DŮLEŽITÉ ASPEKTY HERBICIDNÍ OCHRANY

Vnější faktory ovlivňující účinnost herbicidů

IMPORTANT ASPECTS OF CHEMICAL WEED CONTROL:
ENVIRONMENTAL FACTORS AFFECTING HERBICIDE EFFICACY

Miroslav Jursík, Josef Soukup, Josef Holec, Jiří Andr – Česká zemědělská univerzita v Praze

Účinnost herbicidů je ovlivňována mnoha vnějšími faktory. Znalost vztahů mezi nimi a účinností je proto velmi významná při volbě herbicidu, jeho dávky, příp. použití smáčedla. Z povětrnostních podmínek jsou důležité především srážky, vlhkost vzduchu i půdy, teplota, intenzita slunečního záření a vítr. Ovlivňován je zejména příjem, translokace a aktivita herbicidu v rostlině (1).

Dešťové srážky

Vydatné srážky, i několik hodin po aplikaci herbicidů, mohou smýt herbicid z povrchu listů a tím snížit jeho účinnost. Délka bezesrážkového období nezbytná pro dostatečný příjem herbicidu je dána citlivostí herbicidu ke smyvu, rychlostí příjmu, intenzitou srážek a velikostí dešťových kapek (2). Mezi plevely existují výrazné rozdíly v povrchové struktuře listů, které zásadním způsobem ovlivňují smyv herbicidů srážkami. Použitím vhodného smáčedla se dá výrazně snížit riziko selhání účinnosti herbicidů v důsledku srážek po aplikaci (3).

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 další nárůst srážkové intenzity již dál zásadním způsobem účinnost nesnižuje (2).

Účinnost herbicidů může být ovlivněna také rosou při aplikaci. Kapičky rosy mohou odrážet postřikové kapénky pryč z listů, nebo může dojít po jejich dopadu na vlhký list k odtoku. 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 může být plošně redistribuován. Taktéž rosa, která se vytvoří až krátce po aplikaci herbicidu, může účinnost ošetření ovlivnit pozitivně i negativně, záleží vždy na konkrétních podmínkách (2).

Vlhkost vzduchu

Relativní vlhkost vzduchu ovlivňuje především příjem herbicidu rostlinou. S narůstající vzdušnou vlhkostí se obvykle zvyšuje také příjem herbicidu, to však platí pouze pro hydrofilní formulace (4, 5). Např. účinná látka *bromoxynil* formulovaná jako draselná sůl reaguje na nárůst vzdušné vlhkosti pozitivně, zatímco lipofilní kaprilátový ester téže účinné látky reaguje na zvyšující se vzdušnou vlhkost neutrálně (6). Vyšší příjem hydrofilních herbicidů při vyšší vzdušné vlhkosti lze vysvětlit tím, že hydrofilní póry na kutikule s narůstající vlhkostí nabobtnávají, čímž se zvyšuje jejich prostupnost pro hydrofilní látky; při vyšší vlhkosti je vysychání vodních roztoků pomalejší, což prodlužuje dobu příjmu a vysoká vzdušná vlhkost snižuje koncentraci herbicidu v buňkách na povrchu listů (7). Negativní vliv nízké vzdušné vlhkosti na příjem hydrofilních herbicidů mohou eliminovat adjuvanty.

Vlhkost půdy

Vlhkost půdy je ovlivňována celou řadou faktorů, především srážkami, teplotou vzduchu, intenzitou slunečního záření, větrem, půdními vlastnostmi atd. Jde o nejvýznamnější faktor, ovlivňující účinnost herbicidů přijímaných převážně kořeny rostlin (preemergentní herbicidy). Obecně platí, že s klesající půdní vlhkostí (především půdního povrchu) klesá účinnost herbicidů (8).

Vedlejší, ale přesto podstatný vliv má vlhkost půdy také na účinnost listových herbicidů. Rostliny rostoucí v suchých podmínkách tvoří obvykle 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 (9). Mimo to, stresované rostliny mají více uzavřené průduchy, což vede ke snížení fotosyntetické aktivity a translokaci floémem.

Sluneční záření

Světelné záření je základní podmínkou pro aktivitu mnoha herbicidů, především těch, které působí na fotosyntézu. Přesto je aktivita některých PS II a PPO inhibitorů (*bromoxynil, phenmedipham, desmedipham, flumioxazin* atd.) vyšší při nižší intenzitě slunečního záření (10, 11), což bývá vysvětlováno jejich omezeným rozdělením na povrchu listu (jde o kontaktní herbicidy), takže přestože se příznaky poškození projeví velmi rychle (nekrózy listů), rostliny obvykle regenerují z postraních pupenů, které nebývají herbicidem zasaženy (2). Aplikace těchto herbicidů za vyšší intenzity slunečního záření také obvykle snižuje selektivitu k řadě plodin, z výše popsaných důvodů je tedy aplikaci cukrovkových herbicidů vhodné provádět v podvečer, nebo za podmračeného počasí.

