Vliv povětrnostních podmínek na selektivitu postemergentního herbicidního ošetření cukrovky

EFFECT OF DIFFERENT WEATHER CONDITIONS ON SELECTIVITY OF POST-EMERGENCE HERBICIDES IN SUGAR BEET

Kateřina Hamouzová, Miroslav Jursík, Petr Zábranský – Česká zemědělská univerzita v Praze

Plevele se v porostech cukrové řepy velmi dobře uplatňují, a pokud nejsou včas potlačeny, mohou významným způsobem snižovat výnos (1). V západní a střední Evropě se k regulaci plevelů v cukrovce používá systém několika postemergentních ošetření. Výběr herbicidů v jednotlivých aplikačních termínech a jejich dávky je nutné provádět s ohledem na plevelné spektrum a růstovou fázi plevelů i cukrovky (2). Nejpoužívanějšími herbicidními účinnými látkami jsou v těchto systémech desmedipham a phenmedipham, které působí především na jednoleté dvouděložné plevele. Desmedipham a phenmedipham inhibují fotosystém II (PS II). Listový příjem těchto herbicidů je rychlý, ale jejich translokace v rostlině (xylemem) je malá (3). Mechanizmus působení těchto účinných látek spočívá v zamezení přenosu elektronů přes thylakoidní membránu chloroplastů v PS II mezi plastochinony Q_A a Q_B v integrálním proteinu D1. Volné elektrony se hromadí a vzniklá energie je absorbována chlorofylem a karotenoidy, v důsledku čehož dochází k jejich fotooxidaci (chlorózy listů). Volná energie dále iniciuje tvorbu chlorofylových tripletů, které reagují s O_2 za vzniku jednomocných kyslíkových radikálů, které způsobují destrukci lipidových membrán (peroxidace), vylití obsahu buněk do mezibuněčných prostor a následně desikaci pletiv (4). Selektivita těchto herbicidů je však významným způsobem ovlivněna povětrnostními podmínkami v období krátce před a po aplikaci. Zejména pokud je ošetření provedeno při vysokých teplotách a vysoké intenzitě slunečního svitu může být cukrovka významným způsobem poškozena (5). Předpokládá se, že vliv sluneční radiace je vyšší než vliv teploty. Také stres suchem může ovlivnit selektivitu cukrovkových herbicidů. Za sucha totiž jednak dochází k nižšímu příjmu herbicidů a jednak dochází ke snížení aktivity PS II (6). Mezi odrůdami cukrovky existují rozdíly v citlivosti k herbicidům (7). Fytotoxické působení výše popsaných účinných látek na cukrovku bylo studováno mnoha autory, v posledních letech především Mannerloefem et al. (5), Dalem et al. (8) a Jursíkem et al. (2). Příznaky poškození plodiny se však obvykle projevují s určitým zpožděním. Skutečný fyziologický stav rostliny po ošetření herbicidy ze skupiny PS II inhibitorů lze rychle zjistit pomocí gazometrických metod nebo měřením fluorescence chlorofylu. PS II je část fotosyntetického aparátu, který je velmi citlivý k mnoha stresovým faktorům způsobujím snížení aktivity fotosyntézy (9).

Materiál a metody

Polní podmínky

Maloparcelní polní pokus v porostu cukrovky byl založen na pozemcích České zemědělské univerzity v Praze v roce 2011. Předplodinou cukrovky byla ozimá pšenice. Cukrová řepa byla vyseta 28. března ve sponu 45×16 cm. Uspořádání pokusu bylo ve zcela znáhodněných blocích, přičemž velikost parcel byla 21 m^2 (3×7 m). Neošetřená kontrola byla v průběhu celého pokusu ručně odplevelována, podobně byly odstraněny plevele, které přežily herbicidní ošetření na ostatních variantách.

Tab. I. Povětrnostní podmínky a růstová fáze cukrovky v době aplikace herbicidů

Popis varianty	Čas a datum aplikace	Počasí					Růstová fáze cukrovky
		oblačnost (%)	teplota (°C)	vlhkost vzduchu (%)	vlhkost půdy	rychlost větru ($m.s^{-1}$)	
T1 nevhodné	21. 4. 14.00	0	21	33	suchá	0	děložní listy
T1 optimální	21. 4. 19.00	0	19	36	suchá	0	děložní listy
T2 nevhodné	2. 5. 12.00	30	15	45	suchá	1	dva až čtyři pravé listy
T2 optimální	2. 5. 17.00	100	9	85	vlhká	2	dva až čtyři pravé listy
T3 nevhodné	18. 5. 13.00	20	23	38	suchá	0	šest pravých listů
T3 optimální	18. 5. 19.00	30	22	33	suchá	0	šest pravých listů

