

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Demonstrační a experimentální pracoviště**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Přínosy a rizika technologie Conviso Smart v cukrové řepě**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Josef Kučera**

**Obor studia: Výživa a ochrana rostlin**

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

**© 2021 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Přínosy a rizika technologie Conviso Smart v cukrové řepě" 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 26.4.2021

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Miroslavovi Jursíkovi, Ph.D. za trpělivost, vstřícný přístup a cenné rady při zpracování této práce, dále Ing. Luďkovi Procházkovi za precizní aplikaci herbicidů a studentům, kteří mi v rámci své praxe pomáhali.

# Přínosy a rizika technologie Conviso Smart v cukrové řepě

## Souhrn

V letech 2018 a 2019 proběhly na Demonstračním a pokusném pozemku Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské univerzity v Praze-Suchdol maloparcelkové pokusy. Cílem pokusů bylo posoudit účinnost technologie Conviso Smart oproti konvenčním způsobům regulace plevelů v porostech cukrové řepy. Testované herbicidy byly aplikovány ve 4 termínech.

Hodnocena byla herbicidní účinnost na bažanku roční (*Mercurialis annua*), ježatku kuří nohu (*Echinochloa crus-galli*), laskavec ohnutý (*Amaranthus retroflexus*), merlík bílý (*Chenopodium album*), plevelnou řepu (*Beta vulgaris*) a mračňák Theophrastův (*Abutilon theophrasti*). Na konci vegetace cukrové řepy byla hodnocena hmotnost nadzemní biomasy plevelů, reprodukční schopnost plevelů a výnos bulev.

Dělená dávka herbicidu Conviso One (0,5 + 0,5 l/ha) + Mero (1 l/ha) prokázala nejvyšší účinnost přes 97 % na všechny plevele. Neprůkazně nižší účinnost přes 96 % vykázal herbicid Conviso One v dělené dávce bez adjuvantu. Průkazně nižší účinnost pod (90 %) byla zaznamenána v roce 2018 po jednorázovém ošetření herbicidem Conviso One (1,0 l/ha) za suchých podmínek (nadprůměrná teplota a nízký úhrn srážek v průběhu května). Herbicidní kombinace Betanal Expert + Safari a Betanal maxxPro + Goltix Titan vykázaly nulovou účinnost na plevelnou řepu a došlo k masivní reprodukci (10 000 - 75 000 kloubíčků/m<sup>2</sup>). Účinnost herbicidní kombinace Betanal maxxPro + Goltix Titan na mračňák Theophrastův byla velmi nízká až nulová, což vedlo k reprodukci podobného množství semen v obou letech (17 000 semen/m<sup>2</sup>).

Nejvyšší výnosy cukrové řepy (79-87 t/ha) byly dosaženy na parcelách bez plevelů nebo s výskytem pouze několika jedinců mračňáku Theophrastova u všech variant Conviso One a Conviso One + Mero ošetřené dělenou dávkou herbicidem Conviso One. Průkazně nižší výnos (45 t/ha) byl zaznamenán v roce 2018 po jednorázovém ošetření herbicidem Conviso One, na rozdíl od roku 2019 s výnosem 76 t/ha. Výnos cukrové řepy ošetřené konvekčními herbicidy se pohyboval od 12 do 29 t/ha.

**Klíčová slova:** cukrová řepa, účinnost herbicidů, adjuvanty, plevelná řepa, reprodukční schopnost plevelů

# Benefits and risks of Conviso Smart in sugar beet technology

## Summary

Two small-plot trials were carried out in the Demonstrational and experimental field of Faculty of Agrobiological Sciences, Food and Natural Resources, Czech University of Life Sciences at Prague in 2018 and 2019. The main aim of the trials was to evaluate the efficacy of the Conviso Smart sugar beet technology and compare this technology with conventional methods of weed control. The tested herbicides were used at four different application terms.

The herbicide efficacy against *Mercurialis annua*, *Echinochloa crus-galli*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, weed beet (*Beta vulgaris*) and *Abutilon theophrasti* was assessed shortly after canopy closure (second half of June). The weight of the above-ground weed biomass, seed production of the weeds and the tuber yield of sugar beet was evaluated at the end of the growing season (end of September).

The split application of the herbicide Conviso One (0.5 + 0.5 l/ha) with oil adjuvant Mero (1.0 l/ha) showed highest efficacy (more than 97%) against all tested weeds. Efficacy of split application of Conviso One herbicide without adjuvant was insignificantly lower (96-100%). Significantly lower efficacy was observed after one treatment of herbicide Conviso One (1.0 l/ha) during the dry growing season in 2018. Both conventional tank-mix (TM) combinations (Betanal Expert + Safari and Betanal maxxPro + Goltix Titan) did not control weed beet which led to the high reproduction of this weed (10,000 – 75,000 fruits/m<sup>2</sup>). Moreover, TM combination Betanal maxxPro + Goltix Titan herbicides showed very low efficacy against *A. theophrasti*. Seed production of *A. theophrasti* on this treatment was highest in both experimental years (17,000 seeds/m<sup>2</sup>).

The highest yields of the sugar beet (79-87 t/ha) were on the plots without weeds (split application of Conviso One). Significantly lower yield was observed after single application of Conviso One in 2018 (45 t/ha). In 2019, sugar beet yield was not reduced in this treatment (76 t/ha). The yield of the sugar beet on plots treated by conventional herbicides ranged between 12 and 29 t/ha.

**Keywords:** Sugar beet, herbicide efficacy, adjuvants, Beet, reproduction capability of weeds

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Vědecká hypotéza a cíle práce</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Cíl práce</b>	<b>2</b>
<b>2.2</b>	<b>Stanovené hypotézy</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Cukrová řepa (<i>Beta vulgaris</i>, ssp. <i>Esculenta</i>, var. <i>altissima</i>)</b>	<b>3</b>
<b>3.2</b>	<b>Technologie herbicidní tolerance (HT technologie)</b>	<b>6</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Komerčně dostupné HT v cukrové řepě</b>	<b>7</b>
3.2.1.1	CONVISO® SMART	7
3.2.1.2	Roundup Ready™	7
3.2.1.3	Liberty Link™	7
3.2.1.4	InVigor™	8
<b>3.2.2</b>	<b>Přínosy HT technologií v cukrové řepě</b>	<b>8</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Rizika HT technologií v cukrové řepě</b>	<b>9</b>
<b>3.3</b>	<b>Místo a mechanismus působení účinku herbicidů, které se používají v HT technologiích u cukrové řepy</b>	<b>10</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Inhibitory syntézy aminokyselin</b>	<b>10</b>
3.3.1.1	Inhibitory acetolaktát syntázy (ALS inhibitory)	11
3.3.1.2	Inhibitory 5-enolpyruvylšikimát-3-fosfát syntáza	15
3.3.1.3	Inhibitory glutamin syntetázy (GS)	18
<b>3.4</b>	<b>Herbicidní ochrana</b>	<b>20</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Selektivita herbicidů</b>	<b>20</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Mechanismy selektivity</b>	<b>20</b>
3.4.2.1	Fyziologicky (enzymatická) podmíněná selektivita	20
3.4.2.2	Morfologicko – anatomicky podmíněná selektivita	21
3.4.2.3	Poziční selektivita	22
<b>3.4.3</b>	<b>Formulace herbicidů</b>	<b>22</b>
3.4.3.1	Pevné formulace	22
3.4.3.2	Kapalné formulace	23
3.4.3.3	Adjuvanty	24
<b>3.4.4</b>	<b>Příjem a translokace herbicidů v rostlině</b>	<b>26</b>
3.4.4.1	Kořenový příjem	26
3.4.4.2	Listový příjem	27
<b>3.5</b>	<b>Plevelné druhy v cukrové řepě</b>	<b>27</b>

3.5.1.1	Bažanka roční ( <i>Mercurialis annua</i> ).....	28
3.5.1.2	Ježatka kuří noha ( <i>Echinochloa crus-galli</i> ) .....	29
3.5.1.3	Laskavec ohnutý ( <i>Amaranthus retroflexus</i> ) .....	30
3.5.1.4	Merlík bílý ( <i>Chenopodium album</i> ) .....	31
3.5.1.5	Mračňák Theophrastův ( <i>Abutilon theophrasti</i> ).....	33
3.5.1.6	Řepa obecná ( <i>Beta vulgaris</i> ).....	34
<b>4</b>	<b>Metodika .....</b>	<b>36</b>
<b>4.1</b>	<b>Charakteristika polního pokusu .....</b>	<b>36</b>
4.1.1	Podmínky stanoviště.....	36
4.1.2	Povětrnostní a klimatická charakteristika .....	36
4.1.3	Zpracování půdy a hnojení.....	38
<b>4.2</b>	<b>Založení a průběh pokusu .....</b>	<b>38</b>
4.2.1	Charakteristika plodiny .....	38
4.2.2	Založení pokusu .....	38
4.2.3	Aplikace herbicidů.....	40
4.2.4	Hodnocení účinnosti herbicidů.....	41
4.2.5	Hodnocení reprodukční schopnosti plevelů .....	41
4.2.6	Hodnocení výnosu bulev.....	41
<b>5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>42</b>
<b>5.1</b>	<b>Hodnocení účinnosti herbicidů a reprodukční schopnosti plevelů.....</b>	<b>42</b>
5.1.1	Bažanka roční.....	42
5.1.2	Ježatka kuří noha .....	42
5.1.3	Laskavec ohnutý.....	43
5.1.4	Merlík bílý .....	44
5.1.5	Mračňák Theophrastův.....	45
5.1.6	Plevelná řepa .....	47
<b>5.2</b>	<b>Výnos bulev cukrové řepy.....</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>50</b>
<b>6.1</b>	<b>Účinnost herbicidů v cukrové řepě.....</b>	<b>50</b>
<b>6.2</b>	<b>Výnos cukrové řepy .....</b>	<b>51</b>
<b>7</b>	<b>Vyjádření k hypotézám.....</b>	<b>52</b>
<b>8</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>54</b>
<b>9</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>55</b>
<b>10</b>	<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>62</b>
<b>11</b>	<b>Seznam obrázků.....</b>	<b>I</b>

## 1 Úvod

Regulace plevelů v cukrové řepě patří k nejdůležitějším a zároveň nejsložitějším agrochemickým opatřením. Plevelé se mohou v porostu cukrovky velmi dobře uplatňovat a při nedostatečném potlačení, způsobují významné snížení výnosu a zároveň dochází k zamoření pozemku semeny plevelů. V následujících letech tato semena stěžují pěstování i dalších plodin v osevním sledu. Regulace plevelů v cukrové řepě je i nejdražší operací, v průměru stojí 7-8 000 Kč/ha a významně snižuje rentabilitu pěstování cukrové řepy.

V posledních letech také dochází ke stále častější restrikci účinných látek pesticidů, což výrazně omezuje regulace plevelů, a proto je třeba nacházet nové možnosti regulace plevelů, které budou dostatečně účinné. V cukrové řepě došlo během posledních 4 let k výraznému snížení sortimentu registrovaných herbicidů, reps. účinných látek herbicidů. Zejména zákaz úč. látky desmedipham v EU (2020) způsobil pěstitelům cukrové řepy velké problémy.

Východiskem z tohoto problému by mohla být nová technologie Conviso Smart, která byla registrována v ČR do cukrové řepy v roce 2019.



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

### **2.1 Cíl práce**

Posoudit přínosy a rizika Conviso Smart technologie v cukrové řepě. Dílčími cíli práce jsou:

- 1) Posouzení účinnosti herbicidu Conviso One na běžné plevele cukrové řepy při různém způsobu použití.
- 2) Posouzení reprodukční schopnosti plevelů v porostu cukrové řepy při různých způsobech regulace plevelů.
- 3) Posouzení vlivu efektivity herbicidního ošetření na výnos cukrové řepy.

### **2.2 Stanovené hypotézy**

- 1) Herbicid Conviso One dokáže efektivně potlačit většinu plevelů běžně se vyskytujících v cukrové řepě.
- 2) Reprodukční schopnost plevelů v porostu řepy je ovlivněna použitou strategií regulace plevelů.
- 3) Herbicidní strategie v cukrové řepě má vliv na výnos řepy.

### 3 Literární rešerše

#### 3.1 Cukrová řepa (*Beta vulgaris, ssp. Esculenta, var. altissima*)

Řepa je známá lidstvu jako krmná plodina již pět tisíc let, jako surovina pro výrobu cukru mnohem kratší dobu. V roce 1590 se podařilo francouzskému botanikovi Olivieru de Serresovi vylisovat z řepy sladkou šťávu, ale tento objev neměl žádné praktické využití, protože v dané době nebyla známa žádná technologie, umožňující praktické využití. O dvě stě let později, dokázal Franz Karl Achard vyšlechtit řepu, jejíž cukernatost dosahovala 5 až 6 procent, od roku 1799 se pak již řepě začíná říkat „cukrová“. (Smrčka et al. 2012). V roce 1829 byl v Kostelním Vydří uveden do provozu první průmyslový cukrovar v Čechách. Nejstarší dochovaný cukrovar u nás je v Dobrovicích, kde v roce 1831 proběhla první úspěšná řepná kampaň a od tohoto roku tento cukrovar nevynechal jedinou sezónu (Duffek 2011).

Cukrová řepa nalézá široké spektrum využití, nejen v cukrovarnictví, ale i v průmyslu zpracovávajícím produkty cukrovarnické výroby, například líh z melasy. Melasa a řízky byly také velmi dobrým krmivem. V dnešní době se zpracovává cukrová řepa na bioetanol a bioplyn (Pulkrábek et al. 2007).

Cukrová řepa je dvouletá plodina z čeledi merlíkovitých (*Chenopodiaceae*). Náleží do skupiny generativně množených semenných (bulevnatých) okopanin. Řepa je plodina dvouletá, pěstuje se však jeden rok, ve kterém po vysetí vytváří zásobní orgán - bulvu a listovou růžici (Jůzl & Elzner 2014).

Bulvou rozumíme celou zdužnatělou část, epikotyl (hlava), hypokotyl (krk) a radix (vlastní kořen). Hmotnost epikotyly tvoří 10 %, hypokotyly 15 % a zbytek připadá na radix. Hlava je horní část bulvy, ze které vyrůstají listy a spolu vytvářejí chrást. Obsahuje nejméně cukru z bulvy (pod 10 %) a nejvíce balastních látek. Krk tvoří přechod mezi hlavou a vlastním kořenem. Obsahuje nejvíce hojivých pletiv, která jsou důležitá po seříznutí hlavy, zabraňují vysokému výparu vody z buněk a udržují potřebný turgor. Vlastní kořen je spodní a největší část bulvy. Na kořeni jsou v podélném směru proti sobě dvě kořenové rýhy, ze kterých vyrůstají postranní kořínky (Benda 2000). Tvar bulvy je vřetenovitý, protáhlý, podobný kuželu, jehož vrchní část a boky jsou ztloustlé (Jůzl & Elzner 2014).

Listy jsou sestaveny v listové růžici (spirále) na hlavě bulvy. Během vegetace dochází k jejich obnově ze středu k okraji listové růžici. Listy cukrové řepy mají silné řapíky a velkou zvlněnou čepel. Mezi odrůdami cukrové řepy je výrazná morfologická variabilita listů, které

se liší tvarem, velikostí i počtem (Benda 2000). Rostlina vytvoří v průměru 44 až 55 listů za vegetaci. V době sklizně má 22 až 30 zelených listů (Jůzl & Elzner 2014).

Ve druhém roce vegetace vyrůstá z osy srdéčka hlavní lodyha. Květy jsou oboupohlavní s pěti zelenými okvětními lístky ze spodu srostlými. Prašníky dozrávají dříve než blizna a rostlina tím zabraňuje opylení vlastním pylem. Květenství je bohatě větvená lata, která kvete a dozrává postupně od zdola nahoru (Benda 2000).

Cukrová řepa vytváří soubor nepravých plodů (kulovitých nažek), uzavřených ve ztvrdlém, zaschlém okvětí, nazývané klubíčko. Stažený vrcholík je botanické označení pro klubíčko (*glomerulus*) květenství, které má zkrácenou osu (Jůzl & Elzner 2014). Klubíčko se skládá z více nažek (1-7) (Benda 2000).

Cukrová řepa vyžaduje velmi kvalitní a hluboké půdy. Kvalitní řepařská půda by měla mít optimální strukturu a pórovitost, nízkou objemovou hmotnost (pod  $1,45 \text{ g.cm}^{-3}$ ) a nízký penetrační odpor půdy (max. 3,5 MPa), příznivý vzdušný a vodní režim, neutrální až slabě alkalickou reakci s hodnotami pH 6,8 až 7,3. Obsah kvalitního humusu by půda měla mít minimálně 2-2,5 % a více. Pouze 23 % zemědělské půdy vyskytující se na území České republiky vede k maximální produkci cukrové řepy, a to v klimaregionech T3 (teplý, mírně vlhký) a T2 (teplý, mírně suchý) na půdních typech hnědozem, černoze, luvizem a fluvizem (Pulkrábek et al. 2007).

Cukrová řepa je velmi citlivá plodina, která velmi reaguje na nepříznivé vlivy počasí. Průměrná vegetační teplota vzduchu by měla být 7 až 9 °C s ročním úhrnem srážek 450 až 700 mm. Při výběru pozemků přihlížíme na sklonitost, která by neměla přesáhnout 3 %, z důvodu k náchylnosti na vodní a větrnou erozi (Chochola 2010).

V osevním sledu je čtyřletý odstup mezi řepami na poli únosným kompromisem mezi využitím nejlepší polí a fyto-sanitárními riziky. V současnosti se v České republice uplatňují dva základní osevní sledy:

- V podnicích s chovem skotu převládají osevní sledy s jetelovinou. V těchto sledech je cukrová řepa řazena mezi obiloviny a hnojena chlévským hnojem.
- V podnicích bez živočišné produkce jsou osevní sledy úzce specializovány. Zastoupení cukrovky zde může dosáhnout až 40 %, aniž by to mělo za následek snížení výnosu. Organické hnojení je řešeno zaorávkou slámy obilovin, řepného chrástu a strniskových meziplodin (na zelené hnojení). Doporučují se vybrané brukvovité druhy (rezistentní odrůdy (proti háďátku řepnému) ředkve olejné -

Ikarus a hořčice bílé - Salvo, Medicus) s antinematodním účinkem (Pulkrábek et al. 2007).

Nejvhodnějšími předplodinami jsou ozimé obiloviny, především ozimá pšenice. Řepa byla a je využívána jako vhodná předplodina pro sladovnický ječmen, ale špatně zaorávaný řepný chrást může zhoršit sladovnickou hodnotu jarního ječmene. Zcela nevhodné předplodiny jsou jetel, vojtěška a kukuřice. Po těchto předplodinách řepa hůře vzchází a snižuje její cukernatost a zvyšuje obsah melasotvorných látek (pozdní čerpání uvolňovaného dusíku z organických zbytků). Do osevního postupu není vhodné zařadit i řepku, hořčici (hostitelé háďátka) a kukuřici (šíření rizoktónie) (Chochola 2010). Cukrovou řepu mohou poškodit rezidua herbicidů, především sulfonylmočoviny a jim podobných látek. V předplodině by se proto herbicid s dlouhým reziduálním působením neměly používat (Jůzl & Elzner 2014).

Organické hnojení je velmi důležité. Nejvhodnější je chlévský hnůj v dávce 30-50 t/ha. K cukrové řepě můžeme aplikovat také kejda nebo lihovarnické výpalky (Pulkrábek et al. 2007). Řepa je náročná na všechny makrobiogenní prvky, zvláště na draslík, který čerpá v průběhu celé vegetace a ovlivňuje cukernatost. Z mikrobiogenních prvků nelze opomenout bór, který se uplatňuje při floémovém transportu sacharózy a při dalších procesech metabolismu cukrů. První příznaky nedostatku bývá hnědá skvrnitost až korkovitost, postupně pak odumírají srdéčkové listy a v hlavě bulvy se objevuje dutina neboli suchá srdéčkovitá hniloba (Bittner 2012).

Konkurenční schopnost cukrové řepy proti plevelům je na počátku vegetace velmi slabá. Vzhledem k širokořádkovému (obvykle 45 cm) pěstování dochází k zapojení porostu obvykle 6-8 týdnů po vysetí. Následně je konkurenční schopnost cukrovky poměrně vysoká a neumožní nově vzešlým plevelům konkurovat (Jursík et al. 2018).

