DŮLEŽITÉ ASPEKTY HERBICIDNÍ OCHRANY

Adjuvanty

IMPORTANT ASPECTS OF CHEMICAL WEED CONTROL: ADJUVANTS

Miroslav Jursík, Josef Soukup, Jaromír Janků, Josef Holec – Česká zemědělská univerzita v Praze

Adjuvanty jsou přídavné látky, jejichž úkolem je zefektivnění herbicidního ošetření, tedy snížení dávky herbicidu, potažmo finančních nákladů, při současném udržení či zvýšení biologické účinnosti a selektivity. V některých případech lze vhodně zvoleným adjuvantem dosáhnout až desetinásobného snížení dávky účinné látky (1). Adjuvanty také často pozitivně ovlivňují výnos plodiny i jeho kvalitu.

Adjuvanty bývají buď zabudované v hotovém přípravku jako jedna ze složek formulace herbicidu, nebo se přimíchávají do postřikové jíchy až v nádrži postřikovače (2). Je však nutno upozornit, že výrobce dobře zvažuje, zda a jaký typ adjuvantů do formulace herbicidu použít, přičemž přidání neověřených adjuvantů bez doporučení na etiketě herbicidu může vést k poškození plodiny. Adjuvanty jsou poměrně levné (obvykle výrazně levnější než pesticidy), a proto se používají i jako jakési pojistky zaručující dostatečnou účinnost herbicidů i za horších aplikačních podmínek. Často jsou také součástí granulových formulací (WDG, WG, DF), kde v průběhu míchání v nádrži postřikovače zvyšují průnik vody do granulí a zvlhčují a dispergují fragmenty granulí.

Vývoj nových herbicidů se dnes orientuje především na vývoj adjuvantů a formulačních typů, naopak vývoj nových účinných látek herbicidů již není tak intenzivní jako v minulosti. Především účinná látka *glyphosate*, která se celosvětově používá stále na větších plochách, skýtá pro vývoj nových formulací herbicidů a smáčedel významný prostor, což se projevuje velmi širokou nabídkou glyphosatových herbicidů a adjuvantů určených do TM kombinací s nimi (3).

Adjuvanty mohou ovlivňovat postřikovou jíchu a aktivitu herbicidu ve čtyřech základních oblastech (tab. I.). Některé adjuvanty mohou, kromě v tabulce uvedených vlastností, přechodně nebo trvale ovlivňovat permeabilitu buněčných membrán a aktivitu některých rostlinných enzymů (4). Členění adjuvantů je velmi složité, neboť ovlivňují obvykle několik fyzikálně-chemických vlastností postřikové jíchy a jejich přesná terminologie proto dosud chybí. Mohou být tříděny například podle jejich funkce, chemické struktury nebo zdroje, ze kterého byly vytvořeny (5). Následující odstavce popisují jejich rozdělení z hlediska funkce.

Surfaktanty

Většina adjuvantů jsou surfaktanty (smáčedla, povrchově aktivní látky). Jde o látky, které zvyšují biologickou účinnost pesticidů tím, že zvýší smáčivost postřikové kapaliny a zlepšují pokrytí cílového povrchu. Tím zlepšují a urychlují penetraci účinné látky povrchovými vrstvami (6). Vliv sufraktantů na příjem herbicidů je významný především při použití nízkých a ultranízkých dávek (pod 100 $l.ha^{-1}$) postřikové jíchy (7). Naopak u herbicidů, které jsou lépe přijímány rostlinami, když má aplikační roztok vyšší koncentraci (*glyphosate*, aryloxy-fenoxypropionáty), mohou smáčedla zajistit dostatečnou účinnost i při použití vyšších dávek postřikové jíchy (8). Použití surfaktantů je zvláště při aplikaci dražších přípravků velmi ekonomické, neboť umožňuje významné snížení dávky na jednotku plochy, aniž by se snížila biologická aktivita. Dávku herbicidu lze použitím surfaktantu snížit v některých případech až o 30–50 %. Surfaktanty mohou být součástí herbicidu (obvykle EC formulace), nebo se přidávají do aplikačního roztoku až po rozpuštění herbicidu.

