

VYUŽITÍ METODY ZALOŽENÉ NA MĚŘENÍ ODRAZIVOSTI ZÁŘENÍ KE STANOVENÍ CITLIVOSTI VYBRANÝCH HYBRIDŮ KUKUŘICE K HERBICIDU CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463

M. Vondra, V. Smutný

Došlo: 3. února 2009

Abstract

VONDRA, M., SMUTNÝ, V.: *Application of a method based on the measurement of radiation reflectance when estimating the sensitivity of selected grain maize hybrids to the herbicide CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463.* Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2009, LVII, No. 4, pp. 117–124

The application of methods based on measurements of photosynthesis efficiency is now more and more popular and used not only for the evaluation of the efficiency of herbicides but also for the estimation of their phytotoxicity to the cultivated crop. These methods enable to determine also differences in the sensitivity of cultivars and/or hybrids to individual herbicides. The advantage of these methods consists above all in the speed and accuracy of measuring.

In a field experiment, the sensitivity of several selected grain maize hybrids (EDENSTAR, NK AROBASE, NK LUGAN, LG 33.30 and NK THERMO) to the herbicide CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 was tested for a period of three years. The sensitivity to a registered dose of $0.251 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1} + 0.5\%$ was measured by means of the apparatus PS1 meter, which could measure the reflected radiation. Measurements of sensitivity of hybrids were performed on the 2nd, 3rd, 4th, 5th and 8th day after the application of the tested herbicide, i.e. in the growing stage of the 3rd–5th leaf. Plant material was harvested using a small-plot combine harvester SAMPO 2010. Samples were weighed and converted to the yield with 15% of moisture in grain DM.

The obtained three-year results did not demonstrate differences in sensitivity of tested hybrids to the registered dose of the herbicide CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 (i.e. $0.251 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1} + 0.5\%$). Recorded results indicated that for the majority of tested hybrids the most critical were the 4th and the 5th day after the application; on these days the average PS1 values were the highest at all. In years 2005 and 2007, none of the tested hybrids exceeded the limit value 15 (which indicated a certain decrease in the efficiency of photosynthesis). Although in 2006 three of tested hybrids showed a certain decrease in photosynthetic activity (i.e. EDENSTAR and NK AROBASE on the 3rd day and NK LUGAN on the 2nd–4th day after the application), no visual symptoms of damage of plants were found out. It could be concluded that the herbicide CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 (when applied in the registered dose of $0.251 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1} + 0.5\%$) did not damage hybrids under study and did not show any statistically significant effect on the grain yield. This means that the manufacturer's statement that this herbicide, if applied in the registered dose of $0.251 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1} + 0.5\%$, is very tolerant to grain maize seedlings in the growth stage of 3–5 leaves, was correct. The most suitable date of measurements of differences in sensitivity to and/or potential phytotoxicity of the preparation CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 seemed to be the fourth day after the application because the measured average PS1 values were the highest in all hybrids under study. When evaluating the pooled three-year yields of grain (converted to 15% of moisture content) by means of variance analysis, a statistically significant effect of the year and the hybrid on the grain yield was found out. On the other hand, however, there was no statistically significant difference in the grain yield between control and the variant treated with the registered dose of the herbicide CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463, i.e. $12.08 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ and $11.50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, respectively (grain moisture content 15%). When comparing pooled three-year yields of all hybrids under study, there were sta-

tistically significant differences between yields of the hybrid NK THERMO on the one hand and hybrids EDENSTAR and NK AROBASE on the other.

grain maize, PSI meter, herbicides, plant sensitivity

Pěstování kukuřice zrnové v České republice v současnosti značně nabývá na významu. O tom svědčí nárůst pěstebních ploch, z 47 283 hektarů v roce 2000 na 110 000 hektarů v roce 2007. S nárůstem pěstebních ploch rapidně vzrostl také sortiment nabízených hybridů. V nabídce můžeme najít hybridy v rozmezí FAO 170–470 určené pro jednotlivé výrobní oblasti. Značně se také rozrostl sortiment nabízených herbicidních přípravků. Dříve u zemědělců velice oblíbená skupina triazinových herbicidů, která byla po vstupu České republiky do EU zakázána z důvodu jejich dlouhé perzistence v půdě, je nahrazována moderními přípravky, které splňují přísné ekologické limity.

