

VYUŽITÍ METODY MĚŘENÍ FLUORESCENCE CHLOROFYLU KE STANOVENÍ FYTOTOXICITY MESOTRIONE U MÁKU SETÉHO (*Papaver somniferum*) VE VZTAHU K APLIKAČNÍM FAKTORŮM

J. Filová, V. Kocurek, V. Smutný

Došlo: 28. června 2010

Abstract

FILOVÁ, J., KOCUREK, V., SMUTNÝ, V.: Use of the method of measurement of chlorophyll fluorescence to determine the phytotoxicity of mesotrione in poppy (*Papaver somniferum*) in relation to application factors. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2010, LVIII, No. 5, pp. 107–116

The aim of the research work was to evaluate phytotoxicity of mesotrione in poppy (*Papaver somniferum*). The amount of spraying water (150, 300 and 450 l per hectare) was compared as well. In the end, the different growth stimulators (Atonik – 0.6 l.ha⁻¹, Route – 0.8 l.ha⁻¹) and the adjuvants (At-plus 463 – 0.5% solution, Silwet 77 – 0.1 l.ha⁻¹) were tested. Degree of phytotoxicity of individual variants was assessed by measuring chlorophyll fluorescence (parameter: maximum quantum yield of electron transport in photosystem II - QY) in 1st to 21st day after treatment. The results showed that the application of mesotrione caused phytotoxicity on poppy plants. The most significant phytotoxicity is evident at doses of 450 l spraying water per hectare. Addition of growth stimulators and adjuvants increases the phytotoxicity (decreases the value of QY) compared to the herbicide application itself. The mesotrione reduced the weight of dry plants by 15% (150 l of spraying water), 1% (300 l of spraying water) and 64% (450 l of spraying water) compared to control variant.

phytotoxicity, poppy, mesotrione, chlorophyll fluorescence, growth stimulators, adjuvants

Mák setý je velmi citlivou plodinou k herbicidům, při jejichž použití často dochází k poškození porostů, tj. k tzv. projevům fytotoxicity (Klem, 2010). Vzhledem k celosvětově nízké rozloze pěstování máku neprobíhá cílený vývoj herbicidů a to souvisí se zmíněnou zvýšenou citlivostí k používaným přípravkům. K regulaci plevelného spektra bývají používány dodatečně registrované herbicidy, jinak běžně používané v kukuřici a hustě setých obilninách. To s sebou přináší řadu negativních dopadů, přičemž nejzávažnější jsou problémy se selektivitou (Klem, 2008). Správnou aplikací herbicidů je nutno maximálně vyloučit nebo omezit projev fytotoxicity a tím zachovat optimální hustotu porostu a rozhodující výnosotvorné prvky (Bechyně a kol., 2001).

K omezení projevů fytotoxicity u postemergentních herbicidů je nutné dodržet pravidlo, aby byl postřik aplikován na dostatečně vytvořenou vosko-

vou vrstvičku na povrchu listů. Riziko poškození plodiny zvyšuje přidávání smáčedel, použitím tryssek s velkými kapkami, vysoká dávka vody a podpora vzduchu znamenající snadnější smáčení listu (Klem, 2005; Bechyně a kol., 2001). Účinnost herbicidů a selektivita jsou významně ovlivňovány také růstovou fází a teplotami v době aplikace (Klem, 2008).

Mnoho studií využívá fluorescenci chlorofylu jako velmi citlivou metodu zjišťující fyziologický stav rostlin v širokém rozmezí situací (Backer a Rosengvist, 2004; Christen a kol., 2007; Strasser a kol., 2004). Fluorescence chlorofylu slouží také jako dobrý nástroj pro hodnocení různých skupin herbicidů, např. inhibitory PSII, inhibitory ALS, inhibitory ACC a další (Abbaspoor a kol., 2006; Abbaspoor a Streibig, 2005; Riethmuller-Haage, 2006).

Časnou detekci herbicidních účinků pomocí fluorescenční kamery zkoumali Smutný a kol. (2006). Využití fluorescenčních parametrů v praxi popisuje Vondra a Smutný (2008a,b, 2009; Kocurek a kol., 2009), kteří se zabývali vlivem redukováných dávek účinné látky mesotrione na plevu nebo možností fytotoxického působení na kukuřici setou.

Cílem práce je komplexně zhodnotit míru fytotoxicity účinné látky mesotrione obsažené v herbicidu Callisto 480 SC na mák setý a získat poznatky o tom, jak výrazně zvyšuje fytotoxicitu máku přídavek zcela rozdílných typů smáčedel (parafínový olej a organosilikonové smáčedlo). Experiment se stimulatory růstu má přinést výsledky o možném snížení fytotoxicity postemergentně aplikovaných herbicidů.

MATERIÁL A METODY

Experimentální rostliny máku setého (modrosemenný, odrůda Maraton) byly pěstovány v květináčích (rozměry 6,5 × 6,5 × 7 cm) při ustálených podmínkách v laboratoři, ve světelném boxu. Zemina použitá pro kultivaci pocházela z polní pokusné stanice v Žabčicích (půdní druh – středně těžká půda, s obsahem přístupných živin dle AZP: fosfor 174 mg.kg⁻¹ – (vysoký obsah), draslík 297 mg.kg⁻¹ (dobrá zásoba), vápník 2550 mg.kg⁻¹ (dobrá zásoba), hořčík 202 mg.kg⁻¹ (dobrá zásoba) zeminy a pH 6,38). Zavlažování bylo prováděno podle vlhkosti zeminy tak, aby půda zůstávala vlhká. Stálé teplotní podmínky 18/16 °C (den/noc) zajišťovala klimatizace. Jako světelný zdroj byly použity spořivé žárovky Envirolite™ 200 W, 220/240 V, 50/60 Hz, 6400 K vytvářející modrobílé světlo s intenzitou osvětlení 150 μmol.m⁻².s⁻¹ fotosynteticky aktivní radiace (PAR) s fotoperiodou 16/8 hod (den/noc).