V minulosti závažná poškození vzcházející cukrové řepy živočišnými škůdci (maločlenec, dřepčící, květilky, mšice) jsou dnes spolehlivě eliminována mořením osiva. V posledních letech, kdy se v EU zvažuje zákaz neonikotinových mořidel, může být poškození cukrové řepy živočišnými škůdci na počátku vegetace častější. Naopak na dospělých rostlinách až do sklizně živočišní škůdci nezpůsobují významnější škody (Kazda et al. 2010). Mezi nejvýznamnější živočišné škůdce cukrové řepy patří Háďátka řepné. V důsledku sání a fyzického stresu se snižuje účinnost kořenového systému, rostlina je menší, na kořenech se vytváří mnoho vláskovitých kořínků a je značně snížen výnos bulev. Z hlediska ochrany je třeba uplatňovat dostatečný odstup cukrovky v osevním sledu minimálně 4 roky (Bittner 2013). K dalším

škůdcům patří mšice. Po delším sáním mšic listy cukrové řepy zduřují, krouťí se, žloutnou a odumírají. Mšice mohou přenášet virové patogeny (např. virus žloutenky řepy, virus mozaiky řepy), které se projevují chlorózami, mozaikou, deformacemi listových čepelí a zmenšením bulvy (Kazda et al. 2010). Cerkosporová listová skvrnitost je nejškodlivější choroba v cukrové řepě. Příznakem choroby jsou malé skvrny s bílým nebo hnědým středem a hnědým okrajem. Při silnějším napadení skvrny splývají a usychají listy (Prokinová 2010).

### **3.2 Technologie herbicidní tolerance (HT technologie)**

Současné systémy regulace plevelů jsou založeny především na používání herbicidů. V současnosti existuje velké množství účinných látek a herbicidů. Vývoj a zavedení nového herbicidu je dlouhý a nákladný proces, který stojí společnosti i více než 200 milionů \$ a může trvat 10-12 let. Taková investice se vyplácí pouze u plodin celosvětově pěstovaných. Nově zavedené herbicidy musí vykazovat nejen dobrou účinnost na plevele a selektivitu k plodině, ale musí rovněž splňovat přísné ekotoxikologické požadavky. I tyto herbicidy mohou být stejně použity v omezeném počtu přirozeně tolerantních plodin a škála druhů plevelů regulovaných herbicidem je někdy omezená. To vyžaduje použití kombinací několika účinných látek, nebo rozdělení herbicidů do více aplikací (Jursík et al. 2010a).

Z výše uvedených důvodů se agrochemické společnosti zaměřily v posledních 30 letech na možnost použití stávajících účinných látek v plodinách, u kterých dosud nebylo možné tyto herbicidy použít z důvodu fytotoxicity. Vznikly tak nové technologie ochrany proti plevelům založené na herbicidní toleranci (HT). (Jursík et al. 2011a).

U některých herbicidů se podařilo konvenčními šlechtitelskými postupy vytvořit hybridy kukuřice, řepky, cukrové řepy, slunečnice aj. tolerantní k inhibitorům ze skupiny acetolaktát syntázy (ALS). Odrůdy odolné k širokospektrálním listovým herbicidům s účinnými látkami glyfosát a glufosinát amonný nešlo vytvořit přirozenými šlechtitelskými postupy, ale pouze genetickou modifikací (GM), kterou vznikly odrůdy kukuřice, sóji, řepky, cukrové řepy, aj. (Tan et al. 2006).

### **3.2.1 Komerčně dostupné HT v cukrové řepě**

#### **3.2.1.1 CONVISO® SMART**

Conviso Smart je nová technologie regulace plevelů v cukrové řepě, založená na odrůdách odolných k herbicidům inhibující acetolaktát syntetázu (ALS). Herbicidní tolerance vznikla konvenčními šlechtitelskými metodami. Dříve bylo používání inhibitoru ALS v cukrové řepě omezeno kvůli citlivosti této plodiny vůči většině účinných látek z této skupiny (Löbmann et al. 2019).

V technologii Conviso Smart se používá nový širokospektrální herbicid Conviso One, obsahující dvě účinné látky foramsulfuron a thiencarbazon-methyl. Účinná látka foramsulfuron je rostlinou přijímána přes listy a vykazuje vysokou účinnost proti trávovitým i dvouděložným plevelům. Thiencarbazon-methyl je přijímán kořeny i listy plevelů. V půdě má tato účinná látka relativně dlouhou perzistenci, což omezuje vzcházení plevelů po aplikaci (Balgheim et al. 2016).

#### **3.2.1.2 Roundup Ready™**

Roundup Ready™ technologie je založená na odrůdách tolerantních ke glyphosate, který inhibuje 5-enolpyruvylšikimát-3-fosfát syntázu. V cukrové řepě je vnesen gen CP4 z půdní bakterie z rodu *Agrobacterium*. Blíže popsáno v kapitole 3.3.1.2.

V roce 2007 byla tato technologie uvedena na trh ve Spojených státech amerických a během dvou let došlo k jejímu masovému rozšíření na 95 % všech řepných ploch (Dillen et al. 2013).

#### **3.2.1.3 Liberty Link™**

Liberty Link™ technologie je založená na odrůdách tolerantních ke glufosinate, který inhibuje glutanim syntetázu.

Tolerance ke glufosinate byla vytvořena vnesením genu fosfotricin N-acetyltransferáza (PAT) z půdní bakterie *Streptomyces viridochromogenes* do cukrové řepy (isaaa.org) Blíže popsáno v kapitole 3.3.1.3

Neomycin fosfotransferáza II je selekční gen izolovaný z transpozonu Tn5 *Escherichie coli*. Selekční gen uděluje transgenním rostlinám toleranci vůči antibiotiku neomycin. Neomycin je aminoglykosidové antibiotikum, které je toxické jak pro rostlinné, tak

pro živočišné buňky produkované bakterií *Streptomyces fradiae*. Vazbou na ribozomální podjednotku inhibuje syntézu proteinů (Miki & McHugh 2004).

V porostech Liberty Link™ cukrové řepy se používají herbicidy Basta®, Rely®, Finale® a Liberty®, která obsahují účinnou látku glufosinate amonium (isaaa.org).

#### **3.2.1.4 InVigor™**

InVigor™ technologie je založená na odrůdách se speciální herbicidní tolerancí k inhibitorům 5-enolpyruvylšikimát-3-fosfát syntázy. V cukrové řepě jsou vneseny geny CP4 z půdní bakterie z rodu *Agrobacterium* a GOX z bakterie *Oxhrobactrum anthropi* způsobující toleranci k herbicidu glyfosát. (isaaa.org) Blíže popsáno v kapitole 3.3.1.2.

#### **3.2.2 Přínosy HT technologií v cukrové řepě**

Zavedení HT technologií v cukrové řepě přineslo několik výhod. Největším přínosem je především vysoká selektivita používaných herbicidů v plodině. Herbicidy, vůči kterým je vytvářena odolnost, často působí na velmi široké spektrum plevelů včetně těch nejodolnějších. To vede ke zjednodušení herbicidní ochrany, poněvadž volba herbicidu je předem daná a na pěstiteli je pouze volba dávky a termínu aplikace (Jursík et al. 2011a).

S HT technologiemi se často používá minimalizační technologie zpracování půdy, neboť používaný herbicid často dobře reguluje vytrvalé plevely (pýr plazivý) a působí i v případě vyššího podílu posklizňových zbytků na povrchu půdy (Dill et al. 2008). Minimalizační způsoby zpracování půdy zvyšují množství organického uhlíku (ve formě zbytků plodin), který je uložen v půdě (Brookes & Barfoot 2006).

Nižší počet aplikací herbicidů, a tím i menší počet přejezdů snižuje utužení půdy a spotřebu pohonných paliv. To vede i k nižším emisím oxidu uhličitého do ovzduší. (Brookes & Barfoot). Brookes a Barfoot (2006) odhadli, že používání všech HT technologií na celém světě v roce 2005 vedlo ke snížení emisí oxidu uhličitého a potenciální dodatečné sorpci uhlíku v půdě, což představuje přibližně emise 4 miliónů automobilů.

Přijetí těchto technologií vede k celkovému snížení výrobních nákladů spojených s regulací plevelů, snížením počtů přejezdů a úsporám času a práce (Dill et al. 2008).

Dillen et al. (2013) uvádí, že zavedení geneticky modifikované (GM) cukrové řepy snížilo dopad herbicidů na životní prostředí o 40 % a snížilo náklady v průměru 257 \$/ha.

### 3.2.3 Rizika HT technologií v cukrové řepě

HT technologie mají také stinné stránky. Největší riziko je dlouhodobé používání herbicidů se stejnou účinnou látkou, především v takových osevních sledech, kde dochází k častému zařazování jedné plodiny. To vede k posunu plevelných společenstev ve prospěch druhů, které jsou k těmto herbicidům méně citlivé, nebo k vývoji rezistentních populací plevelů (Jursík et al. 2011a). Další environmentální riziko je přenos (introgrese) genu. Jedná se o přenos specifické genetické informace do genomu organismu, pro něhož je informace cizí. K introgresi dochází přirozenou cestou křížení. Některé geny typické pro kulturní rostliny jsou nalézány v planě rostoucích příbuzných rostlinách. K introgresi genu může dojít křížením mezi plevelem a plodinou. Riziko k introgresi genu je velmi malé, pouze u blízce příbuzných planě rostoucích druhů je míra tohoto rizika vyšší (Gressel 2005).

Největší riziko přenosu genu pylem je mezi cukrovou řepou a její původní planou formou (*Beta vulgaris. Ssp. Maritima*) vyskytující se v oblasti jejího přirozeného prostředí v jihozápadní Francii. V této oblasti může dojít při množení cukrové řepy ke vzniku kříženců s rezistencí k herbicidům a následně mohou kontaminovat půdu i osivo (Desplanque et al. 2002; Gressel 2005).



### **3.3 Místo a mechanismus působení účinku herbicidů, které se používají v HT technologiích u cukrové řepy**

#### **3.3.1 Inhibitory syntézy aminokyselin**

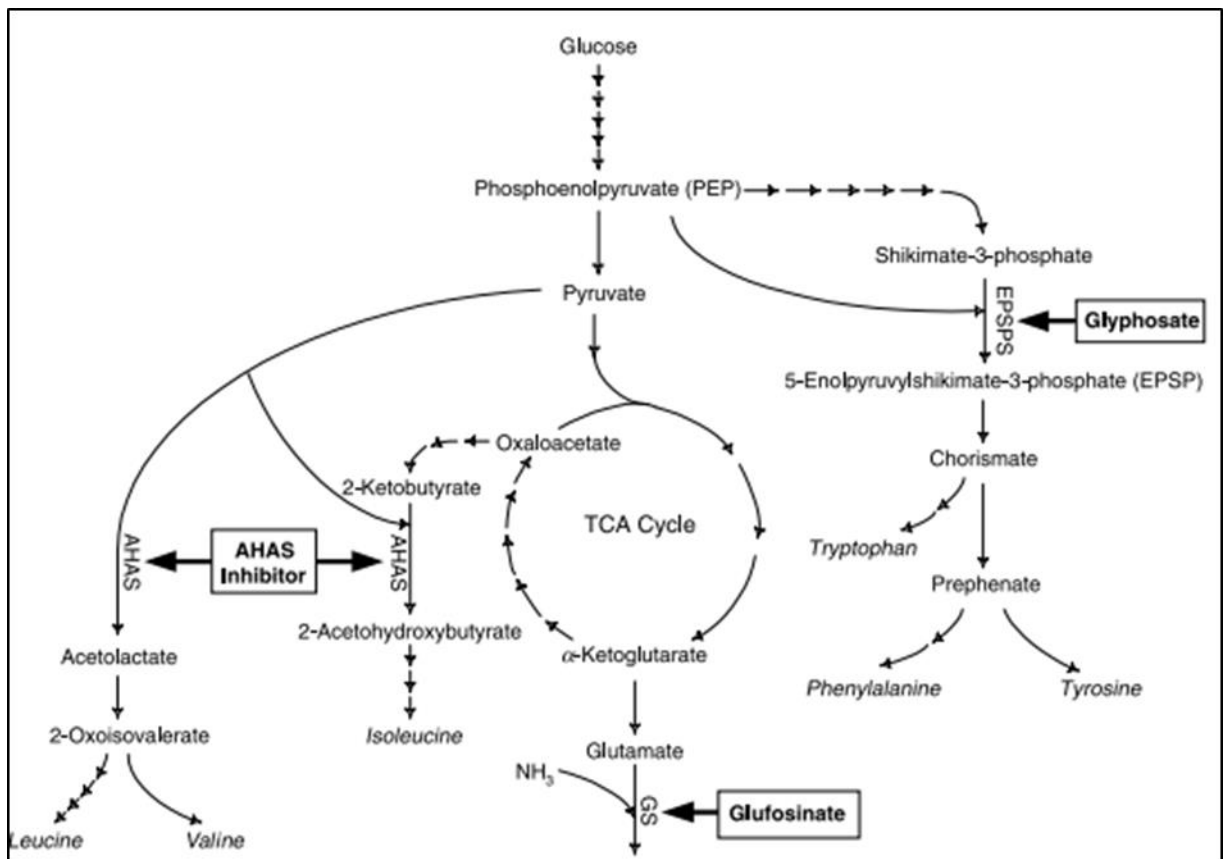
Biosyntéza aminokyselin zaujímá v metabolismu rostlin významné místo. Protože je těsně spjata s dalšími metabolickými pochody např. fotosyntézou, asimilací amoniaku, fotorespirací, syntézou purinových a pyrimidinových bází, alkaloidů aj. převážná část biosyntetických pochodů, počínaje biosyntézou aminokyselin, probíhá za světla v chloroplastech, a proto se zde také nacházejí cílové enzymy této herbicidní skupiny (Jursík et al. 2010b).

Pro rostliny je jeden z nejdůležitějších zdrojů dusík přijímán v podobě nitrátů. Nitráty jsou po příjmu kořeny v cytoplazmě redukovány na nitrily a dále v chloroplastech až na amoniak, který je ve vyšších koncentracích pro rostlinu toxický. Amoniak je zabudován do kyseliny glutamové, glutaminu a eventuálně i do dalších aminokyselin transaminací oxokyselin (Taiz et al. 2015).

Aminokyseliny jsou složky proteinů a jako takové jsou nezbytné pro enzymatické i strukturní funkce. Rostliny si umí syntetizovat všechny aminokyseliny pro svoji potřebu na rozdíl od lidí a zvířat, kteří je musí získávat z potravy. Herbicidy inhibují biosyntézu těchto aminokyselin, a proto vykazují jen minimální aktuální toxicitu pro živočichy, včetně člověka. Herbicidy používané s tímto mechanismem účinku jsou používány od počátku 70. let (Naylor 2002).

Tři hlavní enzymy, které se daří efektivně inhibovat herbicidy: glutamin syntetáza (GS), 5-enolpyruvylšikimát-3-fosfát syntáza (EPSPS) a acetolaktát syntáza (ALS) (Bender 2002). ALS inhibuje široké spektrum účinných látek označovaných jako inhibitory ALS. EPSPS inhibuje glyfosát a glutamin syntetázu inhibuje glufosinát amonný (Tan et al. 2006).

Druhotným následkem zablokování těchto enzymů herbicidy je potlačeno i mnoho dalších biochemických reakcí, což vede k nedostatku esenciálních organických látek účastnících se buněčného dělení v meristematických pletivech a pokračuje omezením transportu asimilátů vodivých pletiv (floémem) a zastavení růstu (Jursík et al. 2011b).

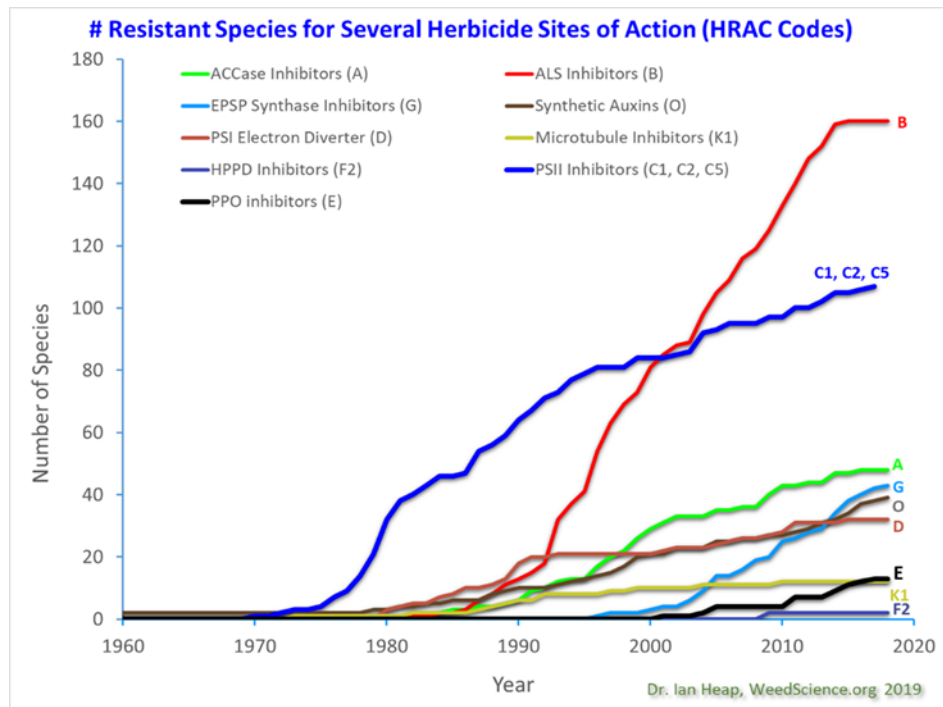


**Obrázek 1:** Dráha biosyntézy aminokyselin s rozvětveným řetězcem, aromatických aminokyselin a glutaminu v rostlině ukazují tři enzymy, které jsou inhibovány inhibitory biosyntézy aminokyselin (Tan et al. 2006). TCA Cycle = cyklus trikarboxylových kyselin, též Krebsův.

### 3.3.1.1 Inhibitory acetolaktát syntázy (ALS inhibitory)

ALS inhibitory jsou širokou skupinou strukturně odlišných herbicidů, které působí inhibiči enzymu acetolaktát syntázy, také označovány jako acetohydroxyacid syntáza (AHAS) (Cobb & Reade 2010).

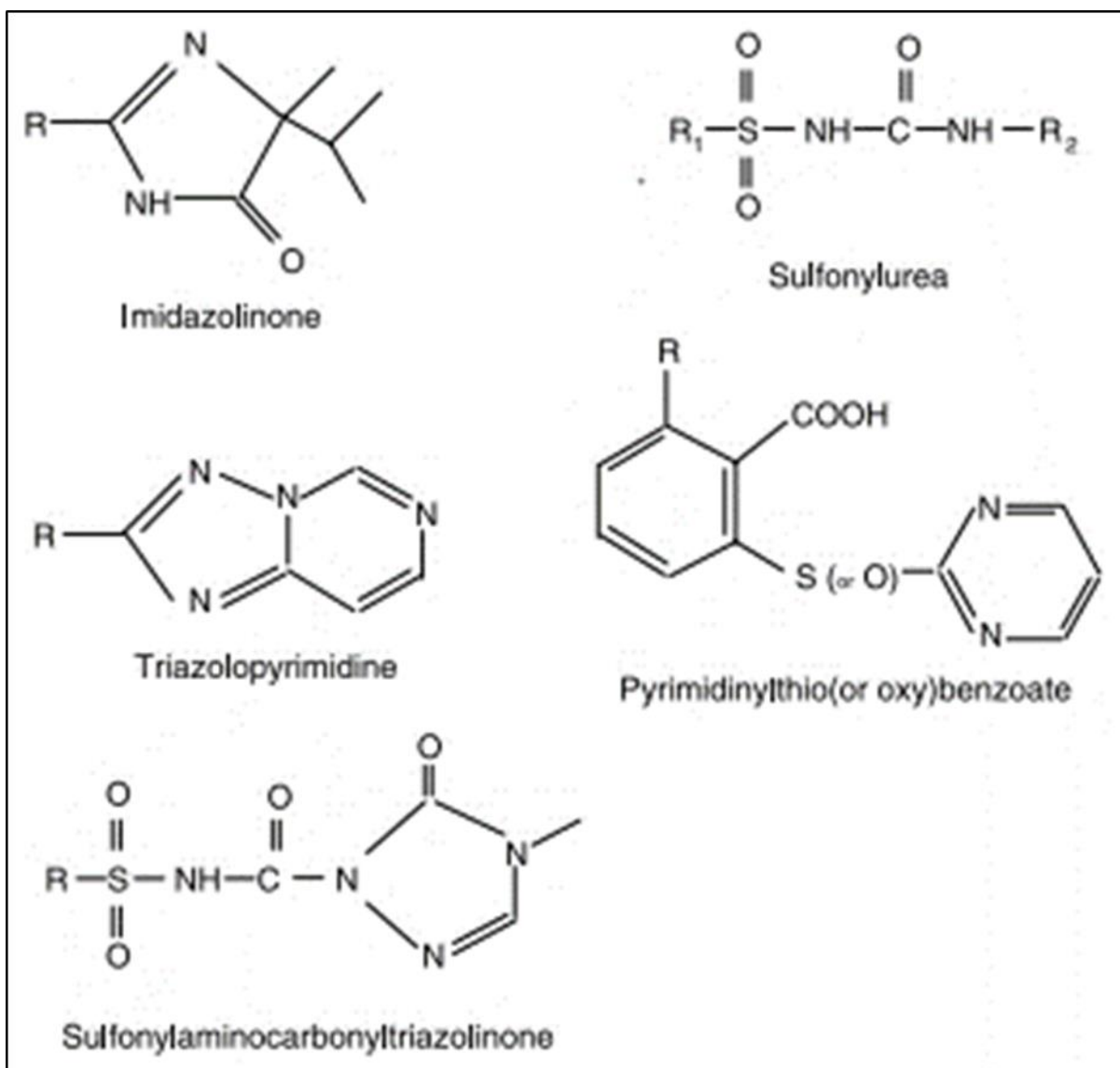
Objev herbicidů inhibujících ALS byl významný v historii vědy zabývající se regulací plevelů. V roce 1982 došlo ke komerčnímu zavedení prvního herbicidu (chlorsulfuronu) inhibující acetolaktát syntázu. Chlorsulfuron je používán k regulaci plevelů v obilninách dodnes (Cobb & Reade 2010). Tyto herbicidy jsou používány ve velmi nízkých dávkách (v gramech na hektar), na rozdíl od jiných starších herbicidů, které se používaly v kilogramech na hektar (Tranel & Wright 2002). Tyto herbicidy byly používány za přínos pro regulaci plevelů, a to z důvodů jejich širokého spektra působení i použití, často také reziduálního působení, širokého aplikačního okna a dobrého ekotoxikologického profilu (Mazur & Falco 1989).



