



**EFEKTIVNÍ OCHRANA PROTI PLEVELŮM
V SYSTÉMU INTEGROVANÉ PRODUKCE
ZELENINY
PŘI OMEZENÍ RIZIK VÝSKYTU REZIDUÍ HERBICIDŮ
VE SKLIZENÝCH PRODUKTECH**

Certifikovaná metodika



Miroslav Jursík a kol.



© Česká zemědělská
univerzita v Praze

2023

Efektivní ochrana proti plevelům v systému integrované produkce zeleniny při omezení rizik výskytu reziduí herbicidů ve sklizených produktech

Certifikovaná metodika, 2023

Autoři:

prof. Ing. Miroslav Jursík, Ph.D.
Ing. Michaela Kolářová, Ph.D.
Ing. Tereza Horská, Ph.D.
Ing. Martin Kočárek, Ph.D.
prof. Ing. Jana Hajšlová, CSc.
prof. Ing. Vladimír Kocourek, CSc.
Ing. Josef Kučera
Ing. Dana Schusterová, Ph.D.
Ing. Leoš Uttl

Dedikace:

Výsledek řešení projektu MZe QK21020238 Inovace integrované produkce zeleniny při změně spektra prostředků ochrany, zdokonaleném monitoringu škodlivých organismů a omezení rizik pesticidů v produktech

Oponentní posudky vypracovali:

Ing. Václav Pálka, Ph.D.
doc. Ing. Vladimír Smutný, Ph.D.

Publikaci bylo odborem komodit Ministerstva zemědělství uděleno Osvědčení č. j. MZE-69102/2023 o uznání uplatněné certifikované metodiky v souladu s podmínkami „Metodiky hodnocení výsledků výzkumu a vývoje“

Vydala:

Česká zemědělská univerzita v Praze, 2023

ISBN 978-80-213-3322-2

ISBN 978-80-213-3323-9 (elektronická verze)

Upozornění: Pro použití pesticidů jsou závazné aktualizované informace v Seznamu povolených přípravků a dalších prostředků na ochranu rostlin. Při realizaci doporučení uváděných v metodice musí být podmínky z těchto úředních dokumentů dodrženy.

Obsah

1. Úvod.....	4
2. Cíl metodiky	5
3. Vlastní popis metodiky	6
3.1. Materiál a metody	6
3.1.1. Maloparcelní pokusy	6
3.1.2. Hodnocení reziduí pesticidů ve sklizené zelenině	6
3.2. Výsledky a doporučení	20
3.2.1. Faktory ovlivňující herbicidní ošetření	20
3.2.1.1. Sluneční záření	20
3.2.1.2. Teplota	22
3.2.1.3. Vlhkost vzduchu	23
3.2.1.4. Proudění vzduchu	23
3.2.1.5. Dešťové srážky	24
3.2.1.6. Vlhkost půdy	28
3.2.1.7. Půdní vlastnosti	28
3.2.1.8. Zpracování půdy	29
3.2.1.8.1. Vliv předvysadbového zpracování půdy na herbicidní ošetření ...	30
3.2.1.9. Dávka postřikové jichy	36
3.2.2. Regulace plevelů v tykkové zelenině	36
3.2.3. Příčiny a příznaky poškození polní zeleniny herbicidy	47
3.2.3.1. Poškození růstovými herbicidy.....	47
3.2.3.2. Poškození způsobené herbicidy inhibujícími ALS	49
3.2.3.3. Poškození způsobené glyphosatem	52
3.2.3.4. Poškození způsobené herbicidy inhibujícími syntézu karotenoidů .	53
3.2.3.5. Poškození způsobené půdními herbicidy	54
3.2.3.6. Poškození způsobené kontaktními listovými herbicidy.....	56
3.2.4. Degradace reziduí herbicidů a akční ochranné lhůty	57
4. Srovnání novosti postupů	77
5. Popis uplatnění certifikované metodiky	78
6. Ekonomické aspekty spojené s užíváním metodiky	78
7. Použitá literatura:	79
8. Seznam publikací, které předcházely metodice	81

Anotace

Metodika je určena pěstitelům polní zeleniny, zejména těm, kteří pěstují zeleninu v systému integrované produkce zeleniny. Metodika obsahuje informace a doporučení pro regulaci plevelů ve vybraných druzích polní zeleniny, které jsou potřebné pro uplatňování zásad integrované ochrany v souladu s požadavky platnými od roku 2014. Pěstiteli se dostává konkrétních doporučení pro chemickou i nechemickou ochranu proti plevelům. Herbicidy a jejich dávky jsou doporučovány na základě akčních ochranných lhůt v jednotlivých druzích zelenin a na základě jejich chování v prostředí, především v půdě. Z údajů o degradaci reziduí herbicidů v zeleninách bylo možné stanovit akční ochranné lhůty pro nízkoreziduální a bezreziduální produkci zeleniny. Herbicidy jsou v metodice posuzovány také podle jejich selektivity k zeleninám a v mnoha případech je doporučováno jejich precizní dávkování za účelem eliminace fyto toxického působení.

Title

Effective weed control in system of integrated vegetable production with reduction of residues of herbicides in harvested products

Summary

The methodology is intended for growers of field vegetables, especially those who grow vegetables under the integrated vegetable production system. The methodology contains information and recommendations for weed control in selected field vegetables, which are necessary for the application of the principles of integrated pest management in accordance with the requirements applicable from 2014. The grower is given specific recommendations for chemical and non-chemical weed control. Herbicides and their doses are recommended based on the pre-harvest intervals in each vegetable species and on their behavior in the environment, especially in the soil. From data on the degradation of herbicide residues in vegetables, it was possible to establish pre-harvest intervals for low-residue and residue-free vegetable production. Herbicides are also assessed according to their selectivity to vegetables and in many cases precise dosing is recommended to eliminate phytotoxic effects.

1. Úvod

Předkládaná metodika je výsledkem řešení projektu MZe QK21020238 Inovace integrované produkce zeleniny při změně spektra prostředků ochrany, zdokonaleném monitoringu škodlivých organismů a omezení rizik pesticidů v produktech. Koordinátorem projektu byl Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., spoluřešiteli byly Česká zemědělská univerzita v Praze a Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Projekt byl řešen v rámci programu: QK – Program aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství na období 2017–2025, Země, Podprogramu 2 – Podpora státní politiky v agrárním sektoru.

Projekt byl mimo jiné zaměřen na vypracování metodiky pro systém integrované ochrany proti plevelům pro významné druhy polní zeleniny pěstované v ČR v systému integrované produkce, s cílem zvýšit kvalitu zelinářských produktů z hlediska nižšího zatížení rezidui pesticidů. V rámci řešení tohoto projektu byla kolektivem autorů Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i., vypracována v roce 2023 také certifikovaná metodika „Efektivní ochrana proti škůdcům brukvovité zeleniny v systému integrované produkce zeleniny při omezení rizik výskytu reziduí pesticidů v produktech“ (Kocourek a kol., 2023).

Předložený výsledek je příkladem interdisciplinárního přístupu za spolupráce výzkumné organizace a dvou univerzit. Maloparcelkové pokusy byly prováděny na ČZU, analýza reziduí byla prováděna na VŠCHT a zpracování získaných dat a jejich interpretace byly prováděny na ČZU a VÚRV. Analýzy reziduí herbicidů a jejich degradačních produktů v rostlinách byly prováděny metodami GC/MS a LC/MS v souladu s evropskou normou ČSN EN 15662, s pokyny DG SANTE/11312/2021 pro kontrolu reziduí pesticidů v potravinách a krmivech a s využitím poznatků popsaných v certifikované metodice „Multidetekční metoda pro sledování reziduí pesticidů v zelenině“ (Hajšlová a kol., 2012).

Obsah a struktura poznatků uváděných v této metodice umožňuje pěstitelům zeleniny uplatňovat zásady integrované ochrany proti plevelům v souladu s požadavky novely zákona č. 326/2004 Sb. o rostlinolékařské péči v platném znění a vyhlášky č. 205/2012 Sb. o obecných zásadách integrované ochrany rostlin. Poznanky o degradaci reziduí herbicidu ve sledované zelenině umožní pěstitelům dodržovat limity reziduí v podmínkách stanovených pro podporu integrované produkce zeleniny v souladu s Nařízením vlády 80/2023. Za tímto účelem byly stanoveny akční ochranné lhůty pro nízkoreziduální, resp. bezreziduální produkci zeleniny.

2. Cíl metodiky

Cílem metodiky je poskytnout pěstitelům v systému integrované produkce zeleniny informace pro naplňování podmínek stanovených v Nařízení vlády 80/2023, které se týkají dosažení stanovených limitů reziduí pesticidů, včetně relevantních metabolitů v produktech zeleniny při sklizni. Stanovit modely degradace reziduí herbicidů v závislosti na čase od aplikace do sklizně. Popsat postup, jak modely využívat pro stanovení akčních ochranných lhůt pro nízkoreziduální nebo bezreziduální produkci zeleniny. Zhodnotit průběh degradace reziduí při pěstování v různém období vegetace a také rozdíly ve výskytech účinných látek herbicidů v hlízách/bulvách a listech kedluben/celeru.

Dalším cílem je poskytnout informace a doporučení pro ochranu proti plevelům tykvvité zeleniny potřebné pro uplatňování zásad integrované ochrany. Posoudit vliv povětrnostních a půdních podmínek na účinnost, selektivitu herbicidů a jejich chování v půdě. Pomoci s identifikací poškození zeleniny herbicidy a navrhnout taková opatření, aby k nim nedocházelo.

Tyto informace jsou přednostně určeny pěstitelům v systému integrované produkce zeleniny, ale mohou je využít i ostatní pěstitelé pro zdokonalení systému integrované ochrany nad rámec základních požadavků platné legislativy. Využívání metodiky přispěje ke zvýšení kvality zelinářských produktů, a to zejména z hlediska zdravotní bezpečnosti, současně však i k omezení environmentálních rizik plynoucích z používání herbicidů.

3. Vlastní popis metodiky

3.1. Materiál a metody

3.1.1. Maloparcelní pokusy

V letech 2021-2023 byly testovány nejrůznější herbicidní technologie regulace plevelů ve vybraných druzích polní zeleniny. Pokusy byly zakládány a hodnoceny v souladu s metodikami EPP0. Aplikace herbicidů byla provedena maloparcelním bezezbytkovým postřikovačem Schachtner. Při pokusných aplikacích byla použita dávka vody 250–300 l/ha a aplikační tlak 0,25 MPa. Byly použity trysky Lurmark 015F110.

3.1.2. Hodnocení reziduí herbicidů ve sklizené zelenině

V **celeru** z předpěstované sadby byly testovány herbicidy Stomp Aqua (pendimethalin), Bandur (aclonifen), Command 36 SC (clomazone), Proman (metobromuron), Cadou 500 SC (flufenacet), Stratos Ultra (cycloxydim), Fusilade Forte 150 EC (fluazifop-P-butyl), Garland Forte (propaquizafop) a Gramin 5 EC (quizalofop-P-ethyl). V roce 2021 byl testován také herbicid Somero (pethoxamid), který však způsoboval výrazné poškození celeru (zpomalení růstu) a v dalších pokusných letech proto již nebyl testován (Obr. 1).

V **kedlubnách** z předpěstované sadby byly testovány herbicidy Stomp Aqua (pendimethalin), Butisan 400 SC (metazachlor), Command 36 SC (clomazone), Outlook (dimethenamid-P), Stratos Ultra (cycloxydim), Fusilade Forte 150 EC (fluazifop-P-butyl), Garland Forte (propaquizafop) a Gramin 5 EC (quizalofop-P-ethyl). V roce 2021 by testován také herbicid Lentagran WP (pyridate), Devrinol 45 F (napropamide) a Kerb 400 SC (propyzamide), které však způsobovaly výrazné poškození kedluben (nekrózy listů a zpomalení růstu) a v dalších pokusných letech proto již nebyly testovány.

V porostech **okurek** (nakládačky) z přímého výsevu byly testovány pouze listové graminicidy Stratos Ultra (cycloxydim), Fusilade Forte 150 EC (fluazifop-P-butyl), Garland Forte (propaquizafop) a Gramin 5 EC (quizalofop-P-ethyl). V roce 2021 byly testovány také preemergentní herbicidy Command 36 CS (clomazone) a Cadou (flufenacet), které však způsobovaly výrazně horší vzházení okurek a v dalších pokusných letech proto již nebyly testovány. V letech 2022 a 2023 byl k testování použit porost založený na plastovém mulči.

V porostu **jarní (lahůdkové) cibulky** z přímého výsevu byly testovány herbicidy Stomp Aqua (pendimethalin), Bandur (aclonifen), Stratos Ultra (cycloxydim), Fusilade Forte 150 EC (fluazifop-P-butyl), Garland Forte (propaquizafop) a Gramin 5 EC (quizalofop-P-ethyl). V roce 2022 by testován také preemergentní herbicid Successor 600 (pethoxamid), který však způsoboval výrazně horší vzházení cibule a v dalších pokusných letech proto již nebyl testován.

V porostech **špenátu** byly testovány pouze listové graminicidy Stratos Ultra (cycloxydim), Fusilade Forte 150 EC (fluazifop-P-butyl), Garland Forte (propaquizafof) a Gramin 5 EC (quizalofop-P-ethyl). Byla snaha otestovat také některé herbicidy určené proti dvouděložným plevelům. S ohledem na vysokou citlivost špenátu k těmto herbicidům však bylo od testování těchto herbicidů upuštěno.

V porostech **květáku, zelí a ledového salátu** z předpěstované sadby byly testovány pouze listové graminicidy Stratos Ultra (cycloxydim), Fusilade Forte 150 EC (fluazifop-P-butyl), Garland Forte (propaquizafof) a Gramin 5 EC (quizalofop-P-ethyl). Herbicidy proti dvouděložným plevelům byly testovány v předchozím projektu.



Obrázek 1: Poškození celeru po preemergentním ošetření herbicidem obsahujícím účinnou látku pethoxamid (vpravo) v porovnání s neošetřenou kontrolou (vlevo)

Tabulka 1: Druhy zelenin a termínů aplikací, ze kterých byly odebrány vzorky pro analýzy reziduí herbicidů

Zelenina	Výsev/výsadba	Termíny aplikace					
Salát	11.5.2021	2.6.	14.6.	28.6.			
	20.8.2021	17.9.	30.9.	11.10.			
	20.4.2022	19.5.	3.6.	13.6.			
	26.4.2023	22.5.	2.6.	12.6.			
Květák	29.6.2021	26.7.	24.8.	6.9.			
	2.7.2022	8.8.	16.9.	17.10.			
	5.7.2023	7.8.	18.9.	23.10.			
Zelí	12.5.2021	10.6.	19.7.	2.8.			
Kedlubny	27.4.2021	26.4.	6.5.	20.5.	28.5.	3.6.	14.6.
	28.7.2021	26.7.	9.8.	24.8.	30.8.	7.9.	20.9.
	12.8.2022	11.8.	12.9.	19.9.	22.9.	26.9.	3.10.
Celer	5.5.2021	4.5.	2.6.	19.7.	2.8.		
	30.4.2022	29.4.	30.5.	15.8.	29.8.		
	11.5.2023	10.5.	12.6.	14.8.	28.8.		
Jarní cibulka	27.4.2022	4.5.	6.6.	18.7.	1.8.		
	21.4.2023	26.4.	12.6.	10.7.	24.7.		
	14.7.2023	17.7.	5.9.	2.10.	16.10.		
Okurky	10.5.2021	11.5.	14.6.	16.7.	26.7.		
	5.5.2022	-	8.6.	16.6.	23.6.		
	2.5.2023	-	8.6.	15.6.	22.6.		
Špenát	15.7.2021	27.8.	3.9.	13.9.			
	15.8.2021	17.9.	24.9.	4.10.			
	20.4.2022	13.5.	23.5.	13.6.			

3.1.2.1. Odběry vzorků pro analýzy

Vzorky testovaných zelenin byly v letech 2021 až 2023 odebírány z maloparcelových pokusů určených k tomuto účelu. Metodika zakládání těchto pokusů je uvedena v předchozí kapitole. Do pokusu byly zařazeny herbicidy registrované v ČR, ale také přípravky, které by mohly být do těchto zelenin registrovány v budoucnu. Pro všechny hodnocené druhy zelenin byla použita shodná metodika. Data výsadby a aplikací herbicidů v jednotlivých letech jsou uvedeny v Tab. 1. Aplikační termíny byly zvoleny dle platné registrace, případně s ohledem na jejich potencionální použití. Hlavní zřetel byl brán na růstovou fázi plodiny a předpokládaný termín sklizně (zrání). Seznam přípravků testovaných v jednotlivých plodinách je uveden v Tab. 2a-e. V žádném z ošetření nebyly s ohledem na možnou fytoxicitu použity více než 2 účinné látky herbicidů. Vzorky byly u většiny druhů zeleniny odebírány v 5 termínech (1, 3, 7, 14 a 21 dní po poslední aplikaci herbicidů). V případě salátu, květáku a zelí byly odběry pouze 4 (1, 3, 7 a 14 dní po posledním pesticidním postřiku). Pokud to umožňovala selektivita herbicidu, byl každý přípravek použit ve 3 aplikačních termínech. Celkem bylo tedy možné získat každý rok 4-15 hodnot reziduí jedné účinné látky. Z parcely bylo odebíráno vždy 5-6 kusů zeleniny průměrné velikosti z různých míst, vždy minimálně 1 kg. U celeru a kedluben byly odebírány vzorky i s listy, které byly hodnoceny samostatně, protože se na rezidua účinných látek pesticidů v listech zpravidla vztahují odlišné MRL.

Tabulka 2a: Testované účinné látky, přípravky a dávky přípravků použitých v **kedlubnách** za účelem analýzy reziduí herbicidů

Účinná látka	Název přípravku	Dávka přípravku L(kg)/ha
clomazone	Command 36 SC	0,20
cycloxydim	Stratos Ultra	1,50
dimethenamid-P	Outlook	1,00
fluazifop-P-butyl	Fusilade Forte 150 EC	1,50
metazachlor	Butisan 400 SC	1,50
napropamide	Devrinol 45 F	2,00
pendimethalin	Stomp Aqua	2,00
propaquizafop	Garland Forte	1,00
propyzamide	Kerb 400 SC	2,00
pyridate	Lentagran WP	1,00
quizalofop-P-ethyl	Gramin 5 EC	1,50

Tabulka 2b: Testované účinné látky, přípravky a dávky přípravků použitých v **celeru** za účelem analýzy reziduí herbicidů

Účinná látka	Název přípravku	Dávka přípravku L/ha
aclonifen	Bandur	3,00
clomazone	Command 36 CS	0,20
cycloxydim	Stratos Ultra	1,50
fluazifop-P-butyl	Fusilade Forte 150 EC	1,50
flufenacet	Cadou	0,40
metobromuron	Proman	3,00
pendimethalin	Stomp Aqua	3,00
pethoxamid	Somero	2,00
propaquizafop	Garland Forte	1,00
quizalofop-P-ethyl	Gramin 5 EC	1,50

Tabulka 2c: Testované účinné látky, přípravky a dávky přípravků použitých v **jarní (lahůdkové) cibulce** za účelem analýzy reziduí herbicidů

Účinná látka	Název přípravku	Dávka přípravku L/ha
aclonifen	Bandur	1,50
cycloxydim	Stratos Ultra	1,50
fluazifop-P-butyl	Fusilade Forte 150 EC	1,50
pendimethalin	Stomp Aqua	2,00
pethoxamid	Somero	1,50
propaquizafop	Garland Forte	1,00
quizalofop-P-ethyl	Gramin 5 EC	1,50

Tabulka 2d: Testované účinné látky, přípravky a dávky přípravků použitých ve špenátu, ledovém salátu, zelí a květáku za účelem analýzy reziduí herbicidů

Účinná látka	Název přípravku	Dávka přípravku L/ha
cycloxydim	Stratos Ultra	1,50
fluazifop-P-butyl	Fusilade Forte 150 EC	1,50
propaquizafop	Garland Forte	1,00
quizalofop-P-ethyl	Gramin 5 EC	1,50

Tabulka 2e: Testované účinné látky, přípravky a dávky přípravků použitých v okurkách za účelem analýzy reziduí herbicidů

Účinná látka	Název přípravku	Dávka přípravku L/ha
clomazone	Command 36 SC	0,20
cycloxydim	Stratos Ultra	1,50
fluazifop-P-butyl	Fusilade Forte 150 EC	1,50
flufenacet	Cadou	0,30
propaquizafop	Garland Forte	1,00
quizalofop-P-ethyl	Gramin 5 EC	1,50

3.1.2.2. Analýzy reziduí herbicidů ve sklizené zelenině

Analýzy reziduí v odebraných vzorcích zeleniny byly realizovány v akreditované Metrologické a zkušební laboratoři Vysoké školy chemicko-technologické v Praze (Ústav analýzy potravin a výživy, zkušební laboratoř č. 1316.2). Používané analytické metody vycházejí z evropské normy ČSN EN 15662 „Potraviny rostlinného původu – Multimetoda pro stanovení reziduí pesticidů s použitím analýzy založené na LC po extrakci acetonitrilem/separaci a předčištění pomocí disperzní SPE“. Pro rozvoj analytických metod a interpretaci nálezů jsou využívány dokumenty a doporučení Národní referenční laboratoře pro rezidua pesticidů (NRL-SZPI Praha) a Evropských referenčních laboratoří (EURL), s nimiž VŠCHT Praha průběžně spolupracuje. Přesnost a porovnatelnost výsledků je periodicky kontrolována úspěšnou účastí v pravidelných testech způsobilosti („kruhové testy“) organizovaných EURL pro rezidua pesticidů v ovoci a zelenině (Universita Almería, Španělsko). V rámci rozvoje stávajících metod stanovení reziduí pesticidů byly aktualizovány a re-validovány měřicí postupy. V porovnání s původní certifikovanou metodikou publikovanou VŠCHT Praha pro multidetekční stanovení reziduí v polní zelenině (Hajšlová a kol., 2012), došlo k rozšíření rozsahu stanovených látek a ke

zlepšení výkonnostních charakteristik zkušebních metod pro některé z nich. Definice reziduí u většiny sledovaných analytů odpovídají aktuálním požadavkům nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 396/2005. Aktuální rozsahy analytických metod pro stanovení reziduí pesticidů jsou dostupné na stránkách <https://www.vscht.cz/mzl>.