V růstové fázi 5–6 pravých listů byly rostliny ošetřeny dle přehledu variant v tab. I. Základ experimentu tvořil herbicid s ú. l. mesotrione (Callisto 480 SC, registrovaný do máku setého), k němuž se v jednotlivých variantách přidávaly vybrané pomocné látky (smáčedla – Atplus 463, Silwet L-77 a stimulatory růstu – Atonik, Route). Pokus byl zaměřen i na poznatky o herbicidním efektu s různým množstvím aplikační kapaliny (150, 300 a 450 l vody na ha). Záměrem pokusu bylo objektivně kvantifikovat míru fytotoxicity herbicidu a tank-mixů při různých dávkách vody a použitím pomocných látek oproti použití samotného herbicidu.

Aplikace postřikové kapaliny byla provedena ručním postřikovačem se stálým tlakem. Jemné spektrum kapek v postřiku zabezpečovala standardní šterbinová tryska (oranžová, 01F110, Lurmark).

Charakteristika použitých přípravků

Přípravek **Callisto 480 SC** má účinnou látku **mesotrione**. Podle rozdělení HRAC náleží do skupiny F₂, triketonů (Dayan, 2007). Chemický název je 2-[4-(methylsulfonyl)-2-nitrobenzoyl]-1,3-cyclohexanedione. Tato chemická látka působí jako inhibitor p-hydroxyphenyl pyruvát dioxygenázy, která ovlivňuje biosyntézu karotenoidů (Cobb a Kirkwood, 2000; Devine a kol., 1993). Systemický účinek na plevu je doprovázen vybělováním listů (Dayan, 2007; Radosevich a kol., 1997) a nekrotizací meristematickým pletiv. Přípravek Callisto 480 SC je registrován do máku setého v dávce 0,2 l.ha⁻¹ (ú. l. 96 g.ha⁻¹) při postemergentní aplikaci a 0,25 l.ha⁻¹ při preemergentní aplikaci.

Atonik je rostlinný stimulator s antistresovým účinkem, obsahuje 2-nitrofenol Na, 4-nitrofenol Na, 2-methoxy-5-nitrofenol Na.

I: Přehled pokusných variant s aplikací mesotrione (96 g.ha⁻¹) v 5.–6. pravém listu máku
I: Experimental variants with applications of mesotrione (96 g.ha⁻¹) in the 5–6 true leaves

Varianta	Dávka vody (ha)	Přídavné látky k mesotrione	Označení
1		-	mesotrione 150 l vody
2		Silwet L - 77 (0,1 l.ha ⁻¹)	mesotrione+Silwet 150 l vody
3	150 l	Atplus 463 (0,5%)	mesotrione +Atplus 150 l vody
4		Atonik (0,6 l.ha ⁻¹)	mesotrione +Atonik 150 l vody
5		Route (0,8 l.ha ⁻¹)	mesotrione +Route 150 l vody
6		-	mesotrione 300 l vody
7		Silwet L - 77 (0,1 l.ha ⁻¹)	mesotrione +Silwet 300 l vody
8	300 l	Atplus 463 (0,5%)	mesotrione +Atplus 300 l vody
9		Atonik (0,6 l.ha ⁻¹)	mesotrione +Atonik 300 l vody
10		Route (0,8 l.ha ⁻¹)	mesotrione +Route 300 l vody
11		-	mesotrione 450 l vody
12		Silwet L - 77 (0,1 l.ha ⁻¹)	mesotrione +Silwet 450 l vody
13	450 l	Atplus 463 (0,5%)	mesotrione +Atplus 450 l vody
14		Atonik (0,6 l.ha ⁻¹)	mesotrione +Atonik 450 l vody
15		Route (0,8 l.ha ⁻¹)	mesotrione +Route 450 l vody

Přípravek **Route** je hnojivo se zinkem ve formě komplexní sloučeniny. Na rostliny působí jako safer a aktivátor růstu rostlin.

Silwet L – 77 je neiontové organosilikonové smáčedlo (supersmáčedlo) na bázi heptamethyltrisiloxanu modifikovaného polyalkylenoxidem 84%. Snižuje povrchové napětí postřikové kapaliny a zvyšuje smáčení listů. Používá se v koncentracích 0,025–0,15%, obvyklá dávka je 0,1 l na hektar. Výrobce doporučuje nižší dávky vody 100 (obilniny) – 200 (cukrovka) l.ha⁻¹.

Atplus 463 je smáčedlo obsahující parafinový olej – 60%, POE-sorbitol oleát – 40%, POE-tridecylalcohol. Je speciálně doporučován pro přípravek Calisto 480 jako nezbytný doplněk pro ochranu proti plevelům v kukuřici seté (0,5% roztok) a proti silnému zaplevelení i v máku setém.

K měření fluorescence chlorofylu byla použita uzavřená verze fluorescenční kamery FluorCam od firmy Photon Systems Instruments, která umožňuje obrazovou analýzu naměřených hodnot. Při měření byl použit protokol Fv/Fm. Jako nejvhodnější parametr pro hodnocení byl zvolen maximální kvantový výtěžek (QY) elektronového transportu fotosystému II (PSII). QY je parametr vypočítaný z naměřených výsledků fluorescence F_o a F_m . F_o je minimální fluorescence chlorofylu temnostně adaptované rostliny, F_m je maximální fluorescence chlorofylu rostliny. Rozdíl těchto fluorescencí je fluorescence variabilní (F_v). QY je bezrozměrná veličina počítaná podle vzorce F_v/F_m (Obr. 1).

herbicidů na růst máku byl zjišťován pomocí vážení sušiny celých nadzemních částí rostlin na konci měření (21. den). Rostliny byly sušeny při teplotě 60 °C do konstantní hmotnosti.

