

HODNOCENÍ ÚČINNOSTI REDUKOVANÝCH DÁVEK BENTAZONU POMOCÍ PŘÍSTROJŮ ZALOŽENÝCH NA MĚŘENÍ FLUORESCENCE CHLOROFYLU

V. Kocurek, M. Vondra, V. Smutný

Došlo: 25. června 2010

Abstract

KOCUREK, V., VONDRA, M., SMUTNÝ, V.: *Efficacy of reduced doses of bentazone assessed by instruments based on measurement of chlorophyll fluorescence*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2011, LIX, No. 1, pp. 137–144

Chlorophyll fluorescence is a type of radiation emitted by plants as unused part of energy absorbed from sunlight. Its intensity depends on many stress factors, nutrition, weather conditions etc. Methods based on chlorophyll fluorescence measurement have potential to be perspective for the assessment of herbicide efficacy, phytotoxicity or stress influence. Two fluorimeters (FluorCam and handy FluorPen) were used for measurements in laboratory experiments in 2007–2009. Herbicide Basagran super with active ingredient bentazone (480 g.l^{-1}) was tested using a parameter called 'Quantum yield of fluorescence' (QY) in three different doses: the registered dose 2.0 l.ha^{-1} (100%) and lower doses 1.5 l.ha^{-1} (75%) and 1.0 l.ha^{-1} (50%). Treated experimental plants of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) were measured in 0, 1, 2, 3, 6, 9 and 15 days after treatment and the results were compared with subjective assessment (estimation) and growth parameters. The obtained results showed that the effect of bentazone measured by both devices was statistically significantly different from untreated control. We can also detect herbicide effect earlier by QY measurement than by other methods. Different doses showed significant differences 15 days after treatment for dose 2.0 l.ha^{-1} in comparison with both reduced doses. The subjective assessment showed significant differences in all terms of measurement (1–15 days after application) except of the day of application. Regeneration of plants for which the youngest leaves were not treated by herbicide was observed for all doses. Difference of QY values between used devices was on average 0.119 (higher for FluorCam) but statistically insignificant.

herbicide efficacy, chlorophyll fluorescence, fluorcam, fluorpen, bentazone

S počátkem využívání půdy jako zdroje obživy a potravin nastal nekonečný boj se škodlivými činiteli. Ztráty na celosvětové produkci jsou způsobeny asi ze 14% škůdci, 12% chorobami a ztráty v důsledku zaplevelení jsou odhadovány na 10% výnosu (Zimdahl, 1980; Oerke *et al.*, 1994). Je nezbytné se tímto problémem zabývat a snažit se pochopit princip fungování agroekosystému a všech jeho složek, abychom mohli co nejšetněji a zároveň nejúčinněji minimalizovat vznikající ztráty. V současném zemědělství se významně zabýváme zpřesněním veškerých operací zasahujících do procesů probíhajících na polích za účelem úspory materiál-

ních vstupů a maximálního zefektivnění zemědělské produkce. Základem tohoto snažení je správná diagnostika stavu a příčin vznikajících problémů (Kocurek, 2007).

Regulace zaplevelení se stává jedním ze základních opatření v rostlinné produkci (Loux *et al.*, 1998). Herbicidy (přípravky používané k regulaci zaplevelení) jsou velmi různorodá skupina chemických látek. Jejich nesprávné použití by mohlo způsobit obrovské škody, protože se do prostředí dostávají opravdu velká množství nepřírodních látek.

V současnosti jsou vyvíjeny diagnostické metody pro zvýšení přesnosti hodnocení účinnosti herbi-

cidů. Metoda, která vychází z principu měření fluorescence chlorofylu, je jednou z těch, které by mohly do budoucna přinést uspokojivé výsledky nejen pro firmy produkující přípravky na ochranu rostlin, pro samotné zemědělce, ale hlavně by mohla ve svém důsledku zpřesnit aplikaci či kontrolu ošetřovaných ploch, což by vedlo také ke snížení dopadů na životní prostředí.

Současné hodnocení účinnosti herbicidů je založeno na subjektivním hodnocení, což může způsobit nepřesnosti vlivem lidského faktoru, protože různé osoby mohou tentýž účinek hodnotit poněkud odlišně. Metody založené na měření fluorescence chlorofylu či odrazivosti skýtají exaktně naměřené hodnoty využitelné k diagnostice účinnosti. Možnost využití těchto metod je již zkoumána v nizozemském Wageningenu (Plant Research International), kde jsou tato měření základem stanovení tzv. MLHD (Minimum Lethal Herbicide Dose). Tato metoda umožňuje výpočet minimální letální dávky herbicidu ze skupiny inhibitorů fotosyntézy potřebné na regulaci plevelů na daném pozemku (Haage *et al.*, 2002). Tato dávka je pak o 20–80 % nižší než registrovaná. Využití metod založených na měření fluorescence chlorofylu a odrazivosti záření ve většině případů vede k úspoře nákladů a omezení zatížení životního prostředí (Klem, 2006). Brown *et al.* (1990) uvádějí, že správnou aplikací herbicidů lze snížit jejich spotřebu o 25 %. Hanks a Beck (1997) dále zjistili, že s pomocí senzorem kontrolované aplikace herbicidů bylo docíleno, v maloparcelních a na komerčně využívaných plochách, úspory účinných látek 50–91 % ve srovnání s tradičním způsobem aplikace. Využitím redukováných dávek se ve svých studiích zabývali také Schroder *et al.* (2007), Doyle a Stypa (2004) i Salonen a Jaakkola (1997) aj.