**Obrázek 2:** Přehled počtu rezistentních plevelů k různým inhibitorům (<http://weedsience.com/>).

Na sklonku osmdesátých a devadesátých let došlo k velkému nárůstu rezistence vůči herbicidům. Zejména populace plevelů rezistentních k herbicidům inhibující ALS velmi rychle narůstala a na konci století byla rezistence k těmto herbicidům zaznamenána u nejvíce druhů plevelů (Tranel & Wright 2002).

Acetolaktát syntáza je klíčovým enzymem při biosyntéze esenciálních rozvětvených aminokyselin valinu, leucinu a isoleucinu. Tento enzym katalyzuje dvě reakce ve zmíněné biosyntéze. Při konjugaci dvou molekul pyruvátu vzniká 2-acetolaktát, který je prekurzorem valinu a leucinu. Stejný enzym konjuguje molekulu pyruvátu s kyselinou  $\alpha$ -ketomáselnou za vzniku 2-acetohydroxymáselné kyseliny, která je prekurzorem isoleucinu (Gaston 2001). Na druhé straně, produkované aminokyseliny fungují jako zpětná vazba regulátoru aktivity ALS. Acetolaktát syntáza je nukleárně kódovaný protein, který je transportován do plastidů, kde nastává primární biosyntéza aminokyselin s rozvětveným řetězcem (Tranel & Wright 2002).

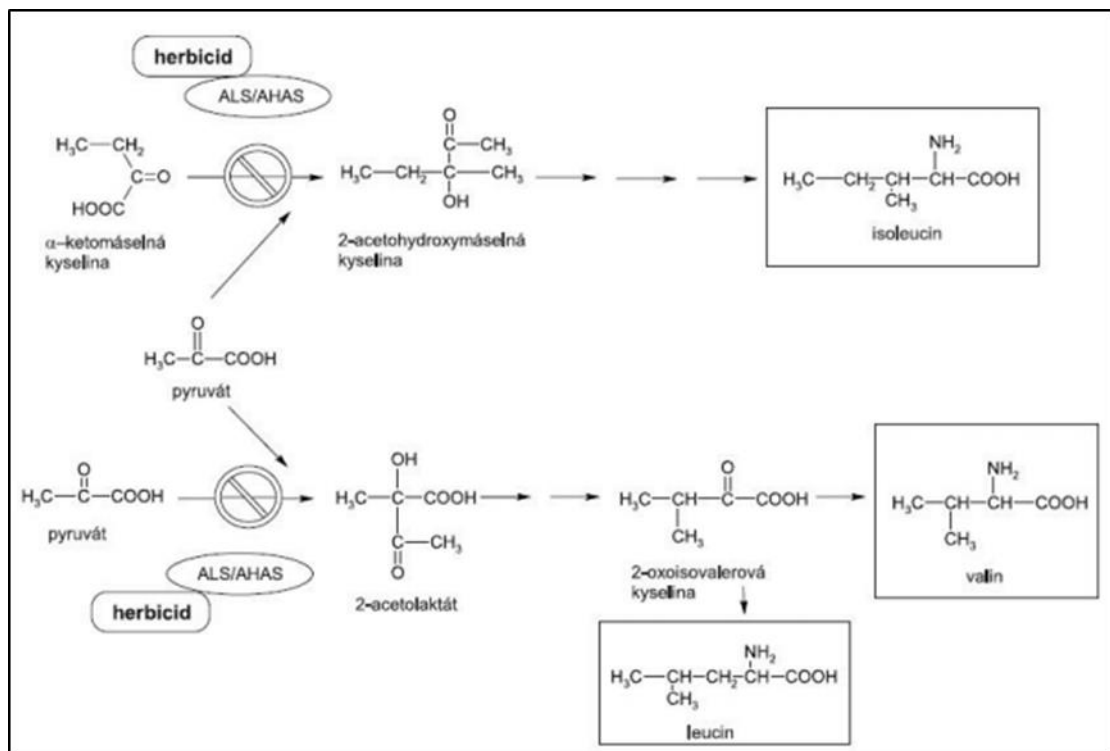


**Obrázek 3:** Molekulární struktury jednotlivých skupin ALS inhibitorů (Tan et al. 2006).

Zablokováním funkce ALS se okamžitě zastavuje tvorba aminokyselin a poté i tvorba proteinů. Druhotným důsledkem je inhibice syntézy DNA a úplného zastavení buněčného dělení v dělivých pletivech a následně dochází k omezení transportu asimilátů vodivými pletivy a definitivní zastavení růstu. Přestože k inhibici růstu dochází okamžitě po aplikaci ALS inhibitorů, viditelné projevy poškození na rostlině se ukáží až za několik dní. Po vyčerpání zásob dochází k zastavení růstu, později ke žloutnutí, především mladých listů mezi nervaturou. Některé rostliny mohou mít fialově zbarvené listy ze spodní strany, zejména u řepky nebo trávovitých plevelů. Nakonec zasychá vegetační vrchol. Při nízkých dávkách je účinek viditelný po uplynutí 3 až 4 týdnů. Nemusí vždy dojít k odumření plevelů ale pouze k zastavení růstu a následně nejsou schopny konkurovat kulturní plodině (Jursík et al. 2010c).

ALS inhibitory jsou dobře rozváděny xylémem i floémem na místo působení tedy i do vegetačního vrcholu. Některé sulfonylmočoviny mají pohyb cévními svazky omezený a působí na plevely pouze lokálně, tedy pouze ve velmi raných růstových fázích, a to 2, resp. 6 pravých listů. (Jursík et al. 2011b).

Existuje pět chemických skupin, které blokují ALS. Jsou to sulfonylmočoviny, imidazolinony, triazolpyrimidiny, sulfonylaminokarbonyl-triazolinony a pyrimidynylthiobenzoáty (Cobb & Reade 2010).



**Obrázek 4:** Schématické znázornění místa působení ALS inhibitorů (Jursík et al. 2010c)

### 3.3.1.1.1 Sulfonylmočoviny

Sulfonylmočoviny jsou nejvýznamnější skupinou ALS inhibitorů. Staly se co do počtu registrovaných účinných látek v současnosti nejpoužívanější herbicidní skupinou s více než třiceti účinnými látkami (Jursík et al. 2011b).

ALS inhibitory lze využít k ochraně proti plevelům v mnoha plodinách, největší uplatnění však nacházejí v obilninách. Zde mohou být použity preemergentně (chlorsulfuron), časně postemergentně (chlorsulfuron, triasulfuron, iodosulfuron), největší uplatnění však nalezneme při jarním ošetření (iodosulfuron, sulfosulfuron, amidosulfuron, tribenuron, amidosulfuron, metsulfuron aj.). (Košnarová et al. 2011). Často jsou také kombinované přípravky se dvěma sulfonylmočoviny, nebo sulfonylmočovinou a růstovým herbicidem,

tyto přípravky většinou pokrývají velmi široké plevelné spektrum, včetně odolnějších druhů. Velmi významně se sulfonylmočoviny uplatňují také v kukuřici, kde se používají při postemergentní regulaci trávovitých a dvouděložných plevelů (foramsulfuron, nicosulfuron, rimsulfuron). Některé sulfonylmočoviny lze také použít k regulaci plevelů v bramborách (rimsulfuron), cukrové řepě (triflusulfuron) a v zahraničí také v některých zeleninách (Jursík et al. 2010c). Pro dosažení vysoké účinnosti je obvykle třeba sulfonylmočovinné herbicidy aplikovat společně se adjuvancem (doporučené výrobcem), který zvyšuje a urychluje příjem přípravku (platí především pro WG formulace), nebo opačným případem se účinnost snižuje a odrostlejší plevelné trávy a plevele tvořící silnější voskovou vrstvičku (merlík bílý) nemusí být uspokojivě potlačeny (Jursík et al. 2011b).

Prakticky všechny herbicidy sulfonylmočovinné jsou přijímány listy, mohou však být přijímány i kořeny. Příklad z půdy je limitován rozdílnou rychlostí degradace v půdě, která je poměrně rychlá, ale značně rozdílná u jednotlivých účinných látek. Poločasy rozkladu se pohybují od několika dnů, až po několik týdnů. Rychlá degradace probíhá při vyšší teplotě a vlhkosti a na lehkých půdách s nižším pH. Účinné látky jsou ve formě aniontů sorbovány především organickou hmotou, zvláště při vyšší hodnotě pH půdy, což může způsobovat problémy s pěstováním následných citlivých plodin (řepka, hořčice, cukrová řepa, slunečnice a čočka) (Soukup 2005).

Sulfonylmočoviny je dlouhodobě používaná skupina herbicidů. To vedlo u některých druhů plevelů k vyvinutí rezistence vůči těmto herbicidům, a to u některých už po třech letech používání (Zimdahl 2018). V České republice je na orné půdě nejzávažnějším problémem rezistence chundelky metlice (*Apera spica-venti*) (Košnarová et al. 2011).

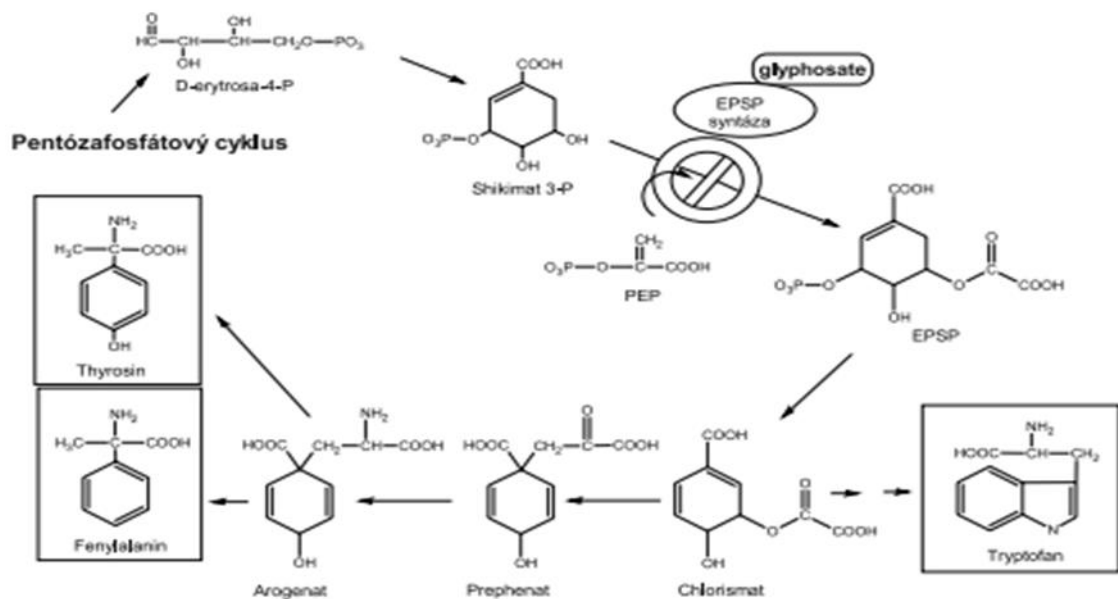
### **3.3.1.2 Inhibitory 5-enolpyruvylšikimát-3-fosfát syntáza**

Enzym 5-enolpyruvylšikimát-3-fosfát se podílí na biosyntéze aromatických aminokyselin tryptofanu, fenylalaninu a tyrosinu a také vede k syntéze četných sekundárních metabolitů rostlin. Přibližně 20 % uhlíku, který je vázán zelenými rostlinami, jde přes šikimátovou cestu s významným počtem konečných produktů fenylopropanoidového metabolismu (flavonoidy, ligniny, auxiny, antokyany, alkaloidy a kumariny) (Cobb & Reade 2010).

Glyfosát interferuje s biosyntézou aromatických aminokyselin inhibicí EPSP syntázy. Vazebná místa PEP a glyfosátu na EPSP syntáze jsou úzce překryta. Glyfosát je kompetitivní

s ohledem na PEP ve vazbě na EPSP syntázu, ale nekompetitivní vůči šikimát-3-fosfát (S-3-P) (Tan et al. 2006).

Cobb & Reade (2010) uvádí, že glyfosát se neváže na aktivní místo EPSP syntázy, ale váže se na možné alosterické místo s malou afinitou k volnému enzymu, což má za následek strukturální změny v aktivním místě a brání vazbě PEP na enzym. Vazba glyfosátu tak snižuje nebo blokuje katalytickou aktivitu EPSP syntázy a způsobuje omezenou syntézu aromatických aminokyselin. Rostliny přicházejí o aminokyseliny tryptofan, fenylalanin, tyrosin a sekundární produkty ze šikimátové cesty a následně hynou (Tan et al. 2006).



**Obrázek 5:** Znázornění primárního působení EPSP inhibitorů (glyfosát) (Jursík et al. 2018).

### 3.3.1.2.1 Glyfosát

Glyfosát (N-fosfonomethylglycin) je hlavní neselektivní postemergentní herbicid. Jeho úspěch spočívá ve velmi rychlé degradaci v půdě, širokém pleveľném spektru působení, nízké toxicitě pro necílové organizmy a výrazné systematické působení, takže lze regulovat vytrvalé plevele (Cobb & Reade 2010).

Glyfosát je přijímán rostlinami hlavně listy. Rychlost příjmů listů se značně liší mezi jednotlivými druhy, což představuje některé rozdíly v citlivosti vůči glyfosátu mezi druhy pleveľů. Glyfosát je zaváděn cévními svazky, zejména k místům se zvýšenou metabolickou aktivitou, mezi něž patří dělivá pletiva v růstových vrcholech stonků a kořenů, zásobní orgány a další aktivně rostoucí tkáně nebo orgány. Účinkuje relativně pomalu, čímž je zajištěn jeho transport i do podzemních částí rostlin (Duke & Powles 2008) a umožňuje zasažení

podzemních meristémů, hlíz, oddenků, a dalších zásobních orgánů, které mohou regenerovat, po odumření nadzemní části (Nandula 2010).

Rostliny ošetřené glyfosátem mohou umírat až tři týdny v závislosti na metabolické aktivitě rostliny. Pomalé působení je způsobeno určitými zásobami rostlin aminokyselinami, a tudíž se první příznaky poškození glyfosátem projevují celkem pomalu (Naylor 2002). Rostliny zasažené glyfosátem okamžitě zastavují tvorbu aminokyselin a dalších produktů, ale první chlorózy se začnou objevovat až po několika dnech. Rostlinná pletiva začínají nekrotizovat a následně umírat. U některých druhů způsobuje glyfosát antokyanové zbarvení listů (Jursík et al. 2011b). Enzym EPSPS se vyskytuje pouze u rostlin, a tedy glyfosát má velmi nízkou toxicitu pro savce a další organizmy (Naylor 2002). Vzhledem k mikrobiální degradaci v půdě má glyfosát poměrně krátký poločas rozpadu v prostředí. Glyfosát také není těkavý, takže nedochází ke znečištění atmosféry (Duke & Powles 2008).

### **3.3.1.2.2 Plodiny tolerantní ke glyfosátu**

Zatím se nepodařilo klasickými konvekčními šlechtitelskými postupy vytvořit toleranci ke glyfosátu u žádné plodiny. Proto byly vytvořeny geneticky modifikované plodiny s genem tolerance ke glyfosátu (Tan et al. 2006). Enzym EPSPS používají pouze rostliny, bakterie a některé houby. Živočichové si aromatické aminokyseliny syntetizovat nedokážou a přijímají je z potravy (Ondřej & Drobník 2002).

Podle Ondřeje a Drobníka (2002) existují tři typy transgenů podmiňující rezistenci ke glyfosátu:

1. Transgen pro enzym EPSP, který řídí výraznou nadprodukcí zmíněného enzymu (klonované geny z *Petunie* a *Arabidopsis*).
2. Transgen pro enzym EPSP, který kóduje modifikovaný enzym EPSP (geny klonované z bakterií *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Agrobacterium tumefaciens* a z rostlin *Petunie hybrida*).
3. Transgen pro glyfozát oxidoreduktázu (GOX), který dokáže herbicid rychle detoxikovat (klonováno z bakterie *Achromobacter*).

1. První typ transgenů pro toleranci ke glyfosátu způsobuje nadprodukcí EPSP, aby bylo v buňce dostatek molekul EPSP za předpokladu, že veškerý glyfosát bude vázán na EPSP a stále zbýval dostatek enzymu EPSP ke katalytické aktivitě (Ondřej & Drobník 2002). Modifikován byl



gen EPSP petúnie, k němuž byl připojen základní 35 S-promotor. Transgen má 20 až 40krát zvýšenou aktivitu EPSP a zregenerované rostliny tolerovaly čtyřikrát větší množství glyfosátu (Řepková 2013).

cDNA z petúnie byla použita jako sonda pro klonování genu z *A. thaliana* a ten byl spojen s 35 S-promotorem a znovu vnesen do *A. thaliani*. Rostliny poté vykazovaly zvýšenou toleranci ke glyfosátu (Klee et al. 1987). Tento transgen je však pro šlechtění nevhodný, protože tyto rostliny byly ke glyfosátu dostatečně tolerantní. Pravděpodobně se glyfosát shromažďoval ve vegetačních vrcholech a tam je ani zvýšené množství enzymu nedokázalo plně navázat a došlo ke zpomalení růstu (Ondřej a Drobník 2002).

2. GM plodiny, které jsou tolerantní vůči glyfosátu, jsou produkovány inzercí genu kódující EPSP syntázu necitlivou ke glyfosátu, který je získán z půdní bakterie *Agrobacterium*, nazývaný CP4. Původní EPSP syntáza je tímto způsobem sice inhibována, ale vnesená bakteriální EPSP syntáza je glyfosátem neovlivněná, což rostlině umožňuje stále syntetizovat aromatické aminokyseliny a další metabolity, které jsou výsledkem šikimátové cesty (Cobb & Reade 2010). Protein CP4-EPSP tolerantní vůči glyfosátu se skládá z jednoho polypeptidu se 455 aminokyselinami. Jeho aminokyselinová sekvence je ze 48,5-59,3 % podobná a z 20,3-41,1 % identická s nativní EPSP syntázou rostlin a bakterií (Tan et al. 2006). CP4 je mutantní forma EPSP syntázy, která má na pozici 100 výměnu glycinu za alanin, což vede k velmi vysoké toleranci ke glyfosátu (Cobb & Reade 2010).

3. Třetí strategií pro toleranci ke glyfosátu představuje vnesení transgenů pro enzym, který daný herbicid dokáže rychle metabolizovat. Rostliny takový enzym nemají, a proto musely být tyto geny vneseny z některých mikroorganismů (*Achromobacter*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter* aj.) Z bakterie *Achromobacter* byl klonován gen GOX, který kóduje glyfozát oxidoreduktázu podílející se na aminometylfosfonátové biodegradční dráze (Tan et al. 2006).