K hodnocení účinnosti a fytotoxicity přípravků jsou nyní používány různé bonitační stupnice. Nevýhodou těchto metod je do jisté míry získání subjektivních výsledků závislých na hodnotiteli pokusu. Vzájemně těžko porovnatelné jsou výsledky získané ze stejného pokusu provedeného na různých lokalitách, které byly vyhodnoceny různými pokusníky. Z těchto důvodů by pro hodnocení účinnosti či fytotoxicity herbicidů bylo vhodné využít metod založených na exaktním měření odrazivosti záření či fluorescence chlorofylu. Metod založených na měření odrazivosti je využíváno na pracovišti ve Wageningen (Nizozemí) k použití nízkých dávek herbicidů, tzv. Minimum Lethal Herbicide Dose Method (MLHD), pomocí nichž je možné stanovit minimální dávky herbicidu ze skupiny inhibitorů fotosyntézy, potřebné k regulaci plevelů na daném pozemku (Haage et al., 2002). Využití metod založených na měření fluorescence chlorofylu a odrazivosti záření ve většině případů vede k úspoře nákladů a omezení zatížení životního prostředí (Klem, 2006). Měřením účinnosti herbicidů inhibujících fotosyntézu pomocí měření odrazivosti záření se zabývali Kempenaar et al. (2002).

MATERIÁL A METODY

V roce 2005–2007 byl na polní pokusné stanici Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Žabčicích založen maloparcelní polní pokus s kukuřicí zrnovou, v němž byla stanovována citlivost vybraných hybridů k herbicidu CALLISTO 480 SC + AT-PLUS 463 (smáčedlo) v registrované dávce pomocí

metody založené na měření odrazivosti záření. Citlivost sledovaných hybridů byla měřena pomocí přístroje PSI, který je schopen měřit odražené záření.

Polní pokusná stanice se nachází v kukuřičné výrobní oblasti, podoblasti K₂. Patří mezi nejteplejší oblasti v ČR. Průměrná roční teplota je 9,2 °C, nejteplejším měsícem v roce je červenec s průměrnou denní teplotou vzduchu 19,3 °C a nejméně chladným leden s průměrnou teplotou –2,0 °C. Z hlediska srážkových poměrů patří lokalita k suchým oblastem, kdy 30letý průměr ročních úhrnů srážek činí 480 mm. Do oblasti pracoviště zasahuje též srážkový stín. Dešťové srážky ve vegetačním období jsou rozloženy velmi nerovnoměrně. Srážkově nejbohatší je měsíc červen s 68,6 mm a nejméně bohatý je březen s 23,9 mm srážek (Tab. I.). Trvání slunečního svitu kolísá v rozmezí 1 800–2 000 hodin za rok.

Podle taxonomického klasifikačního systému půd České republiky je na pozemcích polní pokusné stanice půdním typem fluvizem glejová. Fluvizem glejová je vytvořena na nivních (aluvialních) sedimentech řeky Svratky. Půdy jsou bez výrazných diagnostických horizontů, pod nevýrazným humusovým horizontem se nachází matečný substrát tvořený naplaveným materiálem. Od hloubky 0,60 m jsou patrné výraznější projevy glejového procesu. Podzemní voda kolísá v průběhu roku mezi 0,80–2,50 m pod povrchem. Z hlediska zrnitostního složení se jedná o půdu těžkou až velmi těžkou.

Maloparcelní polní pokus byl založen dle běžných technologických postupů. Na podzim byla provedena středně hluboká orba pomocí oboustranného pluhu Lemken. Koncem dubna bylo provedeno urovňání pozemku za pomoci smyků a bran. Před vlastním výsevem byl pozemek hnojen močovinou v dávce 120 kg N.ha⁻¹. Vzhledem k dobrému zdravotnímu stavu ve všech třech sledovaných letech nebylo potřeba provádět fungicidní ani insekticidní ošetření.

Ve všech třech letech byla ke všem vybraným hybridům zvolena stejná předplodina jarní ječmen. Výsev byl proveden pomocí přesného secího stroje Kleine Multicorn seřízeného na meziřádkovou vzdálenost 0,75 m a hloubku setí 0,06 m. Výsevek činil 80 000 jedinců na hektar. Jednotlivé hybridy (Tab. II.) byly vysety v termínech 10. 5. 2005, 28. 4. 2006 a 24. 4. 2007.

I: Hodnoty dlouhodobých teplotních a srážkových normálů (1961–1990)

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I–XII
Průměrná teplota (°C)	–2,0	0,2	4,3	9,6	14,6	17,7	19,3	18,6	14,7	9,5	4,1	0,0	9,2
Úhrn srážek (mm)	24,8	24,9	23,9	33,2	62,8	68,6	57,1	54,3	35,5	31,8	36,8	26,3	480

II: Přehled zvolených hybridů jejich FAO a využití

Použitý hybrid	FAO	Využití	
		Zrno	Siláž
EDENSTAR	250, 260	✓	✓
NK AROBASE	250, 260	✓	✓
NK LUGAN	260	✓	✓
LG 33.30	350	✓	
NK THERMO	350	✓	✓

Charakteristika použitých hybridů

EDENSTAR – jedná se o raný tříliniový Stay–green hybrid určený zejména do obilnářské a řepařské výrobní oblasti na zrno a siláž. V těchto oblastech je schopen dosáhnout dobrých výnosů energetické siláže i zrna. Mezi přednosti hybridu patří zejména výborná stravitelnost, vyšší obsah škrobu, velmi dobrá přirozená odolnost vůči zavíječi kukuřičnému, tolerance vůči suchu a stresu. Hybrid je schopen taktéž velmi příznivě reagovat na dobré půdní podmínky. Má velmi dobrou odolnost vůči fusariím, dobrou odolnost vůči snětím, dobrou odolnost vůči *Helmintosporioze* a také odolnost k poléhání a pevnost stébla je velmi dobrá.

