

METODIKA PRO PRAXI

Stanovení optimálních dávek herbicidů s využitím přístrojů založených na měření změn v absorbanci záření a fluorescence chlorofylu

SMUTNÝ V. a kol.

Poděkování:

Metodika vznikla za finanční podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR, jako součást řešení výzkumného projektu 2B06124 „Snižování dopadů a rizik na životní prostředí a získávání 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“.

© Mendelova univerzita v Brně, 2011

ISBN 978-80-7375-551-5

SMUTNÝ, V. – VONDRA, M. – KOCUREK, V.

**Stanovení optimálních dávek herbicidů s využitím
přístrojů založených na měření změn v absorbanci
záření a fluorescence chlorofylu**

METODIKA PRO PRAXI

Mendelova univerzita v Brně

2011

Stanovení optimálních dávek herbicidů s využitím přístrojů založených na měření změn v absorbanci záření a fluorescence chlorofylu

Podstatou metodiky jsou nové poznatky o možnostech využití metod založených na principu měření změn v absorbanci záření či fluorescence chlorofylu k optimalizaci dávek herbicidů. Pomocí těchto metod lze poměrně časně po aplikaci predikovat účinnost vybraných skupin herbicidů na plevel. Výhodou je, že časná detekce umožňuje použití snížených dávek herbicidů na některé plevelné druhy v různé růstové fázi, při zachování dostatečné herbicidní účinnosti. Použití snížených dávek herbicidů vede nejen k finančním úsporám v ochraně rostlin, ale zároveň ke snížení zatížení prostředí rezidui herbicidů.

Optimisation of herbicide doses using instruments based on principles of measurements of changes in radiation absorbance or chlorophyll fluorescence

New results about possibilities how to use methods based on principles of measurements of changes in radiation absorbance or chlorophyll fluorescence for optimisation herbicide doses are included in methodology. Prediction of herbicide efficacy of chosen herbicides on weeds is possible very early after herbicide application using these methods. The advantage is that early detection enables reduction of herbicide doses on some weed species in different growth stages by comparable herbicide efficacy. This approach save costs in crop protection and reduce negative effect of herbicide residues in the environment as well.

Oponenti:

Ing. Karel Klem, Ph.D., Centrum výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i.

RNDr. Jan Juroch, Státní rostlinolékařská správa

Metodika byla schválena Státní rostlinolékařskou správou pod č.j. SRS 057884/2011, pro využití v praxi při zavádění integrované ochrany rostlin v souladu se Směrnicí Evropského parlamentu a Rady č. 2009/128/ES.

OBSAH

I. Cíl metodiky.....	6
II. Vlastní metodika.....	7
1. Úvod.....	7
2. Legislativa v oblasti ochrany rostlin v ČR.....	7
3. Herbicidy – charakteristika, rozdělení.....	8
4. Faktory ovlivňující účinnost herbicidů.....	10
5. Biologická účinnost herbicidů a metody jejího hodnocení.....	12
5.1. Subjektivní hodnocení odhadovou metodou	13
5.2. Hodnocení účinnosti herbicidů pomocí měření fluorescence chlorofylu – princip a popis přístrojů.....	13
5.3. Hodnocení účinnosti herbicidů pomocí měření odrazivosti záření – princip a popis přístrojů	17
6. Stanovení optimálních dávek herbicidů (výsledky z pokusů)	19
6.1. Stanovení optimálních dávek herbicidů pomocí PS 1	19
6.2. Stanovení optimálních dávek herbicidů pomocí PPM	23
6.3. Stanovení optimálních dávek herbicidů pomocí přístrojů FluorCam a FluorPen	235
7. Ekonomický přínos, výhody a nevýhody snížených dávek herbicidů.....	277
8. Příloha - Obecná stupnice růstových fází (BBCH).....	28
III. Srovnání novosti postupů.....	333
IV. Popis uplatnění certifikované metodiky	333
V. Seznam použité související literatury	344
VI. Seznam publikací, které předcházely metodice.....	355

I. CÍL METODIKY

Cílem metodiky je informovat odbornou veřejnost a zemědělskou praxi o možnostech využití metod založených na principu měření změn v absorbanci záření či fluorescence chlorofylu k optimalizaci dávek herbicidů. Pomocí těchto metod lze poměrně časně po aplikaci predikovat účinnost vybraných skupin herbicidů na plevel. Tato časná detekce umožňuje použití snížených dávek herbicidů na některé plevelné druhy v různé růstové fázi, při zachování dostatečné herbicidní účinnosti. Použití snížených dávek herbicidů vede nejen k finančním úsporám, ale zároveň ke snížení zatížení prostředí rezidui herbicidů. V této metodice jsou zahrnuty výsledky a doporučení na základě poznatků získaných z let 2004-2010.

