.2	Pozdní jarní ošetření	29
3.4.1.3	Regulace výdrolu řepky	30
3.4.2	Jarní ječmen	30
3.4.2.1	Regulace výdrolu řepky	31
3.5	HT plodiny	31
3.5.1	Přínosy HT technologií	32
3.5.2	Nebezpečí spojená s využíváním HT technologií	33
3.5.3	Principy tolerance plodin k herbicidům	33
3.5.4	Komerčně využívané HT systémy	34
3.5.4.1	Clearfield®	34
3.5.4.1.1	Clearfield řepka	35
3.5.4.2	Roundup Ready®	35
3.5.4.3	Liberty Link®	36
3.5.4.4	Express Sun®	37
3.5.4.5	CONVISO® SMART	37
3.5.4.6	DUO systém®	37
3.6	Výdrol řepky a možnosti jeho regulace	37
3.6.1	Půdní zásoba	38
3.6.2	Dormance semen	38
3.6.3	Výdrol řepky	38
3.6.3.1	Vliv zpracování půdy na přežívání výdrolu	39
4	Materiál a metody	40

4.1	Rostlinný materiál.....	40
4.1.1	Pšenice	40
4.1.2	Ječmen	40
4.1.3	Výdrol řepky	41
4.2	Použité herbicidy.....	41
4.3	Charakteristika polního pokusu	41
4.3.1	Podmínky stanoviště	41
4.3.2	Povětrnostní a klimatická charakteristika	41
4.3.3	Zpracování půdy	43
4.3.4	Založení pokusu	43
4.3.4.1	Pšenice.....	43
4.3.4.2	Ječmen.....	44
4.3.5	Aplikace herbicidů	45
4.3.5.1	Pšenice.....	45
4.3.5.2	Ječmen.....	46
4.3.6	Hnojení a aplikace pesticidů	46
4.3.6.1	Pšenice.....	46
4.3.6.2	Ječmen.....	46
4.3.7	Metodika hodnocení	47
4.3.7.1	Účinnost a selektivita herbicidů	47
4.3.7.2	Hmotnost biomasy výdrolu řepky	47
4.3.7.3	Reprodukční schopnost řepky	47
4.3.7.4	Sklizeň.....	47
4.3.8	Statistické vyhodnocení dat	48
5	Výsledky.....	49
5.1	Pšenice ozimá	49
5.1.1	Účinnost herbicidů	49
5.1.2	Fytotoxicita	52
5.1.3	Hodnocení hmotnosti biomasy výdrolu řepky	52
5.1.4	Hodnocení reprodukční schopnosti výdrolu řepky	53
5.1.5	Výnos pšenice	54
5.2	Ječmen jarní	58
5.2.1	Účinnost herbicidů	58
5.2.2	Fytotoxicita	58
5.2.3	Hodnocení hmotnosti biomasy výdrolu řepky	59

5.2.4	Hodnocení reprodukční schopnosti výdrolu řepky a výnos ječmene	60
6	Diskuze	61
6.1	Pšenice ozimá	61
6.2	Jarní ječmen	64
7	Závěr	65
8	Seznam literatury	67
9	Přílohy	77

1 Úvod

Ztráty způsobované konkurencí plevelů jsou známé od dob, kdy lidstvo přešlo od lovu a sběru k zemědělství. Do monokultury pěstovaných plodin musela být, a stále je vkládána velká energie k zajištění výnosu. Vynalezení herbicidů přineslo zjednodušení a zlevnění ochrany proti plevelům. Vysoká účinnost moderních herbicidů zaručuje spolehlivou ochranu i při nedodržování ostatních přímých i nepřímých regulačních opatření (Jursík a kol., 2011a).

Vývoj a zavedení nového herbicidu stojí stovky milionů dolarů, a navíc trvá přibližně 10 let, než je uveden na trh. Nově vyvinutý herbicid lze použít pouze v omezeném počtu plodin, ve kterých je selektivní. Taková investice se vyplatí pouze u plodin s celosvětově velkým významem (Ivany, 2001; Zimdahl, 2007). V posledních 25 letech se proto agrochemické společnosti zaměřily na možnost použití stávajících účinných herbicidů v plodinách, ve kterých nebylo dosud možné tyto herbicidy použít z důvodu fytotoxicity. Vznikly tak technologie ochrany proti plevelům založené na herbicidní toleranci (HT plodiny) (Jursík a kol., 2011c).

Plodiny tolerantní k imidazolinonům (inhibitory ALS) nesou obchodní název Clearfield® (CL). CL odrůdy plodin byly vyšlechtěny na základě přirozeně se vyskytující genové mutace ALS (Tan et al., 2005). Nejedná se tedy o GM plodiny a lze je pěstovat v zemích EU. Clearfield řepka je v České republice registrována od roku 2012.

Řepka je plodina velmi rentabilní, a proto se její osevní plochy udržují na vysoké úrovni (v ČR se dělí o druhé místo střídavě s ječmenem). V průměru je od roku 2010 každý rok oséváno téměř 400 tis. ha (ČSÚ, 2016). Čeští pěstitelé zatím CL řepku příliš nepěstují. Její plochy se pohybují okolo 1 % z celkové výměry řepky (Jursík, 2017, osobní sdělení).

Ozimá řepka patří mezi nejvýznamnější zaplevelující plodiny. Mnozí autoři považují tyto plodiny za více škodlivé než plevele (Kouhout a Kohoutová, 2016). Ve většině zemědělských podniků je řepka předplodinou pro ozimou pšenici, a proto výdrol řepky téměř jistě v pšenici nalezneme. Konkurenční schopnost řepky je v pšenici velmi vysoká a při absenci regulačního zásahu mohou být ztráty na výnose zrna pšenice až 70 % (Krato and Petersen, 2012).

2 Cíl práce a hypotézy

2.1 Cíl práce

Cílem práce bylo posoudit škodlivost a reprodukční schopnost výdrolu řepky v ozimých a jarních obilninách a navrhnout vhodné metody regulace Clearfield (CL) řepky v ozimé pšenici a jarním ječmeni.

2.2 Stanovené hypotézy

V diplomové práci byly stanoveny následující hypotézy:

- Běžnými herbicidy používanými v obilninách lze efektivně regulovat výdrol CL řepky.
- Výdrol CL řepky vykazuje odlišnou citlivost k jednotlivým inhibitorům ALS.
- Citlivost výdrolu řepky k herbicidům je ovlivněna aplikačním termínem (růstovou fází řepky).
- Konkurenční a reprodukční schopnost výdrolu řepky lze v ozimých obilninách eliminovat pouze podzimním herbicidním zásahem.

3 Literární rešerše

3.1 Význam obilnin

Obilniny jsou, společně s kukuřicí, rýží a sójou, nejvýznamnějšími plodinami světa. Výživa lidstva spočívá téměř z poloviny na produktech vyrobených z obilovin. Část produkce obilovin je spotřebována ke krmným účelům v živočišné výrobě a dále v potravinářském průmyslu (Kuchtík a kol., 2002).

Velkou předností obilovin je možnost jejich skladování i několik let. Vedlejší produkt sláma, je také využívána jako krmivo, podestýlka pro hospodářská zvířata, hnojivo a může být použita i k energetickým účelům (Kuchtík a kol., 2002).

V tabulce číslo 1 jsou uvedeny osevň plochy obilnin v hektarech v České republice od roku 2010 po rok 2015.

Tabulka 1 Osevň plochy obilnin v ČR (ČSÚ, 2016).

Plodina	Rok					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Obilniny celkem	1 459 505	1 468 129	1 444 668	1 428 171	1 411 314	1 403 430
pšenice	833 577	863 132	815 381	829 393	835 941	829 820
žito	30 249	24 985	30 557	37 498	25 137	21 980
ječmen	388 925	372 780	382 330	348 992	350 518	365 946
oves	52 278	45 236	50 770	43 559	42 289	42 395
triticale	45 871	43 529	44 200	46 816	48 497	42 891
kukuřice na zrno	99 945	109 651	109 565	111 931	100 453	93 575
ostatní obilniny	8 661	8 816	11 865	9 984	8 478	6 824

3.1.1 Pšenice setá (*Triticum aestivum*)

Pšenice pochází pravděpodobně z Přední a Malé Asie. Počátky jejího pěstování úzce souvisí s rozvojem zemědělství (Špaldon a kol., 1982). Archeologické nálezy dokládají pěstování pšenice už od 8. tisíciletí př. n. l. Na našem území se nejprve pěstovala tetraploidní pšenice dvouzrnka (*Triticum dicoccum*) a s větší nebo menší příměsí diploidní jednozrnka (*Triticum monococcum* L.). Od osídlení našeho území Slovany v 6. století n. l. začíná převládat hexaploidní nahozrná pšenice obecná (*Triticum aestivum* L.) (Foltýn a kol., 1970).

Pšenice je naší nejvýznamnější obilninou. Pěstuje se na více než 800 tisících hektarech. Díky relativně vysoké úrovni i stabilitě výnosů představuje produkční jistotu ve všech výrobních oblastech ČR (Palík a kol., 2009).

Pšenice je na trhu s obilninami zcela dominantní plodinou tvořící téměř 65 % nabídky všech obilovin. CSÚ (2016) za rok 2015 uvádí průměrný hektarový výnos zrna pšenice 6,36 t.ha⁻¹.

Monitoring hodnocení kvality sklizně 2015 potvrdil velmi dobré výsledky potravinářské pšenice, což bylo způsobeno suchým a teplým počasím před sklizní a během sklizně (Mze, 2016). V roce 2016 byly kvalitativní parametry pšenic výrazně horší, především v důsledku deštivého počasí na konci vegetace (Polišenská a kol., 2016).

Průměrná výkupní cena zrna pšenice v posledních dvou letech je uvedena v tabulce číslo 2.

Tabulka 2 Výkupní cena tuny zrna pšenice za poslední dva roky (ÚZEI, 2016).

Komodita	Průměrná cena 2015 [Kč.t ⁻¹]	Průměrná cena 2016 [Kč.t ⁻¹]
pšenice potravinářská	4 321	3 703
pšenice krmná	3 902	3 519
rozdíl v ceně potravinářské a krmné pšenice [Kč.t ⁻¹]	419	184

3.1.2 Ječmen setý (*Hordeum vulgare*)

Dějiny pěstování ječmene sahají do počátku zemědělství, kde člověka provází spolu s pšenicí jako druhá nejstarší obilnina (Zimolka a kol., 2006). Zkulturněn je nejméně 8 tisíc let. Ječmen dvouřadý je původem z přední Asie a ječmen víceřadý z východní Asie. Na území Českých zemí se šířil už s Kelty (Černý a kol., 2007). Ječmen dvouřadý je považován za kulturně mladší než ječmen víceřadý (Zimolka a kol., 2006).

Ječmen byl nejprve pěstován jako chlebovina. I v počátcích rozvoje pivovarství u nás dlouho převládala pšenice jako surovina pro sladování a vaření piva. Jak postupně vzrůstala výroba piva (17. století), byla pšenice vytlačována ze sladovnictví a přešlo se na vaření piva z ječného sladu. K rozkvětu sladovnického průmyslu došlo až v 70. letech 19. století, kdy se zároveň datují počátky exportu sladu z našich zemí (Zimolka a kol., 2006).

Plochy ječmene jsou v ČR poměrně stabilní a pohybují se každoročně na úrovni 350 tis. hektarů. Jarní ječmen z této plochy tvoří přibližně 70 % (Mze, 2016). Výnos ječmene dle CSÚ (2016) za rok 2015 byl 5,44 t.ha⁻¹. Většina ječmene určeného pro potravinářské použití slouží

jako surovina k výrobě sladu. Významná část vyrobeného sladu je každoročně vyvezena do zahraničí (Mze, 2016).

V tabulce číslo 3 jsou uvedeny průměrné ceny zrna ječmene za poslední dva roky.

Tabulka 3 Výkupní cena tuny zrna ječmene za poslední dva roky (ÚZEI, 2016).

Komodita	Průměrná cena 2015 [Kč.t ⁻¹]	Průměrná cena 2016 [Kč.t ⁻¹]
ječmen sladovnický	4 882	4 457
ječmen krmný	3 630	3 259
rozdíl v ceně sladovnického a krmného ječmene [Kč.t ⁻¹]	1 252	1 198

3.2 Význam olejnin

Olejniny jsou po obilninách druhou nejvýznamnější skupinou plodin v České republice (Beránková a Kovářová, 2006). V minulém století sehrálo jejich pěstování klíčovou roli politickou i ekonomickou při zajišťování výroby potravin a při snižování nedostatku základních zdrojů pro lidskou výživu. V Československu, které bylo po 2. světové válce odkázáno na dovoz tukových surovin, se situace začala měnit, když se přehlížený řepkový olej stal koncem 20. století cennou součástí lidské výživy. Postupně se tak Československo stává ze země dovážející olejniny plně soběstačným a významným exportérem (Baranyk a kol., 2007).

Během uplynulých dvaceti let se celosvětová konzumace olejů a tuků zdvojnásobila. Z toho vyplývá, že bilance nabídky a poptávky po olejninách ve světovém měřítku naznačuje tendence růstu odbytu a předpokládá atraktivní cenový vývoj. Nicméně tento trend nesouvisí jen s využitím rostlinných olejů pro potravinářské účely, ale i jako suroviny pro výrobu metylesterů nenasycených mastných kyselin tzv. bionafty (Baranyk a kol., 2007).

Osevní plochy olejnin v hektarech mezi roky 2010 až 2015 v České republice jsou uvedeny v tabulce číslo 4.

Tabulka 4 Osevní plochy olejnin v ČR (ČSÚ, 2016).

Plodina	Rok					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Olejniný celkem	490 420	464 405	470 819	486 908	464 274	446 022
řepka	368 824	373 386	401 319	418 808	389 298	366 180
slunečnice na semeno	27 172	28 554	24 634	21 276	18 607	15 450
sója	9 472	7 584	5 742	6 507	7 242	12 311
mák	51 103	31 495	18 363	20 250	27 020	32 650
hořčice na semeno	26 819	18 122	16 949	16 472	18 452	15 874
len setý olejný	4 094	2 475	1 683	1 513	1 813	1 599
ostatní olejnin	2 936	2 789	2 131	2 081	1 842	1 957

3.2.1 Řepka olejná (*Brassica napus* L. var. *napus*)

O počátcích pěstování řepky olejky je nutno uvažovat společně s řepicí, do konce 18. století se tyto blízké druhy nerozlišovaly. Je známo, že v minulosti se ve velkém rozsahu pěstovaly brukvovité zeleniny a krmné plodiny. Znály je jak staří Egypťané, tak i různé starověké evropské národy, například Germáni (Baranyk a kol., 2007).

Řepka olejná je poměrně mladá olejнина mírného pásma. Vznikla zkrížením dvou brukvovitých druhů – řepice (*Brassica campestris* L. syn. *B. rapa*) a brukve zelné (*Brassica oleracea* L.) (Baranyk a kol., 2007). Ve větším rozsahu se pěstuje až od 19. století. K nárůstu ploch i produkce řepkového oleje dochází ve světě po roce 1960 a v Evropě po roce 1970. Tehdy byly zavedeny odrůdy řepky s minimálním obsahem kyseliny erukové (negativní chuťové, a i zdravotní vlastnosti oleje), tedy tzv. „0“ řepky. V ČR se od roku 1984 postupně zavádí tzv. dvounulové odrůdy „00“ s minimálním obsahem kyseliny erukové a velmi sníženým obsahem glukosinulátů. Od roku 1992 se v ČR i SR pěstují pouze tyto odrůdy (Bečka a kol., 2007).

Nezbytnou podmínkou rentabilní produkce řepky je zajištění jejího stabilního odbytu za dobré ceny. Při zpracování řepkového semene vzniká široká škála hodnotných produktů. Využití řepkového oleje lze rozdělit do několika stěžejních oblastí:

- potravinářství,
- krmivářství,
- oleochemie,
- energetické využití, resp. zdroj obnovitelné energie (Baranyk a kol., 2007).

V roce 2015 bylo sklizeno 1 256 tis. tun řepkového semene s průměrným hektarovým výnosem 3,43 t.ha⁻¹ (Mze, 2016). Výkupní ceny jsou poměrně stabilní a pohybují se okolo 10.000,- Kč.t⁻¹ (ÚZEI, 2016).

3.2.1.1 Postavení řepky v současné struktuře plodin

Řepku lze úspěšně pěstovat od nížin až do nadmořských výšek kolem 700 m. S růstem výměry se řepka rozšířila do všech výrobních oblastí ČR (Bečka a kol., 2007). Velký podíl na vzestupu ploch v posledních patnácti letech mají specializované podniky, kde je řepka hlavní tržní plodinou se zastoupením 20–33 % v osevním postupu, což znamená, že se na stejný pozemek dostává znovu po 2–4 letech (Baranyk a kol., 2007). Vysoké zastoupení řepky je sice vítáno jako předplodinová alternativa za postupně se zmenšující plochy ostatních širokolistých plodin, na straně druhé dnes v důsledku vysoké koncentrace řepky v osevních sledech vznikají vážné fytopatologické problémy. Vyšší tlak chorob je i jedna z příčin kolísání výnosů řepky (Baranyk a kol., 2007). Navíc se podle Vaculíka (2012) šíří ozimé plevely, které jsou odolné k řepkovým herbicidům. Podle Jursíka a Soukupa (2009) jde především o violky, brukvovité plevely a kakostovité plevely. Kratší rotace se zastoupením řepky na orné půdě 25–33 % je zdůvodnitelná pouze tam, kde je řepka jedinou alternativou pro přerušení obilných sledů (Baranyk a kol., 2007).

3.2.1.2 Požadavky na předplodinu řepky

Základním požadavkem na předplodinu je, aby umožnila výsev řepky v srpnovém agrotechnickém termínu i v nepříznivých letech. Nejlepší předplodiny pro řepku jsou v praxi málo pěstované (rané brambory, raná zelenina, ozimé směsky, jarní směsky, pícniny sklizené v červenci a kmín či hrách) (Bečka a kol., 2007).

Přijatelné předplodiny jsou obilniny, především ozimá pšenice a ozimý ječmen, případně ozimé žito či triticales. Obilniny jsou předplodinami asi pro 90 % porostů řepky. Problematickou předplodinou je jarní ječmen, protože zanechává půdu nestrukturní, poškozenou vodní, větrnou i sluneční erozí a chudou na živiny. Další nevhodné předplodiny jsou ty, které neumožní výsev v agrotechnické lhůtě (Bečka a kol., 2007).

3.2.1.3 Předplodinová hodnota řepky

Dobrá předplodinová hodnota řepky je dána prakticky celoroční přítomností na pozemku, kde chrání půdu vysokou pokrývností listoví a pozitivně působí na fyzikální

vlastnosti půdy hlubokým, rozvětveným křovitým kořenem. Podstatná je také návratnost organické hmoty a živin z posklizňových zbytků řepky (Baranyk a kol., 2007).

Výbornou předplodinou je řepka pro následně seté obilniny a je považována za vynikající přerušovač jejich sledů. V obilnářských oblastech řepka nahrazuje luskoviny. Podle výsledků Bečky a kol. (2007) ozimá pšenice dává o 17 % vyšší výnos po řepce oproti pšenici pěstované po pšenici.

3.3 Herbicidní ochrana

Herbicidy jsou chemické látky, které se používají na hubení plevelů více než 60 let (Mikulka a Slavíková, 2008). Zpomalují nebo přerušují normální růst a vývoj rostlin (Hubbard, 2007). Široce se používají především v zemědělství. Jejich aplikace je málo náročná na lidskou práci a většinou bývá také méně nákladná než ostatní možnosti regulace. Při nevhodném použití mohou herbicidy způsobit poškození pěstované plodiny (fytotoxicitu), zatěžují životní prostředí a mohou mít negativní vliv na obsluhu postřikovačů a dalších osob. Často jsou také jejich rezidua obsažena v potravinách (Jursík a kol., 2010a; Jursík a kol., 2011a).

3.3.1 Historický vývoj

Ztráty způsobované konkurencí plevelů jsou známé od dob, kdy lidstvo přešlo od lovu a sběru k zemědělství. Do monokultury pěstovaných plodin musela být, a stále je vkládána velká energie k zajištění správného růstu vedoucího k výnosu (Jursík a kol., 2011a).

Významné změny se v zemědělství projeví až v 19. století. Zavedení víceletých píceňin znamenalo revoluci. Postupně vzniklo plánované střídání plodin – osevnické postupy (Jursík a kol., 2010a). Po zavedení Norfolku (jetel, obilnina, okopanina, jař s podsevem jetele) se plevele mohly prosazovat ve větší míře pouze v obilninách {v bramborách se prováděla okopávka a jeteloviny plevelům dobře konkurují (Jursík a kol., 2011a) a navíc obohacují půdu o dusík (Mikanová a Šimon, 2013)}.

S příchodem průmyslové revoluce odešlo mnoho lidí z venkova do města a bylo stále obtížnější spoléhat se na ruční odstraňování plevelů. Vzniklou situaci v zemědělství mělo vyřešit zavedení chemických látek, později označovaných jako pesticidy (Jursík a kol., 2010a).

Epocha organických, snáze degradovatelných herbicidů, započala koncem 19. století zavedením dusíkatého vápna (CaCN_2) jako hnojiva, u něhož byly později také objeveny herbicidní účinky. Zavedení dinitrofenolů, které se od roku 1892 používaly jako insekticidy, znamenalo další posun v ochraně rostlin a po objevení dinitro-o-kresolu (DNOC) v 30. letech

20. století byly tyto látky používány také jako herbicidy. Jejich problémem bylo silné toxické působení na všechny živé organismy včetně obsluhy aplikační techniky. Přesto byly používány až do 50. let minulého století (Jursík a kol., 2010a).

Revolučním počinem bylo objevení herbicidního účinku syntetických auxinů 2,4-D, 2,3,5-T a MCPA na začátku 40. let 20. století. (Reade and Cobb, 2002). Tyto herbicidy byly použity Američany ve vietnamské válce jako defolianty rozprašované nad džunglí. Ještě v dnešní době se v místech použití rodí těžce postižené děti {použité herbicidy (defolianty) obsahovaly velice toxickou a mutagenní látku – dioxin}. Nicméně zavedení těchto herbicidů otevřelo nové možnosti selektivní regulace dvouděložných plevelů a řada z těchto látek je používána dodnes (Jursík a kol., 2010a).

V 50. letech 20. století byly objeveny herbicidní účinky triazinů. Některé jsou ve světě používány dodnes. V Evropě je jejich používání z důvodu velké perzistence a zatížení prostředí postupně omezováno (Hubbard, 2007; Jursík a kol., 2010a). Po zavedení triazinů se objevují i první rezistentní plevele (Mikulka a Slavíková, 2008).

Na počátku 60. let minulého století byla zavedena skupina chloracetamidů. Důležitou a dodnes hojně využívanou skupinou herbicidů jsou substituované močoviny (1950 – diuron). V současné době se používá z této skupiny chlortoluron a modernější isoproturon. Používání obou výše zmíněných skupin je v Evropě rovněž postupně omezováno z důvodu velkého zatížení podzemních vod (Reade and Cobb, 2002; Jursík a kol., 2010a).

Mezi roky 1955 a 1975 bylo objeveno a zavedeno velké množství herbicidních účinných látek z nejrůznějších chemických skupin (Unsworth, 2010). Od roku 1980 se snižuje intenzita zavádění herbicidů s novým mechanismem působení. Až zavedení inhibitorů ALS znamenalo ohromnou expanzi nových účinných látek. Zatím posledním komerčně zavedeným herbicidním mechanismem působení byla inhibice HPPD (mesotrione, tembotrione) v polovině 90. let minulého století (Reade and Cobb, 2002; Bruno et al., 2012).

Vysoká účinnost moderních herbicidů zaručovala spolehlivost ochrany i při nedodržování základních agrotechnických zásad. V řadě případů zavedení herbicidů naprosto změnilo pěstitelské postupy – např. pěstování řepky a luskovin v úzkých řádcích, opuštění od kultivace v širokořádkových plodinách, rozmach bezorebných způsobů zpracování půdy, zúžení osevních postupů aj. (Jursík a kol., 2011a).

3.3.2 Mechanismus účinku herbicidů

Znalost mechanismů působení herbicidů je důležitá pro jejich správné používání. Princip většiny herbicidů je založen na inhibici důležitých proteinů či enzymů metabolismu

roślin. Enzymy a proteiny jsou nezbytné pro správné fungování organismu rostlin (Cole et al., 2000), neboť katalyzují různé reakce biosyntézy organických sloučenin. Následným jevem zablokování jejich funkce mohou být druhotné projevy na místech, kde jsou dané sloučeniny zapotřebí v navazujících biochemických procesech či jako stavební jednotky buněčných organel. Dále může být vlivem inhibice projev toxicity nahromaděných metabolitů, které nemohou být rostlinou dále využity (Reade and Cobb, 2002; Soukup, 2005).

K dosažení správné účinnosti herbicidů, je potřeba podle Jursíka a kol. (2011a) několik podmínek:

- zasažení cílové rostliny herbicidem,
- dostatečný příjem účinné látky,
- transport v rostlině na místo účinku,
- akumulace a perzistence herbicidu v místě účinku, aby mohl být inhibován cílový enzym herbicidního účinku.

Účinná látka herbicidu se obvykle naváže na některý významný protein. Takto zasažený protein nazýváme místem účinku (působení) herbicidu. Způsob, jakým účinná látka inhibuje určitý biochemický proces v rostlině, nazýváme mechanismus působení (Jursík a kol., 2011a).

V Evropě je zavedena klasifikace herbicidů dle HRAC (Herbicide Resistance Action Committee). Herbicidy jsou rozčleněny do 15 hlavních skupin podle místa a mechanismu účinku, podobnosti symptomů poškození a příslušnosti k chemické skupině. Na etiketě přípravku je místo působení obsažených účinných látek uvedeno pod písmeneny A až P (Soukup, 2005). V USA je klasifikace členěna nepatrně odlišně podle WSSA – Weed Science Society of America (WSSA, 2017).

Devine et al. (1993) uvádí 7 hlavních herbicidních skupin podle mechanismu účinku:

1. inhibitory fotosyntézy,
2. inhibitory syntézy mastných kyselin,
3. inhibitory buněčného dělení,
4. syntetické auxiny (růstové regulátory),
5. inhibitory syntézy aminokyselin,
6. inhibitory buněčného dýchání,
7. neznámý mechanismus účinku.

3.3.2.1 Inhibitory syntézy aminokyselin

Asi největší část komerčně používaných herbicidů má mechanismus účinku založený na inhibici syntézy aminokyselin (DeFelice, 1998; Cole et al., 2000). Biosyntéza aminokyselin zaujímá v metabolismu rostlin významné místo, neboť je úzce spjata s dalšími metabolickými pochody - např. fotosyntézou, asimilací amoniaku, fotorespirací, syntézou purinových a pyrimidinových bází, alkaloidů aj. Většina biosyntetických pochodů, včetně biosyntézy aminokyselin, probíhá za světla v chloroplastech, a proto se zde nacházejí i cílové enzymy (target site) této herbicidní skupiny (Reade and Cobb, 2002).