NK AROBASE – jedná se o raný Stay–green hybrid se špičkovou produkcí zrna, při nízké sklizňové vlhkosti. Vysokých výnosů dosahuje zejména v řepařské výrobní oblasti. Vyznačuje se taktéž velmi dobrým zdravotním stavem, napadení fusariózami a zavíječem kukuřičným je minimální. Jeho předností je také tolerance vůči *Helmontosporium turcicum*, dále odolnost vůči poléhání a lámavosti stonku pod palicí a rychlé uvolňování vody ze zrna.

LG 33.30 – jedná se o středně raný zrnový Stay–green hybrid, jenž je schopen poskytovat vysoký výnosový potenciál i ve stresových podmínkách. Mezi jeho hlavní přednosti patří výborný zdravotní stav a vyrovnané, dobře ozrnné palice.

NK LUGAN – jedná se o raný Stay–green hybrid určený pro výrobu kvalitní siláže a produkci zrna. Typickým znakem hybridu je mohutné olistění a masivní habitus celé rostliny. Hybrid dosahuje výšky kolem 2,70 metru, má výbornou odolnost vůči poléhání a vůči lámavosti pod palicí. Stravitelnost rostliny je velmi vysoká s velmi dobrým obsahem škrobu. Je tolerantní vůči herbicidům na bázi sulfonylmočovin v doporučených hektarových dávkách. Vyznačuje se velmi dobrým zdravotním stavem, odolností vůči stresovým podmínkám a je taktéž vhodný jako surovina k výrobě bioplynu.

NK THERMO – jedná se o středně pozdní Stay–green hybrid určený nejen pro výrobu kvalitního zrna, ale také pro výrobu vysoce kvalitní siláže s vysokým podílem energie v silážní hmotě a to zejména v oblastech jižní Moravy. Tento hybrid vyniká především velkou plasticitou a rychlým uvolňováním vody ze zrna před sklizní, dále také velmi dobrými stabilními výnosy zejména v suchých podmínkách. Dobře také snáší raný výsev a má velmi rychlý počá-

teční start vegetace. Hybrid je taktéž tolerantní k herbicidům na bázi sulfonylmočovin v doporučených hektarových dávkách. Zdravotní stav je na velmi dobré úrovni, stéblo je pevné s minimální lámavostí. Tento hybrid má vysoký obsah škrobu, a proto je vhodný pro průmyslové zpracování.

U všech pěti hybridů kukuřice byl aplikován herbicid CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 v registrované dávce $0,25 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1} + 0,5\%$. Následně naměřené průměrné hodnoty PS1 u jednotlivých hybridů byly srovnávány s hodnotami naměřenými na neošetřené variantě. Vlastní pokus měl tedy deset variant se čtyřmi opakováními (velikost jedné parcely byla $9 \text{ m}^2, 3 \times 3 \text{ m}$).

Charakteristika použitého přípravku

CALLISTO 480 SC je systémový herbicid, který obsahuje účinnou látku mesotrione $480 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, která je řazena do skupiny triketonů. Při vývoji této látky byli vědci inspirováni přírodní látkou, kterou vylučuje rostlina *Callistemon citrinus* (štetkovec). Tato rostlina je charakteristická tím, že v jejím okolí nerostou plevle, protože její kořeny vylučují „přírodní herbicid“, který tyto plevle hubí. Herbicid CALLISTO 480 SC je určen k pre- a postemergentnímu hubení jednoletých dvouděložných a trávovitých plevelů v kukuřici. Typickým projevem herbicidu je zbělení listů. Vizuální účinek přípravku je viditelný už po 3–7 dnech po aplikaci. Výrobce udává vysokou toleranci ke kukuřici a k životnímu prostředí. Z důvodu eliminace případného sucha po zasetí výrobce doporučuje za účelem brzkého odstranění konkurence plevelů časnou postemergentní aplikaci CALLISTO 480 SC $0,25 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1} + \text{ATPLUS } 463 - 0,5\%$ v době, kdy cílené plevle jsou ve fázi maximálně 2–4 pravých listů. ATPLUS 463 je adjuvant, jež slouží ke zvýšení adheze, penetrace a biologické účinnosti herbicidů.