II. VLASTNÍ METODIKA

1. Úvod

Houboví patogeni, škůdci, plevelné rostliny jsou hlavními biotickými škodlivými organismy, kteří již od pradávna velmi významně negativně ovlivňují výši a kvalitu sklizně pěstovaných plodin na orné půdě a snižují efektivnost produkce. Soubor těchto biotických činitelů se v hlavní míře podílí na redukci potenciálních výnosů na aktuální úroveň.

Zavedení používání herbicidů s sebou přineslo zjednodušení a urychlení prací spojených s regulací plevelných druhů na orné půdě i mimo ni. Na druhé straně je však používání těchto látek spojeno s negativním ovlivňováním životního prostředí a zdravých živých organismů. V posledních letech je kladen velký důraz na minimalizaci těchto ekotoxikologických rizik. Tato rizika lze do jisté míry snížit šetrným a uváženým používáním chemických látek na orné půdě i mimo ni.

2. Legislativa v oblasti ochrany rostlin v ČR

Současná legislativa EU klade značný důraz na bezpečnost a zdravotní nezávadnost zemědělských produktů. Snahou unie je sjednotit pravidla pro nakládání a používání přípravků na ochranu rostlin pro všechny státy EU a zabezpečit co nejvyšší kvalitu a zdravotní nezávadnost produktů prvovýroby. Nově přijatá Směrnice evropského parlamentu a Rady 2009/128/ES definuje rámec pro činnost Společenství za účelem dodržení udržitelného používání pesticidů. Klade značný důraz na využívání metod integrované ochrany rostlin, jež vychází z pečlivého zvažování veškerých dostupných metod ochrany rostlin a následné integrace vhodných opatření, která potlačují rozvoj populací škodlivých organismů a udržují používání přípravků na ochranu rostlin a jiných forem zásahů na úrovních, které lze z hospodářského a ekologického hlediska odůvodnit a které snižují či minimalizují rizika pro lidské zdraví nebo životní prostředí. „Integrovaná ochrana rostlin“ klade důraz na růst zdravých plodin při co nejmenším narušení zemědělských ekosystémů a podporuje přirozené mechanismy ochrany rostlin před škodlivými organismy. Využití diferencovaných dávek herbicidů je jednou z možností, jak efektivně a přitom šetrně reagovat na zaváděné trendy, aniž by se to negativně projevilo na kvalitě, množství a zdravotní nezávadnosti sklizených produktů.

Přístup a postupy popsané v metodice jsou v souladu s platnými předpisy v oblasti rostlinolékařství v ČR. Za účelem eliminace škod vznikajících v důsledku výskytu

plevelů jsou v jednotlivých plodinách registrovány herbicidy s různým způsobem účinku. Současně je uvedena dávka přípravku na hektar, jejíž výši není možné překročit. Předložená metodika souhrnně podává informaci o postupech, jak stanovit optimální dávky vybraných herbicidů při zachování dostatečné biologické účinnosti.

3. Herbicidy – charakteristika, rozdělení

První záznamy o pokusech, v nichž byly použity chemické látky na orné půdě, jsou datovány do roku 1896, kdy si francouzský farmář povšiml černání listů hořčice rolní po aplikaci bordóské jíchy – směs síranu měďnatého, vápna a vody (Cremlyn, 1985). K radikálnímu rozvoji používání chemických látek v zemědělství došlo po druhé světové válce (Cobb & Kirkwood, 2000). V současné době si řada pěstitelů nedokáže představit hospodařit na půdě bez jejich využití.

Z praktického hlediska se herbicidy dělí do dvou hlavních skupin, a to na herbicidy selektivní (výběrové) a neselektivní (totální). Selektivní herbicidy jsou takové sloučeniny nebo přípravky, jimiž jsou při vhodném použití ničeny určité druhy plevelů nebo jejich skupiny, aniž jsou poškozeny kulturní rostliny, v jejichž porostu byl herbicid aplikován (Dvořák & Smutný, 2003). Neselektivní herbicidy ničí všechny rostliny bez rozdílu, a proto se zpravidla používají k hubení veškeré vegetace (Zbirovský et al., 1959). Dle způsobu účinku herbicidy dělíme na kontaktní (herbicid působí v místě kontaktu s rostlinným pletivem) a systémové (účinná látka je absorbována rostlinou a posléze rozváděna xylémem, floémem i do těch částí rostliny, jež nebyly látkou přímo zasaženy).