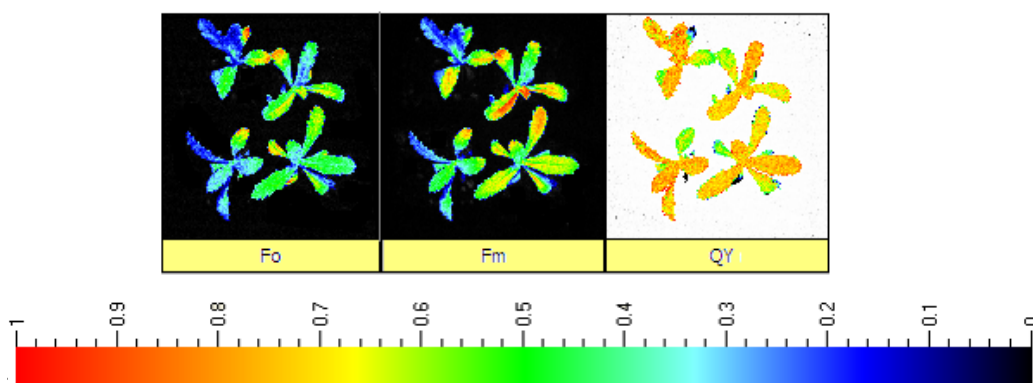
Statistické hodnocení bylo provedeno analýzou variance s následným testováním průkaznosti středních hodnot Tukeyovým testem ve statistickém softwaru Statistica.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Hodnocení fytotoxicity mesotrione prostřednictvím parametru QY

Průměrná hodnota maximálního kvantového výtěžku máku setého u neošetřených rostlin byla 0,848, což odpovídá dle Mohammeda a kol. (2003) excelentnímu fyziologickému stavu.

Mesotrione je méně fytotoxický k máku setému při preemergentní aplikaci (Klem, 2009), ovšem zejména u postemergentních aplikací může docházet po 7 až 14 dnech k vybělení porostů a pozastavení růstu (Young a kol., 2003), které má za následek výnosovou depresi (Vlk, 2009). Creech a kol. (2004) také udávají, že po použití mesotrione může docházet k poklesu fotosyntetické aktivity, aniž by byla patrná vizuální poškození. K podobným závěrům dospěli u kukuřice také Vondra a Smutný (2009). V pokusu s mákem byly zaznamenány projevy fytotoxicity v reakci na herbicid od mírných, statisticky neprůkazných (při nižších dávkách vody), až po velké



1: Obrazová analýza některých parametrů při měření fluorescence chlorofylu máku setého (F_o – fluorescence minimální, F_m – fluorescence maximální, QY – maximální kvantový výtěžek elektronového transportu fotosystému PSII). Hodnoty QY jsou vyjádřeny analýzou obrazu v měřítku škály falešných barev. QY nabývá hodnot 0–1. Hodnocení fyziologického stavu rostlin dle Mohammed a kol. (2003): 0,83–0,76 excellentní, 0,75–0,70 dobrý, 0,69–0,66 příznivý, 0,65–0,60 mírný stres, 0,59–0,50 střední stres, $\leq 0,49$ vážný stres.

1: Image analysis of some parameters of chlorophyll fluorescence of poppy (F_o – minimal fluorescence, F_m – maximum fluorescence, QY – maximum quantum yield of electron transport photosystem PSII). QY values are evaluated by image analysis in the scale range of false colours. QY take values 0–1. Evaluation of physiological status according to Mohammed et al. (2003): 0.83 to 0.76 excellent, 0.75 to 0.70 good, 0.69 to 0.66 positive, 0.65–0,60 mild stress, from 0.59 to 0.50 mean stress, severe stress ≤ 0.49 .

Jednotlivé varianty měly čtyři opakování. Měření fluorescenčních parametrů probíhalo v termínech – 24 hodin po aplikaci (1. den po aplikaci), a pak ve 2., 4., 7., 14. a 21. den po aplikaci. Sledované objekty byly před každým měřením ponechány 15 minut ve tmě, aby byly temnostně adaptovány. Přímý vliv

projevy fytotoxicity při použití některých přídatných látek a vysoké dávky vody (450 l/ha).

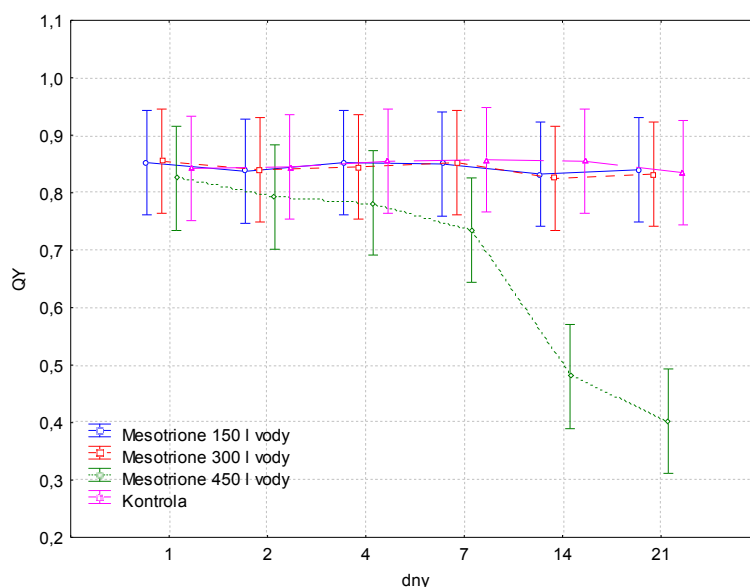
Při hodnocení vlivu dávky vody na fytotoxicitu ú. l. mesotrione parametrem QY nebyl nalezen statisticky průkazný rozdíl mezi aplikací samotného herbicidu při 150, 300 l vody.ha⁻¹ a kontrolní vari-

antou (Graf 2), přičemž se ale projevil mírný pokles hodnot QY ve 14 dnech po aplikaci. Dávka vody 450 l.ha⁻¹ způsobila snížení hodnot QY, již od 1. dne měření.

Množství vody potřebné pro aplikaci většinou determinují chemické charakteristiky herbicidu a také hustota porostu. Všeobecně platí, že lepší pokryvnost se dosahuje se zvyšující se dávkou vody (Radoševich a kol., 1997). Výraznější smáčení listů vyšší dávkou vody ale způsobuje u máku i větší projev fytotoxicity (Klem, 2010), což podporují i získané výsledky měření fluorescence chlorofylu.

lem Silwet L 77 a herbicidem Affinity. Autoři konstatovali, že při použití přípravku Silwet L 77 společně s herbicidem Affinity v dávce 0,75 kg.ha⁻¹ bylo dosaženo prakticky stejného účinku na plevy jako u varianty samostatně použitého herbicidu Affinity 1 kg.ha⁻¹. U varianty se smáčedlem však došlo ke snížení výnosu o 24% (zvýšení fytotoxicity vzhledem k zesíleným kontaktním účinkům).