Fluorescence chlorofylu tedy slouží jako dobrý nástroj pro hodnocení účinnosti různých skupin herbicidů např. inhibitory PSII, inhibitory ALS, inhibitory ACC a další (Abbaspour *et al.*, 2006; Riethmuller-Haage, 2006).

MATERIÁL A METODY

V letech 2007–2009 byly v herbologické laboratoři Ústavu agrosystémů a bioklimatologie uskutečněny pokusy s herbicidem Basagran Super (účinná látka bentazone) pro zjištění vlivu redukováných dávek a typu měřicího přístroje založeného na principu měření fluorescence chlorofylu.

Založení a vedení pokusu

Experimenty byly provedeny na plevelném druhu laskavec ohnutý (*Amaranthus retroflexus*), který byl testován v laboratorních podmínkách. Rostliny byly pěstovány v plastových květináčích o objemu 300 cm³, černé barvy, s perforovaným dnem. Semena laskavce ohnutého byla získána z polní pokusné stanice Mendelovy univerzity na lokalitě v Žabčicích v roce 2007. Semena byla vyseta do směsi univerzálního zahradnického substrátu a křemičitého písku v poměru 3:1 (složení substrátu: pH 5–7, v su-

šině: N max. 1,9 %, P₂O₅ max. 0,5 %, K₂O max. 0,9 %, částice nad 20 mm max. 5 %, obsah spalitelných látek min. 50 %, přijatelné živiny: N 150–400 mg.l⁻¹, P₂O₅ 80–250 mg.l⁻¹, K₂O 250–600 mg.l⁻¹). Semena laskavce byla vyseta v počtu několika semen na každý květináč. Po vyklíčení a vzejití byly rostliny vyjednoceny tak, že byla vždy ponechána jedna rostlina v květináči. Pokusné rostliny byly dále umístěny na platech s netkanou nasákovou textilií pro zajištění rovnoměrného přísunu závlahové vody. Plata s rostlinami byla umístěna v růstovém boxu herbologické laboratoře (průměrná teplota 20 °C, doba osvětlení 15 h/den, závlaha byla přizpůsobena požadavkům rostlin v závislosti na růstové fázi). V těchto podmínkách byly rostliny pěstovány až do fáze vyvinutých čtyř pravých listů (růstová fáze doporučená pro aplikaci herbicidu, BBCH 14) a následně byl aplikován herbicidní přípravek Basagran Super (účinná látka bentazone 480 g, patří do skupiny inhibitorů fotosyntézy) v dávkách 2,0 (100 %), 1,5 (75 %) a 1,0 l.ha⁻¹ (50 %) / 300 l.ha⁻¹ vody, a to pomocí elektrického ručního postřikovače Solo Spraystar. Pokusy byly provedeny ve třech opakováních v počtu čtyř rostlin pro každou variantu (tj. celkem 12). Během měření byly zjišťovány tyto parametry: QY (quantum yield of fluorescence – kvantový výtěžek fluorescence) pomocí přístrojů FluorCam (viz Obr. 1) a Fluor Pen (viz Tab. III, Obr. 3), dále bylo provedeno subjektivní hodnocení rostlin dle desetibodové stupnice (viz Tab. I, Obr. 2) a hodnocení růstových parametrů (výška rostlin a počet listů větších než 5 mm, viz Tab. II). Měření probíhala v 0, 1, 2, 3, 6, 9 a 15 dnech po aplikaci (dále značeno jako DAT, přičemž 0-DAT znamená měření v den aplikace) herbicidu.

Charakteristika použitého herbicidu

Herbicidní přípravek Basagran Super s účinnou látkou bentazone 480 g.l⁻¹ + aktivátor 150 g je výrobcem (BASF, s.r.o., 2005) popsán jako selektivní kontaktní postemergentní herbicid ve formě kapalného koncentrátu pro ředění vodou určený proti dvouděložným plevelům v obilninách, kukuřici, bobu, hrachu a jiných plodinách. Jeho herbicidní účinnost spočívá především v brzdění fotosyntézy (skupina inhibitorů fotosyntézy na fotosystému II), a to poškozením buněčných membrán a poruchami transportu elektronů a s specifickými reakcemi s CO₂. Projev účinku jsou charakteristické popálením zasažených částí rostliny a blízkého okolí místa styku s herbicidem a následné usychání a úhyn celé rostliny.