Ve dnech 6. 6. 2005, 6. 6. 2006 a 4. 6. 2007 byla ve fázi čtvrtého pravého listu kukuřice provedena aplikace přípravku pomocí zádového motorového postřikovače SOLO 463 při aplikačním tlaku $0,3 \text{ MPa}$ a dávce vody $300 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ za daných meteorologických podmínek (Tab. III.). Z důvodů vyššího konkurenčního tlaku plevelů na neošetřené variantě, jenž by se následně projevil redukcí výnosu sklizeného zrna, bylo provedeno na této variantě mechanické odplevelení.

Děšť v době aplikace nebyl ani v jednom z ročníků zaznamenán. Před aplikací v roce 2005 dne 6. 6. spadly $2,0 \text{ mm}$ mezi 16.00–16.30. První děšť po aplikaci byl zachycen až 7. 7. 2005 mezi 13.15–13.30 ($0,2 \text{ mm}$). V roce 2006 spadlo 5. 5. 2006 mezi 11.45–12.00 $0,2 \text{ mm}$ srážek. První děšť po aplikaci byl zaznamenán až 9. 5. a 10. 5. 2006 a to mezi 22.00–8.00, a sice $5,8 \text{ mm}$. V roce 2007 spadlo 3. 6. 2007 mezi 6.30–15.45 $8,2 \text{ mm}$ srážek. První děšť po aplikaci byl zaznamenán 6. 6. 2007 mezi 14.45–19.00. Za tuto dobu spadlo $17,9 \text{ mm}$ srážek.

Citlivost sledovaných hybridů k herbicidu CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 v registrované dávce

III: Meteorologická data během aplikace

Den, rok	Hodina	Rychlost větru při aplikaci (m.s ⁻¹)	Teplota vzduchu při aplikaci (°C)	Vlhkost vzduchu při aplikaci (%)	
				max.	min.
6. 6. 2005	20.30	2,33	13,70	81,00	82,80
6. 6. 2006	20.30	2,37	13,29	64,40	68,80
4. 6. 2007	20.30	2,15	20,73	69,38	71,70

(0,25 l.ha⁻¹ + 0,5%) byla měřena ve stanovených dnech po aplikaci (druhý, třetí, čtvrtý, pátý a osmý den) pomocí přístroje na měření odraženého záření PS1 meter. Tento přístroj měří procento poškození fotosyntetického aparátu. Přístroj dosahuje hodnot v rozmezí 0–100. Nízké hodnoty charakterizují zdravé, nepoškozené rostliny a vysoké hodnoty naopak poškozené rostliny (Tab. IV.). Při měření je list uchycen do „klapky“ (měření probíhá za vyloučení účasti okolního světla). K měření se využívá nejmladší měřitelný list.

IV: Kategorizace poškození fotosyntetického aparátu (MLHD PS1 2004)

Hodnoty naměřené přístrojem PS1 meter	Předpokládaný efekt na rostlinu
0–15	žádný efekt
15–30	nízký efekt (redukce fotosyntézy o 20 %)
30–50	mírný efekt (redukce fotosyntézy o 40 %)
>50	vysoký efekt (redukce fotosyntézy o více jak 40 %)

Sklizeň jednotlivých variant byla provedena pomocí maloparcelní sklizecí mlátičky SAMPO 2010, kdy u každé varianty byly sklizeny vždy dva prostřední řádky ze všech čtyř opakování. Sklizeň proběhla v termínech 19. 10. 2005, 20. 10. 2006 a 2. 10. 2007. Sklizené vzorky byly zváženy a zjištěná hmotnost byla přepočtena na výnos při 15% vlhkosti.

K vyhodnocení získaných výsledků byla použita analýza rozptylu, průkaznost středních hodnot byla následně testována Tukeyovým testem pomocí statistického softwaru UNISTAT 5.1.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Z tříletých výsledků vyhodnocených analýzou variance pro jednotlivé hybridy zvláště vyplývá, že u hybridu EDENSTAR byl zjištěn statisticky průkazný vliv ročníku, termínu měření i jejich vzájemných interakcí na naměřené hodnoty PS1. Vliv herbicidu na naměřené hodnoty PS1 nebyl statisticky průkazný. Následným testováním pomocí Tukeyova testu ($P = 0,95$) byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly v hodnotách PS1 mezi ročníky 2006 a 2007 a dále také rozdíly v jednotlivých termínech měření, konkrétně mezi prvním, pátým a třetím termínem měření. Mezi ošetřenou a neošetřenou vari-

antou nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl v naměřených průměrných hodnotách PS1.

U hybridu NK AROBASE byl analýzou variance zjištěn statisticky průkazný vliv termínu měření na naměřené hodnoty PS1. Vliv herbicidu a také ročníku na naměřené hodnoty PS1 nebyl statisticky průkazný. Následným testováním pomocí Tukeyova testu ($P = 0,95$) byl taktéž zjištěn statisticky průkazný vliv termínu měření na hodnoty PS1, konkrétně mezi třetím termínem a ostatními zbývajících termíny. Mezi ročníky a ošetřenou a neošetřenou variantou nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl v naměřených průměrných hodnotách PS1.