Aplikace herbicidů

Byly testovány tři herbicidy (Betanal Expert: phenmedipham 91 $g.l^{-1}$, desmedipham 71 $g.l^{-1}$, ethofumesate 112 $g.l^{-1}$; Destor: desmedipham 157 $g.l^{-1}$; Betasana SC: phenmedipham 160 $g.l^{-1}$). Každý herbicid byl použit ve sledu tří ošetření (T1–T3) a ve dvou odlišných povětrnostních podmínkách – aplikace byla provedena v jinou část dne (tab. I.). Použité aplikační dávky v jednotlivých termínech byly voleny dle růstové fáze cukrovky (tab. II.). Ošetření

bylo prováděno maloparcelním bezezbytkovým postřikovačem, dávky postřikové jíchy byla 200 $l.ha^{-1}$ a aplikační tlak 0,25 MPa.

Vizuální hodnocení fytotoxicity a výnosu

Sedm dní po každé aplikaci byla hodnocena fytotoxicita na cukrovce oproti neošetřené kontrole. Výnos byl hodnocen 25. října 2011, z každé parcely byly sklizeny bulvy ze dvou prostředních řádků a jejich hmotnost byla následně přepočtena na výnos ($t.ha^{-1}$).

Měření fluorescence chlorofylu

Měření fluorescence chlorofylu bylo provedeno pomocí přístroje Imaging-PAM M-Series (Walz, Německo). Hodnota maximálního kvantového výtěžku fotochemických procesů (*Fv/Fm*) byla stanovena podle Gentyho et al. (1989) na základě naměřených parametrů iniciální a maximální fluorescence na listu cukrové řepy. Měření byla prováděna 1 den po aplikaci posledního ošetření herbicidem.

Gazometrická měření

Pro gazometrická stanovení byl použit analyzátor plynů CIRAS-2 (PP Systems, UK) s listovou kyvetou PLC 6 a nastavenou intenzitou světla na 1 000 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$. Byly stanoveny hodnoty rychlosti čisté fotosyntézy ($\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ CO_2) a transpirace ($mmol.m^{-2}.s^{-1}$ H_2O). Měření byla prováděna v polních podmínkách mezi 9–11 h jeden den po aplikaci herbicidů.

Výsledky a diskuze

Ošetření všemi testovanými herbicidy se negativně projevilo snížením hodnoty parametru maximálního kvantového výtěžku fotochemických procesů *Fv/Fm* (obr. 1.). K nejvyššímu snížení fotosyntetické kapacity došlo u rostlin cukrovky, které byly ošetřeny herbicidem Betanal Expert. U tohoto herbicidu došlo k vyššímu snížení fotosyntetické kapacity (o 30 % oproti neošetřené kontrole) pokud byla aplikace provedena v „optimálních" povětrnostních podmínkách, tedy večer. Naopak, pokud bylo ošetření tímto herbicidem provedeno krátce po poledni, tedy při maximálním slunečním svitu (tab. I.) došlo pouze k 15% snížení parametru *Fv/Fm*. Po aplikaci herbicidu Betasana SC (phenmedipham) došlo pouze k 10% snížení maximálního výtěžku fotochemických procesů ve fotosystému II, přičemž rozdíly mezi testovanými aplikačními termíny nebyly průkazné. Nejméně byla snížena fotochemická kapacita po aplikaci herbicidu Destor (desmedipham), zejména pokud byl tento herbicid aplikován v „optimálních povětrnostních podmínkách" (večer), rozdíly mezi testovanými aplikačními termíny však nebyly průkazné. Naopak, podobně jako uvádí Abbaspoor et al. (3), byly hodnoty transpirace získané pomocí gazometrických měření po aplikaci úč. látky desmedipham výrazně zvýšeny oproti neošetřené kontrole. Tito autoři dále uvádějí, že samostatné ošetření úč. látkou desmedipham více poškozuje cukrovku než jeho kombinace s jinými herbicidy, či samostatné ošetření úč. látkou phenmedipham. Bethlenfalvay a Norris (6) zaznamenali průkazný vliv vyšší teploty a intenzity sluneční radiace na poškození cukrovky úč. látkou desmedipham, přičemž tento vliv je výraznější v ranějších fázích růstu cukrovky (6). Podle pozorování Wintera a Wiese (10) došlo po dopoledních aplikacích postemergentních herbicidů k většímu poškození cukrovky oproti aplikacím odpoledním, pokud maximální denní teplota přesáhla 22 °C.