Molekuly některých herbicidů se na světle rozkládají. Některé herbicidy (např. *fenoxaprop, paraquat* a *diquate*) vykazují vyšší penetraci povrchem listů ve tmě (12), tyto herbicidy je tedy vhodné aplikovat v podvečer. Naopak například *2,4,-D* nebo *glufosinate* NH_4 jsou lépe přijímány při silném osvětlení, vhodná je proto jejich ranní aplikace (5, 13).

Morfologie a habitus rostliny bývá často odlišný při nedostatku světla (v porostu plodiny) a při dostatečném osvětlení. Například pýr plazivý reaguje na pokles intenzity osvětlení, způsobený konkurencí obilniny, zvýšením poměru mezi nadzemní biomasou a podzemními oddenky, čehož bývá využíváno při předsklizňových aplikacích glyphosatových herbicidů, které bývají účinnější, něž následné ošetření obrůstajícího strniště (2). Sluneční záření ovlivňuje nejen růst rostlin, ale působí také na vývoj kutikuly na povrchu listů. Na velmi intenzivní sluneční záření (především UV) reagují rostliny intenzivnější tvorbou barier na povrchu listů, které je mají chránit. Tyto povrchové bariery jsou však také překážkou při příjmu herbicidů.

Translokace herbicidu floemem často koreluje s translokací asimilátu, proto při vyšší intenzitě světelného záření dochází k vyšší translokaci herbicidu do podzemních orgánů vytrvalých plevelů (2), což je pozitivní u systemicky působících listových herbicidů. Při nízké intenzitě slunečního záření (podzim) proto vykazují tyto herbicidy výrazně nižší účinnost než při aplikaci na jaře, kdy je délka dne i intenzita slunečního záření výrazně vyšší.

Teplota

S intenzitou slunečního záření úzce souvisí teplota vzduchu, která také bezprostředně ovlivňuje intenzitu fotosyntézy, příjem a translokaci herbicidů. Se vzrůstající teplotou většinou vzrůstá příjem herbicidu rostlinou (rychlejší difuse přes kutikulu), přestože se současně může zvyšovat také těkavost. Pozitivně působí zvyšující se teplota po aplikaci např. u listových graminicidů, růstových herbicidů (14), některých PSII inhibitorů, či *glufosinate* (15). Naopak účinnost většiny sulfonylmočovin a *glyphosate* není teplotou příliš ovlivněna, nebo dokonce při vyšších teplotách (nad 20 °C) klesá (9, 16).

Vysoké teploty podobně jako vysoká intenzita slunečního záření mohou způsobovat snadnější regeneraci (adventivní pupeny) po poškození kontaktními herbicidy. Vyšší účinnost vykazují proto tyto herbicidy, pokud následuje po jejich aplikaci mírné ochlazení (9). Příliš vysoké teploty (nad 30 °C) mohou způsobovat rostlině stres, v důsledku čehož může klesnout jejich fyziologická aktivita a u některých, především systemicky působících herbicidů, může dojít ke snížení účinnosti (1).

Proudění vzduchu

Proudění vzduchu (vítr) urychluje zasychání herbicidního filmu na povrchu listů, což omezuje příjem herbicidu. Vítr během aplikace bezprostředně ovlivňuje také kvalitu práce postřikovače. Při silnějším větru dochází k únosům postřikové jíchy, což se projevuje nepravidelným postřikem porostu, nebezpečím poškození okolních kultur a tím 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 usměrňována proudem vzduchu.

Růstová fáze plevelů a hustota porostu

Prostředí ovlivňuje účinnost herbicidů také skrze růst rostlin. Plevele jsou nejvíce citlivé vůči listovým herbicidům, jestliže jsou v optimálních podmínkách pro svůj růst. Extrémní podmínky prostředí zpomalují růst rostlin a zesilují pokožku listů, což často vede ke zvýšení tolerance k herbicidu.