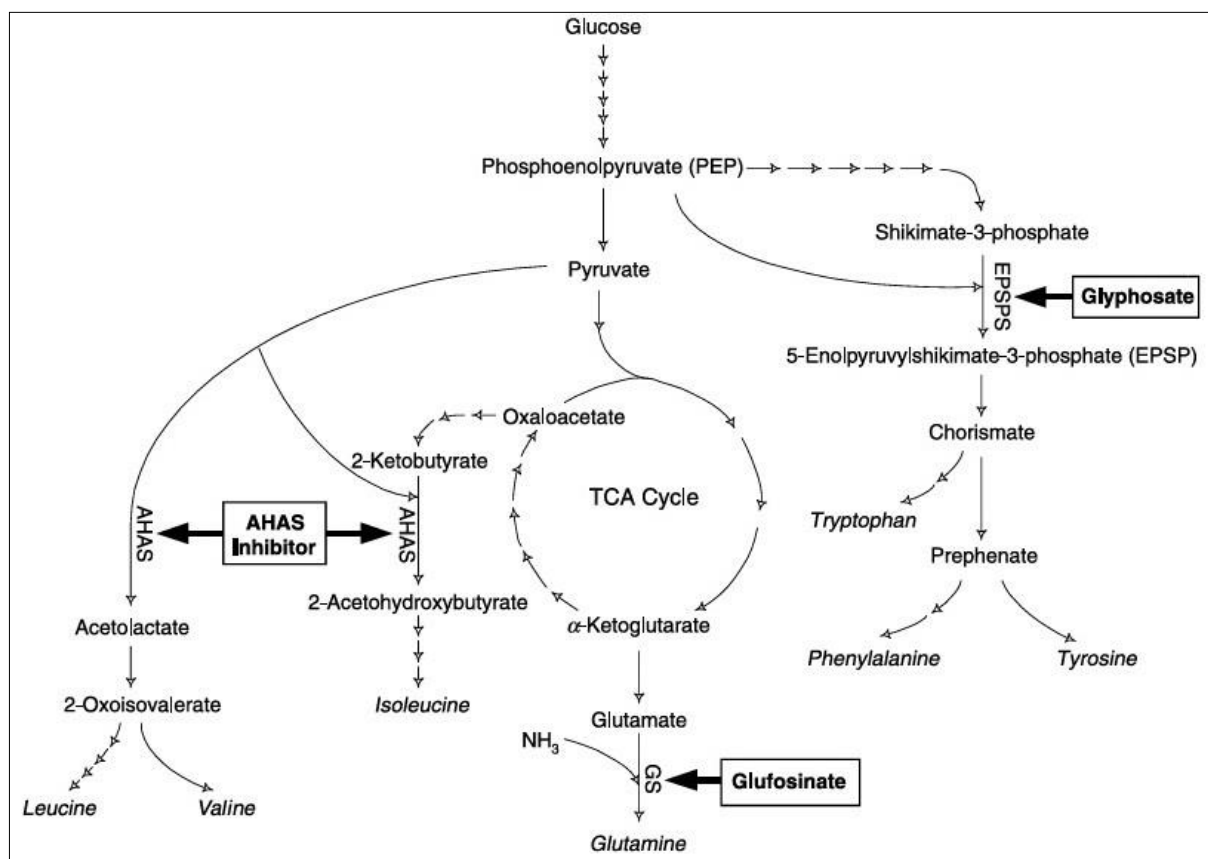
Za normálních podmínek jsou nejdůležitějším zdrojem dusíku pro rostlinu nitráty (NO_3^-). Nitráty jsou po příjmu kořenem v cytoplasmě redukovány na nitrity (NO_2^-) a dále v chloroplastech až na amoniak (NH_3) (ve vyšších koncentracích pro rostlinu toxický). Amoniak je zabudováván do kyseliny glutamové, glutaminu a případně i do dalších aminokyselin transaminací oxokyselin. V rostlinách se vyskytuje více než 100 aminokyselin, přičemž pouze 20 z nich je součástí bílkovin (Taiz, 2015).

Existují tři hlavní enzymy, které stojí za tvorbou aminokyselin. Jsou to glutamin syntetáza (GS), 5-enolpyruvylšikimát-3-fosfát syntáza (EPSPS) a acetolaktát syntáza (ALS) (Bender, 1985; Duke, 1990; Singh and Shaner, 1995; DeFelice, 1998; Cole et al., 2000).

Acetolaktát syntázu (ALS) inhibuje široké spektrum účinných látek označovaných jako inhibitory ALS, glutamin syntetázu (GS) inhibuje glufosinát amonný a 5-enolpyruvylšikimát-3-fosfát syntázu (EPSPS) glyfosát (Tan et al., 2006).

Na obrázku číslo 1 jsou zobrazeny cesty biosyntézy aminokyselin s uvedeným místem inhibice herbicidy.

Obrázek 1 Dráhy biosyntézy aminokyselin s rozvětveným řetězcem, aromatických aminokyselin, glutaminu a místa účinku inhibitorů (Tan et al., 2006). TCA cycle (tricarboxylic acid cycle) = cyklus trikarboxylových kyselin, též citrátový cyklus, cyklus kyseliny citrónové, Krebsův cyklus.



Druhotným následkem inhibice těchto enzymů herbicidy je potlačení mnohých dalších organických látek účastnících se buněčného dělení v meristémeh, následně pak omezení transportu asimilátů vodivými pletivy (floémem) a zastavení růstu (Jursík a kol., 2010b; Jursík a kol., 2011a).

V tabulce číslo 5 jsou uvedeny všechny herbicidní skupiny inhibitorů biosyntézy aminokyselin.

Tabulka 5 Účinné látky inhibující biosyntézu aminokyselin používané v ČR, dle členění HRAC (Jursík a kol., 2011a; HRAC, 2017).

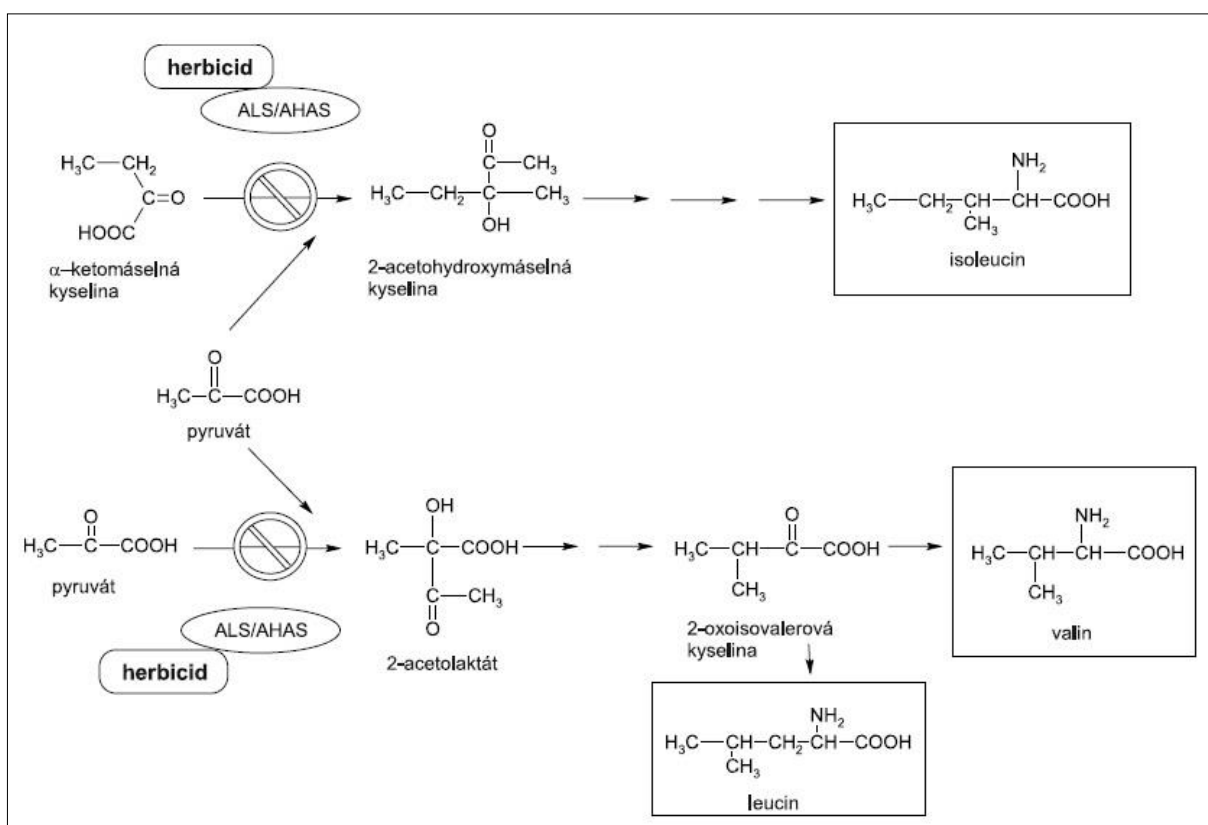
Herbicidní skupina	Členění dle HRAC	Chemická skupina	Účinná látka
EPSPS inhibitory	G	Deriváty aminokyselin	glyphosate-IPA
			sulphosate
GS inhibitory	H		glufosinate-NH ₄
ALS inhibitory	B	Sulfonylmočoviny	chlorsulfuron
			tribenuron
			thifensulfuron
			nicosulfuron
			rimsulfuron
			sulfosulfuron
			foramsulfuron
			flupyrsulfuron
			amidosulfuron
			iodosulfuron
			mesosulfuron
			triasulfuron
			triflusulfuron
		tritosulfuron	
		Imidazolinony	imazamox
		Triazolové pyrimidiny	florasulam
pyroxsulam			
Sulfonylamino-karbonyl-triazolinony	propoxycarbazone		
	thiencarbazone		
Pyrimidinylthio(nebo oxy)benzoáty	pirimisulfan		

Reade and Cobb (2002) se domnívají, že herbicidy inhibující tvorby bílkovin mohou mít menší dopady na zvířata a lidi než herbicidy s jiným mechanismem účinku. Zvířata a lidé si totiž nedokáží tvořit esenciální aminokyseliny a musejí je získávat z potravy (na rozdíl od rostlin). Účinné látky ze skupiny inhibitorů aminokyselin jsou proto pro lidi a zvířata potencionálně méně nebezpečné.

3.3.2.1.1 ALS inhibitory (B)

Acetolaktát syntáza, označovaná též jako acetohydroxyacid syntáza (AHAS) (Duggleby and Pang, 2000), je klíčovým enzymem při biosyntézy esenciálních rozvětvených aminokyselin valinu, leucinu a izoleucinu (Umbarger, 1978; Singh, 1999; McCourt and Duggleby, 2006). ALS katalyzuje dvě reakce ve zmíněné biosyntéze: konjugaci dvou molekul pyruvátu za vzniku acetolaktátu na biochemické cestě vzniku valinu a leucinu, a také reakci pyruvátu s kyselinou α -ketomáselnou za vzniku 2-acetohydroxymáselné kyseliny, která je prekurzorem izoleucinu (obr. 2). Produkované aminokyseliny fungují zároveň i jako zpětné regulátory aktivity ALS (Vaughn and Duke, 1991; Singh and Shaner, 1995; Saari and Mauvais, 1996; Reade and Cobb, 2002).

Obrázek 2 Schématické znázornění místa působení ALS inhibitorů (Jursík a kol., 2010c).



Vlivem zablokování funkce ALS se zastavuje tvorba zmíněných aminokyselin, a tudíž i proteinů. Druhotným důsledkem je inhibice syntézy DNA a zastavení buněčného dělení v dělivých pletivech, dále je omezen transport asimilátů floémem a celkové zastavení růstu (Reade and Cobb, 2002). Viditelné projevy poškození inhibitory ALS se na rostlině objevují za několik dní. Rostlina má určitou zásobu aminokyselin v buňkách, která může udržovat metabolismus funkční. Po vyčerpání zásoby dochází k destruktivním změnám (Reade and

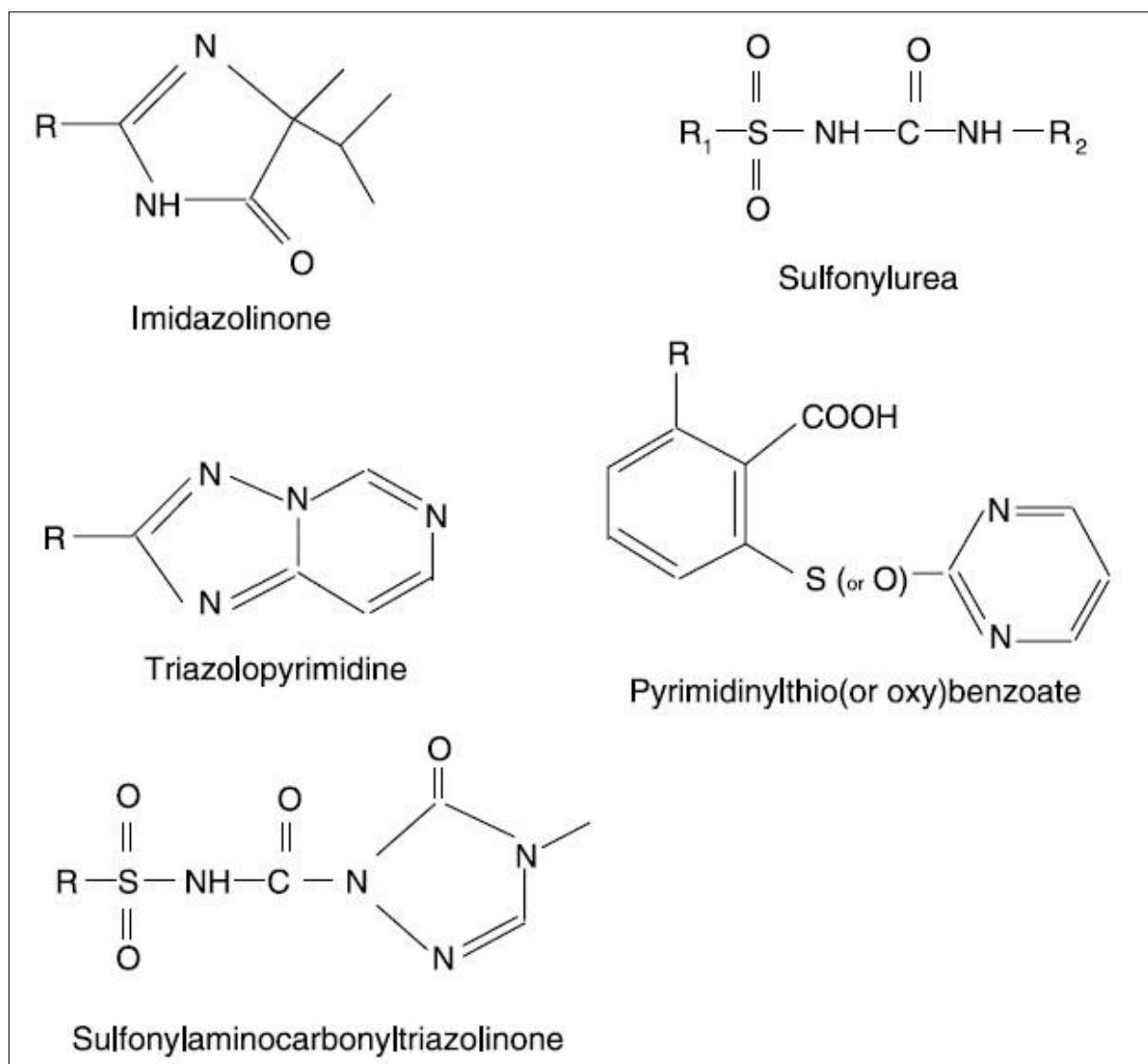
Cobb, 2002). Zpočátku dochází ke zpomalení až zastavení růstu zasažené rostliny, později žloutnou hlavně mladé listy mezi nervaturou, u některých dvouděložných rostlin se listová nervatura ze spodní strany zabarvuje do fialova. Toto antokyanové zabarvení je typické u řepky a trávovitých plevelů. Postupně zasychá vegetační vrchol. Kořeny často nepřírozně větví. Při nižších koncentracích je plný účinek pozorovatelný až po uplynutí 3 až 4 týdnů a nemusí vždy dojít k odumření zasažených plevelů. Jejich konkurenční schopnost je ale velmi snížena (Zimdahl, 2007; Jursík a kol., 2010c; Jursík a kol., 2011a).

V rostlině jsou inhibitory ALS většinou dobře rozváděny xylémem i floémem na místo působení – vegetační vrchol. Některé sulfonylmočoviny mají ale omezený pohyb cévními svazky a působí na plevele jen ve velmi raných růstových fázích od 2 do 6 pravých listů (Jursík a kol., 2011a).

Selektivita k těmto herbicidům je podmíněna fyziologicky – rozdílně účinné látky metabolizuje plodina a citlivý plevel. Kulturní rostlina využívá ve svém metabolismu k odbourání konjugaci, hydroxylaci a fotolýzu (imidazolinony), méně často je využíváno poziční selektivity. Mnohdy musí být součástí formulace sulfonylmočovinných herbicidů na omezení fytoxicity safenery (mefenpyr-diethyl nebo isoxadifen-ethyl), za účelem stimulace metabolizace účinné látky herbicidu (Jursík a kol., 2010c).

Největší část inhibitorů syntézy aminokyselin zabírají právě inhibitory ALS (skupina B dle HRAC, 2017) (DeFelice, 1998; Cole et al. 2000). Inhibitory ALS tvoří 5 chemických skupin (Shaner and Singh, 1997; Vencill 2002; Mallory-Smith and Retzinger, 2003). Jsou to imidazolinony, sulfonylmočoviny, triazolpyrimidiny, sulfonylamino-karbonyl-triazolinony a pyrimidinylthio(nebo oxy)benzoáty. Více jak třicet používaných účinných látek patří do sulfonylmočovinných, na každou další skupinu připadá přibližně 3 až 7 účinných látek (HRAC, 2017). Molekulární struktury inhibitorů ALS jsou zobrazeny na obrázku číslo 3.

Obrázek 3 Molekulární struktury jednotlivých skupin ALS inhibitorů (Tan et al., 2006).



Existuje několik izoenzymů ALS s rozdílným stupněm inhibice jednotlivými účinnými látkami (Jursík a kol., 2010c). Obecně se předpokládá, že odlišné účinné látky ALS inhibitorů se váží i na odlišná místa ALS, avšak vždy tím činnost enzymu inhibují (Singh and Shaner, 1995; Ott et al., 1996).

Mnoho ALS inhibitorů vykazuje v půdě dlouhou perzistenci a mohou tedy poškozovat následné plodiny, existují však značné rozdíly mezi chemickými skupinami, ale také mezi jednotlivými účinnými látkami z jedné skupiny (např. mezi sulfonylmočoviny) (Jursík a kol., 2011a).

Sulfonylmočoviny:

Základ účinné látky vždy tvoří močovina, přes jeden dusík navázaná sulfonylová funkční skupina a R1 a R2 uhlovodíkový substituent viz (obr. 3).

Největší uplatnění nacházejí sulfonylmočoviny při regulaci plevelů v porostech obilnin. Mohou být použity preemergentně, časně postemergentně (chlorsulfuron, triasulfuron). Hojně jsou aplikovány při jarním ošetření (iodosulfuron, sulfosulfuron, tribenuron, amidosulfuron, metsulfuron), atd. Časté jsou kombinované přípravky se dvěma sulfonylmočoviny, nebo sulfonylmočovinou a růstovým herbicidem, tyto přípravky obvykle pokrývají velmi široké plevelné spektrum včetně odolnějších druhů. Významně se sulfonylmočoviny uplatňují také v kukuřici při postemergentní regulaci trávovitých i dvouděložných plevelů (foramsulfuron + iodosulfuron, nicosulfuron, rimsulfuron a další). Některé sulfonylmočoviny jsou u nás registrovány i do brambor (rimsulfuron) a cukrové řepy (triflusulfuron) (Jursík a kol., 2010c).

Pro dosažení vysoké účinnosti je obvykle třeba sulfonylmočoviny aplikovat společně se smáčedlem (tak jak je doporučováno výrobcem), které zvyšuje a urychluje příjem přípravku (platí především pro WG formulace), v opačném případě se účinnost snižuje a odrostlejší plevelné trávy a plevele tvořící silnější voskovou vrstvičku (merlík bílý) nemusí být dostatečně potlačeny. Použití smáčedla je obzvláště důležité, pokud aplikace následuje po delším bezesrážkovém období (Jursík a kol., 2011a).

Poločasy rozkladu sulfonylmočoviny v půdě se pohybují od několika dnů až po několik týdnů. Degradovány jsou rychleji na lehčích půdách s nižším pH. Na těžkých půdách vysoce humózních a s vyšší hodnotou pH jsou sulfonylmočoviny poměrně pevně poutány ve formě aniontů. To může způsobovat problémy v pěstování následných citlivých plodin (řepka, hořčice, řepa, slunečnice, zeleniny atd.). V extrémních případech u dlouze perzistentních sulfonylmočoviny mohou být problémy s rezidui i několik let po použití (Moyer et al., 1990; Hollaway et al., 2006). V praxi je jev poškození plodin rezidui sulfonylmočoviny poměrně častý. Nebezpečné mohou být jarní aplikace některých sulfonylmočoviny (idosulfuron), kdy po sklizni plodiny je navíc provedeno pouze minimální zpracování půdy.

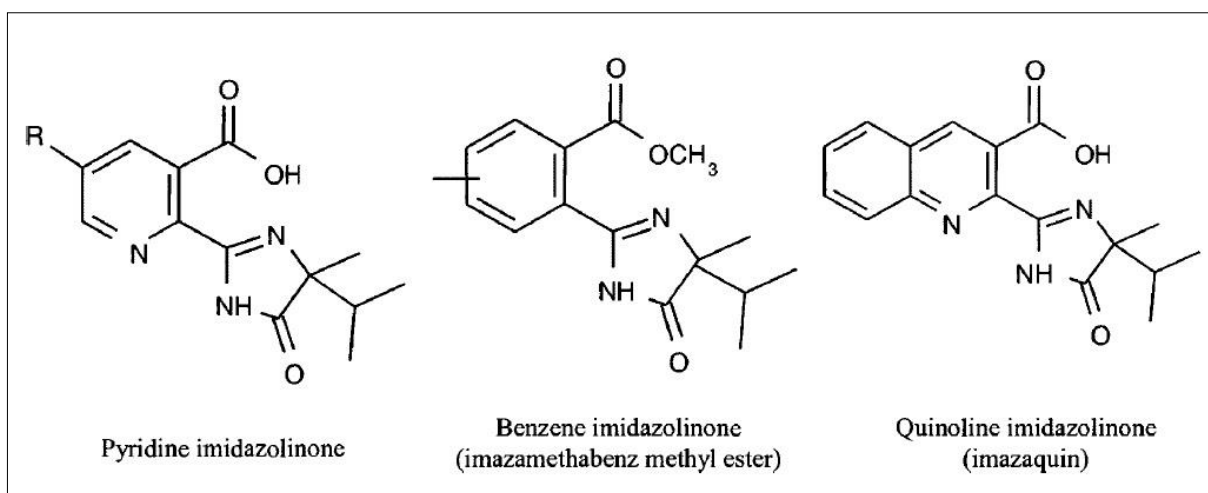
Vzhledem k širokému spektru účinku, ceně i toxikologii se sulfonylmočoviny používají velkoplošně po dlouhou dobu (více jak 20 let). Po jejich mnohaletém používání se dostavil stejný efekt jako po dlouhodobém používání jiných skupin herbicidů. Plevelé citlivé na tyto herbicidy byly potlačeny a rozšířily se plevele relativně odolné (Mikulka, 2014). V České republice byly nalezeny rezistentní populace chundelky metlice (*Apera spica-venti* (L.) Beauv.) a psárky polní (*Alopecurus myosuroides*) (Nováková et al., 2006).

Imidazolinony:

Do imidazolinonů patří 6 účinných látek: imazapyr, imazapic, imazethapyr, imazamox, imazamethabenzon a imazachin (Tan et al., 2005). Imidazolinony mají ve své molekule imidazol (Vencill, 2002). Dále jsou rozděleny do třech skupin podle druhé cyklické sloučeniny,

kteřou obsahují. Imazachin obsahuje chinolin. Imazamethabenzen má ve své molekule benzenové jádro. Zbývající imidazolinony (imazapyr, imazapic, imazethapyr, imazamox) mají pyridin a liší se od sebe vždy substituentem navázaným na pátém uhlíku pyridinu (Tan et al., 2005). Tři základní skupiny imidazolinonů jsou zobrazeny na obrázku číslo 4.

Obrázek 4 Chemická struktura imidazolinonů: imazapyr: R = H, imazapic: R = CH₃, imazethapyr: R = CH₃-CH₂ a imazamox: R = CH₃-O-CH₂ (Tan et al., 2005).



Všechny tři skupiny imidazolinonů, jak již bylo řečeno, mají imidazol, a proto musí existovat silná vazba mezi tímto jevem a inhibicí ALS. Rozdílný stupeň inhibice ALS mezi třemi skupinami imidazolinonů (chinolinové, benzenové a piridinové) poukazuje na to, že i druhá cyklická struktura se na inhibici podílí (Shaner and Singh, 1997). Rozdílné substituenty na pyridinu nemají velký vliv na stupeň inhibice ALS (Teclé et al., 1997).

Pouze herbicidy s účinnou látkou ze skupiny pyridinových imidazolinonů (imazapyr, imazapic, imazethapyr, imazamox) se používají v tolerantních plodinách (např. technologie Clearfield®) (Tan et al., 2005).

Herbicidy obsahující imidazolinony působí na velmi široké plevelné spektrum a vykazují poměrně dlouhé reziduální působení – nebezpečí kontaminace povrchových i podpovrchových vod (hlavní důvod postupné restrikce v zemích EU). V ČR je registrován pouze imazamox především do odrůd plodin tolerantních k této účinné látce – technologie Clearfield® (CL) používaná v řepce (např. herbicidy – Cleravis, Cleranda) a slunečnici (např. herbicidy – Pulsar, Listengo). Mimo HT technologie jsou tyto herbicidy registrovány do luskovin a jetelovin (např. Pulsar, Escort, Corum) (Agromanual, 2017).

3.3.3 Selektivita herbicidů

Schopnost herbicidů vykazovat biologickou účinnost na určité druhy rostlin (plevele), aniž by poškozovaly jiné druhy (plodiny), se nazývá selektivita (Andr, 2011). Podle Zimdahla (2007) je selektivita funkcí tří faktorů: absorpce, translokace a metabolismu.

Mezi herbicidy existují rozdíly v míře selektivity, která se nejčastěji vyjadřuje tzv. kvocientem selektivity (Q_s). Kvocient selektivity je dán poměrem mezi dávkou herbicidu, v jejímž důsledku dochází k 10 % poškození plodiny a dávkou potřebnou k zajištění 90 % účinnosti na plevel. Tento vztah lze vyjádřit následujícím vzorcem (Soukup, 2005):

$$Q_s = \frac{ED_{10} \text{ plodina}}{ED_{90} \text{ plevel}}$$

Čím je herbicid selektivnější, tím je rozpětí hodnot těchto dávek vyšší a kvocient nabývá větších hodnot (Soukup, 2005). Selektivita je pouze relativní hodnota a ovlivňuje jí mnoho faktorů, především růstová fáze rostliny, habitus rostliny, absorpce a translokace účinné látky, doba a způsob aplikace, formulace herbicidu, podmínky prostředí apod. (Zimdahl, 2007). I tolerantní druhy mohou být k herbicidu vnímavé, pokud je jeho dávka dostatečně vysoká (Andr, 2011). Někdy se i při dodržení správných aplikačních podmínek herbicidu, můžou na plodině objevit projevy fytotoxicity. Slabé projevy fytotoxicity obvykle nemají vliv na výnos (Soukup 2005).

3.3.3.1 Mechanismy selektivity

3.3.3.1.1 Fyziologicky podmíněná selektivita

Nejběžnější způsob selektivity, který je založen na fyziologických a biochemických odlišnostech mezi rostlinnými druhy. Nejvýznamnější mechanismy fyziologicky podmíněné selektivity jsou:

- Rychlá degradace (metabolizace) herbicidu: Enzymatická degradace je nejvýznamnější způsob, jakým se rostliny chrání před účinkem herbicidů. Odolný rostlinný druh (plodina) má schopnost metabolizovat herbicid rychleji, než se nahromadí v místě působení, zatímco citlivé plevel herbicid metabolizovat nedovedou, nebo jej metabolizují příliš pomalu a odumírají dříve, než jej inaktivují. Metabolizace herbicidu v rostlině je poměrně složitý proces (Reade and Cobb, 2002).

- Nadprodukce cílového enzymu: Množství účinné látky v pletivech zasažené rostliny nepostačuje k zablokování veškerého množství cílového enzymu (Andr, 2011).
- Změna ve struktuře cílového enzymu: Účinná látka se nemůže na enzym navázat, neboť má enzym pozměněnou strukturu vazebného místa (Andr, 2011).

3.3.3.1.2 Morfologicko – anatomicky podmíněná selektivita

Morfologické či anatomické rozdíly mezi kulturní rostlinou a citlivými plevely se mohou významně podílet na selektivě některých herbicidů (Andr, 2011).

Plodiny se mohou morfologicky lišit od plevelů například postavením listů, jejich povrchem (trichomy, vosková vrstvička kutikuly), takže mohou bránit průniku herbicidu do rostliny. Významné je i umístění meristematických (dělivých) pletiv, která se u dvouděložných rostlin nacházejí ve vzrostných vrcholech na okrajích listů, zatímco u jednoděložných jsou ukryty v listových pochvách. Tento typ selektivity je typický pro syntetické auxiny (Soukup, 2005).

3.3.3.1.3 Poziční selektivita

Tento typ selektivity spočívá v rozdílné zóně kořenového příjmu účinné látky mezi plevelem a plodinou. Často je tohoto typu selektivity využíváno u preemergentních herbicidů (Soukup, 2005).