Ze statistického hodnocení hybridů NK LUGAN a LG 33.30 pomocí analýzy variance vyplynul statisticky průkazný vliv ročníku a herbicidu na naměřené hodnoty PS1. Vliv termínu měření na hodnoty PS1 nebyl statisticky průkazný. Tukeyův test prokázal statisticky průkazný rozdíl v naměřených hodnotách PS1 mezi ročníky 2006 a 2007 a také mezi kontrolou a herbicidem.

U hybridu NK THERMO byl analýzou variance zjištěn statisticky průkazný vliv herbicidu na naměřené hodnoty PS1. Vliv ročníku a také termínu měření na naměřené hodnoty PS1 nebyl statisticky průkazný. Následným testováním pomocí Tukeyova testu ($P = 0,95$) byl zjištěn statisticky průkazný vliv herbicidu na hodnoty PS1. Mezi ročníky a termíny měření nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl v naměřených průměrných hodnotách PS1.

Výsledky ukázaly, že pro většinu sledovaných hybridů byl kritický čtvrtý a pátý den po aplikaci, kdy byly průměrné hodnoty PS1 nejvyšší. V roce 2005 a 2007 nedošlo ani u jednoho ze sledovaných hybridů k překročení hraniční hodnoty 15. V roce 2006 bylo zaznamenáno u tří z pěti sledovaných hybridů překročení hraniční hodnoty 15.

Nejvyšší naměřené hodnoty v roce 2006 byly zjištěny po aplikaci herbicidu CALLISTO 480 SC + AT-PLUS 463 třetí den u hybridu EDENSTAR (17,00) a NK AROBASE (34,60). U hybridu NK LUGAN se projevilo snížení fotosyntézy po aplikaci herbicidu již druhý den a přetrvávalo až do čtvrtého dne (15,20–19,00–26,00). Přestože u některých hybridů byl vlivem herbicidu zaznamenán pokles fotosyntézy, nebyly pozorovány žádné vizuální symptomy poškození.

Na kontrole činily průměrné hodnoty PS1 ze všech termínů měření a ze všech tří sledovaných let 5,57 u hybridu EDENSTAR, 6,45 u hybridu NK AROBASE, 5,69 u hybridu NK LUGAN, 4,57 u hybridu LG 33.30 a 5,49 u hybridu NK THERMO. Prů-

měrné hodnoty PS1 naměřené na variantě ošetřené registrovanou dávkou herbicidu CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 nepřekročily hraniční hodnotu 15.

Na variantě ošetřené herbicidem CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 nedošlo v žádném termínu sledování ze všech tří sledovaných ročníků dohromady k překročení již zmíněné hraniční hodnoty. Nejvyšší průměrné hodnoty ze tří sledovaných let byly dosaženy u hybridu NK LUGAN (8,60). Průměrná hodnota PS1, naměřená přístrojem PS1 meter, byla 7,04 u hybridu EDENSTAR, 7,89 u hybridu NK AROBASE, 6,73 u hybridu LG 33.30 a nejnižší hodnoty byly naměřeny u hybridu NK THERMO (5,01).

Z tabulky V. vyplývá, že statisticky průkazný rozdíl v hodnotách PS1 byl zjištěn mezi ošetřenou a neošetřenou variantou u hybridů NK LUGAN, LG 33.30 a NK THERMO. U hybridu NK THERMO byly dokonce průměrné hodnoty naměřené na ošetřené variantě nižší než na variantě neošetřené. Z uvedených výsledků vyplývá, že hybrid NK THERMO je vysoce tolerantní k účinné látce mesotrione.

V: Průkaznost rozdílů u jednotlivých hybridů na sledovaných variantách z let 2005–2007 celkem

Hybrid	Varianta	
	Kontrola	CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463
EDENSTAR	5,57	7,04
NK AROBASE	6,45	7,89
NK LUGAN	5,69	8,60*
LG 33.30	4,57	6,73*
NK THERMO	5,49	5,01*

* průkaznost rozdílů na hladině významnosti $P = 0,05$

Zhodnocením výnosu zrna přepočteného na 15% vlhkost byl analýzou variance zjištěn statisticky významný vliv ročníku a hybridu na výnos zrna. Při statistickém zhodnocení výnosů ze všech tří let celkem nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl ve výnosu zrna mezi kontrolou ($12,08 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ – při 15% vlhkosti) a variantou ošetřenou registrovanou dávkou herbicidu CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 ($11,50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ – při 15% vlhkosti). Při porovnání sledovaných hybridů ze všech tří let byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi výnosem hybridu NK THERMO a hybridy EDENSTAR a NK AROBASE. Průměrně nejnižšího výnosu ze všech tří let dosáhl hybrid NK AROBASE ($10,59 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ – při 15% vlhkosti). Naopak nejvyšší výnos měl hybrid NK THERMO ($13,31 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ – při 15% vlhkosti). Zbývající hybridy EDENSTAR, LG 33.30 a NK LUGAN dosáhly výnosů $11,01$ – $11,65$ – $12,39 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ – při 15% vlhkosti). Z Grafu 1. je patrný vývoj výnosů jednotlivých hybridů na sledovaných variantách v letech 2005, 2006 a 2007. Nízký výnos v roce 2007 byl zapříčiněn zejména nedostatkem srážek v průběhu vegetace.