Dle mechanismu účinku jsou herbicidy rozděleny dle mezinárodně uznávané klasifikace HRAC (Herbicide Resistance Action Committee) do následujících skupin:

	Způsob účinku	Skupina účinných látek	Příklad účinné látky
A	Inhibice acetylkarboxylázy acetylkoenzymu A	chinoxaliny	propaquizafop
			quizalofop-P-ethyl
			quizalofop-p-tefuryl
		cyklohexanony	tralkoxydim
		pyridiny	fluazifop-P-butyl
		benzoxazoly	fenoxaprop-P-ethyl
B	Inhibice acetolaktátsyntázy (ALS)	sulfonylmočoviny	phenylpyrazoliny
			pinoxaden
			amidosulfuron
			flupyrsulfuron-methyl
			foramsulfuron
chlorsulfuron			
			iodosulfuron-methyl

			mesosulfuron-methyl
			metsulfuron-metyl
			nicosulfuron
			rimsulfuron
			sulfosulfuron
			thifensulfuron-methyl
			triasulfuron
			tribenuron-metyl
			triflusulfuron-methyl
			tritosulfuron
		triazolopyrimidiny	florasulam
			metosulam
		imidazolinony	imazamox
C1	Inhibice fotosyntézy na fotosystému II	triaziny	terbuthylazine
		triazinony	metamitron
			metribuzin
		uracily	lenacil
		pyridazinony	chloridazon
C2		karbamáty	chlortoluron
			isoproturon
			linuron
C3		hydroxybenzonitrily	bromoxynil
		benzodiathiazoly	bentazone
D	Narušení transportu elektronů ve fotosystému I	bipyridyly	diquat dibromide
E	Inhibice protoporphyrinogen oxidázy (PPO)	difenyl étery	bifenox
			oxyfluorfen
		triazoliny	carfentrazone-ethyl
		oxadiazoly	oxadiazon
F1	Inhibice biosyntézy karotenoidů (na PDS)	dikarboximidy	cinidon-ethyl
		pyrrolidiny	fluorochloridon
F2	Inhibice karotenoidů na 4-hydroxyphenyl-pyruvátu	karboxamidy/anilidy	diflufenican
		isoxazoly	isoxaflutole
		triketony	tembotrione
mesotrione			
F3	Inhibice biosyntézy karotenoidů (neznámé)	oxazolidinony	clomazone
G	Inhibice syntézy EPSP	deriváty kyseliny fosforečné	glyphosate
H	Inhibice syntézy glutaminů	deriváty kyseliny fosforečné	glufosinate amonium
I	Inhibice syntézy dehydrpctorátu (DHP)	sulfanilylkarbamáty	asulam
K1	Inhibice tvorby mikrotubulů	nitroderiváty anilinu	pendimethalin
			trifluralin

K2	Inhibice mitózy	karbamáty	chlorpropham
K3	Inhibice buněčného dělení - Inhibitory VLCFA	chloracetamidy (chloracetanilidy)	acetochlor
			dimethachlor
			metazachlor
			pethoxamid
			propachlor
		amidy (acetamidy) aj.	S-metolachlor
			propyzamide
L	Inhibice tvorby buněčných stěn (syntézy celulózy)	nitrily	dichlobenil
M	Rozrušení buněčných membrán	v ČR neregistrováno	
N	Inhibice syntézy lipidů (mastných kyselin)	benzofurany	ethofumesate
		thiokarbamáty	prosulfocarb
O	Syntetické auxiny	fenoxykyseliny	2,4 D
			dichlorprop-P
			MCPA
			MCPB
			mecoprop-P
		pyridin-karboxylové kyseliny	fluroxypyr
			triclopyr
			clopyralid
aminobenzoové kyseliny	picloram		
quinolin-karboxylové kyseliny	dicamba		
	quinmerac		
P	Inhibice transportu auxinu	v ČR neregistrováno	
Z	Ostatní	dithiokarbamáty	dazomet

* zeleně jsou označeny skupiny herbicidů, jejichž účinnost lze potenciálně stanovovat s využitím přístrojů založených na měření změn v absorbanci záření a fluorescence chlorofylu

4. Faktory ovlivňující účinnost herbicidů

Účinnost herbicidů je ovlivňována celou řadou faktorů. K nejvýznamnějším z nich patří povětrnostní vlivy před, během a po aplikaci, ale neméně důležité jsou také aspekty technologické, ale také aspekty morfologické a fyziologické.