Klíčivá semena plevelů (nebo vzcházející plevele) se nacházejí ve sféře působení herbicidu (herbicidní film je na povrchu půdy), zatímco plodina ve větší hloubce není herbicidem plně zasažena nebo není schopna jej přijmout. Rizikem však mohou být vysoké srážky po aplikaci preemergentních herbicidů, které mohou proplavit účinnou látku ke kořenům plodiny a způsobit jí poškození (fytotoxicitu) (Soukup, 2005).

3.3.4 Formulace herbicidů

Pokud herbicidní účinná látka vykazuje vynikající biologickou účinnost, selektivitu k plodině a nejsou známa zdravotní rizika a negativní vliv na prostředí, lze ho vyrobit bezpečně a za rozumnou cenu, tak před uvedením na trh musí být formulován do takové podoby, aby si své vlastnosti uchoval (Zimdahl, 2007). Proto kromě účinné látky obsahuje většina herbicidů ještě tzv. inertní (inaktivní) složku a případně další chemické komponenty. Úkolem těchto komponentů je především zlepšit dispergační vlastnosti účinné látky, usnadnit dávkování a mísení s dalšími pesticidy či hnojivy, zvýšit stabilitu a bezpečnost při skladování a manipulaci

aj. Všechny látky obsažené v herbicidu tvoří celek označovaný jako formulační typ přípravku (Soukup, 2005).

3.3.4.1 Formulační typy

Formulace se většinou rozdělují na pevné a kapalné. Mnoho formulačních typů je vyvinuto pro speciální účely ať už v zemědělství či mimo něj (Webb, 2002). Nejpoužívanější typy jsou uvedeny v následujících dvou podkapitolách podle několika autorů (Webb, 2002; Soukup, 2005; Zimdahl, 2007).

3.3.4.1.1 Pevné formulace

- Granule (GR): Hlavní typ formulace pro nepostřikovou aplikaci. Rozmetaly se po poli jako preemergentní herbicidy. Obsahují 1–40 % účinné látky.
- Smáčitelné prášky (WP nebo W): Jedna z nejstarších formulací s obvykle 25 až 85 % účinné látky. Problém smáčitelných prášků je komplikované dávkování a rozpouštění, sedimentace, prašnost, ulpívání na obalech a abraze ústrojí postřikovače.
- Vodorozpustné prášky (SP nebo WSP): Podobné smáčitelným práškům, ale na rozdíl od nich tvoří s vodou pravé roztoky, takže nevznikají problémy se stálostí koncentrace při nedokonalém míchání. Obsah účinné látky bývá vysoký, obvykle 50–95 %.
- Granule dispergovatelné ve vodě (WDG, WG, DF): Odstraňují některé nedostatky smáčitelných prášků. Výhodou je snížená prašnost, levnější balení a snadnější vytvoření stálé disperze. Zpravidla vyšší obsah účinné látky 50–95 %.

3.3.4.1.2 Kapalné formulace

- Roztoky (S nebo SL): Jeden z nejstarších typů formulace dodnes hojně používaný. Obsahují 20–50 % účinné látky. Výhodou roztoků je snadné rozpouštění, stálost koncentrace v nádrži a nízká abrazivita ústrojí postřikovače. Nevýhodou je nižší fyzikální i chemická stálost účinné látky po rozpuštění.
- Suspenzní koncentráty (SC nebo FLO): Drobné částice účinné látky nerozpustné ve vodě. Dispergačním činidlem mohou být látky olejovitého charakteru nebo voda. Hlavním problémem je udržení stálosti při skladování. Jde o poměrně hojně používaný typ formulace. Obsah účinné látky bývá 20–50 %.
- Emulgovatelné koncentráty (EC nebo E): Zaujímají významné postavení na trhu. Obsahují 10–70 % kapalné účinné látky nerozpustné ve vodě, rozpouštědlo a emulgátor umožňující vytvoření emulze s vodou. Relativně snadno se vyrábějí a dobře se s nimi

manipuluje. Snadno se dávkuje, méně ulpívají na obalech, dobře se míchají s jinými pesticidy. Nevýhodou je jejich korozivita plus vyšší vstřebávání pokožkou. Jako rozpouštědla se u tohoto typu formulace používaly uhlovodíky (nejčastěji xylen). Tyto látky jsou však hořlavé a ekologicky méně příznivé. Alternativou jsou např. alkylované rostlinné oleje, ty jsou však dražší a nemají tak dobré vlastnosti jako např. xylen. Proto tento typ formulace začínají nahrazovat CE formulace (koncentrované emulze: EW – olej ve vodě a WO – emulze vody v oleji).

3.3.4.2 Adjuvanty

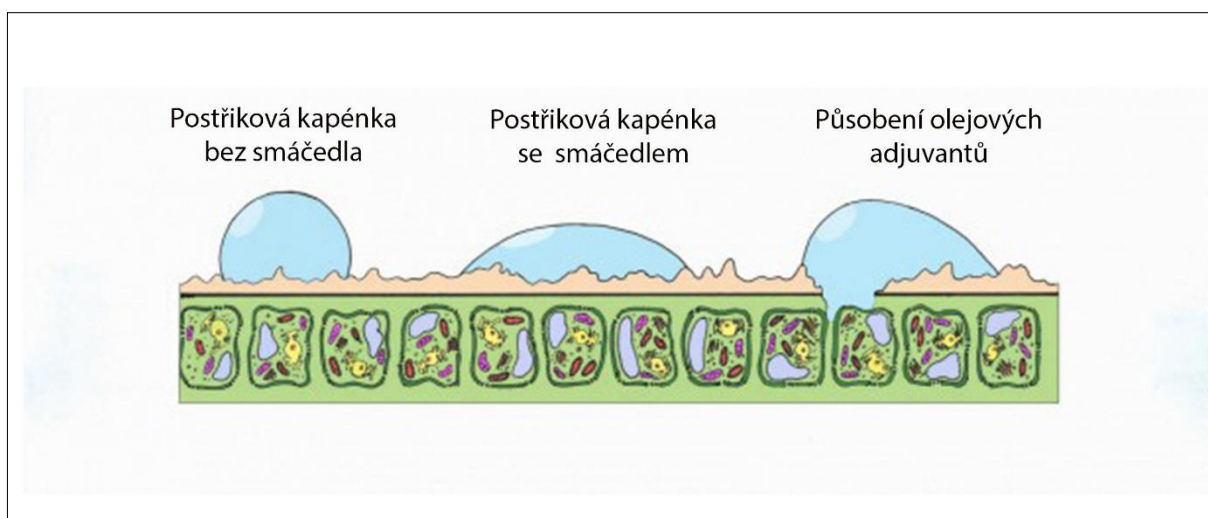
Adjuvanty jsou přídavné látky, jejichž úkolem je zefektivnění herbicidního ošetření, tedy snížení dávky herbicidu a tím i nákladů při současnem udržení či zvýšení biologické účinnosti a selektivity (Webb, 2002; Zimdahl, 2007). V některých případech (např. rimsulfuron) lze vhodně zvoleným adjuvancem dosáhnout až desetinásobného snížení obsahu účinné látky (Green and Green, 1993). To je zvláště u dražších přípravků velmi ekonomické (Soukup, 2005). Adjuvanty jsou buď součástí formulace přípravku, anebo se přimíchávají do postřikové jíchy v tank – mix kombinacích. Vždy je ale třeba dbát pokynů výrobce pesticidu uvedených na etiketě, aby nesprávně zvoleným tank – mixem nebyla poškozena plodina (Soukup, 2005).

Adjuvanty mohou pocházet z různých chemických skupin a jejich členění je složité. Hlavní chemické skupiny adjuvantů rozděluje Webb (2002) takto:

- sufraktanty (smáčedla),
- emulgovatelné minerální, rostlinné a methylované rostlinné oleje,
- polymery,
- polymery tvořící film,
- fosfolipidy,
- anorganické soli.

Nejčastější jsou směsi zástupců z uvedených skupin využívající jejich různé příznivé účinky (Webb, 2002). Na obrázku číslo 5 je zobrazen vliv adjuvantů na přilnavost a povrchové napětí postřikové kapénky.

Obrázek 5 Vliv adjuvantů na přilnavost a povrchové napětí kapénky postřiku (Jursík, 2016a).



Nejpočetnější skupinu adjuvantů tvoří sufraktanty, které zvyšují biologickou účinnost pesticidů. Jejich účinek spočívá ve zvýšení smáčivosti postřikové kapaliny a lepším pokrytí cílového povrchu. Případně zlepšují adhezi kapének pesticidu, prodlužují dobu vysychání a zvyšují odolnost proti smytí deštěm aj. Jejich účinek bývá spojen i s lepší penetrací účinné látky povrchovými vrstvami, a proto se někdy uvádějí společně v jedné skupině jako sufraktanty/penetranty (Soukup, 2005).

Soukup (2005) uvádí další používané typy adjuvantů:

- Safenery – zvyšují selektivitu přípravku tím, že podporují metabolizaci herbicidu plodinou, nebo řídí jeho uvolňování a příjem.
- Omezovače úletu – napomáhají vytváření rovnoměrnějšího spektra kapének.
- Protipěnicí přísady.
- Dispergační látky – udržují objemovou rovnoměrnost koncentrace nepravých roztoků (emulzí a suspenzí).

3.3.5 Příjem a translokace herbicidů v rostlině

Aby mohl herbicid účinkovat, musí být cílovou rostlinou přijat a transportován na místo působení. Herbicid může být přijímán kořenem, hypokotylem nebo listy, případně může být příjem kombinovaný (Zimdahl, 2007). Transport účinné látky v rostlině probíhá:

- na krátkou vzdálenost: apoplastem (mezibuněčnými prostory) a symplastem (cytoplazmou sousedních buněk propojených plazmodezmami),

- na delší vzdálenost: vodivými pletivy – xylémem a floémem (Cobb and Reade, 2010).

3.3.5.1 Listový příjem

Listový příjem je ovlivňován mnoha faktory. Především je důležité, aby herbicidem byla zasažena co největší část rostliny plevelu a herbicid na ní byl rovnoměrně rozptýlen s dostatečnou přilnavostí – to ovlivňují fyzikálně – chemické vlastnosti účinné látky a formulační přísady. Velikost kapének, rychlost jejich letu a dopadu či dávku postřikové jichy ovlivňuje aplikační technika (její seřízení, vhodně zvolené trysky, zkušenost obsluhy) (Robinson, 2002; Webb, 2002).

Pokud kapénky herbicidu ulpí na rostlině dostatečně dlouho, jsou z nich účinné látky absorbovány do rostliny a následně translokovány. Je jen velmi málo herbicidů s pravým kontaktním účinkem (nejsou rozváděny po rostlině). Herbicidy s pravým kontaktním účinkem rozpouští kutikulu a buněčné membrány a jejich účinné látky rovnou vstupují na místo působení v rostlině (Zimdahl, 2007). Účinné látky ostatních herbicidů (většina) musí z povrchu listu rostliny překonat 3 vrstvy (kutikulu, buněčnou stěnu, plazmalemu) (Soukup, 2005).

3.3.5.2 Kořenový příjem

Kořen není chráněn kutikulou, ale po odumření epidermis vytváří korkovou vrstvu, která brání prostupnosti povrchových vrstev (Soukup, 2005).

Příjem účinných látek kořeny se uskutečňuje kořenovým vlášením. Jde o stejný princip, jakým rostliny přijímají živiny (anorganické ionty). Jedná se tedy o pasivní příjem. Účinná látka vstupuje do apoplastu kořene společně s vodou (Zimdahl, 2007), po překonání Casparyho proužků vstupuje do symplastu a je dále rozváděna rostlinou (xylémem a floémem) (Soukup, 2005).

Většina fenyльмоčovín, sulfonyльмоčovín, triazinů a uracilů se pohybuje nahoru rostlinou apoplastem. Kořenovou absorpci ovlivňuje stupeň lipofility (rozpuštnost v tucích) herbicidů (Zimdahl, 2007).

3.3.6 Termíny aplikace herbicidů

Herbicidy se aplikují obvykle v počátečních fázích vegetace, kdy se začínají utvářet konkurenční vztahy mezi pleveli a porostem (Soukup, 2005).

3.3.6.1 Předset'ové aplikace

3.3.6.1.1 Aplikace před setím se zapravením do půdy

Málo rozšířený způsob. Používá se např. u půdních herbicidů, které se na světle rychle rozkládají, mají vysokou těkavost, nebo mají omezenou pohyblivost v půdě a špatně pronikají k hlouběji klíčícím plevelům. Herbicid se zapravuje mělce do půdy např. kypřičem nebo bránami. Pozemek, kde je prováděná aplikace by měl být urovnaný. Nevýhodou tohoto způsobu je technická komplikovanost (Soukup, 2005).

3.3.6.1.2 Aplikace před setím bez zapravení do půdy

K tomuto typu aplikace se obvykle používají „neselektivní“ listové herbicidy (glyphosate, glufosinate – NH₄, diquat atd.) (Jursík a kol., 2011a). Takto se regulují především trávovité plevele a výdrol obilnin, ale i některé citlivé dvouděložné plevele, které se vyskytují v době před založením porostu (Soukup, 2005).

Aby bylo dosaženo vysoké účinnosti a nízké regenerace vytrvalých plevelů je nutné před aplikací maximálně podpořit vzcházejivost plevelů agrotechnickými opatřeními (Jursík a kol., 2011a). Tento systém se uplatňuje především při bezorebném zpracování půdy (Soukup, 2005).

3.3.6.2 Preemergentní aplikace (PRE)

Provádí se v období obvykle do 3 dnů po zasetí plodiny, před jejím vzejitím (Spáčilová, 2014) v plodinách, ve kterých by byla regulace plevelů v pozdějším období problematická (obtížně odstranitelné zaplevelení, příliš vysoké náklady na ochranu či nebezpečí poškození plodiny). Nejvíce se preemergentní aplikace využívá u řepky ozimé (metolachlor, pethoxamid, clomazone atd.), kukuřice (acetochlor, dimethamid, isoxaflutole, terbuthylazin atd.), brambor (metribuzin, linuron, prosulfocarb atd.), slunečnice a v zeleninách (Soukup, 2005).

Většina preemergentních herbicidů účinkuje na plevele pouze při vzcházení, nejdéle do fáze 2 pravých listů, na větší plevele je často neúčinná. Pro účinnou preemergentní aplikaci je vhodné herbicid aplikovat s vyšší dávkou vody (alespoň 300 L.ha⁻¹), případně aplikační kapalinu doplnit smáčedlem nebo adjuvantem, aby bylo zajištěno vytvoření rovnoměrného herbicidního filmu na povrchu půdy (Spáčilová, 2014). Pro dostatečnou účinnost PRE aplikace je podmínkou alespoň minimální půdní vlhkost. Za sucha se účinnost snižuje a může být nedostatečná. Důležité je také pečlivé zpracování půdy. Hrudovité pozemky a pozemky

s vysokým podílem organických zbytků nesou riziko „aplikačního stínu“ - plevele pod hroudami a organickými zbytky nejsou zasaženy (Spáčilová, 2016b).

3.3.6.3 Postemergentní aplikace (POST)

Jedná se o nejčastější typ aplikace herbicidů. Aplikace se provádí po vzejití plodiny. Plevelé se nacházejí v růstové fázi klíčení, vzcházení anebo jsou již vzešlé. Předností POST aplikací je možnost provedení cíleného zásahu přesně vybraným herbicidem s ověřenou účinností na konkrétní plevelé, které na pozemku skutečně vzešly (Spáčilová, 2014).

Podle typu použitého herbicidu je určen přesný termín aplikace v závislosti na růstové fázi plodiny a plevelé (Soukup, 1999). Na základě tohoto kritéria je z POST aplikace vyčleňována časně postemergentní aplikace CPOST (EPOST). CPOST aplikace je prováděna v období prvních pravých listů plodiny (Soukup, 2005). Pro CPOST aplikace jsou využívány herbicidy s kombinovaným mechanismem příjmu plevelnými rostlinami (půda, list) (Spáčilová, 2014). Postemergentní herbicidy se nejvíce používají v obilninách (Soukup, 2005).

3.4 Herbicidní ochrana obilnin

Aplikace herbicidů zajišťuje jistotu dobrých podmínek pro růst a vývoj kulturní plodiny, a tím optimální tvorbu výnosotvorných prvků, jako potenciál vysokého výnosu a kvality zrna (Spáčilová, 2014).

Dávka herbicidu může významně ovlivnit úspěšnost zásahu (Robinson, 2002). V některých případech lze doporučenou (registrovanou) dávku snížit. Například pokud se na pozemku vyskytují převážně druhy k herbicidu citlivé a porost obilnin dává předpoklad pro vysokou konkurenční schopnost. Snížíme si tak náklady na ochranu, aniž by došlo k zásadnímu snížení účinnosti herbicidu. U herbicidů přijímaných převážně kořeny, lze dávku snížit v oblastech s dostatkem srážek. Na extrémně lehkých půdách je také vhodné snížit dávku půdních herbicidů (možnost poškození plodiny – hlavně ječmene a žita). Použití vhodného smáčedla většinou zvyšuje účinek herbicidu a lze tudíž dávku také o něco snížit. Efektivní je použití smáčedla za sucha a při vyšších růstových fázích plevelů. K méně selektivním herbicidům se nedoporučuje přidávat smáčedlo (vyšší riziko poškození plodiny). Zvláště u olejových adjuvantů je riziko poškození větší (Jursík a Soukup, 2015b).

3.4.1 Pšenice ozimá

Z travovitých plevelů jsou v ozimé pšenici nejvýznamnější: chundelka metlice (*Apera spica – venti*), pýr plazivý (*Elytrigia repens*), lokálně pak psárka polní (*Alopecurus myosuroides*), sveřepy (*Bromus*) a lipnice roční (*Poa annua*). Některé lokálně se vyskytující travovité plevele začínají postupně nabývat na významu (Klem, 2002; Mikulka, 2014). Podle Soukupa (2016, osobní sdělení) jsou trávy nejvýznamnější plevele v celé Evropě.

Nejhojněji se vyskytující dvouděložné plevele v ozimé pšenici jsou: svízel přítula (*Galium aparine*), violka rolní (*Viola arvensis*), heřmánky (*Matricaria, Anthemis...*), ptačinec prostřední (*Stellaria media*), rozrazil (*Veronica*), hluchavky (*Lamium*), kokoška pastušší tobolka (*Capsella bursa – pastoris*), mák (*Papaver*) a na mnoha lokalitách kakost maličký (*Geranium pusillum*) aj. (Mikulka, 2014).

U časně setých porostů se konkurenčně uplatňují především plevele spodního patra (ptačinec prostřední, rozrazil, hluchavky, penízek rolní, kokoška pastušší tobolka atd.), které konkurenčně působí již na podzim. Vzárnější a konkurenčně silnější plevele (svízel přítula, chundelka metlice, máky, heřmánkovité plevele atd.) v podzimním období sice pšenici příliš nekonkurují, do jara však odrostou a jejich regulace je pak složitější, nákladnější a často nedostatečně účinná (Jursík a Soukup, 2013b).

Pro ošetření ozimých obilnin na podzim je v současnosti registrováno velké množství herbicidů, přičemž vhodným výběrem herbicidu a jeho aplikačního termínu lze dosáhnout spolehlivé účinnosti ve většině pěstebních i povětrnostních situacích. Jarní ošetření ozimých obilnin je proto vhodné pouze do extrémně suchých podmínek, při velkém množství posklizňových zbytků na povrchu půdy, či při pozdním výsevu pšenice (Jursík a Soukup, 2013b).

3.4.1.1 Podzim

3.4.1.1.1 Preemergentní ošetření

Masivněji se v pšenici nepoužívá. Riziková je kvůli značné závislosti účinnosti herbicidů na půdní vlhkosti (Zimdahl, 2007). Přesto je k tomuto termínu aplikace registrována celá řada herbicidů obsahující účinné látky linuron, pendimethalin, chlorsulfuron, prosulfocarb, chlorotoluron, fluorchloridone, flumioxazin a kombinované přípravky např. - diflufenican a flufenacet v přípravku Cougar Forte (Jursík a Soukup, 2013b).

Určitou výhodou preemergentního ošetření je nižší riziko poškození následné plodiny při použití vyšší dávky herbicidu s dlouhou perzistencí v půdě (např. sulfonylmočoviny) (Jursík a Soukup, 2015b).

3.4.1.1.2 Časné postemergentní ošetření

Časné postemergentní ošetření nachází v posledních letech stále významnější uplatnění, především s ohledem na skutečnost, že v tomto aplikačním termínu lze při použití vhodného herbicidu dosáhnout velmi vysoké účinnosti na většinu jednoletých plevelů i odolnějších druhů {violky (*Viola*), rozrazil (Veronica), kakosty (*Geranium*), zemědělský lékařský (*Fumaria officinalis*) atd.} včetně dnes stále významnější chundelky metlice (*Apera spica venti*), kterou je v současnosti zaplevelováno 80 % ploch ozimých pšenic (Jursík a Soukup, 2015b).

Herbicidy použité k tomuto aplikačnímu termínu by měly být vysoce selektivní. Ošetření se provádí od vzejití do fáze 3 listů obilnin. V této době jsou k herbicidu citlivé, jak plevel, tak i plodina (Jursík a Soukup, 2013b).

K tomuto aplikačnímu termínu jsou registrovány herbicidy obsahující pendimethalin, diflufenican, beflubutamid, flufenacet a flumioxazin. Často jsou však používány také herbicidy obsahující chlorotoluron, isoproturon a některé sulfonylmočoviny. K pokrytí širšího spektra jsou vhodné TM kombinace uvedených účinných látek, či směsné herbicidy s vhodně skombinovanými účinnými látkami (Jursík a Soukup, 2015b).

3.4.1.1.3 Postemergentní ošetření

Od 3. listu až do plného odnožování obilnin (pozdější podzimní ošetření), je registrováno poměrně velké množství herbicidů. Lze použít téměř všechny herbicidy uvedené pro CPOST. U většiny z nich dochází, ale ke snížení účinnosti na přerostlejší dvouděložné plevel. (Jursík a Soukup, 2015b).

Účinnost pozdějších aplikací (ošetření obvykle v druhé polovině října až začátkem listopadu) může být v některých letech snížena vlivem méně vhodných povětrnostních podmínek, případně vyšší růstovou fází odolnějších plevelů. Naopak v sušších letech, kdy plevel vzchází až později na podzim, mohou vykazovat pozdější aplikace dobrou účinnost (Jursík a Soukup, 2015b).

3.4.1.2 Jaro

V posledních letech význam jarního ošetření ozimů mírně poklesl. Těžiště regulace plevelů ozimů je soustředěno na podzim. Někdy je třeba na jaře provádět opravné zásahy, když

například nebyla podzimní ochrana proti plevelům dostatečná (povětrnostní a půdní faktory, chyby v aplikaci apod.) (Jursík a Soukup, 2015a).

Etapovitě a z hlubších vrstev půdy vzcházející plevelé {svízel přítula (*Galium aparine*)} nemusí být na podzim dostatečně potlačeny. V řídkých nebo později setých porostech mohou způsobovat problémy plevelé vzcházející až na jaře jako oves hluchý (*Avena fatua*), opletka obecná (*Fallopia convolvulus*), konopice polní (*Galeopsis tetrahit*) atd. Často je také třeba zasáhnout proti vytrvalým dvouděložným plevelům, především proti pcháči rolnímu (*Cirsium arvense*), který přestože vzchází až počátkem dubna, dokáže ozimím obilninám velmi významně konkurovat (Jursík a Soukup, 2015a).

3.4.1.2.1 Časně jarní ošetření

Je potřeba zohlednit většinou nižší teploty na přelomu března a dubna, které mají vliv na příjem a translokaci účinných látek herbicidů. Vhodné je použít herbicidy s účinnou látkou florasulam, dále je možné použít celou řadu sulfonylmočovin (aplikovat při teplotách na 5 °C). Na širší plevelné spektrum je vhodnější kombinace dvou účinných látek např. amidosulfuron + iodosulfuron, tribenuron + metsulfuron, florasulam + tritosulfuron apod. Proti odolnějším jednoletým dvouděložným plevelům lze použít mimo sulfonylmočovinných přípravků, také kontaktní herbicidy s obsahem účinných látek carfentrazone nebo bromoxynil (Jursík a Soukup, 2013a).

3.4.1.2.2 Pozdní jarní ošetření

Vyčkávat s kompletní regulací plevelů v ozimých obilninách až na tento aplikační termín (přelom dubna a května) je většinou nevhodné. Hlavním smyslem ošetření v tomto aplikačním termínu je proto regulace vytrvalých dvouděložných plevelů a opravné zásahy po předchozím podzimním ošetření. Jako základní (první) ošetření lze tento termín doporučit pouze na pozemcích s velmi nízkou intenzitou zaplevelení, či pozdním setí pšenice (Jursík a Soukup, 2013a).

Při teplotách nad 10 °C lze použít růstové herbicidy (MCPA, MCPP, 2,4-D, dicamba, clopyralid, aminopyralid, halauxifen atd.) vyznačující se rychlým systemickým účinkem na citlivé dvouděložné plevelé i ve vyšších růstových fázích. Na širší plevelné spektrum lze využít směsné přípravky či TM kombinace typu růstový herbicid + ALS inhibitor (Jursík a Soukup, 2015a).

3.4.1.3 Regulace výdrolu řepky

Ozimá pšenice se po řepce řadí v osevním sledu nejčastěji, přičemž konkurenční schopnost výdrolu řepky je v této plodině nejvyšší a může způsobit snížení výnosu až o 70 % (Krato and Petersen, 2012).

V porostech obilnin je vhodné k regulaci řepky přistoupit ještě na podzim, kdy bývá k herbicidům nejcitlivější. Na vzcházející řepku (do fáze jednoho až dvou pravých listů) vykazuje vysokou účinnost mnoho půdních herbicidů (diflufenican, beflubutamid, flumioxazin, pendimethalin, chlorotoluron atd.) V případě, že je ošetření provedeno později na podzim, nebo v případě, že půdní přípravou nebyly dostatečně potlačeny rostliny řepky vzešlé na strništi, jsou vhodnější sulfonylmočovinné herbicidy (chlorsulfuron, amidosulfuron, iodosulfuron, pyroxulam, atd.), případně širokospektrální přípravky obsahující ALS inhibitor (Jursík, 2017, osobní sdělení).

K jarní regulaci výdrolu řepky v obilninách lze použít celou řadu herbicidů, především sulfonylmočoviny, nejlépe v kombinaci s 2,4-D (Jursík, 2017, osobní sdělení).

3.4.2 Jarní ječmen

Plevele vyskytující se v jarním ječmeni bývají obdobné jako u pšenice ozimé, přičemž se zde mohou ve větší míře vyskytovat plevle jarní, avšak v ječmeni je jejich konkurenční schopnost nižší (Spáčilová, 2016a). Porosty jarního ječmene jsou citlivé na zaplevelení především na začátku vegetace, to znamená od zasetí do plného zapojení porostu (fáze odnožování) (Winkler a kol., 2016). Mezi škodlivé plevle v ječmeni řadíme vysoce konkurenční vzrůstné plevle jako je: svízel přítula (*Galium aparine*), heřmánkovité plevle (*Anthemis*, *Tripleurospermum*, *Matricaria*) a z jarních plevelů: opletka obecná (*Fallopia convolvulus*), merlíky (*Chenopodium*), konopice polní (*Galeopsis tetrahit*), rdesno ptačí (*Polygonum aviculare*) a oves hluchý (*Avena fatua*) (Spáčilová, 2016a; Winkler a kol., 2016). Se zvyšující se konkurenční schopností se v porostu mohou prosadit převážně jen druhy vytrvalé – pcháč oset (*Cirsium arvense*), pýr plazivý (*Elytrigia repens*) a svlačec rolní (*Convolvulus arvensis*) (Winkler a kol., 2016).

Obecně je ochrana proti plevelům v jarních obilninách levnější a snazší než v ozimech. Velmi rychlý růst plodiny související s kratší vegetační dobou a časně zapojení porostu jsou faktory podporující konkurenceschopnost jarních obilnin vůči plevelům. Při výběru herbicidu je nutné cíleně se zaměřit na plevelné druhy s vysokou konkurenční schopností (Spáčilová, 2016a).