Také při gazometrickém měření došlo po aplikaci herbicidu Betanal Expert v optimálních povětrnostních podmínkách k průkaznému snížení rychlosti čisté fotosyntézy (obr. 2.). Dixon et al. (1995) zaznamenali zvýšenou transpiraci cukrovky po ošetření herbicidem s úč. látkou phenmedipham. Podobně se zvýšila rychlost transpirace cukrovky po aplikaci všech námi testovaných

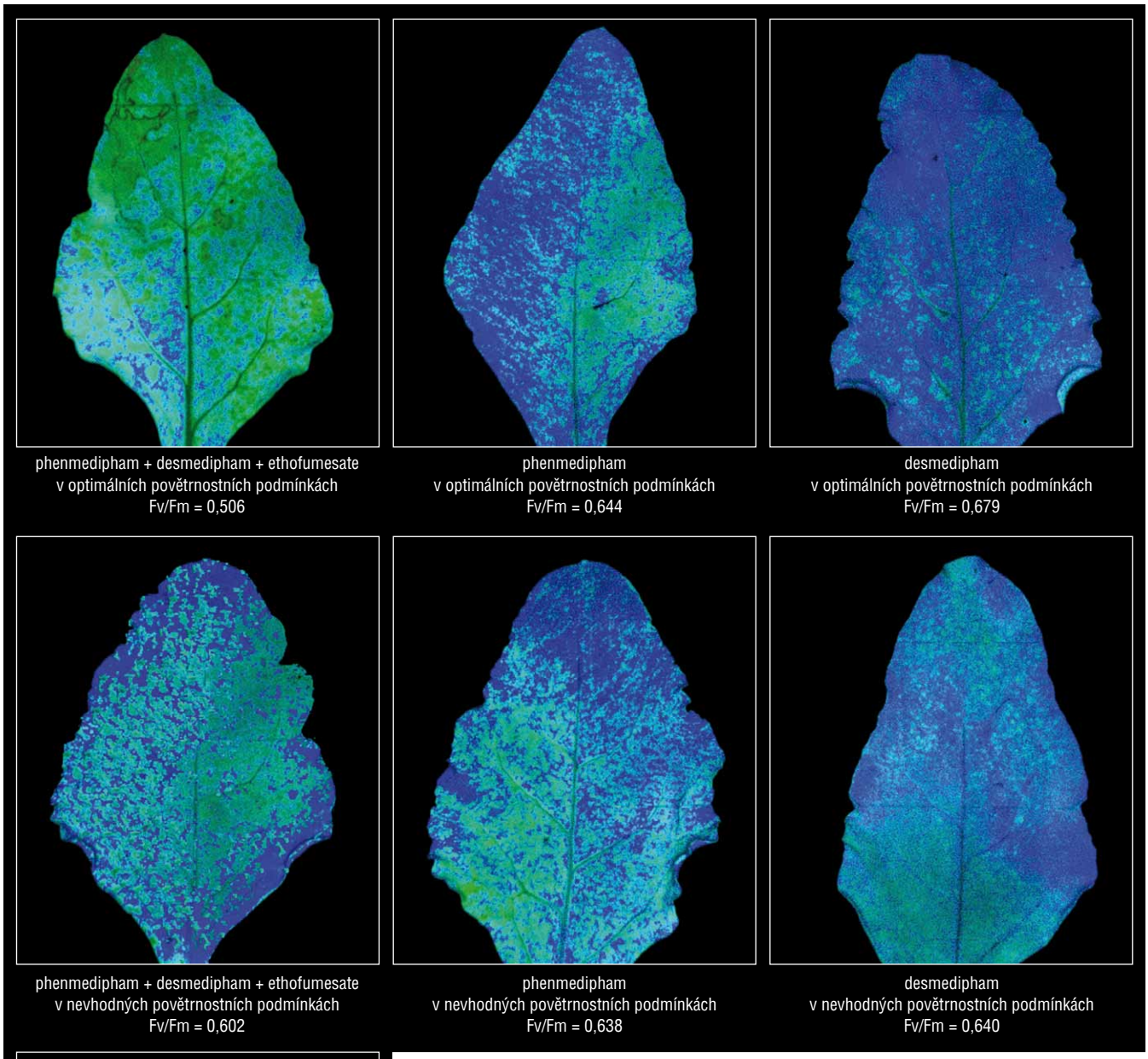
Tab. II. Dávky herbicidů použité v aplikačních termínech