### **3.3.1.3 Inhibitory glutamin syntetázy (GS)**

Glutamin syntetáza je nejdůležitější enzym v metabolismu dusíku, který asimiluje jak amoniak produkovaný nitrátovou reduktázou, tak i amoniak produkovaný fotorespiračními a deaminačními reakcemi. Tento důležitý enzym se nachází jak v cytoplazmě, tak v chloroplastech (v zelené tkáni převládá forma chloroplastů) a mitochondriích (Naylor 2002). Existují dva způsoby zabudování amoniaku a vznik aminokyseliny. Při vyšších koncentracích

$\text{NH}_4^+$  je funkční glutamát dehydrogenáza, která katalyzuje reakce  $\text{NH}_4^+$  s kyselinou  $\alpha$ -ketoglutarovou a následně dojde ke vzniku kyseliny glutamové. Účinnější je nicméně glutaminoxoglutarát amido transferáza (GS/GOGAT). Narušení této reakce vede k velkému nahromadění amoniaku v buňce (Jursík et al. 2018). Ten je pro rostlinu toxický a došlo by k poškození buněčné membrány, především tylakoidní. To by vedlo k inhibici fotosyntézy a rozpadu chloroplastů (Naylor 2002).

#### **3.3.1.3.1 Glufosinát amonný**

Glufosinát amonný je neselektivní, postemergentní, širokospektrální listový herbicid bez reziduální půdní aktivity, který inhibuje glutamin syntetázu. Primární účinek glufosinátu je zavedení GS a nahromadění amoniaku v buňce, který je pro rostliny toxický. Dochází k poklesu fotosyntetické aktivity a během několika dní se objevují chlorózy na listech, později nekrózy a odumírají pletiva. Vyšší účinnost bývá dosahována při vyšší intenzitě slunečního záření, vysoké vzdušné a půdní vlhkosti a vysoké teplotě (zvýšená akumulace toxického amoniaku) (Soukup 2005).

#### **Plodiny tolerantní ke glufosinátu**

Metabolismus většiny rostliny detoxikuje glufosinát příliš pomalu. Genetickou manipulací byl do některých plodin vložen cizí gen kódující fostinotricin N-acetyltransferáza (PAT) nebo basta N-acetyltransferáza (BAR), který rychle detoxikuje glufosinát a zabraňuje mu dosažení cíle. K získání tohoto genu byly využity půdní mikroorganismy tolerantní vůči glufosinátu. První gen ze *Streptomyces viridochromogenes* nazývající se PAT a druhý ze *Streptomyces hygroscopicus* nazývající BAR. Geny BAR a PAR jsou strukturně a funkčně stejné a mají srovnatelnou účinnost (Green & Owen 2011).

V devadesátých letech byly vyvinuty první plodiny tolerantní ke glyfosinátu. Kukuřice, řepka olejná, sója a cukrová řepy byly vyrobeny pod názvem Liberty Link. Dnes už má téměř každá plodina transformovaný gen BAR nebo PAT, protože tyto geny jsou vynikající selekční markery pro transformaci rostlin (Duke et al. 2002).

## 3.4 Herbicidní ochrana

### 3.4.1 Selektivita herbicidů

Vlastnost herbicidu umožňující cílené použití herbicidů k regulaci plevelů v porostu kulturní plodiny, aniž by došlo k jejímu výraznějšímu poškození (fytotoxicitě) (Soukup 2005). Selektivita je funkce tří faktorů: absorpce, translokace a metabolismu (Reade & Cobb 2002).

Mezi herbicidy existují rozdíly v míře selektivity, která se nejčastěji vyjadřuje tzv. kvocientem selektivity ( $Q_s$ ), který je dán poměrem efektivní dávky herbicidu, v jejímž důsledku dochází k 10 % poškození plodiny, vztaženo k dávce potřebné k zajištění 90 % účinnosti na plevely. 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 rozdíl hodnot těchto dávek vyšší a kvocient nabývá větších hodnot. Většina herbicidů používaných v zemědělství je selektivní, ale selektivita je pouze relativní hodnota a závisí na mnoha faktorech, především na růstové fázi a habitusu rostliny, absorpce a translokace účinné látky, dávky a formulace herbicidu, termín aplikace, podmínky prostředí atd. (Zimdahl 2018). I tolerantní druhy mohou být k herbicidu vnímavé, pokud je jeho dávka vysoká. Naopak i při dodržení aplikačních zásad se mohou především za nepříznivých povětrnostních či půdních podmínek nebo u deficitních porostů vyskytnout příznaky fytotoxicity, jejichž projev závisí na druhu použité účinné látky a podmínkách při aplikaci. Slabé projevy fytotoxicity bývají poměrně běžné a po odeznění (několika dnů až týdnů) většinou nemají vliv na výnos plodiny. (Soukup 2005).

### 3.4.2 Mechanismy selektivity

#### 3.4.2.1 Fyziologicky (enzymatická) podmíněná selektivita

Jedná se o nejběžnější způsob selektivity, který je založen na fyziologických a biochemických odlišnostech rostlinných druhů. Nejvýznamnější fyziologicky podmíněné selektivity jsou:

**Rychlá degradace herbicidu.** Enzymatická degradace je nejvýznamnější způsob, jakým se plodiny chrání před účinkem herbicidů. Odolná plodina má schopnost metabolizovat herbicid rychleji, než dosáhne místa působení, zatímco citlivé plevely herbicid metabolizovat

nedovedou, nebo metabolizují příliš pomalu a odumírají dříve, než jej inaktivují (Soukup 2005). Metabolismus herbicidu v rostlině je složitý proces, který se rozděluje do tří fází. Před první fází může docházet u herbicidů k bioaktivaci. Řada herbicidů se aplikuje v neaktivní formě, aby snadněji prošly skrze kutikulu a následně se v rostlině enzymaticky aktivují (bioaktivace). V první fázi je herbicid enzymaticky degradován. Změní se tím jeho chemická struktura a stává se neaktivní. Při druhé fázi dochází ke konjugaci herbicidu nebo jednoho z jeho metabolitů s jinou molekulou, obvykle s cukry nebo deriváty aminokyselin. V některých případech (pokud je vysoce polární) může být konjugován přímo aktivní herbicid. Následně je produkt přesunut z cytoplazmy do vakuol, kde dochází ke štěpení (třetí fáze) nebo vázán na buněčnou stěnu (Reade & Cobb 2002).

**Mírná strukturální odlišnost cílového enzymu.** Herbicid se nemůže navázat na cílový enzym plodiny, neboť vazebné místo tohoto enzymu je strukturálně odlišné a cílový enzym nemůže být herbicidem blokován (Andr 2011).

**Nadprodukce cílového enzymu,** na který má herbicid působit, nepostačuje koncentrace herbicidu v pletivech odolného druhu (plodiny) k zablokování veškerého množství cílového enzymu (Andr 2011).

Enzymatická podmíněná selektivita je typická pro ALS nebo PS II inhibitory (Soukup 2005).

#### **3.4.2.2 Morfologicko – anatomicky podmíněná selektivita**

Kulturní plodiny se mohou od plevelů velmi morfologicky či anatomicky lišit (Soukup 2005).

Vyšší přilnavost kapének postřikové jíchy k povrchu rostliny, zvyšuje průnik herbicidu. Přilnavost postřikových kapének k povrchu listu závisí na velikosti kapének a jejich polaritě, dávce postřikové jíchy, formulaci přípravku a pomocných látkách (Hess & Falk 1990).

Průniku herbicidu do rostliny může také bránit postavení listů nebo jejich povrch, na kterém se mohou nacházet trichomy či vosková vrstvička kutikuly (Soukup 2005). Vosková vrstvička odpuzuje polární látky a kapičky tak snadněji stékají z listu. Listy cibule a máku mají mohutnou voskovou vrstvičku, ale po silném dešti, který narušuje voskovou vrstvičku, lze herbicidy použít nejdříve 2 až 3 den. V opačném případě účinnost některých herbicidů může být za sucha snížena, obzvláště u plevelů tvořících silnou voskovou vrstvu na povrchu listu (merlík bílý) (Jursík et al. 2011b).

Selektivitu herbicidů významně ovlivňuje i umístění meristematických (dělivých) pletiv, která se u dvouděložných rostlin nacházejí ve vegetačních vrcholech na okrajích listů, zatímco u jednoděložných jsou ukryty v listových pochvách. Morfologicko – anatomicky podmíněná selektivita je typická pro syntetické auxiny (růstové herbicidy) (Soukup 2005).

#### **3.4.2.3 Poziční selektivita**

Tento typ selektivity spočívá v rozdílné zóně kořenového příjmu účinné látky mezi plevelem a kulturní plodinou. Poziční selektivita bývá často využívána u preemergentních herbicidů (Soukup 2005).

Plevelné druhy tvořící malá semena se nacházejí ve sféře působení herbicidu 1-2 cm (herbicidní film na povrchu půdy), zatímco plodina či plevele ve větší hloubce nejsou herbicidem plně zasažena nebo nejsou schopny jej přijímat kořeny. Rizikem jsou vysoké srážky po aplikaci nebo v raných růstových fázích plodiny, které mohou proplavit účinnou látku herbicidu do hlubších vrstev, kde se nachází kořínky plodiny a způsobit jí fytotoxicitu. Větší riziko proplavení herbicidu je na lehčích půdách, které mají nižší sorpci (Soukup 2005).

#### **3.4.3 Formulace herbicidů**

Účinné látky vykazují vynikající biologickou účinnost v extrémně malých dávkách (Matthews 2014), ale aby mohly být uvedeny na trh, musí být formulovány do takové podoby, aby si udržely své vlastnosti a mohly být použity. Proto herbicid kromě účinné látky obsahuje ještě inertní složku a případně další chemické složky (Zimdahl 2018). Úkolem těchto složek je zlepšit dispergační vlastnosti účinné látky, usnadnit dávkování a mísitelnost s dalšími pesticidy, zvýšit stabilitu a bezpečnost při manipulaci a skladování a zajistit bezpečnost herbicidu k životnímu prostředí (Jursík et al. 2018).

Nejčastější formulace u herbicidů. Formulace dělíme na pevné a kapalné:

##### **3.4.3.1 Pevné formulace**

**Smáčitelné prášky WP** jsou jednou z nejstarších formulací. Obsah účinné látky bývá 10-80 % a zbytek tvoří inertní plnivo a další složky. Prachové částice se vyrábí mletím na jednotnou velikost. Plnivo brání agregaci během skladování a usnadňuje práci. Problém smáčitelných prášků je komplikované dávkování, rozpouštění, sedimentace, zbytky na obalech, abraze v ústrojích postřikovače a nebezpečí vdechnutí prášku.

**Granule dispergovatelné ve vodě WG.** Odstraňují některé nedostatky smáččitelých prášků, ale jejich výroba je technologicky náročnější i dražší. Účinná látka se váže na inertní pojivo a její obsah bývá 20-90 %. Výhodou je snížená prašnost, levnější balení, snadnější dávkování a vytváření stálé disperze.

### 3.4.3.2 Kapalná formulace

**Emulgovatelné koncentráty EC.** Obsahují 10-70 % účinné látky rozpustné v jednom nebo více organických rozpouštědlech a 5-10 % emulgátoru. Po přidání do vody obvykle tvoří neprůhlednou nebo mléčně zbarvenou kapalinu. Výhoda je snadná manipulace, dávkování, mále zbytky v obalech a snadná kombinovatelnost přípravků. Z důvodu jejich hořlavosti a střebávání pokožkou byly dříve používané uhlovodíky (xylen), nahrazeny zdravotně přijatelnými látkami, jakými jsou např. alkyláty rostlinných olejů. Tato rozpouštědla jsou však obvykle dražší a často méně účinná. Tyto vlastnosti rozpouštědel vedly k nahrazování za CE formulace (koncentrovaná emulze EW-emulze oleje ve vodě a WO-emulze vody v oleji).

**Roztoky SL** jsou jedny z nejstarších formulací herbicidů. Koncentrace účinné látky bývá obvykle 20-50 %. Kromě účinné látky je v produktu obsaženo rozpouštědlo a součástí bývají adjuvanty nebo barviva. Výhodou roztoků je snadné rozpouštění, stálost koncentrace v nádrži a nízká abrazivita. Nevýhodou bývá nižší fyzikální i chemická stálost účinné látky po rozpuštění.

**Suspenzní koncentráty SC** jsou jemně rozemleté pevné částice účinné látky, které jsou nerozpustné a tvoří s vodou směs. Často jsou součástí adjuvanty se zvlhčujícím disperzním účinkem, antisedimentační látky, zahušťovadla nebo rozpouštědla. Koncentrace účinné látky bývá 20-50 %. Problém je udržet stálost při skladování a výskyt usazenin ve filtrech.

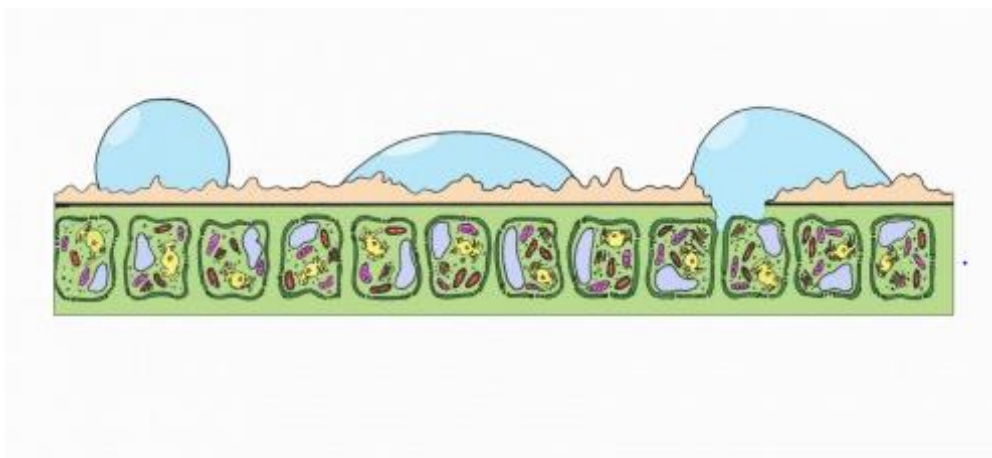
Specifickým suspenzním koncentrátem je OD formulace (olejová disperze). Jedná se o suspenzi s vysokým obsahem olejových látek.

**Suspoemulze SE** je kombinace, kdy je v koncentrované emulzi obvykle dispergována látka pevná (kombinace CE a SC formulace). V herbicidu může být tedy formulována jedna i více účinných látek. Obsah účinné látky bývá 20-70 %. Předností je vysoká emulzní stálost a dobrá disperze po smíchání s vodou v nádrži postřikovače.

Autoři: (Webb 2002; Matthews 2014; Jursík et al. 2018)

### 3.4.3.3 Adjuvanty

Přídavné látky, jejímž úkolem je zefektivnění herbicidního ošetření, tedy snížení dávky herbicidu, při současném udržení či zvýšení biologické účinnosti a selektivity, a tím možné snížení finančních nákladů a zvýšení výnosu. Adjuvanty zvyšují pokrývnost, retenci, penetraci a snižují ztráty herbicidu způsobené deštěm (Matthews et al. 2014). Adjuvanty bývají buď rovnou zabudované v přípravku, nebo se přimíchávají do postřikové jíchy. (Webb 2002). Vždy je ale třeba dbát pokynů uvedených na etiketě, aby přidáním neověřeného adjuvantu nedošlo k poškození plodiny (Zimdahl 2018).



**Obrázek 6:** Znárodnění vlivu smáčedla a olejového adjuvantu na kapénky postřiku a narušení ochranných bariér na povrchu listu (Venclová 2016).

Adjuvanty představují velmi různorodou skupinu látek, přičemž jejich členění je složité, neboť ovlivňují obvykle několik fyzikálně-chemických vlastností postřikové jíchy. Jursík et al. (2018) rozděluje adjuvanty z hlediska funkce na aktivátory a látky upravující vlastnosti postřikové jíchy.

#### 3.4.3.3.1 Aktivátory

Látky zvyšující účinnost herbicidu tím, že zvyšují a urychlují jeho příjem, zvyšují pokrývnost postřikové jíchy a zvyšují přilnavost postřikových kapének. Jursík et al. (2018) rozděluje aktivátory na:

##### 3.4.3.3.1.1 Smáčedla

Smáčedla (surfaktanty, povrchově aktivní látky) zvyšují biologickou účinnost herbicidů tím, že zvýší smáčivost postřikové kapaliny a zlepšují pokrytí cílového povrchu. Tím zlepšují a urychlují penetraci účinné látky povrchovými vrstvami rostlin (Miller & Westra 1998). Vliv

smáčedel na příjem herbicidů je významný při použití velmi nízkých dávek (pod 100 l/ha) postřikové jichy (Ramsdale & Meissersmith 2001). Naopak u herbicidů, které jsou lépe přijímány rostlinami, když má aplikační roztok vyšší koncentraci (*glyphosate*), mohou smáčedla zajistit dostatečnou účinnost při vyšší dávce postřikové jichy (Webb 2002). Dávku herbicidu lze při použití smáčedla snížit v některých případech až o 50 %. Podle schopnosti molekul smáčedel disociovat ve vodě je lze rozdělit na:

**Disociovatelné soli nebo estery.** Často se tyto látky používají ve směsi s nedisociovatelnými smáčedly. Vynikají dobrou smáčivostí, ale nevýhodou je, že jejich ionty mohou negativně ovlivňovat molekuly některých účinných látek (Jursík et al. 2011b).

**Neionogenní smáčedla na bázi alkoholů a mastných kyselin.** Tyto smáčedla snižují povrchové napětí a zlepšují pokrývnost a přilnavost k listu, především pokud je aplikace provedena za nižší vzdušné vlhkosti (Webb 2002).

**Organosilikátové přípravky** snižují povrchové napětí kapének aplikačního roztoku nejvíce z dostupných adjuvantů. Zabraňují vysychání a odpařování herbicidu z povrchu listů, čímž výrazně snižují délku bezesrážkového období po aplikaci, nutnou k příjmu dostatečného množství herbicidu (Sun et al. 1996).

#### **3.4.3.3.1.2 Olejové adjuvanty**

Olejové adjuvanty zvyšují příjem herbicidu rostlinami tím, že zvyšují pokrývnost, retenci a rozpouští voskové vrstvy na povrchu listů. Zpomalují také vysychání aplikačního roztoku na povrchu listů. Olejové adjuvanty jsou proto vhodné především pro systematicky působící herbicidy (Jursík et al. 2018). Olejové adjuvanty lze rozdělit podle jejich původu na:

**Olejové koncentráty na bázi parafínového oleje.** Minerální oleje musí nejprve projít výraznou rafinací, při níž dochází k odstranění nežádoucích příměsí (aromatické látky, rozpouštědla atd.). Minerální oleje způsobují změknutí povrchových vosků, nebo vznik trhlinek na povrchu listů, což vede k vyššímu příjmu herbicidů (Hess & Foy 2000).

**Rostlinné oleje** se získávají extrakcí rozpouštědly, nebo lisováním. Oleje je poté nutné čistit a zbavit příměsí (slizy, barviva, fosfolipidy atd.). Tyto olejové adjuvanty snižují odpařování aplikačního roztoku, zvyšují jeho penetraci skrze voskovou vrstvičku na povrchu listu a zvyšují odolnost vůči dešti (Jursík et al. 2011).



**Esterifikované rostlinné oleje.** Získávají se esterifikací rostlinných olejů methyl alkoholem. Esterifikované oleje mají vysokou schopnost rozpouštět voskovou vrstvičku na povrchu listů a zpomalují vysychání postřikové jíchy (Miller & Westra 1998).

#### **3.4.3.3.2 Látky upravující vlastnosti postřikové jíchy**

Látky umožňující vzájemné mísení účinných látek, zvyšují komfort při manipulaci a přípravě postřikové jíchy, zlepšují homogenitu postřikové jíchy i postřikových kapének atd. Tyto látky jsou obvykle již součástí formulace herbicidů. Jursík et al. (2018) rozděluje tyto látky na: emulgátory, barviva, pěnicí látky, protipěnicí přísady, pH pufrů, protiúletové přísady, přísady zajišťující kompatibilitu atd.

### **3.4.4 Příjem a translokace herbicidů v rostlině**

#### **3.4.4.1 Kořenový příjem**

Kořenový příjem se uskutečňuje prostřednictvím kořenového vlášení převážně na základě koncentračního spádu mezi koncentrací herbicidu v půdním roztoku a koncentrací v rostlině. Kořen není chráněn kutikulou, ale po odumření epidermis dochází k tvorbě korkové vrstvičky, která brání prostupnosti povrchových vrstev (Soukup 2005).