K regulaci plevelů v jarním ječmeni je k dispozici řada kombinovaných nebo širokospektrálních herbicidů (Spáčilová, 2016a). Pro aplikaci na začátku odnožování by se měly podle Šilhy a kol. (2011) využívat sulfonylmočoviny. Sulfonylmočoviny s delší perzistencí v půdě (např. chlorsulfuron a triasulfuron) jsou vhodné pro lokality s předpokládaným výskytem výdrolu řepky nebo slunečnice (neplatí pro výdrol HT odrůd) (Spáčilová, 2016a). Sulfonylmočoviny nedostatečně potlačují některé pozdější či vytrvalé plevele. Pro postihnutí širokého plevelného spektra včetně vytrvalých plevelů, je vhodné využít kombinované přípravky - ALS inhibitory + syntetické auxiny nebo vlastní TM těchto účinných látek (např. florasulam + 2,4-D, florasulam + 2,4-D + aminopyralid apod.) (Šilha a kol., 2011). Při výskytu ovsa hluchého, chundelky metlice či jiných trávovitých plevelů je nutné použít graminicidní přípravky (fenoxaprop, pinoxaden). U graminicidů je podstatné dbát na pokyny výrobce (mají omezenou mísitelnost s jinými účinnými látkami) (Spáčilová, 2016a).

Zvláště u pozdějších aplikací (sloupkování ječmene) je důležité při výběru herbicidu posoudit jejich selektivitu a podle toho zvolit dávku. Neuvážený výběr a špatně zvolená dávka herbicidu může způsobit fytotoxicitu, která je často nenápadná, ale s o to větším vlivem na výnos (Jursík a Soukup, 2013a).

3.4.2.1 Regulace výdrolu řepky

V jarním ječmeni by výdrol řepky neměl působit větší problémy. Dobře ho potlačuje předseťové zpracování půdy (Bečka a kol., 2007). Pokud se vyskytne v porostu ječmene, tak většina používaných sulfonylmočovín a některé růstové herbicidy (MCPA, 2,4-D) vykazují dobrou účinnost (Jursík, 2017, osobní sdělení).

3.5 HT plodiny

Vývoj a zavedení nového herbicidu stojí stovky milionů dolarů. Navíc trvá přibližně 10 let, než je uveden na trh. Nově vyvinutý herbicid lze použít jen v omezeném počtu plodin, ve kterých je selektivní. Taková investice se vyplatí pouze u plodin s celosvětově velkým významem (Ivany, 2001, Zimdahl, 2007).

Z výše uvedených příčin se agrochemické společnosti v posledních 25 letech zaměřily na možnost použití stávajících účinných herbicidů v plodinách, ve kterých nebylo dosud možné tyto herbicidy použít z důvodu fytotoxicity. Vznikly tak technologie ochrany proti plevelům založené na herbicidní toleranci (HT). Zavedení těchto technologií znamenalo výrazný pokrok v regulaci plevelů (Jursík a kol., 2011c).

U některých herbicidů, především ze skupiny ALS inhibitorů (Tan et al., 2005; Tan et al., 2006) a inhibitorů ACCasy (acetyl-CoA karboxyláza) (Jursík a kol., 2010d), se podařilo konvenčními šlechtitelskými postupy vytvořit hybridy slunečnice, kukuřice, řepky atd. tolerantní k těmto herbicidům. U herbicidů s účinnými látkami glyphosate a glufosinate-NH₄ nešlo vytvořit tolerantní odrůdy přirozenými šlechtitelskými postupy a musela se použít genetická modifikace (GM) (Tan et al., 2005), to však brání těmto odrůdám rozšíření ve státech EU. Tyto technologie se nesmí v EU komerčně využívat na rozdíl od ostatních částí světa, kde jsou hojně využívány (Beckert et al., 2011).

Světové plochy GM plodin z roku 2015 jsou uvedeny v tabulce číslo 6.

Tabulka 6 První desítka zemí s největší plochou GM plodin + Česká republika (ISAAA, 2017).

Pořadí	Země	Plocha v milionech hektarů	GM plodiny
1	USA	70,9	kukuřice, sója, bavlník, řepka, cukrová řepa, vojtěška, papája, tykev, brambory
2	Brazílie	44,2	sója, kukuřice, bavlník
3	Argentina	24,5	sója, kukuřice, bavlník
4	Indie	11,6	bavlník
5	Kanada	11	řepka, kukuřice, sója, cukrová řepa
6	Čína	3,7	bavlník, papája, topol
7	Paraguay	3,6	sója, kukuřice, bavlník
8	Pákistán	2,9	bavlník
9	Severní Afrika	2,3	kukuřice, sója, bavlník
10	Uruguay	1,4	sója, kukuřice
24	Česká republika	<0,1	kukuřice

HT GM plodiny jsou komerčně pěstovány od roku 1995 (ISAAA, 2017). Ve světě jsou široce pěstovány plodiny především s tolerancí ke glyphosate. Tyto plodiny tvoří asi 90 % všech GM plodin (Duke and Powles, 2008).

3.5.1 Přínosy HT technologií

Zavedení HT technologií v rostlinné produkci přineslo řadu výhod (Naylor, 2002). Základním přínosem je vysoká selektivita používaných herbicidů k plodině, od čehož se odvíjí řada agronomických, ale i ekologických předností. HT technologie celkově zjednodušují chemickou ochranu proti plevelům. Herbicidní ochrana v HT plodinách je většinou účinná na rozsáhlé spektrum plevelů v dosti širokém aplikačním okně. (Jursík a kol., 2011c).

Naylor (2002) shrnuje výhody HT plodin takto:

- zvýšení výnosů plodin v důsledku dobré ochrany proti plevelům,
- odstranění výdrolu konvenčních odrůd stejné plodiny,
- snížení nákladů na jednotku produkce,
- (možnost využívání minimalizačních systémů při zpracování půdy).

3.5.2 Nebezpečí spojená s využíváním HT technologií

HT technologie mají také své slabé stránky. Při nesprávném použití těchto technologií mohou vzniknout rizika pro pěstitele i životní prostředí (Baylis, 2000).

Naylor (2002) uvádí hlavní možná nebezpečí HT plodin:

- nebezpečí cizosprášení pěstovaných HT plodin s příbuznými druhy – přenos genu rezistence k danému herbicidu na plevelnou rostlinu,
- zaplevelení pozemků výdrolem HT plodin,
- vyšší riziko vývoje rezistentních populací plevelů.

3.5.3 Principy tolerance plodin k herbicidům

- Rezistence: vzniká selekčním procesem, kdy se populace plevelného druhu přizpůsobuje podmínkám prostředí (působení herbicidu) (Jursík a kol., 2011a). Plevelný druh tedy přežívá a dokáže se množit i po aplikaci vysokých dávek herbicidu, ke kterému byl dříve citlivý (Mikulka a Slavíková, 2008).
- Tolerance: Tolerovat působení určitého herbicidu, je přirozená schopnost rostliny (HRAC, 2017). Každý plevelný druh je různě odolný vůči spektru používaných herbicidů. Je to způsobeno anatomicko-morfologickými vlastnostmi rostlin (tloušťka voskové vrstvy, postavení listů, utváření cévních svazků atd.) či různými fyziologickými a biochemickými odlišnostmi mezi rostlinnými druhy (Naylor, 2002; Mikulka a Slavíková, 2008; Jursík a kol., 2011a).

Toleranci k herbicidu lze získat buď genetickou modifikací, nebo mutačním a selekčním působením (šlechtěním). Šlechtění HT plodin souvisí s poznáním mechanismů rezistence (Tan et al., 2005), které jsou známy u rezistentních plevelů (Jursík a kol., 2011b).

Je mnoho mechanismů, kterých se využívá k získání tolerance k herbicidům. Patří mezi ně například: nadprodukce cílového enzymu, změna vazebného místa účinné látky na cílovém enzymu, rychlá metabolizace herbicidu (např. za pomoci safenerů a protilátek), omezení příjmu a translokace účinné látky. Komerčně se využívají tři mechanismy: nadprodukce cílového

enzymu, změna vazebného místa a rychlá metabolizace herbicidu (Naylor, 2002; Duke et al., 2005).

3.5.4 Komerčně využívané HT systémy

Příklady v současnosti používaných HT technologií jsou uvedeny v tabulce číslo 7.

Tabulka 7 HT technologie používané ve světě (Soukup, 2016, osobní sdělení).

Současné HT systémy			
Mutačně a selekčně vyšlechtěné (ne GM)		Vzniklé genetickou modifikací (GM)	
tolerance k	obchodní název technologie	tolerance k	obchodní název technologie
imidazolinonům (imazamox)	ClearField	glyphosate	Roundup Ready
sulfonylmočovinám (tribenuron)	ExpressSun	glufosinate-NH ₄	Liberty Link
cyklohexandionům (cykloxydim)	Duo	sulfonylmočovinám	Moonshade, Moondust
triazinům (atrazin)	TT	syntetickým auxinům	Enlist
		HPPD inhibitorům	MGI

3.5.4.1 Clearfield®

Plodiny tolerantní k imidazolinonům (inhibitory ALS) byly vyvinuty za pomoci přirozeně se vyskytující genové mutace ALS nebo chemickou mutagenézí (Newhouse et al., 1991; Shaner et al., 1996; Tan et al., 2005). Pozměněná ALS je méně citlivá k imidazolinonům, a proto rostliny, co jí mají, po aplikaci imidazolinonových herbicidů nehynou. Postupy, jenž vedly k vyšlechtění plodin tolerantních k imidazolinonům jsou považovány za tradiční šlechtitelské metody. Clearfield plodiny nejsou tedy transgenní a mohou se pěstovat i v Evropě (Newhouse et al., 1991; Shaner et al., 1996).

Existuje 5 přirozeně se vyskytujících mutací ALS zapříčiňující toleranci k ALS inhibitorům. Tyto mutace jsou způsobeny záměnou aminokyselin tvořících podjednotku ALS v pozicích Ala122, Pro197, Ala205, Trp574 a Ser653 (Tan et al., 2005). Záměna prolinu v pozici 197 zapříčiňuje vyšší toleranci ALS k sulfonylmočovinám než imidazolinonům. Tolerance k imidazolinonům je způsobena záměnou aminokyselin v pozicích 122, 205 a 653.

Nahrazení tryptofanu v pozici 574 jinou aminokyselinou způsobuje odolnost ke všem ALS inhibitorům (Tan et al., 2006).

První plodinou tolerantní k imidazolinonům byla kukuřice uvedená na trh v roce 1992. Ale její vývoj začal již v roce 1982. Postupně byla vyšlechtěna tolerance k imidazolinonům i u řepky, rýže, pšenice a slunečnice (Tan et al., 2005).

3.5.4.1.1 Clearfield řepka

V procesu šlechtění řepky tolerantní k imidazolinonům bylo vzato osivo odrůdy Topas. Semena byla vystavena mutačnímu činidlu nitrosomočovině. Dále bylo u vzešlých haploidních rostlin řepky za pomoci kolchicinu dosaženo zdvojení chromozomů. Pět dihaploidních linií přežilo ošetření imazethapyrem. Největší toleranci vykazovali dvě linie – P1 a P2 (někdy také označované PM1 a PM2) (Swanson, 1989). Všechny odrůdy řepky tolerantní k imidazolinonům byly vyšlechtěny na základě těchto dvou linií. Řepka tolerantní k imidazolinonům byla uvedena na trh v roce 1995 pod názvem Smart canola. V současnosti nese název Clearfield (Tan et al., 2005).

U linie PM1 bylo zjištěno, že zvýšená tolerance ALS k imidazolinonům je výsledkem jediné záměny báze v tripletu na pozici 653 (aminokyselina serin je nahrazena asparaginem). Mutaci u PM2 linie způsobuje také jen jedna báze. V důsledku toho je v pozici 574, tryptofan nahrazen leucinem (Hattori et al., 1995). PM1 linie je tolerantní jen k imidazolinonům. Linie PM2 vykazuje křížovou toleranci k imidazolinonům i sulfonylmočovinám (Shaner et al., 1996). Ačkoli obě linie řepky jsou tolerantní k imidazolinonům, u PM2 je stupeň tolerance mnohem vyšší než u PM1 (Swanson, 1989). Nejvyšší stupeň tolerance vykazují homozygotní kříženci těchto dvou linií (Tan et al., 2005).

3.5.4.2 Roundup Ready[®]

Jsou nejméně tři odlišné mechanismy tolerance vůči glyfosátu. Ranné pokusy byly zaměřeny na zvyšování koncentrace glyfosátu u kultivovaných rostlinných buněk v laboratoři. Po určité době, co byly buňky vystaveny působení glyfosátu začaly produkovat zvýšené množství 5-enolpyruvylšikimát-3-fosfát syntázy (EPSPS) a nebyly usmrcovány – jednalo se tedy o toleranci založenou na nadprodukci cílového enzymu (Pline-Srnic, 2006). Druhý mechanismus, který se zkoušel, byl založen na detoxikaci glyfosátu. Z půdní bakterie *Ochrobactrum anthropi* byl transgenózi do rostlinných buněk přenesen gen pro glyfosát oxidoreduktázu (GOX), která štěpí glyfosát na netoxické sloučeniny (Barry et al., 1992; Komoba et al., 1992; Padgett et al., 1996; OECD, 1999). Třetí mechanismus je založen na

změně vazebného místa glyfosátu EPSPS a je nejpoužívanější. Gen pro alternativní EPSPS byl získán z bakterie *Agrobacterium* spp., a je označován jako CP4-EPSPS gen (CP4 podle kmene bakterie) (Padgett et al, 1996; Dill, 2005).

První Roundup Ready plodinou byla GM sója, kterou představila společnost Monsanto v roce 1996 v USA. Postupně byla tato technologie zavedena i u jiných plodin (bavlník, řepka, pšenice, kukuřice, cukrová řepa atd.) (Dill, 2005).

Příchod této technologie znamenal revoluční počín v regulaci zaplevelení, kdy neselektivní herbicid glyfosát s účinností na široké spektrum plevelů, a to i některých vytrvalých, může být aplikován v plodině k němu tolerantní. Avšak s neuváženým používáním této technologie přicházejí i problémy v podobě rezistentních plevelů ke glyfosátu (Dill, 2005; Fraser, 2013). V roce 2012 uvádí 49 % amerických farmářů problémy s rezistencí vůči glyfosátu. Nejčastější výskyt rezistence byl zaznamenán u turanky kandské (*Conyza canadensis*) a laskavce Palmerova (*Amaranthus palmeri*) (Fraser, 2013).

3.5.4.3 Liberty Link®

Podobně jako ve vývoji plodin tolerantních k imidazolinonům, byla snaha objevit přirozeně se vyskytující genové mutace zapříčiňující toleranci ke glufosinátu amonnému. To se však nepodařilo, a proto musela být využita transgenóze. Na rozdíl od plodin tolerantních ke glyfosátu u plodin tolerantních ke glufosinátu byl využit jen jeden mechanismus k založení tolerance. A to zrychlená detoxikace glufosinátu (Vasil, 1996).

Metabolismus rostliny detoxikuje glufosinát příliš pomalu, a proto se transgenózi do rostliny přenesl gen kódující enzym fosfinotricin-N-acetyltransferázu (PAT), která detoxikuje glufosinát dostatečně rychle a zabraňuje mu tak dosáhnout místa účinku v rostlině (D'Halluin et al, 1992; Droge et al., 1992; Rasche, 1995; Vasil, 1996; Muller et al., 2001; Ruhland et al., 2004). Pro získání tohoto genu byly využity dva zdroje. Oba zdroje byly bakterie rodu *Streptomyces*. Gen ze *Streptomyces hygroscopicus* nese označení bar. Ze *Streptomyces viridichromogenes* je označován jako pat gen (Rasche, 1995; Vasil, 1996; Wehrmann et al., 1996).

Tato technologie se ve světě využívá v řepce, bavlníku, kukuřici, rýži, sóje a cukrové řepě (Duke, 2005).

Také glufosinát je neselektivní herbicid, který zasahuje široké spektrum plevelů. Dokonce působí i na některé plevele, na které glyfosát nepůsobí. Jeho translokace v rostlině je

omezena a má pouze lokálně systemický účinek. Výdrol plodin této technologie je hubitelný glyfosátem (Tan et al., 2006).

3.5.4.4 Express Sun[®]

Konvenčními metodami se podařilo vyšlechtit hybrid slunečnice tolerantní k účinné látce tribenuron ze skupiny sulfonylmočoviny (ALS inhibitory). Nejedná se tedy o GM plodinu. Účinná látka tribenuron-methyl je přijímána převážně listy a dobře účinkuje na široké spektrum dvouděložných plevelů {pcháč oset (*Cirsium arvense*), mák vlčí (*Papaver rhoeas*), výdrol řepky (*Brassica napus*), hluchavky (*Lamium spp.*), úhorník mnohodílný (*Descurainia Sophia*) atd.} (Josic et al., 2011). Technologie Express Sun je v ČR využívána od roku 2012 (Soukup, 2016, osobní sdělení).

3.5.4.5 CONVISO[®] SMART

Technologie připravovaná do cukrové řepy. Tato HT řepa je vyšlechtěna klasickým způsobem a v blízké době se očekává její zavedení v Evropě, včetně ČR. Používá se v ní herbicid Conviso, který obsahuje dvě účinné látky ze skupiny ALS inhibitorů (foramsulfuron a thiencazone-methyl) (Bittner a kol., 2016).

Zavedení této technologie by mělo přinést výrazné zjednodušení, zefektivnění a zlevnění herbicidní ochrany v řepě (SeedQuest, 2015).

3.5.4.6 DUO systém[®]

Od roku 2006 jsou v České republice využívány hybridy kukuřice tolerantní k herbicidní účinné látce cycloxydim. Cycloxydim je listový graminicid (Inhibitory ACCasy). Herbicidy s touto účinnou látkou působí jen na trávovité plevele, a tak své uplatnění nacházejí na pozemcích jimi intenzivně zaplevelenými (Jursík a kol., 2016b).

3.6 Výdrol řepky a možnosti jeho regulace

V posledních desetiletích se v České republice i v zahraničí setkáváme s problémem zaplevelujících plodin stále častěji. Mnozí autoři považují tyto plodiny za více škodlivé než plevele. Za nejškodlivější je považován výdrol obilnin v následné ozimé řepce a výdrol řepky a slunečnice v okopaninách (Kohout a Kohoutová, 2016).

3.6.1 Půdní zásoba

Po dozrání a vysemenění se semena a plody plevelů v důsledku zpracování půdy ve značné míře dostávají do různých vrstev půdního profilu, kde mohou různě dlouhou dobu přežívat (Jursík a kol., 2011a). Tato semena vytvářejí půdní zásobu, která se též označuje jako půdní banka semen (Grundy and Jones, 2002). Půdní zásoba semen je nejvýznamnějším zdrojem zaplevelení orných půd (Jursík a kol., 2011a). Grundy and Jones (2002) uvádí, že na pastvinách bývá v půdě obsaženo většinou do 1000 semem na m². Oproti tomu na orné půdě může být až 80 000 semen na m².

Někdy bývá rozlišováno mezi půdní zásobou dočasnou, v níž žádná semena nemohou přežít déle než rok, a perzistentní – trvalou. Perzistentní půdní zásoba je tvořena semeny různého stáří, z nichž některá jsou dormantní, jiná jsou vystavena příznivým podmínkám prostředí a mohou klíčit a další neklíčí vlivem nepříznivých podmínek (Jursík a kol., 2011a).

Půdní zásoba je ochuzována samotným klíčením semen a mortalitou semen. Významný je také pokles životaschopných semen následkem přirozené ztráty klíčivosti. (Jursík a kol., 2011a).

3.6.2 Dormance semen

Dormance je podle Grundyho a Jonesové (2002) bariéra, která brání vyklíčení, ačkoliv podmínky pro klíčení jsou vhodné. Dormance je jedním z druhů přizpůsobení rostlin pro přežití v nepředvídatelně se měnících podmínkách. Vyklíčení semen je vlivem dormance rozděleno do několika let. Plevelné rostliny se prostřednictvím těchto semen šíří v čase. To zaručuje, že i když jsou vzešlé rostliny v jednom roce zničeny (agrotechnikou, herbicidy, zvěří) v dalším roce, když nastanou příznivější podmínky mohou plevele vyklíčit a vyrůst v dospělce schopné opětovné reprodukce. Dormance je významnou biologickou vlastností pro přežívání jednoletých a víceletých druhů rostlin rozmnožujících se generativně (Soukup, 2005). Avšak dormantní mohou být podle Grundyho a Jonesové (2002) i vegetativní orgány určené k rozmnožování (pupeny, oddenky, kořeny, hlízy apod.).

3.6.3 Výdrol řepky

S nárůstem ploch řepky se zvyšuje i význam řepky jako zaplevelující plodiny (Bečka a kol., 2007). Typickou vlastností semen řepky je dlouhá perzistence v půdě (Huang et al. 2016). Podle Grubera et al. (2004), Grubera et al. (2005), Bečky a kol. (2007) a Huanga et al. (2016) mohou semena řepky v půdě přežívat až několik desetiletí.

Semena výdrolu můžou pocházet ze sklizňových ztrát a od rostlin výdrolu, který přežil aplikaci herbicidu. Mezi pozemky můžou být přenášena mechanizací na zpracování půdy i sklízecími mlátičkami (Krato et al. 2012). O výši sklizňových ztrát rozhoduje kvalita sklizně. V dnešní době při použití moderních typů sklízecích mlátiček (kvalitně seřízených a řízených zkušenými řidiči) už nejsou ztráty tak vysoké, jako tomu bylo například v první polovině devadesátých let minulého století u starších typů sklízecích mlátiček. Podle Blažka a Chmelíka (2016, osobní sdělení) je v praxi standartní výše ztrát při sklizni řepky do 3 % (běžně však dosahují až 10 %). Vzešlé rostliny výdrolu řepky můžeme téměř jistě očekávat v následných plodinách (Krato et al., 2012). Řepka má podle Bečky a kol. (2007) vysokou konkurenční schopnost. Její výdrol je obtížně regulovatelný hlavně v hořčici, máku, lnu, řepě a většině zelenin.

3.6.3.1 Vliv zpracování půdy na přežívání výdrolu

Délka perzistence semen plevelů v půdě je do značné míry ovlivněna hloubkou uložení semen. Semena uložená ve větší hloubce si udržují životnost po delší dobu než semena uložená na povrchu, nebo několik centimetrů pod povrchem půdy. To je způsobeno vyšší biologickou aktivitou v povrchové vrstvě půdy a vyšší fluktuací teplot (Jursík a kol., 2011a).

Většina autorů zabývající se vlivem zpracování půdy na přežívání výdrolu ozimé řepky (např. Gruber et al., 2004; Gruber et al., 2005; Gruber and Claupein, 2006; Bečka a kol., 2007; Huang et al., 2016) došla k závěrům, že není vhodné okamžitě po sklizni řepky provádět jakékoli zpracování půdy, neboť by to zvyšovalo půdní zásobu semen řepky. Naopak je vhodné, aby byla semena co nejdéle ponechána na povrchu půdy. Semena vyklíčí i za rosy. Vzešlé rostliny jsou následně ošetřeny glyfosátem, nebo zaorány před setím ozimé pšenice. Pokud se seje jařina, je vhodné po orbě hrubou brázdou urovnat. Tak vyklíčí i další vlna řepky, kterou by měl ideálně zničit mráz, nebo jarní předset'ová příprava (Bečka a kol., 2007).

4 Materiál a metody

V agronomickém roce 2015/2016 proběhl na lokalitě Brandejsův statek (Praha – Suchdol), spadající pod činnost Demonstračního a experimentálního pracoviště fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské univerzity, maloparcelkový pokus. Cílem pokusu bylo posoudit škodlivost a reprodukční schopnost výdrolu řepky v ozimé pšenici a jarním ječmeni a otestovat účinnost vybraných herbicidů na výdrol Clearfield (CL) řepky.

U pšenice ozimé byly provedeny dva termíny aplikace herbicidů: časně postemergentní (EPOST) na podzim a na jaře po obnově vegetace (JARO). Sledována byla účinnost herbicidů na výdrol konvenční a CL odrůdy řepky a fytotoxicita herbicidního ošetření. Dále byla sledována hmotnost biomasy řepky (včetně kořenů), reprodukční schopnost řepky a výnos pšenice.

V jarním ječmeni byly aplikovány herbicidy v jednom termínu postemergentně v době odnožování ječmene. Sledovány byly projevy fytotoxicity, účinnost herbicidů na výdrol CL i konvenční řepky, hmotnost nadzemní biomasy a reprodukční schopnost výdrolu řepky.

4.1 Rostlinný materiál

4.1.1 Pšenice

Použito bylo osivo odrůdy Golem. Tato odrůda byla vyšlechtěna pro podmínky České republiky ze dvou německých odrůd Tommi a Opus. Jedná se o výnosnou, polopozdní, středně vysokou, klasovou pšenici s potravinářskou kvalitou A. Z hlediska rajonizace jde o velmi plastickou odrůdu vhodnou do všech výrobních oblastí ČR. Odrůda velmi dobře přezimuje a vykazuje výbornou odolnost proti plísni sněžné (*Monographella nivalis*), dobrou odolnost má rovněž proti braničnatkám (*Phaeosphaeria nodorum*, *Mycosphaerella graminicola*) a rzi pšeničné (*Puccinia recondita*).

4.1.2 Ječmen

V pokusu s ječmenem jarním byla vyseta odrůda Olympic. Olympic je polopozdní krmná odrůda, středně vysoká až nízká se střední až vyšší odolností k polehání, středně odolná až odolná proti lámání stébla. Velikost zrna je střední až menší s vysokým podílem předního zrna. Odrůda vykazuje vysoký výnos a dobrou odolnost proti napadení padlím travním

(*Blumeria graminis*) na listu. Nejvyšších výnosů ječmen této odrůdy dosahuje v ŘVO, OVO a v BVO. Udržovatelem je firma RAGT z Francie.

4.1.3 Výdrol řepky

K simulaci sklizňových ztrát byl použit merkantil řepky (F2 generace). U části pokusu s výdrolkem konvenční řepky byla použita odrůda DK Expression. K založení pokusu s výdrolkem CL řepky byla použita odrůda DK Imminent.

4.2 Použité herbicidy

Přehled herbicidních variant v pšenici a ječmeni je zobrazen v příloze 1 a 2.

4.3 Charakteristika polního pokusu

4.3.1 Podmínky stanoviště

Lokalita Brandejsův statek (hon: 5701/2) leží severně od městské části Praha – Suchdol, v nadmořské výšce přibližně 270 m n. m. na zeměpisných souřadnicích 50° 8' 13" severní šířky a 14° 22' 15" východní délky. Půdní typ je hnědozem s 2,25 % humusu. Informace o dalších půdních vlastnostech jsou uvedeny v tabulce číslo 8. V tabulce jsou obsaženy informace z agrochemického zkoušení půd (AZP) z roku 2014.

Z hlediska rajonizace České republiky do výrobních oblastí spadá lokalita do kategorie řepařské výrobní oblasti (ŘVO).

Tabulka 8 Půdní vlastnosti lokality Brandejsův statek.

Půdní druh	hlinitá			
% jílových částic	18,5			
% hlinitých částic	43,7			
% písčítých částic	37,8			
pH půdy	7,19			
Obsah prvků (ppm)	Ca	P	K	Mg
	6262	39,6	347	397

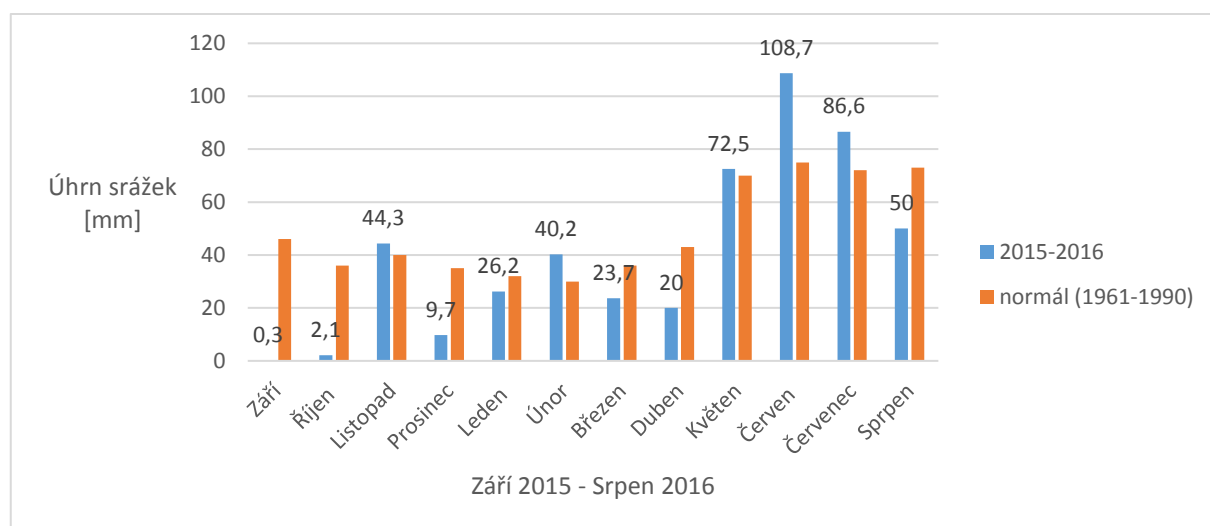
4.3.2 Povětrnostní a klimatická charakteristika

Lokalita Brandejsův statek spadá do klimatického regionu T2 (mírně teplý), dlouhodobý roční průměr teploty vzduchu je 9 °C. Dlouhodobý roční úhrn srážek činí 500 mm.