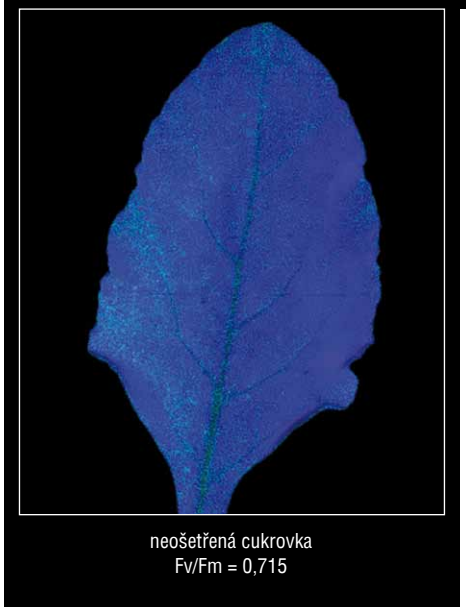
Účinná látka herbicidu	Aplikační termín	Dávka úč. látky ($g.ha^{-1}$)
desmedipham + phenmedipham + ethofumesate	T1	53 + 68 + 84
desmedipham + phenmedipham + ethofumesate	T2	71 + 91 + 112
desmedipham + phenmedipham + ethofumesate	T3	106 + 136 + 168
phenmedipham	T1	240
phenmedipham	T2	480
phenmedipham	T3	960
desmedipham	T1	314
desmedipham	T2	628
desmedipham	T3	942

Tab. III. Výnos bulev cukrovky na testovaných variantách pokusu

Popis varianty	Výnos bulev	
	$t.ha^{-1}$	% rel.
plečkovaná kontrola	54,83 [a]	100
desmedipham + phenmedipham + ethofumesate v nevhodných povětrnostních podmínkách	49,10 [a]	90
desmedipham + phenmedipham + ethofumesate v optimálních povětrnostních podmínkách	54,08 [a]	99
desmedipham v nevhodných povětrnostních podmínkách	44,02 [a]	80
desmedipham v optimálních povětrnostních podmínkách	46,67 [a]	85
phenmedipham v nevhodných povětrnostních podmínkách	47,90 [a]	87
phenmedipham v optimálních povětrnostních podmínkách	46,20 [a]	86
LSD (0,05)	16,37	
F-Ratio	0,56	
P-Value	0,7524	

Obr. 1. Fluorescence chlorofylu listu cukrovky vyjádřená pomocí maximálního kvantového výtěžku fotochemických procesů Fv/Fm jeden den po ošetření herbicidem





herbicidů. Výrazný vliv na rychlost transpirace měly také povětrnostní podmínky v době aplikace. V optimálních povětrnostních podmínkách (večerní ošetření) byla cukrovka více ovlivněna herbicidem než v případě poledního ošetření.

Přestože vliv herbicidního ošetření na rychlost fotosyntézy jeden den po aplikaci byl poměrně vysoký, na porostu cukrovky nebyly pozorovány žádné příznaky poškození (hodnoceno 7 a 14 dní po každé aplikaci). Také rozdíly ve výnosu bulev cukrovky na jednotlivých variantách nebyly průkazné (tab. III.). K podobným závěrům došel také Prodoehl (11), který zaznamenal 50% snížení intenzity fotosyntézy jeden den po aplikaci kombinace phenmedipham + desmedipham + ethofumesate. Rostliny cukrové řepy však rychle regenerovaly a jejich fotosyntetická aktivita 10 dnů po aplikaci dosahovala 75–85 % hodnot neošetřených rostlin a výnos bulev nebyl herbicidním ošetřením ovlivněn.