Charakteristika použitých přístrojů

Fluorometr **FluorCam FC-800** (uzavřená verze, výrobce: PSI-Photon Systems Instruments) je navržen pro hodnocení listů, malých rostlin, sinic a řas především v laboratorních podmínkách. Snímky pořízené kamerou jsou vyhodnocovány programem „FluorCam pro Windows“, který je součástí dodávaného přístroje na CD (Trtílek, 2007).

FluorPen je přenosný bateriový fluorometr (výrobce: PSI-Photon Systems Instruments), který umožňuje rychlé a jednoduché měření parametrů

fluorescence chlorofylu nejen v laboratorních, ale i polních podmínkách. Počet měřitelných parametrů a nastavení je menší než u přístroje FluorCam, ale ve většině těchto parametrů se shodují. Jeho výhodou je především jeho přenosnost a snadná manipulace (Trtílek, 2007).

QY (kvantový výtěžek fluorescence) byl vybrán jako hodnotící parametr pro oba přístroje. Je vypočítán ze vzorce $QY = (F_m - F_0) / F_m$, kde F_m je maximální hodnota fluorescence a F_0 minimální hodnota fluorescence snímaného objektu. Tento parametr je v současnosti nejvíce prostudován a také je nejvíce využíván. Pro zjednodušení lze říci, že hodnota QY poukazuje na „zdravotní stav rostliny.“ Nabývá hodnot od 0 do 1, přičemž zdravé rostliny ve volné přírodě vykazují maximální hodnoty okolo 0,8 a snížení pod 0,7 znamená již významné zhoršení zdravotního stavu.

Stupnice subjektivního hodnocení

Pro subjektivní hodnocení byla vytvořena desetibodová stupnice, která vychází z morfologie laskavce ohnutého a z typických projevů herbicidu Basagran Super a podle stupně jejich projevu jim přiřazuje čísla od 1 do 10, kde 10 = zdravá rostlina, 1 = mrtvá rostlina.

K vyhodnocení získaných výsledků byl použit software Statistica. Výsledky byly statisticky testovány analýzou variance a pomocí metody konfidenčních intervalů naměřených hodnot.

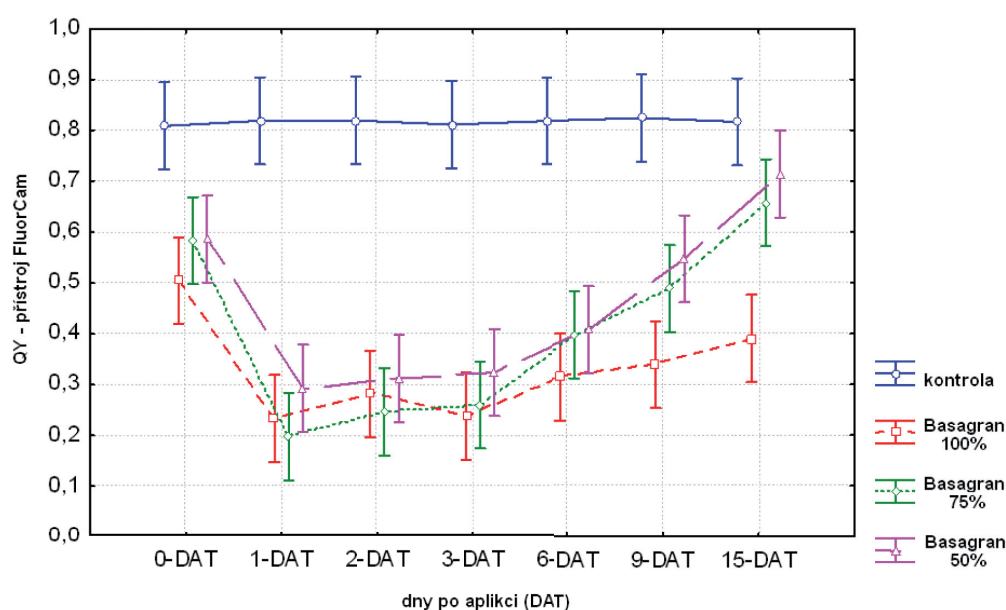
VÝSLEDKY A DISKUSE

Z naměřených hodnot QY vyplývá, že mezi jednotlivými dávkami herbicidu Basagran Super byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly až v 9-DAT mezi 100% a 50% dávkou, v termínu 15-DAT již byl statisticky průkazný rozdíl i mezi 100% a 75% dáv-