Herbicid vstupuje do apoplastu kořene společně s vodou. Pro překonání Casparyho proužků, musí herbicid vstoupit přes plazmatickou membránu do buňky, kde následně vstupuje do symplastu a je dále rozváděn rostlinou vodivými pletivy (floémem a xylémem) (Cobb & Reade 2010).

Příjem herbicidu ovlivňuje dávka, sorpční vlastnosti půdy, půdní vlhkost a hloubka zakořenění plevelu. S rostoucí teplotou souvisí vyšší transpirace, což má vliv i na vyšší příjem herbicidu (Jursík et al. 2011b).

Příjem herbicidu do kořenového systému také ovlivňuje pH půdy. Většina herbicidů je slabě kyselé povahy a procházejí lépe přes rostlinné membrány při nižších hodnotách pH půdy, tedy příjem je vyšší na kyselých půdách. Cobb a Reade (2010) uvádí, že příjem kyseliny 2,4-dichlorfenoxyoctové je kořeny ječmene po dobu 24 hodin až 36krát větší při pH 4,0 než při pH 7,0.

#### **3.4.4.2 Listový příjem**

Listový příjem herbicidu je ovlivňován mnoha faktory. Při aplikaci herbicidu je důležité, aby postřiková jícha byla co nejvíce rovnoměrně rozptýlena na povrchu listu a byla zajištěna její vysoká přilnavost. Tyto požadavky jsou velmi ovlivněny fyzikálně-chemickými vlastnostmi účinné látky a formulačními přísadami (adjuvanty). Velikost kapének, rychlost jejich letu a dopadu nebo dávka postřikové jíchy ovlivňuje aplikační technika (Matthews et al. 2014).

Listové herbicidy dělíme podle způsobu poškození na:

##### **Systémově působící herbicidy**

Aby se účinná látka dostala až do vodivých pletiv, musí z listu překonat tři vrstvy (kutikulu, buněčnou stěnu a plazmalemu). Kutikula je tvořena hydrofobními kutikulárními vosky, což vede ke shlukování kapének postřikové jíchy na povrchu listu a brání proniknutí herbicidních látek směrem dovnitř. Následná translokace v rostlině probíhá symplastem a na větší vzdálenosti floémem. (Jursík et al. 2011b).

##### **Dotykové (kontaktní) herbicidy**

Herbicidy s pravým kontaktním účinkem rozpouští kutikulu a buněčné membrány a jejich účinné látky přímo vstupují na místo působení v rostlině. Kontaktní herbicidy jsou velmi málo účinné na vytrvalé plevele. Jejich podzemní orgány nejsou herbicidem zasaženy a mohou tedy obnovit růst nadzemních orgánů (Jursík et al. 2011b).

### **3.5 Plevelné druhy v cukrové řepě**

V raných růstových fázích má cukrová řepa velmi slabou konkurenční schopnost vůči plevelům. Vzhledem k tomu, že se pěstuje v širokých řádcích, trvá relativně dlouho, než dojde k zapojení porostu. Následně mohou rostliny cukrové řepy konkurovat vzcházejícím plevelům velmi úspěšně (Campagna & Rosini 2018).

Plevelné spektrum v cukrové řepě bývá poměrně úzké. K nejčastějším se vyskytujícím druhům patří merlíky, laskavce, ježatka kuří noha a plevelná řepa. Lokálně mohou způsobovat problémy také další pozdní jarní plevele, především rdesna, béry, lilky, durman obecný, mračňák Theophrastův, bažanka roční atd. Poměrně snadno se v cukrové řepě prosazují vytrvalé plevele, zejména pýr plazivý a pcháč rolní. V závislosti na osevním postupu a zpracování půdy mohou být problematické také ozimé a časně jarní plevele především tetlucha kozí pysk, oves hluchý, hořčice polní, svízel přítula, opletka obecná, heřmánky atd. (Jursík et al. 2013).

Campagna a Rosini (2018) uvádí, že jedna rostlina merlíku bílého na 1 m<sup>2</sup> sníží výnos cukrové řepy až o 30 %, jedna rostlina laskavce ohnutého a mračňáku Theoprastova o 20 % a ježatky kuří nohy o 5-10 %.

### 3.5.1.1 Bažanka roční (*Mercurialis annua*)

Bažanka roční patří do čeledi pryšcovitých (*Euphorbiaceae*) a řadí se mezi jednoleté pozdní jarní plevely. Výška rostlin je obvykle 10-50 cm. Rostliny bažanky jsou jedovaté, ale vařením (i sušením) se jedovatost ztrácí a může být použita jako zelenina (Deyl 1956).

Bažanka roční byla pěstovaná jako léčivka, záměrně šířená člověkem a následně zplaňovala, a proto nelze přesně určit původní areál jejího rozšíření (Deyl 1956). Hofstetter (1986), předpokládá, že jejím domovem je Středomoří (včetně severní Afriky). Na našem území se vyskytuje především v teplejších oblastech a pouze na některých pozemcích (Deyl 1956).

Zapleveluje především okopaniny a zeleniny, zvláště v nesprávně herbicidně ošetřených porostech brambor, cukrovky či kukuřice může vytvářet husté porosty. Dobře osídluje především dusíkem bohaté půdy s neutrální až alkalickou reakcí. Často se objevuje v oblastech s nízkým srážkovým úhrnem (Hofstetter 1986).

Reprodukce bažanky roční probíhá pouze generativně, jedna rostlina je schopna vyprodukovat obvykle 1 000-2 000 semen (Mikulka & Kneifelová 2005). Podle Jursíka et al. (2008) může bažanka v ideálních podmínkách vyprodukovat v porostu cukrovky až 20 000 semen/m<sup>2</sup>. Bažanka roční nejlépe vzchází z hloubky 10-30 mm, při teplotách od 7 °C, ale větší vzcházení nastává nad 14 °C. Optimální teplota pro klíčení je 20-25 °C. V polních podmínkách se objevují první rostliny obvykle v průběhu dubna, vrchol vzcházení nastává v květnu až červnu (Magyar & Lukacs 2002). Bažanka roční má poměrně pomalý počáteční růst. Rostliny vzešlé před vzejitím cukrovky nebo současně s ní, netrpí nedostatkem světla, přesto poměrně brzy přechází do generativní fáze, následně vytvoří semena a během srpna ustupují z porostu. To však platí není-li vystavena konkurenci ostatních plevelů (časně jarní nebo merlík bílý). Tyto plevely výrazně konkurují bažance, vzhledem k jejich rychlejšímu počátečnímu růstu při nižších teplotách. Bažanka na konkurenci reaguje urychlením vývoje a v průběhu července ustupuje z porostu cukrovky. Rostliny bažanky, které vzejdou po cukrovce vytvoří zhruba o 60-80 % méně biomasy oproti rostlinám vzešlým v první vlně. Ve třetí vlně vzcházení

(po zapojení porostu) vytváří jenom 2-10 % biomasy oproti první vlně a nemají šanci konkurovat cukrové řepě (Jursík et al. 2011b).

Bažanku roční lze potlačit správným střídáním plodin. V porostech obilnin a řepky se často neuplatní, neboť trpí zastíněním., V průběhu vegetace je účinné plečkování (Deyl 1956).

Bažanka roční je relativně odolná vůči některým kontaktním listovým herbicidům používaných v cukrové řepě (*phenmedipham*). Pro dostatečné potlačení je obvykle nutné aplikovat tyto přípravky v kombinaci s *ethofumesate*, při silném tlaku v kombinaci s *triflusulfuronem*. Rostliny bažanky by při aplikaci měly mít vytvořeny maximálně dva pravé listy, neboť ve vyšších růstových fázích klesá účinnost. Po ukončení herbicidní ochrany (zejména u mezerovitých a špatně zapojených porostů) je vhodné při posledním ošetření použít *metamintor* nebo *chloridazon*. Účinnost obou těchto látek je výrazně ovlivněna půdní vlhkostí a při aplikaci na suchou půdu nemusí být dostatečná (Jursík et al. 2018).

### **3.5.1.2 Ježatka kuří noha (*Echinochloa crus-galli*)**

Ježatka kuří noha z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) je pozdní jarní plevel. Jedná se o jednoletou středně vysokou, světle až tmavě šedozelenou zbarvenou travu, která může dorůst výšky až 1,5 m (Hron & Vodák 1959).

Její původ není přesně znám. Zatímco někteří autoři považují ježatku kuří nohu za původní evropsky druh, jiní se domnívají, že pochází z Indie. Dnes je rozšířená po celém světě kromě Afriky (Jursík et al. 2011b) Podle Holma et al. (1977) je ježatka kuří noha třetím nejvýznamnějším plevelem světa. V České republice se vyskytuje zejména v nížinách polohách, ale v posledních letech, v souvislosti se zvyšující se teplotou a rozšiřujícím pěstování kukuřice, proniká i do vyšších poloh. Vyskytuje se na vlhkých, výživných a humózních půdách. Na orné půdě škodí převážně v širokořádkových plodinách (okopaniny, zeleniny a kukuřice) (Mikulka & Kneifelová 2005).

Ježatka kuří noha se rozmnožuje generativně. Na jedné rostlině dozrává až několik desítek tisíc obilek, které po dozrání snadno opadávají. Podle Norise (1996) vyprodukuje jedna rostlina ježatky v porostu kukuřice maximálně 3 500 obilek, zatímco v jiných méně konkurenčních plodinách (cukrová řepa nebo zelenina) může jedna rostlina vyprodukovat až 80 000 obilek. Ježatka kuří noha nejlépe vzchází z hloubky 5 cm. Podle Deyla (1956), může vzejít obilka i z hloubky 12 cm a její životnost v suché půdě trvá 8–10 let. Délka primární dormance je ovlivněna především délkou dne, při které obilky dozrály (Holm et al. 1977).

Minimální teplota potřebná pro klíčení obilek se pohybuje mezi 10 a 15 °C v závislosti na osvětlení, ročníku a původu obilek. Při nízkých teplotách (10 °C) obilky klíčí obvykle ve tmě, zatímco při teplotě 20 °C klíčí lépe na světle a při teplotách nad 30 °C světlo klíčivost neovlivňuje (Jursík et al. 2018).

Ježatka kuří noha zapleveluje především okopaniny. Z hlediska nepřímých způsobů regulace je významné střídání plodin. Vhodné je zařazovat do osevního sledu víceleté pícniny a při jejím přemnožení je vhodné omezit pěstování okopanin a zvýšit podíl ozimů. Významnou konkurenční nevýhodou ježatky je poměrně pozdní vzcházení, a proto je vhodné jařiny vyset co nejdříve, aby došlo k zapojení porostu a zamezilo se vzcházení ježatky (Deyl 1956).

Regulace ježatky v porostech cukrové řepy je založena především na použití listových graminicidů (*cycloxydim*, *propraquizafoxop*, *fluazifop*). V době aplikace by měla mít 2–4 listy (postačuje doporučená dávka), ale ve vyšší růstové fázi, je nutné dávku zvýšit, případně aplikaci opakovat. Dobrou vedlejší účinnost na ježatku mají také některé listové herbicidy určené primárně proti dvouděložným plevelům (*triflusaluron*, *phenmedipham*,) a některé půdní herbicidy (*metolachlor*, *lenacil* atd.) Aplikace těchto herbicidů je však třeba provést ve velmi raných růstových fázích (jeden list) (Jursík et al. 2011b).

### **3.5.1.3 Laskavec ohnutý (*Amaranthus retroflexus*)**

Laskavec ohnutý (syn. L. srstnatý, *Amaranthus retroflexus* L.) je jednoletý pozdní jarní plevel z čeledi laskavcovitých (Amaranthaceae). Jedná se o druh morfologicky značně variabilní. Rostliny laskavce ohnutého dosahují výšky 1-2 m a vytváří mohutný kulový kořen s četnými postranními kořínky (Tóth et al. 2020). Pochází ze Severní Ameriky, odkud se postupně rozšířil na ostatní kontinenty, především do oblastí s teplejším a mírným klimatem (Holm et al. 1977). U nás se vykytuje zejména na úrodnějších půdách nížin. Roste na hlinitých, středně těžkých až těžkých půdách, zvláště bohatých na dusík. Snáší mírně zasolené půdy, na pH nemá specifické požadavky a nevádí mu ani exhaláty. Zapleveluje především širokořádkové porosty (řepa cukrová, kukuřice, zeleniny), ale také prořídle a mezerovité jarní obilniny, vinice, sady a zahrady (Mikulka 2010).

Laskavec ohnutý se rozmnožuje pouze generativně (semeny). Při dostatku prostoru a živin může laskavec vytvořit mohutné, bohatě větvené rostliny, které mohou vyprodukovat až 500 tisíc semen. Stačí tedy i malý počet rostlin k vytvoření bohaté půdní zásoby, ze které může v následující rok vzcházet velké množství rostlin (Deyl 1956).

Laskavec ohnutý vyžaduje pro klíčení relativně vysoké teploty. Mezi klíčivostí semen, teplotou a světlem existuje úzký vztah, jde o tzv. dvoufázové vzcházení laskavce. Na jaře vzchází semena při poměrně malých teplotách (10 °C) lépe ve tmě. Při optimální teplotě 22-27 °C vzchází semena jak na světle, tak i ve tmě, tj. na povrchu i při zakrytí půdou (Deyl 1956). Laskavec ohnutý nejlépe vzchází z povrchu půdy (při teplotě nad 20 °C), nebo z hloubky 2 cm (Mikulka 2010). Na lehké půdě dokáže za příznivých podmínek vzcházet z hloubky až 6 cm (Tóth et al. 2020). Živostnost semen v půdě vydrží v závislosti na biologické aktivitě až 10 let, ale většina semen půdní zásoby je vyčerpaná do 5 let. V polních podmínkách začíná laskavec ohnutý vzcházet v březnu, přesto maximální vzcházejivost bývá dosahována až po dostatečném prohřátí půdy, v průběhu května. Následně vzcházejivost prudce klesá a během července a srpna laskavec prakticky nevzchází. V některých letech se můžeme setkat s menší vlnou vzcházení v průběhu srpna (Burnside et al. 1996).

S ohledem na vysokou reprodukční schopnost laskavce je vhodné pozemky s vysokou zásobou semen v půdě několikrát převláčet, aby se podpořilo klíčení a růst laskavce, který je poté při následném vláčení poškozen a utlumen. Okopaniny, které jsou nejčastěji zaplevelené, je vhodné na několik roků vyloučit z pozemku, kvůli dlouhé životnosti semen v půdě (Deyl 1956).

K regulaci laskavce ohnutého v porostu cukrové řepy je možné použít *triflusaluron*. Ošetření je třeba provést nejlépe v děložních až dvou pravých listech, s rostoucí růstovou fází účinnost výrazně klesá. *Triflusaluron* má slabou reziduální účinnost a nezabraňuje vzcházení dalších laskavců, což může vést k zaplevelení porostu cukrovky. K posílení reziduálního účinku jsou vhodné *metamitron* nejlépe v kombinaci s *quinmeracem*. Při silném zaplevelení a za sucha je vhodnější *dimethenamid* (Jursík et al. 2018).

#### **3.5.1.4 Merlík bílý (*Chenopodium album*)**

Merlík bílý náleží do čeledi merlíkovitých (*Chenopodiaceae*) a řadí se mezi středně vysoké, pozdně jarní plevely. Rostliny merlíku dorůstají výšky až 2 metrů a vytvářejí mohutný kuželový kořen zasahující často až do podorničních vrstev. Vytváří trojúhelníkovité listy, často pokryté voskovou vrstvičkou (odtud druhové jméno). Jedná se o druh morfologicky značně proměnlivý (Kohout 1997).

Původ merlíku není přesně znám. Předpokládá se, že jeho domovem je východní Evropa, nicméně Pikula et al. (1997) se domnívají, že se v Severní Americe rozšířil již před

jejím objevením v 15. a 16. století. V současnosti je rozšířen po celém světě. Osídluje všechny stanoviště s výjimkou extrémně aridních oblastí do výšky 3 600 m.n.m. (Holm et al. 1977). V České republice je jedním nejrozšířenějších plevelů na orné půdě, vyskytuje se na celém území, zvláště v teplých a slunných oblastech. Konkurenčně není příliš silný, potřebuje světlo (Mikulka & Kneifelová 2005), přesto se řadí mezi deset nejvýznamnějších plevelů světa (Holm et al. 1977).

Merlík bílý se dokáže velmi dobře přizpůsobit stanovištním a klimatickým podmínkám. Na půdách hojně zásobených vodou a živinami vytváří mohutné rostliny, které bohatě větví a produkují vysoké množství semen (Mikulka & Kneifelová 2005). Naopak na suchých lokalitách bývají rostliny merlíku nízké, přitisklé k zemi nebo přímé a nevětvené a v krátké době se dokáží reprodukovat (Deyl 1956). Jako světlomilná rostlina potřebuje pro svůj růst dostatek světla, a proto mu nejlépe vyhovují širokořádkové plodiny (kukuřice, cukrovka, brambory, zelenina), ale může se také uplatnit i v později setých a prořídých jařinách (Mikulka & Kneifelová 2005).

Na jedné rostlině může dozrát 100 tisíc semen (na úrodných půdách až 500 tisíc semen) (Mikulka 2010). V porostu cukrové řepy nebo brambor však jedna rostlina vyprodukuje 5 000 až 25 000 semen. Reprodukční schopnost merlíku je velmi ovlivněna dobou vzejití. Rostliny vzešlé před vzejitím cukrovky nebo krátce po ní můžou vyprodukovat až 350 000 semen na 1 m<sup>2</sup>. Naopak rostliny merlíku vzešlé těsně před zapojením porostu vytvoří jen několik stovek semen na m<sup>2</sup> (Jursík et al. 2004). Podle Deyla (1956) merlík bílý vytváří tři typy semen (heterokarpie): První jsou velká, plochá, hnědá a rychle klíčící. Druhá jsou středně velká, s tlustým osemením, černá či zelenočerná a klíčí nejdříve až následující rok. Třetí jsou okrouhlá, malá, černá s velmi tvrdým osemením a klíčí nejdříve až třetím rokem.

Optimální teplota pro klíčení semen merlíku se liší v závislosti na původu semen a ročníku (Özer 1996). V našich podmínkách začínají semena klíčit při teplotě okolo 5 °C, ale optimální teplota je okolo 20 °C (Jursík et al. 2004). Merlík bílý vzchází nejlépe z povrchových vrstev půdy, může však vzcházet až z hloubky 6 cm (Hron & Vodák 1959). Životnost semen v půdě je přes 10 let (Deyl 1956).

První rostlinky merlíku bílého se v nejteplejších oblastech začínají objevovat již na konci března. Hlavní vlna vzcházení merlíku nastává obvykle až na přelomu dubna a května. V průběhu června vzcházevost většinou klesá a v červenci a v první polovině srpna se s klíčovými rostlinkami setkáme ojediněle. V druhé polovině srpna a v září nastává druhá vlna vzcházení, která je však méně intenzivní než květnová (Jursík et al. 2004)

Merlík bílý je nejrozšířenějším druhem v půdní zásobě semen plevelů v České republice a mnohdy tvoří i přes 50 % této zásoby (Kohout 1997). Vhodné je zařazovat do osevního sledu víceleté pícniny, které merlíku neumožní uplatnění. Při silném výskytu je vhodné omezit pěstování okopanin a zvýšit podíl ozimů (Deyl 1956).

Merlík bílý je v raných růstových fázích (maximálně dva pravé listy) snadno potlačován *phenmediphanem*. Důležité je důsledné potlačení první vlny vzešlých merlíků. Nedostatečná regulace těchto rostlin vede k jejich následné regeneraci a působí problémy po ukončení herbicidní ochrany, kdy obvykle regenerují a podílejí se na tzv. sekundárním zaplevelení. Z půdních účinných látek vykazuje nejlepší účinnost *metamitron* a částečně také *chloridazon* a *lenacil*. Za suchého počasí může být účinnost snížena (Jursík et al. 2004).

### **3.5.1.5 Mračňák Theophrastův (*Abutilon theophrasti*)**

Mračňák Theophrastův je jednoletý pozdní jarní plevel z čeledi slézovitých (Malvaceae). Patří mezi invazní plevelné druhy, které se úspěšně přizpůsobily našim podmínkám, a postupně se rozšiřuje v teplejších oblastech na orné půdě. Rostliny mračňáku dorůstají až 1,5 m. (Mikulka & Štrobach 2017). Do střední Evropy byl zavlékán s olejninami, zejména se severoamerickými sójovými boby, vlnou, osivem a obaly jižního ovoce (Jehlík et al. 1998). V minulosti se v České republice pokusně pěstoval v Šumperku-Temenici, zejména pro textilní vlákno (Brejcha & Vašák 1964). Vyhovují mu spíše těžké půdy, ve kterých si jeho semena ponechávají dlouho životaschopnost. Zapleveluje převážně okopaniny, kultury léčivých rostlin i nově zakládané vinice (Mikulka 2010).