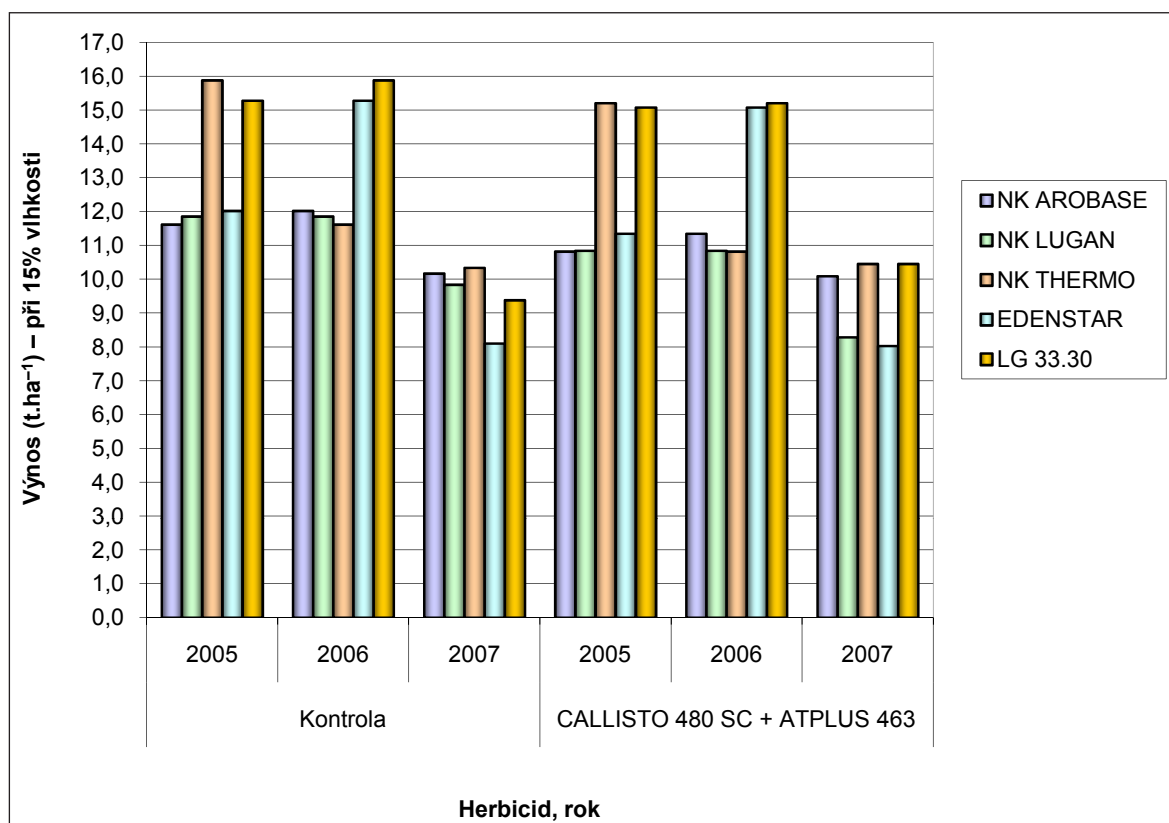
Také Smutný et al. (2006) se ve svých pracích zabývali možností využití metody fluorescence chlorofylu k hodnocení citlivosti hybridů kukuřice. Došli k podobnému závěru, že nebyly zjištěny průkazné rozdíly v citlivosti mezi sledovanými hybridy. K měření využívali fluorescenční kameru, která je schopná zachytit i obrazem případné poškození. Výsledky Vondry et al. (2007b) jejich tvrzení potvrdily.

Práce Vondry et al. (2007a) popisuje možnost využití metody založené na měření fluorescence chlorofylu také ke stanovení rozdílů v citlivosti odrůd cukrovky k vybraným herbicidům. Také v této práci nebyly prokázány rozdíly v citlivosti odrůd cukrovky k vybraným herbicidům. V některých termínech měření autoři zjistili pouze odlišnou reakci odrůdy k některým testovaným herbicidům.

