

Problematika rezistence plevelů a technologie cukrovky Conviso Smart

WEED RESISTANCE ISSUE AND CONVISO SMART SUGAR BEET TECHNOLOGY

Jan Winkler¹, Barbora Kotlánová¹, Igor Děkanovský², Helena Pluháčková³¹ Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav biologie rostlin, ² Fakultní nemocnice Brno³ Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav pěstování rostlin a rostlinolékařství

Conviso Smart technologie

Cukrová řepa je rostlina extrémně citlivá na konkurenci plevelů, zejména během počátečních fází svého růstu. Efektivní regulace plevelů je proto klíčovým faktorem jejího úspěšného pěstování (1). Mezi škodlivými organismy jsou plevelé hlavní příčinou ztrát na výnosech polních plodin (2).

Novou strategií regulace plevelů je technologie Conviso Smart, která kombinuje použití hybridních odrůd cukrovky a herbicidů ze skupiny inhibitorů acetolaktát syntázy (ALS), (3). Ve srovnání se standardními herbicidy nabízí tato technologie výrazně lepší kontrolu nad obtížně regulovatelnými plevely, jako jsou vřdrol řepky olejky (*Brassica napus*), bažanka roční (*Mercurialis annua*) a tetlucha kozí pysk (*Aethusa cynapium*), spolu s dalšími problematickými druhy (4).

Úspěšná regulace plevelů v cukrové řepě v minulosti vyžadovala použití tankových směsí herbicidů s odlišnými účinnými látkami. Aplikace těchto směsí za nepříznivých povětrnostních podmínek, například po vydatných deštích, při vysoké úrovni slunečního záření nebo v období, kdy listy cukrovky mají tenkou kutikulu, však mohla způsobit fyto toxické poškození pěstované plodiny. Díky technologii Conviso Smart lze těmto negativním účinkům herbicidů předejít a zároveň plně využít výnosový potenciál moderních odrůd cukrové řepy (4).

V rámci technologie Conviso Smart je aplikován herbicid Conviso One, který je netoxický pro zvířata a vykazuje účinnost proti širokému spektru plevelů, přičemž k dosažení požadovaného efektu postačují výrazně nižší dávky než u jiných registrovaných herbicidů. To přispívá ke snížení celkového množství používané chemie (5).

Díky své vysoké účinnosti, nízkým aplikačním dávkám a nízké toxicitě pro savce jsou herbicidy inhibující ALS široce využívány již od počátku 80. let 20. století (6). Jejich široké aplikační termíny a nízká zbytková účinnost v půdě umožňují rozsáhlé použití herbicidu Conviso One v produkci plodin. Vysoká účinnost proti plevelům navíc přináší řadu celospolečenských výhod (5).

Herbicid Conviso One patří mezi inhibitory ALS, které se cíleně zaměřují na enzym acetolaktát syntázu (ALS), klíčový pro biosyntézu aminokyselin valinu, leucinu a isoleucinu (7). V současnosti se inhibice tohoto enzymu dosahuje pomocí šesti různých skupin herbicidů: sulfonylmočovin (SU), triazolopyrimidinů (TP), imidazolinonů (IMI), pyrimidinyl-thiobenzoátů (PTb), sulfonanilidů (SA) a triazolinonů (SCT) (8).

Plevelé a herbicid Conviso One

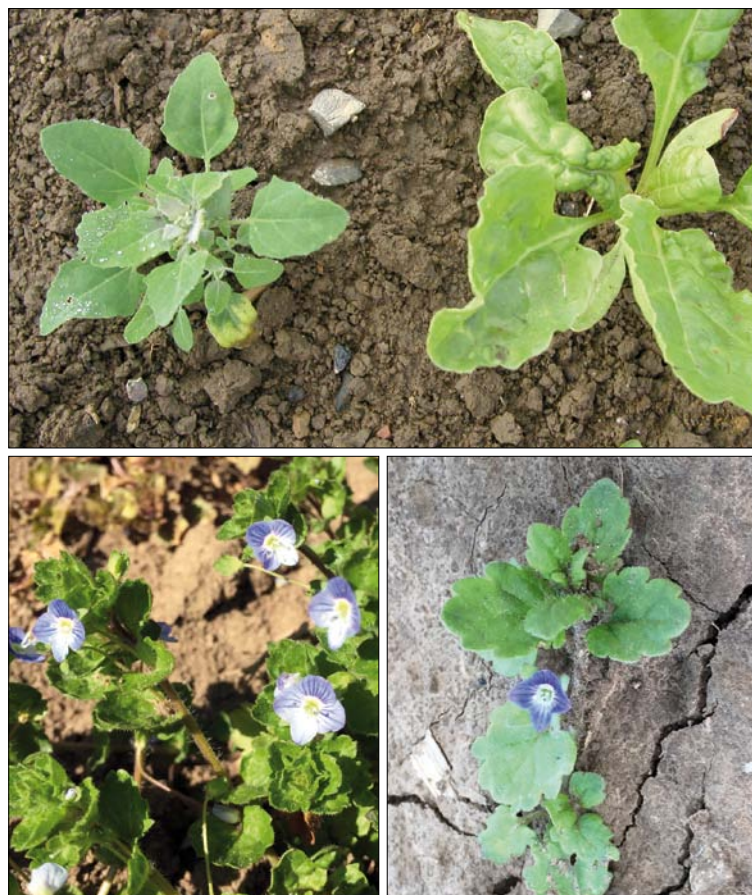
Výsledky pokusů provedených v Německu umožňují porovnání účinnosti regulace plevelů pomocí standardních herbicidních technologií a technologie Conviso Smart využívající Smart odrůdy a herbicid Conviso One. Celkově byla vyšší účinnost zaznamenána u technologie Conviso Smart (9).