Re-validace současných verzí analytických metod byla provedena podle pokynů DG SANTE/11312/2021 pro úřední kontrolu reziduí pesticidů. Validace byla provedena na dvou koncentračních hladinách (0,04 mg/kg a 0,004 mg/kg) vždy v šesti replikátech. Hodnoceny byly výkonnostní charakteristiky jako výtěžnost metody, opakovatelnost, kvantifikační limity (LOQ) a lineární rozsah metody. Ve všech těchto parametrech byla dosažena shoda s kritérii SANTE/11312/2021, tedy výtěžnost v rozmezí 70-120 %, mezilehlá preciznost do 20 % a LOQ nižší nejen, než jsou maximální limity reziduí stanovené pro příslušné reziduum v nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 396/2005, ale i než akční limity pro nízkoreziduální /bezreziduální produkci. V případě analýzy reziduí, u nichž jsou do definice rezidua zahrnuty též jejich vázané formy nebo estery (fluazifop, quizalofop), byla provedena alkalická hydrolýza vzorku v souladu s dokumentem Evropské referenční laboratoře „*Analysis of Pesticides Entailing Conjugates or Esters in their Residue Definitions*“ (EURL 2021).

3.1.2.3. Stanovení modelů degradace účinných látek pesticidů

V programu XLSTAT 2023.1.1 byly vytvořeny nelineární modely degradace jednotlivých účinných látek herbicidů podle rovnice vycházející z kinetiky prvního řádu: $C(t) = C_0 * e^{-k \cdot t}$ ($C(t)$ = koncentrace účinné látky (mg/kg) v čase t , t = počet dnů od aplikace, C_0 = počáteční koncentrace účinné látky (mg/kg), k = konstanta popisující rychlost rozkladu účinné látky (den^{-1})). Parametry modelů jsou uvedeny v Tab. 3a a 3b. Hodnoty maximálních limitů reziduí pesticidů (MRL), které jsou uvedeny v Tab. 7a-f pocházejí z databáze Evropské Unie (Food 2023). MRL je nejvyšší přípustné, toxikologicky přijatelné množství reziduí v potravinách a potravinových surovinách, které se vyjadřuje v hmotnostním poměru (mg/kg) celého definovaného produktu. Ochranné lhůty pro jednotlivé účinné látky herbicidů v různých druzích zeleniny vycházejí ze Seznamu povolených přípravků a dalších prostředků na ochranu rostlin v ČR (<https://eagri.cz/public/app/eagriapp/por/Vyhledavani.aspx>). V případě, že v tomto seznamu nebyla pro danou komoditu ochranná lhůta uvedena, byla doplněna z registru přípravků na ochranu rostlin Spolkové republiky Německo (<https://apps2.bvl.bund.de/psm/jsp/index.jsp?modul=form>) a Slovenské republiky (<http://pripravky.uksup.sk/pripravok/search>).

3.1.2.4. Stanovení akčních prahů a akčních ochranných lhůt pro nízkoreziduální a bezreziduální produkci

Stanovení akčních ochranných lhůt je při používání herbicidů nezbytné pro zajištění podmínek pro nízkoreziduální nebo bezreziduální produkci potravin.

Nízkoreziduální produkce je zemědělská produkce, při které je regulace plevelů prováděna tak, že rezidua použitých herbicidů v produktech jsou pod limitem předem stanoveného a vyžadovaného akčního prahu, například pod 30 % nebo 50 % MRL.

Bezreziduální produkce je zemědělská produkce, při které je regulace plevelů prováděna tak, že rezidua použitých herbicidů v produktech jsou pod limitem 0,01 mg/kg (shodné s limitem využívaným v současnosti pro produkty určené pro dětskou výživu). Pro splnění podmínek bezreziduální produkce nelze používat některé účinné látky herbicidů s pomalou rychlostí degradace. U některých přípravků je třeba významně prodloužit ochranné lhůty (dodržovat požadované akční ochranné lhůty).

Ochranná lhůta (OL) je doba ve dnech, která se počítá od termínu poslední aplikace přípravku do sklizně plodiny a je vždy uváděna pro konkrétní přípravek a konkrétní plodinu. OL je stanovena úředně a je uváděna na etiketě přípravku a v Seznamu povolených přípravků na ochranu rostlin, její dodržení je závazné. Pokud je OL dodržena, nemůže za obvyklých podmínek nastat překročení hodnoty MRL. Akční ochranné lhůty (AOL) jsou vyjádřeny ve dnech, a počítají se od termínu poslední aplikace přípravku do sklizně plodiny. AOL jsou vždy uváděné pro přípravek a konkrétní plodinu a při jejich respektování je garantováno dodržení předem stanovené hodnoty reziduí herbicidů odpovídající určitému % MRL. Například AOL₃₀ je akční ochranná lhůta pro stanovený akční práh 30 % MRL.

Akční ochranné lhůty bývají stanoveny na základě akčních prahů pro nízkoreziduální produkci nebo podle limitu pro bezreziduální produkci. Akční prahy pro nízkoreziduální produkci jsou nejvyšší přípustné limity toxikologicky přijatelného množství herbicidů v potravinách, které odpovídá předem stanovené požadované hodnotě % MRL platných pro konkrétní plodinu. V současné době jsou tyto akční prahy využívány hlavně obchodními řetězci jako limit pro plodiny z nízkoreziduální produkce zelenin. Hodnoty akčních prahů se podle odběratelů v současnosti pohybují v širokém rozmezí od 25 % do 75 % MRL. Od roku 2023 navíc čeští pěstitelé hospodařící v integrovaném systému pěstování zeleniny, kteří žádají o finanční příspěvek na úhradu vícenákladů podle NV č. 80/2023 Sb. o stanovení podmínek provádění agroenvironmentálně-klimatických opatření, musí zajistit rozbor vzorků podporovaného druhu zeleniny za účelem stanovení a zajištění dodržení 50 % MRL. V případě, že ve vzorku zeleniny dojde u některého rezidua pesticidu k překročení akčního prahu (50 %), ale současně nebyl překročen MRL, je žadateli snížena dotace o 25 % v roce, kdy došlo k porušení (Ministerstvo

zemědělství, 2023). Limit pro bezreziduální produkci je nejvyšší přípustné, toxikologicky přijatelné množství herbicidů v plodinách, které odpovídá hodnotě 0,01 mg/kg celého definovaného produktu.

V této metodice byly pro všechny hodnocené účinné látky herbicidů stanoveny akční prahy pro 50 % MRL, 30 % MRL a pro limit 0,01 mg/kg a jim odpovídající akční ochranné lhůty. Akční ochranné lhůty byly stanoveny výpočtem hodnoty t z rovnice $C(t) = C_0 \cdot e^{-kt}$ viz 3.1.2.3. Akční ochranné lhůty stanovené podle modelů degradace herbicidů byly z důvodu zvýšení spolehlivosti prodloužené o 1/3 (ve formalizovaném vyjádření: $AOL_{0,01}$ nebo AOL_{30} nebo $AOL_{50} = t + (1/3)t$). Akční ochranné lhůty $AOL_{0,01}$ byly ve většině případů delší, než jsou hodnoty OL.

Tabulka 3a: Parametry rovnic modelů degradace reziduí účinných látek herbicidů v lahůdkové cibuli, okurkách, ledovém salátu, špenátu a zelí hlávkovém (C_0 : počáteční koncentrace účinné látky dle modelu; k : konstanta popisující rychlost rozkladu účinné látky; R^2 koeficient determinace $\geq 0,5$)

Účinná látka	C_0 (µg/kg)	k	R^2
LAHŮDKOVÁ CIBULE			
fluazifop	813,313	0,088	0,95
pendimethalin	3,28E+06	0,138	0,86
propaquizafop*	306,530	0,582	0,99
quizalofop	106,395	0,453	0,99
OKURKA			
propaquizafop*	309,5	0,1769	0,99
quizalofop	65,4	0,0742	0,78
SALÁT			
fluazifop	5846,5	0,1652	0,76
ŠPENÁT			
quizalofop	489,0	0,0857	0,98
fluazifop	5148,0	0,0744	0,53
ZELÍ			
quizalofop	110,4	0,0402	0,72

*vyjádřen jako quizalofop podle platné definice rezidua

Tabulka 3b: Parametry rovnic modelů degradace reziduí účinných látek herbicidů **v bulvách a listech celeru a v hlízách a listech kedluben** (C_0 : počáteční koncentrace účinné látky dle modelu; k : konstanta popisující rychlost rozkladu účinné látky; R^2 koeficient determinace $\geq 0,5$)

Účinná látka	Část rostliny	C_0 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	k	R^2
CELER				
aclonifen	bulva	5367,2	0,0686	0,62
fluazifop	bulva	496,9	0,0200	0,69
fluazifop	listy	2538,3	0,0205	0,77
pendimethalin	bulva	578,5	0,0379	0,79
pendimethalin	listy	19917,4	0,0668	0,91
propaquizafop*	bulva	124,41	0,0511	0,94
propaquizafop*	listy	885,9	0,1062	0,99
KEDLUBNA				
metazachlor	hlíza	44,8	0,2030	0,95
metazachlor	listy	638,4	0,0932	0,52
pyridate	listy	852,3	1,8728	0,99
pendimethalin	hlíza	112,1	0,0676	0,68
pendimethalin	listy	253,8	0,0485	0,68

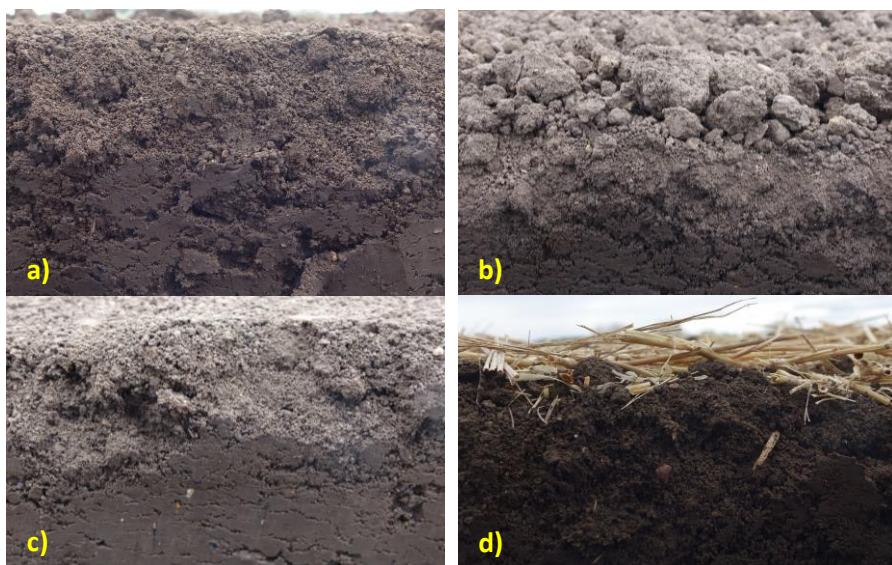
*vyjádřen jako quizalofop podle platné definice residua

3.1.3. Chování herbicidů v půdě

V průběhu níže uvedených experimentu byly odebírány půdní vzorky z půdních vrstev 0-5 a 5-10 cm. Pro odběr půdních vzorků byly použity půdní válečky. Odebrané půdní vzorky byly vysušeny lyofilizací, zváženy pro stanovení objemové hmotnosti půdy a standardním postupem připraveny pro analýzu. Pro determinaci pesticidů byly půdní vzorky extrahovány metanolem a vlastní stanovení pesticidů v metanolvých extraktech bylo provedeno pomocí HPLC-UV. Celkové množství pesticidů v jednotlivých půdních vrstvách bylo vypočteno z koncentrace pesticidů v půdě a objemových hmotností půdy. Tato data byla použita pro výpočet disipace (vymizení) pesticidů a jejich mobility v půdě. Pojem disipace zahrnuje jednak degradaci pesticidů, ale rovněž jejich úbytek vlivem transportních procesů (odplavení, výpar). Jelikož nemáme informace o úbytku herbicidů vlivem výše uvedených transportních procesů, je přesnější používat termín disipace, ne degradace.

3.1.4. Vliv závlahy a zpracování půdy na herbicidní ošetření

V porostech ledového salátu a květáku byl testován vliv půdní struktury a závlahy na účinnost a selektivitu herbicidu pendimethalin. Testovány byly 4 různé struktury půdního povrchu. Drobtovitá struktura byla připravena pomocí vířivých bran (Obr. 2a). Hrudovitá struktura bylo dosaženo rozprostřením předem připravených hrud o velikosti 15-50 mm na povrch půdy – výška hrudovité vrstvy byla 5-7 cm (Obr. 2b). Utuženého povrchu bylo dosaženo uválením hladkým těžkým válcem (Obr. 2c). Na poslední zkoušené variantě byl povrch půdy částečně zakryt pšeničnou slámou (5 kg/m² – Obr. 2d).



Obrázek 2: Testovaná struktura povrchu půdy: drobtovitá struktura (a), hrudovitá struktura (b), utužený povrch (c) a sláma na povrchu (d)

Polovina pokusu byla ošetřena herbicidem Stomp Aqua v dávce 1,75 L/ha. Druhá polovina byla ponechána bez ošetření, přičemž v této části pokusu byl primárně sledován vliv půdní struktury na vývoj zaplevelení. Polovina parcely ošetřené herbicidem byla 4 hodiny po aplikaci zavlažena (20 mm). Pokusy byly založeny v dubnu 2021, 2022 a 2023 na pozemcích ČZU v Praze. Sledován byl vývoj zaplevelení, včetně hmotnosti biomasy jednotlivých druhů, jejich reprodukční schopnost (počet dozrálých semen), účinnost na sledované plevele, selektivita k salátu a květáku a výnos těchto zelenin. Vedle toho bylo na herbicidně ošetřených

variantách sledováno chování herbicidu v půdě (viz kapitola 3.1.3.) a rezidua pendimethalinu v salátu i kvěťáku v době sklizně.

V srpnu 2022 a 2023 byly založeny maloparcelní pokusy v porostu špenátu, jejichž cílem bylo ověřit účinnost, selektivitu a rychlost degradace listových graminicidů při různém způsobu zavlažování. Testovány byly dva listové graminicidy Gramin 5 EC (quizalofop-P-ethyl) a Fusilade Forte 150 EC (fluazifop-P-butyl), oba v dávce 0,75 L/ha. Vedle nezavlažované varianty byl u obou herbicidů testován vliv závlahy/srážek (20 mm) dvě hodiny před a dvě hodiny po aplikaci. Ošetření bylo provedeno ve fázi 4 pravých listů špenátu a čtyř listů ježatky kuří nohy, která byla na pokusnou plochu přiseta, aby bylo zajištěno dostatečně vysoké zaplevelení tímto trávovitým plevelem (Obr. 3).



Obrázek 3: Ježatka kuří noha v porostu špenátu v pokusu v roce 2022

Výsledky obou pokusů byly statisticky zpracovány analýzou rozptylu dle LSD ($p=0,05$). Na základě výsledků pokusů bylo vytvořeno doporučení pro optimální používání herbicidů v systému integrované ochrany rostlin.

3.1.5. Mezifoliová aplikace herbicidů

V porostu tykve Hokaido byly v letech 2021-2023 provedeny pokusy zaměřené na účinnost mezifoliové aplikace půdních i listových herbicidů (Obr. 4). Testován byl neselektivní kontaktní listový herbicid Kabuki (pyraflufen-ethyl) a tři půdní reziduální herbicidy: Stomp Aqua (pendimethalin), Outlook (dimethenamid-P) a Somero 600 (pethoxamid). Herbicidní ošetření bylo provedeno ve dvou termínech (krátce po výsadbě na půdu bez plevelů a na počátku prodlužovacího růstu tykve, kdy plevelé již byly vzešlé). Popis testovaných variant pokusu je uveden v Tab. 4. Hodnocena byla účinnost, hmotnost biomasy plevelů, selektivita, chování herbicidu v půdě (viz kapitola 3.1.3.) a kontaminace tykví rezidui herbicidů. Výsadba tykví byla provedena v první polovině května (14.5.2021; 8.5.2022; 9.5.2023). Šířka mulčovací PE folie byla 1,2 m a šířka mezifoliového pásu byla 2 m. Pokus byl založen ve třech opakováních ve zcela znáhodněných blocích.

Výsledky pokusů byly statisticky zpracovány analýzou rozptylu dle LSD ($p=0,05$). Na základě výsledků pokusů bylo vytvořeno doporučení pro optimální používání herbicidů v technologiích využívající foliové mulče.



Obrázek 4: Porost tykví založený na poloprůsvitné PE mulčovací folii

Tabulka 4: Varianty pokusu mezifoliové aplikace herbicidů v porostu tykví

Herbicid	Účinná látka	Dávka přípravku L/ha	Termín aplikace
Stomp Aqua	pendimethalin	2,00	T1*
Somero 600	pethoxamid	2,00	
Stomp Aqua	pendimethalin	2,00	T1*
Outlook	dimethenamid-P	1,00	
Kabuki	pyraflufen-ethyl	1,00	T2**
Stomp Aqua	pendimethalin	1,00	
Outlook	dimethenamid-P	1,00	
Kabuki	pyraflufen-ethyl	1,00	T2**

*T1: krátce po výsadbě; **T2: na počátku prodlužovacího růstu tykví

3.1.6. Vliv reziduí herbicidů inhibujících enzym acetolaktát syntázu (ALS) na brukvovitou zeleninu

V letech 2021-2023 byly provedeny pokusy, jejichž cílem bylo ověřit vliv reziduí vybraných ALS inhibitorů na růst a vývoj brukvovitých plodin. Testované herbicidy a jejich dávky jsou uvedeny v Tab. 5. Pokusné parcely byly v průběhu dubna ošetřeny dvěma dávkami vybraných herbicidů. S měsíčním odstupem byla ošetřená plocha prokypřena vibračními branami (do hloubky 10 cm), přičemž ve směru jízdy traktoru (za nižší testovanou dávkou herbicidu) byla vytvořena třetí parcela, kde se předpokládalo pouze nepatrné množství reziduí v důsledku pohybu půdy při zpracování půdy. Jako testovací plodina byla vybrána řepka olejná. Výsev řepky byl proveden ve dvou termínech: krátce po zpracování půdy (květen) a po druhém zpracování půdy (srpen). Po vzejití řepky (4-6 listů) bylo provedeno vizuální hodnocení porostu a následně byla zjištěna hmotnost biomasy řepky z plochy 1 m².

Tabulka 5: Herbicidy inhibující enzym acetolaktát syntázu, u kterých byl testován vliv jejich reziduí v půdě na brukvovité plodiny

Herbicid	Účinná látka	Testované dávky: L (kg/ha)		
		5 % N	50 % N	N
Attribut 70 SG	propoxycarbazone	0,003	0,03	0,06
Husar	iodosulfuron	0,01	0,10	0,20
Corello	pyroxulam	0,0125	0,125	0,25
Glean	chlorsulfuron	0,0012	0,012	0,024
Monitor	sulfosulfuron	0,0013	0,013	0,026
Pulsar Plus	imazamox	0,10	1,00	2,00

3.2. Výsledky a doporučení

3.2.1. Faktory ovlivňující herbicidní ošetření

Účinnost selektivity a chování herbicidů v půdě je ovlivňováno mnoha vnějšími faktory. Vliv vnějších podmínek je proto třeba zohlednit při volbě herbicidu, jeho dávky, případně použití vhodného adjuvantu. Z povětrnostních podmínek jsou důležité především srážky, vlhkost vzduchu a půdy, teplota, intenzita slunečního záření a proudění vzduchu. Účinnosti půdních herbicidů ovlivňují rovněž půdní vlastnosti a způsob a kvalita zpracování půdy.

3.2.1.1. Sluneční záření

Sluneční záření je základní podmínkou pro aktivitu mnoha herbicidů, především těch, které působí na fotosyntézu. Přesto je aktivita většiny kontaktních listových herbicidů (např. pyridate, bromoxynil, bentazone, phenmedipham) vyšší při nižší intenzitě slunečního záření, což je způsobeno jejich omezeným rozdělením na povrchu listu. Přestože se příznaky poškození projeví velmi rychle nekrotizací listů, rostliny, zvláště jsou-li v pokročilejší růstové fázi, regenerují z postranních pupenů, které nebyvají herbicidem zasaženy. Aplikace těchto herbicidů za vyšší intenzity slunečního záření naopak obvykle snižuje selektivitu k řadě zelenin. Z výše popsaných důvodů je ošetření těmito herbicidy vhodné provádět v podvečer, nebo za podmračeného počasí.

Komplikovanější je situace u systemicky působících listových herbicidů. Neutrálně reaguje na intenzitu slunečního svitu např. glyphosate. Většina listových graminicidů (např. fluazifop), růstových herbicidů či glufosinate jsou lépe přijímány při intenzivnějším osvětlení, takže jarní ošetření, kdy je intenzita slunečního záření vyšší než na podzim, bývá efektivnější. Ze stejných důvodů je vhodnější jejich ranní aplikace.

Sluneční záření ovlivňuje nejen růst rostlin, ale působí také na vývoj kutikuly na povrchu listů. Na velmi intenzivní sluneční záření (především UV) reagují rostliny intenzivnějším tvorbou bariér na povrchu listů, které je mají chránit. Tyto povrchové bariéry jsou však také překážkou v příjmu herbicidů. Na plevely tvořící intenzivnější ochranné bariéry na povrchu listů (např. trávovité plevely, merlík bílý), je třeba použít vhodný adjuvant, který zlepšuje penetraci herbicidu do listových pletiv (Obr. 5). Nejlepší penetrační vlastnosti vykázaly v našich pokusech především olejové adjuvanty, které však mohou za určitých okolností snižovat selektivitu, zejména u plodin, které vytvářejí silnější bariéry na povrchu listů (cibulová a košťálová zelenina).