SOUHRN

Využití metod založených na měření účinnosti fotosyntézy nachází stále větší uplatnění nejen k hodnocení účinnosti herbicidů, ale také ke stanovení jejich fytotoxicity na pěstovanou plodinu. Těmito metodami je možné zjišťovat i rozdíly v citlivosti odrůd či hybridů k určitým herbicidům. Výhodou těchto metod je především rychlost a přesnost měření.

V polním pokusu byla po dobu tří let testována citlivost vybraných hybridů kukuřice (EDENSTAR, NK AROBASE, NK LUGAN, LG 33.30 a NK THERMO) k herbicidu CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 v registrované dávce ($0,25 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1} + 0,5\%$), pomocí přístroje PS1 meter, který je schopen měřit odražené záření. Vlastní měření citlivosti hybridů bylo prováděno ve stanovených dnech po aplikaci herbicidu (druhý, třetí, čtvrtý, pátý a osmý) ve fázi 3–5 listu hybridu. Na závěr byla provedena sklizeň maloparcelní sklízecí mlátičkou SAMPO 2010. Vzorky byly zváženy a přepočítány na výnos při 15% sušiny. Dosažené výsledky neprokázaly rozdíly v citlivosti testovaných hybridů k herbicidu CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 v registrované dávce $0,25 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1} + 0,5\%$. Naměřené výsledky ukázaly, že pro většinu sledovaných hybridů byl kritický čtvrtý a pátý den po aplikaci, kdy byly průměrné hodnoty PS1 nejvyšší. V roce 2005 a 2007 nedošlo ani u jednoho ze sledovaných hybridů k překročení hraniční hodnoty 15, jež signalizuje určité snížení účinnosti fotosyntézy. V roce 2006 byl zaznamenán u tří z pěti sledovaných hybridů určitý pokles fotosyntézy. Přestože v roce 2006 byl u tří z pěti sledovaných hybridů vlivem herbicidu zaznamenán určitý pokles fotosyntézy (EDENSTAR a NK AROBASE – třetí den po aplikaci a NK LUGAN – druhý až čtvrtý den po aplikaci), nebyly pozorovány žádné vizuální příznaky poškození. Můžeme také konstatovat, že herbicid CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 v regis-



1: Výnosy sledovaných hybridů na jednotlivých variantách v letech 2005, 2006 a 2007

trované dávce $0,25 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1} + 0,5\%$ nepoškozoval sledované hybridy a neměl statisticky významný vliv na výnos zrna. Lze tedy potvrdit tvrzení výrobce, že tento herbicid v registrované dávce ($0,25 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1} + 0,5\%$) je vysoce tolerantní ke kukuřici zrnové. Jako nejvhodnější den měření pro stanovení rozdílů v citlivosti či případné fytoxicity přípravku CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 se jevil čtvrtý den po aplikaci, při němž byly naměřené průměrné hodnoty PS1 u všech sledovaných hybridů nejvyšší. Při hodnocení výnosu zrna (přepočteného na 15% vlhkost) ze všech tří let celkem, byl analýzou variance zjištěn statisticky významný vliv ročníku a hybridu na výnos zrna. Průměrně vyššího výnosu ze všech tří let bylo dosaženo na kontrole ($12,08 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ – při 15% vlhkosti). Tato varianta byla mechanicky odplevelována. Varianta ošetřená registrovanou dávkou herbicidu CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 se od kontroly statisticky nelišila ($11,50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ – při 15% vlhkosti). Při porovnání sledovaných hybridů ze všech tří let byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi výnosem hybridu NK THERMO a hybridy EDENSTAR a NK AROBASE. Průměrně nejvyššího výnosu ze všech tří let celkem dosáhl hybrid NK THERMO ($13,31 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ – při 15% vlhkosti). Naopak nejvyšší výnos měl hybrid NK THERMO ($13,31 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ – při 15% vlhkosti). Zbývající hybridy EDENSTAR, LG 33.30 a NK LUGAN dosáhly výnosů $11,01$ – $11,65$ – $12,39 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ – při 15% vlhkosti). Nízký výnos v roce 2007 byl zapříčiněn zejména nedostatkem srážek v průběhu vegetace.

PS1 meter, citlivost kukuřice, herbicidy, výnos zrna kukuřice

SUMMARY

The application of methods based on measurements of photosynthesis efficiency is now more and more popular and used not only for the evaluation of the efficiency of herbicides but also for the estimation of their phytotoxicity to the cultivated crop. These methods also enable to determine differences in the sensitivity of cultivars and/or hybrids to individual herbicides. The advantage of these methods consists above all in their speed and in accuracy of measuring.

In a field experiment, the sensitivity of several selected grain maize hybrids (EDENSTAR, NK AROBASE, NK LUGAN, LG 33.30 and NK THERMO) to the herbicide CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 was tested during a period of three years; the sensitivity to a registered dose of $0.25 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1} + 0.5\%$ was measured by means of the apparatus PS1 meter, which could measure the reflected radiation. Mea-

surements of sensitivity of hybrids were performed on the 2nd, 3rd, 4th, 5th and 8th day after the application of the tested herbicide, i.e. in the growing stage of the 3rd–5th leaf. Plant material was harvested using a small-plot combine harvester SAMPO 2010. Harvested samples were weighed and converted to the yield with 15 % of moisture in grain DM.