Faktory povětrnostní

Teplota - s rostoucí teplotou všeobecně stoupá účinek herbicidů. Při teplotách nad 22 °C dochází velmi často k poškození pěstovaných plodin herbicidem. Ale také nízké teploty mohou u některých herbicidů vyvolat příznaky fytotoxicity.

Rychlost větru - také rychlost větru zásadním způsobem ovlivňuje kvalitu aplikace. Při vysoké intenzitě větru dochází k úletu postřikové jíchy, což se následně projeví nepravidelným účinkem nebo poškozením okolních kultur. Řešením je použití

nízkoúletových trysek či speciálních postřikovačů s usměrněným postřikem, tzv. twin systém.

Půdní vlhkost - má velmi významný vliv na účinek herbicidů působících přes půdu. V suché půdě je účinnost herbicidu snížena, naopak v půdě vlhké narůstá jejich aktivita.

Půdní druh - je jedním z faktorů ovlivňujících herbicidní účinnost preemergentně aplikovaných herbicidů. Na lehkých písčitých půdách, s malou sorpční kapacitou se herbicid velmi snadno pohybuje v půdním prostředí, hrozí jeho vyplavování a zvyšuje se riziko fytotoxicity. Na půdách těžkých je tomu naopak.

Obsah humusu v půdě – půdy s vysokým obsahem humusu jsou schopny poutat značné množství účinné látky herbicidů.

Dešťové srážky - v nižší míře účinnost herbicidů neovlivňují. Při prudkých srážkách však dochází ke smyvu (z rostlin do spodních vrstev ornice), což výrazně snižuje účinnost.

Vliv rosy - téměř totožný jev lze zaznamenat při výskytu rosy. Při nižší teplotě je herbicid rostlinou pomaleji přijímán, vlivem rosy dochází k naředění a stékání herbicidu z povrchu rostlin.

Relativní vzdušná vlhkost – ovlivňuje příjem herbicidu do rostliny především se systémovým působením. Při vyšší relativní vzdušné vlhkosti jsou průduchy rostlin otevřené, čímž je urychlen celkově příjem do rostliny touto cestou.

Intenzita slunečního záření – značně zasahuje do účinku herbicidů ovlivňujících fotosyntézu. Při nízké intenzitě slunečního záření (zatažená obloha) jejich účinnost klesá, naopak při velmi vysoké intenzitě hrozí nebezpečí poškození plodiny.

Aspekty morfologické a fyziologické

Růstová fáze plevelů – je velmi důležitým aspektem majícím přímou spojitost s účinností herbicidů. V případě jednoletých plevelů obecně platí zásada, že menší rostliny jsou k herbicidu citlivější. Do tohoto období by tedy měl být načasován herbicidní zásah. V případě vytrvalých plevelů je často vhodnější naopak herbicidní ošetření načasovat do termínu, kdy mají plevely vytvořené dostatečné množství listové plochy, jež zachytí větší množství účinné látky, jež je následně translokována do podzemních orgánů.

Povrch listů a jejich postavení – může zásadním způsobem ovlivnit účinek herbicidů. V případě teplého suchého počasí v období kolem termínu aplikace vytváří některé plevelné druhy (merlíky apod.) na povrchu listů silnou voskovou vrstvičku, jež znesnadňuje příjem a účinek herbicidu. Také hustá síť trichomů udržuje částice mimo povrch listů a brání tím absorpci herbicidu do rostliny. Postavení listů hraje také významnou roli v účinnosti zejména u kontaktních herbicidů. Např. jsou-li listy plevelných rostlin postaveny šikmo, dochází k pouze částečnému zasažení herbicidem (zasažena menší plocha listu). Dalším případem mohou být plevele, které se nachází ve vyšších růstových fázích, jejichž jednotlivé listy se vzájemně překrývají. V těchto případech nejsou zasaženy listy spodního patra, jež následně umožňují rostlině regenerovat.

Technologické faktory

Kvalita vody – nesporný význam, jež může ovlivňovat účinnost, se přisuzuje tvrdosti vody, pH, ale i znečištění vody. Např. voda obsahující jílnaté částice může naprosto znehodnotit herbicidní efekt.

Použitá hektarová dávka vody – běžně se dávky vody na ha pohybují v rozmezí 100 až 600 litrů. Vyšší dávky vody se používají u přípravků, u nichž je potřebné dokonalé pokrytí cíleného povrchu (kontaktní herbicidy).