Molekuly surfaktantů jsou amphipatické, tj. skládají se z dvou částí, z nichž každá je přitahována odlišnou fází. Přední část molekuly je obvykle hydrofilní a koncová hydrofobní, resp. lipofilní, a tvoří tedy jakýsi můstek mezi dvěma fázemi, čímž se snižuje povrchové napětí na fázovém rozhraní. Přidáním smáčedla do vodného roztoku dojde k přesunu molekul smáčedla k fázovému rozhraní (voda–vzduch), čímž se sníží povrchové napětí. Se zvyšující se koncentrací smáčedla v roztoku se tedy snižuje povrchové napětí až do nasycení fázového rozhraní molekulami smáčedla (9, 10). Tento bod je kritická micelární koncentrace (KMK), další zvyšování koncentrace smáčedla v roztoku již nesnižuje povrchové napětí, ale molekuly smáčedla se shlukují a vytváří různé agregáty a micely. Nicméně pokud se povrch roztoku zvětší (tvorba postřikových kapének), vzniká potřeba dalších molekul surfaktantu na povrchovém rozhraní, a pokud není v roztoku jeho dostatečná koncentrace, nemusí být snížení povrchového napětí maximální možné. Množství smáčedla přidávaného do aplikačního roztoku tedy většinou přesahuje hodnotu KMK (11). Na druhou stranu je důležité si uvědomit, že surfaktanty mohou zvýšit penetraci

herbicidů skrze většinu rostlinných povrchů, čímž mohou negativně ovlivnit selektivitu některých herbicidů, především těch, jejichž selektivita je založena na neprůchodnosti účinné látky přes povrchové bariéry na listech (12, 13). Mechanizmus zvyšování příjmu herbicidů surfaktanty je poměrně složitý a ovlivňuje jej mnoho vnitřních i vnějších faktorů, přičemž jednotlivé skupiny surfaktantů působí na jednotlivé skupiny herbicidů rozdílně (14). Rozdělení adjuvantů lze provést podle různých hledisek, např. podle jejich původu (rostlinné oleje, minerální oleje, syntetické), podle disociace ve vodě, podle příslušnosti k chemické skupině, či kombinací výše uvedených hledisek:

Tab. I. Oblasti působení adjuvantů na postřikovou jíchu herbicidu (3)

Oblast působení	Název	Způsobená reakce
Nádrž postřikovače	aktivátory	zvyšuje aktivitu herbicidu tím, že mění vlastnosti aplikačního roztoku
	okyselovače	snižuje pH postřikové jíchy
	pufrační látky	omezují změnu pH postřikové jíchy
	dispergační látky	zvyšují homogenitu TM roztoků
	kondicionéry	snižují tvrdost vody
	antipěnivé látky	zamezují pěnění postřikové jíchy
	odpěnovače	odstraňují vzniklou pěnu
	pěnící látky	vytváří pěnu
	barviva	zbarvují postřikovou jíchu
Tvorba postřikových kapének a jejich transport	protiúletové látky	zvyšují velikost a uniformitu postřikových kapének
	antievaporační látky	omezují výpar během aplikace
Tvorba postřikového filmu	látky zvyšující pokryvnost	zlepšuje pokrytí zasaženého povrchu postřikovou jíchou
	zvlhčovadla	zvyšují přilnavost postřikových kapének k zasaženému povrchu
	rozdělovače	zvyšují rozprostření postřikových kapének na zasaženém povrchu
Poaplikační působení	stabilizátory ovlhčení	prodlužují dobu vysychání postřikových kapének
	prodlužovadla	prodlužují dobu působení účinné látky
	lepící látky	zvyšují přilnavost a omezují smyv dešťovými srážkami
	UV absorventy	omezují degradaci účinné látky UV zářením
	penetranty	zvyšují pronikání účinné látky do rostliny
	safenery	omezují poškození plodiny