Obrázek 5: Listy merlíku bílého jsou za sucha pokryty silnou vrstvou voskových struktur

Translokace herbicidu floémem často koreluje s translokací asimilátů, proto při vyšší intenzitě slunečního záření a vyšších teplotách dochází k vyšší translokaci herbicidu do podzemních orgánů vytrvalých plevelů, což je pozitivní u systemicky působících listových herbicidů, zejména růstových herbicidů a některých ALS inhibitorů. Při nízké intenzitě slunečního záření (podzim) proto vykazují tyto herbicidy výrazně nižší účinnost než při aplikaci v jarním období, kdy je délka dne i intenzita slunečního záření výrazně vyšší.

Sluneční záření, zejména jeho UV složka může významným způsobem rozkládat molekuly mnoha herbicidů, zejména těch půdních (např. pendimethalin). Fotodegradaci herbicidu lze výrazně omezit jeho zapravením do půdy, což však může vést ke snížení selektivity.

3.2.1.2. Teplota

S intenzitou slunečního záření úzce souvisí teplota vzduchu, která také bezprostředně ovlivňuje intenzitu fotosyntézy a příjem a translokaci herbicidů. Se vzrůstající teplotou většinou vzrůstá příjem herbicidu rostlinou (rychlejší difuze přes kutikulu), přestože se současně může zvyšovat také výpar.

Projevy účinku většiny herbicidů bývají při nižších teplotách obvykle pomalejší, což však nemusí být u půdních a kontaktních herbicidů ke škodě, neboť při vyšších teplotách (okolo 20 °C) mohou plevely regenerovat z adventivních pupenů. Chladnější (a obvykle také vlhčí) počasí sice zpomalí účinnost většiny herbicidů, ale obvykle nedochází k následné regeneraci plevelů.

Naopak systemicky působící listové herbicidy vyžadují pro dosažení potřebné účinnosti určité minimální teploty. Nižší požadavky na teplotu mají sulfonylmočoviny (minimální potřebná teplota bývá okolo 5 °C). Při vyšších teplotách (nad 20 °C) může dokonce u některých sulfonylmočoviny docházet ke snížení účinnosti (Zhou a kol. 2007, McCullough a Hart 2008). Naopak listové graminicidy a růstové herbicidy vyžadují pro dosažení dostatečné účinnosti vyšší teploty (minimální potřebná teplota bývá okolo 10 °C), přičemž jsou obvykle tolerantnější k vyšším teplotám (nad 25 °C), viz Obr. 6.



Obrázek 6: Porost špenátu tři týdny po aplikaci listového graminicidu - pomalé působení v důsledku nízkých teplot v podzimním období

Teplota významně ovlivňuje také účinnost glyphosate. Přestože se jedná o systemicky působící herbicid, vysokou a dlouhodobou účinnost na vytrvalé plevele vykazuje i při poměrně nízkých teplotách (okolo 10 °C). Translokace glyphosate v rostlině není totiž teplotou příliš ovlivněna (nemusí být narušena ani mírnými přimrazky), naopak vyšší teploty zvyšují fyziologickou aktivitu plevelů, které jsou schopny herbicid rychleji metabolizovat (deaktivovat). Navíc rychlejší růst plevelů při vyšších teplotách vede k naředění herbicidu v pletivech rostlin, což vede u vytrvalých druhů k rychlejší regeneraci.

Při teplotách nad 30 °C dochází u většiny plevelů ke snížení jejich fyziologické aktivity, v důsledku čehož se snižuje účinnost herbicidů. Vedle toho může při vyšších teplotách u mnoha herbicidů docházet k výraznému snížení selektivity. Příznaky poškození zelenin mohou být často skryté (menší velikost, poškození báze lodyhy), o to větší vliv na výnos a jeho kvalitu mohou mít. K fytotoxicitě může docházet také pokud je ošetření provedeno při příliš nízkých teplotách, kdy dochází ke kombinaci dvou stresů (nebezpečné zejména u teplomilné zeleniny).

3.2.1.3. Vlhkost vzduchu

Relativní vlhkost vzduchu ovlivňuje především příjem herbicidu rostlinou. Při vyšší vlhkosti je vysychání postřikových kapének na povrchu listů pomalejší, což prodlužuje dobu příjmu. Vysoká vzdušná vlhkost působí pozitivně také tím, že snižuje koncentraci herbicidu v buňkách na povrchu listů a rostliny také tvoří více průduchů (Tanpipat a kol. 1997). Příjem systemicky působících listových herbicidů je vzdušnou vlhkostí obvykle ovlivněn více než příjem kontaktních listových herbicidů.

Negativní vliv příliš nízké vzdušné vlhkosti (pod 40 %) na příjem herbicidu lze částečně eliminovat adjuvantem. Z tohoto pohledu jsou vhodná především nepolární smáčedla, která zpomalují vypařování kapének postřiku na povrchu listů.

3.2.1.4. Proudění vzduchu

Proudění vzduchu (vítr) urychluje zasychání herbicidního filmu na povrchu listů, což omezuje jeho příjem. Vysychání postřikových kapének je mnohem výraznější při nízké vzdušné vlhkosti. Vítr během aplikace bezprostředně ovlivňuje také kvalitu práce postřikovače. Při silnějším větru dochází k úletu postřikové jíchy, což se projevuje nerovnoměrným ošetřením porostu, případně poškození okolních kultur, čímž je v konečném důsledku také snížen účinek herbicidu. Při silnějším větru není možné ošetřovat porosty plodin, pokud nejsou použity postřikovače s možností elektrodynamické aplikace, nebo kde je postřiková kapalina aktivně usměřována proudem vzduchu.

Silný vítr několik hodin či dní před aplikací může negativně ovlivnit také selektivitu některých herbicidů, zejména u citlivějších zelenin jako je salátová řepa, luskoviny, či plodová zelenina. Větreem unášené částičky půdy mohou totiž poškozovat povrch listů, zejména v raných růstových fázích plodiny, kdy není porost dostatečně zapojený a rostliny jsou pak citlivější k herbicidnímu ošetření.

Silný a suchý vítr může rovněž výrazně snížit účinnost půdních herbicidů, zejména jsou-li aplikovány preemergentně. Pokud je navíc ošetření provedeno na suchý povrch půdy, výrazně se zvyšuje vypařování herbicidu z půdy. V případě, že proudění vzduchu je tak silné, že způsobuje větrnou erozi, dochází nejen k přesunu půdních částic, ale i herbicidu, který je v nich poután. Takto může docházet k lokálnímu předávkování, které se může projevit fyto toxicitou.

3.2.1.5. Dešťové srážky

Vydatnější srážky i několik hodin **po aplikaci** listových herbicidů mohou smýt herbicid z povrchu listů a tím snížit jeho příjem, resp. účinnost. Délka bezesrážkového období nezbytná pro dostatečný příjem herbicidu je dána citlivostí herbicidu ke smyvu, formulací herbicidu, použitým adjuvancem, intenzitou srážek a velikostí dešťových kapek. Herbicidy s vyšší rozpustností ve vodě jsou citlivější k dešťovému smyvu než herbicidy lipofilní. Velmi vysokou odolnost ke srážkám krátce po aplikaci vykazují především listové graminicidy, které obvykle nevyžadují delší než 2-hodinové bezesrážkové období. Minimální bezesrážkové období pro sulfonylmočoviny se pohybuje mezi 2 a 6 hodinami, naopak glyphosate potřebuje více než 6 hodin bez srážek pro dosažení maximální účinnosti - používají se proto často s adjuvancemi, které jsou dnes běžnou součástí formulace glyphosatových herbicidů. Mezi plevele existují výrazné rozdíly v povrchové struktuře listů, které zásadním způsobem ovlivňují smyv herbicidů srážkami. Použitím vhodného adjuvancu se dá výrazně urychlit listový příjem herbicidu a tím zkrátit nezbytný odstup srážek po aplikaci (Pannacci a kol. 2010). Slabé srážky (do 0,5 mm) obvykle nesmyjí herbicidní film z listů, naopak mohou působit pozitivně tím, že redistribuují herbicid na celé ploše listu, a to i do míst, kam se jinak dostává jen obtížně (listové pochvy trav, adventivní pupeny, atd.), navíc při srážkách bývají velmi vhodné povětrnostní podmínky pro příjem herbicidů (vyšší vzdušná vlhkost a nižší sluneční radiace). Srážky přes 0,5 mm však obvykle působí negativně, s tím že s narůstající intenzitou srážek se snižuje účinnost herbicidu, což platí až do srážkového úhrnu 3-5 mm, přičemž vyšší srážky již dále zásadním způsobem nesnižují účinnost (Naylor 2002).

Z pohledu účinnosti i selektivity herbicidního ošetření jsou velmi důležité také dešťové srážky **před aplikací** (často i několik dní). Z tohoto pohledu jsou významné především velmi intenzivní nebo přivalové srážky, často doprovázené silnějším

větrém, které narušují ochranné bariéry na povrchu listů. Příjem většiny listových herbicidů je v takových situacích výrazně vyšší, což se obvykle projeví také vyšší a rychlejší účinností, přičemž plevely jsou citlivější i ve vyšších růstových fázích. Naopak selektivita některých herbicidů bývá v těchto povětrnostních podmínkách snížena. U citlivějších plodin (salátová řepa, cibule, košťáloviny) je proto vhodné s aplikací vyčkat, až se ochranné bariéry na povrchu listů obnoví, což trvá obvykle 3-5 dní v závislosti na intenzitě srážek a slunečním svitu po srážkách (Obr. 7). V těchto situacích se rovněž nedoporučuje používat adjuvanty, zejména olejové, které zvyšují riziko fytotoxicity. Ze stejného důvodu mohou být problémy také s EC a OD formulacemi herbicidů. K poškození plodiny herbicidem však může také dojít, pakliže v důsledku vydatných srážek jsou listy plodiny kontaminovány půdou (odraz větších kapiček deště), která byla několik dní (týdnů) před tím ošetřena reziduálním půdním herbicidem.



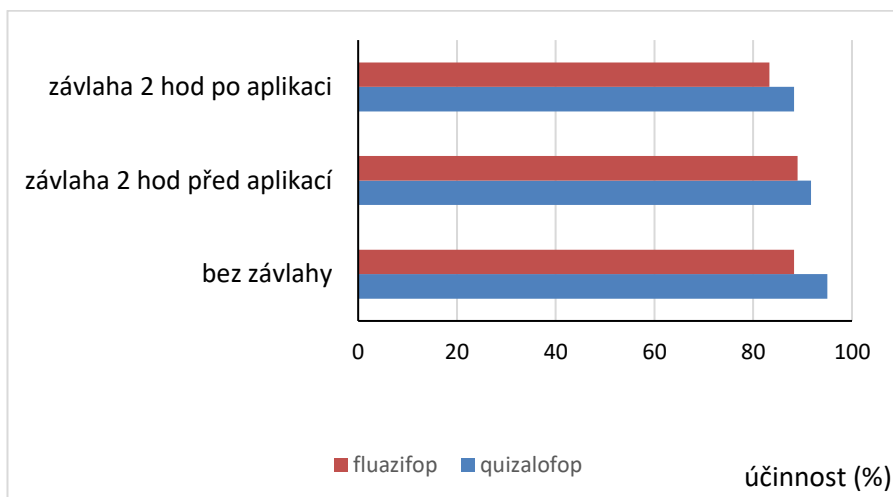
Obrázek 7: Poškození cibule způsobené kontaktním herbicidem, který byl použit krátce po intenzivním dešti.

Účinnost herbicidů může být ovlivněna také **rosou** při aplikaci. Kapky rosy mohou odrážet postřikové kapénky pryč z listů, nebo může dojít po jejich dopadu na vlhký

list k odtoku, k čemuž dochází zejména při vyšších dávkách postřikové jíchy. Navzdory těmto ztrátám nemusí být účinnost herbicidního ošetření rosou vždy snížena. V některých případech může dokonce dojít ke zvýšení účinnosti v důsledku vyššího příjmu. Kutikula listů je totiž při rose hydratovaná, herbicid zůstává v roztoku delší dobu a je plošně redistribuován. Taktéž rosa, která se vytvoří až krátce po aplikaci herbicidu, může účinnost ošetření ovlivnit pozitivně i negativně, záleží vždy na konkrétních podmínkách.

3.2.1.5.1. Vliv srážek (závlahy) na působení listových graminicidů

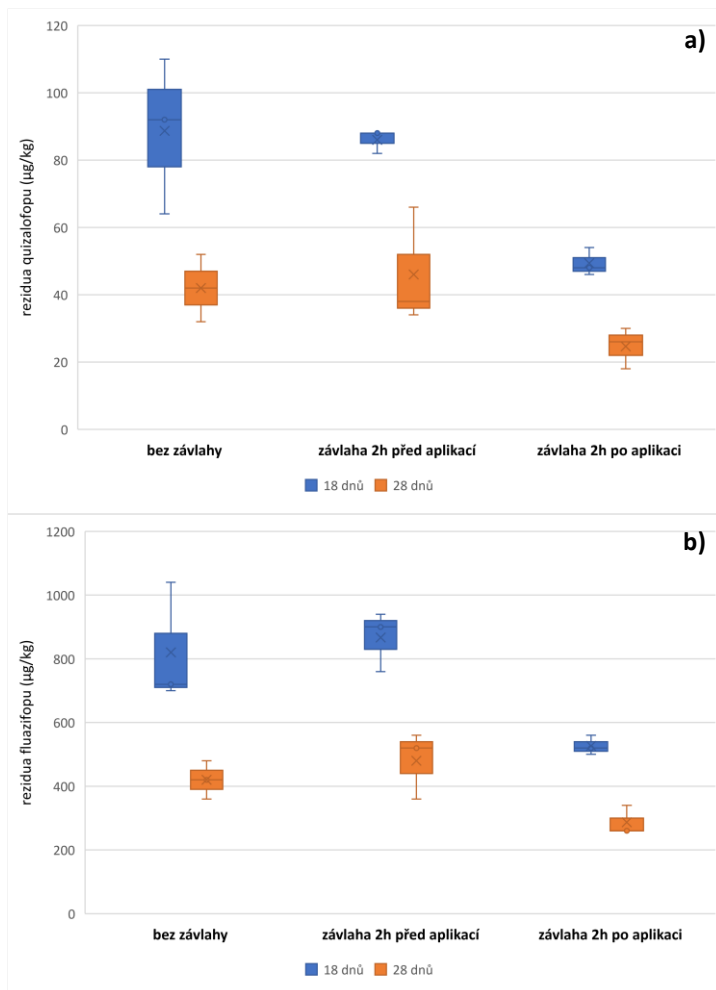
Účinnost listových graminicidů (testován fluazifop a quizalofop) nebyla v našich pokusech prováděných v porostu špenátu průkazně ovlivněna srážkami/závlahou, která byla provedena dvě hodiny před a po aplikaci herbicidu. Na všech testovaných variantách byla ježatka kuří noha během 5 týdnů zcela potlačena. Drobné rozdíly v účinnosti byly zaznamenány pouze 3 týdny po aplikaci, kdy byla účinnost variant zavlažených dvě hodiny po aplikaci neprůkazně nižší než na variantách bez závlahy (Graf 1).



Graf 1: Účinnost listových graminicidů na ježatku kuří nohu v porostu špenátu 3 týdny po aplikaci

Na druhou stranu byl špenát sklizený na těchto variantách průkazně méně kontaminován rezidui použitých herbicidů. Ve špenátu sklizeném na variantě zavlažené 2 hodiny po aplikaci bylo tři týdny po aplikaci herbicidu Gramin 5 EC (quizalofop) detekováno téměř o polovinu méně jeho reziduí, tedy asi 50 µg/kg, což

je 25 % hodnoty MRL. O dalších deset dní později (28 dní po aplikaci) to bylo dokonce jen 25 µg/kg (Graf 2a-b). U herbicidu Fusilade Forte 150 EC (fluazifop) bylo odbourávání reziduí výrazně pomalejší, i když i u tohoto herbicidu bylo množství reziduí průkazně nižší ve špenátu, kde 2 hodiny po aplikaci tohoto herbicidu byla provedena závlaha. Množství reziduí fluazifopu ve všech odebraných vzorcích však bylo výrazně nad hodnotou MRL (20 µg/kg).



Graf 2: Množství detekovaných reziduí herbicidu quizalofop (a) a fluazifop (b) v listech špenátu 18 a 28 dní po aplikaci

3.2.1.6. Vlhkost půdy

Vlhkost půdy je nejvýznamnějším faktorem ovlivňujícím účinnost herbicidů přijímaných kořenem (půdní herbicidy). Čím je vlhkost půdy vyšší, tím je obvykle dosahováno vyšší účinnosti. Vzcházející plevelé totiž přijímají herbicid převážně ve formě vodného roztoku. Pokud je tedy v půdě vody nedostatek, jsou účinné látky herbicidů pro vzcházející plevelé hůře dostupné.

Vlhkost půdy je ovlivňována celou řadou faktorů, především srážkami, teplotou vzduchu, intenzitou slunečního záření, větrem a půdními vlastnostmi. Důležitá je také intenzita a charakter srážek. Srážky do 5 mm nemohou zlepšit provlhčení půdy, pokud před tím došlo k jejímu přeschnutí. V takových situacích je třeba, aby spadlo alespoň 10 mm. Důležité je také, během jak dlouhé doby srážky spadnou (intenzivní krátká bouřka je obvykle méně užitečná než celodenní déšť) a jaké počasí po srážkách následuje. Vítr, intenzivní sluneční svit a vysoké teploty dokážou velmi rychle vysušit povrch půdy a často také degradovat desorbovaný herbicid. Z pohledu účinnosti půdních herbicidů je proto efektivnější déšť než závlaha.

Nepřímý, ale přesto podstatný vliv má vlhkost půdy také na účinnost herbicidů přijímaných listy. Rostliny rostoucí v suchých podmínkách tvoří menší listy se silnější kutikulou a silnější voskovou vrstvičkou na jejich povrchu. Příjem herbicidů takto stresovanými rostlinami je proto obvykle nižší než u rostlin rostoucích při dostatku vody v půdě (Zhou a kol. 2007). Mimo to, rostliny takto stresované postupně uzavírají průduchy, což vede ke snížení fotosyntetické aktivity a translokaci floémem, což je negativní zejména pro systemicky působící herbicidy. U listových graminicidů může za sucha dojít ke zpomalení jejich de-esterifikace na volnou kyselinu, tedy aktivaci herbicidu.

3.2.1.7. Půdní vlastnosti

Velký vliv na účinnost půdních herbicidů mají půdní vlastnosti, především zrnitostní složení, obsah organické hmoty a mikrobiální aktivita. Vyšší účinnost obvykle vykazují půdní herbicidy na lehčích půdách. To však platí pouze v dobrých vláhových podmínkách. V našich pokusech prováděných na třech odlišných půdách situovaných v přibližně stejné nadmořské výšce (250-300 m.n.m.) jsme zaznamenali významný vliv sorpční schopnosti půdy (vyjádřené jako KVK) na účinnost testovaných preemergentních herbicidů (aclonifen, pendimethalin, flurochloridone, dimethenamid a pethoxamid). Ve všech pokusných letech bylo dosaženo nejvyšší účinnosti na merlík bílý na lokalitě s nejvyšší sorpční schopností půdy (černozem), naopak nejnižší účinnost byla zaznamenána na velmi lehkých půdách s nízkou sorpční schopností. Tyto rozdíly byly patrné zejména v sušších letech (Jursík a kol. 2015). Herbicid, který není v půdě sorbován, zůstává v půdním roztoku, odkud je přijímán kořenem plevelů. Při dostatečné půdní vlhkosti tedy

vykazují půdní herbicidy na lehkých půdách s nízkou sorpční schopností dobrou účinnost i v relativně nízkých dávkách. V suchých podmínkách však herbicidy, které nejsou v půdě pevněji vázány, rychle degradují a nedokáží si na vhodnější vláhové podmínky (déšť, závlaha) „počkat“. Naopak přijdou-li intenzivní srážky krátce po aplikaci, jsou tyto půdy náchylnější k proplavování do nižších vrstev půdy, kde mohou působit fytotoxicky či kontaminovat podzemní vody.



Obrázek 8: Krabacení listů mrkve po preemergentním ošetření herbicidem obsahující dimethenamid-P a intenzivních srážkách po jeho aplikaci

3.2.1.8. Zpracování půdy

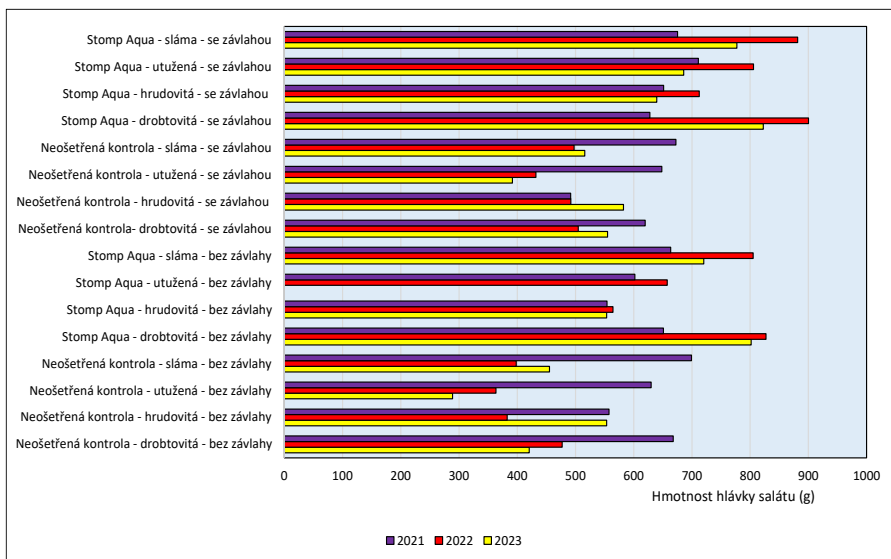
Použitá technologie zpracování půdy a zakládání porostu stejně jako kvalita těchto operací může významným způsobem ovlivnit účinnost půdních herbicidů. Aby bylo dosaženo dobré účinnosti půdních herbicidů, je třeba, aby byl pozemek dobře urovnán a bez větších hrud a organických zbytků na povrchu půdy. Větší hroudy a nerovnosti půdního povrchu způsobují vytváření aplikačních stínů (semena plevelů uložená pod hroudou nejsou dostatečně zasažena), navíc po jejich rozpadu vlivem povětrnostních podmínek či agrotechnických operací mohou klíčit semena plevelů v nich uložená. Rostlinné zbytky na povrchu půdy zase zabraňují herbicidu v cestě do půdy, kde pak jeho koncentrace nemusí být dostatečná a herbicidní film kompaktní.