I: Tabulka jednotlivých stupňů subjektivního hodnocení a jejich charakteristika

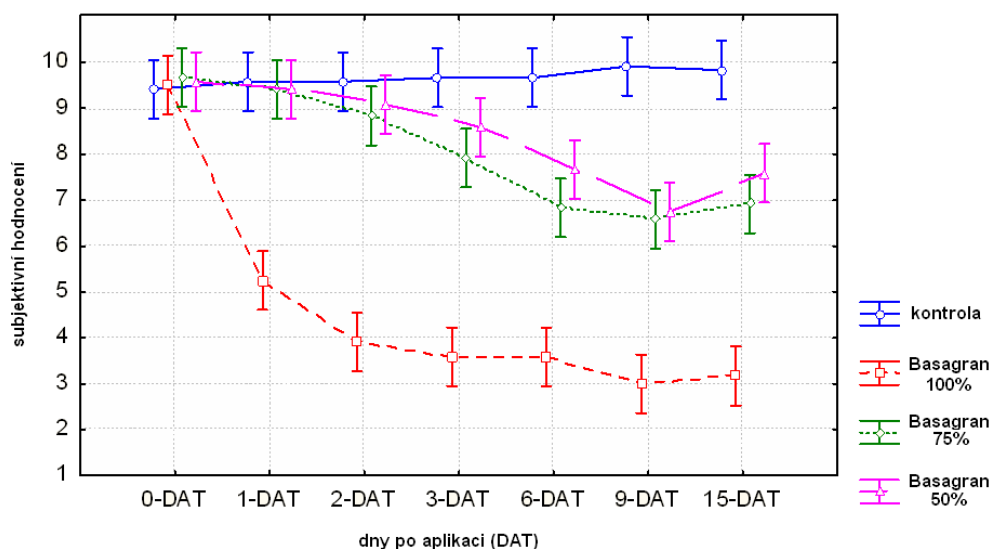
I: Description of ten-point scale levels used for subjective assessment

stupeň	charakteristika jednotlivých stupňů subjektivního (vizuálního) hodnocení
10	listy celistvé, bez popálení, rostlina vzpřímená
9	listy jeví první známky popálení (do 5% listové plochy), rostlina vzpřímená
8	listy lehce popáleny (do 20% listové plochy), rostlina vzpřímená
7	listy popáleny (do 35% listové plochy), rostlina vzpřímená
6	listy popáleny (do 50% listové plochy), rostlina vzpřímená či lehce nakloněná
5	listy silně popáleny (do 75% listové plochy), rostlina vzpřímená či lehce nakloněná
4	listy velmi silně popáleny (do 90% listové plochy), rostlina vzpřímená či nakloněná
3	listy plně popáleny (100% listové plochy), rostlina lehce či více nakloněná, stonek schne
2	listy plně popáleny (100% listové plochy) rostlina nakloněná či leží, stonek téměř suchý
1	listy plně popáleny (100% listové plochy) rostlina leží, stonek a celá rostlina jsou suché



1: Hodnoty QY pro jednotlivé varianty v termínech 0–15 dní po aplikaci (DAT) ($P=0,95$)

1: QY values for tested variants in 0–15 days after treatment (DAT) ($P=0.95$)



2: Hodnoty subjektivního hodnocení pro testované varianty v termínech 0–15 DAT ($P=0,95$)

2: Values of subjective assessment for tested variants in 0–15 DAT ($P=0,95$)

kou. Tento efekt byl způsoben koncentrací účinné látky, která způsobila silnější poškození rostlin laskavce u plné dávky bentazonu a tím také pokles hodnot QY oproti nižším dávkám.

Všechny testované dávky vykázaly velmi rychlý vliv na hodnoty QY a to již ve stejný den, kdy byla prováděna aplikace (0-DAT), k obdobným výsledkům došli také Vondra a Smutný (2008) a také Vondra a Kocurek (2010) při měření přístrojem PS-1 meter. Tato skutečnost je zapříčiněna způsobem účinku bentazonu, který patří mezi inhibitory fotosyntézy na fotosystému II. Jeho vliv na hodnoty QY je proto velmi rychlý detekovatelný již po několika minutách od aplikace. Statisticky průkazné rozdíly od kontrolní varianty byly sledovány ve všech termínech kromě 15-DAT, kdy došlo ke zvýšení hodnot QY z důvodu regenerace nedostatečně poškozených rostlin laskavce 50% a 75% dávkou. To bylo způsobeno nedokonalým popálením listové plochy při nižší koncentraci účinné látky v kombinaci s nedostatečným pokrytím listové plochy kapkami herbicidu.