Mračňák Theophrastův se rozmnožuje výhradně semeny, která začínají dozrávat koncem srpna. Warwick a Black (1988) uvádí, že jedna rostlina dokáže vyprodukovat 700 až 17 000 semen. V našich podmínkách začíná klíčit při 8 °C, přičemž optimální teplota je 20-25 °C (Mikulka & Kneifelová 2005). Mračňák dokáže vzejít z hloubky 6 cm (Jursík et al. 2011b), podle Mikulky a Štrobacha (2017) dokonce až z 12 cm. Mračňák Theophrastův vzhází v podmínkách České republiky jako jeden z prvních pozdní jarních plevelů, často ještě před vzejitím cukrovky. Vysokou vzházivost můžeme pozorovat do konce června a následně vzházivost prudce klesá. Od poloviny července se s ním setkáme ojediněle (Jursík et al. 2011b).

V České republice se mračňák vyskytuje pouze lokálně. Regulace spočívá v likvidaci ohnisek na nezemědělské i zemědělské půdě (Mikulka 2010).



Mračňák Theophrastův je velmi odolný vůči většině běžně používaných herbicidů v cukrovce (*phenmedipham* a *ethofumesate*). Obstojnou účinnost vykazují pouze *triflusalifuron* a *clomazone*. Ošetření oběma herbicidy je třeba provést včas, nejlépe je-li mračňák v děložních listech. První dvě ošetření cukrovky je třeba provést co nejdříve po vzejití mračňáku První ve fázi děložních listů a druhou 5-7 dní po první. Při vysoké intenzitě zaplevelení je vhodné v druhém a třetím ošetření použít *clomazone*, jehož dávku je třeba přizpůsobit růstové fázi cukrovky. Použití *clomazone* je vhodné zejména ve špatně zapojených porostech cukrovky, kde mohou rostliny mračňáku zasažené *triflusalifuronem* regenerovat (Jursík et al. 2018).

### 3.5.1.6 Řepa obecná (*Beta vulgaris*)

Jedná se o jednoletý pozdně jarní (zřídka dvouletý) plevel, který s ostatními řepami patří do čeledi merlíkovité (*Chenopodiaceae*). Morfologické charakteristiky plevelné řepy jsou silně variabilní, a to jak mezi jednotlivými populacemi, tak i v rámci populací (Jursík et al. 2018)

Do České republiky se dostala plevelná řepa v 80–90. letech 20. století s nekontrolovatelnými dovozy osiva ze Středozeří. Nároky plevelné řepy na stanoviště jsou podobné jako u cukrové řepy. Na jednotlivé pozemky se dostala osivem cukrovky, a proto se v jiných, než řepařských oblastech nevyskytuje (Chochola 2010).

Plevelná řepa se rozmnožuje generativně. Jedna rostlina může vytvářet 2 000 klubiček (Chochola) ale mohutní jedinci dokonce až 10 000. Minimální teplota klíčení, při kterém ale vyklíčí jen malé množství nažek je 5 °C. Optimální teplota se pohybuje mezi 25-30 °C. Plevelná řepa vzchází nejlépe z hloubky 5-30 mm, ale vzejde i z hloubky 8 cm. V polních podmínkách vzchází velmi etapovitě, především v průběhu dubna a května (Jursík et al. 2011b). Perzistence nažek v půdě může být i více než deset let (Pulkrábek et al. 2007).

Nebezpečnost plevelné řepy v porostech cukrovky spočívá zejména v tom, že její citlivosti herbicidům je prakticky totožná s citlivostí kulturní řepy a není ji možné omezovat žádným dostupným selektivním herbicidem v porostu cukrové řepy (Jursík et al. 2018)

V počátcích výskytu plevelné řepy na pozemku je efektivní rostliny plevelné řepy z porostu vytrhat. Při vyšším zaplevelení je vhodné plečkování s několika opakování. Vhodná je i podmínka po všech sklizených plodinách, která jednak zničí jedince přežívající na strništi a vyprovokuje část půdní zásoby ke vzcházení a urychlí rozklad klubička v povrchové vrstvě půdy (Pulkrábek et al. 2007). Při slabém výskytu plevelné řepy je vhodné cukrovku zařazovat na tentýž pozemek nejčastěji jednou za pět let. Na silně zaplevelených pozemcích je nutné upustit

od pěstování cukrovky na 8-10 let. Důležité je potlačení plevelné řepy v ostatních plodinách, především v ozimé řepce, kde dochází k její reprodukci poměrně často, zejména v prořídých porostech. Z řepkových herbicidů vykazují nejvyšší účinnost *aminopyralid* a *imazamox*, který je možný použít pouze v Clearfield řepce (Jursík et al. 2018).

## 4 Metodika

V roce 2018 a 2019 proběhly na Demonstračním a pokusném pozemku fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů (FAPPZ) České zemědělské univerzity dva identické maloparcelové pokusy. Účinnost herbicidů byla zkoušena na plevelné druhy, které se běžně vyskytují v porostech cukrové řepy, nebo na druhy, které jsou odolné k běžně používaných cukrovkových herbicidům (Tab. č. 1).

**Tabulka 1** Český název, Latinský název, kód Bayer sledovaných plevelů.

Český název plevelného druhu	Latinský název plevelného druhu	Kód Bayer
Bažanka roční	<i>Mercurialis annua</i>	MERAN
Ježatka kuří noha	<i>Echinochloa crus-galli</i>	ECHCG
Laskavec ohnutý	<i>Amaranthus retroflexus</i>	AMARE
Merlík bílý	<i>Chenopodium album</i>	CHEAL
Mračňák Treophrastův	<i>Abutilon theophrasti</i>	ABUTH
Plevelná řepa	<i>Beta vulgaris</i>	BETVU

### 4.1 Charakteristika polního pokusu

#### 4.1.1 Podmínky stanoviště

Demonstrační a pokusný pozemek se nalézají v městské části Praha-Suchbát v nadmořské výšce 285 m. n. m. a na zeměpisných souřadnicích 50°7'40.588" severní šířky a 14°22'29.023" východní délky. Lokalita z hlediska rajonizace spadá do kategorie řepařské výrobní oblasti (ŘVO). Půdní typ pozemku je černozem na spraších s vysokým obsahem uhlíkatanu.

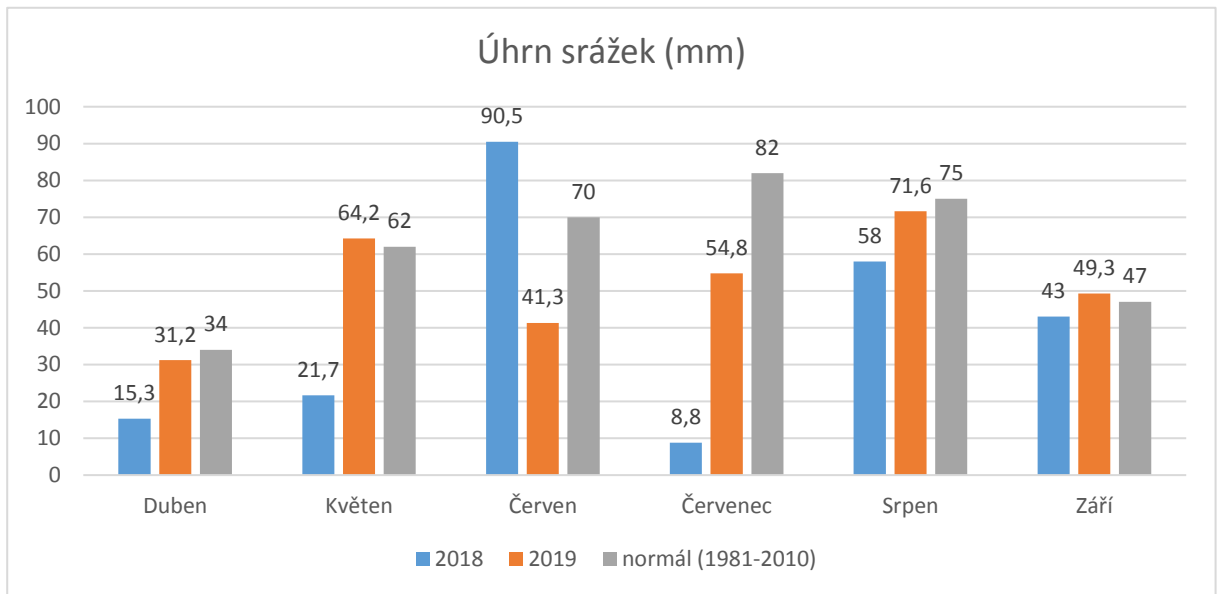
#### 4.1.2 Povětrnostní a klimatická charakteristika

Demonstrační a pokusný pozemek spadá do klimatického regionu T2 (mírně teplý) vyznačující se dlouhým teplým a suchým létem, mírně teplým až teplým jarem a podzimem. Zima bývá krátká, mírně teplá, suchá s krátkou časovou délkou sněhové pokrývky. Dlouhodobá průměrná roční teplota vzduchu je 9° a dlouhodobý roční úhrn srážek činí 500 mm.

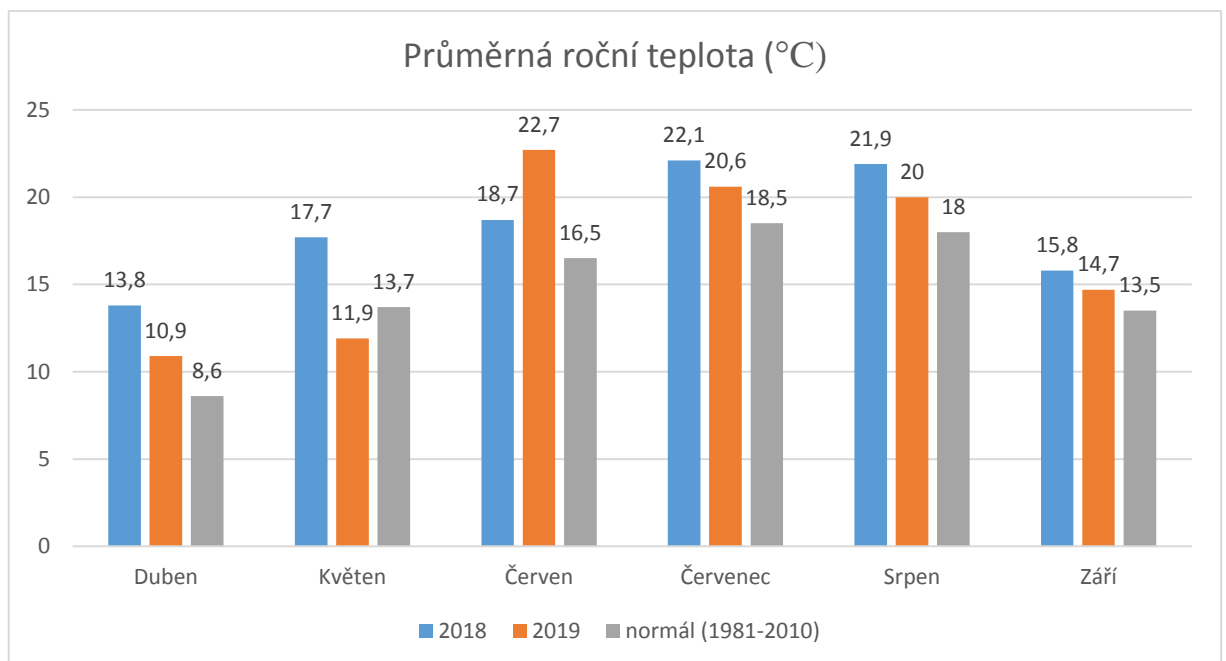
Meteorologický ukazatelé charakterizující počasí v průběhu pokusu (duben až září) byly naměřeny na meteorologické stanici katedry agrobiologie a rostlinné produkce na České zemědělské univerzitě, která je umístěna v areálu Demonstračního a pokusného pozemku. Měsíční úhrny srážek v průběhu vegetace jsou uvedeny v grafu číslo 1. a průměrné měsíční

teploty jsou uvedené v grafu číslo 2. V obou grafech je zobrazeno srovnání s dlouhodobým normálem (1981-2010). Dlouhodobé normály byly použity z databáze Českého hydrometeorologického ústavu.

**Graf 1** Úhrn srážek od 1.4. do 30.8. 2018 a 2019 v porovnání s dlouhodobým normálem (1981-2010).



**Graf 2** Průměrné měsíční teploty od 1.4. do 30.8.2018 a 2019 v porovnání s dlouhodobým normálem (1981-2010).



### 4.1.3 Zpracování půdy a hnojení

Pokusný pozemek byl na podzim zorán (hloubka 25 cm) a na jaře byl připraven pro setí vířivými bránami do hloubky 10 cm. Před jarní přípravou byl pozemek nahnojen minerálním hnojivem NPK 15-15-15 v dávce 300 kg/ha a v průběhu vegetace byl porost cukrové řepy dohnojen LAV (2x 200 kg/ha) v růstové fázi BBCH řepy 14 a 18.

## 4.2 Založení a průběh pokusu

### 4.2.1 Charakteristika plodiny

K realizaci tohoto pokusu byla použita cukrová řepa Conviso Smart odrůda Renja od firmy KWS.

### 4.2.2 Založení pokusu

Cukrová řepa byla ručně vyseta ve dnech 9.4.2018 a 27.3.2019. Založeno bylo celkem 6 variant se třemi opakováními. Pokusné parcely měly velikost 2,25 x 7 m (15,75 m<sup>2</sup>). Na šířku parcely vycházelo 5 řádků cukrové řepy. Boční izolace mezi variantami byla 0,45 m (1 řádek), zadní a přední izolace byla 1 m. Několik dní před výsevem cukrové řepy byla ručně rozházena semena mračňáku Theophrastova a klubíčka plevelné řepy a následně zapraveny půdní přípravou (vířivými bránami). Biometrické schéma pokusů je zobrazeno v tabulce č. 2. Jednotlivá čísla znázorňují varianty uvedené v následující tabulce.

**Tabulka 2** Biometrické schéma pokusu v cukrové řepě.

5	4	1	6	3	2
3	6	5	2	1	4
1	2	3	4	5	6

**Tabulka 3** Popis testovaných variant.

	<b>Přípravek</b>	<b>Dávka (l/ha)</b>	<b>Aplikační termín</b>
1	Neošetřená kontrola	/	/
2	Conviso One	1,00	C
3	Conviso One	0,5	B
	Conviso One	0,5	D
4	Conviso One	0,5	B
	Mero	1,00	B
	Conviso One	0,5	D
	Mero	1,00	D
5	Betanal Expert	1,00	A
	Safari 50 WG	0,02	A
	Betanal Expert	1,25	B
	Safari Duo Active	0,21	B
	Betanal Expert	1,50	D
	Safari Duo Active	0,21	D
6	Betanal maxxPro	1,00	A
	Goltix Titan	1,30	A
	Betanal maxxPro	1,25	B
	Goltix Titan	1,30	B
	Betanal maxxPro	1,50	D
	Goltix Titan	1,30	<u>D</u>

### 4.2.3 Aplikace herbicidů

Aplikace herbicidů byla prováděna maloparcelkovým trakařovým postřikovačem Schachtner. Na rámu postřikovače bylo namontováno 7 trysek Lunmark 015 F110 s rozpětím 31 cm. Postřiková kapalina byla aplikována pod tlakem 0,25 MPa v dávce vody 200 l/ha.

**Tabulka 4** Podmínky a růstové fáze plodiny a plevelů v době aplikace v roce 2018.

Aplikační termín	Datum	Počasí při aplikaci				BBCH cukrové řepy	BBCH plevelů
		Oblačnost (%)	Teplota (°C)	Vlhkost půdy	Rychlost a směr větru		
A	23.4.	70	22	suchá	JZ 1 m/s	10	10
B	2.5.	90	20	suchá	J 1 m/s	12	CHEAL 14
							AMARE 12
							ECHCG 13
							ABUTH 12
							BETVU 13
							POLCO 12
C	14.5.	80	22	suchá	SV 1 m/s	14	CHEAL 24
							AMARE 24
							ECHCG 21
							ABUTH 14
							BETVU 15
							POLCO 21
D	25.5.	40	21	suchá	V 1 m/s	16-18	CHEAL 32
							AMARE 31
							ECHCG 29
							ABUTH 31
							BETVU 18
							POLCO 31

**Tabulka 5** Podmínky a růstové fáze plodiny a plevelů v době aplikace v roce 2019.

Aplikační termín	Datum	Počasí při aplikaci				BBCH cukrové řepy	BBCH plevelů
		Oblačnost (%)	Teplota (°C)	Vlhkost půdy	Rychlost a směr větru		
A	18.4.	5	15	suchá	V 1 m/s	10	10-11
B	2.5.	10	14	suchá	Z 1 m/s	10-12	CHEAL 14
							AMARE 12
							ECHCG 11
							ABUTH 11
							BETVU 12
MERAN 12							
C	13.5.	50	10	vlhká	S 1 m/s	14	CHEAL 23
							AMARE 12
							ECHCG 12
							ABUTH 13
							BETVU 13
MERAN 14							
D	27.5.	10	19	suchá	JV 1 m/s	16-18	CHEAL 31
							AMARE 16
							ECHCG 21
							ABUTH 15
							BETVU 15
MERAN 21							

#### 4.2.4 Hodnocení účinnosti herbicidů

K hodnocení byla použita procentuální odhadová metoda (0 % - bez poškození, 100 % bez výskytu plevelů, nebo plevele zcela odumřelé). Účinnost herbicidů byla hodnocena 14.6.2018 a 13.6.2019.

#### 4.2.5 Hodnocení reprodukční schopnosti plevelů

Z plochy 1 m<sup>2</sup> byly před sklizní cukrové řepy vystřihány a zváženy plevele. Semena ze sklizených plevelů byla vydrolena a následně zvážena a skrze zjištěnou hodnotu HTS byla následně stanoven celkový počet dozrálých semen z 1 m<sup>2</sup>.

#### 4.2.6 Hodnocení výnosu bulev

Z každé parcely byly sklizeny prostřední dva řádky (5 m<sup>2</sup>), aby byl vyloučen okrajový efekt.



## 5 Výsledky

### 5.1 Hodnocení účinnosti herbicidů a reprodukční schopnosti plevelů

#### 5.1.1 Bažanka roční

V letech 2018 a 2019 vykazalo dělené ošetření herbicidem Conviso One (0,50 + 0,50 l/ha) s adjuvancem Mero 100% účinnost na bažanku roční. Pokud byl herbicid Conviso One použit v dělené aplikaci bez adjuvancu, bylo dosaženo neprůkazně nižší účinnosti (přes 97 %). Průkazně nižší účinnosti 81,7 % a 94 % bylo zaznamenáno, pokud byl herbicid Conviso One použit pouze jednou v plné dávce (1,0 l/ha). Obě referenční TM kombinace vykazovaly účinnost přes 98 %. (Tab. č. 6).

**Tabulka 6** Účinnost herbicidních variant na bažanku roční v letech 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupinu pro  $\alpha = 0,05$ .

Varianta	Účinnost herbicidů (%)	
	2018	2019
Neošetřená varianta	/	/
Conviso One (1,0)	81,7a	94a
2x Conviso One	99,7b	97,7b
2x Conviso One + 2x Mero	100b	100b
3x Betanal Expert + Safari 50 WG/2x Safari Duo Active	100b	98b
3x Betanal maxxPro + Goltix Titan	100b	99b

#### 5.1.2 Ježatka kuří noha

Herbicid Conviso One vykázal ve všech testovaných způsobech použití v obou pokusných letech (2018 i 2019) vynikající účinnost (přes 98,3 %) na ježatku kuří nohu. Referenční TM kombinace Betanal maxxPro + Goltix Titan vykazovala velmi podobnou účinnost (přes 96 %). Účinnost TM kombinace Betanal Expert + Safari 50 WG/Safari Duo Active se výrazně lišila mezi pokusnými ročníky. V roce 2018 bylo dosaženo účinnosti 88,3 %, ale následující rok byla účinnost 100 %. (Tab. č. 7).

**Tabulka 7** Účinnost herbicidních variant na ježatku kuří nohu v letech 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupinu pro  $\alpha = 0,05$ .