Při dávce 150 l vody.ha⁻¹ (Graf 3) nebyl mezi kontrolou a variantou ošetřenou herbicidem průkazný rozdíl ani na konci měření (kontrola – 0,835, mesotrione – 0,84). Oba druhy smáčedel při dávce vody



2: Hodnoty QY máku po ošetření mesotrione s různými dávkami vody na ha. Hladina významnosti sloupců 0,95.

2: QY values of poppy after treatment by mesotrione with different doses of spraying water per hectare. Level of significance 0.95.

Hodnoty QY rostlin ošetřených mesotrione a různými smáčedly byly výrazně ovlivněny dávkou vody, v níž byl tank mix aplikován (Grafy 3, 4, 5). Smáčedlo Atplus 463, jež je doporučeným smáčedlem k přípravku Callisto 480 SC (ú. l. mesotrione), zejména do kukuřice, se projevilo nejrazantnějším účinkem na snížení hodnot QY u všech dávek vody. Tento výsledek je způsoben nejspíše tím, že smáčedlo Atplus 463 obsahuje parafinový olej, který zvyšuje penetraci účinné látky do rostlin a také zvyšuje fytotoxické působení herbicidů (Manthey a kol., 1992). Zvýšenou fytotoxicitu u máku zaznamenali po ošetření u varianty mesotrione + Aplus 463 Cihlář (2005) a Klem (2008) ve srovnání se samotným mesotrione. Klem (2009) ve svých pokusech zjistil fytotoxicitu u máku ve výši 10% po postemergentní aplikaci mesotrione (72 g.ha⁻¹) a Atplus 463 (1 l.ha⁻¹).

Slaběji zvyšuje fytotoxicitu Silwet L-77 náležející do skupiny organosilikonových smáčedel. Tato smáčedla vykazují nižší účinnost při aplikaci příliš vysoké dávky vody a také nejsou vhodná v kombinaci se všemi herbicidy (Franz a kol., 1997). Cihlář a kol. (2004) prováděli pokusy na máku se smáčed-

150 l/ha snižovaly hodnoty QY oproti ošetření samotným herbicidem již od 1. dne měření. Smáčedlo Silwet L – 77 způsobuje velké kolísání hodnot QY, mezi prvním až druhým dnem snižování, pak nárůst hodnot QY a ve 14. a posledním dni měření (0,767, průkazné k variantě ošetřené samotným herbicidem) opět pokles hodnot. Smáčedlo Atplus 463 způsobilo postupné snižování QY od prvního dne měření až po 7. den (0,755, průkazné k ostatním variantám), kdy byla hodnota QY nejnižší. Od tohoto dne pak docházelo ke zvyšování QY až na konečnou hodnotu 0,83.

Při dávce 300 l vody.ha⁻¹ (Graf 4) dochází k projevům snižování hodnot QY u rostlin ošetřených herbicidem se smáčedly opět již od 1. dne měření. Zpočátku se zdá, že větší snížení QY je u varianty s přípravkem Silwet L – 77, ovšem po druhém dni (průkazné k herbicidu v sólo aplikaci) dochází k nárůstu QY až ke konečným hodnotám QY (0,825) shodným s hodnotami u rostlin ošetřených samotným herbicidem (0,833). U smáčedla Atplus 463 se projevila stejný trend jako u nižší dávky vody, prvním dnem měření začíná postupný pokles hodnot QY

(4., 7. a 14. den po aplikaci průkazné k mesotrione) s minimem v 7. dni měření (0,658) a pak nárůstem hodnot (v 21 dnech – 0,795).

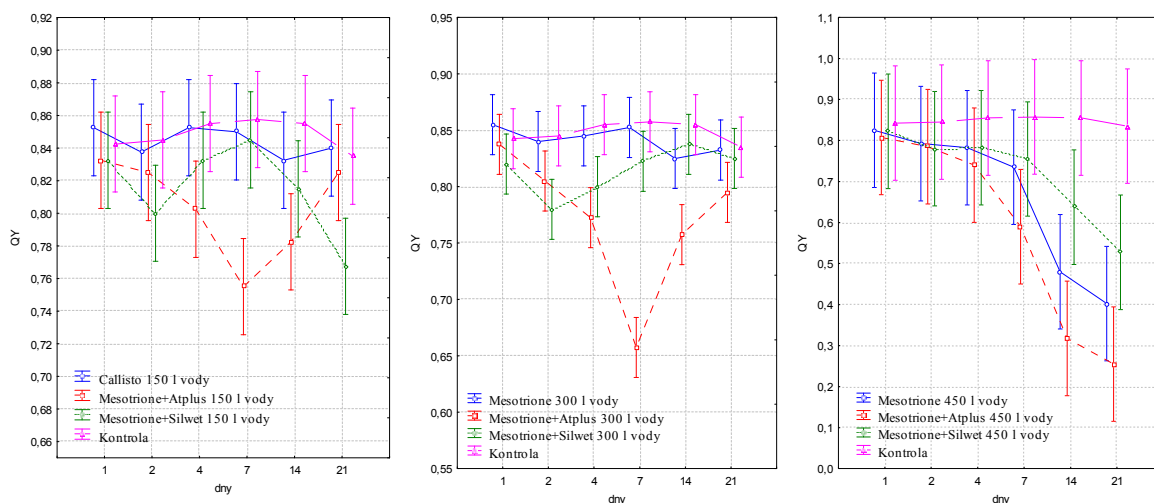
Nejvyšší dávka vody na ha (450 l) způsobovala snižování hodnot QY u všech variant ošetřených herbicidem (Graf 5). Od prvního dne měření dochází k postupnému snižování všech hodnot QY. V 7. dni měření lze zaznamenat rozdíly v hodnotách QY mezi variantami ošetřenými herbicidem a herbicidem se smáčedly. Vzhledem k variantě ošetřené samotným herbicidem došlo ke zvýšení hodnot QY u smáčedla Silwet a snížení hodnot QY u smáčedla Aplus. Ve 14. dni měření jsou rozdíly mezi variantami se smáčedly průkazné.