Citlivost plevelů k většině herbicidů klesá s rostoucí růstovou fází plevelů (17). Plevele ve vyšších růstových fázích mají na listech silnější voskovou vrstvičku, dokáží herbicid snadněji metabolizovat a navíc je těžké zasáhnout při aplikaci celou listovou plochu rostliny. Existují však určité výjimky, například růstové herbicidy *MCPP* a *fluroxypyr* vykazují stejně vysokou účinnost na svízel přítulu bez ohledu na jeho růstovou fázi. Citlivost některých trav vůči listovým graminicidům nejprve roste s rostoucí růstovou fází, až do fáze 2–3 listů, v průběhu dalšího vývoje pak dochází ke snižování herbicidní citlivosti, příliš časné ošetření proti ovsu hluchému proto může u některých herbicidů způsobit potlačení pouze hlavního stébla, zatímco odnože mohou přežít (2).

Efektivní aplikace postemergentních herbicidů bývá proto dosahováno pouze, je-li toto ošetření správně načasováno. Při načasování aplikace herbicidu je nutné respektovat nejen optimální růstovou fázi plevelů a plodiny, ale je vhodné, aby aplikace herbicidu byla provedena v době, kdy již vzešla výrazná většina plevelů citlivých k danému herbicidu, což může být v přímém rozporu při etapovitém vzcházení plevelů (je typické pro některé plevele, především za sucha). V těchto případech může být řešením dělená aplikace herbicidu a to především v plodinách s nižší konkurenční schopností (širokořádkové plodiny).

Vytrvalé plevele jsou nejvíce citlivé vůči herbicidům v době, kdy jejich vegetativní růst dosahuje vrcholu, což je obvykle v době těsně před květem. V té době je herbicid nejvíce translokován do podzemních orgánů.

Velmi důležitá je také hustota zaplevelení. Obecně lze říci, že čím vyšší je hustota zaplevelení tím méně herbicidu každá rostlina příjme. To platí jak pro půdní herbicidy (kořenový příjem), tak pro herbicidy listové (2).

Aplikační technika

Rovněž technika aplikace zásadním způsobem ovlivňuje účinnost herbicidního ošetření (18). Dodržení dávky a rovnoměrnosti aplikace je klíčový předpoklad vysoké účinnosti herbicidního ošetření. U některých herbicidů (např. *glyphosate*) má velký význam také volba typu a velikosti trysek, aplikačního tlaku a dávky postřikové jíchy. Obecně lze říci, že nízké dávky postřikové jíchy je dosahováno použitím nízkoprůtokových trysek, které vytváří malé kapénky, zatímco vysokých dávek postřikové jíchy je dosahováno za pomocí trysek s větším průtokem, které obvykle vytváří velké kapénky. Účinná látka *glyphosate* a většina listových graminicidů vykazují vyšší účinnost při použití nižších dávek postřikové jíchy. Hlavním důvodem je vyšší koncentrace postřikového roztoku, která u některých herbicidů (především *glyphosate*) má na příjem herbicidu větší vliv než velikost aplikačních kapének. Nicméně u plevelů, jejichž listy jsou hůře smáčlivé (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 (2).

Obr. 1. Ranní rosa může zásadním způsobem ovlivnit účinnost listových herbicidů

Naopak účinnost většiny kontaktních herbicidů (např. *bentazone, bromoxynil*) klesá, pakliže dávka postřikové jíchy klesne pod 100 $l.ha^{-1}$. 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 a plocha zasažená herbicidem je proto také nižší.

Tato práce vznikla za podpory projektu MSM 6046070901 a NAZV QH71254.

Souhrn

Účinnost herbicidů je ovlivňována mnoha vnějšími faktory. Znalost vztahů mezi vnějšími podmínkami a účinností herbicidů je proto velmi významná při volbě herbicidu, jeho dávky, případně použití vhodného smáčedla. Z povětrnostních podmínek jsou důležité především srážky, vlhkost vzduchu i půdy, teplota, intenzita slunečního záření a vítr. Ovlivňován je zejména příjem, translokace a aktivita herbicidu v rostlině. Velký význam z hlediska účinnosti herbicidů má také růstová fáze plevelů, hustota zaplevelení a aplikační technika, především dávka postřikové jíchy.

Klíčová slova: účinnost herbicidů, srážky, teplota, vlhkost vzduchu, sluneční záření, růstová fáze plevelů, aplikační technika.