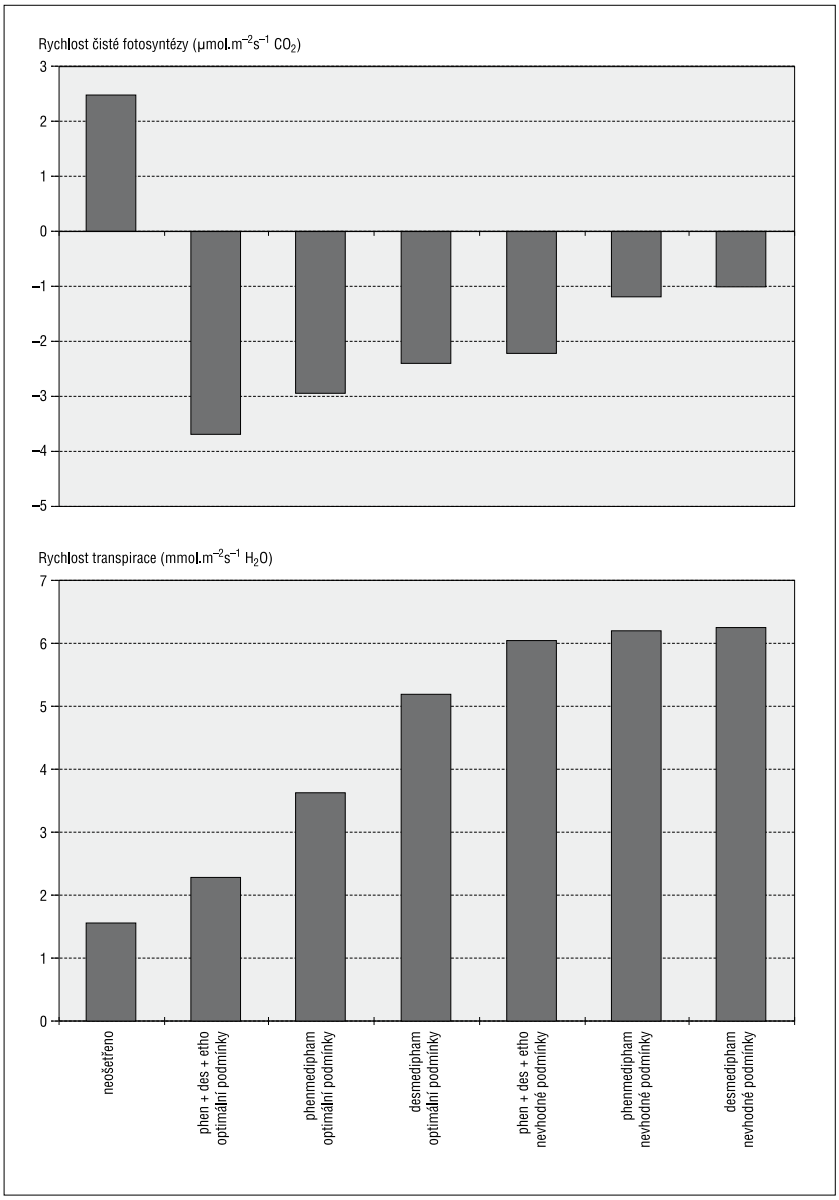
Z výsledků pokusů je patrné, že charakteristiky rychlosti fotosyntézy a transpirace u cukrové řepy vystavené vlivu herbicidů inhibujících PSII byly více ovlivněny než parametry získané při měření fluorescence chlorofylu, a proto lze gazometrická stanovení doporučit jako rychlou metodu pro stanovní poškození cukrovky vystavené vlivu herbicidů inhibujících PSII.

Souhrn

Ošetření herbicidy phenmedipham, desmedipham a phenmedipham + desmedipham + ethofumesate snížilo maximální kvantový výtěžek fotochemických procesů v PSII (*Fv/Fm*) u cukrovky. K nejvyššímu snížení fotochemické kapacity (o 30 % oproti neošetřené kontrole) došlo po aplikaci kombinace phenmedipham + desmedipham + ethofumesate. Po aplikaci herbicidu obsahujícího úč. látku phenmedipham došlo pouze k 10% snížení fotochemické kapacity. Nejméně byla snížena aktivita fotosyntézy po aplikaci herbicidu obsahujícího úč. látku desmedipham. Výrazný vliv na rychlost transpirace a fotosyntézy měly povětrnostní podmínky v době aplikace. V optimálních povětrnostních podmínkách (večerní ošetření) byla cukrovka více ovlivněna herbicidem než v případě poledního ošetření. Přestože vliv herbicidního ošetření na rychlost fotosyntézy jeden den po aplikaci byl poměrně vysoký, na porostu cukrovky nebyly pozorovány žádné příznaky poškození a také rozdíly ve výnosu bulev cukrovky mezi testovanými variantami pokusu nebyly průkazné.

Klíčová slova: cukrová řepa, fluorescence chlorofylu, transpirace, desmedipham, phenmedipham, ethofumesate.