Na základě zjištěných výsledků z měření fluorescence chlorofylu lze konstatovat, že aplikace se smáčedlem v porostech máku setého by měla být omezena pouze na skutečně výjimečné případy silného zaplevelení, přičemž vždy je nutné počítat s nárůstem intenzity poškození. Výsledky jsou shodné se závěry Klema (2005).

dějších termínech hodnocení (zvýšení výnosu o 0,1 t.ha⁻¹).

Roubal (2010) doporučuje aplikaci Atoniku v tank mix kombinacích u kontaktních herbicidů, kde snižuje fytotoxicitu. U postemergetních systémických herbicidů (mesotrione) je lepší následná aplikace stimulatoru přibližně 5–10 dní po herbicidu, kdy dochází k nejlepším výsledkům regenerace, společně s přídavkem 5% roztoku močoviny (dávka vody 200 l.ha⁻¹) (Cihlár a kol., 2007).

Podrobnější výsledky QY při 150 l vody.ha⁻¹ ukazují, že dochází ke snížení QY již 1. den měření (tak jako u použití smáčedel) až do konce měření oproti použití samotného herbicidu (Graf 6). U stimulatoru Atonik dochází během 1–2. dne měření k poklesu hodnot, mezi 2. až 7. dnem měření k nárůstu hodnot QY a během 14. a 21. dne měření opět k výraznému poklesu hodnot QY. Podobný trend vykazoval i druhý stimulator – Route. Pokles hodnot byl od 1. do 4. dne měření, nárůst hodnot byl zjištěn v 7. dni měření a pak následoval také pokles hod-



3, 4, 5: Porovnání fytotoxicity mesotrione při aplikaci se smáčedly (Aplus 463, Silwet L – 77) při dávce vody 150, 300, 450 l.ha⁻¹

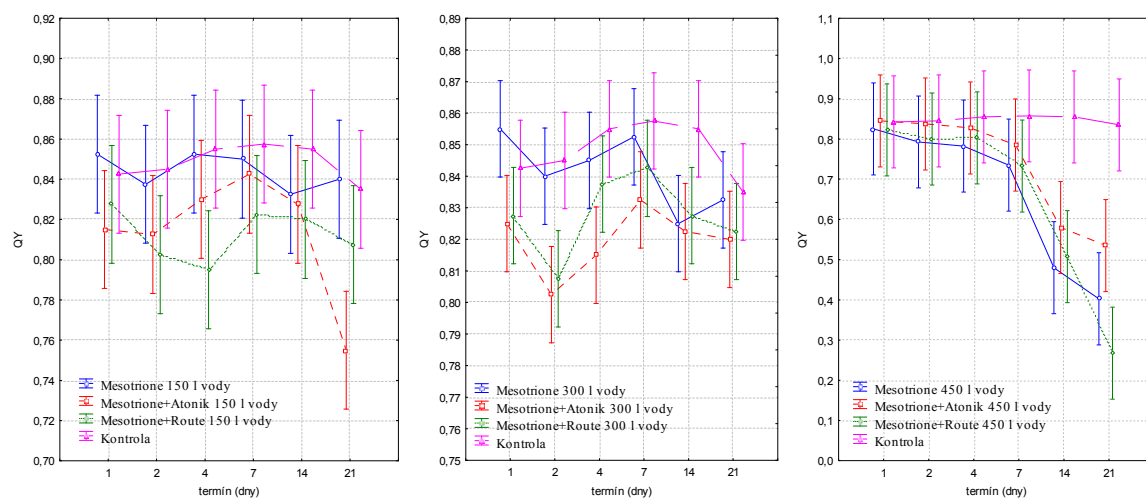
3, 4, 5: Comparison of phytotoxicity of mesotrione in the application with adjuvants (Aplus 463, Silwet L – 77) at a dose of spraying water 150, 300, 450 l.ha⁻¹

Přídavek stimulatorů k mesotrione lze hodnotit tak, že při dávce vody 150 a 300 l vody snižují hodnoty QY oproti aplikaci samotného mesotrione (zvyšují fytotoxicitu) (Grafy 6, 7). Při vysoké dávce vody dochází k mírnému zvýšení hodnot QY (mimo 21. den – Route; Graf 8). Klem (2008) ve svých experimentech došel ke zcela rozdílným výsledkům. Pro zjištění možnosti snížení fytotoxicity stimulatorem růstu použil vysokou dávku ú. l. mesotrione 120 g.ha⁻¹ v kombinaci se smáčedlem Aplus 0,55% při dávce vody 250 l.ha⁻¹. Oproti tomu druhá varianta (mesotrione 120 g.ha⁻¹ + Aplus 0,55%) měla snížené množství vody na 150 l.ha⁻¹ a přídavek přípravku Route 0,8 l.ha⁻¹. Jeho výsledky ukázaly, že snížením dávky postřikové kapaliny v kombinaci s přípravkem Route dochází ke zřejmému poklesu fytotoxicity, což se projevuje především v poz-

not – velmi mírný. Konečné hodnoty QY: Kontrola – 0,835, Mesotrione 0,84, Mesotrione + Atonik – 0,755, Mesotrione + Route – 0,808.

Při 300 l vody.ha⁻¹ stimulatory nezvýšily průkazné hodnoty QY oproti použití samotného herbicidu (Graf 7). U obou stimulatorů klesaly hodnoty QY od 1. do 2. dne měření, poté následovalo zvyšování hodnot do 7. dne. Ve 14. a 21. dni docházelo k dalšímu snižování hodnot QY. Hodnoty QY v 21. dni měření se statisticky nelišily a byly poměrně vyrovnané; kontrola – 0,835, Mesotrione – 0,833, Mesotrione + Atonik – 0,82, Mesotrione + Route – 0,823.