Rovnoměrnost aplikace – pro dosažení požadovaného účinku je důležité dodržet rovnoměrnost aplikace. Ta je ovlivněna zejména obsluhou, použitými aplikačními prostředky (typ postřikovače, použité trysky apod.), ale také vlastní přípravou postřikové jichy (rozmíchání apod.). S nerovnoměrnou aplikací se nejčastěji setkáváme na souvratích, kde dochází k předávkování či naopak nedodržení dávky přípravku. Tyto skutečnosti mají v obou případech negativní vliv na pěstovanou plodinu (poškození plodiny - fytotoxicita, nedostatečná účinnost - rozvoj plevelů).

5. Biologická účinnost herbicidů a metody jejího hodnocení

Herbicidní účinnost (biologická účinnost na plevele) a fytotoxicita se v současné době nejčastěji hodnotí odhadem. Nevýhodou odhadové metody je však získání do jisté míry subjektivních výsledků, závislých na hodnotiteli pokusu (VONDRA et al., 2006). Těžko vzájemně porovnatelné jsou výsledky, získané ze stejného pokusu, provedeného na různých lokalitách, které byly vyhodnoceny různými pokusníky (SMUTNÝ et al., 2006). Z výše uvedených důvodů (vzhledem k pracnosti a určité subjektivitě dosud používaných metod) by pro hodnocení účinnosti a fytotoxicity herbicidů bylo přínosem, ověřit uplatnění objektivních metod, založených např. na

exaktním měření fluorescence chlorofylu či změn v absorbanci záření. Tyto metody mohou být do budoucna vhodným nástrojem v integrovaném zemědělství, vedoucí k optimalizaci dávek herbicidů a snížení jejich spotřeby (Riethmuller-Haage, 2006).

5.1. Subjektivní hodnocení odhadovou metodou

Odhadová metoda je významnou metodou pro stanovení herbicidní účinnosti a fytotoxicity. Ke stanovení herbicidní účinnosti jsou používány bonitační stupnice. Od 70. let je používána stupnice 1-9, jež byla přijata členskými státy EWRC (European Weed Research Council). V této stupnici, stupeň 1 značí úplné zničení plevelů, stupeň 9 naopak žádné poškození plevelů. V případě plodiny je tomu naopak. Současně se hodnotí v % pokryvnost plevelů a plodiny. V registračních pokusech je od roku 1996 používáno hodnocení podle lineární % stupnice (od 0 % tj. žádná účinnost, do 100 % tj. plná účinnost; ve smyslu metodik European and Mediterranean Plant Protection Organisation (EPPO). Stejně hodnocení se používá pro stanovení fytotoxicity.