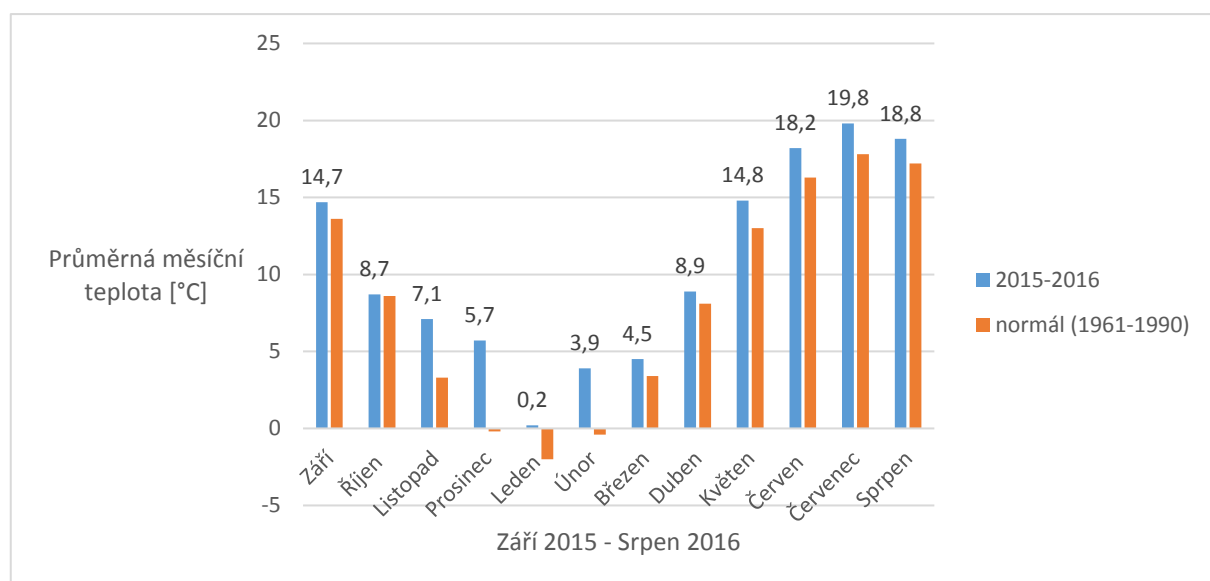
Meteorologické ukazatele charakterizující sezonu 2015/2016 (září až srpen), byly naměřeny na meteorologické stanici České zemědělské univerzity, umístěné v areálu Demonstračního a experimentálního pozemku. Meteorologická stanice je vzdálena od lokality Brandejsův statek přibližně 1 km vzdušnou čarou a její nadmořská výška je 280 m n. m. Pro srovnání uvedená data dlouhodobého normálu (1961–1990) byla vzata z Českého hydrometeorologického ústavu.

Měsíční úhrny srážek od září 2015 po srpen 2016 jsou uvedeny v grafu číslo 1. V grafu číslo 2 jsou uvedeny průměrné měsíční teploty. V obou grafech je zobrazeno srovnání s dlouhodobým měsíčním normálem.

Graf 1 Úhrn srážek od 1. 9. 2015 do 31. 8. 2016.



Graf 2 Průměrné měsíční teploty od 1. 9. 2015 do 31. 8. 2016.



4.3.3 Zpracování půdy

Na pokusném pozemku byla 4. 9. 2015 provedena orba trojradličným otočným pluhem do hloubky 20 cm. Přibližně po měsíci, 5. 10. 2015 bylo před setím pšenice provedeno stržení hrubé brázdy smykem a půda byla dále zpracována do hloubky 8 cm vířivými bránami. Část pozemku určená pro setbu jarního ječmene byla ponechána v hrubé brázdě přes zimu a dva dny před výsevem ječmene (27. 3. 2016) byl pozemek urovnán smykem.

4.3.4 Založení pokusu

Pokus byl založen metodou zcela znáhodněných bloků. Velikost pokusných parcel byla 1,5 x 8 m (12 m²). Na šířku parcely vycházelo přesně 12 řádků obilniny. Boční izolace mezi variantami byla 0,25 m (2 řádky), izolace mezi jednotlivými bloky byla 0,5 m. Každá varianta měla 3 opakování. 5 dní před setím obou plodin, byl ručně rozházen výdrol řepky. Simulované sklizňové ztráty CL i konvenční odrůdy činily v pšenici 93 kg.ha⁻¹. Tzn., že při výnosu řepky 3 t.ha⁻¹, by výše sklizňových ztrát byla lehce nad 3 %. V ječmeni bylo rozházeno 119 kg.ha⁻¹ výdrolu řepky CL i konvenční odrůdy. Při stejném uvažovaném výnosu řepky (3 t.ha⁻¹) by byla výše sklizňových ztrát do 4 %. Předplodinou pro ječmen i pšenici byl oves.

4.3.4.1 Pšenice

Pšenice byla vyseta 6. 10. 2015 secím strojem s radličkovými secími botkami do hloubky 3 cm a sponu 125 x 20 mm. Výsevek činil 200 kg.ha⁻¹. Struktura půdy v době setí byla hrudkovitá. Počátek vzcházení byl zaznamenán 12. 10. 2015. Plně vzešlý porost byl 16. 10. 2015.

Herbicidní varianty pokusu s výdrollem řepky v pšenici jsou uvedeny v tabulce číslo 9.

Tabulka 9 Popis testovaných variant.

Var. č.	Přípravek	Dávka na ha (kg, L)	Dávka na 3 L vody	Termín aplikace
1	Neošetřená kontrola	-	-	-
2	Cougar Forte	0,50	5 ml	EPOST
3	Cougar Forte + Sencor Liquid	0,60 0,10	6 ml 1 ml	EPOST
4	Bizon	1,00	10 ml	EPOST
5	Trinity	2,00	20 ml	EPOST
6	Legato Plus	1,25	12,5 ml	EPOST
7	Sumimax + Protugan 50 SC	0,60 1,50	0,6 g 15 ml	EPOST
8	Glean 75 WG	0,02	0,2 g	EPOST
9	Sekator OD	0,15	1,5 ml	JARO
10	Mustang	0,60	6 ml	JARO
11	Mustang Forte	1,00	10 ml	JARO
12	Husar Active	1,00	10 ml	JARO
13	Biathlon + Dash HC	0,05 0,50	0,5 g 5 ml	JARO

Schéma rozvržení pokusných parcel je uvedeno v následující tabulce číslo 10.

Tabulka 10 Schéma pokusu.

7	11	9	8	4	2	12	1	13	5	10	3	6
3	10	1	9	12	4	13	6	2	7	11	8	5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7	11	9	8	4	2	12	1	13	5	10	3	6
3	10	1	9	12	4	13	6	2	7	11	8	5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Výdrol konvenční řepky												
Výdrol CL řepky												

4.3.4.2 Ječmen

Ječmen byl vyset 29. 3. 2016. Počátek vzházení byl 12. 4. 2016. Plně vzešel o 6 dní déle (18. 4. 2016). Ostatní údaje jsou totožné s pšenicí.

Herbicidní varianty pokusu s výdrollem řepky v ječmeni jsou uvedeny v tabulce číslo 11.

Tabulka 11 Popis testovaných variant.

Var. č.	Přípravek	Dávka na ha (kg, L)	Dávka na 3 L vody
1	Neošetřená kontrola	-	-
2	Biathlon 4D	0,05	0,5 g
	Dash HC	0,50	5 ml
3	Biplay SX	0,045	0,45 g
	Starane 250 EC	0,40	4 ml
4	Sekator OD	0,15	1,5 ml
5	Mustang	0,50	5 ml
6	Mustang Forte	0,80	8 ml

V tabulce číslo 12 je zobrazeno schéma pokusu.

Tabulka 12 Schéma pokusu.

3	5	2	6	1	4
6	4	1	5	3	2
1	2	3	4	5	6
3	5	2	6	1	4
6	4	1	5	3	2
1	2	3	4	5	6
Výdrol konvenční řepky					
Výdrol CL řepky					

4.3.5 Aplikace herbicidů

Herbicidy byly aplikovány maloparcelkovým elektrickým trakařovým postřikovačem Schachtner. Na postřikovači byly namontovány trysky Lunmark 015 F110. Dávka postřikové jichy činila 300 L.ha⁻¹. Aplikační tlak byl 0,3 MPa.

4.3.5.1 Pšenice

V tabulce číslo 13 jsou uvedeny údaje o aplikaci.

Tabulka 13 Podmínky a růstová fáze plodiny a výdrolu v době aplikace.

Termín aplikace	Datum	Počasí při aplikaci				BBCH pšenice	BBCH řepky
		Oblačnost (%)	Teplota (°C)	Vlhkost půdy	Rychlost a směr větru		
Podzim	5.11.2015	5	8	m. vlhká	SZ 1 m/s	12	10-11
JARO	7.4.2016	50	18	suchá	JV 2 m/s	29	15

V příloze 3 až 6 jsou zobrazeny denní úhrny srážek a denní průměrné teploty vždy týden před a týden po aplikaci herbicidů pro podzimní i jarní termín aplikace. Data byla získána z meteorologické stanice ČZU.

4.3.5.2 Ječmen

Údaje o aplikaci jsou uvedeny v tabulce číslo 14.

Tabulka 14 Podmínky a růstová fáze plodiny a výdrolu v době aplikace.

Datum aplikace:	Počasí při aplikaci				BBCH ječmene	BBCH řepky
	Oblačnost (%)	Teplota (°C)	Vlhkost půdy	Rychlost a směr větru		
2.5.2016	5	18	suchá	0	23	14

V příloze 7 a 8 jsou zobrazeny denní úhrny srážek a průměrné denní teploty naměřené týden před a týden po aplikaci herbicidů (meteorologická stanice ČZU).

4.3.6 Hnojení a aplikace pesticidů

4.3.6.1 Pšenice

Hnojení pšenice během vegetace bylo realizováno pouze v jednom termínu. Regenerační dávka LAV 27 % (ledek amonný s vápencem) byla aplikována 18.3. 2016 (BBCH 24) v dávce 300 kg.ha⁻¹.

Jako prevence proti polehání porostu pšenice byl 25. 4. 2016 (BBCH 37) aplikován regulátor růstu Moddus (trinexapac-ethyl – 250 g – dávka: 0,25 L.ha⁻¹) v TM s fungicidem Artea Plus (cyproconazole – 160 g, propiconazole – 250 g) v dávce 1 L.ha⁻¹ k ochraně proti komplexu fytopatogenních hub způsobujících listové skvrnitosti (braničnatky, rzi apod.). 17. 5. 2016 (BBCH 51) byl aplikován preventivně druhý fungicid – Hutton (prothioconazole – 100 g, spiroxamine – 250 g, tebuconazole – 100 g) v dávce 0,8 L.ha⁻¹. Společně s přípravkem Hutton byl aplikován insekticid Rapid (gamma-cyhalotrin – 60 g – dávka: 0,1 L.ha⁻¹) k zajištění ochrany pšenice proti kohoutkům (*Oulema*).

4.3.6.2 Ječmen

Před setím ječmene bylo 22. 3. 2016 aplikováno hnojivo NPK (15-15-15) v dávce 400 kg.ha⁻¹. Během vegetace už žádné hnojení neproběhlo.

Regulace ječmene proti polehání byla řešena 2.6. 2016 (BBCH 33) přípravkem Cerone 480 SL (ethephon – 480 g – aplikovaná dávka: 0,75 L.ha⁻¹) společně s fungicidem Artea Plus (dávka: 1 L.ha⁻¹) k preventivní ochraně proti listovým skvrnitostem houbového původu (rzi, hnědá skvrnitost). Na ochranu proti kohoutkům (*Oulema*) byl ještě do TM přimíchán insekticid Rapid (dávka: 0,1 L.ha⁻¹).

4.3.7 Metodika hodnocení

4.3.7.1 Účinnost a selektivita herbicidů

K hodnocení byla použita procentuální odhadová metoda, kdy 0 % vyjadřuje, že nebylo zaznamenáno žádné poškození rostlin výdrolu řepky (plodiny) a 100 % vyjadřuje stav bez výskytu výdrolu nebo též, že rostliny výdrolu zcela odumřely.

- V pšenici byla účinnost hodnocena celkem ve třech termínech. Hodnocení podzimní aplikace proběhlo 2. 12. 2015. Následně pak bylo hodnocení zopakováno na jaře 31. 3. 2016 a 2. 5. 2016.
- U ječmene proběhlo hodnocení účinnosti herbicidů v jednom termínu přesně 23 dní po aplikaci 25. 5. 2016.

4.3.7.2 Hmotnost biomasy výdrolu řepky

Na každé variantě se z plochy 1 m² odebraly všechny rostliny výdrolu řepky (i s kořeny) a následně byly zváženy.

- V pšenici byla biomasa řepky odebrána 5. 5. 2016.
- V ječmeni odebrání biomasy řepky proběhlo 14. 6. 2016.

4.3.7.3 Reprodukční schopnost řepky

Z plochy 1 m² byly před sklizní pšenice i ječmene ustříhány dozrálé šešule výdrolových rostlin řepky. Šešule byly vyluštny a semena zvážena. Počet semen byl stanoven přepočtem na HTS.

4.3.7.4 Sklizeň

Ke sklizni byla použita sklízecí mlátička speciálně určená k pokusnictví. Z každé pokusné parcely bylo zrno vymláčeno do pytle, zváženo a výnos byl přepočítán na hektar a 14

% vlhkost. Výnos byl sledován jen u pšenice. U ječmene se výnos jednotlivých variant nezjišťoval, neboť došlo k výraznému polehnutí porostu těsně před sklizní.

4.3.8 Statistické vyhodnocení dat

Získaná data z proběhlého pokusu byla statisticky vyhodnocena v počítačovém programu STATISTICA 12. Použita byla analýza rozptylu (jednofaktorová a s interakcemi) (ANOVA). K následnému určení homogenních skupin byl použit Tukeyův HSD test. Část dat byla také vyhodnocena lineární regresní analýzou.

5 Výsledky

5.1 Pšenice ozimá

5.1.1 Účinnost herbicidů

Při podzimním hodnocení vykazovala nejvyšší účinnost (97 % a 99 %) na výdrol CL i konvenční řepky TM kombinace herbicidů Cougar Forte + Sencor Liquid, avšak průkazně se nelišila v účinnosti na konvenční i CL výdrol od ošetření herbicidem Trinity, Legato Plus a TM kombinace Summimax + Protugan 50 SC (92–97 %). Nejnižší účinnost (88 %) na konvenční výdrol byla zaznamenána u herbicidu Cougar Forte. CL výdrol byl nejméně zasažen herbicidem Glean 75 WG (27 %).

Po prvním jarním hodnocení (31. 3. 2016) podzimních herbicidů se průkazně od ostatních variant lišila v účinnosti na CL výdrol pouze varianta ošetřená herbicidem Glean 75 WG (43 %). U všech ostatních variant se účinnost po zimě zvýšila. Nejvyšší nárůst účinnosti na výdrol CL i konvenční řepky byl zaznamenán u herbicidu Bizon (o 19 resp. 9 %).

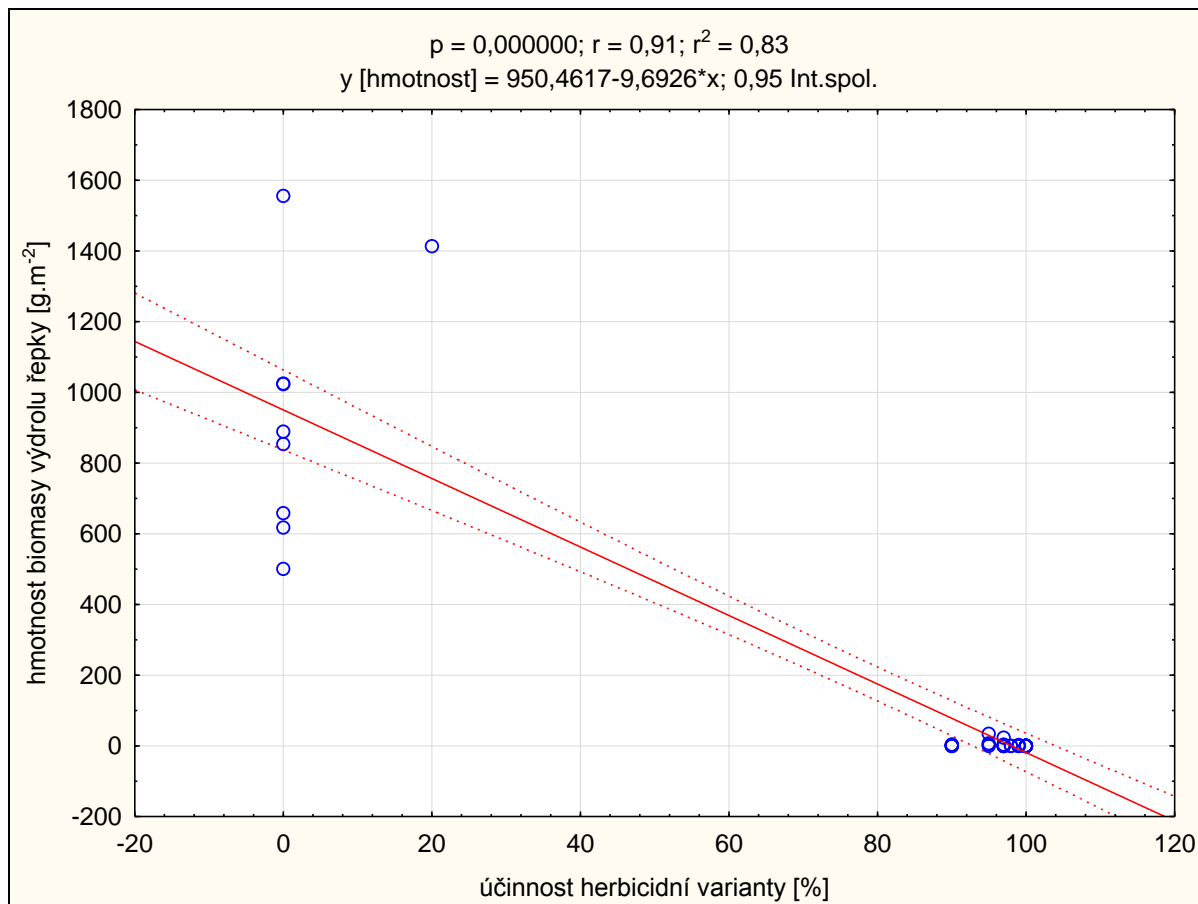
Nejvyšší účinnost (99 %) na výdrol CL řepky při posledním hodnocení měla TM kombinace Cougar Forte + Sencor Liquid. Průkazně nižší účinnost než varianta Cougar Forte + Sencor Liquid měla varianta ošetřená herbicidem Glean 75 WG (7 %) a varianty ošetřené na jaře herbicidy Sekator OD (0 %), Mustang Forte (87 %) a Biathlon 4D + smáčedlo Dash HC (85 %). 100 % účinnost na výdrol konvenční řepky byla zaznamenána po podzimním ošetření TM kombinací Cougar Forte + Sencor Liquid a herbicidy Trinity a Glean 75 WG. Účinnosti většiny ostatních herbicidních variant byly neprůkazně nižší. Průkazně méně konvenční řepku potlačoval pouze herbicid Sekator OD (83 % účinnost). Podrobně jsou tyto výsledky zobrazeny v tabulce číslo 15.

Tabulka 15 Účinnost herbicidních variant na výdrol CL a konvenční řepky v pšenici ozimé (písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupiny pro $\alpha = 0,05$).

Herbicidní varianta	Výdrol řepky	Účinnost herbicidů [%] + termíny hodnocení		
		2.12.2015	31.3.2016	2.5.2016
Neošetřená kontrola	CL	/	/	/
Neošetřená kontrola	Konvenční	/	/	/
Cougar Forte	CL	90cd	97b	94bcd
Cougar Forte	Konvenční	88,3c	95,7b	93bcd
Cougar Forte + Sencor Liquid	CL	97,3de	100b	99,3d
Cougar Forte + Sencor Liquid	Konvenční	99e	100b	100d
Bizon	CL	80b	98,7b	98d
Bizon	Konvenční	90,7cd	100b	100d
Trinity	CL	94cde	98b	98,3d
Trinity	Konvenční	95,7cde	100b	100d
Legato Plus	CL	91,7cde	97,3b	95,7cd
Legato Plus	Konvenční	92,3cde	98,3b	94,7cd
Summimax + Protugan 50 SC	CL	93,3cde	99b	95cd
Summimax + Protugan 50 SC	Konvenční	97,3de	99b	98d
Glean 75 WG	CL	26,7a	43,3a	6,7a
Glean 75 WG	Konvenční	93,3cde	100b	100d
Sekator OD	CL	/	/	0a
Sekator OD	Konvenční	/	/	83,3b
Mustang	CL	/	/	90bcd
Mustang	Konvenční	/	/	91,7bcd
Mustang Forte	CL	/	/	86,7bc
Mustang Forte	Konvenční	/	/	95cd
Husar Active	CL	/	/	90bcd
Husar Active	Konvenční	/	/	94bcd
Biathlon 4D + Dash HC	CL	/	/	85bc
Biathlon 4D + Dash HC	Konvenční	/	/	90bcd

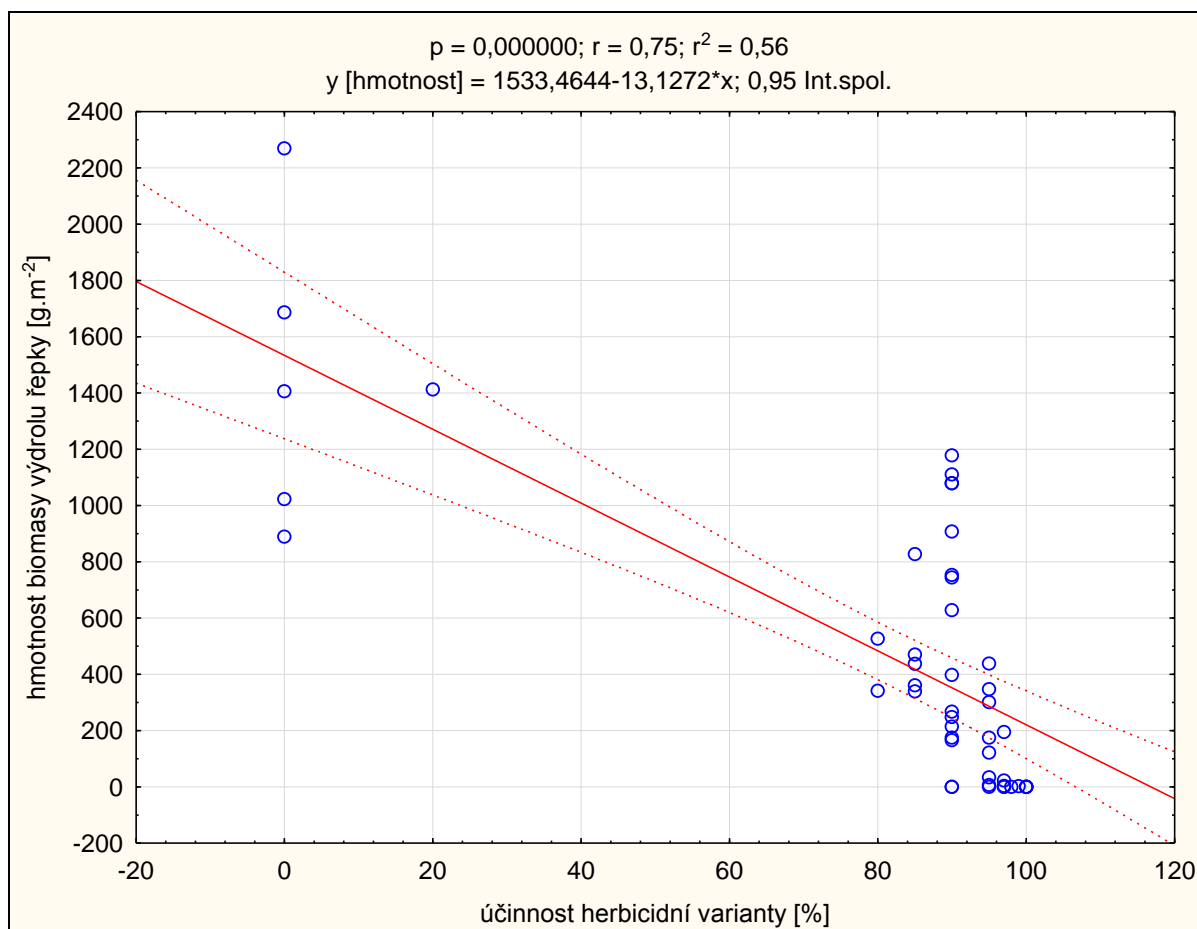
Pro všechny tři termíny byly při statistickém vyhodnocení sledované vlivy (typ výdrolu, varianta, typ výdrolu*varianta) významné $p < \alpha$.

Graf 3 Závislost mezi hmotností biomasy výdrolu řepky a účinností podzimní (hodnoceno 2.5. 2016) herbicidní aplikace (včetně obou neošetřených kontrol) ($\alpha = 0,05$).



Graf číslo 3 zobrazuje průkaznou ($p < \alpha$) zápornou lineární závislost mezi hmotností biomasy výdrolu řepky a účinností herbicidů. Korelační koeficient ($r = 0,91$) ukazuje silnou závislost sledovaných proměnných. Pokud se účinnost herbicidu zvýší o 1 %, dojde ke snížení hmotnosti biomasy řepky o $9,7 \text{ g.m}^{-2}$.

Graf 4 Hmotnost biomasy výdrolu řepky v závislosti na účinnosti jarní (hodnoceno 2.5. 2016) herbicidní aplikace (včetně obou neošetřených kontrol) ($\alpha = 0,05$).



V grafu číslo 4 je zobrazena průkazná ($p < \alpha$) záporná lineární závislost hmotnosti biomasy výdrolu na účinnosti jarní aplikace herbicidů.

5.1.2 Fytotoxicita

Poškození pšenice v důsledku herbicidního ošetření bylo zaznamenáno pouze u varianty ošetřené TM kombinací Summimax + Protugan 50 SC při podzimním ošetření. Fytotoxicita se pohybovala od 2 do 5 %. Během zimy fytotoxicita odezněla a na jaře již nebyla při žádném hodnocení pozorována.

5.1.3 Hodnocení hmotnosti biomasy výdrolu řepky

Nejvyšší hmotnost biomasy CL řepky (1.787 g.m^{-2}) vykázala varianta ošetřená na jaře herbicidem Sekator OD. Dále byla vysoká hmotnost biomasy CL řepky zaznamenána u neošetřené kontroly (1.145 g.m^{-2}) a na variantách ošetřených herbicidy – Husar Active (1.011

g.m⁻²), Mustang (913 g.m⁻²) a Mustang Forte (792 g.m⁻²). Varianta ošetřená na podzim herbicidem Glean 75 WG měla rovněž zaznamenanou vysokou hmotnost biomasy CL výdrolu řepky (1108 g.m⁻²). Na ostatních variantách byla průkazně nižší hmotnost biomasy výdrolu CL řepky oproti variantám uvedeným výše, avšak rozdíly mezi těmito jednotlivými variantami nebyly průkazné.