Vliv stimulatorů při dávce 450 l vody.ha⁻¹ se projevil pozitivně ve zvýšení hodnot QY (Graf 8). Rozdíly v hodnotách QY herbicidních variant nebyly průkazné. Hodnoty QY v průběhu celého měření byly vyšší u stimulatoru Atonik. Stimulator Route sice



6, 7, 8: Porovnání fytotoxicity mesotrione se stimulatory růstu (Atonik, Route) s dávkou vody 150, 300, 450 l.ha⁻¹

6, 7, 8: Comparison of phytotoxicity of mesotrione with growth stimulators (Atonik, Route) and spraying water in a dose of 150, 300, 450 l.ha⁻¹

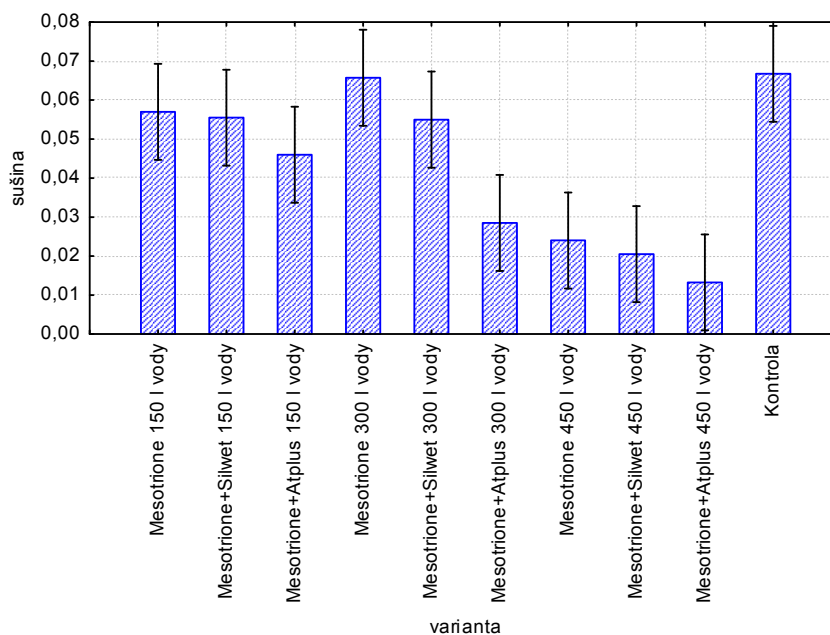
zvyšoval hodnoty QY oproti herbicidem ošetřované variantě, avšak v závěru měření hodnotu QY snížil pod úroveň samotného herbicidu. Výsledky QY na konci měření byly u kontrolní varianty – 0,835, Mesotrione – 0,403, Mesotrione + Atonik – 0,535, Mesotrione + Route – 0,268.

Hodnocení fytotoxicity mesotrione prostřednictvím hmotnosti sušiny rostlin

Při hodnocení fytotoxicity máku z hlediska snížení růstu (znázorněné hmotností sušiny nadzemních částí máku v 21 dnech po aplikaci) bylo zjištěno statisticky významné snížení hmotnosti sušiny

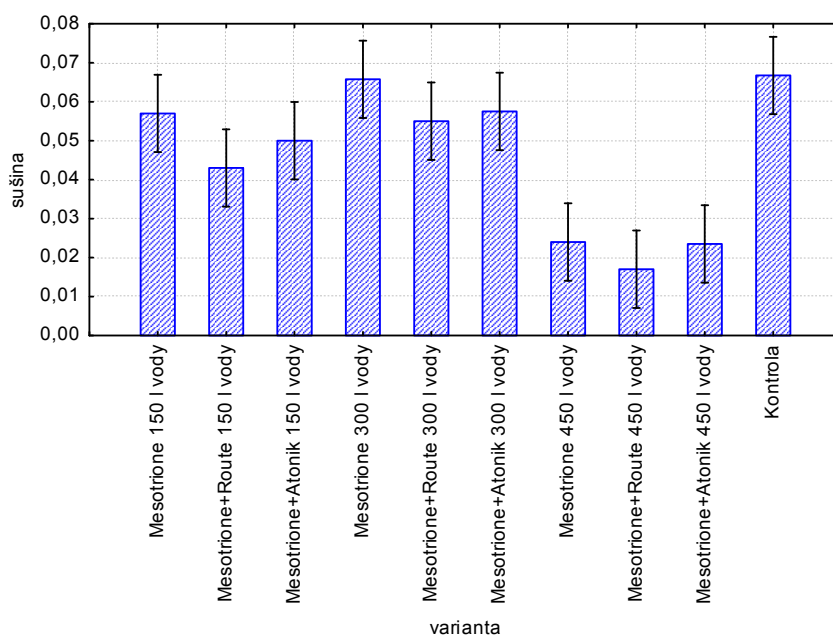
rostlin ošetřených mesotrione při 450 l vody.ha⁻¹ (vůči kontrole i 150 a 300 l vody.ha⁻¹).

Smáčedlo Atplus 463 s herbicidem u všech aplikovaných dávek vody razantněji snižovalo hmotnost sušiny máku než smáčedlo Silwet L – 77 (Graf 9). Při 300 l vody.ha⁻¹ smáčedlo Atplus 463 způsobilo snížení hmotnosti sušiny vůči kontrole průkazně. Průkazné bylo také snížení hmotnosti sušiny použitím mesotrione v sólo aplikaci nebo v tank mix kombinacích se smáčedlem Silwet L 77 a Atplus 463 při 450 l vody.ha⁻¹ (Graf 9). Tyto výsledky jasně potvrzují poznatky Inderjita (2004), že neexistují univerzální adjuvanty se stejným účinkem pro všechny



9: Hmotnosti sušiny nadzemní biomasy máku (g) u variant po ošetření mesotrione s přidávkou adjuvantů při různých dávkách vody

9: Dry weight of aboveground biomass of poppy (g) of the variants after treatment of mesotrione with the addition of adjuvants at different doses of spraying water



10: Hmotnosti sušiny nadzemní biomasy máku (g) u variant po ošetření mesotrione s přidavkem stimulatorů růstu při různých dávkách vody
 10: Dry weight of aboveground biomass of poppy (g) of the variants after treatment mesotrione with the addition of growth stimulators at different doses of spraying water

typy herbicidů. Produkty musejí být vybrány pro specifické podmínky každé aplikace.