Literatura

1. Green, J. M.; Strek, H. M.: Influence of weather on the performance of acetolactate synthase inhibiting herbicides. BCPC Conference – Weeds, 2001, s. 505–512.
2. Kudsk, P.: *Optimising Herbicide Performance*. In Naylor, R. E. L.: *Weed Management Handbook*. British Crop Protection Council, Oxford: Blackwell Science, 2002.
3. Pannacci, E.; Mathiassen, S. K.; Kudsk, P.: Effect of adjuvants on the rainfastness and performance of tribenuron-methyl on broad-leaved weeds. *Weed Biology and Management*, 10, 2010 (2), s. 126–131.
4. Lubbers, M. D.; Stahlman, P. W.; Al-Khatib, K.: Fluroxypyr efficacy is affected by relative humidity and soil moisture. *Weed Science*, 55, 2007 (3), s. 260–263.
5. Kocher, H.: The effect of environmental factors on the activity of glufosinate. BCPC Conference - Weeds, 2001, 513-518.
6. Ramsey, R. J. L.; Stephenson, G. R.; Hall, J. C.: A review of the effects of humidity, humectants, and surfactant composition on the absorption and efficacy of highly water-soluble herbicides. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 82, 2005 (2), s. 162–175.
7. Tanpipat, S. et al.: Influence of selected environmental factors on glyphosate efficacy when applied to awniess barnyard grass (*Echinochloa colona* (L) Link. *Australian Journal of Agricultural Research*, 48, 1977 (5), s. 695–702.
8. Jursík, M. et al.: Důležité aspekty herbicidní ochrany: Chování herbicidů v prostředí. *Listy cukrov. řepař.*, 127, 2011 (7/8), s. 223–230.
9. Zhou, J. et al.: Glyphosate efficacy on velvetleaf (Abutilon theophrasti) is affected by stress. *Weed Science*, 55, 2007 (3), s. 240–244.
10. Jursík, M. et al.: Mechanizmy účinku herbicidů a projevy jejich působení na rostliny: Inhibitory fotosyntézy. *Listy cukrov. řepař.*, 126, 2010 (2), s. 48–54.

Obr. 2. Kvalitní aplikační technika je základem pro rovnoměrné rozptýlení postřikové jíchy

11. Jursík, M. et al.: Mechanizmy účinku herbicidů a projevy jejich působení na rostliny: Inhibitory biosyntézy rostlinných pigmentů – PPO inhibitory. *Listy cukrov. řepař.*, 126, 2010 (3), s. 100–102.
12. Wang, S. et al.: UV-B radiation increases paraquat tolerance of two broad-leaved and two grass weeds in relation to changes in herbicide absorption and photosynthesis. *Weed Reserch*, 47, 2007 (2), s. 122–128.
13. Soukup, J.; Jursík, M.; Hamouz, P.: Sensitivity of selected weed species to glufosinate-NH_4 in genetic modified oil-seed rape. *Herbologia*, 4, 2003, s. 45–50.
14. Jursík, M. et al.: Mechanizmy účinku herbicidů a projevy jejich působení na rostliny: Růstové herbicidy (syntetické auxiny). *Listy cukrov. řepař.*, 127, 2011 (3), s. 88–92.
15. Kumaratilake, A. R.; Preston, C.: Low temperature reduces glufosinate activity and translocation in wild radish (*Raphanus raphanistrum*). *Weed Science*, 53, 2005 (1), s. 10–16.
16. McCullough, P. E.; Hart, S. E.: Creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*) tolerance to sulfosulfuron. *Weed Technology*, 22, 2008 (3), s. 481–485.
17. Schuster, C. L.; Shoup, D. E.; Al-Khatib, K.: Response of common lambsquarters (*Chenopodium album*) to glyphosate as affected by growth stage. *Weed Science*, 5, 2007 (2), s. 147–151.
18. Sikkema, P. H. et al.: Flat fan and air induction nozzles affect soybean herbicide efficacy. *Weed Biology and Management*, 8, 2008 (1), s. 31–38.

Jursík M., Soukup J., Holec J., Andr J.: Important Aspects of Chemical Weed Control: Environmental Factors Affecting Herbicide Efficacy

Herbicide efficacy is influenced by many environmental factors. The knowledge of relations between environmental factors and herbicide efficacy is very important when choosing the herbicide, its dose or proper adjuvant. As for meteorological factors, especially precipitation, air and soil moisture, temperature, intensity of solar radiation, and wind speed are of the highest importance. These can influence uptake, translocation, and herbicide activity in plants. Growth stage of weed, weed density, and application equipment together with the dose of water applied with herbicide (water volume) are also essential.

Key words: herbicide efficacy, precipitation, temperature, air humidity, solar radiation, growth stage of weeds, application equipment.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Miroslav Jursík, Ph. D., Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Katedra agroekologie a biometeorologie, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 Suchdol, Česká republika, e-mail: jursik@af.czu.cz