Nicméně vyšší účinnost technologie Conviso Smart nebyla zaznamenána u všech druhů plevelů, přičemž mezi jednotlivými druhy existují výrazné rozdíly. Lepší účinnost herbicidu Conviso One byla prokázána u plevelů, jako jsou truskavec ptačí (*Polygonum aviculare*), opletka obecná (*Fallopia convolvulus*), tetlucha kozí pysk (*Aethusa cynapium*), lilek černý (*Solanum nigrum*) a heřmánkovité plevelé (*Tripleurospermum inodorum*, *Matricaria chamomilla*, *Anthemis arvensis* a další). Vyšší účinnost byla zaznamenána také u vytrvalých druhů, jako je pcháč rolní (*Cirsium arvense*) a svlačec rolní (*Convolvulus arvensis*). Na druhé straně byla účinnost herbicidů používaných v technologii Conviso Smart srovnatelná s tradičními herbicidy u druhů, jako jsou laskavec

Obr. 1. Mezi jednotlivými plevelnými druhy v cukrové řepě existují v citlivosti na technologii Conviso Smart výrazné rozdíly



Obr. 2. Nejběžnější plevel v cukrovce je merlík bílý (nahore), existuje tak riziko vzniku rezistentních populací; rozrazil perský i rozrazil lesklý (dole) jsou vůči Conviso One odolné



ohnutý (*Amaranthus retroflexus*), penízek rolní (*Thlaspi arvense*) a kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris*). Aplikace Conviso One se ukázala jako výrazně neúčinná proti rozrazilům (*Veronica* spp.) (9).

Rozdílná účinnost herbicidu Conviso One vůči jednotlivým druhům plevelů může při dlouhodobém používání této technologie vést k selekčnímu tlaku a následnému nárůstu specifických plevelných druhů. Očekáváme zejména zvýšený výskyt rozrazilů (*Veronica* spp.), ale také laskavce ohnutého (*Amaranthus retroflexus*), penízku rolního (*Thlaspi arvense*) a kokošky pastuší tobolky (*Capsella bursa-pastoris*).

Technologie Conviso Smart, používaná při pěstování cukrové řepy, představuje selektivní tlak, který může ovlivnit druhové spektrum plevelů i populační dynamiku jednotlivých druhů (10). V podmínkách Česka je nejrozšířenějším plevelem v porostech cukrové řepy merlík bílý (*Chenopodium album*) (11). Klíčovou otázkou zůstává, jak se početná populace merlíku přizpůsobí novému selektivnímu tlaku technologie Conviso Smart. Vzhledem k jeho vysoké početnosti existuje zvýšené riziko vzniku rezistentních populací tohoto druhu.

Rezistence k herbicidům

Rezistence plevelů vůči herbicidům je příkladem adaptivní evoluce rostlin v reakci na selektivní tlak lidské činnosti. Selektivita herbicidů vytváří silný evoluční tlak, který u mnoha

druhů plevelů vede k rezistenci vůči širokému spektru chemických látek, což představuje globální problém. Nejrychleji rostoucí skupinou rezistentních plevelů jsou druhy odolné vůči ALS inhibitorům – dosud byla rezistence potvrzena u 144 druhů (12).