– **Olejové koncentráty na bázi parafinového oleje** obvykle doplněné ještě dalšími aktivními látkami (Atplus, Grounded). Minerální oleje používané jako adjuvanty musí nejprve projít výraznou rafinací, při níž jsou odstraněny nežádoucí příměsi (rozpouštědla, aromatické látky atd.). Předpokládá se, že minerální oleje způsobují změknutí povrchových vosků nebo vznik trhlinek v pokožce listů, což vede k vyššímu příjmu účinné látky herbicidů (15). Jejich používání však může v některých případech způsobovat fytotoxicitu.
– **Rostlinné oleje** se získávají lisováním, nebo extrakcí rozpouštědly. Takto získané oleje je nutné čistit a zbavit příměsí (slizy, gumy, fosfolipidy, barviva atd.). Tato smáčedla snižují odpařování aplikačního roztoku, zvyšují jeho penetraci skrze voskovou vrstvičku a zvyšují odolnost vůči srážkám. Penetrační účinek není tak výrazný, ovšem nedochází ke snížení selektivity herbicidu vůči plodině.
– **Esterifikované rostlinné oleje** (Istroekol, Mero, Alimo, Dash, Velocity) se získávají esterifikací rostlinných olejů (především kyseliny olejové a linolové) methylalkoholem. Složení esterifikovaných olejů se liší v závislosti na plodině, ze které vznikly. Poměr mastných kyselin v jednotlivých esterifikovaných olejích obvykle nemá vliv na účinnost smáčedel. Pro jednotlivé herbicidy se však různí jejich optimální dávka (koncentrace), která musí být zjištěna experimentálně. Oproti rostlinným olejům udržují lépe pokrytí povrchu listu a zvyšují penetraci herbicidu. Snižují povrchové napětí kapének aplikačního roztoku na 30–34 $mN.m^{-1}$ (16). Jsou vhodné především při nízké a ultranízké hektarové dávce postřikové jíchy (2,5–10 $l.ha^{-1}$), kdy se jako nosič nepoužívá voda, ale tyto surfaktanty. Zvyšují účinnost např. inhibitorů ACCasy (17), nebo ALS inhibitorů (18).
– **Disociovatelné soli nebo estery** (*laurylsulfát sodný* – BioPower, *alkylester kyseliny fosforečné* – DASH, *síran amonný*) tvoří ve vodě kladně či záporně nabité ionty. Tyto látky se často používají ve směsi s nedisociovatelnými smáčedly. Mají vynikající smáčivost, ale nevýhodou je, že jejich ionty mohou negativně ovlivňovat molekuly některých úč. látek herbicidů.
– **Neionogenní surfaktanty na bázi alkoholů a mastných kyselin** (*isodecyl alcohol ethoxylate* – Trend, *alkylamine ethoxylate propoxylate* – Spartan): snižují povrchové napětí a zlepšují pokryvnost a přilnavost k listu. Přínosné jsou, především pokud je aplikace provedena za nižší vzdušné vlhkosti (8). Jsou vhodné především pro ALS inhibitory.
– **Organosilikátové přípravky** (*polyalkylen oxid modifikovaný heptamethyl trisiloxane* – Silwet, Rollwet, *polyether polymethylsiloxane copolymer* – Break Thru) velmi výrazně snižují povrchové napětí kapének aplikačního roztoku (20–25 $mN.m^{-1}$). Významně zabraňují vysychání a odpařování herbicidu z cílového povrchu po aplikaci, čímž výrazně snižují délku bezesrážkového období po aplikaci nutnou k dostatečnému příjmu herbicidu (19, 20), což je významné především u *glyphosate*, *glufosinate*, *bentazone*, sulfonylmočovin a fenoxykyselin formulovaných jako soli. To však platí, pouze je-li aplikace provedena na oschlý porost (rosa a déšť před aplikací tuto vlastnost snižují). Udává se, že organosilikátové adjuvanty zvyšují průchod roztoku průduchy rostlin (21, 22). Dvouděložné rostliny mají většinu průduchů umístněnou na spodní straně listu, zatímco trávy mají průduchy po obou stranách listu, takže jsou těmito adjuvanty ovlivňovány více (8). Výrazně se také snižuje velikost kapiček při nízkém aplikačním tlaku (pod 150 kPa). Částečně snižují fotodegradaci a těkavost účinných látek některých herbicidů při nepříznivých povětrnostních podmínkách. Organosilikátové adjuvanty se obvykle používají