Přídavek stimulatorů růstu k mesotrione způsoboval snížení hmotnosti sušiny. Stimulátor Route byl příčinou většího poklesu hmotnosti sušiny než stimulátor Atonik, a to u všech aplikovaných dávek

vody (Graf 10). Statisticky průkazné snížení hmotnosti sušiny vůči kontrole bylo zjištěno u varianty Mesotrione + Route se 150 l vody. ha⁻¹ a všechny herbicidní varianty ošetřené vysokou dávkou vody (Mesotrione 450 l vody, Mesotrione+Atonik 450 l vody, Mesotrione +Route 450 l vody).

SOUHRN

Pro pěstitele máku setého je velmi důležitá znalost účinků herbicidů a pomocných látek vzhledem k projevům fytotoxicity. Pro objektivní hodnocení účinků herbicidů je dobře použitelná metoda měření fluorescence chlorofylu vyjádřená hodnotou maximálního kvantového výtěžku elektronového transportu ve fotosystému II (QY). Naměřené hodnoty QY rostlin ošetřených mesotrione ukazují míru fytotoxického působení a zejména přesný termín nástupu účinku, popř. návrat k hodnotám přibližující se kontrolním rostlinám. Výsledky měření hodnot QY a hmotnost sušiny jednotlivých variant odhalují obdobné trendy – použití mesotrione v postemergentní aplikaci způsobuje fytotoxicitu u máku setého (snížování hodnot QY i snížení hmotnosti sušiny). Fluorescenční i hmotnostní parametry se při přidání smáčedel a stimulatorů růstu ještě více snižovaly, což je projevem zvýšení fytotoxicity oproti použití herbicidu v sólo aplikaci (při 150 a 300 l vody). Při 450 l vody na ha se hmotnost sušiny s přidavkem stimulatorů růstu a smáčedel také snižuje, ale průběh reakce na fytotoxicitu vyjádřenou hodnotami QY byl více závislý na charakteru smáčedel a stimulatorů růstu. Hmotnost sušiny nadzemních částí máku byla vůči kontrolní variantě snížena prostřednictvím mesotrione o 1 % (300 l vody), o 15 % 150 l vody a o 64 % (450 l vody). S přidavkem smáčedel se snížila hmotnost sušiny v závislosti na dávce vody (vůči kontrolní variantě) o 17 až 80%. Smáčedlo Atplus 463 snížilo významně hmotnost sušiny oproti samotnému herbicidu o 16 až 56%, smáčedlo Silwet L 77 snížilo hmotnost sušiny nadzemní biomasy máku pouze o 2 až 17%. Stimulátory růstu při společné aplikaci s mesotrione snižovaly hmotnost sušiny máku oproti samotnému mesotrione v řádu 1 až 21%. Větší fytotoxické působení bylo zjištěno u stimulatoru Route (snížení hmotnosti sušiny o 11–21%), u Atoniku se hmotnost sušiny nadzemní biomasy máku vůči samotnému herbicidu snížila pouze o 1–13 %.

fytoxicita, mák setý, mesotrione, fluorescence chlorofylu, růstové stimulatory, smáčedla

SUMMARY

The knowledge of the effects of herbicides, adjuvants and growth stimulators on phytotoxicity of poppy is very important for growers. Parameter of maximum quantum yield of electron transport in photosystem II (QY), which is one of chlorophyll fluorescence method, is well suitable for an objective evaluation of the effects of herbicides. The postemergent application of mesotrione causes phytotoxicity in poppy (QY values decrease and reduce dry weight aboveground biomass of poppy). The results showed that the application of mesotrione caused phytotoxicity on poppy plants. The most significant phytotoxicity is evident at doses of 450 l spraying water per hectare. Addition of growth stimulators and adjuvants increases the phytotoxicity (decreases the value of QY) compared to the herbicide application itself. The mesotrione reduced the weight of dry plants by 15 % (150 l of spraying water), 1 % (300 l of spraying water) and 64 % (450 l of spraying water) compared to control variant. Dry weight of aboveground biomass of poppy was reduced by adding of adjuvants relating on the doses of spraying water (compared to control variant) by 17–80 %. Adjuvant Atplus 463 decreased dry weight of poppy significantly compared to herbicide application itself by 16–56 %, adjuvant Silwet L 77 decreased dry weight by 2–17 %. Application of growth stimulators in tank mix with mesotrione reduced dry weight of poppy approximately 1–21 % compared to mesotrione. Greater phytotoxicity effect was found out by adding stimulator Route (decreased dry weight by 11–21 %). By adding Atonik the dry weight of aboveground biomass of poppy was reduced by 1–13 % compared to mesotrione.

Poděkování

Príspevek 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“ výzkumného záměru č. MSM6215648905 „Biologické a technologické aspekty udržitelnosti řízených ekosystémů a jejich adaptace na změnu klimatu“.