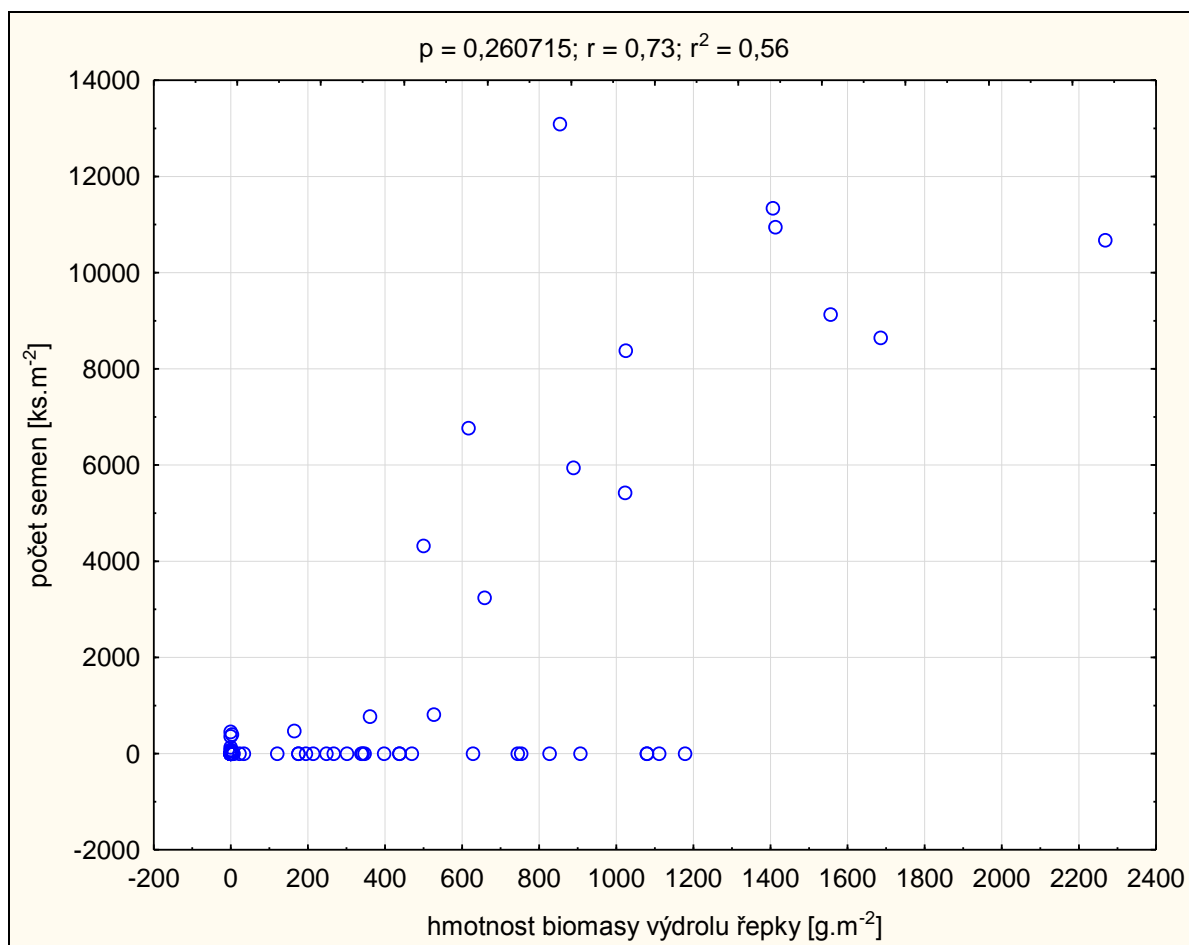
Nevyšší hmotnost biomasy konvenčního výdrolu řepky byla zaznamenána na variantě ošetřené herbicidem Sekator OD (373 g.m⁻²) a na neošetřené kontrole (592 g.m⁻²). Mezi herbicidní variantou Sekator OD a neošetřenou kontrolou nebyl průkazný rozdíl. U variant ošetřených v podzimním termínu se hmotnost biomasy konvenčního výdrolu pohybovala v rozmezí 0 až 9 g.m⁻². Po jarní aplikaci v rozmezí 164 až 373 g.m⁻² (viz. tabulka číslo 17).

5.1.4 Hodnocení reprodukční schopnosti výdrolu řepky

Velké množství dozrálých semen řepky bylo zaznamenáno na čtyřech variantách. Jednalo se o varianty s CL výdrollem (neošetřená kontrola – 10.199 semen.m⁻², Sekator OD – 10.221 semen.m⁻², Glean 75 WG – 7.437 semen.m⁻²) a o neošetřenou kontrolu s výdrollem konvenční řepky (4.776 semen.m⁻²). Reprodukční schopnost výdrolu řepky na ostatních variantách byla průkazně nižší a pohybovala se od 0 do 685 semen.m⁻² (TM kombinace Biathlon 4D + Dash HC). Podrobnější výsledky reprodukční schopnosti výdrolu řepky na testovaných variantách pokusu jsou uvedeny v tabulce číslo 17.

Při testování závislosti reprodukční schopnosti výdrolu řepky na hmotnosti biomasy výdrolu řepky nebyla nalezena lineární závislost ($p = 0,260715$). Podrobnosti jsou zobrazeny v grafu číslo 5.

Graf 5 Závislost reprodukční schopnosti výdrolu řepky (počet semen na m²) na hmotnosti biomasy výdrolu řepky ($\alpha = 0,05$).



5.1.5 Výnos pšenice

Nejnižší výnos zrna pšenice byl sklizen na obou neošetřených kontrolách (s CL i konvenční odrůdou výdrolu řepky - 3,8 t.ha⁻¹, resp. 3,9 t.ha⁻¹). Nejvyššího výnosu zrna (8 t.ha⁻¹) bylo dosaženo u variant (s CL i konvenčním výdrolem) ošetřených herbicidy Trinity a Legato Plus. U herbicidu Glean 75 WG byl výnos 8 t.ha⁻¹ zaznamenán pouze u parcel s konvenčním výdrolem řepky. Parcely s CL výdrolem měly po aplikaci Gleanu 75 WG průměrný výnos zrna pšenice 6,4 t.ha⁻¹. Výnos zrna pšenice 5,7 t.ha⁻¹, zaznamenaný na variantě s CL výdrolem ošetřené TM kombinací Biathlon 4D + Dash HC, byl nejnižší ze všech ošetřených variant. Podrobnější vyhodnocení je v tabulce číslo 17.

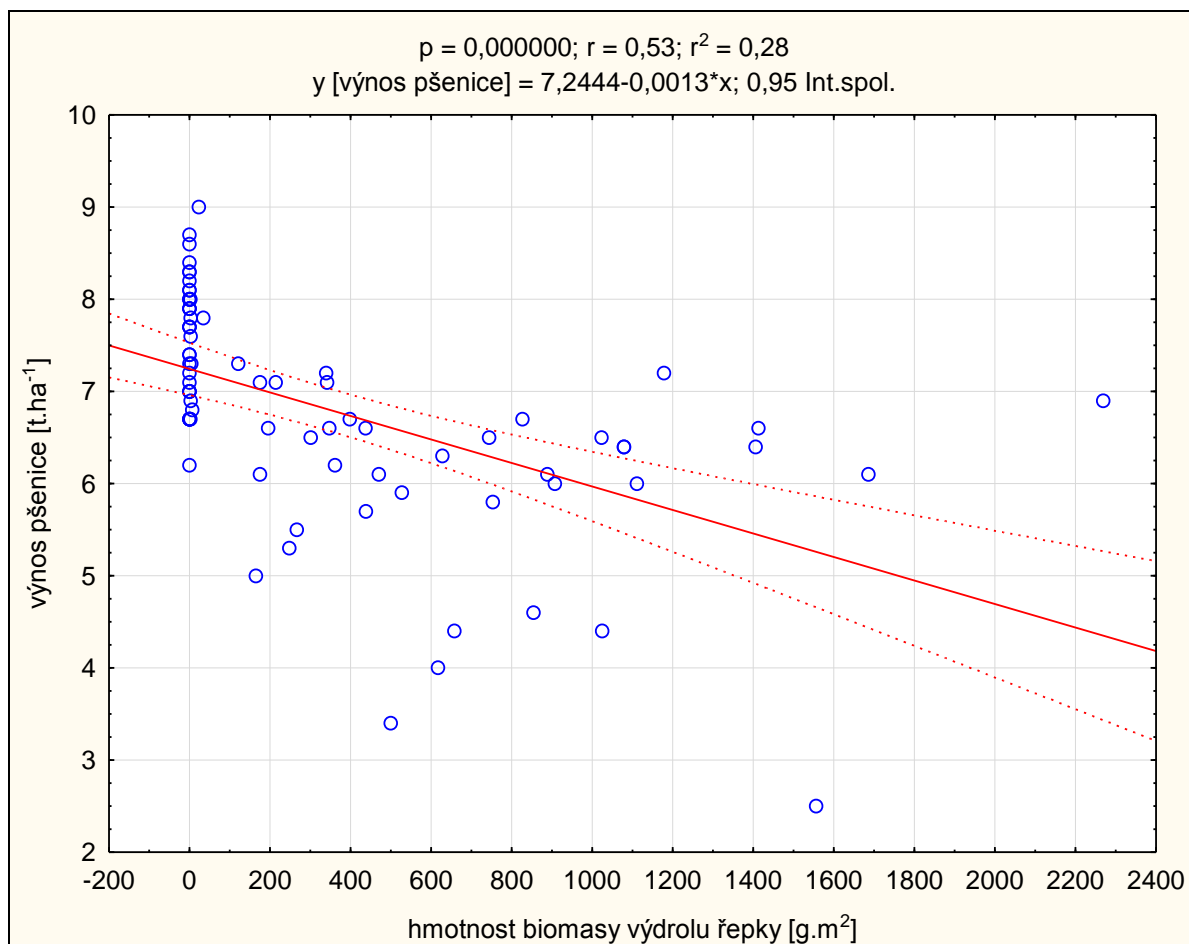
Z tabulky číslo 16 vyplývá, že průkazně vyššího výnosu zrna pšenice (o 0,6 t.ha⁻¹) bylo dosaženo u variant ošetřených herbicidy na podzim.

Tabulka 16 Výnos zrna pšenice po podzimním a jarním termínu aplikace herbicidů na výdrol řepky (písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupiny pro $\alpha = 0,05$).

Termín ošetření	Výnos zrna pšenice [t.ha ⁻¹]
PODZIM	7b
JARO	6,4a
p-Value	0,015124

Graf číslo 6 zobrazuje průkaznou ($p < \alpha$) zápornou lineární závislost mezi výnosem pšenice a hmotností biomasy výdrolu řepky. Korelační koeficient ($r = 0,53$) ukazuje na středně silnou závislost. Pokud se hmotnost biomasy řepky zvýší o 1 g.m⁻², výnos pšenice se sníží o 1,3 kg.ha⁻¹.

Graf 6 Závislost výnosu pšenice na hmotnosti biomasy výdrolu řepky.



V obrázku číslo 6 je zobrazen negativní vliv konkurence výdrolu řepky na pšenici ozimou. Parcela, u které byla herbicidní regulace provedena na jaře je světlejší – řepka během podzimu a jara odčerpala část živin potřebných pro pšenici.

Obrázek 6 Rozdíl v účinnosti herbicidů na konvenční výdrol v ozimé pšenici – vlevo je parcela ošetřená na jaře herbicidem Sekator OD (iodosulfuron, amidosulfuron), vpravo je parcela ošetřená na podzim herbicidem Glean 75 WG (chlorsulfuron) {foto dron (doc. Ing. Milan Krouhlík, Ph.D.)}.



Tabulka 17 Hmotnost biomasy výdrolu, reprodukční schopnost řepky a výnos pšenice (písmena za čísla vyjadřují homogenní skupiny pro $\alpha = 0,05$).

Herbicidní varianta	Výdrol řepky	Hmotnost biomasy výdrolu [g.m ⁻²]	Reprodukční schopnost řepky [ks.m ⁻²]	Výnos pšenice [t.ha ⁻¹]
Neošetřená kontrola	CL	1145e	10199,3c	3,8a
Neošetřená kontrola	Konvenční	591,7bcd	4775,7b	3,9a
Cougar Forte	CL	1,3a	119,3a	7,1bcde
Cougar Forte	Konvenční	2a	152,3a	7,4bcde
Cougar Forte + Sencor Liquid	CL	0a	0a	7bcde
Cougar Forte + Sencor Liquid	Konvenční	0a	0a	7,4bcde
Bizon	CL	0,7a	0a	7,4bcde
Bizon	Konvenční	0a	0a	7,6bcde
Trinity	CL	0a	44a	8,1e
Trinity	Konvenční	0a	0a	8de
Legato Plus	CL	11,3a	16a	8,2e
Legato Plus	Konvenční	8,7a	149,7a	7,9cde
Summimax + Protugan 50 SC	CL	0a	0a	7,5bcde
Summimax + Protugan 50 SC	Konvenční	3a	26,3a	7,3bcde
Glean 75 WG	CL	1108,3de	7436,7bc	6,4bcde
Glean 75 WG	Konvenční	0a	0a	7,9cde
Sekator OD	CL	1787f	10221c	6,5bcde
Sekator OD	Konvenční	372,7abc	0a	7bcde
Mustang	CL	913de	0a	6,1bcd
Mustang	Konvenční	273,7ab	0a	6bc
Mustang Forte	CL	792cde	0a	6,4bcde
Mustang Forte	Konvenční	362abc	0a	6,3bcde
Husar Active	CL	1011de	0a	6,6bcde
Husar Active	Konvenční	163,7ab	0a	7bcde
Biathlon 4D + Dash HC	CL	351abc	685,3a	5,7ab
Biathlon 4D + Dash HC	Konvenční	369,7abc	0a	6,3bcde

Kromě vlivu typ výdrolu ($p = 0,082200$) a varianta*typ výdrolu ($p = 0,557157$) při statistickém hodnocení dat výnosu pšenice, byly u ostatních souborů (hmotnost biomasy výdrolu a reprodukční schopnost řepky) všechny testované vlivy (varianta, typ výdrolu, varianta*typ výdrolu) významné ($p < \alpha$).

5.2 Ječmen jarní

5.2.1 Účinnost herbicidů

Nejvyšší účinnost na výdrol CL i konvenční řepky vykázal herbicid Mustang (99 % a 100%). Herbicid Mustang Forte vykazoval účinnost neprůkazně nižší (97 % a 98 %). Účinnost testovaných herbicidů na výdrol konvenční řepky se pohybovala od 88 (Sekator OD) do 100 % (Mustang). Rozdíly mezi herbicidy však nebyly průkazné. Také u variant s CL výdrolu řepky vykazoval herbicid Sekator OD nejnižší účinnost, nicméně účinnost byla průkazně nižší než u konvenční řepky (38 %). Nedostatečná účinnost (57 %) na výdrol CL řepky byla zaznamenána také na variantě ošetřené TM kombinací herbicidů Biplay SX + Starane 250 EC (viz. tabulka 18).

Tabulka 18 Účinnost testovaných herbicidů na výdrol CL a konvenční řepky v jarním ječmeni (homogenní skupiny pro $\alpha = 0,05$ vyjadřují písmena uvedená za čísly).

Herbicidní varianta	Výdrol řepky	Účinnost herbicidů [%]
neošetřená kontrola	CL	/
neošetřená kontrola	Konvenční	/
Biathlo 4D + Dash HC	CL	80b
Biathlo 4D + Dash HC	Konvenční	93,3ab
Biplay SX + Starane 250 EC	CL	56,7d
Biplay SX + Starane 250 EC	Konvenční	92,3ab
Sekator OD	CL	38,3c
Sekator OD	Konvenční	88,3ab
Mustang	CL	99a
Mustang	Konvenční	99,7a
Mustang Forte	CL	97,3a
Mustang Forte	Konvenční	98,3a

Všechny sledované vlivy (varianta, typ výdrolu, varianta*typ výdrolu) při statistickém vyhodnocování, byly průkazné ($p < \alpha$).

5.2.2 Fytotoxicita

U žádné herbicidní varianty v jarním ječmeni nebyly nalezeny známky fytotoxicity, které mohly být způsobeny herbicidem.

5.2.3 Hodnocení hmotnosti biomasy výdrolu řepky

V tabulce číslo 19 jsou uvedeny hmotnosti biomasy výdrolu řepky v porostu ječmene 3 týdny po herbicidním ošetření. Nejvyšší hmotnost biomasy konvenčního i CL výdrolu řepky byla zjištěna na neošetřených kontrolách (56 resp. 40 g.m⁻²), tedy asi 20x nižší než u pšenice. Na variantě ošetřené herbicidem Sekator OD byla zaznamenána nejvyšší hmotnost biomasy CL výdrolu ze všech ošetřených variant (24 g.m⁻²), ale rozdíly v hmotnosti biomasy řepky mezi herbicidně ošetřenými variantami nebyly průkazné.

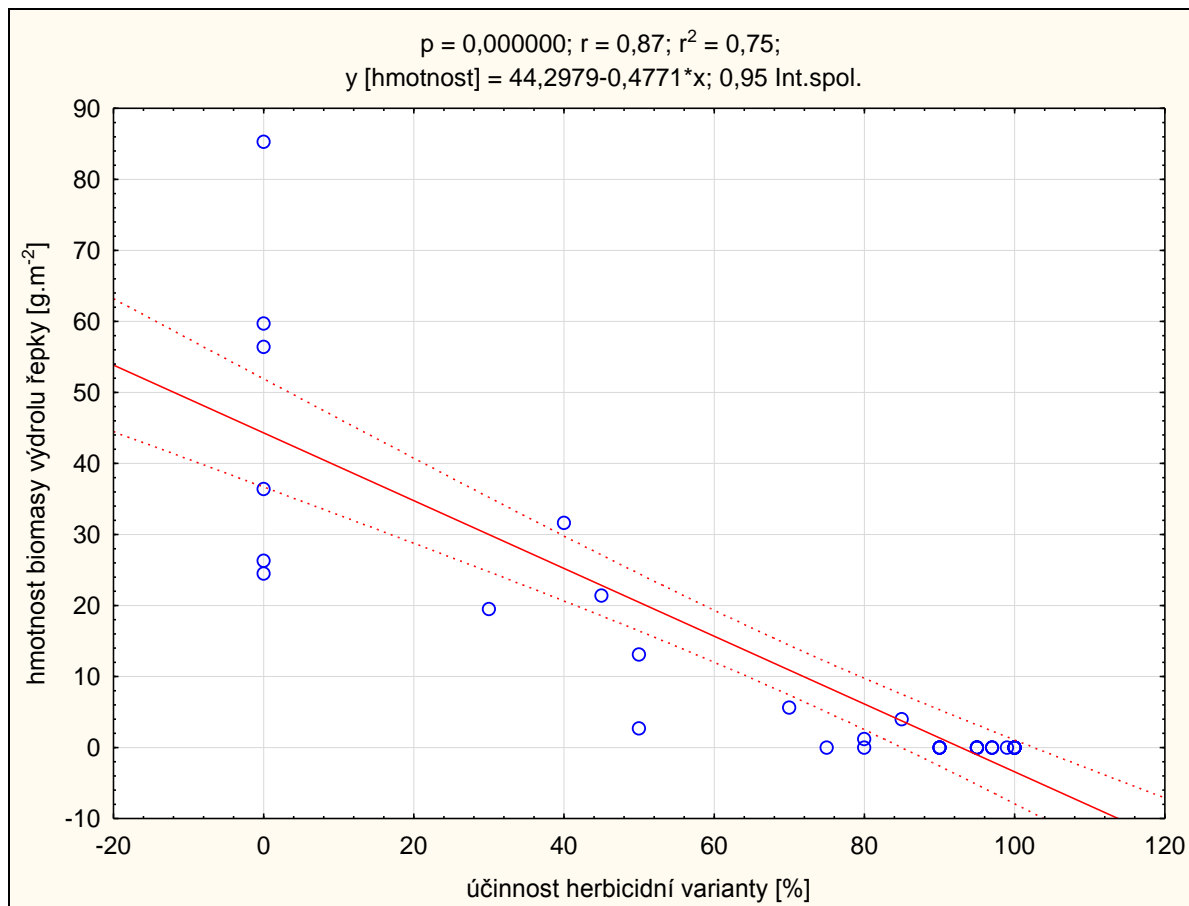
Tabulka 19 Hmotnost biomasy výdrolu řepky v porostu jarního ječmen v závislosti na herbicidním ošetření (písmena za čísly vyjadřují homogenní skupiny pro $\alpha = 0,05$).

Herbicidní varianta	Výdrol řepky	Hmotnost biomasy výdrolu [g.m ⁻²]	Reprodukční schopnost [počet semem.m ⁻²]
neošetřená kontrola	CL	40,2bc	0
neošetřená kontrola	Konvenční	56c	0
Biathlo 4D + Dash	CL	1,3a	0
Biathlo 4D + Dash	Konvenční	0a	0
Biplay SX + Starane 250 EC	CL	7,1a	0
Biplay SX + Starane 250 EC	Konvenční	0a	0
Sekator OD	CL	24,2ab	0
Sekator OD	Konvenční	0,4a	0
Mustang	CL	0a	0
Mustang	Konvenční	0a	0
Mustang Forte	CL	0a	0
Mustang Forte	Konvenční	0a	0

Při statistickém vyhodnocování hmotnosti biomasy výdrolu řepky v ječmeni byl shledán jako významný ($p < \alpha$) pouze vliv herbicidní varianty {vliv typu výdrolu ($p = 0,431924$) a herbicidní varianta*typ výdrolu ($p = 0,073207$) neměly průkazný vliv na rozdíly mezi homogenními skupinami}.

Z grafu číslo 7 je patrná průkazná ($p < \alpha$) záporná lineární závislost mezi hmotností biomasy výdrolu řepky a účinností herbicidního ošetření na výdrol řepky. Hodnota korelačního koeficientu $r = 0,87$ ukazuje na silnou závislost mezi sledovanými proměnnými. V grafu uvedená rovnice přímky vyjadřuje, že pokud se účinnost herbicidu zvýší o 1 %, tak se hmotnost biomasy výdrolu řepky sníží o 0,48 g.m⁻².

Graf 7 Závislost mezi hmotností biomasy výdrolu řepky a účinností herbicidního ošetření ($\alpha = 0,05$).



5.2.4 Hodnocení reprodukční schopnosti výdrolu řepky a výnos ječmene

Před chystanou sklizní ječmene měl být proveden odběr dozrálých šesulí, podobně jako tomu bylo u ozimé pšenice. Na žádné pokusné parcele však nebyla nalezena dozralá šesule řepky. Ke sklizni nedošlo, neboť porost ječmene několik dní před plánovanou sklizní silně polehl.

6 Diskuze

6.1 Pšenice ozimá

Nejúčinněji výdrol CL řepky v ozimé pšenici potlačoval metribuzin (Sencor Liquid) aplikovaný v TM kombinaci s diflufenicanem a flufenacetem (Cougar Forte) na podzim. Tato varianta měla nejrychlejší nástup účinnosti (plné účinnosti bylo dosaženo ještě před ukončením podzimní části vegetace). Metribuzin je podle Jursíka a kol. (2011a) přijímán kořeny i listy plevelů a je velmi rychle translokován xylémem na místo účinku. Nejvyšší účinnosti vykazuje, pokud je aplikace provedena v raných růstových fázích plevelů. Později má už jen kontaktní listový účinek, který nemusí dostatečně působit na plevele tvořící boční výhony. Řepka měla v době aplikace vyvinutý 1. pravý list. Vysokou účinnost metribuzinu na široké spektrum plevelů v pšenici vyzdvihují VanGessel et al. (2017). Nicméně při nevhodném termínu aplikace a vyšší dávce může způsobit poškození plodiny. Jursík a kol. (2011a) uvádí také možné riziko kontaminace spodních vod reziduii metribuzinu, neboť je v půdě relativně dlouho perzistentní a poměrně pohyblivý. Flufenacet na výdrol řepky neúčinkuje, přesto je v některých zemích do řepky registrován. Na rozdíl od metribuzinu (inhibitor fotosystému II) herbicidy inhibující ALS dosahují plné účinnosti za 3 až 4 týdny po aplikaci a ve vyšších růstových fázích plevelů může být jejich účinnost snížena (Jursík a kol., 2010c). V našem pokusu byl tento jev také zaznamenán. Po zimě účinnost všech herbicidů stoupla. Nejvyšší nárůst účinnosti na CL i konvenční výdrol (o 19 resp. 9 %) byl zaznamenán po aplikaci herbicidu Bizon (penoxsulam, florasulam – ALS inhibitory, diflufenican – inhibitor biosyntézy karotenoidů). Rostlina je po aplikaci herbicidu stresována jeho působením, a když se navíc podle Krata et al. (2012) přidá ještě stres způsobený nízkými teplotami, tak oslabená rostlina odumírá. Podle údajů získaných z meteorologické stanice FAPPZ ČZU umístěné v Praze Suchdole, byla zima 2015/2016 teplotně nadprůměrná a srážkově chudší (neplatí pro měsíc únor, kdy spadlo o 10 mm více srážek oproti dlouhodobému normálu – 30 mm). Srážky byly spíše v podobě deště a trvalá vrstva sněhu dlouho nevydržela. I toto teplotně nadprůměrné zimní období se projevilo pozitivně z pohledu působení podzimních herbicidů, přičemž v chladnějším zimách lze předpokládat ještě vyšší účinnost, resp. vymrznutí řepky i bez herbicidního zásahu.

Účinné látky jako metribuzin, isoproturon, chlortoluron, flumioxazin, pendimethalin vykazují na výdrol řepky dobrou účinnost. Většina těchto látek je přijímána kořeny plevelů rostlin, jde tedy o tzv. půdní herbicidy. Pro půdní herbicidy je důležité, aby byla v době aplikace dostatečná půdní vlhkost, která zvyšuje jejich účinnost (Mikulka a Kneifelová, 2004; Zimdahl,

2007). Týden před a po podzimní aplikaci byly zaznamenané srážky velmi nízké (jen asi 3 mm), ale následující dvě dekády listopadu spadlo celkem 42 mm srážek, což se projevilo pozitivně na účinnosti. Podle Jursíka (2017, osobní sdělení) mohou být pro půdní herbicidy rizikové aplikace v časně setých ozimech, kdy při suchém a teplém počasí vzejdou plevelé až později na podzim. Reziduální působení herbicidu již pak nemusí být dostatečně účinné a bude nutné provést jarní opravný zásah.

Jarní aplikace herbicidů byla provedena počátkem dubna. Řepka měla v té době vyvinuto 5 pravých listů a pšenici již silně konkurovala. Herbicidy obsahující 2,4-D sice vykazaly poměrně vysokou účinnost, ale škodám způsobeným konkurencí výdrolu již nezabránily (snížení výnosu pšenice). Růstové herbicidy potřebují podle Jursíka a Soukupa (2015a) pro dosažení dobré účinnosti teploty nad 10 °C a dostatek slunečního záření. Dřívější (březnová) aplikace těchto herbicidů se proto nedoporučuje. V posledních letech jsou podzimy poměrně teplé a je ke zvážení, jestli by jejich podzimní aplikace nebyla dobře účinná (registrovány jsou spíše k jarním aplikacím). Ostatně z praxe je znám případ, kdy se přimíchání snížené dávky růstového herbicidu do TM s jinými herbicidy pěstiteli osvědčilo.

Pokusem se podařilo potvrdit skutečnost, že CL řepka vykazuje různý stupeň odolnosti k jednotlivým skupinám inhibitorů ALS (např. Tan et al., 2005; Tan et al., 2006; Krato et al., 2012). Nejvyšší účinnost ze všech aplikovaných inhibitorů ALS na CL řepku vykázal herbicid Biathlon 4D (+ smáčedlo Dash HC). Tento herbicid obsahuje jeden triazolpyrimidin (florasulam) a jednu sulfonylmočovinu (tritosulfuron). Podle Krata et al. (2012) právě florasulam vykazuje velmi vysokou účinnost na výdrol CL řepky, podobně účinný je i tritosulfuron. Krato et al. (2012) aplikoval florasulam na podzim v dávce 7,5 g.ha⁻¹ a tritosulfuron na jaře v dávce 50 g.ha⁻¹. V našem pokusu byla účinnost florasulamu i tritosulfuronu výrazně nižší, přičemž jsme aplikovali směsný přípravek v menších dávkách jednotlivých účinných látek (florasulamu 5,4 g.ha⁻¹ a tritosulfuronu 35,7 g.ha⁻¹) a navíc v jarním termínu. To nejspíše negativně ovlivnilo účinnost herbicidu Biathlon 4D. Jursík a kol. (2011a) uvádí, že některé sulfonylmočoviny jsou omezeně translokovány cévními svazky rostlin a dostatečně působí jen v ranných růstových fázích plevelů. Rozdíl v účinnosti způsobený odlišnou růstovou fází řepky jsme pozorovali mezi chlorsulfuronem (Glean 75 WG) aplikovaným na podzim (BBCH řepky 10-11) a idosulfuronem + amidosulfuronem (Sekator OD) aplikovaným na jaře (BBCH řepky 15). Glean 75 WG vykázal 100 % účinnost na konvenční výdrol, kdežto Sekator OD pouze 83 %. Na zvýšení účinnosti Gleanu se zřejmě podílel i výše zmíněný pozitivní vliv nízkých teplot během zimy (Krato et al., 2012).