Výsledky získané ze subjektivního hodnocení ukazují, že statisticky průkazný rozdíl od kontrolní varianty byl pozorován nejdříve u 100% dávky Bas-

agranu Super, přesněji po 1-DAT. U 75% dávky byl statisticky průkazný rozdíl zjištěn ve 3-DAT, u 50% dávky v 6-DAT. Tyto výsledky přímo odpovídají koncentraci bentazonu, čím vyšší koncentrace, tím rychlejší a intenzivnější herbicidní efekt.

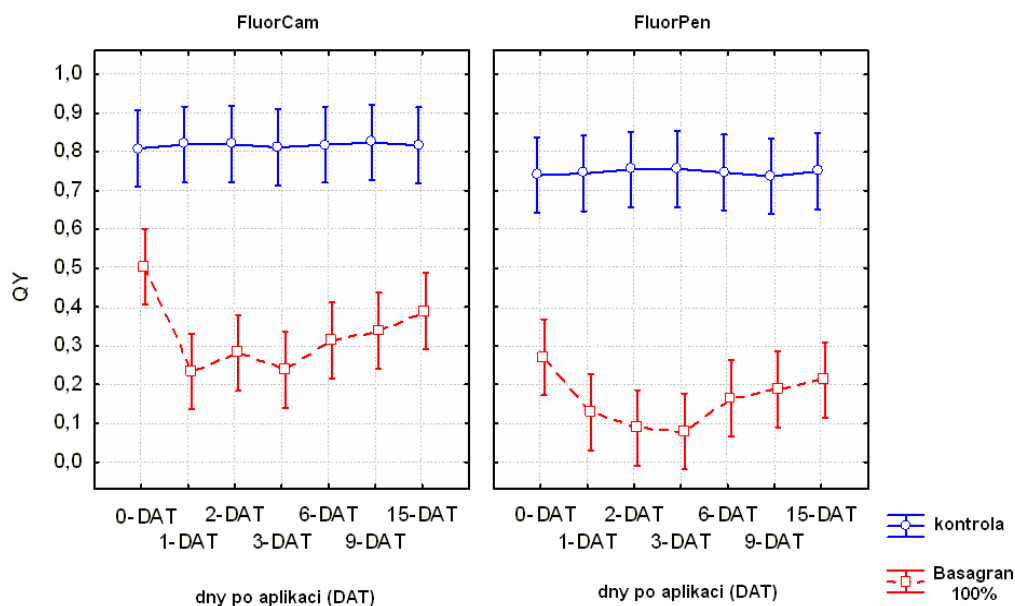
Mezi jednotlivými variantami diferencovaných dávek byl pozorován statisticky průkazný rozdíl v 1-DAT pro 100% dávku, mezi 75% a 50% dávkou nebyl v průběhu měření zjištěn žádný statisticky průkazný rozdíl. Tato skutečnost ukazuje na sníženou účinnost redukovaných dávek bentazonu, avšak s neprůkazným rozdílem mezi 75% a 50% dávkou. Rozdíl hodnot subjektivního hodnocení a rychlost jejich poklesu oproti měření QY je způsoben pomalejším projevením viditelných symptomů. Při měření QY jsou tyto rozdíly zaznamenatelné podstatně dříve.

Při hodnocení výšky testovaných rostlin byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly 100% dávky oproti kontrolní variantě a 50% dávce ve 3 a 6-DAT. V 9-DAT se od kontrolní varianty lišila 100% i 75% dávka, které byly statisticky průkazně rozdílné i vzájemně mezi sebou. Po 15-DAT se od sebe statisticky průkazně lišily již všechny testované dávky včetně kontroly. U hodnocení počtu listů větších než 5mm

II: Rozdíly mezi jednotlivými variantami u vybraných růstových parametrů stanovené na základě konfidenčních intervalů naměřených hodnot pro uvedené termíny ($P=0,95$)

II: Differences between tested variants evaluated by selected parameters and based on assessment of confidence intervals of measured values for stated terms ($P=0,95$)

Sledovaný znak→	Výška rostlin							Počet listů větších než 5 mm						
Varianta ↓ DAT→	0	1	2	3	6	9	15	0	1	2	3	6	9	15
Kontrola	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
Basagran Super 100%	a	a	a	b	b	c	b	a	b	b	b	c	c	c
Basagran Super 75%	a	a	a	ab	ab	b	c	a	a	a	a	b	b	b
Basagran Super 50%	a	a	a	a	a	ab	d	a	a	a	a	ab	b	b



3: Porovnání naměřených hodnot QY pro testované přístroje FluorCam a FluorPen ($P=0,95$)

3: Comparison of QY values measured by tested devices FluorCam and FluorPen ($P=0.95$)

byly v termínech 1, 2 a 3-DAT zjištěny statisticky průkazné rozdíly od kontroly. V 6-DAT byl pozorován statisticky průkazný rozdíl mezi kontrolou a 100% i 75% dávkou, dále mezi 100% a 75% a také mezi 100% a 50% dávkou. Po 9-DAT byl statisticky průkazný rozdíl sledován mezi kontrolou a všemi ostatními variantami, dále pak mezi 100% dávkou a ostatními variantami.