Z pohledu selektivity půdních herbicidů je důležité především nastavení správné hloubky setí, ale také její plošná vyrovnanost. Mělké setí může v kombinaci s intenzivními srážkami po aplikaci půdních herbicidů vést k poměrně silnému poškození mrkve či cibule. Také technologie výsadby může mít výrazný vliv na selektivitu předvýsadbového ošetření půdním herbicidem. Je třeba minimalizovat kontakt kořenového systému sazenic s povrchem půdy, který byl ošetřen půdním herbicidem.

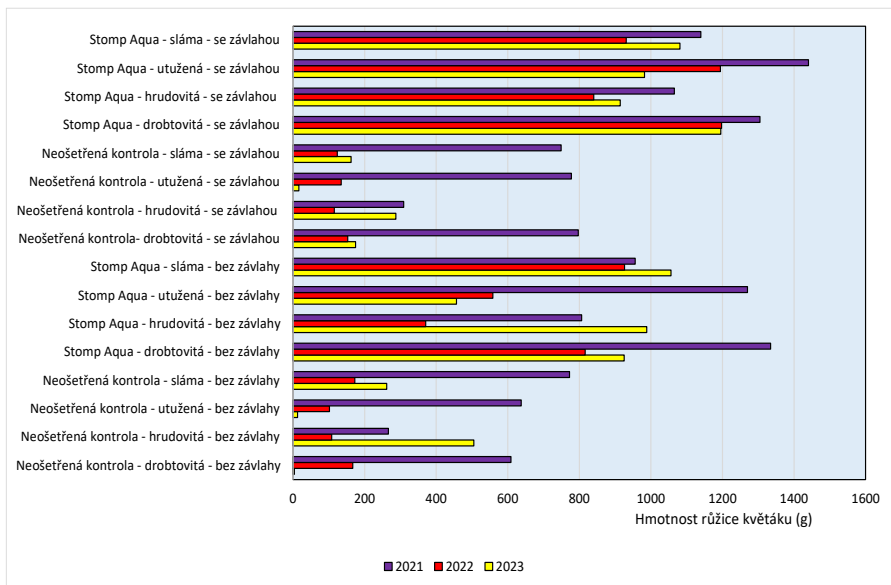
3.2.1.8.1. Vliv předvýsadbového zpracování půdy na herbicidní ošetření

Struktura půdy při zakládání porostu měla významný vliv na růst a vývoj salátu i květáku, ale především na vzházení jednoletých plevelů. Drobnosemenné druhy (laskavec ohnutý a merlík bílý) nejlépe vzházely při dostatku srážek, pokud byla vrchní vrstva půdy drobtovitá. Za sucha se plevele nejlépe uplatňovaly na utužené variantě. Naopak z hrudovitého povrchu byla vzházivost za sucha nejnižší, což se v extrémně suchém roce 2023 projevilo také u salátu, který v důsledku nižšího konkurenčního působení plevelů na této variantě vykázal ze všech neošetřených variant nejvyšší výnos. Výnos salátu byl oproti květáku ovlivněn výrazně méně. Hlávky salátu měly v závislosti na intenzitě srážek/závlahy o 20-50 % nižší hmotnost oproti hlávkám sklizeným po herbicidním ošetření (Graf 3). U květáku byl rozdíl v hmotnosti sklizených růžic mezi neošetřenou a herbicidní variantou daleko výraznější (Graf 4), přičemž většina sklizených růžic na herbicidně neošetřených variantách neměla potřebnou velikost ani kvalitu (fakticky neprodejná).

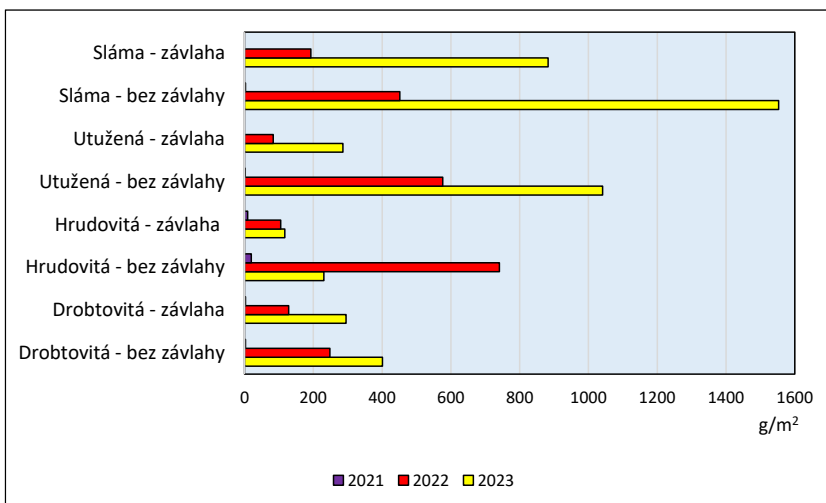
Účinnost herbicidu Stomp Aqua byla ovlivněna strukturou půdního povrchu, závlahou krátce po aplikaci i povětrnostními podmínkami daného roku (Graf 5-8).



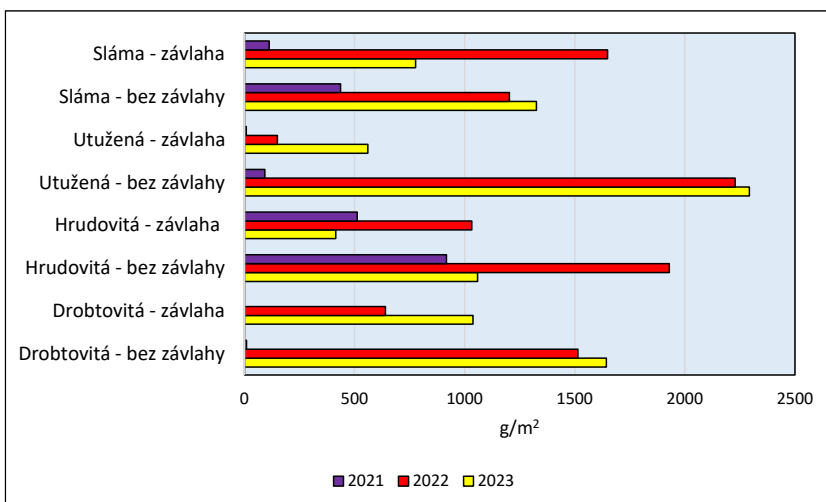
Graf 3: Hmotnost ledového salátu při sklizni (průměrné hodnoty z let 2021-2023)



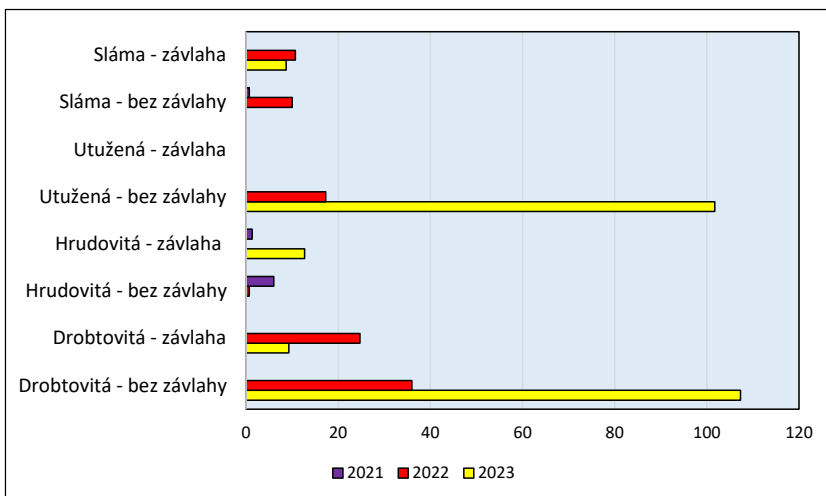
Graf 4: Hmotnost růžic květáku při sklizni (průměrné hodnoty z let 2021-2023)



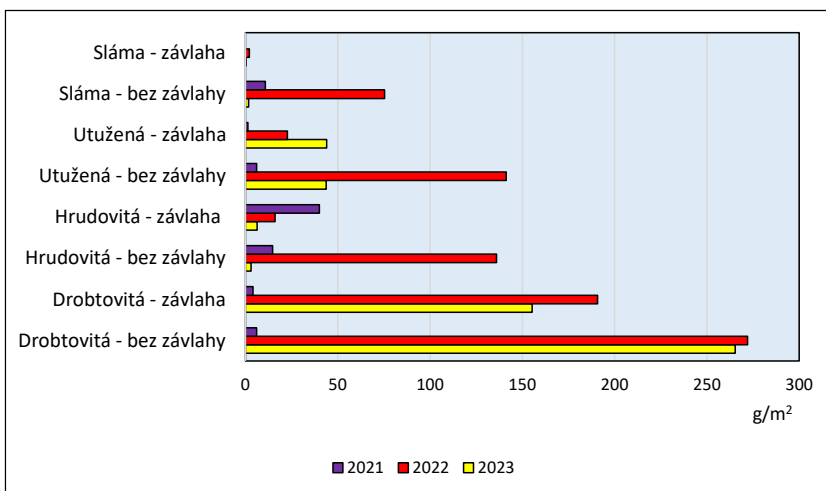
Graf 5: Hmotnost nadzemní biomasy laskavce ohnutého v porostu ledového salátu krátce před sklizní na variantách ošetřených herbicidem Stomp Aqua (průměrné hodnoty z let 2021-2023)



Graf 6: Hmotnost nadzemní biomasy laskavce ohnutého v porostu kvěťáku krátce před sklizní na variantách ošetřených herbicidem Stomp Aqua v letech 2021-2023



Graf 7: Hmotnost nadzemní biomasy merlíku bílého v porostu ledového salátu krátce před sklizní na variantách ošetřených herbicidem Stomp Aqua v letech 2021-2023



Graf 8: Hmotnost nadzemní biomasy merlíku bílého v porostu kvěťáku krátce před sklizní na variantách ošetřených herbicidem Stomp Aqua v letech 2021-2023

Nejvyšší účinnost na většinu hodnocených plevelů byla zaznamenána na utužené půdě, nicméně reziduální působení nebylo na této variantě příliš dlouhé, zejména pokud nebyl herbicid zapraven do půdy závlahou po aplikaci. V takovém případě došlo u květáku (delší vegetační doba) k výraznému zaplevelení laskavcem ohnutým, zejména v sušších letech 2022 a 2023 (Obr. 10). Naopak za vlhka a chladna (2021) se laskavec ohnutý nejlépe prosadil v květáku pěstovaném na hrudovité půdní struktuře. Účinnost na merlík bílý byla ve všech pokusných letech nejvyšší na půdním povrchu pokrytém slámou, kde se merlík prakticky nedokázal prosadit. Účinnost na merlík bílý byla velmi dobrá také na hrudovitém povrchu, kde se merlík bílý prosazoval jen velmi obtížně, zejména v porostu salátu. V porostu květáku tomu bylo podobně, nicméně v roce 2022 se na této variantě dokázal prosadit (extrémní srážky v druhé polovině vegetace).



Obrázek 10: Zaplevelení porostu květáku po aplikaci herbicidu Stomp Aqua na různě připravený povrch půdy v roce 2023: drobtovitá struktura (a), hrudovitý povrch (b), utužený povrch (c), sláma na povrchu (d)

Srážky krátce po aplikaci vykázaly pozitivní vliv na účinnost herbicidu Stomp Aqua, přičemž v žádném pokusném roce nebyl zaznamenán negativní vliv na růst a vývoj salátu ani květáku. Nejvyšší efekt na účinnost herbicidu měla závlaha na utužené variantě. Naopak na hrudovitém povrchu a na povrchu pokrytém slámou byl vliv závlahy výrazně nižší.

Hodnocena byla také rychlost degradace pendimethalinu v půdě. Pomalejší degradace byla zaznamenána, pokud byl herbicid zapraven do půdy závlahou krátce po aplikaci. V takovém případě byl spočten poločas rozpadu (DT 50) o 3-9 dní delší než na variantě bez závlahy. V případě DT 90 (počet dní potřebných k rozpadu 90 % účinné látky) byl rozdíl mezi zavlaženými a nezavlaženými variantami ještě výraznější (12-28 dní). Průkazný vliv na rychlost degradace pendimethalinu v půdě měla také struktura půdního povrchu. Nejrychleji degradoval tento herbicid na utužené půdě a na půdě na jejímž povrchu byla sláma (Tab. 6).

Tabulka 6: Poločas disipace (DT 50) a čas potřebný pro disipaci 90 % pendimethalinu (DT 90) v letech 2021 a 2022

Struktura půdního povrchu	Závlaha	2021		2022	
		DT 50	DT 90	DT 50	DT 90
Drobtovitá	Ne	18,7	62,2	27,4	91,2
	Ano	22,5	74,8	36,0	119,2
Hrudovitá	Ne	22,5	74,9	26,7	88,8
	Ano	30,7	101,9	33,7	112,1
Utužená	Ne	21,1	70,0	23,0	76,3
	Ano	25,2	83,6	28,8	95,6
Sláma na povrchu	Ne	21,2	70,3	21,7	72,0
	Ano	24,9	82,8	26,7	88,7

Sledována byla také rezidua pendimethalinu ve sklizených salátech a květáku. V žádném vzorku květáku nebyla ani v jednom pokusném roce nalezena rezidua pendimethalinu nad mez detekce přístroje (0,002 mg/kg). V salátu bylo v roce 2021 detekováno několik vzorků s obsahem do 0,01 mg/kg, přičemž vliv závlahy ani struktury půdního povrchu na množství těchto reziduí nebyl potvrzen.

3.2.1.9. Dávka postřikové jíchy

Dodržení dávky a rovnoměrnosti aplikace je klíčový předpoklad vysoké účinnosti herbicidního ošetření. Glyphosate a většina listových graminicidů vykazují vyšší účinnost při použití nižších dávek postřikové jíchy. Hlavním důvodem je vyšší koncentrace adjuvantů v postřikové jíše. U plevelů, jejichž listy jsou hůře smáčivé (např. trávy), hraje významnou roli také velikost aplikačních kapének. Klasické štěrbinové trysky však nejsou pro dosažení nízké dávky postřikové jíchy příliš vhodné, neboť dochází k tvorbě velkého množství drobných kapének a zvyšuje se riziko úletu.

Účinnost většiny kontaktních herbicidů klesá, pakliže dávka postřikové jíchy klesne pod 150 l/ha. Přestože teoreticky můžeme dosáhnout stejného pokrytí listů i při nízkých dávkách aplikační jíchy (tvorba velmi malých kapiček), faktická penetrace listy je u menších kapiček nižší. Pro aplikaci půdních herbicidů by měla být použita dávka postřikové jíchy alespoň 200 l/ha, při horších vláhových podmínkách raději vyšší (300 l/ha).

3.2.2. Regulace plevelů v tykvané zelenině

3.2.2.1. Možnosti regulace plevelů v porostech z přímého výsevu

Velkovýrobně se polní okurky (především nakladačky) pěstují výhradně z přímého výsevu. Výsev se podle klimatických podmínek a podle průběhu jarního počasí provádí obvykle koncem dubna až začátkem května, je však možný až do poloviny června (obvykle po sklizni raných brambor, salátu, či ředkviček). Nedoporučuje se však brambory určené do těchto sledů ošetřovat dlouze perzistentními herbicidy (metribuzin, flurochloridone, pendimethalin), neboť by mohly významným způsobem poškodit vzcházející okurky (podrobněji v kapitole 3.2.4.5.).

Konkurenční schopnost setých porostů není příliš vysoká, přičemž i plevele vzešlé měsíc po vzejití plodiny mohou významným způsobem snížit výnos okurek (Labrada a kol. 1983). K regulaci plevelů v okurkách je registrováno jen omezené množství herbicidů, a to nejen v ČR. Proto na pozemcích s vysokou zásobou semen plevelů a na pozemcích silně zaplevelených vytrvalými dvouděložnými plevele nelze polní pěstování okurek doporučit. Snad jedině pozdní výsevy (konec května, počátek června) mohou být na těchto pozemcích úspěšné díky rychlejšímu počátečnímu růstu (vyšší teploty) a možnosti účinného herbicidního odplevelení před založením porostu neselektivními listovými herbicidy.



Obrázek 11: Poškození vcházejících okurek rezidui herbicidu obsahujícím metribuzin použitého v předplodině

3.2.2.1.1. Ošetření neselektivními listovými herbicidy před vzejitím plodiny

Vzhledem k nedostatečnému sortimentu selektivních herbicidů použitelných v tykvovité zelenině je často vhodné ošetření neselektivními listovými herbicidy před výsevem nebo před vzejitím plodiny. Z tohoto hlediska je vhodné provést předseťové zpracování půdy v dostatečném předstihu a nechat plevely částečně vzejít ještě před výsevem. Následná aplikace neselektivních listových herbicidů (glyphosate, carfentrazone, pyraflufen-ethyl) je velmi účinná. Aplikaci je však třeba vhodně načasovat. Pokud je aplikace provedena příliš brzy, vzejdou následně další plevely často ještě před vzejitím plodiny. Naopak přílišné vyčkávání (aplikace několik dní po výsevu) může za teplého počasí způsobit poškození vcházející plodiny, k čemuž nejčastěji dochází při opožděné aplikaci herbicidů obsahujícím glyphosate.

3.2.2.1.2. Preemergentní ošetření půdními herbicidy

Z půdních herbicidů určených k preemergentnímu ošetření je v ČR do okurek registrován pouze clomazone (Command), v zahraničí se však používají také chlorsulfuron, halosulfuron, pethoxamid, napropamide, naptalam, bensulide, ethalfluralin či trifluralin (Daramola 2021). Selektivita všech výše uvedených herbicidů ke vcházejícím tykvovitým plodinám však není příliš vysoká a na lehčích

půdách, při vyšších srážkách po aplikaci nebo při jejich předávkování mohou způsobovat fytotoxicitu.

V maloparcelních pokusech jsme ověřovali účinnost a selektivitu několika preemergentních herbicidů v porostech okurek. Velmi dobrou selektivitu vykázaly herbicidy obsahující pethoxamid (dávka do 600 g/ha) a napropamide (dávka do 500 g/ha). V případě, že byl porost po aplikaci zakryt netkanou transparentní textilií, však byla selektivita většiny testovaných herbicidů výrazně snížena, což se projevilo zejména u acetamidových herbicidů (pethoxamid a napropamide).

3.2.2.1.3. Možnosti postemergentního herbicidního ošetření

K postemergentnímu ošetření nejsou v ČR registrovány žádné herbicidy. V zahraničí se používají např. pethoxamid, chlorsulfuron, halosulfuron, naptalam (Menges a Tamez 1981), a také řada listových graminicidů (např. quizalofop, fluazifop, propaquizafop). Aplikaci těchto herbicidů však lze provést až po důkladném zakořenění, tedy obvykle po vytvoření 3-4 pravých listů okurek. Selektivita postemergentních herbicidů k tykvovitým zeleninám je rovněž relativně nízká a při nízkých teplotách či intenzivních srážkách mohou způsobovat výrazné poškození tykvovité zeleniny, podobně jako když jsou použity v kombinaci s jinými pesticidy (fungicidy, insekticidy).

3.2.2.1.4. Testování selektivity ALS inhibitorů k polním okurkám

Přestože herbicidy obsahující chlorsulfuron nebyly v ČR do okurek nikdy registrovány, uvažovalo se o jejich registraci v rámci minoritního použití. Tento herbicid však již v současnosti není v ČR registrován do žádné plodiny a je tedy třeba hledat potencionální náhradu (Obr. 12). V maloparcelním screeningovém pokusu jsme proto testovali selektivitu několik ALS inhibitorů (tribenuron, iodosulfuron, sulfosulfuron, thiencazone, imazamox, pyroxsulam a florasulam) ve dvou aplikačních termínech (preemergentně a ve fázi 2-3 pravých listů).



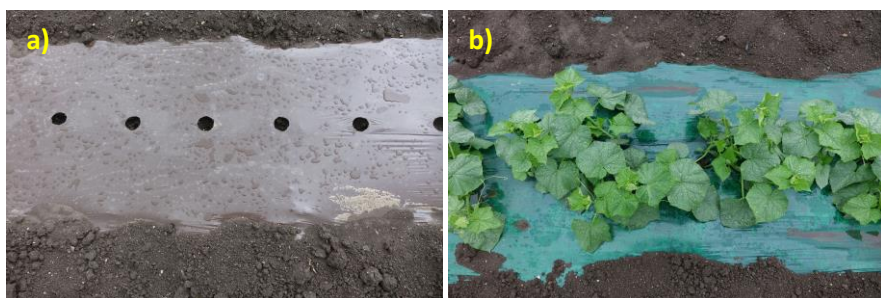
Obrázek 12: Poškození laskavce ohnutého chlorsulfuronem po jeho postemergentní aplikaci v porostu okurek

Velmi dobrá selektivita v obou aplikačních termínech byla zaznamenána po aplikaci herbicidu Corello (pyroxsulam) v dávce 80 g/ha, zejména pokud byl použit preemergentně (poškození do 10 %). Při postemergentní aplikaci bylo poškození okurek poněkud vyšší (do 20 %). V případě, že byl herbicid Corello kombinován s půdními herbicidy pethoxamid a clomazone (preemergentní ošetření), nedošlo k průkaznému navýšení fytotoxicity.

Po preemergentní aplikaci herbicidu Kantor (florasulam) bylo zaznamenáno velmi malé poškození okurek (10 %), nicméně s ohledem na minimální reziduální působení tohoto herbicidu je preemergentní ošetření neefektivní. V případě že byl tento herbicid použit po vzejití okurek, způsobil velmi výrazné poškození (60 %). Rovněž sulfosulfuron (Monitor) způsoboval větší poškození, pokud byl aplikován po vzejití okurek (60 %), zatímco preemergentní ošetření způsobovalo fytotoxicitu okolo 20 %. Poškození ostatními testovanými herbicidy bylo neakceptovatelné (přes 60 %).