Varianta	Účinnost herbicidů (%)	
	2018	2019
Neošetřená varianta	/	/
Conviso One (1,0)	98,3b	99b
2x Conviso One	99,7b	100b
2x Conviso One + 2x Mero	99,7b	100b
3x Betanal Expert + Safari 50 WG/2x Safari Duo Active	88,3a	100b
3x Betanal maxxPro + Goltix Titan	97,3b	96,7a

### 5.1.3 Laskavec ohnutý

Herbicid Conviso One vykázal 100% účinnost téměř ve všech systémech jeho použití. Pouze v roce 2018 bylo dosaženo průkazně nižší účinnosti (97,7 %) na parcelách ošetřených pouze jednou, což se projevilo dozráním (12 612 semen/m<sup>2</sup>). Obě referenční TM kombinace vykázaly účinnost přes 99 %. (Tab. č. 8 a 9).

**Tabulka 8** Účinnost herbicidních variant na laskavce ohnutého, průměrné výsledky z let 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupinu pro  $\alpha = 0,05$ .

Varianta	Účinnost herbicidů (%)	
	2018	2019
Neošetřená varianta	/	/
Conviso One (1,0)	97,7a	100a
2x Conviso One	100b	100a
2x Conviso One + 2x Mero	100b	100a
3x Betanal Expert + Safari 50 WG/2x Safari Duo Active	99ab	100a
3x Betanal maxxPro + Goltix Titan	100b	100a

**Tabulka 9** Hmotnost nadzemní biomasy a reprodukční schopnost laskavce ohnutého v letech 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupinu pro  $\alpha = 0,05$ .

Varianta	Nadzemní biomasa (kg/m <sup>2</sup> )	Počet dozrálých semen (ks/m <sup>2</sup> )	Nadzemní biomasa (kg/m <sup>2</sup> )	Počet dozrálých semen (ks/m <sup>2</sup> )
	2018	2018	2019	2019
Neošetřená varianta	0,17b	28453c	0,21b	56144b
Conviso One (1,0)	0,11b	12612b	0a	0a
2x Conviso One	0a	0a	0a	0a
2x Conviso One + 2x Mero	0a	0a	0a	0a
3x Betanal Expert + Safari 50 WG/2x Safari Duo Active	0a	0a	0,03a	839a
3x Betanal maxxPro + Goltix Titan	0a	0a	0a	0a

#### 5.1.4 Merlík bílý

V roce 2018 vykázal herbicid Conviso One účinnost na merlík bílý přes 99 % v dělené aplikaci. V roce 2019 byla účinnost herbicidu Conviso One v dělených aplikacích proti předchozímu roku o něco nižší 96,3 %. Vliv adjuvantu Mero na účinnost dělené aplikace se nepodařilo prokázat ani v jednom pokusném roce. Průkazně nižší účinnost herbicidu Conviso One byla zaznamenána po jeho jednorázové aplikaci. V roce 2018 vykázala tato varianta účinnost 86,7 %, což se projevilo dozráním velkého množství semen (160 185 semen/m<sup>2</sup>). V roce 2019 vykázala jednorázová aplikace herbicidu Conviso One účinnost 91,7 %, ale při hodnocení reprodukční schopnosti plevelů nebyly nalezeny žádné fertillní rostliny. Obě referenční TM kombinace vykázaly na merlík bílý 100% účinnost. (Tab. č. 10 a 11).

**Tabulka 10** Účinnost herbicidních variant na merlík bílý v letech 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísly vyjadřují homogenní skupinu pro  $\alpha = 0,05$ .

Varianta	Účinnost herbicidů (%)	
	2018	2019
Neošetřená varianta	/	/
Conviso One (1,0)	86,7a	91,7a
2x Conviso One	99,3b	96,3b
2x Conviso One + 2x Mero	100b	97,7bc
3x Betanal Expert + Safari 50 WG/2x Safari Duo Active	100b	100b
3x Betanal maxxPro + Goltix Titan	100b	100c

**Tabulka 11** Hmotnost nadzemní biomasy a reprodukční schopnost merlíku bílého v letech 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísly vyjadřují homogenní skupinu pro  $\alpha = 0,05$ .

Varianta	Nadzemní biomasa (kg/m <sup>2</sup> )	Počet dozrálých semen (ks/m <sup>2</sup> )	Nadzemní biomasa (kg/m <sup>2</sup> )	Počet dozrálých semen (ks/m <sup>2</sup> )
	2018	2018	2019	2019
Neošetřená varianta	0,35b	128962b	0,61b	135804b
Conviso One (1,0)	0,44c	160185b	0a	0a
2x Conviso One	0a	0a	0a	0a
2x Conviso One + 2x Mero	0a	0a	0a	0a
3x Betanal maxxPro + Safari 50 WG/2x Safari Duo Active	0a	0a	0a	0a
3x Betanal maxxPro + Goltix Titan	0a	0a	0a	0a

### 5.1.5 Mračňák Treophrastův

V letech 2018 i 2019 vykázala dělená aplikace Conviso One s adjuvantem Mero nejvyšší účinnost (přes 98 %). Pokud byl přípravek Conviso One použit v dělené aplikaci bez adjuvantu byla jeho účinnost neprůkazně nižší (97,3 %, resp. 98,7 %). V případě, že byl herbicid Conviso One aplikován jednorázově v dávce (1, 00 l/ha), bylo dosaženo průkazně nižší účinnosti 90 %, resp. 95 %, přičemž rostliny, které zregenerovaly, dokázaly do konce vegetace vytvořit 8 038

semen/m<sup>2</sup> (2018), resp. 2 507 semen/m<sup>2</sup> (2019). Účinnost TM kombinace Betanal Expert + Safari 50 WG/ Safari Duo Active byla v roce 2018 dobrá 92 %, ale během vegetace několik rostlin zregenerovalo a vytvořilo 1 272 semen/m<sup>2</sup>. V roce 2019 byla u stejné TM kombinace dosažena účinnost pouze 83,3 %, což se projevilo dozráním 3 700 semen/m<sup>2</sup>. Účinnost referenční TM kombinace Betanal maxxPro + Goltix Titan byla velmi malá až nulová a mračňák vyprodukoval po ošetření těmito herbicidy v obou letech přes 16 000 semen/m<sup>2</sup>. (Tab. č. 12 a 13).

**Tabulka 12** Účinnost herbicidních variant na mračňák Theophrastův v letech 2018 a 2019.

Písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupinu pro  $\alpha = 0,05$ .

Varianta	Účinnost herbicidů (%)	
	2018	2019
Neošetřená varianta	/	/
Conviso One (1,0)	90b	95c
2x Conviso One	98,7cd	97,3cd
2x Conviso One + 2x Mero	100d	98d
3x Betanal Expert + Safari 50 WG/2x Safari Duo Active	93,3bc	83,3b
3x Betanal maxxPro + Goltix Titan	23,3a	0a

**Tabulka 13** Hmotnost nadzemní biomasy a reprodukční schopnost mračňáku Theophrastova

v letech 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupinu pro  $\alpha = 0,05$ .

Varianta	Nadzemní biomasa (kg/m <sup>2</sup> )	Počet dozrálých semen (ks/m <sup>2</sup> )	Nadzemní biomasa (kg/m <sup>2</sup> )	Počet dozrálých semen (ks/m <sup>2</sup> )
	2018	2018	2019	2019
Neošetřená varianta	1,16c	21478c	0,38b	6018a
Conviso One (1,0)	0,55b	8038b	0,16ab	2507a
2x Conviso One	0,003a	35a	0,12ab	592a
2x Conviso One + 2x Mero	0a	0a	0,03a	312a
3x Betanal Expert + Safari 50 WG/2x Safari Duo Active	0,17a	1245a	0,23ab	3700a
3x Betanal maxxPro + Goltix Titan	1,2c	18973c	0,75c	16182b

### 5.1.6 Plevelná řepa

Herbucid Conviso One vykázal téměř 100% účinnost na plevelnou řepu ve všech způsobech jeho použití, přičemž po aplikaci tohoto přípravku nedošlo ke vzejití nových jedinců. Účinnost obou testovaných referenčních TM kombinací byla nulová, a navíc došlo k masivní reprodukci plevelné řepy, na ploše 1 m<sup>2</sup> došlo k vytvoření od 9 773 do 74 943 klubíček/m<sup>2</sup>. Na parcelách ošetřených kombinací Betanal maxxPro + Goltix Titan bylo nižší množství plodů plevelné řepy způsobeno konkurencí mračňáku Theophrastova. (Tab. č. 14 a 15).

**Tabulka 14** Účinnost herbicidních variant na plevelnou řepu v letech 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísly vyjadřují homogenní skupinu pro  $\alpha = 0,05$ .

Varianta	Účinnost herbicidů (%)	
	2018	2019
Neošetřená varianta	/	/
Conviso One (1,0)	100c	100b
2x Conviso One	99,3b	100b
2x Conviso One + 2x Mero	99b	100b
3x Betanal Expert + Safari 50 WG/2x Safari Duo Active	0a	0a
3x Betanal maxxPro + Goltix Titan	0a	0a

**Tabulka 15** Hmotnost nadzemní biomasy a reprodukční schopnost plevelné řepy v letech 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupinu pro  $\alpha = 0,05$ .

Varianta	Nadzemní biomasa (kg/m <sup>2</sup> )	Počet dozrálých semen (ks/m <sup>2</sup> )	Nadzemní biomasa (kg/m <sup>2</sup> )	Počet dozrálých semen (ks/m <sup>2</sup> )
	2018	2018	2019	2019
Neošetřená varianta	0,35b	7501ab	0,24a	4497a
Conviso One (1,0)	0a	0a	0a	0a
2x Conviso One	0a	0a	0a	0a
2x Conviso One + 2x Mero	0a	0a	0a	0a
3x Betanal Expert + Safari 50 WG/2x Safari Duo Active	2,23d	74943c	1,15c	31108b
3x Betanal maxxPro + Goltix Titan	0,87c	15609b	0,75b	9773a

## 5.2 Výnos bulev cukrové řepy

Nejvyššího výnosu bulev cukrové řepy 87 t/ha bylo dosaženo na variantě s dělenou dávkou Conviso One a adjuvantu Mero v roce 2019. Nejnižší výnos bulev pod 10 t/ha byl zaznamenán na neošetřených variantách. Statisticky průkazný rozdíl byl zaznamenán mezi neošetřenou kontrolou a všemi herbicidně ošetřenými variantami. V roce 2018 byl na variantě jednorázově ošetřené herbicidem Conviso One výnos o třetinu nižší než v následujícím roce, z důvodu nedostatečného potlačení merlíku bílého, mračňáku Theophrasova a bažanky roční. V obou pokusných letech byly zaznamenány velmi podobné výnosy (81 a 78,4 t/ha) na parcelách ošetřených herbicidem Conviso One v dělené dávce. Po ošetření referenční TM kombinací Betanal Expert + Safari 50 WG/Safari Duo Active byl zaznamenán výnos pouze 22,7, resp. 26,2 t/ha, z důvodu intenzivního zaplevelení plevelnou řepou. Na variantě ošetřené TM kombinací Betanal maxxPro + Goltix Titan byl výnos bulev snížen v důsledku kombinovaného zaplevelení plevelnou řepou a mračňákem Theophrastovým na 12,2 t a 29,2 t/ha. (Tab. č. 16).

**Tabulka 16** Výnos bulev cukrové řepy v letech 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupinu pro  $\alpha = 0,05$ .

Varianta	Výnos (t/ha) 2018	Výnos (t/ha) 2019
Neošetřená varianta	3,6a	9,2a
Conviso One (1,0)	45,4d	76c
2x Conviso One	81e	78,4c
2x Conviso One + 2x Mero	79,5e	87d
3x Betanal Expert + Safari 50 WG/2x Safari Duo Active	22,7c	26,b
3x Betanal maxxPro + Goltix Titan	12,2b	29,2b



## 6 Diskuze

### 6.1 Účinnost herbicidů v cukrové řepě

Na pokusném pozemku byl v obou sledovaných letech dominantním plevelem mračňák *Theophrastův*, který je v porostu cukrové řepy konkurenčně silný. Vzcházení mračňáku bývá velmi pozvolné a zasažení všech rostlin těsně po vzejití je proto velmi obtížné. Mikulka a Štrobach (2014) uvádí, že mračňák *Theophrastův* je velmi odolný vůči běžně používaným herbicidům v cukrovce (desmedipham, phenmedipham, ethofumesate atd.). To se potvrdilo také i v našich pokusech, kde na variantě ošetřené účinnými látkami desmedipham + phenmedipham + ethofumesate + metamitron + guinmeracy (Betanal maxxPro + Goltix Titan) účinnost dosáhla maximálně k 23 %.

Merlík bílý je podle Mikulky (2010) nejrozšířenějším plevelem na orné půdě v České republice a jedna rostlina dokáže vyprodukovat na úrodných půdách až 500 000 semen. V našem pokusu na merlík bílý účinkovaly dobře téměř všechny herbicidní varianty. Pouze v případě jednorázové aplikace herbicidu Conviso One v roce 2018 byla účinnost pouze 86,7 %, což se projevilo dozráním velkého množství semen (160 185 semen/m<sup>2</sup>). Nižší účinnost v roce 2018 byla pravděpodobně způsobena vysokými teplotami a nízkým srážkovým úhrnem během května, na což rostliny merlíku reagovaly tvorbou silné voskové vrstvičky na povrchu listů. K podobnému výsledku došli Götze et al. (2018) a Jursík et al. (2020).

Nebezpečnost plevelné řepy v porostech cukrové řepy spočívá v její toleranci k běžně používaným herbicidům, neboť je s cukrovou řepou velmi blízce příbuzná. Zejména při pozdější sklizni cukrovky (konec října) mají jednoleté řepy dostatek času na vyprodukování a dozrání značného množství semen (Landová et al. 2010). To se potvrdilo i v našich pokusech, kde účinnost všech konvekčních herbicidů byla nulová a došlo k výrazné reprodukci plevelné řepy od 10 do 75 tisíc klubíček/ha. Naopak herbicid Conviso One vykázal 100% účinnost na plevelnou řepu ve všech, způsobech jeho použití, přičemž následně nebyly zaznamenány žádné nově vzešlé plevelné řepy. Podle Wendta et al. (2017) je výhodou tohoto přípravku účinná látka thien-carbazone-methyl, která má relativně dlouhé reziduální působení v půdě a zamezuje vzcházení nových řep několik týdnů po jeho aplikaci.

Laskavec ohnutý a ježatka kuří noha byly na všech variantách ošetřených herbicidem Conviso One velmi dobře potlačeny. Účinnost přesahovala 97 % v obou sledovaných letech. Ke stejným výsledkům došli také Balgheim et al. (2016). Löbmann et al. (2019), uvádí, že

v Německu byla prokázána rezistence těchto plevelů k ALS inhibitorům, a proto doporučují omezit používání ALS inhibitorů v ostatních plodinách, zejména v pšenici a kukuřici. Účinnost běžných cukrovkových herbicidů byla v našich pokusech u laskavce ohnutého 100 % a u ježatky kuří nohy přesahovala účinnost 96 %, kromě roku 2018, kdy došlo u varianty Betanal Expert + Safari 50 WG/Safari Duo Active ke snížení účinnosti na 88 %, z důvodů vzejití nových rostlin po vydatných červnových srážkách.

## 6.2 Výnos cukrové řepy

Rozdíly ve výnosech cukrové řepy byly způsobeny především konkurencí plevelů a v roce 2018 i průběhem počasí v květnu, kdy bylo extrémní sucho.

Podle Märlander (2005) je cukrová řepa ve srovnání s jinými plodinami velmi citlivá na konkurenci plevelů, což může způsobit vysoké ztráty na výnosu, které mohou činit až 100 %. V našich pokusech bylo tvrzení potvrzeno, když nejnižší výnos 3,6 t/ha na neošetřené kontrole, činil ztrátu 95 % oproti variantě bez plevelů (dělená aplikace herbicidu Conviso One). Na neošetřených plochách dominoval mračňák Theophrastův, merlík bílý, plevelná řepa a laskavec ohnutý. V roce 2018 byl zaznamenán o třetinu nižší výnos proti roku 2019 na variantě ošetřené pouze jednou herbicidem Conviso One. Příčinou byly vysoké teploty a nízké srážky v květnu, což způsobilo nižší účinnost herbicidu při opožděné aplikaci, kdy měly plevele v době aplikace silnější ochranné bariéry na povrchu listů. Na plochách ošetřených TM kombinací Betanal maxxPro + Goltix Titan, kde nebyl dostatečně kontrolován mračňák Theophrastův ani plevelná řepa byl zaznamenán velmi nízký výnos (12 a 29 t/ha). K podobným výsledkům došel také Jursík et al. (2011), kde ztráty na výnosu v důsledku zaplevelení těmito plevele přesáhly 50 %.

## 7 Vyjádření k hypotézám

**Hypotéza 1.** Herbicid Conviso One dokáže efektivně potlačit většinu plevelů běžně se vyskytujících v cukrové řepě.

- Hypotéza potvrzena.
- Herbicid Conviso One dokázal v dělené aplikaci (0,5 + 0,5 l/ha) efektivně potlačit všechny testované plevele včetně plevelné řepy, kterou nelze potlačit žádným konvekčním herbicidem.
- Konvekční herbicidy potlačili běžné spektrum plevelů. TM kombinace Betanal Expert + Safari nedokázala potlačit pouze plevelnou řepu, přičemž Betanal maxxPro + Goltix Titan nedokázala potlačit ani mračňák Theophrastův.
- V případě jednorázové aplikace herbicidu Conviso One za nepříznivých povětrnostních podmínek (vysoké teploty a nízké srážky) došlo ke snížení účinnosti a nedostatečnému potlačnímerlíku bílého a mračňáku Theophrastova.

**Hypotéza 2.** Reprodukční schopnost plevelů v porostu řepy je ovlivněna použitou strategií regulace plevelů.

- Hypotéza potvrzena.
- Herbicid Conviso One potlačil ve všech variantách celé plevelné spektrum při vhodných povětrnostních podmínkách, tedy nedošlo k reprodukci plevelů.
- Konvenční herbicidní kombinace Betanal maxxPro + Goltix Titan a Betanal Expert + Safari nedokázaly potlačit plevelnou řepu, která se reprodukovala daleko více než na neošetřené kontrole. Došlo ke zvýšení půdní zásoby o desítky tisíc klubiček na hektar.
- Kombinace Betanal maxxPro + Goltix Titan vykázala nulovou účinnost také na mračňák Theophrastův, což vedlo k dozrání několika tisíc semen/m<sup>2</sup>.

**Hypotéza 3.** Herbicidní strategie v cukrové řepě má vliv na výnos řepy.

- Hypotéza potvrzena.
- Na neošetřených variantách došlo ke snížení výnosu až o 95 %.

- Na varianty ošetřených herbicidem Conviso One bylo dosaženo průkazně vyššího výnosu bulev než na variantách ošetřených konvekčními herbicidy, což bylo způsobeno především konkurencí plevelů.
- Za nepříznivých povětrnostních podmínek měla jednorázová aplikace herbicidu Conviso One o 35 % nižší výnos než dělená dávka tohoto herbicidu.

## 8 Závěr

V porostu cukrové řepy měl nejlepší regulační schopnost na všechny testované plevele herbicid Conviso One pokud byla jeho aplikace rozdělena do dvou dávek (0,5 + 0,5 l/ha) a pokaždé byl aplikován s adjuvancem Mero. Většina plevelů byla potlačena, kromě roku 2019, kde zregenerovalo několik jedinců mračnaku Theophrastova, což však nemělo vliv na výnos, který byl na této variantě nejvyšší a je srovnatelný s průměrnými výnosy v běžných provozních podmínkách. Neprůkazně nižší účinnosti dosáhl herbicid Conviso One ve stejně dělené dávce ale bez adjuvancu. V roce 2018 byl zaznamenán o 35 % nižší výnos na variantě ošetřené jednorázově herbicidem Conviso One (1 l/ha) oproti roku 2019. Příčinou byly vysoké teploty a nízké srážkové úhrny v květnu, na což plevele reagovaly tvorbou silnějších ochranných bariér na povrchu listů a účinnost herbicidního ošetření byla nižší. Konvekční cukrovkové herbicidy vykázaly podle předpokladů nulovou účinnost na plevelnou řepu.

Zavedením technologie Conviso Smart dochází k zjednodušení a zefektivnění regulace plevelů v cukrové řepě. Významným přínosem systému Conviso Smart pro pěstitele cukrové řepy je vysoká účinnost herbicidu Conviso One na plevelnou řepu, která je dostatečně potlačována i ve velmi malých dávkách, přičemž reziduální působení účinné látky *thiencarbato-methyl* brání vzcházení nových rostlin plevelné řepy několik týdnů po aplikaci. Je však třeba omezit používání ALS inhibitorů v ostatních plodinách, a zařadit do systému regulace plevelů herbicidy s jiným mechanismem účinku, aby se zamezilo vzniku rezistence plevelů vůči ALS inhibitorům.