Počet listů větších než 5mm byl rychleji ovlivněn z důvodu kontaktního působení Basagranu Super a tudíž popálení listové plochy. Působení na stonky rostlin je však díky jeho zakrytí listy menší i díky minimálnímu kontaktu s herbicidem. Proto je vliv na výšku rostlin sledován, oproti počtu listů větších než 5 mm, až později, přesněji ve 3-DAT.

Při porovnání hodnot QY naměřených oběma přístroji byl pozorován statisticky průkazný rozdíl pouze u 100% dávky Basagranu Super v den aplikace (0-DAT). Průběhy hodnot mají pro oba přístroje obdobný charakter.

Přestože nebyly mezi jednotlivými přístroji zjištěny žádné statisticky průkazné rozdíly, kromě 100% dávky Basagranu Super v den aplikace, rozdíl průměrů hodnot je i přesto poměrně důležitým zjištěním, který je třeba brát v potaz při interpretaci hodnot naměřených jednotlivými přístroji. Tento rozdíl hodnot QY může být zapříčiněn průběhem mě-

III: Porovnání celkových průměrných naměřených hodnot pro testované přístroje

III: Comparison of overall average values for tested devices

	Průměr hodnot QY	
	Kontrola	Basagran Super 100%
FluorCam	0,817	0,328
FluorPen	0,747	0,162
Rozdíl	0,07	0,166

ření, kde u přístroje FluorCam dochází k úplné temnotní adaptaci rostlin, kdežto při měření přístrojem FluorPen je zapotřebí alespoň minimální osvětlení pro samotné realizování měření. V polních podmínkách může být tento rozdíl v důsledku slunečního záření ještě větší.

Celkový rozdíl naměřených hodnot je podstatně vyšší u varianty s herbicidem Basagran Super než u kontroly. Tento rozdíl je nejspíš zapříčiněn konstrukcí přístroje FluorPen a samotným způsobem měření. Přístroj FluorPen totiž měří hodnoty QY z kruhové výseče o průměru přibližně 7 mm, kdežto FluorCam snímá celou rostlinu. Při kontaktním působení Basagranu Super a lokálním popálení listů v místě dopadu kapky pak vznikají odchylky v naměřených hodnotách z důvodu snímání pouze menší části listu.

SOUHRN

Fluorescence chlorofylu je druh radiace o vlnové délce přibližně 685 nm, která je přirozeně vyzařována rostlinami jako nevyužitá část energie absorbované ze slunečního světla. Její intenzita závisí na mnoha faktorech, jako je stres, výživa, počasí atd. Metody založené na měření fluorescence chlo-

rofyly mají potenciál stát se využitelné pro hodnocení účinnosti herbicidů, fytotoxicity nebo rostlinného stresu. Mouget a Tremblin (2002) uvádějí, že je to metoda nedestruktivní, neinvazivní, rychlá a zároveň velmi citlivá. Používá se ve velké míře k časné detekci abiotického i biotického stresu (vysoká teplota, mráz, sucho, nedostatek živin, infekce, působení herbicidů aj.) (Oukarroum *et al.*, 2007 i Tóth *et al.*, 2007 i Christen *et al.*, 2007) nebo pro hodnocení aktivity antioxidantů či tolerance plodin k chladu (Janda *et al.*, 2005). Současné metody jsou založeny především na subjektivním hodnocení ošetřených rostlin lidskými smysly, což může způsobit určité nepřesnosti.

Dva přístroje pro měření fluorescence chlorofylu byly použity pro měření (FluorCam a ruční přístroj FluorPen) v laboratorních pokusech z let 2007–2009. Herbicid Basagran Super s účinnou látkou bentazon byl testován a hodnocen oběma přístroji pomocí parametru, kvantový výtěžek fluorescence (QY), a to ve třech různých dávkách. Plná registrovaná dávka 2,0 l.ha⁻¹ (100%), 1,5 l.ha⁻¹ (75%) a 1,0 l.ha⁻¹ (50%). Ošetřené pokusné rostliny laskavce ohnutého (*Amaranthus retroflexus*) byly měřeny pomocí obou přístrojů v 0, 1, 2, 3, 6, 9 a 15 dní po aplikaci herbicidu (DAT) a výsledky byly porovnány se subjektivním hodnocením a růstovými parametry.