3.2.2.1.5. Mulčování

V posledních letech se při pěstování plodové zeleniny využívají nejrůznější organické i synteticky vyráběné mulče, z nichž řada vedle regulace plevelů působí příznivě na růst zeleniny. Nejčastěji se u nás využívají poloprůhledné PE folie (Obr. 13). K udržování nemulčovaných pásů bez plevelů se v zahraničí používají různé herbicidy, především chlorsulfuron, S-metolachlor, pethoxamid, pendimethalin, flumioxazin, carfentrazone, pyraflufen-ethyl atd. Je však třeba zajistit, aby při aplikaci nebyly zasaženy listy plodiny, a v případě herbicidů s půdním působením také okraj folie, ze kterého by mohl herbicid po dešti stékat k sazenici a způsobit její poškození.



Obrázek 13: Zakládání porostu setých okurek nakládaček do PE poloprůhledného mulče je efektivní nejen z pohledu ochrany proti plevelům, ale vytváří také příznivější podmínky pro růst okurek. Na obrázku rostliny okurek těsně po výsevu (a) a 5 týdnů po výsevu (b).

3.2.2.2. Regulace plevelů v porostech zakládáných z předpěstované sadby

3.2.2.2.1. Využívání mulčovacích folií

Tykvě, a především melouny jsou v ČR obvykle pěstovány z předpěstované sadby, přičemž zejména při pěstování melounů jsou hojně využívány poloprůhledné foliové mulče, které zajistí komfortní teplotní a vláhové půdní podmínky, ale také eliminují zaplevelení porostu, a to včetně vytrvalých plevelů. Pod průhlednou nebo poloprůhlednou folií totiž dochází od druhé poloviny května v důsledku skleníkového efektu k takovému nárůstu teploty, která ničí všechny klíčící a rašící plevele. Z pohledu regulace plevelů jsou efektivnější poloprůhledné folie (např. hnědá nebo zelená), které dokáží zabránit vzcházení plevelů i při nižších teplotách (dubnové výsadby), kdy pod transparentní (zcela průhlednou) folií dochází k rychlému vzcházení a růstu plevelů, které následně nadzvedávají folii, čímž umožňují větší výměnu vzduchu, což v konečném důsledku může vést k tomu, že plevele pod folií nejsou zničeny, ani když následně dojde k teplému a slunečnému počasí (proudění vzduchu pod folií). Neprůhledné (černé) fólie zase nejsou vhodné, neboť sluneční záření přes ně nemůže pronikat a prohřívát půdu. Vytrvalé plevele by mohly navíc černou folii nadzvedávat. Kamyšníky mohou folií (bez ohledu na její barvu) dokonce prorůst (Wilhoit a Coolong 2013). Volnou půdu mezi foliovými pásy (záhony) lze ošetřovat herbicidy (popsáno v předchozí kapitole), případně nastlat slámou či vytvořit živý či umrtvený rostlinný mulč (v ČR se zatím příliš nepoužívá).

3.2.2.2.1.1. Testování herbicidů mezi foliovými pásy

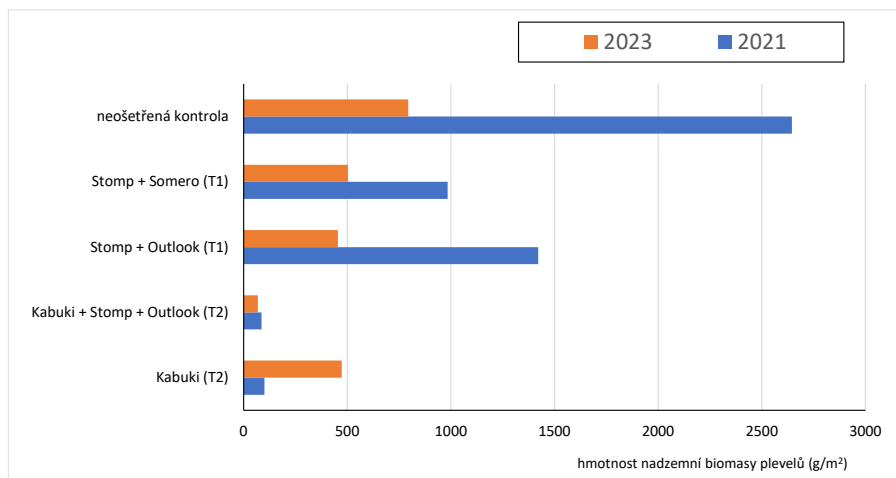
Ošetření tank-mixy půdních herbicidů Stomp Aqua (pendimethalin) + Somero (pethoxamid) a Stomp Aqua + Outlook (dimethenamid-P) bylo provedeno den po výsadbě tykví (v první polovině května). Ani jedna z testovaných kombinací nedokázala dostatečně eliminovat plevele, zejména laskavec ohnutý, ježatku kuří nohu, bažanku roční a mračňák Theophrastův (Grafy 10 a 11).

Výrazně lepší a dlouhodobější účinnost vykázaly obě varianty, kde byl těsně před tím, než lodyhy tykví začaly opouštět folie (plevele 5-10 cm), použit desikant Kabuki (pyraflufen-ethyl) s adjuvantem Toil. Zejména na variantě, kde byl tento desikant použit s půdními herbicidy Stomp Aqua a Outlook, byla většina plevelných druhů potlačena po celou vegetaci, a to včetně trávovitých druhů (Graf 11a). V případě, že byl desikant Kabuki použit bez půdních herbicidů, byl porost v druhé polovině vegetace zaplevelen ježatkou kuří nohou a v roce 2023 také laskavcem ohnutým. V roce 2022 a 2023 byla rovněž prověřena selektivita desikantu Kabuki k tykvím, jejichž některé vegetační vrcholy byly při aplikaci zasaženy (některé šlahouny přerostly mimo plastový mulčovací pás). Poškození způsobené tímto herbicidem

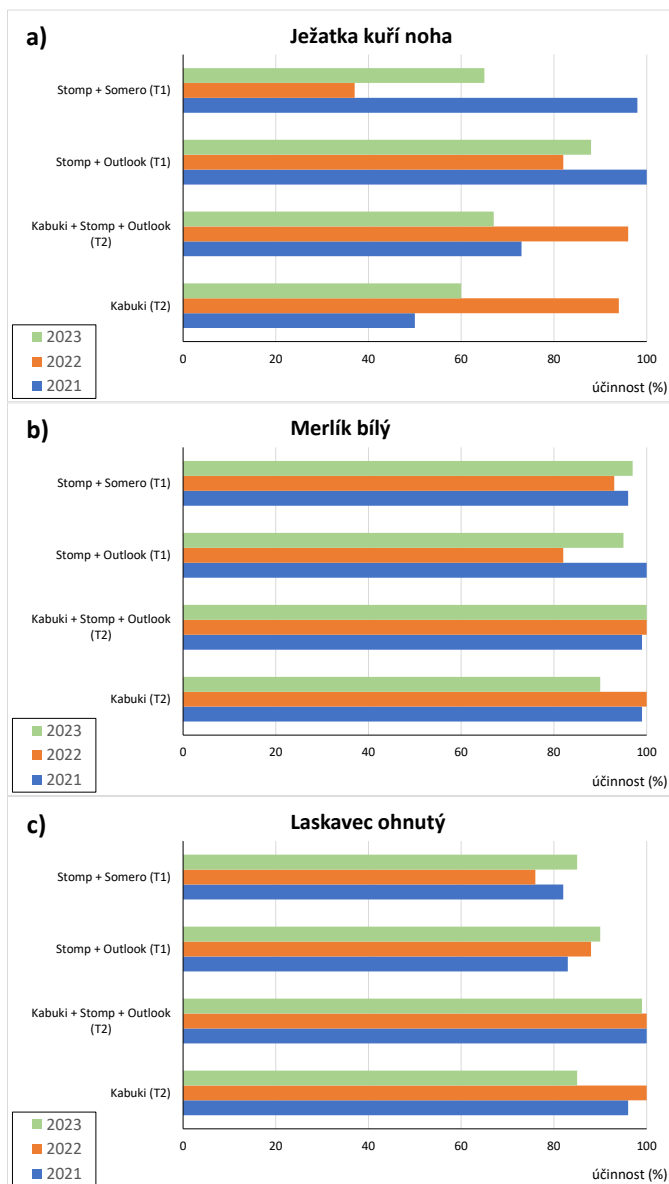
bylo velmi slabé, přičemž došlo k velmi rychlé regeneraci a lodyha pokračovala v růstu prakticky bez viditelných změn (Obr. 14).



Obrázek 14: Poškození lodyhy a listů tykve Hokaido po zasažení desikantem Kabuki (pyraflufen-ethyl)



Graf 10: Hmotnost nadzemní biomasy plevelů v porostech tykví po aplikaci různých herbicidních kombinací v mezifoliovém pásu v letech 2021 a 2023

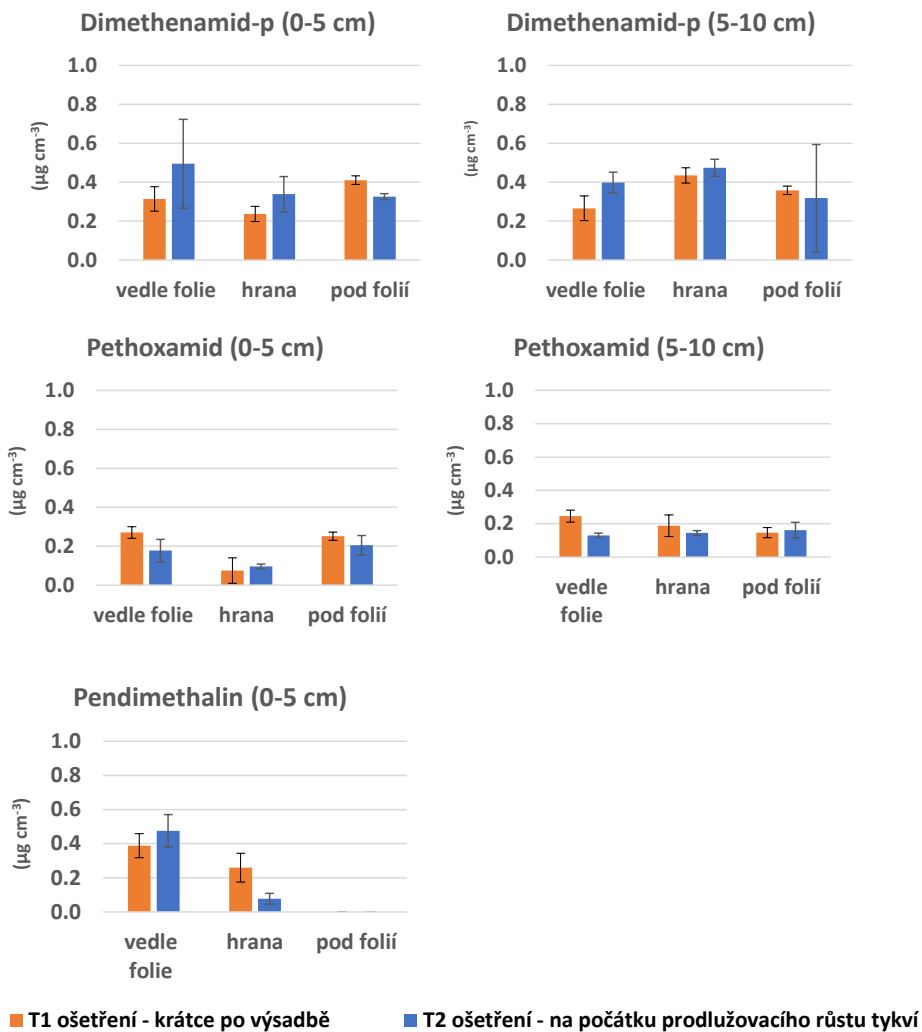


Graf 11: Účinnost jednotlivých herbicidních variant na ježatku kuří noha (a), merlík bílý (b) a laskavec ohnutý (c) v mezifoliových pásech tykve Hokaido v letech 2021-2023 (hodnoceno těsně před zapojením porostu)

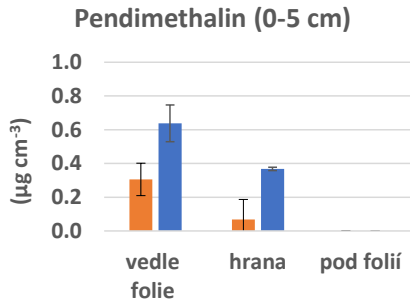
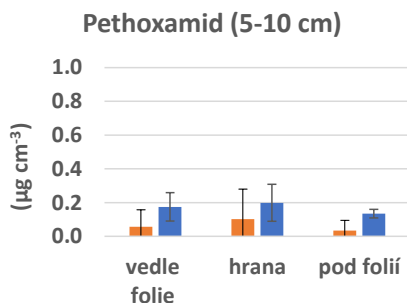
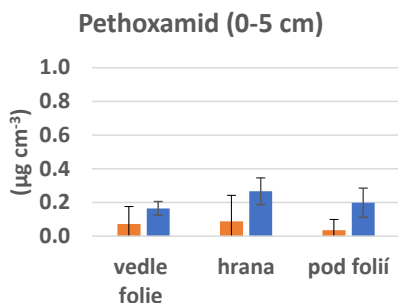
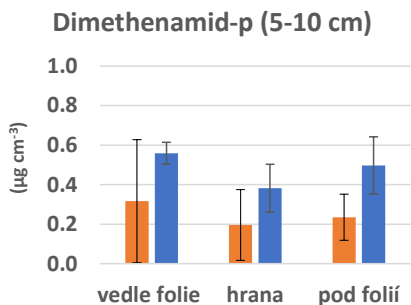
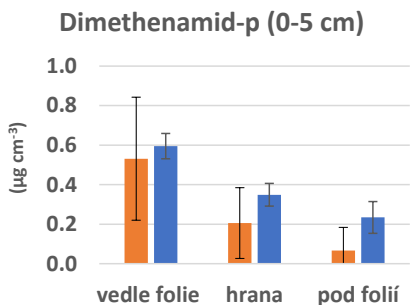
Nejvyšší pohyblivost v půdě vykazala účinná látka pethoxamid (Somero). V důsledku srážek po aplikaci došlo k jejímu výraznému vertikálnímu, ale především horizontálnímu pohybu. Pethoxamid byl totiž ve všech pokusných letech detekován nejen na parcelách ošetřených tímto herbicidem, ale také na sousedních parcelách. Rozdíly v koncentraci herbicidu mezi ošetřenou a neošetřenou plochou (pod folií) byly neprůkazné, takže pravděpodobně došlo po aplikaci herbicidu k jeho výraznému naředění. Nepatrně nižší pohyblivost v půdě byla zaznamenána také u účinné látky dimethenamid-P (Outlook). Na rozdíl od pethoxamidu však tento herbicid vykázal delší perzistenci v půdě, zejména v hlubším půdním horizontu (5-10 cm). Nejméně pohyblivým herbicidem byl Stomp Aqua (pendimethalin), který vykazoval minimální vertikální i horizontální pohyb v půdě (Grafy 12 a 13).

Přes poměrně výrazný pohyb pethoxamidu a dimethenamidu v půdě nebyla ve sklizených tykvích detekována žádná rezidua těchto herbicidů ani v jednom pokusném roce. Naopak rezidua pendimethalinu byla na hraně meze detekce (0,004 mg/kg) nalezena prakticky ve všech testovaných vzorcích.

Závěr: Plevelé mezi foliovými pásy byly nejlépe regulovány desikantem Kabuki (vždy použit společně s adjuvancem Toil), přičemž k poškození tykví nedocházelo, a to ani v případě, že byly některé lodyhy tykve částečně zasaženy postřikem. V případě, že se na pokusném pozemku vyskytují ve větší intenzitě jednoleté trávovité plevele nebo lze předpokládat pomalejší zapojování porostu, může být účelné kombinovat desikant Kabuki s půdními herbicidy obsahujícími úč. látky dimethenamid a pendimethalin, které obvykle zabrání sekundárnímu zaplevelení v druhé polovině vegetace. Přestože po intenzivnějších srážkách může u herbicidů obsahujících dimethenamid a pethoxamid dojít k jejich výraznému vertikálnímu i horizontálnímu pohybu v půdě, translokace těchto herbicidů do plodů tykví nebyla zaznamenána. V případě, že je použit herbicid obsahující pendimethalin, je třeba počítat s tím, že malé množství této látky může být v plodech tykve nalezeno (pod 0,01 mg/kg).



Graf 12: Koncentrace herbicidů aplikovaných v mezifoliovém pásu tykví 5 týdnů po aplikaci herbicidů ve dvou půdních vrstvách v roce 2021



■ T1 ošetření - krátce po výsadbě
 ■ T2 ošetření - na počátku prodlužovacího růstu tykví

Graf 13: Koncentrace herbicidů aplikovaných v mezifoliovém pásu tykví 5 týdnů po aplikaci herbicidů ve dvou půdních vrstvách v roce 2022

3.2.2.2. Regulace plevelů bez využití plastového mulče

Tytkve či okurky z předpěstované sadby lze pěstovat i bez foliového mulče. V takovém případě je třeba plevele řešit herbicidy, případně plečkováním a okopávkou. K předvysadbovému ošetření lze použít stejné herbicidy jako k preemergentnímu ošetření okurek. Po výsadbě je vhodné již do porostu herbicidně nezasahovat přímo. Je však možné meziřádkové ošetření (pásová aplikace) kontaktními a půdními herbicidy (viz výše), je však třeba počítat s tím, že některé půdní herbicidy (pendimethalin, flumioxazin) se mohou v důsledku intenzivních srážek dostat ke kořenům zeleniny, která jimi může být velmi silně poškozena.

3.2.3. Příčiny a příznaky poškození polní zeleniny herbicidy

Většina druhů zelenin je velmi citlivá k herbicidům a jejich použití v porostech zelenin je proto možné pouze při dodržení řady opatření. Jde především o dávkování herbicidů a načasování aplikace. Vedle toho je v zelinářských osevních sledech třeba důkladně vážit použití herbicidů v předplodinách, protože jejich rezidua mohou významným způsobem poškozovat následně zařazenou zeleninu. Při nesprávném použití herbicidů může být porost zeleniny významně poškozen, a to často i fatálním způsobem.

3.2.3.1. Poškození růstovými herbicidy

Poškození zeleniny růstovými herbicidy je poměrně časté. Dochází k němu především, pokud jsou těmito herbicidy ošetřovány sousední plochy, především obilniny či kukuřice. V těchto plodinách se obvykle aplikují růstové herbicidy později na jaře při vyšších teplotách. Problematické jsou zejména fenoxykyseliny (MCPA, 2,4-D) a částečně také benzoové kyseliny (dicamba), které jsou poměrně těkavé, což při vyšších teplotách může způsobovat poškození i několik desítek metrů vzdálených citlivých plodin (brambory a plodová zelenina). Těkavost těchto herbicidů je významně ovlivněna jejich formulací. Estery tvořící kratší řetězce (methyl, ethyl, isopropyl a butyl) jsou více těkavé než estery tvořící delší řetězce (butoxyethyl). Nejnížší těkavost mají fenoxykyseliny formulované jako aminy, jejich nevýhodou však je vyšší riziko inaktivace ionty Ca^{2+} a Mg^{2+} v tvrdé vodě a nižší translokace v rostlině (Anderson 2007).

Velmi často dochází také k poškození citlivých zelenin, především rajčat, pyridin-karboxylovými kyselinami. Tyto herbicidy jsou přijímané především listy, nicméně vykazují poměrně dlouhou perzistenci v půdě (picloram > aminopyralid > clopyralid), ale také ve zbytcích zasažených rostlin (Obr. 15). Tyto růstové herbicidy se používají především v obilninách a řepce, ale často také při regulaci plevelů v okrasných a sportovních trávnících (clopyralid). Právě zasažené rostliny bývají

zdrojem reziduí těchto herbicidů nejčastěji. Mohou způsobovat problémy v následných plodinách (zeleninách) nebo v plodinách, ve kterých je využíváno organických materiálů ošetřených těmito herbicidy (sláma, travní biomasa). Velmi citlivé k těmto látkám jsou lilkovité zeleniny (brambory, rajčata, papriky), které by neměly být hnojeny hnojem ani komposty, pro jejichž výrobu byly použity organické materiály ošetřené těmito herbicidy. Nedoporučuje se ani mulčování slámou ošetřenou těmito látkami.



Obrázek 15: Poškození rajčete rezidui herbicidu obsahujícího clopyralid, který byl použit v obilnině, jejíž sláma byla použita pro produkci hnoje, kterým byla rajčata hnojena

Hlavními příznaky poškození růstovými herbicidy jsou růstové a reprodukční anomálie, které se projevují zejména na nově vytvářených orgánech (nadzemních i podzemních). U dvouděložných rostlin jsou typickými projevy kroucení listů a lodyh, deformace listů, prodlužování listů a jejich abnormální růst, tvorba hojivého pletiva nebo nádorů a zakrňování růstu kořenů. Při silnějším zasažení se objevují chlorózy vegetačního vrcholu, vadnutí a nekrózy. Velmi zásadní je také poškození

kořenů, které prakticky znehodnocuje kořenovou zeleninu i v případě subletálních dávek (Obr. 16). Brambory zasažené subletálními dávkami pyridin-karboxylových kyselin mohou vytvořit hlízy, ve kterých obvykle zůstává stopové množství reziduí těchto herbicidů a příznaky poškození se tak mohou projevit i v následujícím roce na porostu vzniklého z těchto hlíz.