The obtained results did not demonstrate differences in sensitivity of tested hybrids to the herbicide CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 applied in the registered dose of 0.25 l.ha⁻¹ + 0.5 %. Recorded results indicated that for the majority of tested hybrids the 4th and the 5th day after the application were the most critical; on these days the average PS1 values were the highest at all. In years 2005 and 2007, none of the tested hybrids exceeded the limit value 15, which already indicated a certain decrease in the efficiency of photosynthesis. In 2006, a certain decrease in the efficiency of photosynthesis was recorded in three of altogether five hybrids. Although in 2006 three of tested hybrids (EDENSTAR and NK AROBASE on the 3rd day and NK LUGAN on the 2nd–4th day after the application) showed a certain decrease in photosynthetic activity, no visual symptoms of damage of plants were found out. It could be also concluded that the herbicide CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 (when applied in the registered dose of 0.25 l.ha⁻¹ + 0.5 %) did not damage hybrids under study and did not show any statistically significant effect on the grain yield. This means that the manufacturer's statement that this herbicide, if applied in the registered dose of 0.25 l.ha⁻¹ + 0.5 %, is very tolerant to grain maize seedlings in the growth stage of 3–5 leaves. The most suitable date of measurements of differences in sensitivity to and/or potential phytotoxicity of the preparation CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463 was the fourth day after the application because the measured average PS1 values were the highest in all hybrids under study.

When evaluating the pooled three-year yields of grain (converted to 15 % of moisture content) by means of variance analysis, a statistically significant effect of the year and the hybrid on the grain yield was found out. Higher three-year average yields were obtained in control, i.e. 12.08 t.ha⁻¹ (with the moisture content of 15 %). In this variant, weeds were killed mechanically. The variant treated with the registered dose of the herbicide CALLISTO 480 SC + ATPLUS 463, was statistically not significantly different (11.50 t.ha⁻¹; grain moisture content 15 %). When comparing pooled three-year yields of all hybrids under study, there were statistically significant differences between yields of the hybrid NK THERMO on the one hand and hybrids EDENSTAR and NK AROBASE on the other. The lowest pooled average three-year yields was obtained in case of the hybrid NK AROBASE (10.59 t.ha⁻¹; grain moisture content 15 %). On the other hand, the highest average yields were produced by the hybrid NK THERMO (13.31 t.ha⁻¹; grain moisture content 15 %). Yields of the remaining hybrids, i.e. of EDENSTAR, LG 33.30 and NK LUGAN were 11.01; 11.65 AND 12.39 t.ha⁻¹, respectively (grain moisture content 15 %). In 2007, low yields were caused above all by low precipitations in the course of growing season.

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 projektu NAZV č. 1B53045 s názvem „Vypracování spolehlivých metod regulace plevelů s cílem zachování diversity plevelových společenstev a minimalizací rizik kontaminace půdy a plodin rezidui herbicidů“.

LITERATURA

- HAAGE, I. C. P., 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.
- KEMPENAAR, C., GROENEVELD, R. M. W., UFFING, A. J. M., VAN DER WEIDE, R. Y., WEVERS, J., 2002: New insights and developments in the MLHD-concept of weed control. In: *Proceedings 12th Symposium European Weed Research Society*. Wageningen UR, 98–99.
- KLEM, K., 2006: Využití fluorescence chlorofylu v rostlinolékařství. *Rostlinolékař*, 1: 23–24.
- MLHD PS1, 2004: *Manual Version 2.0 September 2004*. Wageningen, Plant Research International B.V., 18.
- 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* (Eds. HERDA, G., MAZÁKOVÁ, J., ZOUHAR, M.). Praha: CAU Prague, 360–361. ISBN 80-213-1516
- VONDRA, M., SMUTNÝ, V., KŘEN, J., 2007a: Assessment of differences in sensitivity of sugar beet varieties to chosen herbicides using chlorophyll fluorescence. In: *Proceedings of professional article „MUAF for growers“*. Brno: AF MZLU Brno, 116–119. ISBN 80-7157-958-0
- VONDRA, M., SMUTNÝ, V., KŘEN, J., 2007b: Sensitivity of chosen maize hybrids to herbicide CALLISTO 480 SC. In: *Proceedings of professional article „MUAF for growers“*. Brno: AF MZLU Brno, 112–115. ISBN 80-7157-958-0

Adresa

Ing. Michal Vondra, Ing. Vladimír Smutný, Ph.D., Ústav agrosystémů a bioklimatologie, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: xvondra@mendelu.cz, smutny@mendelu.cz