Získané výsledky ukázaly, že vliv bentazonu jsou schopny změřit oba přístroje a hodnoty byly statisticky průkazně odlišné od kontroly. Pomocí měření QY můžeme také zaznamenat účinek herbicidu dříve než jakýmkoli jiným růstovým parametrem či subjektivním hodnocením (u obou přístrojů a všech dávek), a to již ve stejný den, kdy byla provedena aplikace. Hodnocení jednotlivých dávek bentazonu měřením QY přístrojem FluorCam ukázalo statisticky průkazné rozdíly po 15 dnech od aplikace pro plnou dávku (2,0 l.ha⁻¹) ve srovnání s dávkami 1,5 l.ha⁻¹ (75%) a 1,0 l.ha⁻¹ (50%). Pro subjektivní hodnocení byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly 100% dávky od kontroly ve všech termínech měření (1–15 dnů po aplikaci), s výjimkou dne provedení aplikace. Regenerace rostlin byla pozorována u všech dávek v důsledku nedostatečného zasažení především mladých vyrůstajících listů. K tomuto jevu došlo šest dní po aplikaci u dávky 2,0 l.ha⁻¹ (100%) a devět dní u dávek 1,5 l.ha⁻¹ (75%) a 1,0 l.ha⁻¹ (50%). Rozdíl hodnot QY použitých přístrojů byl v průměru 0,070 pro kontrolu, 0,166 pro dávku 2,0 l.ha⁻¹ (100%) a 0,119 pro všechny naměřené hodnoty (průměrné hodnoty QY byly vyšší u přístroje FluorCam). Tyto rozdíly však byly statisticky neprůkazné.

SUMMARY

Chlorophyll fluorescence is a type of radiation with specific wavelength (approximately 685 nm) which is naturally emitted by plants as unused part of energy absorbed from sunlight. Its intensity depends on many factors like stress, nutrition, weather conditions etc. Methods based on chlorophyll fluorescence measurement have potential to be perspective for the assessment of herbicide efficacy, phytotoxicity or stress. This method is non-destructive, non-invasive, fast and also very sensitive (Mouget and Tremblin, 2002). It is used for early detection of abiotic and biotic stress (high temperature, frost, drought, lack of nutrients, infection, exposure to herbicides, etc.) (Oukarroum *et al.*, 2007 i Toth *et al.*, 2007 i Christen *et al.*, 2007) or for assessing of antioxidant activity and chilling tolerance of crops (Janda *et al.*, 2005). Current methods are mainly based on subjective assessment of treated plants by human senses, which can cause some inaccuracies.

Two instruments for measuring chlorophyll fluorescence were used for measurements (FluorCam device and handy FluorPen device). In the laboratory experiments from years 2007–2009, herbicide Basagran super with active ingredient bentazone was tested and assessed by both instruments using a parameter called 'Quantum yield of fluorescence' (QY) in three different doses. The full registered dose 2.0 l.ha⁻¹ (100%), 1.5 l.ha⁻¹ (75%) and 1.0 l.ha⁻¹ (50%). Treated experimental plants of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) were measured using both devices at 0, 1, 2, 3, 6, 9 and 15 days after treatment and results were compared with current subjective assessment and growth parameters.

The obtained results showed that the effect of bentazone measured by both devices was statistically significantly different from control. We can also detect herbicide effect earlier by QY measurement than by any other assessed growth parameter or subjective assessment, namely in the same day when the application was carried out (for both devices and all doses). Different doses assessment showed statistically significant differences in 15 days after treatment for full dose (2.0 l.ha⁻¹) in comparison with both reduced doses assessed by QY measurement with FluorCam device. For subjective assessment were statistically significant differences of 100% dose compared to control in all terms of measurement (1–15 days after application) except of the day of application. Regeneration of plants for which the youngest leaves were not treated by herbicide was observed for all doses. This occurred in 6 days after application for the dose 2.0 l.ha⁻¹ (100%) and 9 days for doses 1.5 l.ha⁻¹ (75%) and 1.0 l.ha⁻¹ (50%). Difference of values from used devices was on average 0.070 for control, 0.166 for dose 2.0 l.ha⁻¹ (100%) and 0.119 in overall (average QY values were higher for FluorCam device).

Poděkování

Příspěvek vznikl za finanční podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR, jako součást řešení výzkumného projektu – 2B06124 „Snižování dopadů a rizik na životní prostředí a získání informací pro kvalifikované rozhodování metodami precizního zemědělství“ a Výzkumného záměru č. MSM6215648905 „Biologické a technologické aspekty udržitelnosti řízených ekosystémů a jejich adaptace na změnu klimatu“.