Obrázek 16: Poškození kořene mrkve způsobené špatně vypláchnutým postřikovačem po aplikaci růstového herbicidu

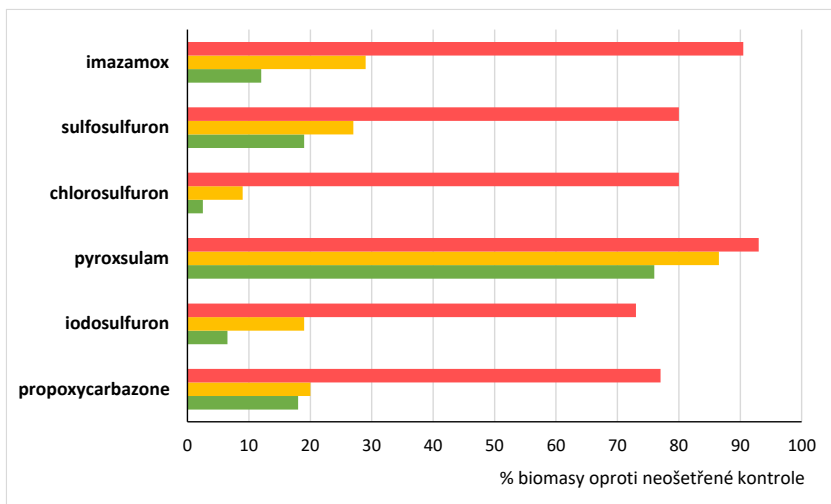
3.2.3.2. Poškození způsobené herbicidy inhibujícími ALS

Sulfonylmočoviny a jim podobné látky inhibující acetolaktát syntázu (ALS) jsou široce používané v řadě polních plodin, především v obilninách, což jsou časté předplodiny zeleniny. Řada ALS inhibitorů vykazuje velmi dlouhé reziduální působení v půdě, přičemž citlivé plodiny (zejména brukvovité, řepa, salát) mohou být poškozovány velmi nízkými koncentracemi těchto látek v půdě, které se v extrémních případech mohou udržovat v některých půdách i několik let (Hollaway a kol. 2006). Degradace těchto herbicidů v půdě probíhá pomaleji na těžších studených půdách s vyšším pH, kde jsou tyto látky pevněji vázány.

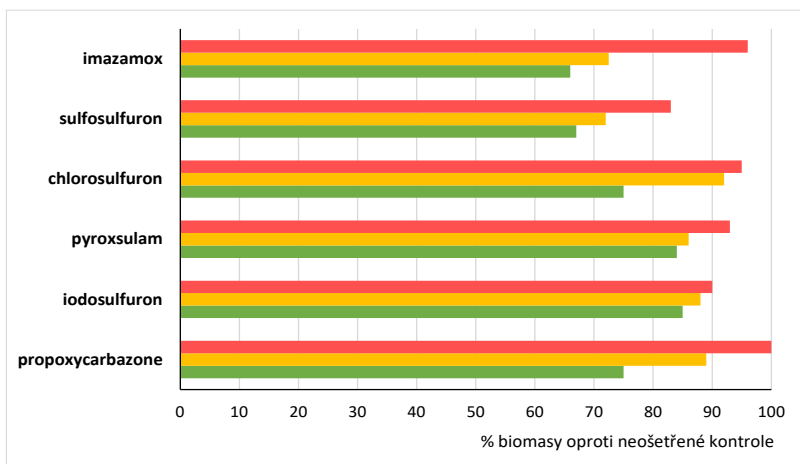
Poškození rezidui ALS inhibitorů v půdě se projevuje horší vzcházivostí plodiny, jejím pomalejším růstem či chřadnutím rostlin během počátečního růstu. Velmi často bývá zasažen vegetační vrchol plodiny (Obr. 17). Je však velmi těžké

jednoznačně identifikovat problémy se vzházením či růstem některých k herbicidům citlivých plodin. Pokud dojde u takového porostu k horšímu vzházení, zpomalení následného růstu či jinému poškození a je prokazatelně vyloučeno napadení chorobou či škůdcem, velmi často jsou jako důvody označována rezidua herbicidů. Důkazy však obvykle chybí a pokud se pěstitel odhodlá k tomu, že si nechá vzorky rostlin nebo půdy z daného pozemku zanalyzovat v některém z akreditovaných pracovišť, obvykle zjistí, že všechny potencionální dlouze reziduální ALS inhibitory jsou v jeho vzorku pod prahem detekce. Většina ALS inhibitorů se totiž aplikuje v gramových dávkách na hektar obvykle na počátku vegetace. Rezidua těchto herbicidů tak lze dnešními analytickými metodami najít v půdě a rostlině pouze v řádech dnů či týdnů po aplikaci, nikoliv měsíců. Po sklizni ošetřené plodiny je navíc obvykle půda několikrát zpracována, čímž dojde k naředění herbicidu v půdě a podpoře mikrobiální aktivity půdy. Přesto i takto nízká množství herbicidů mohou v některých situacích způsobovat poškození následných plodin, ačkoliv v půdě jsou již prakticky nezjistitelná. Proto je třeba používat herbicidy s delší perzistencí v půdě velmi uvážlivě a počítat s tím, že by mohly, za určitých okolností, způsobit problémy následným plodinám.

Grafy 14 a 15 vyjadřují pokles biomasy řepky v důsledku poškození rezidui herbicidů inhibujících ALS, které byly aplikovány v různých dávkách a následně mělce zapraveny do půdy (podrobnější popis metodiky v kapitole 3.1.6.). K poškození zeleniny ALS inhibitory však může dojít také úletem při ošetření sousedního pozemku či v důsledku špatného vypláchnutí postřikovače po aplikaci těchto herbicidů. Poškození zelenin se pak projevuje podobně jako poškození glyphosatem (viz kapitola 3.2.4.3.), přičemž projevy jsou obvykle pozvolnější a často také méně intenzivní.



Graf 14: Pokles biomasy řepky v důsledku poškození rezidui herbicidů, které byly aplikovány měsíc před výsevem a mělce zapraveny do půdy (10 cm). Zelené sloupce označují plnou registrovanou dávku, oranžové poloviční a červené 5 % dávky.



Graf 15: Pokles biomasy řepky v důsledku poškození rezidui herbicidů, které byly aplikovány 4 měsíce před výsevem a mělce zapraveny do půdy (10 cm). Zelené sloupce označují plnou registrovanou dávku, oranžové poloviční a červené 5 % dávky.



Obrázek 17: Poškození vegetačního vrcholu řepky způsobené rezidui sulfonylmočovinných herbicidů v půdě

3.2.3.3. Poškození způsobené glyphosatem

Přestože je v posledních letech vyvíjen velký tlak na omezování používání glyphosate, aplikace tohoto herbicidu jsou stále velmi časté a riziko úletu na sousední plochy je poměrně vysoké. Vedle toho se glyphosatové herbicidy používají k preemergentnímu ošetření některých zelenin z přímého výsevu (např. cibule, petržel, mrkev). Při tomto způsobu použití glyphosate se obvykle setí neprovádí ihned po předsetové přípravě. Plevel se nechají vzejít a ošetření se provede 5-7 dní před vzejitím plodiny. V případě, že se to z nejrůznějších důvodů nepodaří a při aplikaci je zasažena vzcházející zelenina, může dojít k výraznému prořidnutí porostu.

Poškození glyphosatem se projevuje okamžitým zastavením růstu. Během týdne dochází ke žloutnutí listů (nejprve nejmladších listů). U některých druhů (brukvovité) může dojít také k antokyanovému zabarvení listů. V podmínkách příznivých pro příjem herbicidu a při vyšších dávkách dochází často k vadnutí zasažených rostlin. Subletální dávky glyphosate se projevují také kroucením listů či tvorbou bočních výhonů.

3.2.3.4. Poškození způsobené herbicidy inhibujícími syntézu karotenoidů

Tato velmi široká skupina herbicidů může způsobovat poškození okolních porostů zelenin v důsledku úletu či těkání, což je významné zejména u clomazone (Obr. 18). Tato látka se snadno vypařuje a při nižších teplotách a vyšší půdní i vzdušné vlhkosti může poškozovat citlivé plodiny vzdálené i několik desítek metrů. Z tohoto důvodu jsou v některých zemích EU (např. SRN) u herbicidů obsahujících tuto účinnou látku vyžadovány poměrně široké izolační vzdálenosti od sousedních porostů. Clomazone se používá pouze v porostech košťálové zeleniny (registrován je pouze do porostů hlávkového zelí z přímých výsevů), kde může za určitých okolností způsobovat fytotoxicitu, zejména pokud je ošetření provedeno za chladného počasí nebo je porost následně zakryt netkanou textilií.



Obrázek 18: Poškození květáku způsobené nevhodným použitím herbicidu obsahující clomazone



Obrázek 19: Poškození hrachu způsobené rezidui mesotriione

3.2.3.5. Poškození způsobené půdními herbicidy

Půdní herbicidy se v zeleninách používají nejčastěji a k poškození těmito látkami tedy dochází v porostech zeleniny poměrně často. Nejčastějšími důvody jsou předávkování, intenzivní srážky či závlaha po aplikaci. Vedle toho je třeba také počítat s reziduálním působením těchto herbicidů v následných plodinách.

Nejčastěji používaným herbicidem v polní zelenině je pendimethalin. Prakticky všechny zeleniny, v nichž jsou herbicidy obsahující pendimethalin registrovány, mohou být velmi silně poškozeny, pokud je pendimethalin použit ve vyšších dávkách, nevhodném aplikačním termínu nebo při extrémních srážkách po aplikaci, zejména na lehčích půdách. Přestože jsou tyto herbicidy registrovány v dávkách překračujících 1500 g/ha pendimethalinu, u většiny druhů zelenin je třeba aplikovat maximálně polovinu této dávky, v určitých situacích, zejména na lehčích půdách a při intenzivnější závlaze či srážkách, dokonce třetinu této dávky. Mezi odolnější zeleniny, kde lze aplikovat plnou dávku bez rizika fytotoxicity, patří česnek, pór ze sadby, cibule ze sazečky, celer a chřest. U ostatních zelenin je třeba dávku snížit nebo použít tyto herbicidy v dělené aplikaci. Selektivita pendimethalinu k většině druhů zelenin je založena pozičně, tedy na tom, že při preemergentní, případně předvysadbové aplikaci, se herbicid nedostane hlouběji do půdního profilu, odkud

semena zeleniny klíčí, nebo ke kořenům sadby. Listový příjem a translokace pendimethalinu je u řady zelenin omezená a může se proto používat i postemergentně např. v košťálové a cibulové zelenině či salátu. V tomto případě bývá riziko poškození plodiny nižší, ale pouze za předpokladu, že je ošetření provedeno na suchý, nepoškozený a dobře zakořeněný porost. V případě, že po aplikaci pendimethalinu dojde k výraznějším srážkám či závlaze, může se tato látka dostat ke kořenům vzcházejících nebo mladých rostlin zeleniny, která obvykle reaguje zpomalením růstu (Obr. 20). Kořenový systém se nevyvíjí a při silnějším poškození dochází k výpadkům rostlin. Častý je také příjem a poškození hypokotylu ošetřené rostliny. Slabší poškození lze částečně eliminovat přihnojením a provzdušněním půdy plečkováním. Silně poškozené porosty obvykle výrazně opoždí dozrávání a často se také snižuje kvalita sklizených produktů (košťálová zelenina). K poškození pendimethalinem však může dojít i v pozdějších růstových fázích plodiny, zejména při větrném počasí na jemně skeletovitých půdách, kdy dochází k drobným poškozením u paty lodyhy (časté u fazolí a košťálové zeleniny), přičemž těmito rankami může rostlina přijímat herbicid. Přestože množství takto přijímaného herbicidu obvykle není schopno narušit celkovou fyziologickou aktivitu dobře zakořeněné rostliny, v místech příjmu dochází k tvorbě kalusu a poškozená lodyha je náchylnější k polehnutí, což může mít u výše uvedených plodin fatální následky. Při používání herbicidů obsahujících pendimethalin je třeba také počítat s poměrně dlouhou reziduální aktivitou v půdě. Velmi citlivé jsou především okurky a špenát. Zařazení těchto zelenin bezprostředně po plodinách ošetřených vyšší dávkou pendimethalinu je proto velmi rizikové, stejně jako opakované používání pendimethalinu několik let po sobě na stejném pozemku.

Metribuzin, který se používá především v bramborách a mrkvi, může způsobovat v těchto plodinách fytotoxicitu. Daleko větší problémy však dokáže tento herbicid způsobit v následných plodinách, zejména v zelenině vyseté ještě v témže roce, co byl aplikován v předplodině (např. okurky, špenát nebo salát po raných bramborách). Očekává se však brzký zákaz této účinné látky v EU.

Velmi často se v zelinářství používají acetamidové herbicidy. K poškození následných plodin těmito herbicidy nedochází příliš často, nejčastěji pokud mezi aplikací herbicidu a setím následné plodiny není dodržen odstup alespoň 4 měsíce. V případě, že je přímo v porostu zeleniny použit nevhodný acetamidový přípravek nebo při jeho nevhodném dávkování, může dojít rovněž k fytotoxickému působení. Poškození acetamidy se projevuje horším vzcházením, zpomalením růstu a zkrácením internodií na lodyze (Roeth a kol. 1983). Pokud dojde k přímému zasažení těmito herbicidy, poškození se může projevovat deformacemi listů i několik týdnů po ošetření či nekrózami zasažených listů.



Obrázek 20: Zbrzdění růstu kedluben (vlevo), které byly ošetřeny vyšší dávkou herbicidu obsahujícího pendimethalin

3.2.3.6. Poškození způsobené kontaktními listovými herbicidy

Možnosti využití listových kontaktních herbicidů jsou ve většině zelenin poměrně omezené, přesto lze několik takových herbicidů použít, především v košťálové, cibulové a luskové zelenině, ale také v salátové řepě. Nejčastěji se používá herbicid Lentagran WP (pyridate). V případě, že je tento herbicid použit příliš časně, po intenzivním dešti (závlaze) nebo ve vyšší dávce (Obr. 21), může dojít k poškození zeleniny, které se projevuje chlorózami a následně nekrotizací zasažených listů, sníženou intenzitou růstu, přičemž v extrémním případě, zejména za nevhodných povětrnostních podmínek, může dojít k úplnému odumření rostlin (prořídnutí porostu). Z výše uvedených důvodů je tedy třeba ošetření tímto herbicidem vhodně načasovat a používat jej nejlépe v dělených aplikacích, tedy snížených dávkách. EC formulace pyridate (např. herbicid Onyx) nejsou do zeleniny registrovány, zejména kvůli výrazně nižší selektivitě k většině zelenin.

Dalšími kontaktními herbicidy, které je možné v zelenině použít, jsou herbicidy obsahující bentazone (Basagran) a phenmedipham (Betasana SC). Poškození ošetřené zeleniny se projevuje obdobně (chlorózy a nekrózy).



Obrázek 21: Poškození květáku herbicidem obsahující pyridate (Lentagran WP), který byl použit ve vyšší aplikační dávce

3.2.4. Degradace reziduí herbicidů a akční ochranné lhůty

Pro hodnocené účinné látky herbicidů byly podle výše uvedené metodiky v podkapitole 3.1.2.4 sestaveny statisticky průkazné modely degradace reziduí účinných látek herbicidů (koeficient determinace $R^2 \geq 0,5$). Parametry modelů degradace účinných látek herbicidů (C_0 : počáteční koncentrace; k : rychlost rozkladu látky) jsou uvedeny pro salát, celer, kedlubny, jarní cibulku, okurky, špenát a zelí v Tab. 3a a 3b. Matematické modely degradace úč. látek herbicidů v zelenině byly sestaveny pro úč. látky s pomalejší degradací v plodině. Pro některé úč. látky nebylo možné modely degradace sestavit, protože nebyl dostatek dat (preemergentní aplikace či aplikace na začátku vegetačního období zeleniny) nebo výskyt reziduí herbicidů v hodnocené plodině po aplikaci poklesl rychle na velmi nízké nebo přístrojem nedetekovatelné hodnoty.

Maximální limity reziduí MRL jsou stanovovány na základě zbytkové koncentrace herbicidu v plodinách za podmínek správné zemědělské praxe a z té se vypočítává denní příjem, který musí být vždy nižší než toxikologický ARfD (acute reference dose). ARfD stanovuje množství chemické sloučeniny v potravině přepočtené na 1

kg tělesné hmotnosti člověka, které může být přijato krátkodobě (v jednom jídle, v jednom dni) bez významnějších zdravotních rizik či poškození. Hodnoty MRL jsou nejčastěji udávány v mg/kg a bývají u jednotlivých plodin odlišné, přičemž rozdíly mohou být i mezi sklizenými částmi plodiny. Většinou se hodnoty MRL pro jednotlivé herbicidy pohybují v rozmezí od 0,01 do 50 mg/kg. Hodnoty MRL v plodech a ostatních konzumovatelných částech zelenin jsou uvedeny v nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 396/2005 a pozdějších předpisech a jsou pro všechny státy Evropské unie shodné. Hodnoty MRL uvedené v tabulkách 7a-e jsou platné v roce 2023, přičemž jejich změna i definice rezidua (relevantní metabolity) je v budoucnu možná. U účinných látek cycloxydim, flufenacet, metazachlor, metobromuron a pyridate nelze použitou multispektrální analytickou metodou stanovit všechny relevantní metabolity definované jako rezidua těchto látek a výsledky je proto třeba brát s určitou rezervou.

Pro jednotlivé přípravky obsahující účinné látky herbicidů jsou stanoveny závazné ochranné lhůty podle Seznamu povolených přípravků a dalších prostředků na ochranu rostlin v ČR. Pokud nebyla hodnota ochranné lhůty uvedena, byla použita hodnota stanovená v zemích EU, kde je tento přípravek registrován. Seznam všech účinných látek testovaných v lahůdkové cibuli, ledovém salátu, špenátu, květáku, zelí, kedlubnách, celeru a okurkách nakládačkách je s hodnotami MRL, ochrannými lhůtami a informacemi o registraci uveden v tabulkách 7a-e.

Výpočty akčních ochranných lhůt byly provedeny podle modelů degradace reziduí. V případech, kdy modely nebyly signifikantní anebo nešly sestavit, byl proveden odečet z grafů. Pro spolehlivost předpovědi akčních ochranných lhůt byly vypočtené ochranné lhůty i odečty z grafů prodlouženy o 1/3 jejich délky podle výpočtu a harmonizovány s ochrannými lhůtami podle Seznamu povolených přípravků a dalších prostředků na ochranu rostlin. Doporučené akční ochranné lhůty pro 50 % MRL a pro 30 % MRL využitelné pro nízkoreziduální produkci nebo limit 0,01 mg/kg pro bezreziduální produkci lahůdkové cibulky, salátu, špenátu, květáku, okurek a zelí jsou uvedeny v tabulce 8a-d. U kedluben a celeru byla přítomnost reziduí pesticidů hodnocena odděleně pro konzumní část a listy. Doporučené AOL pro nízkoreziduální a bezreziduální produkci jsou uvedeny v tabulkách 8e-f.

V případech, kdy byla akční ochranná lhůta pro nízkoreziduální respektive bezreziduální produkci delší než legislativně stanovená ochranná lhůta, byla ochranná lhůta prodloužena.

Pro některé účinné látky byla stanovena tak dlouhá akční ochranná lhůta, že by v každém případě přesáhla vegetační dobu pěstované zeleniny. Akční ochranné lhůty nebyly v těchto případech uvedeny, ale v tabulkách je uvedeno doporučení nepoužívat herbicidy obsahující tyto úč. látky v systémech bezreziduální, případně nízkoreziduální produkce zeleniny.