Mezi druhy odolnými vůči herbicidům s inhibitor ALS byla jako první identifikována locika kompasová (*Lactuca serriola*) v roce 1987 (13). V rámci jednotlivých čeledí byly rezistentní druhy identifikovány následovně (14–21):

- **lipnicovitě** (*Poaceae*): psárka polní (*Alopecurus myosuroides*), ježatka kuří noha (*Echinochloa crus-galli*), ježatka osadní (*E. colona*), jilek tuhý (*Lolium rigidum*), jilek mnohokvětý (*L. multiflorum*), kalužnice indická (*Eleusine indica*), větvenka čínská (*Leptochloa chinensis*) a paspal dvouřadý (*Paspalum distichum*),
- **brukvovitě** (*Brassicaceae*): úhorník mnohodílný (*Descurainia sophia*), hořčice bílá (*Sinapis alba*), hořčice polní (*S. arvensis*), ředkev ohnice (*Raphanus raphanistrum*) a kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris*),
- **laskavcovitě** (*Amaranthaceae*): laskavec Palmerův (*Amaranthus palmeri*), laskavec bílý (*A. album*) a bytel metlatý (*Bassia scoparia*),
- **hvězdnicovitě** (*Asteraceae*): turanka kanadská (*Coryza canadensis*) a mléč zeliný (*Sonchus oleraceus*).

Rezistence plevelů vůči herbicidům inhibujícím ALS může mít dva typy. Prvním typem je rezistence v cílovém místě genomu (TSR), druhým pak rezistence v necílových místech genomu (NTSR) (22, 23). V současnosti je rezistence na cílovém místě (TSR) popisována u 27 mutací aminokyselin, které poskytují odolnost vůči herbicidům inhibujícím ALS (24, 25). Rezistence na necílových místech (NTSR) je způsobena mechanismy, které jsou nejčastěji výsledkem zvýšení rychlosti metabolismu nebo inaktivace herbicidů (26).

Rezistence plevelů vůči herbicidům je výsledkem evolučních adaptací na environmentální stresy, včetně opakovaných aplikací herbicidů. Různé mechanismy účinku herbicidů vytvářejí odlišné selekční tlaky na plevele, což vede k rozvoji širokého spektra mechanismů rezistence (27).

Vznik rezistence lze považovat za součást nové antropogenní ekologické strategie rostlin, která umožňuje plevelům přežít i na stanovištích silně ovlivněných lidskou činností, včetně porostů cukrovky (28).

Smart odrůdy cukrové řepy a plevelná řepa

Rostliny označované jako plevelná řepa jsou potomky cukrové řepy. Mohou pocházet z rostlin cukrovky, které v důsledku jarovizace během chladného jara začaly kvést a tvořit plody již v prvním roce, nebo vznikají opylením jednoletými planými formami řepy v oblastech produkce osiva cukrovky (29). Plevelná řepa se stává součástí půdní semenné banky a je schopná další reprodukce na orné půdě (30, 31).

Nástup geneticky modifikované cukrové řepy a variant tolerantních k herbicidům (HT) vedl k výraznému rozšíření jejich pěstování v různých částech světa (32). Tím se však zároveň

zvyšuje pravděpodobnost přenosu genu HT na plevelnou řepu.

Přestože cukrová řepa je dvouletá plodina a obvykle neprodukuje semena v prvním roce, existuje možnost přenosu genu tolerance vůči herbicidům na plevelnou řepu (33). Riziko tohoto přenosu narůstá při časných výsevech cukrovky a působení nízkých teplot, například jarních mrazíků, které mohou spustit proces jarovizace a umožnit rostlinám vykvést už v prvním roce.

V takovém případě může pyl HT cukrovky přenést gen rezistence na plevelnou řepu, čímž by vznikla HT plevelná řepa. To by zásadně omezilo účinnost herbicidní technologie a eliminovalo jednu z klíčových výhod HT cukrovky.

Riziko přenosu genů rezistence z plodiny na plevel je velmi nízké, ale nelze ho zcela vyloučit. Z tohoto pohledu představují vyšší riziko odrůdy používané v technologii Clearfield (34). Tato skutečnost zdůrazňuje potřebu efektivních strategií pro omezení šíření rezistentních plevelů, zejména v regionech s převládajícím pěstováním odrůd pro technologii Clearfield, kde se široce využívají herbicidy inhibující ALS (35).

Střídání plodin a herbicidy

Herbicidy inhibující ALS jsou nejpoužívanější skupinou a vyznačují se **vysokou účinností** proti jednoletým i víceletým jednoděložným i dvouděložným plevelům (36, 37). Mezi jejich hlavní výhody patří širokospektrální aktivita, nízká cena, dobrá selektivita a bezpečnost pro lidi i zvířata (38, 39). Díky těmto vlastnostem se herbicidy ALS od svého zavedení rychle etablovaly jako **jedna z nejpoužívanějších skupin herbicidů v zemědělství** (40).