Obr. 2. Čistý výkon fotosyntézy a transpirace listů cukrovky jeden den po ošetření herbicidy v různých povětrnostních podmínkách



Literatura

1. Zimdahl, R. L.: *Weed-Crop Competition*. Second Edition, Blackwell Publishing, Ames, USA, 2004.
2. Jursík, M.; Soukup, J.; Holec, J.: Regulace plevelů v cukrovce. *Listy cukrov. řepař.*, 124, 2008 (7–8), s. 207–210.
3. Abbaspoor, M.; Streibig, J. C.: Monitoring the efficacy and metabolism of phenylcarbamates in sugar beet and black nightshade by chlorophyll fluorescence parameters. *Pest Management Science*, 63, 2007, s. 576–585.
4. Jursík, M. et al.: Mechanizmy účinku herbicidů a projevy jejich působení na rostliny: Inhibitory fotosyntézy. *Listy cukrov. řepař.*, 126, 2010 (2), s. 48–54.
5. Mannerloef, M. et al.: Transgenic sugar beet tolerant to glyphosate. *Euphytica*, 94, 1997, s. 83–91.
6. Bethlenfalvay, G.; Norris, R. F.: Phytotoxic action of desmedipham: influence of temperature and light intensity. *Weed Science*, 23, 1975, s. 499–503.
7. Wilson, R. G.: Postemergence herbicide timing for maximum weed control in sugarbeet. *J. Sugar Beet Res.*, 35, 1998, s. 15–27.
8. Dale, T. M.; Renner, K. A.; Kravchenko, A. N.: Effect of herbicides on weed control and sugarbeet (*Beta vulgaris*) yield and quality, *Weed Technology*, 20, 2006, s. 150–156.
9. Ikeda, Y. et al.: Binding site of novel 2-benzylamino-4-methyl-6-trigluoromethyl-1,3,5-triazine herbicides in the D1 protein of photosystem II. *Photosynthesis Research*, 77, 2003, s. 35–43.
10. Winter, S. R.; Wiese, A. F.: Phytotoxicity and yield response of sugar beets (*Beta vulgaris*) to a mixture of phenmedipham and desmedipham. *Weed Science*, 26, 1978 (1), s. 1–4.
11. Prodoehl, K. A.; Campbell, L. G.; Dexter, A. G.: Phenmedipham + desmedipham effects on sugarbeet. *Agron. J.*, 84, 1992, s. 1002–1005.
12. Dixon, J. et al.: Ozone pollution modifies the response of sugarbeet to the herbicide phenmedipham. *Water, Air and Soil Pollution*, 85, 1995, s. 1443–1448.

Hamouzová K., Jursík M., Zábranský P.: Effect of Various Weather Conditions on Selectivity of Post-Emergence Herbicides in Sugar Beet

The basis for selectivity of phenmedipham, desmedipham and ethofumesate, incl. their mixtures, on sugar beet was studied under field conditions. The effect of many herbicides on sugar beet is affected by weather; therefore the sensitivity of sugar beet after herbicide application was studied to determine the effect of environmental conditions on the chemicals selectivity. The effects of herbicides on the rates of CO_2 uptake and transpiration, as well as chlorophyll fluorescence (*Fv/Fm*) of intact plants were measured.
Under the optimal spraying conditions, mean *Fv/Fm* in sugar beet treated with phenmedipham + desmedipham + ethofumesate was 30 % lower compared to untreated check variant, while the value decreased to a lesser extent (15 %) when treated under unfavorable conditions. Treatments with phenmedipham alone caused 10 % decrease and statistically significant differences in relation to environmental conditions at spraying were not observed. *Fv/Fm* parameter showed that sugar beet was not affected by desmedipham injury as much as by phenmedipham.

Photosynthesis was significantly reduced first day after treatment with phenmedipham + desmedipham + ethofumesate when treated under the optimal spraying conditions. The magnitude of net photosynthesis rate decrease was lower when treated with one active ingredient solely.
Under the optimal environmental conditions, the sugar beet plants were more affected by herbicides than by the treatment in unfavourable conditions shortly after the herbicide treatment. Later, sugar beet plants recovered substantially.

Key words: *Beta vulgaris*, chlorophyll fluorescence, transpiration, desmedipham, phenmedipham, ethofumesate.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Kateřina Hamouzová, Ph. D., Česká zemědělská univerzita, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 Suchdol, Česká republika, e-mail: jursik@af.czu.cz