Obr. 1. Výběr smáčedla pro konkrétní herbicid je vhodné provést v souladu s doporučením výrobce herbicidu, v opačném případě může dojít ke snížení selektivity herbicidu k plodině; na obrázku je slunečnice ošetřená herbicidem Sumimax (flumioxazin) v kombinaci se smáčedly Trend 90 (vlevo), Silwet 77 L (uprostřed) a Mero (vpravo)

v nízkých koncentracích a v nízkých dávkách postřikové jíchy. Stabilita organosilikátových přípravků je výrazně ovlivněna pH postřikové jíchy (optimální je pH 6–8). Extremně vysoké nebo nízké pH urychluje hydrolýzu a aplikace se proto v těchto případech musí provést okamžitě po namíchání jíchy (23). Jako další nevýhoda je uváděno nadměrné pěnění, které musí být řešeno antipěnícími přísadami, dále je nutné se vyvarovat zasažení očí a pokožky a v neposlední řadě je velkou nevýhodou vysoká cena oproti jiným povrchově aktivním látkám. Obvykle však nesnižují selektivitu herbicidů. Jsou vhodné především pro málo rozpustné herbicidy. Velmi efektivní pro *glyphosate*.

Barviva

Barviva se běžně používají jak u herbicidů používaných k bodové, tak i k plošné aplikaci, nebo při použití knotů a ručních postřikovačů, kde je nutná detekce aplikované jíchy na cílové ploše, případně její únik. Barviva usnadňují detekci vynechaných míst a přestřiků. Není vhodné používat potravinářská barviva nebo jiné látky, které nejsou schváleny a označeny jako herbicidní pomocné látky, neboť u těchto látek nelze předvídat jejich reakci s herbicidem.

Protiúletové a pěnicí přísady (pěnidla)

Protiúletové (antidrift) přísady jsou určeny pro snížení úletu postřikových kapének o malém průměru (<150 μm). Protiúletové přísady mění viskozitu a elastické vlastnosti postřikové jíchy (24). Vznikají postřikové kapky o větším průměru a hmotnosti, snižuje se podíl malých kapiček snadno unášených větrem. Protiúletové přísady jsou nejčastěji složeny z polyakrylamidů, polysacharidů a některých druhů gum (25).

Pěnicí látky působí též jako protiúletové přísady (26). Při použití speciálních trysek vytváří pěny s různým stupněm stability. Za pomoci těchto pěn mohou být pesticidy aplikovány přesněji a někdy jsou využity pro označení konce aplikačního pásma pro navazování následných jízd aplikační techniky. Tím je zajištěno kvalitnější plošné pokrytí bez přestřiků. Pěnidla jsou obvykle používána v koncentracích 0,1–0,4 % z celkového objemu postřikové jíchy.

Zahušťovací přísady

Zahušťovací přísady mění viskozitu postřikové jíchy a jsou nejčastěji používány při leteckých aplikacích (26). Obsahují polymery, které ve vodě bobtnají (zvětšují objem) a jsou často složeny z hydroxyelthyl celulosy a polysacharidů. Mísitelnost zahušťovacích přísad v tank-mixech s herbicidy může být ovlivněna pořadím míchání jednotlivých substancí, pH, teplotou, nebo obsahem solí v postřikové jíše.

Depoziční a adhezivní přísady

Depoziční přísady se používají ke snížení ztrát postřiku v důsledku odpařování a stékání z cílového povrchu (šetřené rostliny). Zadržení postřikové jíchy na rostlinném povrchu závisí na velikosti povrchového napětí a na energii zadržení při aplikaci (27). Použitím těchto látek (pryže, gumy) je možné snížit povrchové napětí a zvýšit viskozitu a elasticitu v kapce postřiku (28).

Adehzivní přísady udržují kapky postřikové jíchy v kontaktu s cílovým povrchem tím, že zabraňují stékání, a užitečné jsou rovněž po dešťových srážkách po aplikaci. Jako adhezivní přísady lze použít rostlinné gely, emulgované pryskyřice, emulgovaný minerální olej, rostlinné oleje, vosky a vodorozpustné polymery (26). Jako adhezivní přísady se často používají také mastné kyseliny (28). Jsou to přírodní látky, které jsou bezpečné a mohou mít značně vysoký kontaktní účinek. Také oleje s nízkou těkavostí mohou fungovat jako lepící přísady.