Další významnou výhodou herbicidů inhibujících ALS je možnost **šlechtění plodin odolných vůči těmto herbicidům** (41). To bylo úspěšně aplikováno u dlouhé řady plodin: rýže, pšenice, čočky, řepky, čiroku, kukuřice, laskavce, lnu a cukrové řepy (37, 42, 43).

Zemědělci dnes čelí řadě výzev v regulaci plevelů, zejména kvůli rostoucí rezistenci plevelů vůči herbicidům, omezení povolených účinných látek, vysokým nákladům na mechanické odstraňování plevelů a dopadům klimatických změn (44, 45).

Kromě dodržování tradičních zásad střídání plodin, jako je nepěstování příbuzných plodin po sobě nebo střídání plodin s různým dopadem na kvalitu půdy, je nezbytné zavést i nový princip – střídat plodiny podle typu herbicidů, které se na ně aplikují. To znamená, že by se neměly po sobě pěstovat plodiny, u nichž se používají herbicidy se stejnou účinnou látkou, aby se snížilo riziko vzniku rezistentních plevelů.

Antirezistentní postupy v regulaci plevelů

Technologie Conviso Smart představuje optimální volbu pro silně zaplevelená pole, ale její dlouhodobé používání zvyšuje riziko vzniku rezistence plevelů vůči herbicidům. Proto je důležité hledat alternativní strategie, zejména pro pole s nižší

Obr. 3. Plevelná řepa i výdrol řepky (nahore) jsou Coniso One dobře regulovány; u úhorníku mnohohlávného (dole – zralé rostliny v cukrovce) se na něj může vytvořit rezistence, přenos rezistence hrozí i u plevelné řepy



mírou zaplevelení, kde se jako nejlepší řešení ukazuje kombinace mechanického hubení plevelů a bodového postřiku (46).

V současnosti se v Německu herbicidy používají na více než 90 % polí cukrové řepy (47), což činí zemědělský sektor vysoce závislým na pesticidech (48). Z tohoto důvodu je nezbytné hledat nové strategie regulace plevelů, které by snížily riziko rezistence a zároveň pomohly omezit používání herbicidů.

Moderní přístupy k regulaci plevelů se zaměřují na tři klíčové strategie: První strategie využívá konkurenceschopnost plodin, která je dána rychlým zapojením porostu a volbou odrůd tolerantních ke sníženému příjmu dusíku. Zlepšení konkurenceschopnosti plodin vůči plevelům lze dosáhnout zařazením meziplodin. Druhá strategie je zaměřena na únikové postupy, které souvisejí se optimalizací termínů setí a střídáním plodin. Brzké termíny setí cukrové řepy podporují rychlé zapojení porostu a omezují vzházení pozdně jarních plevelů. Důležitým faktorem pro regulaci plevelů je také střídání ozimých a jarních plodin. Třetí strategie kombinuje různé techniky regulace plevelů, jako je setí do mulče, předseťová příprava půdy, kultivace meziřádků a omezení šíření plevelů, včetně rezistentních populací, díky použití organických hnojiv (49–53).

Obr. 4. Laskavec ohnutý je potenciálně rezistentním plevem



Obr. 5. Potenciálně rezistentní je i ježatka kuří noha



Závěr

Technologie Conviso Smart přináší řadu nepochybných výhod, mezi něž patří vysoká účinnost vůči plevelům, nižší zátěž pro životní prostředí a ekonomická dostupnost. Na druhou stranu však její používání nese rizika, z nichž nejvýznamnějším je vznik populací plevelů rezistentních vůči herbicidům ALS. Případy rezistence k herbicidům ALS byly dosud hlášeny především z Číny a USA, ale s rostoucí popularitou HT plodin lze očekávat podobný vývoj i v Evropě. Kritickými plevelnými druhy v tomto ohledu jsou druhy z čeledi brukvovitých (úhorník mnohohláň, hořčice polní, ředkev ohnice, kokoška pastuš, tobolek), lipnicovitých (ježatka kuří noha) a laskavcovitých (různé druhy laskavců, bytel metlatý).

Dalším rizikem spojeným s technologií Conviso Smart je ekonomická závislost zemědělců na poskytovatelích této technologie (osiva, herbicidy).