U jediné varianty (Summimax + Protugan 50 SC) byl zaznamenán mírný projev fytotoxicity (2-5 %). Fytotoxicitu pravděpodobně způsobila účinná látka flumioxazin, která při vyšší intenzitě slunečního svitu a při aplikaci na porost bez dostatečně vyvinutých ochranných bariér na povrchu listů způsobuje chlorózy a nekrózy listů obilnin (Cobb and Reade, 2010, Jursík a kol., 2010e).

Vyšší množství semen CL řepky dozrálo pouze po ošetření inhibitory ALS (chlorsulfuron, idosulfuron, amidosulfuron). To se shoduje s výsledky identického pokusu Fendrychové a Jursíka (2016) provedeného v sezóně 2014/2015. Mezi vytvořeným množstvím semen a hmotností biomasy výdrolu nebyla nalezena závislost. I když bylo na některých parcelách více biomasy řepky, nutně to neznamenal, že se řepka dokázala efektivně reprodukovat. Nicméně při testování závislosti jen u podzimní či jarní aplikace s vypuštěním neošetřených kontrol se lineární závislost potvrdila u jarní aplikace. S ohledem na zaznamenané vyšší množství biomasy CL řepky na parcelách ošetřených na jaře 2,4-D (Mustang, Mustang Forte, Husar Active) je otázkou, zda by při delším časovém úseku nedokázala řepka dozrát, neboť některé rostliny měly vytvořeny šešule. Krato et al. (2012) ve svém pokusu, kde se zabýval regulací výdrolu řepky tolerantní k imidazolinonům, zjistil, že rostliny CL řepky ošetřené velmi nízkými dávkami inhibitorů ALS vykazovaly významné zvýšení hmotnosti biomasy. Tento jev vysvětluje jako efekt hormeze.

Výdrol řepky je při absenci vhodného regulačního zásahu schopen vysoce konkurovat pšenici (Bečka a kol., 2007; Kohout a Kohoutová, 2016) a způsobit ztráty na výnose zrna pšenice až 70 % (Krato and Petersen, 2012). V našem pokusu se to podařilo potvrdit. Výnos zrna pšenice na neošetřených kontrolách byl o 2 až 4 tuny z hektaru nižší než u variant, kde se podařilo herbicidem efektivně eliminovat výdrol řepky. Při porovnání výnosů variant ošetřených na podzim a na jaře vyšlo, že podzimní varianty měly průkazně o 0,6 t.ha⁻¹ vyšší výnos zrna pšenice než varianty jarní. Navíc při testování závislosti mezi výší výnosu zrna pšenice a vytvořenou hmotností biomasy výdrolu řepky byla zjištěna průkazná záporná lineární závislost.

Krato et al. (2012) zdůrazňuje, že k regulaci CL výdrolu by mělo být přistupováno komplexně, tedy mimo efektivního používání herbicidů je velmi důležitá také včasná sklizeň řepky, správné seřízení sklízecí mlátičky a vhodné zpracování půdy po sklizni řepky.

6.2 Jarní ječmen

V jarním ječmeni výdrol CL řepky spolehlivě potlačily pouze herbicidy obsahující 2,4-D (Mustang, Mustang Forte). Oba tyto herbicidy obsahují florasulam, který jak bylo popsáno výše, vykazuje na CL řepku také dobrou účinnost (Krato et al., 2012). Kombinace metsulfuronu + tribenuronu + fluroxypyru (Biplay SX + Starane 250 EC) účinkovala na konvenční výdrol dostatečně, ale na CL výdrol nedostatečně (pouze 57 % účinnost).

Herbicidní ochrana je podle Spáčilové (2016a) levnější a snažší v jarních než v ozimých obilninách. Ječmen jarní má díky svému rychlému vývoji vysokou konkurenční schopnost (Zimolka a kol., 2006). Lze tedy předpokládat, že výdrol řepky v jarním ječmeni nebude působit zásadní škody, což se potvrdilo také v našem pokuse. Podle Bečky a kol. (2007) zničí výdrol řepky mráz a předset'ová příprava půdy, jeho vzcházení v jařinách je proto nižší než v ozimech. V našem pokusu byla semena výdrolu řepky zapravena do půdy krátce před setím ječmene. Počasí dva týdny po setí vývoji výdrolu řepky příliš nepřálo. Srážky byly nízké (celkem spadlo 10 mm, ale rozložených do 5 dnů). Rostliny výdrolu se v hustém porostu ječmene příliš neprosazovaly, navíc byly silně napadeny škůdci, především dřepčíky (*Phyllotreta* spp.). Vyšší množství biomasy bylo zaznamenáno pouze na neošetřených kontrolách. Hmotnost biomasy výdrolu řepky však byla přibližně 20 x nižší než v pšenici. Navíc se na žádné parcele před sklizní ječmene nenašly dozrálé šešule řepky.

Ke sklizni jarního ječmene nedošlo, neboť porost několik dní před sklizní silně polehl a rozdíl ve výnosu by byly způsobeny především polehnutím. Jelikož ale byla zaznamenaná hmotnost biomasy výdrolu řepky velmi nízká, lze předpokládat, že výnos zrna ječmene nebyl konkurenčním působením výdrolu negativně ovlivněn.

7 Závěr

Většina testovaných herbicidů spolehlivě potlačila výdrol CL i konvenční řepky v ozimé pšenici. Nedostatečnou účinnost na CL řepku měly pouze inhibitory ALS. Mezi testovanými herbicidy však byly zaznamenány rozdíly v účinnosti a rychlosti působení. Nejvyšší a velmi rychlou účinnost na výdrol řepky vykázal především metribuzin, který však dosud není do pšenice registrován, nicméně jeho registrace se připravuje. Účinnost diflufenicanu, isoproturonu, flumioxazinu a pendimethalinu byla uspokojivá, ale plné účinnosti bylo dosaženo až na jaře. V případě velmi mírných zim, nebo velmi časného setí pšenice, by však nemusely tyto herbicidy vykázat spolehlivou účinnost a to zejména, kdyby řepka v době ošetření byla ve vyšší růstové fázi. Flumioxazin není vhodným herbicidem pro regulaci výdrolu řepky s ohledem na možnou fytotoxicitu (bylo zaznamenáno 5 % poškození pšenice v podzimním období). Na jaře je možné k regulaci výdrolu CL řepky použít pouze některé růstové herbicidy, především 2,4-D. Tyto herbicidy sice dokáží výdrol CL řepky potlačit, nicméně v důsledku pomalého působení těchto herbicidů a pozdního aplikačního termínu, může dojít k výraznému konkurenčnímu působení výdrolu a následně snížení výnosu pšenice. Parcely ošetřené na podzim měly vyšší výnos zrna cca o 0,6 t/ha.

V jarním ječmeni potlačily spolehlivě CL výdrol pouze herbicidy obsahující 2,4-D (Mustang a Mustang Forte). Konkurenční schopnost výdrolu řepky v porostu ječmene byla výrazně nižší než v ozimé pšenici. Hmotnost biomasy výdrolu řepky byla v ječmeni přibližně 20 x nižší než v porostu ozimé pšenice. Reprodukční schopnost výdrolu řepky v ječmeni byla nulová. Na žádné variantě nebyly nalezeny dozrálé šesule.

Hypotéza 1 Běžnými herbicidy používanými v obilninách lze efektivně regulovat výdrol CL řepky.

- Hypotéza byla potvrzena.
- Pokud se k regulaci CL výdrolu použijí vhodné herbicidy s jiným mechanismem účinku než inhibice ALS, lze výdrol CL řepky účinně potlačit.
- Vhodné je využít především půdní herbicidy v podzimním období
- Herbicidy obsahující účinné látky chlortoluron, isoproturon, metribuzin, diflufenican, flumioxazin a pendimethalin jsou vhodné pro podzimní ošetření. U těchto herbicidů je důležité, aby byly aplikovány v raných růstových fázích řepky. S rostoucí růstovou fází jejich účinnost klesá.
- Pro jarní ošetření jsou vhodné růstové herbicidy 2,4-D či MCPA apod.

Hypotéza 2 Výdrol CL řepky vykazuje odlišnou citlivost k jednotlivým inhibitorům ALS.

- Hypotéza byla potvrzena.
- CL řepka vykazuje různý stupeň odolnosti k testovaným ALS inhibitorům.
- Nejvyšší účinnost na výdrol CL řepky vykázal kombinace florasulam + tritosulfuron (Biathlon 4D). Naopak po aplikaci herbicidu Sekatoru OD (idosulfuron + amidosulfuron) byla zaznamenána nulová účinnost na výdrol CL řepky.

Hypotéza 3 Citlivost výdrolu řepky k herbicidům je ovlivněna aplikačním termínem (růstovou fází řepky).

- Hypotéza byla potvrzena.
- Řepka, která je ve vyšší růstové fázi je odolnější k herbicidům, což platí nejen pro CL řepku, ale i pro konvenční odrůdy
- Herbicid Glean 75 WG (chlorsulfuron) aplikovaný na výdrol konvenční řepky ve stadiu děložních listů až v 1. pravém listu vykázal 100 % účinnost. Sekator OD (idosulfuron + amidosulfuron) aplikovaný na řepku v době, kdy měla vyvinuto 5 pravých listů, vykázal účinnost pouze 83 %.

Hypotéza 4 Konkurenční a reprodukční schopnost výdrolu řepky lze v ozimých obilninách eliminovat pouze podzimním herbicidním zásahem.

- Hypotéza byla potvrzena z části.
- Konkurenčnímu působení výdrolu řepky lze v časně setých ozimých obilninách zabránit pouze podzimním ošetřením.
- Podzimním i jarním herbicidním ošetřením lze eliminovat reprodukční schopnost výdrolu řepky.
- V ozimech je vhodné vyřešit výdrol řepky již na podzim. Během jara (březen a duben) řepka pšenici silně konkuruje. Jarní aplikace jsou proto vhodné pouze jako opravné zásahy. Pšenice ošetřená proti výdrolu řepky na podzim měla o 0,6 t.ha⁻¹ vyšší výnos zrna oproti pšenici ošetřené na jaře.

8 Seznam literatury

1. Agromanual, Imazamox [online]. Agromanual. 2017 [cit. 2017-02-09]. Dostupné z <https://www.agromanual.cz/cz/pripravky/ucinne-latky/ucinna-latka/imazamox>
2. Agromanual. 2016. Přípravky na ochranu rostlin 2016. Kurent. České Budějovice. S. 364. ISBN: 978-80-87111-57-4.
3. Andr, J. 2011. Optimalizace chemické ochrany proti plevelům ve slunečnici z hlediska účinnosti a selektivity. Disertační práce. CZU. FAPPZ. Praha. s. 102.
4. Baranyk, P., (ed.). Fábry, A. (ed.). 2007. Řepka, pěstování, využití, ekonomika. ProfiPress. Praha. s. 208. ISBN: 978-80-86726-26-7.
5. Barry, G., Kishore, G., Padgett, M., Kolacz, K., Weldon, M., Re, D., Eichholtz, D., Fincher, K., Hallas, L. 1992. Inhibitors of amino acid biosynthesis: strategies for imparting glyphosate tolerance to crop plants. In: Singh B. K., Flores, H. E., Shannon, J. C. (eds.). Biosynthesis and Molecular Regulation of Amino Acids in Plants. Rockville, MD: American Society of Plant Physiologists. 139–145.
6. Baylis, A. D. 2000. Why glyphosate is a global herbicide: strengths, weaknesses and prospects. Pesticide Management Science. 56. 299–308.
7. Beckert, M., Dessaux, Y., Charlier, C., Darmency, H., Richard, C., Savini, I., Tibi, A. (eds), 2011. Herbicide-tolerant plant varieties: Agronomic, environmental and socio-economic impacts. Collective Scientific Expertise, CNRS-INRA. France. p. 430.
8. Bečka, D., Vašák, J., Zukalová, H., Mikšík, V. 2007. Řepka ozimá – pěstitelský rádce. Kurent. Praha. s. 56. ISBN: 978-80-87111-05-5.
9. Bender, D. A. 1985. Amino acid metabolism, 2nd ed. John Wiley & Sons. Chichester. p. 274. ISBN: 0-471-90668-9.
10. Beránková, P., Kovářová, K. Produkce a rentabilita olejnin. [online]. Agris. [cit. 2017-02-06]. 2006. Dostupné z http://www.agris.cz/Content/files/main_files/74/152653/042Berankova.pdf
11. Bittner, V., Chalupný, K., Chochola, J. 2016. Management rezistence u cukrové řepy 1. část. Listy Cukrovarnické a Řepařské. 132 (1). 25-29.
12. Blažek, M. 2017. osobní sdělení.
13. Bruno, Ch., Guillemin, J-P., Gasquez, J., Gauvrit, Ch. 2012. History of chemical weeding from 1944 to 2011 in France: Changes and evolution of herbicide molecules. Crop protection. 42. 320-326.

14. Cobb, A. H., Reade, J. P. H. 2010. *Herbicides and Plant Physiology*. Wiley-BlackWell. Oxford. p. 256. ISBN: 978-1-4051-2935-0.
15. Cole D., Pallett K., Rodgers M. 2000. Discovering new modes of action for herbicides and the impact of genomics. *Pesticid Outlook*. 2000 (11). 223–229.
16. Český statistický úřad. *Statistická ročenka české republiky 2016 – zemědělství* [online]. Český statistický úřad. 23. listopadu 2016 [cit. 2016-12-27]. Dostupné z <<https://www.czso.cz/csu/czso/13-zemedelstvi-0k8gqnbra0>>
17. D'Halluin, K., De Block, M., Janssens, J., Leemans, J., Reynaerts, A., Botterman, J. 1992. The BAR gene as a selectable marker in plant engineering. *Methods Enzymol* 216. 415–426
18. DeFelice M.S. 1998. Herbicide registration dates, use rates and acute toxicity by decade. In: Hatzios K.K. (ed). *Herbicide handbook supplement to seventh edition*. Weed Science Society of America. Lawrence. Kansas. 81–86.
19. Devine, M., S.O. Duke, and C. Fedtke. 1993. *Physiology of Herbicide Action*. PTR Prentice Hall. Englewood Cliffs. p. 441.
20. Dill, G. M. 2005. Glyphosate-resistant crops: history, status and future. *Pest Management Science*. 61 (3). 219-224.
21. Droge, W., Broer, I., Pulher, A. 1992 Transgenic plants containing the phosphinothricin-N-acetyltransferase gene metabolize the herbicide L-phosphinothricin (glufosinate) differently from untransformed plants. *Planta*. 187. 142–151.
22. Duggleby, R. G., Pang, S. S. 2000. Acetohydroxyacid synthase. *J. Biochemistry and Molecular Biology*. 33. 1–36.
23. Duke, O. S. 2005. Taking stock of herbicide-resistant crops ten years after introduction. *Pest Management Science*. 61. 211-218.
24. Duke, S. O. 1990. Overview of herbicide mechanisms of action. *Environmental Health Perspectives*. 87. 263–271.
25. Duke, S. O., Powles, S. B. 2008. Glyphosate: a one-in-a-century herbicide. *Pest Management Science*. 64 (4). 319–325.
26. Fendrychová, V., Jursík, M. *Regulace výdrolu Clearfield řepky v obilninách* [online]. *Agromanuál*. 6. října 2016 [cit. 2017-10-18]. Dostupné z <<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/regulace-vydrolu-clearfield-repky-v-obilninach>>
27. Foltýn, J. (ed.). 1970. *Pšenice*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 441 s.

28. Fraser, K. Glyphosate Resistant Weeds – Intensifying [online]. Stratus AG Research 25. ledna 2013 [cit. 2017-03-01]. Dostupné z <<http://stratusresearch.com/blog/glyphosate-resistant-weeds-intensifying>>
29. Green, J. M., Green, J. H. 1993. Surfactant structure and concentration strongly affect rimsulfuron activity. *Weed Technology*. 7. 633 – 640.
30. Gruber, S., Claupein, W. 2006. Effect of soil tillage intensity on seedbank dynamics of oilseed rape compared with plastic pellets as reference material. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2006. 273-280.
31. Gruber, S., Pekrun, C., Claupein, W. 2004. Population dynamics of volunteer oilseed rape (*Brassica napus* L.) affected by tillage. *European Journal of Agronomy*. 20 (4). 351-361.
32. Gruber, S., Pekrun, C., Claupein, W. 2005. Life cycle and potential gene flow of volunteer oilseed rape in different tillage systems. *Weed Research*. 45. 83-93.
33. Grundy, A. C., Jones, N. E. 2002. What is the Weed Seed Bank? In: Naylor, R. E. L. (ed.). *Weed Management Handbook*. British Crop Protection Council Blackwell Science. Oxford. p. 134-170. ISBN: 0-632-05732-7.
34. Hattori, J., Brown, D., Mourad, G., Labbe, H., Ouellet, T., Sunohara, G., Rutledge, R., King, J., Miki, B. An acetohydroxyacid synthase mutant reveals a single site involved in multiple herbicide resistance. *Molecular General Genetics*. 246. 419–425.
35. Hollaway, K. L., Kookana, R. S., Noy, D. M., Smith, J. G., Wilhelm, N. 2006. Persistence and leaching of sulfonylurea herbicides over a 4-year period in the highly alkaline soils of south-eastern Australia. *Australian Journal Experimental Agriculture*, 46. (8). 1069–1076.
36. HRAC. Overview [online]. Herbicide resistance action committee. 2017 [cit. 2017-02-14]. Dostupné z <<http://hracglobal.com/herbicide-resistance/overview>>
37. HRAC. World of herbicides map [online]. Herbicides resistance action committee. 2017 [cit. 2017-02-07]. Dostupné z <http://hracglobal.com/tools/world-of-herbicides-map>
38. Huang, S., Gruber, S., Claupein, W. 2016. Field history of imidazolinone-tolerant oilseed rape (*Brassica napus*) volunteers in following crops under six long-term tillage systems. *Field Crops Research*. 185. 51-58.
39. Hubbard, W. G. (ed). 2007. *Pesticide Development a Brief Look at the History*. Southern Regional Extension Forestry. 2007. (3). 1-7.
40. Chmelík, L. 2017. osobní sdělení.

41. ISAAA. ISAAA Brief 51-2015: Executive Summary [online]. International service for the acquisition of agri.biotech applications. 2015 [cit. 2017-02-12]. Dostupné z <<http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/51/executivesummary/default.asp>>
42. Ivany, J. A. 2001. Introduction. In: Ivany, J. A. (ed). Weed Management in Transition. Topics in Canadian Weed Management. Canadian Weed Science Society. Sainte-Anne-de-Bellevue, Quebec. 2001 (2). 3–4.
43. Jocić, S., Malidža, G., Cvejic, S., Hladni, N., Miklič, V., Škoric, D. 2011. Development of sunflower hybrids tolerant to tribenuron methyl. Genetika. 43. 175–182.
44. Jursík, M. 2016a. Adjuvanty a jejich využití v herbicidní ochraně [online]. 6. dubna 2016 [2017-02-21]. Dostupné z <<http://uroda.cz/adjuvanty-a-jejich-vyuziti-v-herbicidni-ochrane/>>
45. Jursík, M. 2017. osobní sdělení.
46. Jursík, M., Hamouzová, K., Soukup, J., Holec, J. 2011b. Rezistence plevelů vůči herbicidům a problémy s rezistentními populacemi v ČR. Listy Cukrovarnické a Řepářské. 127 (4). 123-129.
47. Jursík, M., Holec, J., Hamouz, P., Soukup, J. 2011a. Plevelé Biologie a regulace. Kurent. České Budějovice. s. 232. ISBN: 978-80-87111-27-7.
48. Jursík, M., Soukup, J. Herbicidní ošetření ozimých obilnin na jaře [online]. Agromanual. 3. března 2015a [2017-02-25]. Dostupné z <<https://agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/herbicidni-osetreni-ozimych-obilnin-na-jare>>
49. Jursík, M., Soukup, J. Jarní ošetření ozimých obilnin proti plevelům [online]. Agromanual. 28. února 2013a [2017-02-25]. Dostupné z <<http://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/jarni-osetreni-ozimych-obilnin-proti-plevelum>>
50. Jursík, M., Soukup, J. Podzimní regulace plevelů v ozimých obilninách [online]. Agromanual. 10. září 2013b [cit. 2017-01-30]. Dostupné z <<https://agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/podzimni-regulace-plevelu-v-ozimych-obilninach>>
51. Jursík, M., Soukup, J. Podzimní regulace plevelů v porostech ozimých obilnin [online]. Agromanual. 31. srpna 2015b [2017-02-25]. Dostupné z <<http://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/podzimni-regulace-plevelu-v-porostech-ozimych-obilnin-2015>>

52. Jursík, M., Soukup, J. Regulace plevelů v ozimé řepce. [online]. Úroda. 31. července 2009 [cit. 2017-02-18]. Dostupné z <<http://zemedelec.cz/regulace-plevelu-v-ozime-repce/>>
53. Jursík, M., Soukup, J., Holec, J. 2010a. Úvod do problematiky mechanismu působení herbicidů. Listy Cukrovarnické a Řepařské. 126 (1). 14-16.
54. Jursík, M., Soukup, J., Holec, J. 2011c. Využití HT technologií při regulaci plevelů. Listy Cukrovarnické a Řepařské. 127 (9-10). 286-291.
55. Jursík, M., Soukup, J., Holec, J., Andr, J. 2010c. Inhibitory acetolaktát syntázy (ALS inhibitory). Listy Cukrovarnické a Řepařské. 126. (11). 376-379.
56. Jursík, M., Soukup, J., Holec, J., Kysilková, K. Technologie herbicidní tolerance plodin k herbicidům [online]. Agromanual. 22. července 2016b [cit. 2017-03-01]. Dostupné z <<http://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/technologie-herbicidni-tolerance-plodin-k-herbicidum>>
57. Jursík, M., Soukup, J., Holec, J., Venclová, V. 2010b. Inhibitory biosyntézy aminokyselin. Listy Cukrovarnické a Řepařské. 126. (7-8). 250-253.
58. Jursík, M., Soukup, J., Holec, J., Venclová, V., 2010d. Inhibitory biosyntézy lipidů – Inhibitory ACCasy (listové graminicidy). Listy Cukrovarnické a Řepařské. 126 (12). 445-448.
59. Jursík, M., Soukup, J., Venclová, V., Holec, J. 2010e. Inhibitory biosyntézy rostlinných pigmentů – PPO inhibitory. 126 (3). 100-102.
60. Klem, K. Proti trávovitým plevelům v ozimé pšenici [online]. Úroda. 25. března 2002 [2017-02-24]. Dostupné z <<http://uroda.cz/proti-travovitym-plevelum-v-ozime-psenici/>>
61. Kohout, V., Kohoutová, D. Snížit škodlivost slunečnice jako zaplevelující plodiny [online]. Agromanual. 21. října 2016 [cit. 2017-03-02]. Dostupné z <<http://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/snizit-skodlivost-slunecnice-jako-zaplevelujici-plodiny>>
62. Komoba, D., Gennity, I., Sandermann, H. Jr. 1992. Plant metabolism of herbicides with C–P bonds: glyphosate. Pesticide Biochemistry and Physiology. 43. 85–94.
63. Krato, C., Petersen, J. 2012. Gene flow between imidazolinone-tolerant and – susceptible winter oilseed rape varieties. Weed Research. 52 (2). 187-196.
64. Krato, Ch., Hartung, K., Petersen, J. 2012. Response of imidazolinone-tolerant and – susceptible volunteer oilseed rape (*Brassica napus* L.) to ALS inhibitors and alternative herbicides. Pest Management Science. 68: 1385-1392.

65. Kuchtík, F., Teksl, M., Valeš, J. 2002. Speciální pěstování rostlin. Credit. Praha. s. 295. ISBN: 80-86392-00-7.
66. Lockhart J. A. R., Samuel A., Greaves, M. P. 1990. The Evolution of Weed Control in British Agriculture. British Crop Protection Council. 1990. 43-74.
67. Mallory-Smith, C. A., Retzinger, E. J. Jr. 2003. Revised classification of herbicides by site of action for weed resistance management strategies. *Weed Technology*. 17. 605–619.
68. McCourt, J. A., Duggleby R. G. 2006. Acetohydroxyacid synthase and its role en the biosynthetic pathway for branched-chain amino acids. *Amino Acids* 31. p. 173.
69. Mikanová, O., Šimon, T. 2013. Alternativní výživa rostlin dusíkem. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 25 s. ISBN: 978-80-7427-143-4
70. Mikulka, J. 2014. Plevelé polních plodin. Profi Press. Praha. s. 178. ISBN: 978-80-86726-60-1.
71. Mikulka, J. Regulace plevelů na podzim [online]. *Úroda*. 26. září 2001 [2017-02-24]. Dostupné z <<http://uroda.cz/regulace-plevelu-na-podzim/>>
72. Mikulka, J., Kneifelová, M. 2004. Faktory ovlivňující účinek herbicidů na plevelé v ozimé řepce. *Úroda*, 52, 6. s. 17–19.
73. Mikulka, J., Slavíková, L. 2008. Metody diagnostiky a regulace rezistentních populací plevelů vůči herbicidům. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha. s. 40. ISBN: 978-80-87011-50-8.
74. Ministerstvo zemědělství České republiky. 2016. Zemědělství 2015. Ministerstvo zemědělství. Praha. 134 s. ISBN: 978-80-7434-151-9.
75. Moyer, J. R., Esau, R., Kozub, G. C. 1990. Chlorsulfuron persistence and response of nine rotation crops in alkaline soils of southern Alberta. *Weed Technology*. 4. 543–548.
76. Muller, B.P., Zumdick, A., Schuphan, I., Schmidt, B. 2001. Metabolism of the herbicide Glufosinate ammonium in plant cell cultures of transgenic (rhizomania-resistant) and non-transgenic sugarbeet (*Beta vulgaris*), carrot (*Daucus carota*), purple foxglove (*Digitalis purpurea*) and thorn apple (*Datura stramonium*). *Pest Management Science* 57. 46–56.
77. Naylor R. E. L. (ed.). *Weed Management Handbook*. British Crop Protection Council Blackwell Science. Oxford. 423. ISBN: 0-632-05732-7.
78. Newhouse, K., Wang, T., Anderson, P. 1991. Imidazolinone-tolerant crops. In: Shaner D. L., O'Conner S.L. (eds.). *The imidazolinone herbicides*. CRC Press, Boca Raton, Fla. p. 139–150.

79. Nováková, K., Soukup, J., Wagner, J., Hamouz, P., Náměstek, J. 2006. Chlorsulfuron resistance in silky bent-grass (*Apera spica-venti* (L.) Beauv.) in the Czech Republic. *Journal of Plant Diseases and Protection, Supplement*. 20. 139-146.
80. OECD. 1999. Consensus document on general information concerning the genes and their enzymes that confer tolerance to glyphosate herbicide. Series on harmonization of regulatory oversight in biotechnology. 1999. (10). 1-26.
81. Ott, K., Kwagh, J., Stockton, G. W., Sidorov, V., Kakefuda, G. 1996. Rational molecular design and genetic engineering of herbicide resistant crops by structure modeling and site-directed mutagenesis of acetohydroxyacid synthase. *Journal of Molecular Biology*. 263. 359–368.
82. Padgett, S. R., Re, D. B., Barry, G. F., Eichholtz, D. E., Delannay, X., Fuchs, R. L., Kishore, G. M., Fraley, R. T. 1996. New weed control opportunities: development of soybeans with a Roundup Ready gene. In: Duke, S. O. (ed.). *Herbicide-Resistant Crops: Agricultural, Economic, Environmental, Regulatory, and Technological Aspects*. Boca Raton, FL: CRC. 53–84.
83. Palík, S., Burešová, I., Edler, S., Sedláčková, I., Tichý, F., Vaňková M. 2009. Metodika pěstování ozimé pekárenské pšenice. *Agrotest fyto*. Kroměříž. s. 66.
84. Pline-Srnic, W. 2006. Physiological Mechanisms of Glyphosate Resistance. *Weed technology*. 20 (2). 290-300.
85. Polišínská, I., Jirsa, O., Sedláčková, I. 2016. Kvalita potravinářské pšenice sklizně 2016 v České republice. *Úroda*. 2016 (12). 10-15.
86. Rasche, E. 1995. Development of glufosinate ammonium tolerant crops and the selective use of the herbicide glufosinate ammonium. In: McLean G. D., Evans, G. (eds.). *Herbicide-resistant crops and pastures in Australian farming systems*. Bureau of Resource Sciences, Parkes, ACT, Australia. 25–33.
87. Reade, P. H., Cobb, A. H. 2002. Herbicides: Mode of Action and Metabolism. In: Naylor R. E. L. (ed.). *Weed Management Handbook*. British Crop Protection Council Blackwell Science. Oxford. p. 134-170. ISBN: 0-632-05732-7.
88. Robinson, T. H. 2002. Methodology of Application. In: Naylor R. E. L. (ed.). *Weed Management Handbook*. British Crop Protection Council Blackwell Science. Oxford. p. 199-224. ISBN: 0-632-05732-7.
89. Ruhland, M., Engelhardt, G., Pawlizki, K. 2004. Distribution and metabolism of D=L-, L- and D-glufosinate in transgenic, glufosinate tolerant crops of maize (*Zea mays* L ssp.