Vodu upravující přísady

Vodu upravující přísady se používají tehdy, pokud voda obsahuje hodně solí. Cílem je minimalizovat a předcházet reakcím mezi ionty obsaženými ve vodě a účinnou látkou herbicidu,

které by vedly k vytvoření sraženin nebo solí. Velmi důležité je to především u účinné látky *glyphosate*, kterou voda obsahující velké množství kationtů inaktivuje – ionty tvoří s glyphosatem vápenatou sloučeninu, která je herbicidně neúčinná (29).

Přísady zajišťující kompatibilitu (snášenlivost) v tank-mixech

Jedná se o přísady zajišťující kompatibilitu chemických a fyzikálních vlastností mezi herbicidy a hnojivy, při jejichž smíchání by mohlo dojít ke vzniku nehomogenních, neaplikovatelných směsí. Např. smícháním *bentazone* a *sethoxydim* mohou vzniknout sraženiny, což mimo jiné vede ke snížení jejich účinnosti (30).

pH pufry

pH pufry jsou přísady, které mění, resp. udržují pH postřikové jíchy (31). Jsou to látky, které mají schopnost přijímat nebo darovat proton. Velikou roli hraje pH především při rozpouštění herbicidů (32). Některé herbicidy nejsou stabilní, pokud nemá postřiková jícha téměř neutrální reakci. Ke snížení pH postřikové jíchy se používá kyselina fosforečná, často s přídavkem surfaktantu, mastné kyseliny či jiných přísad. Pro zvýšení pH se používají pufry obsahující uhličitan sodný. pH pufry mají velký význam, pokud jsou používány v extrémně alkalických nebo kyselých roztocích, které by mohly způsobovat výše zmíněné problémy.

Protipěnící přísady

Protipěnící přísady snižují a potlačují tvorbu pěny v postřikové jíše v nádržích postřikovačů tím, že snižují povrchové napětí (nevytvářejí se vzduchové bubliny) nebo se jiným způsobem oslabují pěnící struktury (26). S nadměrným pěněním se setkáváme v postřikových jíchách s měkkou vodou, kde pěna způsobuje přetékání (přeplnění pěnou) nebo problémy při vymývání aplikačních zařízení (32). Hlavní složkou antipěnících přísad jsou látky na bázi dimethopolysiloxanu, ale byly testovány také oxid křemičitý, alkoholy a různé oleje. Obecně lze říci, že je jednoduší zabránit tvorbě pěny, než vzniklou pěnu následně potlačovat, proto jsou přidávány do tank-mixů na začátku. Nejvyšší koncentrace potřebná pro eliminaci pěny je asi 0,1 % z celého objemu postřikové jíchy.

UV absorbenty

Sluneční záření, a to zejména ultrafialové (UV), může způsobovat rozklad některých herbicidů. UV absorbenty působí dvěma způsoby:

1. ovlivňují fyzikální a chemické vlastnosti herbicidů, tím zabraňují jejich rozkladu v postřikové jíše po aplikaci na cílovém povrchu;
2. samy pohlcují ultrafialové záření a ochraňují postřikovou kapku.

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

Souhrn

Adjuvanty jsou přídavné látky, jejichž úkolem je zefektivnění herbicidního ošetření, tedy snížení dávky herbicidu při zachování či zvýšení biologické účinnosti a selektivity. Adjuvanty mohou ovlivňovat postřikovou jíchu a aktivitu herbicidu v mnoha oblastech. Členění adjuvantů je velmi složité, neboť ovlivňují obvykle několik fyzikálně-chemických vlastností postřikové jíchy a jejich přesná terminologie dosud chybí. Z hlediska jejich funkce je lze rozdělit na smáčedla, barviva, protiúletové látky, pěnidla, zahušťovadla, depoziční, adhezivní, protipěnící a vodu upravující přísady, pH pufry, UV absorbenty a další. Nejvýznamnější skupinou adjuvantů jsou smáčedla, jde o látky, které zvyšují biologickou účinnost pesticidů tím, že zvyšují a urychlují penetraci herbicidů do listových pletiv. Molekuly smáčedel jsou amphipatické, tj. skládají se ze dvou částí, z nichž každá je přitahována odlišnou fází. Přední část molekuly je obvykle hydrofilní a koncová lipofilní a tvoří tedy jakýsi můstek mezi dvěma fázemi, čímž se snižuje povrchové napětí postřikových kapének. Jako smáčedla se používají minerální i rostlinné oleje (nejčastěji esterifikované) nebo syntetizované látky (disociovatelné soli nebo estery; neionogenní surfaktanty na bázi alkoholů a mastných kyselin, organosilikáty a jiné slučeniny).