Tabulka 7a: Hodnoty MRL (dle databáze pesticidů EU) a závazné ochranné lhůty (dle Seznamu povolených přípravků na ochranu rostlin České republiky, Německa a Slovenska) pro účinné látky herbicidů hodnocené v **lahůdkové cibuli** (AT - mezi registrovaným termínem ošetření a předpokládanou sklizní je takový časový interval, který bezpečně zajistí dostatečný pokles reziduí pod hodnotu MRL -není tedy nutné uvádět ochrannou lhůtu ve dnech)

Účinná látka	MRL (mg/kg)	OL dle seznamu POR	Poznámka k registraci
aclonifen	0,01	AT	ČR
cycloxydim	0,3	28	Německo
fluazifop	0,01	28	ČR
pendimethalin	0,05	AT	ČR
pethoxamid	0,01	-	neregistrováno
propaquizafof*	0,01	30	ČR
quizalofop	0,01	42	ČR

*propaquizafof se v rostlině se rozkládá na herbicidně aktivní quizalofop – definice rezidua je tedy totožná

Tabulka 7b: Hodnoty MRL (dle databáze pesticidů EU) a závazné ochranné lhůty (Seznamu povolených přípravků na ochranu rostlin: POR v ČR a v Německu) pro účinné látky herbicidů hodnocené v **okurkách** (AT - mezi termínem ošetření a předpokládanou sklizní je takový časový interval, který bezpečně zajistí dostatečný pokles reziduí pod hodnotu MRL -není tedy nutné uvádět ochrannou lhůtu ve dnech)

Účinná látka	MRL (mg/kg)	OL dle seznamu POR	Poznámka k registraci
clomazone	0,01	45	ČR
cycloxydim	0,09	-	neregistrováno
fluazifop	0,03	-	neregistrováno
flufenacet	0,05	AT	Německo
propaquizafof*	0,01	-	neregistrováno
quizalofop	0,01	-	neregistrováno

*propaquizafof se v rostlině se rozkládá na herbicidně aktivní quizalofop – definice rezidua je tedy totožná

Tabulka 7c: Hodnoty MRL (dle databáze pesticidů EU) a závazné ochranné lhůty (dle Seznamu povolených přípravků na ochranu rostlin České republiky, Německa a Slovenska) pro účinné látky herbicidů hodnocené v **ledovém salátu, špenátu, květáku a zelí** (AT - mezi termínem ošetření a předpokládanou sklizní je takový časový interval, který bezpečně zajistí dostatečný pokles reziduí pod hodnotu MRL - není tedy nutné uvádět ochrannou lhůtu ve dnech)

Účinná látka	Zelenina	MRL (mg/kg)	OL dle seznamu POR	Poznámka k registraci
cycloxydim	Salát	1,5	21	Německo
	Špenát	2	28	ČR
	Květák	9	28	ČR
	Zelí	9	28	ČR
fluazifop	Salát	0,02	42	ČR
	Špenát	0,02	42	ČR
	Květák	0,01	42	Slovensko
	Zelí	0,01	-	neregistrováno
propaquizafof*	Salát	0,2	-	neregistrováno
	Špenát	0,2	30	Slovensko
	Květák	0,4	30	ČR
	Zelí	0,6	30	ČR
quizalofop	Salát	0,2	-	neregistrováno
	Špenát	0,2	28	ČR
	Květák	0,4	AT	Slovensko
	Zelí	0,6	AT	Slovensko

*propaquizafof se v rostlině se rozkládá na herbicidně aktivní quizalofop – definice rezidua je tedy totožná

Tabulka 7d: Hodnoty MRL (dle databáze pesticidů EU) a závazné ochranné lhůty (dle Seznamu povolených přípravků na ochranu rostlin České republiky, Německa a Slovenska) pro účinné látky herbicidů hodnocené v **hlízách a listech kedluben** (AT - mezi registrovaným termínem ošetření a předpokládanou sklizní je takový časový interval, který bezpečně zajistí dostatečný pokles reziduí pod hodnotu MRL - není tedy nutné uvádět ochrannou lhůtu ve dnech)

Účinná látka	Část rostliny	MRL (mg/kg)	OL dle seznamu POR	Poznámka k registraci
clomazone	hlíza	0,01	42	Německo
	listy	0,01		
cycloxydim	hlíza	9	-	neregistrováno
	listy	3		
dimethenamid	hlíza	0,01	-	neregistrováno
	listy	0,01		
fluazifop	hlíza	0,01	42	Slovensko
	listy	0,01		
metazachlor	hlíza	0,3	AT	ČR
	listy	0,2		
napropamide	hlíza	0,05	-	neregistrováno
	listy	0,05		
pendimethalin	hlíza	0,3	AT/21	ČR/Německo
	listy	0,5		
propaquizafop*	hlíza	0,01	-	neregistrováno
	listy	0,01		
propyzamide	hlíza	0,01	-	neregistrováno
	listy	0,01		
pyridate	hlíza	0,05	AT	Německo
	listy	0,2		
quizalofop	hlíza	0,01	-	neregistrováno
	listy	0,01		

*propaquizafop se v rostlině se rozkládá na herbicidně aktivní quizalofop – definice rezidua je tedy totožná

Tabulka 7e: Hodnoty MRL (dle databáze pesticidů EU) a závazné ochranné lhůty (dle Seznamu povolených přípravků na ochranu rostlin České republiky) pro účinné látky herbicidů hodnocené v **bulvách a listech celeru** (AT - mezi registrovaným termínem ošetření a předpokládanou sklizní je takový časový interval, který bezpečně zajistí dostatečný pokles reziduí pod hodnotu MRL -není tedy nutné uvádět ochrannou lhůtu ve dnech)

Účinná látka	Část rostliny	MRL (mg/kg)	OL dle seznamu POR	Poznámka k registraci
aclonifen	bulva	0,3	90	ČR
	listy	0,08		
clomazone	bulva	0,01	-	neregistrováno
	listy	0,18		
cycloxydim	bulva	3	35	ČR
	listy	2		
fluazifop	bulva	0,5	49	ČR
	listy	0,02		
flufenacet	bulva	0,05	-	neregistrováno
	listy	0,05		
metobromuron	bulva	0,02	-	neregistrováno
	listy	0,04		
pendimethalin	bulva	0,2	AT	ČR
	listy	0,6		
pethoxamid	bulva	0,01	-	neregistrováno
	listy	0,02		
propaquizafop*	bulva	0,08	30	ČR
	listy	0,2		
quizalofop	bulva	0,08	-	neregistrováno
	listy	0,2		

*propaquizafop se v rostlině se rozkládá na herbicidně aktivní quizalofop – definice rezidua je tedy totožná

Tabulka 8a: Ochranné lhůty (OL) podle Seznamu povolených přípravků na ochranu rostlin České republiky, Německa a Slovenska. Doporučené akční ochranné lhůty (AOL) pro 50 % a 30 % MRL a pro limit 0,01 mg/kg využitelné pro nízkoreziduální nebo bezreziduální produkci **brukvovité zeleniny**

Účinná látka	OL	AOL pro			Poznámka
	MRL	50 % MRL	30 % MRL	0,01 mg/kg	
KVĚTÁK					
cycloxydim	28	28	28	28	
propaquizafop	30	30	30	NBP	
quizalofop (Slovensko)	AT	30	30	NBP	
fluazifop (Slovensko)	42			NBP	zcela nevhodný
ZELÍ					
cycloxydim	28	28	28	28	nedetekován
propaquizafop	30	30	30	NBP	
quizalofop (Slovensko)	AT	30	30	NBP	

AT: mezi registrovaným termínem ošetření a předpokládanou sklizní je takový časový interval, který bezpečně zajistí dostatečný pokles reziduí pod hodnotu MRL - není tedy nutné uvádět ochrannou lhůtu ve dnech

NBP: nedoporučeno pro bezreziduální produkci (ochranná lhůta výrazně přesahuje vegetační dobu plodiny)

nizké riziko	střední riziko	vysoké riziko
--------------	----------------	---------------

Tabulka 8b: Ochranné lhůty (OL) podle Seznamu povolených přípravků na ochranu rostlin České republiky, Německa a Slovenska. Doporučené akční ochranné lhůty (AOL) pro 50 % a 30 % MRL a pro limit 0,01 mg/kg využitelné pro nízkoreziduální nebo bezreziduální produkci **listové zeleniny**

Účinná látka	OL	AOL pro			Poznámka
	MRL	50 % MRL	30 % MRL	0,01 mg/kg	
SALÁT					
cycloxydim (Německo)	21	21	21	21	
fluazifop	42	52	52	NBP	nízký limit MRL neumožňuje dodržet OL
ŠPENÁT					
cycloxydim	28	28	28	28	od 3. dne na hranici detekce
fluazifop	42	112	112	NBP	nízký limit MRL neumožňuje dodržet OL
quizalofop	28	30	35	60	
propaquizafof (Slovensko)	30	30	30	NBP	

NBP: nedoporučeno pro bezreziduální produkci (ochranná lhůta výrazně přesahuje vegetační dobu plodiny)

nizké riziko	střední riziko	vysoké riziko
--------------	----------------	---------------

Tabulka 8c: Ochranné lhůty (OL) podle Seznamu povolených přípravků na ochranu rostlin České republiky, Německa a Slovenska. Doporučené akční ochranné lhůty (AOL) pro 50 % a 30 % MRL a pro limit 0,01 mg/kg využitelné pro nízkoreziduální nebo bezreziduální produkci **lahůdkové cibule**

Účinná látka	OL	AOL pro			Poznámka
	MRL	50 % MRL	30 % MRL	0,01 mg/kg	
LAHŮDKOVÁ CIBULE					
aclonifen (PRE)	AT	100	100	NBP	závisí na podmínkách prostředí
cycloxydim (Německo)	28	28	28	28	nedetekován
fluazifop	28	70	70	70	výrazně závisí na podmínkách prostředí
pendimethalin (PRE)	AT	100	100	NBP	
propaquizafop	30	30	30	30	aplikovat přípravek jen s jednou z těchto látek*
quizalofop	42	42	42	42	

*propaquizafop se v rostlině se rozkládá na herbicidně aktivní quizalofop – definice rezidua je tedy totožná

AT: mezi registrovaným termínem ošetření a předpokládanou sklizní je takový časový interval, který bezpečně zajistí dostatečný pokles reziduí pod hodnotu MRL - není tedy nutné uvádět ochrannou lhůtu ve dnech

NBP: nedoporučeno pro bezreziduální produkci (ochranná lhůta výrazně přesahuje vegetační dobu plodiny)

nizké riziko	střední riziko	vysoké riziko
--------------	----------------	---------------

Tabulka 8d: Ochranné lhůty (OL) podle Seznamu povolených přípravků na ochranu rostlin České republiky, Německa a Slovenska. Doporučené akční ochranné lhůty (AOL) pro 50 % a 30 % MRL a pro limit 0,01m g/kg využitelné pro nízkoreziduální nebo bezreziduální produkci **okurek**

Účinná látka	OL	AOL pro			Poznámka
	MRL	50 % MRL	30 % MRL	0,01 mg/kg	
OKURKA					
clomazone (PRE)	45	77	77	77	první vzorek odebrán až 77 dní po PRE aplikaci
flufenacet (PRE) (Německo)	AT	77	77	77	

AT: mezi registrovaným termínem ošetření a předpokládanou sklizní je takový časový interval, který bezpečně zajistí dostatečný pokles reziduí pod hodnotu MRL - není tedy nutné uvádět ochrannou lhůtu ve dnech

NBP: nedoporučeno pro bezreziduální produkci (ochranná lhůta výrazně přesahuje vegetační dobu plodiny)

nizké riziko	střední riziko	vysoké riziko
--------------	----------------	---------------

Tabulka 8e: Ochranné lhůty (OL) podle Seznamu povolených přípravků na ochranu rostlin České republiky, Německa a Slovenska. Doporučené akční ochranné lhůty (AOL) pro 50 % a 30 % MRL a pro limit 0,01mg /kg využitelné pro nízkoreziduální nebo bezreziduální produkci **kedluben**

Účinná látka	Část rostliny	OL	AOL pro			Poznámka
		MRL	50 % MRL	30 % MRL	0,01 mg/kg	
KEDLUBNA						
clomazone (PRE) (Německo)	hlíza	42	52	52	52	první vzorek odebrán až 52 dní po PRE aplikaci
	listy		52	52	52	
metazachlor	hlíza	AT	10	10	20	
	listy		30	34	60	
pendimethalin	hlíza	AT	3	5	48	BP při pozdnější sklizení kedluben bez listů
	listy		15	20	NBP	
pyridate (Německo)	hlíza	AT	AT	AT	AT	nedetekován v žádném vzorku od 3. dne na hranici detekce
	listy		5	5	5	
fluazifop (Slovensko)	hlíza	42				zcela nevhodný
	listy					

AT: mezi registrovaným termínem ošetření a předpokládanou sklizní je takový časový interval, který bezpečně zajistí dostatečný pokles reziduí pod hodnotu MRL - není tedy nutné uvádět ochrannou lhůtu ve dnech

NBP: nedoporučeno pro bezreziduální produkci (ochranná lhůta výrazně přesahuje vegetační dobu plodiny)

nizké riziko	střední riziko	vysoké riziko
--------------	----------------	---------------

Tabulka 8f: Ochranné lhůty (OL) podle Seznamu povolených přípravků na ochranu rostlin České republiky, Německa a Slovenska. Doporučené akční ochranné lhůty (AOL) pro 50 % a 30 % MRL a pro limit 0,01 mg/kg využitelné pro nízkoreziduální nebo bezreziduální produkci **celeru**

Účinná látka	Část rostliny	OL	AOL pro			Poznámka
		MRL	50 % MRL	30 % MRL	0,01 mg/kg	
CELER						
aclonifen (PRE)	bulva	90	90	90	122	BP při pozdnější sklizení celeru
	listy		90	90	100	
cycloxydim	bulva	35	35	35	90	
	listy		35	35	90	
fluazifop	bulva	49	49	80	122	BP při pozdnější sklizení celeru bez nati
	listy	49	360	360	NBP	
pendimethalin (PRE)	bulva	AT	AT	80	125	BP při pozdnější sklizení celeru
	listy		AT	85	140	
propaquizafop	bulva	30	30	43	65	
	listy		30	34	60	

AT: mezi registrovaným termínem ošetření a předpokládanou sklizní je takový časový interval, který bezpečně zajistí dostatečný pokles reziduí pod hodnotu MRL - není tedy nutné uvádět ochrannou lhůtu ve dnech

NBP: nedoporučeno pro bezreziduální produkci (ochranná lhůta výrazně přesahuje vegetační dobu plodiny)

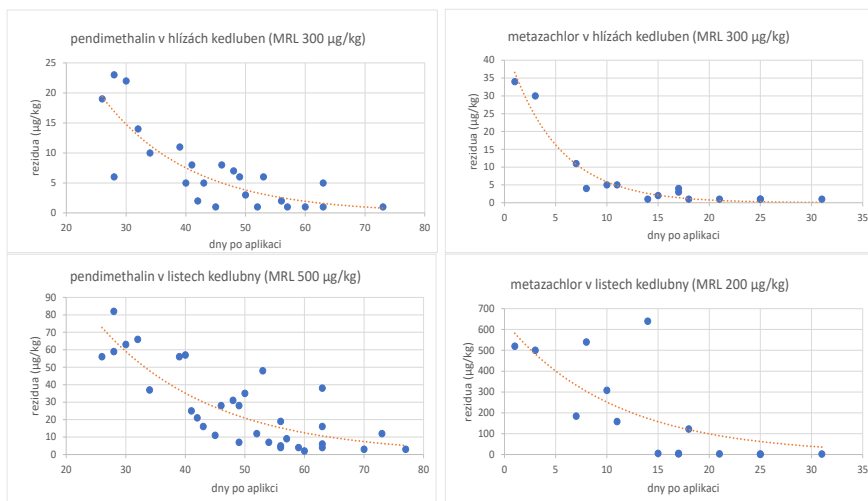
	nízké riziko		střední riziko		vysoké riziko
--	--------------	--	----------------	--	---------------

3.2.4.1. Rezidua herbicidů v košťálové zelenině

Z pohledu reziduí herbicidů je nejvíce ohrožena košťálová zelenina s krátkou vegetační dobou, především kedlubny, které jsou navíc obvykle prodávány včetně listů, které jsou herbicidem více zasaženy a jejich následná degradace je pomalejší. Naopak nebezpečí zvýšeného obsahu reziduí herbicidů u pozdního zelí či kapusty je relativně malé.

Z environmentálních faktorů, které mohou významným způsobem ovlivnit rychlost degradace pesticidů v rostlině, je významná především teplota (v chladnu je degradace pomalejší) a průběh srážek během vegetace. Intenzivní srážky před sklizní, kterým předcházela suchá perioda, mohou kořenům zpřístupnit herbicid sorbovaný v půdě, který již rostlina nemusí stihnout metabolizovat (Jursík a kol. 2016). Velmi důležitý je také způsob sklizně, resp. posklizňové úpravy. Pokud jsou hlávky zelí a kapusty zbaveny všech krycích listů, bývá obvykle také obsah reziduí herbicidů nižší, než pokud je tato zelenina prodávána s těmito listy.

V předchozím projektu nebyla nalezena v kvěťáku žádná rezidua půdních herbicidů obsahujících úč. látky clomazone, metazachlor, napropamid, pendimethalin, S-metolachlor, dimethenamid ani quinmerac, pokud byla jejich aplikace provedena alespoň 50 dní před sklizní, což je běžná praxe u této zeleniny, podobně jako u brokolice, hlávkového zelí a kapusty. Rovněž listové herbicidy pyridate, clopyralid ani picloram nebyly v kvěťáku nalezeny ani v případě, kdy bylo ošetření provedeno tři týdny před sklizní (Jursík a kol. 2016). Kedlubny jsou však k výše uvedeným herbicidům výrazně citlivější. Některé z nich proto nelze použít vůbec (pyridate), ostatní je třeba použít ve výrazně nižších dávkách s ohledem na půdní a povětrnostní podmínky. V pokusech provedených v letech 2021 až 2023 vykázaly všechny sledované půdní herbicidy rychlou dynamiku degradace v hlízách i listech (Graf 16). Ke sklizni kedluben obvykle nedochází dříve než 60 dní po výsadbě, pokud je tedy herbicidní ošetření provedeno krátce před nebo po výsadbě kedluben. Množství reziduí těchto herbicidů je obvykle pod hodnotou pro bezreziduální produkci (0,01 mg/kg), nicméně u herbicidů obsahujících pendimethalin může množství reziduí v listech kedluben kolísat v závislosti na půdních a povětrnostních podmínkách, a proto nelze tyto herbicidy do bezreziduální produkce kedluben doporučit.



Graf 16: Průběh degradace vybraných herbicidů v hlízách a listech kedluben

Použití listových graminicidů v porostech košťalové zeleniny je z pohledu jejich reziduí velmi problematické. Je třeba používat pouze takové graminicidy, které jsou v ČR do konkrétní zeleniny povoleny (registrovány). V opačném případě hrozí, že budou jejich rezidua nalezena ve sklizené zelenině v nadlimitním množství (0,01 mg/kg). Z námi testovaných listových graminicidů vykázal nejrychlejší degradaci cycloxydim (Stratos), který má navíc poměrně vysoké hodnoty MRL a lze jej proto doporučit do nízkoreziduální i bezreziduální produkce při dodržení platných ochranných lhůt.

3.2.4.2. Rezidua herbicidů v salátu

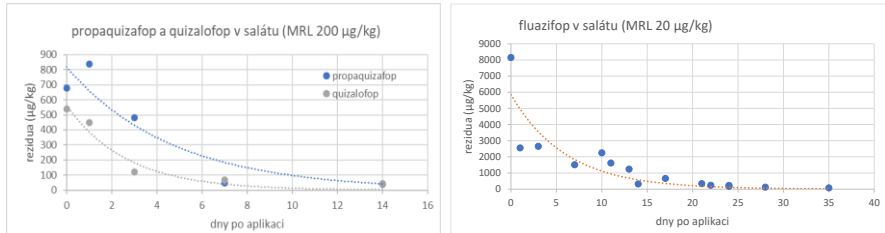
Salát patří z hlediska možností kontaminace rezidui herbicidů k nejproblémovějším plodinám. Hlavním důvodem je krátká vegetační doba salátu a používání perzistentních herbicidů. Dynamika degradace těchto herbicidů byla řešena v předchozím projektu a výsledky jsou popsány ve výše uvedené metodice (Jursík a kol. 2016).

Nejčastěji používaným herbicidem v salátu je pendimethalin, který se používá buď před výsadbou nebo krátce po ní. Rezidua tohoto herbicidu se v salátu obvykle pohybují v hodnotách do 0,01 mg/kg, což je limitní hodnota pro bezreziduální produkci. S ohledem na poměrně vysokou aktuální hodnotu MRL (4 mg/kg) lze tento herbicid bez problémů použít při nízkoreziduální produkci salátu.

Základním opatřením, kterým lze eliminovat množství reziduí tohoto herbicidu ve sklizeném salátu pod hodnoty pro bezreziduální produkci jsou:

- používání nižších dávek (do 600 g/ha)
- pěstování odrůd s delší vegetační dobou
- snížená intenzita závlahy v druhé polovině vegetace
- sklizeň vyzrálých (těžších) hlávek
- dostatečné odstranění vnějších listů, které obvykle obsahují nejvíce herbicidu

Používání listových graminicidů v porostech salátů (Graf 17) nelze doporučit, neboť v ČR je v současnosti registrován do této zeleniny pouze fluazifop (Fusilade), jehož rezidua však v salátu zůstávají poměrně dlouho a v našich pokusech byly prakticky všechny testované vzorky nad přísnou aktuálně platnou hodnotou MRL (0,02 mg/kg). Navíc stanovenou ochrannou lhůtu (42 dní) lze v některých situacích jen obtížně dodržet. Listové graminicidy obsahující quizalofop a propaquizafop nejsou v ČR do salátu registrovány, navíc degradace reziduí těchto herbicidů je poměrně pomalá (zejména quizalofop). Naopak cycloxydim, který sice není v ČR registrován (v Německu je registrován s ochranou lhůtou 21 dní), v salátu rychle degraduje a jeho rezidua se po ochranné lhůtě v salátu prakticky nevyskytují, navíc MRL je u tohoto herbicidu poměrně vysoký (1,5 mg/kg).



Graf 17: Průběh degradace vybraných herbicidů v salátu

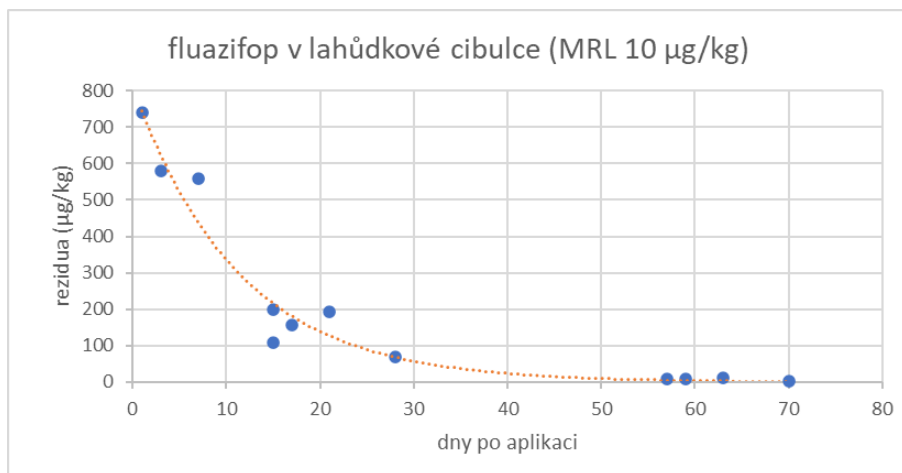
3.2.4.3. Rezidua herbicidů v jarní (lahůdkové) cibulce

Jarní (lahůdková) cibulka je zelenina s poměrně krátkou vegetační dobou, která se sklízí a prodává i s listy, které jsou aplikací postemergentních herbicidů zasaženy přímo a jejich degradace je proto obvykle pomalejší (Jursík a kol. 2016).

Preemergentně byly testovány pouze půdní herbicidy pendimethalin a aclonifen. V roce 2022 také pethoxamid, ale s ohledem na nízkou selektivitu bylo od jeho dalšího testování upuštěno (v ČR není navíc ani registrován). Rezidua aclonifenu byla nalezena pouze v jednom ze tří experimentů. Rezidua v tomto pokusu kolísala 80-95 dnů po aplikaci od 0,005 do 0,04 mg/kg, v některých případech tedy

překračovala přísnou hodnotu MRL (0,01 mg/kg). Při dodržení odstupu od aplikace 100 dní byla vždy rezidua aclonifenu pod hodnotou MRL. V pokusech s cibulí setou v předchozím projektu (byla testována vyšší dávka) se rezidua tohoto herbicidu ve sklizených vzorcích cibule pohybovala okolo 0,01 mg/kg i více než 100 dní po aplikaci (Jursík a kol. 2016). Použití aclonifenu v porostech lahůdkové cibulky určené pro dětskou výživu proto nelze doporučit. Rezidua pendimethalinu byla po jeho preemergentní aplikaci nalezena v hodnotách mezi 0,005 a 0,05 mg/kg ve všech odebraných vzorcích. Herbicid pendimethalin proto nelze doporučit pro bezreziduální ani nízkoreziduální produkci (MRL 0,05 mg/kg).