LITERATURA

- ABBASPOOR, M., STREIBIG, J. C., 2005: Clodinafop changes the chlorophyll fluorescence induction curve. *Weed science*, 53: 1–9.
- 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.
- BACKER, N. R., ROSENQVIST, E., 2004: Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *J. Exp. Bot.*, 55: 1607–1621.
- BECHYNĚ, M., KADLEC, T., VAŠÁK, J., 2001: *Mák*. Edice Semafor, Praha. 128 s.
- CIHLÁŘ, P., 2005: Uplatnění herbicidu Callisto 480 SC při postemergentní ochraně máku proti plevelům, Dřetovice 2004, *Sborník odborných seminářů „Mák v roce 2005“*. Praha, 37–38.
- CIHLÁŘ, P., VAŠÁK, J., PŠENIČKA, P., 2004: Souhrn výsledků z pokusů v roce 2003. *Sborník odborných seminářů „Mák v roce 2004“*, Praha, 67–71.
- CIHLÁŘ, P., VAŠÁK, J., PŠENIČKA, P., 2007: Agrotechnika 2 t/ha máku a poznatky. *Sborník odborných seminářů „Mák v roce 2007“*. Praha, 66–71.
- COBB, A. H., KIRKWOOD, R. C., 2000: Herbicides and their Mechanisms of Action. Sheffield Academic Press, CRC Press, p. 295. ISBN 0-8493-0502-0.
- CREECH, J. E., MONACO, T. A., EVANS, J. O., 2004: Photosynthetic responses of corn and four weed species following postemergence treatments with mesotrione and atrazine. *Weed Science, Reviewed Journal*, 60: 1079–1084.
- DAYAN, E. F., DUKE, S. O., 1997: Phytotoxicity of protoporphyrinogen oxidase inhibitors: phenology, mode of action and mechanisms of resistance. In: Roe M. R., Burtan J. D., Kuhn R. J. (Eds): *Herbicide activity: toxicology, biochemistry and molecular biology*. IOS Press, Amsterdam. P. 11–35. ISBN 90 51-99-31-10.
- DEVINE, M. D., DUKE, S. O., FEDTKE, C., 1993: Physiology of Herbicide Action. *Prentice Hall. Englewood Cliffs. NJ*. Chapter 18: 395–424.
- FRANZ, J. E., MAO, M. K., SIKORSKI, J. A., 1997: Glyphosate: A Unique Global Herbicide. Washington DC. *American Chemical Society*. p. 189.
- CHRISTEN, D., SCHÖNMANN, S. JERMINI, M., STRASSER, R. J., DEFAGO, G., 2007: Characterization and early detection of grapevine (*Vitis vinifera*) stress responses to esca disease by *in situ* chlorophyll fluorescence and comparison with drought stress. *Environ. Exp. Bot.*, 60: 504–514.
- INDERJIT (ed.), 2004: *Weed biology and management*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. p. 553. ISBN 1-4020-1761-8.
- KLEM, K., 2005: Systémy regulace plevelů v máku a podmínky pro jejich využívání. *Sborník odborných seminářů „Mák v roce 2005“*. Praha, p. 72–75.
- KLEM, K., 2008: Preemergentní a postemergentní aplikace herbicidů v máku – výsledky pokusů v roce 2007. *Sborník z odborných seminářů „Mák v roce 2008“*, Praha, p. 67–74. ISBN 978-80-213-1471-3.
- KLEM, K., 2009: Nové zkušenosti s herbicidní ochranou máku z pokusů v roce 2008. *Sborník z odborných seminářů „Mák v roce 2009“*, Praha, pp. 53–67. ISBN 978-80-213-1884-7.
- KLEM, K., 2010: Ochrana máku proti plevelům. In: *Mák*. Powerprint. Praha. p. 159–184. ISBN 978-80-904011-8-1.

- KOCUREK, V., SMUTNÝ, V., FILOVÁ, J., 2009: Chlorophyll fluorescence as an instrument for the assessment of herbicide efficacy. *Cereal Research Communications*. 37: 289–292. ISSN 0133-3720.
- MANTHEY, F. A., MATYSIAK, R., NALEWAJA, J. D., 1992: Petroleum oil and emulsifier affect the phytotoxicity of imazethapyr. *Weed Technology*. 6: 81–84.
- MOHAMMED, G. H., ZARCO-TEJADA, P., MILLER, J. R., 2003: Applications of chlorophyll fluorescence in forestry and ecophysiology. In: *Practical applications of chlorophyll fluorescence in plant biology*. DeEll J. R., Toivonen P. M. A. (Eds.). Boston, Kluwer Academic Publishers, p. 79–124.
- RADOSEVICH, S., HOLT, J., GHERSA, C., 1997: *Weed ecology*. John Wiley & Sons. New York. p. 589. ISBN 0-471-11606-8.
- 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.
- ROUBAL, T., 2010: Regulátory růstu v máku. In: *Mák*. Powerprint. Praha. Pp. 215–226. ISBN 978-80-904011-8-1.
- SMUTNÝ, V., NEČEKALOVÁ, J., VONDRA, M., 2006: Assessment of sensitivity of maize hybrids to herbicide Callisto 480 SC using chlorophyll fluorescence. In: *Book of Abstracts of XVII. Czech and Slovak Plant Protection Conference*. CAU Prague, 360–361. ISBN 80-213-1516.
- STRASSER, R. J., TSIMILLI-MICHAEL, M., SRIVASTAVA, A., 2004: Analysis of the fluorescence transient. In: George C., Papageorgiou c., Govindjee (eds): *Chlorophyll fluorescence: A Signature of Photosynthesis. Advances in Photosynthesis and Respiration Series*. Springer, Dordrecht: 321–362.
- VLK, R., 2009: Použití přípravku Greenmax v pěstební technologii máku. *Sborník z odborných seminářů „Mák v roce 2009“*, Praha, p. 47–48. ISBN 978-80-213-1884-7.
- VONDRA, M., SMUTNÝ, V., 2008a: The efficacy of reduced doses of herbicides CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 and BASAGRAN SUPER on *Fallopia convolvulus*. *Italian Journal of Agronomy*. 3 (3): 363–364. ISSN 1125-4718.
- VONDRA, M., SMUTNÝ, V., 2008b: Účinnost redukováných dávek herbicidů CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 a BASAGRAN SUPER na laskavec ohnutý (*Amaranthus retroflexus*). *Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brunen*. 4: 207–214.
- VONDRA, M., SMUTNÝ, V., 2009: Využití metody založené na měření odrazivosti záření ke stanovení citlivosti vybraných hybridů kukuřice k herbicidu Callisto 480 SC + Atplus 463. *Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brunen*. 4: 117–124. ISSN 1211-8516.
- YOUNG, B. G., YOUNG, J. M., MATTHEWS, J. L., 2003: Soybean (*Glycine max*) response to foliar applications of mesotrione. *Weed Technology Article*. 17 (4): 651–654.

Adresa

Ing. Jana Filová, Ing. Vojtěch Kocurek, Ing. Vladimír Smutný, Ph.D., Ústav agrosystémů a bioklimatologie, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: xfilova@node.mendelu.cz, vojtech.kocurek@mendelu.cz, smutny@mendelu.cz