Klíčová slova: adjuvanty, smáčedla, povrchové napětí, účinnost herbicidů, selektivita herbicidů.

Literatura

1. Green, J. M.; Green, J. H.: Surfactant structure and concentration strongly affect rimsulfuron activity. *Weed Technology*, 7, 1993 (3), s. 633–640.
2. Pringnitz, B.: *Clearing up confusion on adjuvants and additives*. Iowa State University, Extension Agronomy, 1998. [online] http://www.weeds/iastate.edu/mgmt/qtr98-2/cropoils.htm.
3. Webb, D.: Herbicide Formulation and Delivery. In Naylor, R. E. L.: *Weed Management Handbook*. British Crop Protection Council, Oxford: Blackwell Science, 2002.
4. Hess, F. D.: Surfactants and additives. In *Proceedings of the California Weed Science Society*, 51, 1999, s. 156–172.
5. Penner, D.: Introductory statement on adjuvants. In Young, B.: *Compendium of Herbicide Adjuvants*. 5th edition. Carbondale: Southern Illinois University, 2000.
6. Miller, P.; Westra, P.: *How surfactants work*. No. 0.564. Colorado State University, Cooperative Extension, Crop Fact Sheet, 1998. [online] http://www.ext.colostate.edu/pubs/crops/00564.html.
7. Ramsdale, B. K.; Meissersmith, C. G.: Nozzle, spray volume and adjuvant effects on carfentrazone and imazamox efficacy. *Weed Technology*, 15, 2001 (3), s. 485–491.
8. Kudsk, P.: Optimising Herbicide Performance. In Naylor, R. E. L. *Weed Management Handbook*. British Crop Protection Council, Oxford: Blackwell Science, 2002.
9. Kirkwood, R. C.: Recent developments in our understanding of the plant cuticle as a barrier to the foliar uptake of pesticides. *Pesticide Sci*., 55, 1999 (1), s. 69–77.
10. Coret, J. et al.: Diffusion of three ethoxylated octylphenols across isolated plant cuticles. *Pesticide Sci*., 38, 1993 (2–3), s. 201–209.
11. Tan, S.; Crabtree, G. D.: Effects of noionic surfactants on cuticular sorption and penetration of 2,4-dichlorophenoxy acetic acid. *Pesticide Science*, 35, 1992 (4), s. 299–303.
12. Grayson, B. T.; Webb, J. D.; Pack, S. P.: Investigation of an emulsifiable oil adjuvant and its components on the activity of a new grass herbicide by factorial experimentation. *Pesticide Science*, 37, 1993 (2), s. 127–131.
13. Jursík, M. et al.: Efficacy and selectivity of post-emergent applicationof flumioxazin and oxyfluorfen in sunflower. *Plant Soil and Environment*, 57, 2011 (11), s. 532–539.
14. Stock D. et al.: Development of a predictive uptake model to rationalise selection of polyoxyethylene surfactant adjuvants for foliageapplied agrochemicals. *Pesticide Sci*., 37, 1993 (3), s. 233–245.
15. Hess, F. D.; Foy, C. L.: Interaction of surfactants with plant cuticles. *Weed Technology*, 14, 2000 (4), s. 807–813.
16. Sieverdich, E.; Fleute-Schlachter, I.: New low dose polysiloxane tank mixture adjuvant for pre- and post-emergence herbicide application. *J. Plant Diseases and Protect*., 2008 (spec. issue 21), s. 659–664.
17. Harker, K. N.: Effect of various adjuvants on sethoxydim activity. *Weed Technology*, 6, 1992 (4), s. 865–870.
18. Hart, S. E.; Kells, J. J.; Penner, D.: Influence o adjuvants on the efficacy, absorption, and spray retention of primisulfuron, *Weed Technology*, 6, 1992 (3), s. 592–598.
19. Roggenbuck, F. C. et al.: Study of the enhancement of herbicide activity and rainfastness by an organosilicone adjuvant utilizing radiolabelled herbicide and adjuvant. *Pesticide Sci*., 37, 1993 (2), s. 121–125.
20. Sun, J.; Foy, C. L.; Witt, H. L.: Effect of organosilicone surfactans on the rainfastess of primisulfuron in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Weed Technology*, 10, 1996 (2), s. 263–267.
21. Field, R. J.; Bishop, N. C.: Promotion of stomatal infiltration of glyphosate by an organosilicone surfactant reduces the critical rainfull period. *Pesticide Sci*., 24, 1979 (1), s. 55–62.
22. Sieverdich, E.; Fleute-Schlachter, I.: New low dose polysiloxane tank mixture adjuvant for pre- and post-emergence herbicide application. *J. Plant Diseases and Protect*., 2008 (spec. issue 21), s. 659–664.
23. Stevens, P. J. G.: Organosilicone surfactants as adjuvants for agrochemicals. *Pesticide Sci*., 38, 1993 (2–3), s. 103–122.
24. Downer, R. A. et al.: RoundUp Ultra with drift management adjuvants. In McMullan, P. M.: *Adjuvants for Agrochemicals: Challenges and Opportunities*. Proc. of the Fifth International Symp. on Adjuvants for Agrochemicals, Chemical Producers Distributors Association, Memphis, 1998, s. 468–474.
25. Hewitt, A. J.: The effect of tank mix and adjuvants on spray drift. In McMullan, P. M.: *Adjuvants for Agrochemicals: Challenges and Opportunities*. Proc. of the Fifth International Symp. on Adjuvants for Agrochemicals, Chemical Producers Distributors Association, Memphis, 1998, s. 451–462.
26. Witt, W. W.: *Adjuvants*. University of Kentucky College of Agriculture, Agripedia, 2001. [online] http://www.ca.uky.edu/agripedia/pls404/adjuvant.htm.
27. Bergeron, V. et al.: Controlling droplet deposition with polymer additives. *Nature*, 405, 2000 (6788), s. 772–775.
28. Hazen, J. L.: Adjuvants – Terminology, classification, and chemistry. *Weed Technology*, 14, 2000 (4), s. 773–784.
29. Nalewaja, J. D.; Matysiak, R.: Optimizing adjuvants to overcome glyphosate antagonistic salts. *Weed Technology*, 7, 1993 (2), s. 337–342.
30. Wanamarta, G.; Kells, J. J.; Penner, D.: Overcoming antagonistic effects of sodium bentazon on sethoxydim absorption. *Weed Technology*, 7, 1993 (2), s. 322–325.
31. Hess, F. D.: Surfactants and additives. In *Proc. of the California Weed Science Society*, 51, 1999, s. 156–172.
32. McMullan, P. M.: Utility adjuvants. *Weed Technology*, 14, 2000 (4), s. 792–797.