5.2. Hodnocení účinnosti herbicidů pomocí měření fluorescence chlorofylu – princip a popis přístrojů

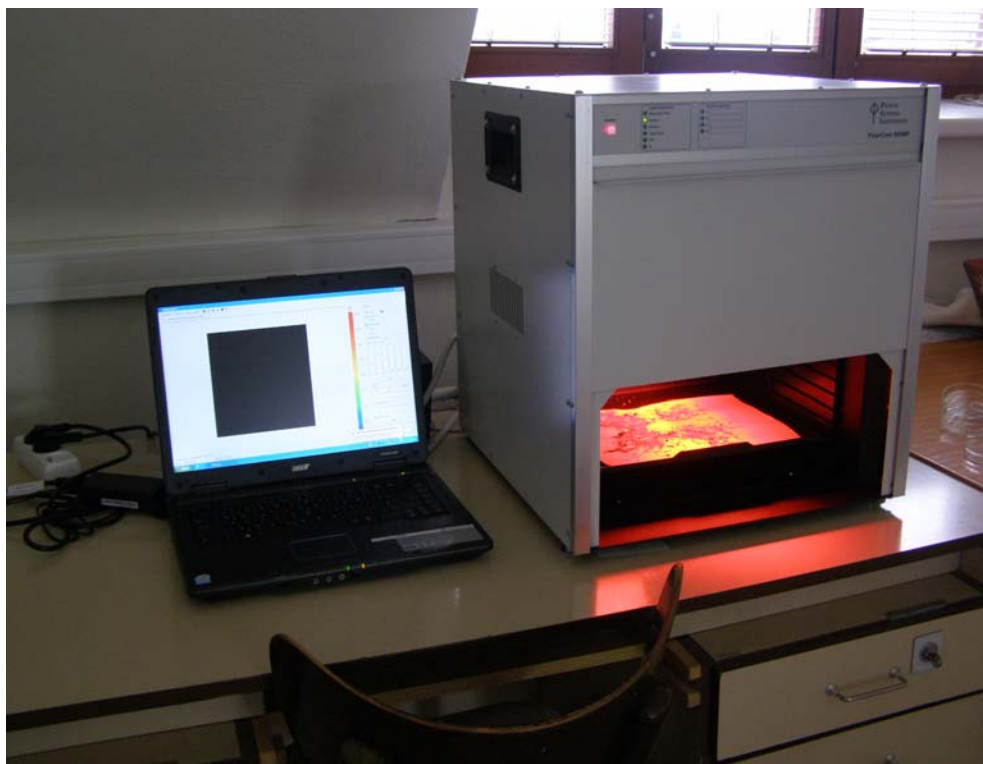
Metoda založená na měření fluorescence chlorofylu nalézá své uplatnění zejména v rostlinné morfologii a fyziologii. V oblasti rostlinolékařské lze tuto metodu využít např. k detekci zaplevelení v meziřádcích hustě setých nebo u širokořádkových plodin, ale i k diagnostice rezistentních populací plevelů. Tato metoda také umožňuje sledování vlivu aplikační techniky, adjuvantů a podmínek při aplikaci, rychlost příjmu a působení herbicidů v rostlině (Klem, 2006). Fluorescence je pouze malou částí sluneční energie (3-9 %), která je přeměněna na záření o vlnové délce cca 685 nm a vyzářena zpět do okolí. Zpětnou re-absorbci může být tato emise posunuta až k 740 nm. Obecně platí, že se snižující se fotosyntézou narůstá podíl fluorescenčního záření a naopak. Této skutečnosti se využívá k měření účinnosti a fytotoxicity herbicidů.

Pro měření fluorescence chlorofylu jsou vyvíjeny přístroje, které jsou založeny na podobném principu, ale konstrukčně jsou uzpůsobeny pro možnost měření na různých úrovních (od buněčné až po měření v porostu) a v rozdílných podmínkách (laboratorní, polní). U řady přístrojů jde o nedestrukční měření. Jedná se např. o přístroje FluorCam, FluorPen, Plant Efficiency Analyser PEA, Imaging-Pam, Chlorophyll Fluorometer, Plant Photosynthesis Meter – PPM a řadu dalších.

Přístroj FluorCam českého výrobce se používá k detekci dynamiky a prostorové heterogenity fluorescence emitované rostlinami. Získané parametry (Kautského efekt, analýza zhášení fluorescence aj.) jsou vyhodnocovány pomocí dvourozměrných

snímků, běžných pro hodnocení fluorescence. Tyto snímky znázorňují okamžitý stav (poškození) rostliny, šíření účinné látky rostlinou v případě systémového herbicidu, či působení herbicidů kontaktních v místě dopadu kapky na rostlinu. K vyhodnocení biologické účinnosti a fytotoxicity herbicidů slouží barevná škála, s limitními hodnotami 0-1, kdy každé hodnotě odpovídá určitý odstín či směs 4 barev (červená, žlutá, zelená, modrá). Nízké hodnoty signalizují odumření nebo silné poškození rostliny, hodnoty od 0,60-0,85 charakterizují zdravou nepoškozenou rostlinu. Přístroj FluorCam 800-C (Obr. 1) je typ fluorometru (zobrazovací), který měří sekvence snímků (obrazů) fluorescence chlorofylu s možností nastavení protokolů kontrolujících ozáření a načasování samotného měření. Emise fluorescence je indukována pomocí dvou či více silných, radiaci vyzařujících diod (LED's), které zajišťují měřicí záblesky. Fotochemické procesy jsou řízeny kontinuálním aktinickým ozářením, které je generováno halogenovými žárovkami (opatřenými závěrkou) nebo přídatnými diodovými panely. Měřicí plocha zařízení je 13 x 13 cm. Snímky pořízené přístrojem jsou vyhodnocovány softwarem „FluorCam pro Windows“. Velikost výsledné fluorescenční fotografie přístroje FluorCam je 512 x 512 pixelů. Plocha měřený částí rostlin se tedy skládá z desetitisíců pixelů, přičemž pro každý z nich je změřena hodnota hodnoceného parametru fluorescence. Mezi ně patří např. maximální výtěžek fluorescence chlorofylu (F_M'), minimální výtěžek fluorescence ve světelně adaptovaném stavu (F_0'), variabilní fluorescence ve světelně adaptovaném stavu (F_V'), nefotochemické zhášení fluorescence chlorofylu (NPQ) a kvantový výtěžek fotosyntézy (QY). Z číselných hodnot poté software přístroje vypočítá jednu hodnotu pro plochu, kterou jsme si předem vybrali k hodnocení. Výrobce tohoto přístroje je česká firma Photon Systems Instruments se sídlem v Drásově.