LITERATURA

- ABBASPOOR, M., TEICHER, H. B., STREIBIG, J. C., 2006: The effect of root-absorbed PSII inhibitors on Kautsky curve parameters in sugar beet. *Weed Research*, 46 (3): 226–235.
- BASF, spol. s r. o., 2005: Etiketa herbicidního přípravku Basagran Super, Agromanuál, [on-line]: http://www.agromanual.cz/download/pdf_etiketa/e_basagran_super.pdf.
- BROWN, R. B., ANDERSON, G. W., PROUD, B., STECKER, J.P., 1990: Herbicide application control using GIS weed maps. ASAE paper, 90: 1061–1066.
- CHRISTEN, D., SCHÖNMANN, S., JERMINI, M., STRASSER, R. J., DÉFAGO, G., 2007: Characterization and early detection of grapevine (*Vitis vinifera*) stress response to esca disease by in situ chlorophyll fluorescence and comparison with drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 60: 504–514.
- DOYLE, P., STYPA, M., 2004: Reduced herbicide rates – A Canadian perspective. *Weed technology*, 18: 1157–1165.
- HAAGE, I. R., BASTIAANS, L., KEMPENAAR, C., 2002: Exploring options for improved low dose application based on the MLHD-technology. In: *Proceedings 12th Symposium European Weed Research Society*, Wageningen UR, 200–201.
- HANKS, J., BECK, J., 1997: Sensor-controlled hooded sprayer for row crops. *Agricultural research servise, Tekran*, [online]: <http://www.nal.usda.gov/ttic/tektran/tektran.html>.
- JANDA, T., KÓSA, E., PINTÉR, J., SZALAI, G., MARTON, C. L., PÁLDI, E., 2005: Antioxidant activity and chilling tolerance of young maize inbred lines and their hybrids. *Cereal Research Communications*, 33: 2–3, 541–548.
- KLEM, K., 2006: Využití fluorescence chlorofylu v rostlinolékařství, *Rostlinolékař*, 1: 23–25.
- KOCUREK, V., 2007: Využití metody fluorescence chlorofylu ke stanovení účinnosti herbicidů, *Graduation theses, Mendelova zemědělská a lesnická universita v Brně*, 80 s.
- LOUX, M. M., STRACHLER, J. M., HARRISON, S. K., 1998: Weed control guide for Ohio field crops, *Bulletin 789, Ohio state university*, 15.
- MOUGET, J. L., TREMBLIN, G., 2002: Chlorophyll fluorescence *in vivo*, *Aquatic Botany* 74: 219–231.
- OERKE, E. C., DEHNE, H. W., SCHÖNBECK, F., WEBER, A., 1994: Crop production and Crop protection – Estimated losses in major food and cash crops. 830 s., ISBN 0444820957.
- OUKARROUM, A., MADIDI, S. E., SCHANSKER, G., STRASSER, R. J., 2007: Probing the responses of barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.) by chlorophyll a fluorescence OLKJIP under drought stress and re-watering. *Environmental and Experimental Botany*, 60: 438–446.
- RIETHMULLER-HAAGE, I., 2006: On the optimization of low dosage application systems: Improvement of dose advice and early detection of herbicidal effect. PhD. Thesis of Ingrid Riethmuller-Haage, Wageningen 12 May, 134, ISBN 90-8504-421-9.
- SALONEN, J., JAAKKOLA, S., 1997: Reduced herbicide doses in carrot production. *Proceedings of Brighton crop protection conference*, p. 891–894.
- SCHRODER, G., MEINLSCHMIDT, E., BAER, H., BERGMANN, E., PITTORE, I., 2007: The use of reduced rates of herbicide mixtures in maize - an example of implementation of an integrated plant protection into agricultural practice. *Gesunde Pflanzen*, 59: 127–139.
- TÓTH, S. Z., SCHANSKER, G., GARAB, G., STRASSER, R. J., 2007: Photosynthetic electron transport activity in heat-treated barley leaves: The role of internal alternative electron donors to photosystem II. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1767: 295–305.
- TRTÍLEK, M., 2007: Professional instruments for plant science, biotechnology medicine and agriculture. *Společnosti Photon Systems Instruments Brno*, [on-line]: <http://www.psi.cz/products/>.
- VONDRA, M., SMUTNÝ, V., 2008: Účinnost redukováných dávek herbicidů Callisto 480 SC + Atplus 463 a Basagran Super na laskavec ohnutý (*Amaranthus retroflexus*). *Acta universitatis agriculturae et silviculturae Mendelianae Brunensis*, 4: 207–214.
- VONDRA, M., KOCUREK, V. (2010): Different responses of weeds to reduced bentazone doses. *Növénytermelés – Crop Production*, 2010, Vol. 59, suppl. (in print).
- ZIMDAHL, R. L., 1980: Weed – crops competition. *International plant protection center, Corvallis, OR*, 195 s.

Adresa

Ing. Vojtěch Kocurek, Ing. Michal Vondra, Ph.D., Ing. Vladimír Smutný, Ph.D., Ústav agrosystémů a bioklimatologie, Mendelova univerzita v Brně, 613 00 Brno, Zemědělská 1, Česká republika, e-mail: vojtech.kocurek@seznam.cz, michal.vondra@mendelu.cz, smutny@mendelu.cz