I když Conviso Smart výrazně usnadňuje regulaci plevelů v řepných porostech, zároveň přináší nové výzvy, které vyžadují zodpovědný přístup. Aby si tato technologie udržela svou účinnost, je nezbytné dodržovat antirezistentní strategii (zahrnující rotaci herbicidů s různými účinnými látkami v předplodinách), nezanedbávat nechemické metody regulace plevelů (mechanické zásahy, střídání plodin) a pravidelně monitorovat zaplevelení (sledovat přítomnost druhů s potenciální rezistencí). Pouze kombinací těchto opatření lze minimalizovat riziko rezistence a zachovat dlouhodobou efektivitu technologie Conviso Smart v ochraně cukrové řepy.

Souhrn

Novou strategií v regulaci plevelů je technologie Conviso Smart, která kombinuje použití hybridních odrůd cukrovky a herbicidů ze skupiny inhibitorů acetolaktát syntázy (ALS). Polní pokusy umožňují porovnat rozdíly v účinnosti herbicidu Conviso One a standard-

ních herbicidů. Rozdílná účinnost u jednotlivých druhů plevelů může vést při dlouhodobém používání technologie Conviso Smart k vytvoření podmínek pro nárůst pouze některých druhů plevelů. Mezi očekávané druhy patří *Veronica* spp., *Amaranthus retroflexus*, *Thlaspi arvense* a *Capsella bursa-pastoris*. Problematická se také může stát rezistence plevelů vůči herbicidům s ALS inhibitory, které jsou nejrychleji rostoucí skupinou rezistentních plevelů. Proto je klíčové upravit střídání plodin, aby se zabránilo opakovanému používání herbicidů se stejnou účinnou látkou. Technologie Conviso Smart nabízí řadu výhod, jako jsou vysoká účinnost vůči plevelům, nižší zátěž pro životní prostředí a ekonomická dostupnost. Na druhou stranu existují i významná rizika, především vznik populací plevelů rezistentních vůči herbicidům ALS a ekonomická závislost zemědělců na poskytovatelích technologie (osiva, herbicidy). Zprávy o výskytu rezistentních populací pocházejí především z Číny a USA, ale vzhledem k rostoucí popularitě HT plodin lze podobný vývoj očekávat i v Evropě. Aby si technologie Conviso Smart udržela dlouhodobou účinnost, je nezbytné dodržovat antirezistentní strategii (střídání herbicidů s různými účinnými látkami) a nezanedbávat nechemické metody regulace plevelů (mechanické odstraňování, střídání plodin). Důležité je také pravidelné vyhodnocování zaplevelení porostů cukrovky a včasné odhalení rezistentních druhů.

Klíčová slova: regulace plevelů, herbicidy, plevele, porost cukrovky.

Literatura

- MÄRLÄNDER, B. ET AL.: Environmental situation and yield performance of the sugar beet crop in Germany: Heading for sustainable development. *J. Agron. Crop Sci.*, 189, 2003, s. 201–226.
- DÉLYE, C.; JASINIUK, M.; LE CORRE, V.: Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. *Trends in Genetics*, 29, 2013 (11), s. 649–658.
- LÖBMANN, A.; CHRISTEN, O.; PETERSEN, J.: Development of herbicide resistance in weeds in a crop rotation with acetolactate synthase-tolerant sugar beets under varying selection pressure. *Weed Research*, 59, 2019, s. 479–489.