- mays) and oilseed rape (*Brassica napus* L. var *napus*). Pest Management Science 60. 691–696.
90. Saari, L. L., Mauvais, C. J., 1996. Chapter 8, Sulfonylurea herbicide-resistant crops. In: Duke, S. O. (ed). Herbicide resistant crops. CRC Press, Boca. Raton, Fla. 127–142.
 91. SeedQuest. CONVISO SMART Technology - ALS Herbicide-tolerant sugarbeet gets a name [online]. SeedQuest. 4. května [cit. 2017-03-01]. Dostupné z <http://www.seedquest.com/news.php?type=news&id_article=62425&id_region=&id_category=2202&id_crop>
 92. Shaner, D. L., Bascomb, N. F., Smith, W. 1996. Chapter 9, Imidazolinoneresistant crops: selection, characterization, and management. In: Duke S.O., (ed.). Herbicide resistant crops. CRC Press, Boca Raton, Fla. 143–157.
 93. Shaner, D. L., Singh, B. K. 1997. Acetohydroxyacid synthase inhibitors. In: Roe R. M. (ed). Herbicide activity: toxicology, biochemistry and molecular biology. IOS Press. Washington DC. 69–110.
 94. Singh, B. K, Shaner, D. L. 1995. Biosynthesis of branched chain amino acids: from test tube to field. Plant Cell. 7. 935–944.
 95. Singh, B. K. 1999. Biosynthesis of valine, leucine and isoleucine. In: Singh B.K. (ed). Plant amino acids. Marcel Dekker Inc, New York. 227–247.
 96. Soukup, J. 1999. Metody regulace plevelů. In: Mikulka, J. (ed). Plevelné rostliny polí, luk a zahrad. Redakce časopisu Farmář. Praha. 37-51. ISBN: 80-902413-2-8.
 97. Soukup, J. 2005. Metody regulace zaplevelení. In: Mikulka, J. (ed)., Kneifelová, M. (ed.). Plevelné rostliny. Profi Press. Praha. 39-57. ISBN: 80-86726-02-9.
 98. Soukup, J. 2016. osobní sdělení.
 99. Spáčilová, V. Herbicidní ochrana obilnin na jaře [online]. Agromanual. 8. března 2016a [cit. 2017-02-25]. Dostupné z <<https://agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/herbicidni-ochrana-obilnin-na-jare>>
 100. Spáčilová, V. Podzimní herbicidní ochrana ozimé pšenice [online]. Agromanual. 3. září 2014 [cit. 2017-02-22]. Dostupné z <<http://agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/podzimni-herbicidni-ochrana-ozime-psenice>>
 101. Spáčilová, V. Vliv termínu aplikace herbicidů na výnos a kvalitativní parametry pšenice ozimé [online]. Agromanual. 23. září 2016b [cit. 2017-02-22]. Dostupné z <<http://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/vliv-terminu-aplikace-herbicidu-na-vynos-a-kvalitativni-parametry-psenice-ozime>>

102. Swanson, E. B., Hergesell, M. J., Arnoldo, M., Sippell, D. W., Wong, R. S. C. 1989. Microspore mutagenesis and selection: canola plants with field tolerance to imidazolinones. *Theoretical and Applied Genetics*. 78. 525–530.
103. Šilha, J., Cejtchaml, J., Poláková, M. Ochrana proti plevelům = základ výnosu a kvality jarního sladovnického ječmene [online]. *Agromanual*. 20. března 2011 [cit. 2017-02-25]. Dostupné z <<http://agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/ochrana-proti-plevelum-zaklad-vynosu-a-kvality-jarniho-sladovnickeho-jecmene>>
104. Špaldon, E. (ed.). 1986. *Rostlinná výroba*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. s. 720. ISBN: 40-29-07-124-86.
105. Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., Murphy, A. 2015. *Plant physiology and development*. 6th ed. Sinauer Associates. Sunderland. p. 761. ISBN: 978-1-60535-353-1.
106. Tan, S., Evans, R. R., Dahmer, M. L., Singh, B. K., Shaner, D. L. 2005. Imidazolinone-tolerant crops: history, current status and future. *Pest Management Science*. 61. 246–257.
107. Tan, S., Evans, R., Singh, B. 2006. Herbicidal inhibitors of amino acid biosynthesis and herbicide-tolerant crops. *Amino Acids*. 30. 195-204.
108. Teclé, B., Shaner, D. L., Cunha, A. D., Devine, P. J., Van Ellis, M. R. 1997. Comparative metabolism of imidazolinone herbicides. In: *Proc. 1997 Brighton Crop Prot. Conf-Weeds*. BCPC, Farnham, Surrey UK. 605–610.
109. Umbarger, H. E. 1978. Amino acid biosynthesis and its regulation. *Annual Review of Biochemistry*. 47. 533–606.
110. Unsworth, J. History of pesticide use. [online]. IUPAC. 10. května 2010 [2017-02-03]. Dostupné z <http://agrochemicals.iupac.org/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=3&sobi2Id=31>
111. ÚZEI. Vývoj CZV vybraných komodit v ČR a jejich predikce do ledna 2017. [online] ÚZEI. 2017 [cit. 2017-02-18]. Dostupné z <http://www.uzei.cz/data/usr_001_cz_soubory/predikce_xi_2016_i_2017.pdf>
112. Vaculík, A. Podzimní regulace plevelů v řepce. [online]. *Agromanual*. 26. července. 2012. [cit. 2017-02-18]. Dostupné z <<http://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/podzimni-regulace-plevelu-v-repce>>

113. Van Gessel, M. J., Johnson, Q. R., Scott, B. A. 2017. Effect of Application Timing on Winter Wheat Response to Metribuzin. *Weed Technology*. 31. 94-99.
114. Vasil, I. K. 1996. Phosphinothricin-resistant crops. In: Duke, S. O. (ed.). *Herbicide resistant crops*. CRC Press, Boca Raton, Fla. 85–91.
115. Vaughn, K. C., Duke, S. O. 1991. Biochemical basis of herbicide resistance. *Chemical Plant Protection* 7. 141–169.
116. Vencill, W. K. (ed) 2002. *Herbicide handbook* 8th ed. Weed Science Society of America. Lawrence. Kans. p. 493.
117. Webb, D. 2002. Herbicide Formulation and Delivery. In: Naylor R. E. L. (ed.). *Weed Management Handbook*. British Crop Protection Council Blackwell Science. Oxford. p. 171-198. ISBN: 0-632-05732-7.
118. Wehrmann, A., Van Vliet, A., Opsomer, C., Botterman, J., Schulz, A. 1996. The similarities of bar and pat gene products make them equally applicable for plant engineers. *Nature Biotechnology*. 14. 1274–1278.
119. Winkler, J., Neischl, A., Smutný, V. 2016. Plevelé v jarním ječmeni a způsoby jeho pěstování. *Agromanuál*. 11 (3). 12-15.
120. WSSA. Weed Science Society of America - Herbicide Mechanism of Action (MOA) Classification List. [online]. WSSA. 9. listopadu 2016. [cit. 2017-02-18]. Dostupné z <<http://wssa.net/wp-content/uploads/WSSA-Herbicide-MOA-20160911.pdf>>
121. Zimdahl, R. L. 2007. *Fundamentals of weed science*. 3rd ed. Elsevier. Colorado. p. 666. ISBN: 978-0-12-372518-9.
122. Zimolka, J. (ed.). 2006. *Ječmen formy a užitkové směry v České republice*. ProfiPress. Praha. s. 200. ISBN: 80-86726-18-5.

9 Přílohy

Seznam příloh:

Příloha 1 Použité herbicidy a smáčedlo v ozimé pšenici.

Příloha 2 Použité herbicidy a smáčedlo v jarním ječmeni.

Příloha 3 Denní úhrn srážek od 29. října 2015 do 12. listopadu 2015 (EPOST pšenice).

Příloha 4 Průměrná denní teplota od 29. října 2015 do 12. listopadu 2015 (EPOST pšenice).

Příloha 5 Denní úhrn srážek od 31. března 2016 do 14. dubna 2016 (JARO pšenice).

Příloha 6 Průměrná denní teplota od 31. března 2016 do 14. dubna 2016 (JARO pšenice).

Příloha 7 Denní úhrn srážek od 25. dubna 2016 do 9. května 2016 (ječmen).

Příloha 8 Průměrná denní teplota od 25. dubna 2016 do 9. května 2016 (ječmen).

Příloha 9 Pokusu s výdrolem CL řepky v pšenici (fotografie).

Příloha 10 Pokus s výdrolem konvenční řepky v pšenici (fotografie).

Příloha 11 Výdrol řepky při podzimní aplikaci (5. 11. 2015) (fotografie).

Příloha 1 Použité herbicidy a smáčedlo v ozimé pšenici.

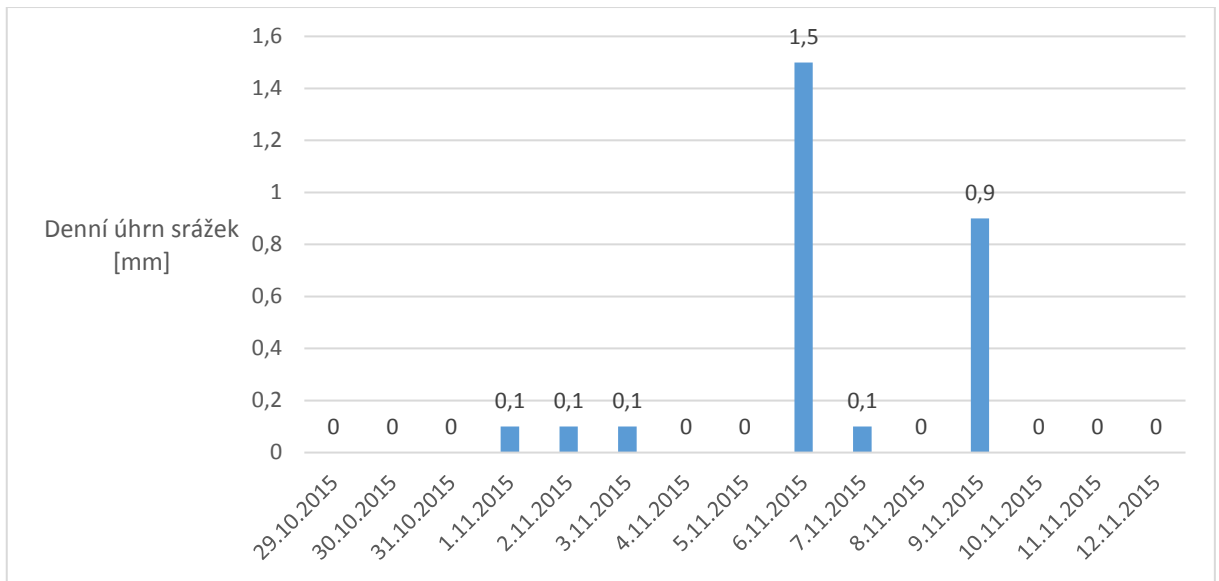
Přípravek	Formulace přípravku	Obsah účinné látky: g.kg ⁻¹ , g.L ⁻¹ , %	Výrobce	HRAC
Biathlon 4D	WG	tritosulfuron - 714 g, florasulam - 54 g	BASF	B, B
Bizon	SC	penoxsulam - 15g, florasulam - 3,75g, diflufenican - 100 g	Dow Agro Sciences	B, B, F1
Cougar Forte	SC	diflufenican - 280 g, flufenacet 280 g	BAYER	F1, K3
Dash HC (smáčedlo)	EC	methylester kys. palmitové a olejové - 37,5 %, kys. olejová - 5 %, polyalkylester kys. fosforečné- 22,5 %	BASF	/
Glean 75 WG	WG	chlorsulfuron - 75 %	Du Pont	B
Husar Active	OD	idosulfuron-methyl-Na - 10g, 2,4-D - 377 g, mefenpyr-diethyl 30 g (safener)	BAYER	B, O
Legato Plus	SC	diflufenican - 100 g, isoproturon - 500 g	Adama	F1, C2
Sencor Liquid	SC	metribuzin – 600 g	BAYER	C1
Mustang	SE	florasulam - 6,25 g, 2,4-D - 300 g	Dow Agro Sciences	B, O
Mustang Forte	SE	2,4-D - 180g, aminopyralid - 10 g, florasulam - 5 g	Dow Agro Sciences	O, O, B
Protugan 50 SC	SC	isoproturon - 500 g	Agan Chemical Manufactures	C2

Sekator OD	OD	iodosulfuron-methyl-Na - 25 g, amidosulfuron - 100 g	BAYER	B, B
Sumimax	WP	flumioxazin - 500 g	Sumi Agro	E
Trinity	SC	diflufenican - 40 g, pendimethalin - 300 g, chlortoluron - 250 g	Adama	F1, K1, C2

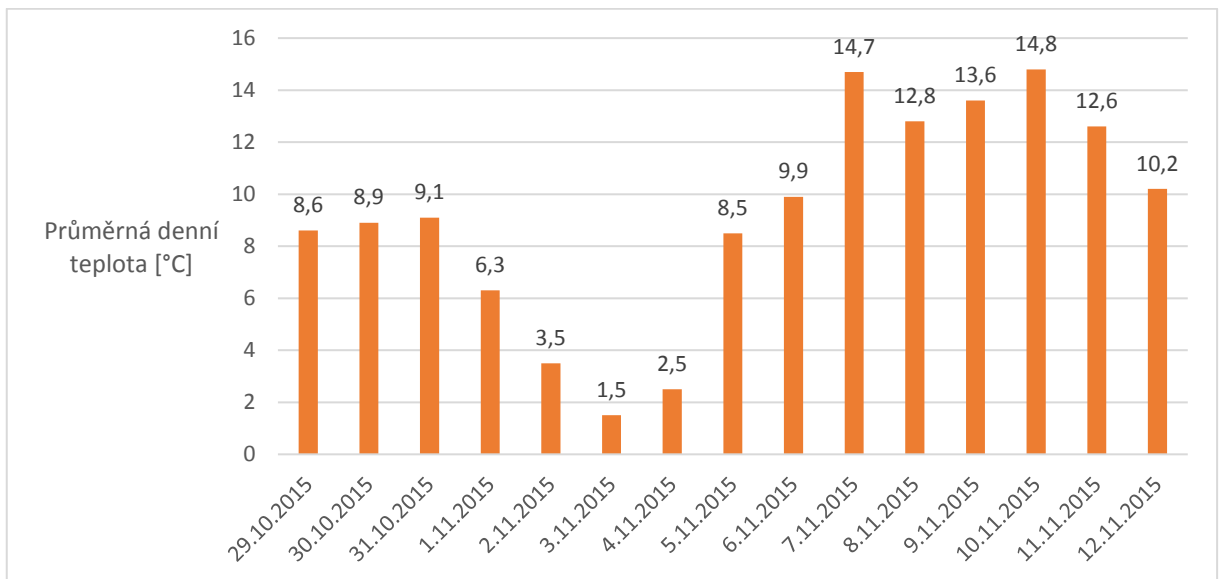
Příloha 2 Použité herbicidy a smáčedlo v jarním ječmeni.

Přípravek	Formulace přípravku	Obsah účinné látky: g.kg ⁻¹ , g.L ⁻¹ , %	Výrobce	HRAC
Biathlon 4D	WG	tritosulfuron - 714 g, florasulam - 54 g	BASF	B, B
Biplay SX	SG	metsulfuron-methyl - 110 g, tribenuron-methyl - 222 g	Du Pont	B, B
Dash HC (smáčedlo)	EC	methylester kys. palmitové a olejové - 37,5 %, kys. olejová - 5 %, polyalkylester kys. fosforečné- 22,5 %	BASF	/
Mustang	SE	florasulam - 6,25 g, 2,4-D - 300 g	Dow Agro Sciences	B, O
Mustang Forte	SE	2,4-D - 180g, aminopyralid - 10 g, florasulam - 5 g	Dow Agro Sciences	O, O, B
Sekator OD	OD	iodosulfuron-methyl-Na - 25 g, amidosulfuron - 100 g	BAYER	B, B
Starane 250 EC	EC	fluroxypyr - 250 g	Dow Agro Sciences	O

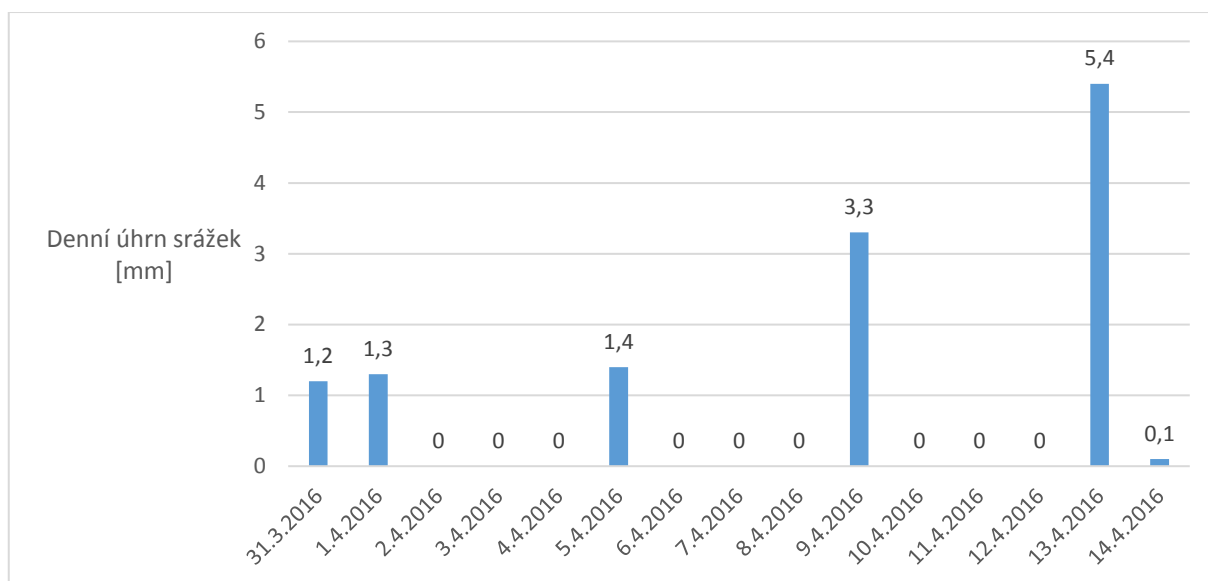
Příloha 3 Denní úhrn srážek od 29. října 2015 do 12. listopadu 2015 (EPOST pšenice).



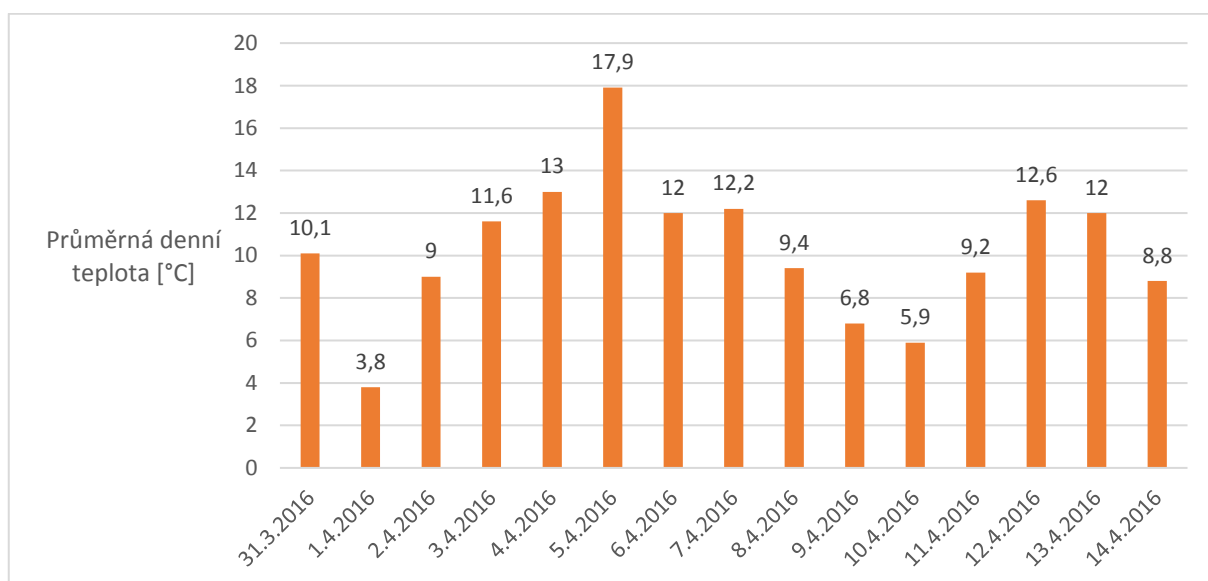
Příloha 4 Průměrná denní teplota od 29. října 2015 do 12. listopadu 2015 (EPOST pšenice).



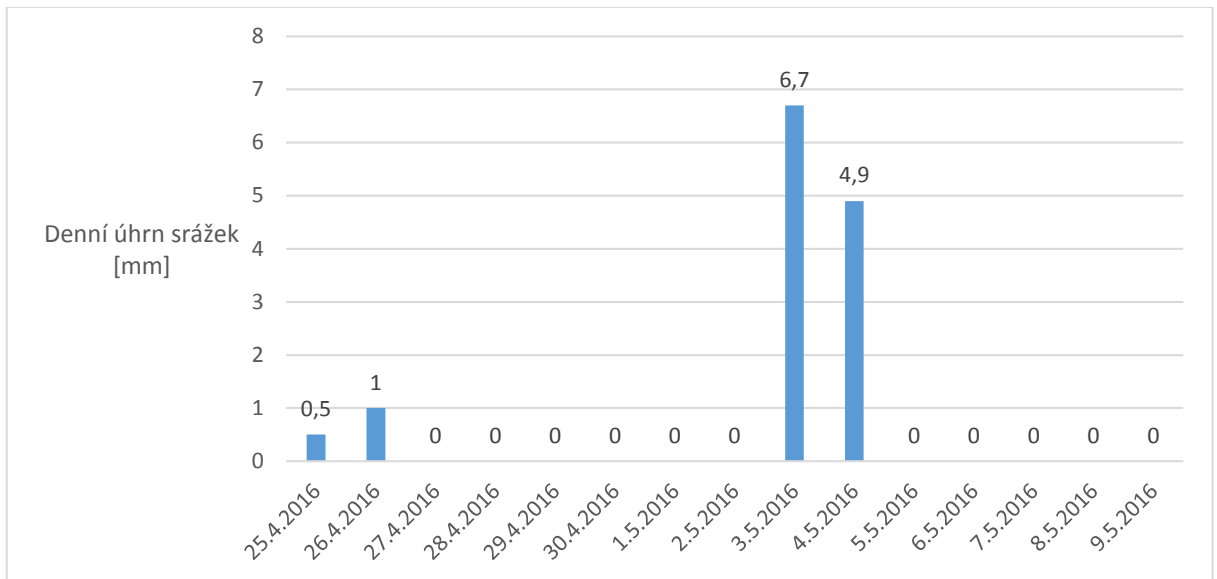
Příloha 5 Denní úhrn srážek od 31. března 2016 do 14. dubna 2016 (JARO pšenice).



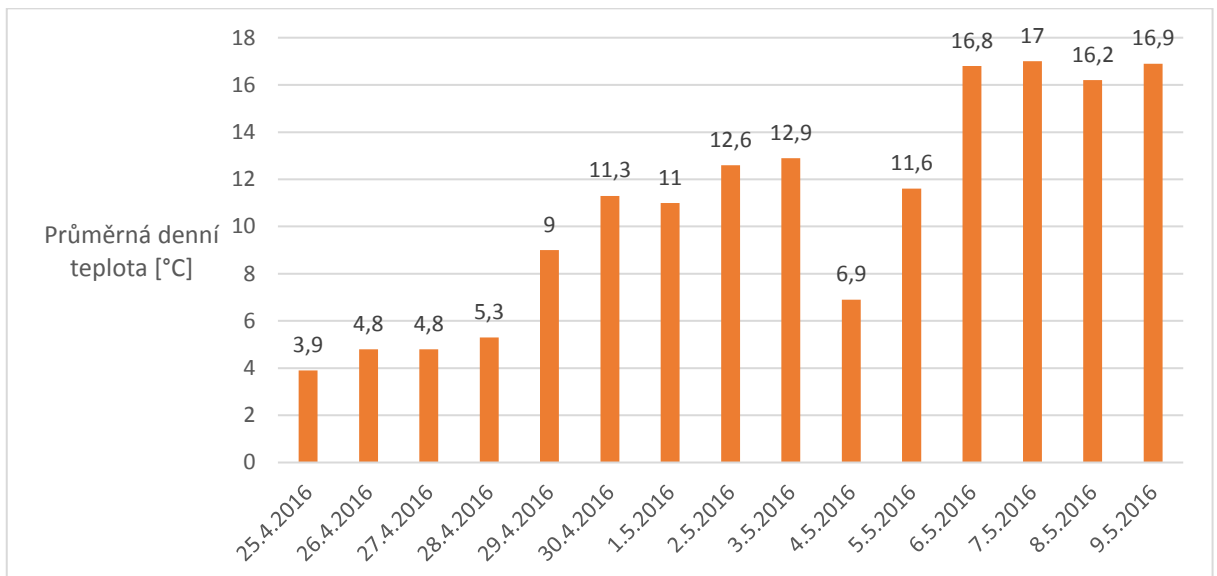
Příloha 6 Průměrná denní teplota od 31. března 2016 do 14. dubna 2016 (JARO pšenice).



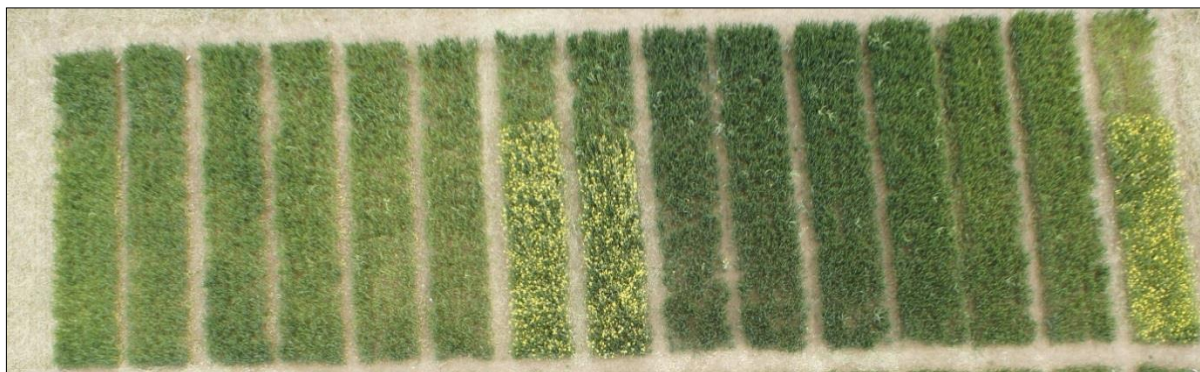
Příloha 7 Denní úhrn srážek od 25. dubna 2016 do 9. května 2016 (ječmen).



Příloha 8 Průměrná denní teplota od 25. dubna 2016 do 9. května 2016 (ječmen).



Příloha 9 Pokusu s výdrolem CL řepky v pšenici – vpravo jsou varianty ošetřené na podzim, vlevo jsou varianty ošetřené na jaře {foto dron (doc. Ing. Milan Krouhlík, Ph.D.)}.



Příloha 10 Pokus s výdrolem konvenční řepky v pšenici – vpravo jsou varianty ošetřené na podzim, vlevo jsou varianty ošetřené na jaře {foto dron (doc. Ing. Milan Krouhlík, Ph.D.)}.



Příloha 11 Východ řepky při podzimní aplikaci (5. 11. 2015) (foto Ing. Veronika Fendrychová).