Obr. 1: Přístroj FluorCam 800-C



Stejné rozmezí hodnot slouží k vyhodnocení účinnosti popř. fytotoxicity přístrojem FluorPen (Obr. 2), určeným zejména pro polní měření. Jde o přenosný bateriový fluorometr, který umožňuje rychlé a precizní měření parametrů fluorescence chlorofylu v laboratoři, sklenících či v polních podmínkách. Může být efektivně používán pro studium fotosyntetické aktivity, hodnocení stresu, testování účinnosti herbicidů aj. Velmi jednoduché dvou-tlačítkové ovládání a možnost přenášet tento přístroj jsou jeho velkou výhodou. Měřicí plocha přístroje je kruhového tvaru o průměru přibližně 5 mm a je opatřena klapkou pro uchycení měřeného objektu (např. listu). V případě zařízení FluorPen je k dispozici displej, na kterém je přímo zobrazena naměřená hodnota zvoleného parametru (QY; kvantový výtěžek) pro měřenou kruhovou výseč.

Obr. 2: Příklad FluorPen



Přístroj PPM meter (PPM-300) je přenosný přístroj vyráběný firmou EARS v Nizozemí (Obr. 3). U přístroje PPM meter je důležité, aby vlastní měření probíhalo za tmy, nebo alespoň v prostředí s nízkou intenzitou světla, aby nedocházelo k ovlivnění měření přímým slunečním světlem. Stupnice tohoto přístroje, která vyjadřuje účinnost fotosyntézy (vycházející z hodnoty kvantového výtěžku), nabývá hodnot od 0 (odumření rostliny) do 80 (zdravá rostlina) viz Tab. 1. Prahovou hodnotou je hodnota 15, hodnoty nižší pak signalizují omezení fotosyntézy vlivem herbicidu a ve většině případů úhyn rostliny (s 99% pravděpodobností; Kempenaar, 2004). Od roku 2011 má být v nabídce firmy EARS přístroj mini-PPM, jež pracuje na stejném principu. Jedná se pouze o zmenšenou verzi přístroje PPM meter.

Obr. 3: Přístroj PPM-300



5.3. Hodnocení účinnosti herbicidů pomocí měření změn v absorbanci záření – princip a popis přístrojů

K predikci či stanovení účinnosti a fytotoxicity herbicidů se používá přenosný přístroj PS1 meter (Obr. 4) založený na principu měření změn v absorbanci záření. Jedná se o nedestruktivní metodu měření transportu elektronů na úrovni fotosystému I. Vychází se ze skutečnosti, že centrální pigment fotosystému I P700 má v oxidovatelném a redukovatelném stavu rozdílnou absorbanci při vlnové délce 820 nm. Změna absorpance při 820 nm po světelném pulzu poskytuje informaci o rozsahu blokování redukce P700 vyvolané působením herbicidu.

Obr. 4: Příklad přístroje PS1 meter



Přístroj PS1 meter byl vyvinut v roce 2002 na pracovišti Plant Research International ve Wageningen a díky svým výhodám (především rychlost měření a možnosti měření v polních podmínkách aj.) se rychle rozšířil mezi výzkumníky a zemědělci po celé Evropě.

Stupnice přístroje má rozpětí hodnot od 0 (žádné poškození) do 100 (uhynutí rostliny). Prahovou hodnotou je hodnota 80, hodnoty vyšší signalizují omezení fotosyntézy vlivem herbicidu a s 99% pravděpodobností pak úhyn rostliny (Kempenaar, 2004). K vyhodnocení naměřených hodnot slouží Tab. 1. Při měření je nejmenší měřitelný list upevněn do úchytky (měření probíhá za vyloučení přítomnosti okolního světla). Přístrojem je možné měřit účinnost či fytotoxicitu herbicidů ze skupin inhibujících fotosyntézu, biosyntézu karotenoidů, syntézu EPSP, syntézu glutaminů a herbicidů narušujících transport elektronů ve fotosystému I (viz kapitola 3).