Použití listových graminicidů obsahujících účinné látky cycloxydim, propaquizafop a quizalofop lze doporučit pro nízkoreziduální i bezreziduální produkci lahůdkové cibulky při dodržení stanovených ochranných lhůt v cibuli (28-42 dní), nicméně v případě propaquizafopu a quizalofopu lze použít jen jednu z uvedených látek, protože mají stejnou definici rezidua a je třeba počítat s přísnými hodnotami MRL (0,01 mg/kg), kterých může být obtížné dosáhnout u lahůdkové cibulky sklizené později na podzim (říjen-listopad). Cycloxydim má hodnotu MRL pro cibuli poměrně mírnou (0,3 mg/kg), ale není v ČR registrován. Pro nízkoreziduální produkci lahůdkové cibulky nelze příliš doporučit také herbicidy obsahující fluazifop, které jsou do cibule v ČR registrovány, protože degradace reziduí těchto herbicidů byla v našich pokusech poměrně pomalá (Graf 18). Přičemž vysoké hodnoty přesahující MRL (0,01 mg/kg) byly zaznamenány i 20dní po stanovené ochranné lhůtě (28 dní).



Graf 18: Průběh degradace reziduí fluazifopu v lahůdkové cibulce

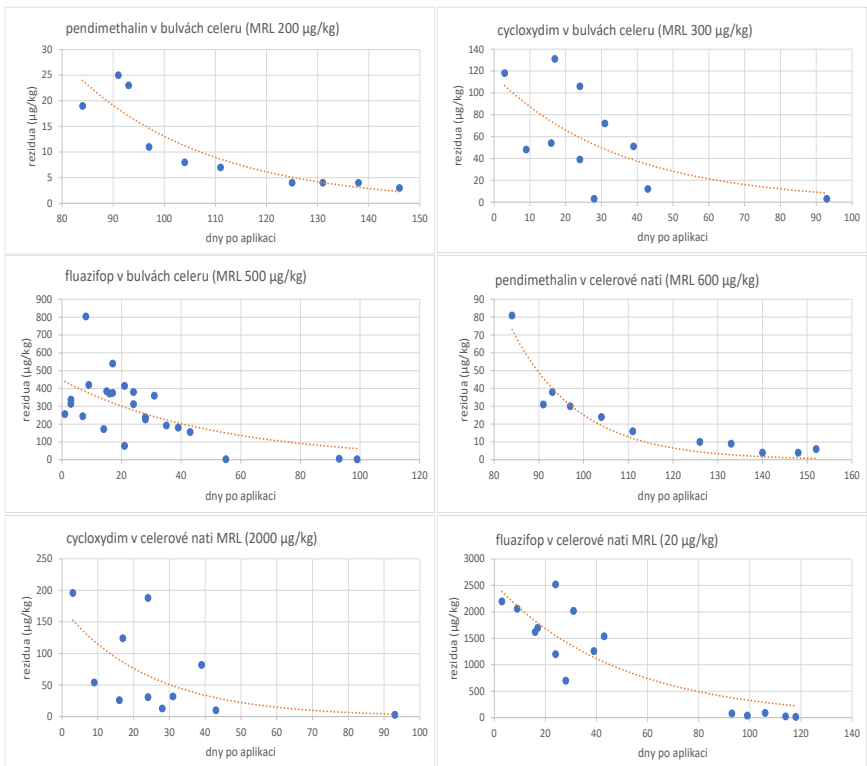
3.2.4.4. Rezidua herbicidů v celeru

Celer je plodina s poměrně dlouhou vegetační dobou, což umožňuje použití prakticky všech registrovaných herbicidů pro nízkoreziduální a většinou také bezreziduální produkci.

Určité problémy mohou být pouze v případě celeru, který se prodává s natí a mívá obvykle kratší vegetační dobu a také obsah reziduí v listech bývá obvykle vyšší než v bulvě. Při tomto způsobu sklizně a prodeje obvykle nelze deklarovat bezreziduální produkci u žádného v ČR registrovaného půdního herbicidu (pendimethalin a aclonifen) ani neregistrovaného metobromuronu (Proman) a flufenacetu (ten nelze doporučit i kvůli nízké selektivitě).

S ohledem na přísnou hodnotu MRL v listech celeru u fluazifopu nelze doporučit tento herbicid ani pro nízkoreziduální produkci celeru s natí (Graf 19). Ostatní registrované listové graminicidy lze pro nízkoreziduální i bezreziduální produkci celeru s natí použít při dodržení přísnějších ochranných lhůt.

V případě bulev jsou požadavky na akční ochranou lhůtu pro nízkoreziduální produkci u většiny herbicidů kratší (Tab. 8), přičemž jejich splnění lze snadno dosáhnout. Pro bezreziduální produkci je třeba počítat ještě s delšími akčními ochrannými lhůtami (3-5 měsíců), které však lze s ohledem na dlouhou vegetační dobu také snadno splnit.

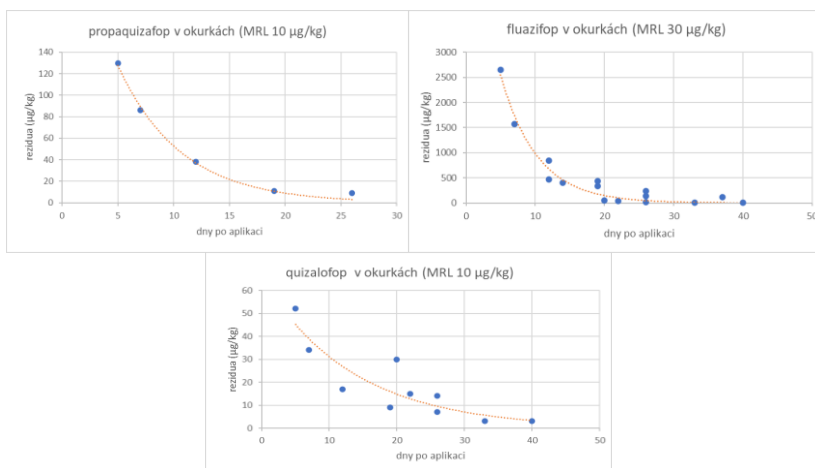


Graf 19: Průběh degradace vybraných herbicidů v listech a bulvách celeru

3.2.4.5. Rezidua herbicidů v okurkách

Jediným v ČR registrovaným herbicidem do okurek je clomazone (Command). Vedle tohoto herbicidu jsme v našich pokusech testovali také flufenacet (registrováno v Německu) a pethoxamid. Ani jeden z výše uvedených preemergentních herbicidů nebyl detekován v žádném vzorku okurek nakládaček. Nicméně pokusy s těmito půdními herbicidy byly s ohledem na sníženou selektivitu prováděny pouze v roce 2021.

V dalších letech již byly testovány pouze listové graminicidy (Graf 20), z nichž žádný není v ČR do okurek registrován, navíc propaquizafop a quizalofop mají pro okurky poměrně přísné hodnoty MRL (0,01 mg/kg) a fluazifop zase vykázal nejpomalejší degradaci v okurkách, přičemž hodnota MRL u tohoto herbicidu je také poměrně nízká (0,03 mg/kg). Jediným použitelným graminicidem je proto cycloxydim, jehož rezidua jsme nedetekovali v žádném odebraném vzorku okurek, navíc hodnota MRL je u tohoto herbicidu 0,09 mg/kg.

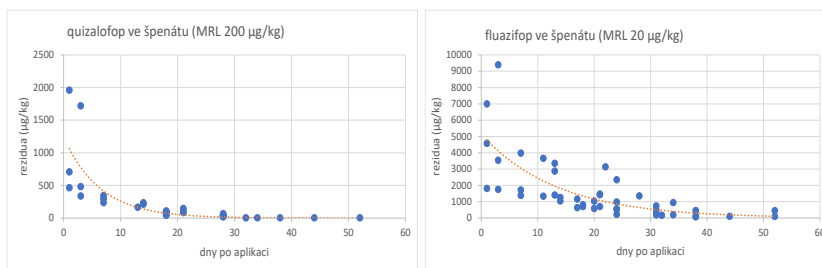


Graf 20: Průběh degradace vybraných herbicidů v okurkách

3.2.4.6. Rezidua herbicidů ve špenátu

Do špenátu jsou v ČR registrovány pouze herbicidy obsahující phenmedipham a listové graminicidy. Tyto herbicidy nelze z důvodu výrazného snížení selektivity vzájemně kombinovat, a proto jsme v našich pokusech testovali pouze listové graminicidy, přičemž i jejich kombinace s řadou fungicidů a insekticidů působila fytotoxicitu.

Přestože hodnoty MRL pro quizalofop, propaquizafop a fluazifop (0,02 mg/kg) jsou poměrně přísné, degradace quizalofopu byla v našich pokusech poměrně rychlá a lze jej při dodržení akční ochranné lhůty použít v nízkoreziduální produkci (Graf 21). Pro bezreziduální produkci je vhodnější cycloxydim, který jsme nedetekovali v žádném vzorku špenátu, který byl sklizen více než 3 dny po aplikaci. Naopak rezidua fluazifopu v listech špenátu degradovala nejpomaleji a nelze jej proto doporučit pro nízkoreziduální produkci. Další informace k dynamice degradace reziduí fluazifopu a quizalofopu ve špenátu jsou uvedeny v kapitole 3.2.1.5.1.



Graf 21: Průběh degradace vybraných herbicidů ve špenátu

4. Srovnání novosti postupů

Efektivní regulace plevelů v porostech polní zeleniny popsaná v této metodice zahrnuje tři dílčí témata.

Prvním tématem uváděným v této metodice jsou informace a doporučení k regulaci plevelů v tykvvovité zelenině, které v předešlé metodice (Jursík a kol. 2016) chyběly. Tyto údaje jsou předkládány komplexně ve struktuře odpovídající potřebám dodržování zásad integrované ochrany platných od roku 2014 podle novely zákona č. 326/2004Sb. a vyhlášky č. 205/2012Sb. V rámci tohoto tématu byla na základě výsledků výzkumu doplněna a aktualizována doporučení pro efektivní a selektivní herbicidní ošetření, podobně jako pro možnosti nechemické regulace plevelů.

Druhým tématem uváděným v metodice jsou informace o degradaci účinných látek herbicidů ve vybraných druzích brukvovité zeleniny (kedlubny, květák, zelí), celeru, okurkách, jarní cibulce, špenátu a salátu. Nově je zpracován průběh degradace herbicidů v listech celeru a kedluben, kde bývá v praxi často zaznamenáván nadlimitní výskyt reziduí pesticidů. Stanovené akční ochranné lhůty umožňují nízkoreziduální i bezreziduální produkci výše uvedených zelenin. Doporučovaný postup pro stanovení termínu aplikace založený na poznatcích o degradaci reziduí herbicidů v zelenině a umožňující regulovat výskyt reziduí herbicidů v zelenině je zcela originální a byl dosud publikován pro rezidua v kvěťáku, cibuli, mrkvi a salátu (Jursík a kol. 2016). U ostatních druhů polní zeleniny nebyly pěstitelům dostupné žádné informace o možnostech eliminovat množství reziduí ve sklizených produktech.

Třetím tématem jsou informace o pěstitelských opatřeních (závlaha, zpracování půdy před založením porostu, mulčování), které mohou mít významný vliv na účinnost a selektivitu herbicidů, ale také na chování těchto látek v prostředí (půdě) a na množství reziduí herbicidů ve sklizených produktech. Tyto informace jsou kvantifikovány a graficky zpracovány a doplněny o fotografie, které dokumentují prováděné experimenty.

Na výsledcích metodiky je také nový účel využívání výsledků o degradaci reziduí pesticidů v produktech brukvovité zeleniny. Do roku 2022 mohli pěstitelé zeleniny v systému integrované produkce využívat poznatky o možnostech snižování výskytu reziduí pesticidů v produktech ve vztazích s obchodními řetězci. Od roku 2023 mohou tyto poznatky využívat pěstitelé v systému integrované produkce zeleniny pro naplňování podmínek stanovených v Nařízení vlády 80/2023, které se týkají dosažení stanovených limitů reziduí pesticidů v produktech. Vzhledem k tomu, že byl projekt výzkumu řešen v programu Země, Podprogramu 2 – Podpora státní politiky v agrárním sektoru, jsou poznatky uvedené v metodice využitelné pro aktualizaci podmínek v Nařízení vlády 80/2023 a k upřesnění metodiky MZe k tomuto nařízení.

5. Popis uplatnění certifikované metodiky

Metodika je primárně určena Ministerstvu zemědělství a organizacím státní správy, které dozorují plnění podmínek agro-environmentálních opatření v systému integrované produkce zeleniny, jak o jsou SZIF, SZPI a ÚKZÚZ. Poznatky uvedené v metodice jsou využitelné pro aktualizaci podmínek v Nařízení vlády 80/2023 a k upřesnění metodiky MZe k tomuto nařízení. Poznatky přispívají k podpoře státní politiky v agrárním sektoru a zvýšení účinnosti této politiky v oblasti pěstování zeleniny. Metodiku mohou využívat také výzkumné a poradenské organizace, případně distributoři herbicidů.

Uživatelé této metodiky budou také pěstitelé zeleniny, zejména členové Svazu pro integrovanou produkci zeleniny. V metodice najdou řadu informací také pěstitelé zeleniny v ekologickém zemědělství a pěstitelé zeleniny z řad malopěstitelů a zahrádkářů. Smlouva o využití metodiky je uzavřena se Zelinářkou unií Čech a Moravy. Tuto metodiku vydává Česká zemědělská univerzita v Praze, která metodiku zveřejní na své webové stránce (www.czu.cz).

6. Ekonomické aspekty spojené s užíváním metodiky

Poznatky uvedené v metodice přispějí k podpoře státní politiky v agrárním sektoru a ke zvýšení účinnosti této politiky v oblasti pěstování zeleniny. Metodika také přispěje k omezení rizik při používání herbicidů v zelenině na životní prostředí, a biodiverzitu. Ekonomické přínosy nejsou kvantifikovány, protože smlouva o využití výsledku v rámci podprogramu 2 není uzavírána s pěstiteli. Lze očekávat, že využití výsledků u pěstitelů zlepší prodejnost zeleniny s garancí původu v rámci „nízkoreziduální“ nebo „bezreziduální“ produkce.

Využívání metodiky ze strany pěstitelů umožní zvýšit účinnost systému integrované ochrany zeleniny proti plevelům a umožní zvýšit ekonomickou efektivitu pěstování omezením ztrát na výnosech a snížením nákladů na ochranná opatření. Vedle toho bude zajištěna požadovaná kvalita produktů při minimalizaci výskytu reziduí herbicidů v čerstvě konzumované zelenině. Nedetekovatelný anebo velmi nízký výskyt reziduí pesticidů v zelenině bude přispěvkem pro zdraví spotřebitelů zeleniny. Přínosy pro spotřebitele zeleniny se projeví jak ve vyšší kvalitě produktů, tak ve vyšší garanci zdravotní nezávadnosti (bezpečnosti) produktů ze systému integrované produkce zeleniny v ČR. Přínosy v oblasti sociální lze očekávat v zachování nebo rozšíření současného rozsahu pěstování zeleniny v ČR a nepřímo tak přispějí k rozvoji venkova.

7. Použitá literatura:

Anderson WP (2007) Weed Science: Principles and Application. Waveland Press, Long Grove, United State of America.

Daramola OS (2021) Weed interference and management in cucumber (*Cucumis sativus* L.). In: Wang H Cucumber Economic value and its cultivation and breeding, Intech Open.

DG SANTE/11312/2021 Guidance document on analytical quality control and method validation procedures for pesticides residues analysis in food and feed. (https://www.eurl-pesticides.eu/userfiles/file/EurlALL/SANTE_11312_2021.pdf)

EURL (2021) Analysis of Pesticides Entailing Conjugates or Esters in their Residue Definitions. (https://www.eurl-pesticides.eu/userfiles/file/EurlSRM/EURL-SRM_Anal_Observ_Report_hydrol_of_Esters&Conj_of_Pesticides_V2.pdf)

Food (2023) https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/eu-pesticides-database_en

Hajšlová J, Urbanová J, Hrbek V, Kocourek V (2012) Multidetekční metoda pro sledování reziduí pesticidů v zelenině. Certifikovaná metodika, VŠCHT Praha.

Hollaway KL, Kookana RS, Noy DM, Smith JG, Wilhelm N (2006) Persistence and leaching of sulfonylurea herbicides over a 4-year period in the highly alkaline soils of south-eastern Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture, 46, 1069-1076.

Jursík M, Soukup J, Holec J, Andr J, Hamouzová K (2015) Efficacy and selectivity of pre-emergent sunflower herbicides under different soil moisture conditions. Plant Protection Science, 51, 214-222.

Jursík M, Šuk J, Hamouzová K., Suchanová M, Hamouz P, Kocourek F, Kysilková K (2016) Optimalizace regulace plevelů v systému integrované produkce košťálové, cibulové, kořenové zeleniny a salátu. Certifikovaná metodika, ČZU v Praze.

Labrada R, Paredes E, Muniz R (1983) Weed competition in a cucumber crop. Tropical Pest management, 29, 52-55.

McCullough PE., Hart SE (2008) Creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*) tolerance to sulfosulfuron. Weed Technology, 22, 481-485.

Menges RM, Tamez S (1981) Response of cucumber (*Cucumis sativus*) to annual weeds and herbicides. *Weed Science*, 29, 200-208.

Ministerstvo zemědělství (2023) Metodika k provádění nařízení vlády č. 80/2023 Sb., o stanovení podmínek provádění agroenvironmentálně-klimatických opatření.

Naylor REL (2002) *Weed Management Handbook*. British Crop Protection Council, Blackwell Science, Oxford.

Pannacci E, Mathiassen SK, Kudsk P. (2010) Effect of adjuvants on the rainfastness and performance of tribenuron-methyl on broad-leaved weeds. *Weed Biology and Management*, 10, 126-131.

Roeth FW, Burnside OC, Wicks GA (1983) Protection of grain sorghum (*Sorghum bicolor*) from chloracetamide herbicide injury. *Weed Science*, 31, 373-379.

Tanpipat S, Adkins SV, Swarbrick JT, Boersma M (1997) Influence of selected environmental factors on glyphosate efficacy when applied to awnless barnyard grass (*Echinochloa colona* (L) Link. *Australian Journal of Agricultural Research*, 48, 695 – 702.

Wilhoit H, Coolong T (2013) Mulching with large round bales between plastic-covered beds using a newly developed offset round-bale unroller for weed control. *HortTechnology*, 23, 511-516.

Zhou J, Tao B, Messersmith CG, Nalewaja JD (2007) Glyphosate efficacy on velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) is affected by stress. *Weed Science*, 55, 240-244.

8. Seznam publikací, které předcházejí metodice

Šuk J, Hamouzová K, Hajšlová J, Jursík M (2021) Dynamics of herbicides degradation in carrot (*Daucus carota* L.) roots and leaves. *Plant, Soil and Environment*, 67, 353-359.

Jursík M, Hamouzová K, Hajšlová J (2021) Dynamics of the degradation of acetyl-CoA carboxylase herbicides in vegetables. *Foods*, 10.

Jursík M, Hajšlová J (2021) Jak eliminovat rezidua herbicidů v zelenině. *Zelinářství*, 20, 24-27.

Kocourek F, Douša O, Harašta P, Hamouz P, Holec J, Horská T, Hovorka T, Jursík M, Kazda J, Kolářová M, Koudela M, Krejzar V, Kumar J, Mazáková J, Novotný D, Pánková I, Pluhař I, Prášil J, Psota V, Pultar R, Rod J, Růžička T, Ryšánek P, Seidenglanz M, Slavíková L, Stará J, Víchová J (2022) *Integrovaná ochrana zeleniny*. Praha, Profi Press, pp 415.

Horská T, Jursík M, Krátký F (2022) Dynamika reziduí pesticidů v kedlubnách. *Zahradnictví*, 21, 14-17.

Jursík M (2022) Možnosti regulace plevelů v porostech tykvovité zeleniny. *Zahradnictví*, 21, 21-23.

Jursík M, Soukup J (2022) Rezidua herbicidů v půdě a jejich vliv na následné plodiny. *Agromanuál*, 17, 10-12.

Jursík M (2023) Příčiny a příznaky poškození zeleniny herbicidy. *Zahradnictví*, 22, 24-26.

Horská T, Jursík M, Hajšlová J (2023) Dynamika reziduí pesticidů ve špenátu. *Zahradnictví*, 22, 28-32.

Název publikace: Efektivní ochrana proti plevelům v systému integrované produkce zeleniny při omezení rizik výskytu reziduí herbicidů ve sklizených produktech, certifikovaná metodika

Autoři: Miroslav Jursík
Michaela Kolářová
Tereza Horská
Martin Kočárek
Jana Hajšlová
Vladimír Kocourek
Josef Kučera
Dana Schusterová
Leoš Uttl

Grafická úprava obálky: Michaela Kolářová

Vydavatel: Česká zemědělská univerzita v Praze

Adresa vydavatele: Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, Praha – Suchdol, 165 00

Tiskárna: Powerprint s.r.o., Brandejsovo nám. 1219/1, 165 00 Praha Suchdol

Pořadí vydání: první

Rok vydání: 2023

ISBN 978-80-213-3322-2

ISBN 978-80-213-3323-9 (elektronická verze)

© Česká zemědělská univerzita v Praze



Kolektiv autorů:

prof. Ing. Miroslav Jursík, Ph.D.
Ing. Michaela Kolářová, Ph.D.
Ing. Tereza Horská, Ph.D.
Ing. Martin Kočárek, Ph.D.
prof. Ing. Jana Hajšlová, CSc.
prof. Ing. Vladimír Kocourek, CSc.
Ing. Josef Kučera
Ing. Dana Schusterová, Ph.D.
Ing. Leoš Uttl

ISBN 978-80-213-3322-2

ISBN 978-80-213-3323-9 (elektronická verze)

© Česká zemědělská univerzita v Praze 2023