Jursík M., Soukup J., Janků J., Holec J.: Important Aspects of Chemical Weed Control: Adjuvants

Adjuvants are additional ingredients used to make herbicide treatment more effective by lowering herbicide rate together with maintaining or enhancing biological efficacy and crop selectivity. Spray solution and herbicide activity can be influenced by adjuvants in many ways. Dividing adjuvants into particular groups is often complicated as they can influence more physical characteristics of spray solution and we still miss detailed terminology. From the point of view of their function we can classify them as surfactants, colorants – spray indicators, drift control agents, foam adjuvants, thickeners, deposition adjuvants, adhesive agents, antifoam agents, water conditioning agents, buffering agents, UV absorbents etc. The most important group of adjuvants is represented by surfactants. These agents enhance biological activity of herbicides by increasing and accelerating the penetration of active ingredient into leaf tissue. Surfactant molecules are amphipatic – composed of two parts, each of them attracted by different phase. One end of the molecule (head group) is hydrophilic while the other (tail) is hydrophobic, creating a „bridge" between two phases and thus decreasing surface tension of spray drops. Following agents are used as surfactatns: mineral and plant (mostly esterified) oils, or synthetic compounds like dissociable salts or esters, non-ionic surfactants based on alcohols and fatty acids, organosilicates and other chemicals.

Key words: adjuvants, surfactants, surface tension, herbicide efficacy, herbicide selectivity.

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