4. BALGHEIM, N.; WEGENER, M.; MUMME, H.: CONVISIO Smart – Erste Erfahrungen zum Einsatz. 28. *Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung*, 27. 2.–1. 3. 2018 in Braunschweig. 2018, s. 509–514.
5. TRANEL, P. J.; WRIGHT, T. R.: Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: what have we learned? *Weed Sci.*, 50, 2002 (6), s. 700–712.
6. CORBETT, C. L.; TARDIF, F. J.: Detection of resistance to acetolactate synthase inhibitors in weeds with emphasis on DNA-based techniques: a review. *Pest Manag. Sci.*, 62, 2006, s. 584–597.
7. DUGGLEBY, R. G.; MCCOURT, J. A.; GUDDAT, L. W.: Structure and mechanism of inhibition of plant acetohydroxyacid synthase. *Plant Physiol. Biochem.*, 46, 2008 (3), s. 309–324.
8. POWLES, S. B.; YU, Q.: Evolution in action: plants resistant to herbicides. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 61, 2010, s. 317–347.
9. GEHRING, K.; THYSSSEN, S.; FESTNER, T.: Unkrautregulierung in Zuckerrüben (*Beta vulgaris*) auf Basis von Foramsulfuron und Thienicarbazone-methyl. 29. *Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung*, 3.–5. März 2020 in Braunschweig, 2020, s. 149–153, DOI 10.5073/jka.2020.464.021.
10. MAHAUT, L. ET AL.: Weeds: Against the Rules? *Trends Plant Sci.*, 25, 2020, s. 1107–1116.
11. KOTLÁNOVÁ, B. ET AL.: The Influence of Sugar Beet Cultivation Technologies on the Intensity and Species Biodiversity of Weeds. *Agronomy*, 14, 2024, s. 390.
12. HEAP: *The international survey of herbicide resistant weeds*. 2024, [online] <http://www.weedscience.org>, cit. 20. 2. 2024.
13. MALLORY-SMITH, C. A.; THILL, D. C.; DIAL, M. J.: Identification of herbicide resistant prickly lettuce (*Lactuca serriola*). *Weed Technol.*, 1, 1990 (4), s. 163–168.
14. TRANEL, P. J. ET AL.: Multiple herbicide-resistant *Descurainia sophia* in Montana. *Weed Sci.*, 65, 2017 (2), s. 227–233.
15. DIEZ, R. ET AL.: Target-site resistance to ALS inhibitors in *Raphanus raphanistrum* L. populations from southern Spain. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 2019, 155, s. 48–54.
16. LI, J. ET AL.: Resistance evolution and mechanisms to ALS-inhibiting herbicides in *Capsella bursa-pastoris* populations from China. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2019, 159, s. 17–21.
17. GAINES, T. A. ET AL.: RNA sequencing-based transcriptome and biochemical analyses of glyphosate-resistant versus glyphosate-susceptible biotypes of *Ipomoea purpurea*. *Planta*, 251, 2020 (1), s. 26.
18. GAINES, T. A. ET AL.: Evolution of herbicide resistance in weeds: vertical vs. horizontal evolution. *J. Agric. Food Chem.*, 68, 2020 (6), s. 13831–13849.
19. CAO, D. ET AL.: First case of target-site based resistance to the synthetic auxin herbicide dicamba in a weed species. *Pest Manag. Sci.*, 78, 2022 (2), s. 791–797.
20. PALMA-BAUTISTA, C. ET AL.: Tribenuron-methyl metabolism and the rare Pro Phe double mutation together with 2, 4-D metabolism and reduced absorption can evolve in *Papaver rhoeas* with multiple and cross herbicide resistance to ALS inhibitors and auxin mimics. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 2022, 188, 105226.
21. XU, X. ET AL.: Trp-574-Leu mutation and metabolic resistance by cytochrome P450 gene conferred high resistance to ALS-inhibiting herbicides in *Descurainia Sophia*. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 2024, 198, 105708.
22. WANG, J. Z. ET AL.: Metabolic resistance to acetolactate synthase inhibitors in Beckmannia syzigachne: identification of CYP81Q32 and its transcription regulation. *Plant J.*, 2023, 115, s. 317–334.
23. ZHAO, B. C. ET AL.: Target-site mutation and enhanced metabolism endow resistance to nicosulfuron in a *Digitaria sanguinalis* population. *Pest. Biochem. Physiol.*, 2023, 194, 105488.
24. XU, X. ET AL.: Mutation at residue 376 of ALS confers tribenuron-methyl resistance in flaxweed (*Descurainia sophia*) populations from Hebei province. China. *Pest. Biochem. Physiol.*, 2015, 125, s. 62–68.
25. LI, J. ET AL.: A novel naturally Phe206Tyr mutation confers tolerance to ALS-inhibiting herbicides in *Alopecurus myosuroides*. *Pest. Biochem. Physiol.*, 2022, 186, 105156.
26. JONES, E. A. L. ET AL.: Confirmation and detection of novel acetolactate synthase- and protoporphyrinogen oxidase-inhibiting herbicide-resistant redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) populations in North Carolina. *Weed Sci.*, 2023, 71, s. 84–94.
27. MA, K. ET AL.: Effect of Pyrazosulfuron-methyl on the photosynthetic characteristics and antioxidant Systems of Foxtail Millet. *Front. Plant Sci.* 2021, 12, 696169.
28. WINKLER, J.; VAVERKOVÁ, M. D.; HAVEL, L.: Anthropogenic life strategy of plants. *The Anthropocene Review*. 10, 2023 (2), s. 455–462.
29. DESPLANQUE, B. ET AL.: Genetic diversity and gene flow between wild, cultivated and weedy forms of *Beta vulgaris* L. (*Chenopodiaceae*), assessed by RFLP and microsatellite markers. *Theor. Appl. Genet.*, 1999, 98, s. 1194–1201.
30. SESTER, M. ET AL.: Crop and density effects on weed beet growth and reproduction. *Weed Res.*, 2004, 44, s. 50–59.
31. SESTER, M. ET AL.: Evolution of weed beet (*Beta vulgaris* L.) seed bank: quantification of seed survival, dormancy, germination and pre-emergence growth. *Eur. J. Agron.*, 2006, 24, s. 19–25.
32. MAY, M. J.: Economic consequences for UK farmers of growing GM herbicide tolerant sugar beet. *Ann. Appl. Biol.*, 2003, 142, s. 41–48.
33. DESPLANQUE, B.; HAUTEKEETE, N.; VAN DIJK, H.: Transgenic weed beets: possible, probable, avoidable? *J. Appl. Ecol.*, 2002, 39, s. 561–571.
34. SONG, X. ET AL.: Potential gene flow of two herbicide-tolerant transgenes from oilseed rape to wild B. Juncea var. gracilis. *Theor. Appl. Genet.*, 2010, 120, s. 1501–1510.
35. CHTOUIROU, M. ET AL.: Pro197Ser and the new Trp574Leu mutations together with enhanced metabolism contribute to cross-resistance to ALS inhibiting herbicides in *Sinapis alba*. *Pest. Biochem. Physiol.*, 2024, 201, 105882.
36. FANG, J. P. ET AL.: A novel mutation Asp-2078-Glu in ACCase confers resistance to ACCase herbicides in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Pestic. Biochem. Phys.*, 2020, 168, s. 8.
37. DWEIKAT, I. M. ET AL.: Mutations in the acetolactate synthase (ALS) enzyme affect shattercane (*Sorghum bicolor*) response to ALS-inhibiting herbicides. *Hereditas*, 160, 2023 (1), s. 28.