## 9 Literatura

Andr, J. 2011. Optimalizace chemické ochrany proti plevelům ve slunečnici z hlediska účinnosti a selektivity. [DSc. Thesis]. Česká zemědělská univerzity, Praha. s. 102.

BALGHEIM, N., WEGENER, M., MUMME, H., STIBBE, C., HOLTSCHULTE, B. 2016. *CONVISO® SMART – a new solution to control monocotyledonous and dicotyledonous weeds in ALStolerant sugar beets*. Julius-Kühn-Archiv. (6). 327-334. DOI: 10.5073/jka.2016.452.043

BENDA, V. 2000. *Biologie II: nauka o potravinářských surovinách*. Vysoká škola chemicko-technologická, Praha. 196 s. ISBN: 80-708-0402-5.

BITTNER, V. 2012. Poruchy ve výživě cukrovky: Škodliví činitelé cukrové řepy – abiotická poškození. *Listy cukrovarnické a řepařské*. **128** (2). 56-59.

BITTNER, V. 2013. Škodliví činitelé cukrové řepy – živočišní škůdci: Háďátka řepné (*Heterodera schachtii* Schmidt). *Listy cukrovarnické a řepařské*. **129** (7-8). 234-235.

BREJCHA, L., VAŠÁK, V. 1964. *Aussichtsvolle Pflanzen für Fasergewinnung oder komplexe Verwertung*. *Acta Horti Botanici Pragensis*. Praga. 3-12.

BROOKES, G. BARFOOT, P. 2006. Global impact of biotech crops: Socio-economic and environmental effects in the first ten years of commercial use. *The Journal of Agrobiotechnology Management & Economics*. **9** (3). 139-151.

BURNSIDE, O. C., WILSON, R. G., WEISBERG, S., HUBBARD, K. G. 1996. Seed Longevity of Weed Species Buried 17 Years in Eastern and Western Nebraska. *Weed Science*. **44**. 74-86.

CAMPAGNA, G., Rosini, D. 2018. Sustainable Weed Control in Sugar Beet. KORRES, E. N. (ed.), BURGOS, R. N. (ed.), DUKE, S. O. (ed.). *WEED CONTROL: Sustainability, Hazards and Risks in Cropping Systems Worldwide*. CRC Press, Boca Raton. p. 554-579. ISBN: 978-1-4987-8746-8.

COBB, A. H., READE, J. P. H. 2010. *Herbicides and Plant Physiology*. Wiley-Blackwell, Oxford. p. 296. ISBN: 978-1-4051-2935-0.

- DESPLANQUE, B., HAUTEKÈETE N., VAN DIJK H. 2002. Transgenic weed beets: possible, probable, avoidable? *Journal of Applied Ecology*. **39** (4). 561-571. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00736.x>
- DEYL, M. 1956. *Plevele polí a zahrad*. Československá akademie věd, Praha. 545 s.
- DILL, G. M., CAJACOB C.A., PADGETTE S.R. 2008. Glyphosate-resistant crops: adoption, use and future considerations. *Pest Management Science*. **64** (4). 326-331. DOI: 10.1002/ps.1501
- DILLEN, K., DEMONT, M., TILLE, P., CERESO, E. R. 2013. *Bred for Europe but grown in America: the case of GM sugar beet*. *New Biotechnology*, 2013. **30** (2). 131-135.
- DUFFEK, K. 2011. Zamyšlení: Český cukrovarnický průmysl – historie a současnost. s. 24-31. *Cukrovarnictví, cukrovary a cukrovarníci: fenomén českého hospodářství v 19. a 20. století*. Národní zemědělské muzeum Praha, Praha. ISBN: 0862-8483.
- DUKE, O., SCHEFFLER, B. E., DYER, W. E. 2002. Genetic Engineering Crops for Improved Weed Management Traits. In. RAJASEKARAN, (ed.) K. FINLEY, J. W. (ed.). *Crop biotechnology*. Distributed by Oxford University Press, Washington, DC. p. 52-66. ISBN: 9780841237667.
- DUKE, S., POWLES, S. B. 2008. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. *Pest Management Science*. **64** (4). 319-325. DOI: 10.1002/ps.1518
- GASTON, S., ZABALZA, A., APARICIO-TEJO, P. M., ROYUELA, M. 2002. Imazethapyr, an inhibitor of the branched-chain amino acid biosynthesis, induces aerobic fermentation in pea plants. *Physiologia Plantarum*. **114** (4). 524-532. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2002.1140404.x>
- GÖTZE, P., KENTER, C., WENDT, M. J., LADEWIG, E. 2018. *Survey of efficacy trials for Conviso® One in sugar beet*. 28th German Conference on Weed Biology and Control. p. 498-500.
- GREEN, J.M., OWEN, M. D. K. 2011. Herbicide-Resistant Crops: Utilities and Limitations for Herbicide-Resistant Weed Management. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **59** (11). 5819-5829. DOI: 10.1021/jf101286h

- GRESSEL, J. 2005. *Crop Fertility and Volunteerism*. CRC Press, London. 422 s. ISBN: 978-0-8493-2895-4.
- HESS, F. D., FALK, R. H. 1990. Herbicide Deposition on Leaf Surfaces. *Weed Science*. (38), 280-288.
- HESS, F. D., FOY, C. L. 2000. Interaction of surfactants with plant cuticles. *Weed Technology*. **14** (4). 807-813.
- HOFSTETTER, W. 1986. *Untersuchungen zur Schadwirkung und zur Populationsdynamik von Einjährigem Bingelkraut (Mercurialis annua L.= MERAN)*. Biologischen Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem,
- HOLM, L. G., PLUNCKNELT, J. V., PANCHO, P, HERBERGER, J. 1977. *World Worst Weed*. Published for the east – west center by university press of Hawaii, Honolulu.
- HRON, F., VODÁK, A. 1959. *Polní plevelé a boj proti nim*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- CHOCHOLA, J. 2010. *Průvodce pěstováním cukrové řepy*. Semčice.
- JEHLÍK, V., JEHLÍK, V., KROPÁČ, Z. 1998. *Cizí expanzivní plevelé České republiky a Slovenské republiky*. Academia, Praha. ISBN: 80-200-0656-7.
- JURSÍK, M., ANDR, J., HOLEC, J., SOUKUP, J. 2013. Současné možnosti regulace plevelů v cukrovce a trendy do budoucna. *Listy cukrovarnické a řepařské*. **129** (4). 124-132.
- JURSÍK, M., HOLEC, J., HAMOUZ, P., SOUKUP, J. 2011. *Plevelé: biologie a regulace*. Kurent, České Budějovice. 232 s. ISBN: 978-80-87111-27-7.
- JURSÍK, M., HOLEC, J., HAMOUZ P., SOUKUP, J. 2018. *Biologie a regulace plevelů*. Kurent, České Budějovice. 362 s. ISBN: 978-80-87111-71-0.
- JURSÍK, M., HOLEC, J., KOLÁŘOVÁ, M. 2020. Sugar beet varieties tolerant to ALS-inhibiting herbicides: A novel tool in weed management. *Crop Protection*. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105294>



- JURSÍK, M., HOLEC, J., SOUKUP, J. 2011. Využití HT technologií při regulaci plevelů. *Listy Cukrovarské a Řepařské*. **127** (9-10). 286-291.
- JURSÍK, M., HOLEC, J., SOUKUP, J., VENCLOVÁ, V. 2008. Competitive relationship between sugar beet and weeds in dependence on weed control. *Plant, Soil and Environment*. **54** (3). 108-116.
- JURSÍK, M., SOUKUP, J., HOLEC, J., ANDR, J. 2010c. Inhibitory acetolaktát syntázy (ALS inhibitory). *LISTY CUKROVARNICKÉ a ŘEPAŘSKÉ*. **126** (11). 376-379.
- JURSÍK, M., SOUKUP, J., HOLEC, J. 2004. Biologie a regulace významných plevelů cukrové řepy – Merlík bílý (*Chenopodium album* L.). *Listy cukrovarnické a řepařské*. **120** (1). 7-11.
- JURSÍK, M., SOUKUP, J., HOLEC, J. 2010a. Úvod do problematiky mechanismu působení herbicidů. *Listy cukrovarnické a řepařské*. **126** (1). 14-16.
- JURSÍK, M., SOUKUP, J., HOLEC, J., VENCLOVÁ, V. 2010b. Inhibitory biosyntézy aminokyselin. *Listy Cukrovarské a Řepařské*. **126** (7-8). 250-253.
- JŮZL, M., ELZNER, P. 2014. *Pěstování okopanin*. Mendelova univerzita v Brně, Brno. 99 s. ISBN: 978-80-7509-196-3.
- KAZDA, J., MIKULKA, J., PROKINOVÁ, E. 2010. *Encyklopedie ochrany rostlin*. Profi Press, Praha. 400 s. ISBN: 978-80-86726-34-2.
- KLEE, H. J., MUSKOPF, Y. M., GASSER, C. S. 1987. Cloning of an Arabidopsis thaliana gene encoding 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase: sequence analysis and manipulation to obtain glyphosate-tolerant plants. *Molecular and General Genetics MGG*. **79** (210). 437-442.
- KOHOUT, V. 1997. *Plevele polí a zahrad*. Agrospoj, Praha. 235 s.
- KOŠNAROVÁ, P., HAMOUZOVÁ, K., SOUKUP, J. Rezistence chundelky metlice vůči sulfonylmočovinám. [online]. *Agromanuál* 5. srpna 2011 [cit. 2021-03-17]. Dostupné z: <<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/rezistence-chundelky-metlice-vuci-sulfonylmocovinam>>

- LANDOVÁ, M., SOUKUP, J., HAMOUZOVÁ, K., HOLEC, J., KOLÁŘOVÁ, M. 2010. Výskyt plevelné řepy v České republice a faktory ovlivňující její šíření. *Listy cukrovarnické a řepařské*. **126** (12). 436-441.
- LÖBMANN, A., CHRISTEN, Ó., PETERSEN, J. 2019. *Development of herbicide resistance in weeds in a crop rotation with acetolactate synthase-tolerant sugar beets under varying selection pressure*. *Weed Research*. 479-489. <https://doi.org/10.1111/wre.12385>
- MÄRLÄNDER, B. 2005. Weed Control in Sugar Beet using Genetically Modified Herbicide-tolerant Varieties – A Review of the Economics for Cultivation in Europe. *Journal of Agronomy and Crop Science*. (1). 64-74. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2004.00135.x>
- MATTHEWS, G. A., BATEMAN, R., MILLER, P. C. H. 2014. *Pesticide application methods*. Wiley-Blackwell, Chichester. p. 545. ISBN: 978-1-1183-5130-7.
- MAZUR, B. J., FALCO, S. C. 1989. *The Development of Herbicide Resistant Crops*. *Annual Review of Plant Biology*. **40**. 441-470.
- MIKI, B., MCHUGH, S. 2004. Selectable marker genes in transgenic plants: applications, alternatives and biosafety. *Journal of Biotechnology*. **107** (3). 193-232.
- MIKULKA, J. 2010. Atlas plevelů. s. 193-283. KAZDA, J., MIKULKA, J., PROKINOVÁ, E. *Encyklopedie ochrany rostlin*. Profi Press, Praha. ISBN: 978-80-86726-34-2.
- MIKULKA, J., KNEIFELOVÁ, M. 2005. *Plevelné rostliny*. Profi Press, Praha. ISBN: 80-867-2602-9.
- MIKULKA, J. ŠTROBACH, J. 2017. Mračňák Theophrastův (*Abutilon theophrasti* Med.) a jeho expanze v porostech řepy cukrové v České republice. *Listy cukrovarnické a řepařské*. **133** (5-6). 174-178.
- MILLER, P., WESTRA, P. 1998. *How surfactants work*. Colorado State University, Cooperative Extension, Crop Fact Sheet, <[http://thanyagroup.com/research/download/25530111\\_2.pdf](http://thanyagroup.com/research/download/25530111_2.pdf)>
- NANDULA, V. K. 2010. *Glyphosate resistance in crops and weeds: History, Development, and Management*. John Wiley & Sons, Hoboken. p. 344. ISBN: 978-047-0410-318.

- NAYLOR, R. E. L. 2002. *Weed Management Handbook*. British Crop Protection Council, Blackwell Science, Oxford. p. 430 ISBN: 978-0-632-05732-0.
- HORRIS, R. F. 1996. *Weed population dynamics: seed production*. Proceedings of the Second International Weed Control Congress, Copenhagen. 15-20.
- ONDŘEJ, M., DROBNÍK, J. 2002. *Transgenoze rostlin*. Academia, Praha. 320 s. ISBN: 80-200-0958-2.
- ÖZER, Z. 1996. Untersuchungen zur Keimtemperatur von Unkrautsamen aus unterschiedlichen Gebieten der Türkei. *Journal of Plant Diseases and Protection*. Special Issue. (15). 61-64.
- PIKULA, J., OBDRŽÁLKOVÁ, D., ZAPLETAL, M. 1997. *Polní, zahradní a lesní plevely ČR*. Peres, Praha. 256 s.
- PROKINOVÁ, E. 2010. Atlas chorob. s. 283-343. KAZDA, J., MIKULKA, J., PROKINOVÁ, E. *Encyklopedie ochrany rostlin*. Profi Press, Praha. ISBN: 978-80-86726-34-2.
- PULKRÁBEK, J., URBAN, J., BEČKOVÁ L., VALENTA, J. 2007. *Řepa cukrová: pěstitelský rádce*. Kurent, České Budějovice. 64 s. ISBN: 978-80-87111-00-0.
- RAMSDALE, B. K. MEISSERSMITH, C. G. 2001. Nozzle, spray volume and adjuvant effects on carfentrazone and imazamox efficacy. *Weed Technology*. **15** (3). 485-491.
- READE, J. P. H., COBB, A. H. 2002. Herbicides: Modes of Action and Metabolism. NAYLOR, R. E. L., (ed.). *Weed Management Handbook*. British Crop Protection Council by Blackwell Science, Oxford. p 134-170. ISBN: 0-632-05732-7.
- ŘEPKOVÁ, J. 2013. *Genetika rostlin*. Masarykova univerzita, Brno. 269 s. ISBN 978-80-210-6408-9.
- SMRČKA, L., HÖNIG, V. 2012. Kde je budoucnost cukrovarnictví v České republice. *Listy cukrovarnické a řepařské*. **128** (5-6). 193-198.
- SOUKUP, J. 2005. Metody regulace zaplevelení. In. MIKULKA, J. (ed)., KNEIFELOVÁ, M. (ed). *Plevelné rostliny*. Profi Press, Praha. s. 39-57. ISBN: 80-86726-02-9.

SUN, J., FOY., C. L., WITT, H. L. 1996. Effect of organosilicone surfactans on the rainfastness of primisulfuron in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Weed Technology*. **10** (2). 263-267.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MOLLER, L. M., MURPHY, A. 2015. *Plant Physiology and Development*. Sinauer Associates Inc., Sunderland. p. 761. ISBN: 978-1-60535-255-8.

TAN, S., EVANS, R., SINGH, B. 2006. Herbicidal inhibitors of amino acid biosynthesis and herbicide-tolerant crops. *Amino Acids*. **30** (2). 195-204. DOI: 10.1007/s00726-005-0254-1

TÓTH, Š., PORVAZ, P., DANILOVIČ, M., ILKOVÁ, L. 2020. Láskavce a cukrová repa. *Listy cukrovarnické a řepářské*. **136** (11). 380-386.

TRANEL, P. J., WRIGHT, T. R. 2002. Resistance of Weeds to ALS-Inhibiting Herbicides: What Have We Learned? *Weed Science*. **50**. 700-712.

VENCLOVÁ, B. 2016. *Adjuvanty a jejich využití v herbicidní ochraně*. Úroda 6. dubna 2016 [cit. 2021-4-12]. Dostupné z: <<https://www.uroda.cz/adjuvanty-a-jejich-vyuziti-v-herbicidni-ochrane/>>

WARWICK, S. I., BLACK, L. D. 1988. The biology of Canadian weeds: *Abutilon theophrasti*. *Canadian J. Plant Sci.* 68. 1069-1085.

WEBB, D. 2002. Herbicide Formulation and Delivery. NAYLOR, R. E. L. (ed). *Weed Management Handbook*. British Crop Protection Council by Blackwell Science, Oxford. p. 171-198. ISBN: 0-632-05732-7.

WENDT, M. J., KENTER, C., STIBBE, C., LADEWIG, E., MÄRLÄNDER, B. 2017. Selectivity of foramsulfuron + thiencazone-methyl and classic herbicides in sensitive and non-sensitive sugar beet genotypes. *Weed Research*. (4). 267-277. <https://doi.org/10.1111/wre.12253>

ZIMDAHL, R. L. 2018. *Fundamentals of Weed Science*. Elsevier Science & Technology. p. 760. ISBN: 978-0-12-811143-7.

<http://weedsience.com/>

isaaa.org

## 10 Seznam tabulek

<b>Tabulka 1:</b> Český název, Latinský název, kód Bayer sledovaných plevelů. ....	36
<b>Tabulka 2:</b> Biometrické schéma pokusu v cukrové řepě.....	38
<b>Tabulka 3:</b> Popis testovaných variant.....	39
<b>Tabulka 4:</b> Podmínky a růstové fáze plodiny a plevelů v době aplikace v roce 2018. ....	40
<b>Tabulka 5:</b> Podmínky a růstové fáze plodiny a plevelů v době aplikace v roce 2019. ....	41
<b>Tabulka 6:</b> Účinnost herbicidních variant na bažanku roční v letech 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupinu pro $\alpha = 0,05$ .....	42
<b>Tabulka 7:</b> Účinnost herbicidních variant na ježatku kuří nohu v letech 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupinu pro $\alpha = 0,05$ .....	43
<b>Tabulka 8:</b> Účinnost herbicidních variant na laskavce ohnutého, průměrné výsledky z let 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupinu pro $\alpha = 0,05$ . ....	43
<b>Tabulka 9:</b> Hmotnost nadzemní biomasy a reprodukční schopnost laskavce ohnutého v letech 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupinu pro $\alpha = 0,05$ . ....	44
<b>Tabulka 10:</b> Účinnost herbicidních variant na merlík bílý v letech 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupinu pro $\alpha = 0,05$ .....	45
<b>Tabulka 11:</b> Hmotnost nadzemní biomasy a reprodukční schopnost merlíku bílého v letech 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupinu pro $\alpha = 0,05$ . ....	45
<b>Tabulka 12:</b> Účinnost herbicidních variant na mračňák Theophrastův v letech 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupinu pro $\alpha = 0,05$ . ....	46
<b>Tabulka 13:</b> Hmotnost nadzemní biomasy a reprodukční schopnost mračňáku Theophrastova v letech 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupinu pro $\alpha = 0,05$ ..	46
<b>Tabulka 14:</b> Účinnost herbicidních variant na plevelnou řepu v letech 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupinu pro $\alpha = 0,05$ .....	47

<b>Tabulka 15:</b> Hmotnost nadzemní biomasy a reprodukční schopnost plevelné řepy v letech 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupinu pro $\alpha = 0,05$ . .....	48
<b>Tabulka 16:</b> Výnos bulev cukrové řepy v letech 2018 a 2019. Písmena uvedená za čísla vyjadřují homogenní skupinu pro $\alpha = 0,05$ . .....	49

## 11 Seznam obrázků

<b>Obrázek 1:</b> Dráha biosyntézy aminokyselin s rozvětveným řetězcem, aromatických aminokyselin a glutaminu v rostlině ukazují tři enzymy, které jsou inhibovány inhibitory biosyntézy aminokyselin (Tan et al. 2006). TCA Cycle = cyklus trikarboxylových kyselin, též Krebsův. ....	11
<b>Obrázek 2:</b> Přehled počtu rezistentních plevelů k různým inhibitorům .....	12
<b>Obrázek 3:</b> Molekulární struktury jednotlivých skupin ALS inhibitorů (Tan et al. 2006). ....	13
<b>Obrázek 4:</b> Schématické znázornění místa působení ALS inhibitorů (Jursík et al. 2010c) .....	14
<b>Obrázek 5:</b> Znázornění primárního působení EPSP inhibitorů (glyfosát) (jursík et al. 2018)..	16
<b>Obrázek 6:</b> Znázornění vlivu smáčedla a olejového adjuvantu na kapénky postřiku a narušení ochranných bariér na povrchu listu (Venclová 2016). ....	24