38. XU, Y. ET AL.: Investigation of resistant level to tribenuronmethyl, diversity and regional difference of the resistant mutations on acetolactate synthase (ALS) isozymes in *Descurainia sophia* L. from China. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 2020, 169, 104653.
39. CAO, Y.; ZHOU, X.; HUANG, Z.: Amino acid substitution (Gly-654-Tyr) in acetolactate synthase (ALS) confers broad spectrum resistance to ALS-inhibiting herbicides. *Pest Manag. Sci.*, 78, 2022 (2), s. 541–549.
40. LIU, L. ET AL.: The Pro-197-Thr mutation in the ALS gene confers novel resistance patterns to ALS-inhibiting herbicides in *Bromus japonicus* in China. *Front. Plant Sci.*, 2024, 15, 1348815.
41. OHTA, K.; SADA, Y.: Inheritance and stacking effect of mutant ALS genes in *Schoenoplectiella juncooides* (Roxb.) Iye (*Cyperaceae*). *Pestic. Biochem. Physiol.*, 2024, s. 198.
42. GAO, H. ET AL.: Target-site and metabolic resistance mechanisms to Penoxsulam in late watergrass (*Echinochloa phyllopogon*) in China. *J. Agric. Food Chem.*, 71, 2023 (46), s. 17742–17751.
43. HU, M. ET AL.: Comparative proteomic and physiological analyses reveal tribenuron-methyl phytotoxicity and nontarget-site resistance mechanisms in *Brassica napus*. *Plant Cell Environ.*, 46, 2023 (7), s. 2255–2272.
44. BIRTHISEL, S. K.; CLEMENTS, R. S.; GALLANDT, E. R.: Review: how will climate change impact the 'many little hammers' of ecological weed management? *Weed Res.*, 2021, 61, s. 327–341.
46. CHAUVEL, B., GAUVRIT, C., GUILLEMIN, J.P.: From sea salt to glyphosate salt: a history of herbicide use in France. *Adv. Weed Sci.*, 2022, 40, e020220015.
47. FISHKIS, O. ET AL.: Ecological and economic evaluation of conventional and new weed control techniques in row crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2024, 360, 108786.
48. ROSS, C.; NAUSE, N.; STOCKFISCH, N.: Bodenschutz und reduzierter Herbizideinsatz. *Die Zuckerrübenzeitung*, 2018, s. 30–31.
49. OBOPILE, M.; MUNTHALI, D.; MATILO, B.: Farmers' Knowledge, Perceptions and Management of Vegetable Pests and Diseases in Botswana. *Crop Prot.*, 2008, 27, s. 1220–1224.
50. CHOVANCOVÁ, S.; ILEK, F.; WINKLER, J., The effect of three tillage treatments on weed infestation in maize monoculture. *Pakistan Journal of Botany.*, 52, 2020 (2), s. 697–701.
51. WINKLER, J. ET AL.: Impact of Conservation Tillage Technologies on the Biological Relevance of Weeds. *Land.*, 2023, 12, 121.
52. WINKLER, J. ET AL.: Responses of synanthropic vegetation to composting facility, *Science of The Total Environment*. 859, 2023 (1) 160160.
53. DEBAEKE, P. ET AL.: Non-chemical weed management: Which crop functions and traits to improve through breeding? *Crop Protection.*, 2024, 179, 106631.
54. VYKYDALOVÁ ET AL.: The Relationship between the Density of Winter Canola Stand and Weed Vegetation. *Agriculture*, 14, 2024 (10), s. 1767.

Winkler J., Kotlánová B., Děkanovský I., Pluháčková H.: Weed Resistance Issue and Conviso Smart Sugar Beet Technology

A new strategy for weed control is the Conviso Smart technology, which combines the use of hybrid sugar beet varieties with acetolactate synthase (ALS) inhibitor herbicides. Field trials allow a comparison of the differences in efficacy between Conviso One and standard herbicides. The different effectiveness in weed species may result in favorable conditions for the growth of only certain weed species when Conviso Smart is used over a long period of time. An increase in *Veronica* spp. can be expected, but also in *Veronica* spp. can be expected, but also in *Amaranthus retroflexus*, *Thlaspi arvense* and *Capsella bursa-pastoris*. Weed resistance to ALS-inhibitor herbicides, which is the fastest growing group of resistant weeds, may also become a problem. It is therefore crucial to carefully manage crop rotations to avoid repeated use of herbicides with the same active ingredient, as this practice can lead to herbicide resistance and reduced efficacy. Conviso Smart technology offers a number of undeniable advantages such as high efficacy against weeds, low environmental impact and economic availability. On the other hand, there are also some risks, notably the emergence of weed populations resistant to ALS herbicides and the economic dependence of farmers on Conviso Smart technology suppliers (seeds, herbicides). Reports of the emergence of resistant populations come mainly from China and the USA, but with the growing popularity of HT crops, a similar development can be expected in Europe as well. To maintain the effectiveness of the technology, it is essential to follow a resistance management strategy and not to neglect non-chemical weed control methods. It is also important to regularly assess the infestation of sugar beet crops and monitor weeds that may show resistance.

Key words: weeds, weed control, herbicides, sugar beet crop.

ROZHLEDY

Bojović R., Popović V., Popović D. Prodanović R., Đukić R., Bošković J., Čirić M., Filipović V. Ekonomická produkce cukrovky: Biotechnologický pokrok pro lepší výnos v podmínkách abiotického i biotického stresu (*Economical Sugar Beet Production: Biotechnological Advances to Improve Yield in Conditions of Abiotic and Biotic Stress*)

Cukrová řepa je surovinou pro ca 40 % světové výroby cukru, pěstuje se i pro mnoho různých produktů, v poslední době se stále častěji zmiňuje význam cukrové řepy jako zdroje krmiva i pro výrobu biopaliv. Výnos a kvalita jsou dány jednak genotypem, jednak i prostředím. Hlavním faktorem ovlivňujícím výnos plodiny je počasí následované změnou klimatu. V semiaridních zemích má velký význam zavlažování, hnojení a hospodaření s plodinami. Cílem prezentované studie bylo analyzovat produktivitu cukrovky ve světě i v Srbsku a ukázat na vliv meteorologických podmínek a technologie pěstování pro úspěšnost produkce této významné zemědělské plodiny.

Světová produkce cukru v tržním roce 2021/2022 dosáhla přebytku 10 mil. t a byla o 3 % vyšší v důsledku zvýšené produkce v Indii, EU a Thajsku, k růstu dochází i Číně a na Filipínách. V Srbsku byla v roce 2022 cukrová řepa zaseta na výměře 39 411 ha. V porovnání s desetiletým průměrem je to o 26 % méně. Průměrný pětiletý výnos cukrové řepy ve světě byl 59,2 t·ha⁻¹ (pohyboval se od 57,1 t·ha⁻¹ v roce 2018 po 60,8 t·ha⁻¹ v roce 2022), v Srbsku pak pouze 51,3 t·ha⁻¹ (pohyboval se od 40,0 t·ha⁻¹ v roce 2022 po 54,2 t·ha⁻¹ v roce 2019). V Srbsku se však předpokládá jak navýšení výměry cukrové řepy, tak i nárůst jejich výnosů.

Sugar Tech, 26, 2024, č.5, s. 1257–1273.

Marek

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Jan Winkler, Ph. D., Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav biologie rostlin, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: winkler@mendelu.cz