Tab. 1: Kategorizace poškození fotosyntetického aparátu plevelu (MLHD PS1 Manual, 2006, 2008)

Hodnoty naměřené přístrojem		Předpokládaný efekt na plevel (účinnost)
PS1 meter	PPM meter	
> 80	< 15	> 99% účinnost
65–80	15-20	> 90% účinnost
50–65	20-35	střední efekt (omezení růstu)
30–50	35-50	malý efekt
< 30	> 50	téměř žádný efekt

6. Stanovení optimálních dávek herbicidů (výsledky z pokusů)

Výsledky a doporučení uváděná v následující části vycházejí z několikaletých nádobových a maloparcelních polních pokusů a praktických zkušeností získaných v průběhu řešení této problematiky. Při stanovení optimální dávky herbicidu potřebné k zahubení určitého plevelného druhu v jeho konkrétní růstové fázi jsme vycházeli z metody MLHD vyvinuté na Plant Research International ve Wageningen (Nizozemí). Tato metoda je založena se skutečností, že plevelné rostliny v raných růstových fázích jsou k herbicidům citlivější, a proto je možné za určitých okolností snížit jejich dávku, aniž by se to negativně projevilo v jejich účinnosti. Podle Pauwelse (2002) se v podstatě jedná o sledování různých koncentrací herbicidů aplikovaných v různých růstových fázích.

6.1. Stanovení optimálních dávek herbicidů pomocí PS 1 meter

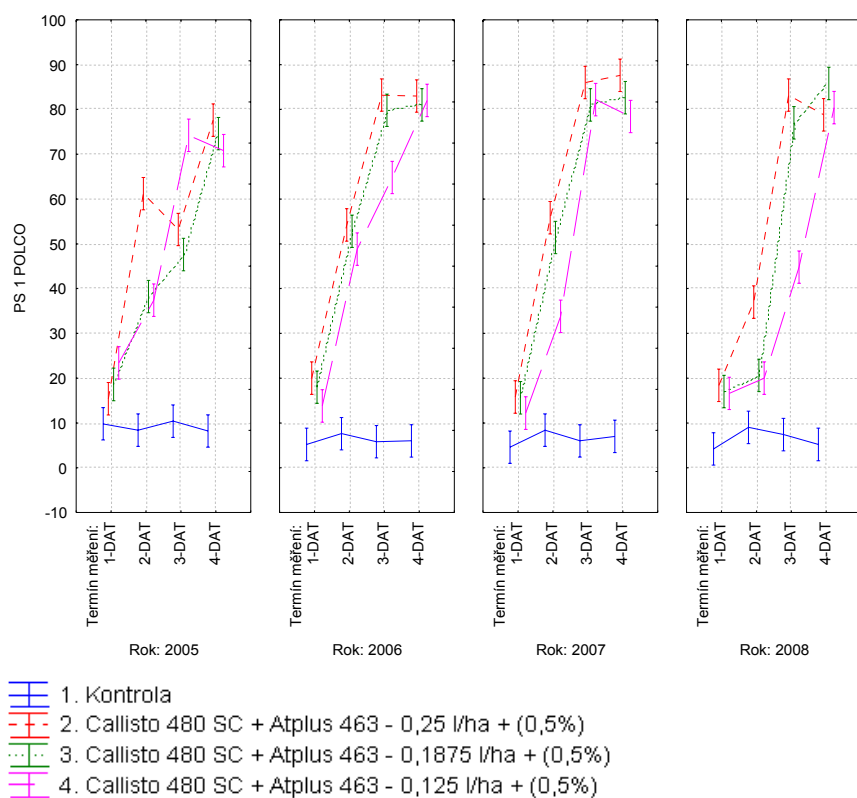
V maloparcelních polních pokusech založených v letech 2005-2009 byly aplikovány diferencované dávky vybraných herbicidů v kukuřici. Druhové spektrum plevelů bylo poměrně rozmanité a úroveň zaplevelení se v závislosti na ročníku pohybovala v rozmezí 2-8 rostlin na m². Během čtyřletého pozorování byly k hodnocení vybrány plevelné druhy, jež se vyskytovaly zhruba ve stejné intenzitě ve všech ročnících. Konkrétně se jednalo o plevelné druhy laskavec ohnutý (*Amaranthus retroflexus*), merlík bílý (*Chenopodium album*), pcháč oset (*Cirsium arvense*) a opletku obecnou

(*Polygonum lapathifolium*). Diferencované dávky herbicidů byly aplikovány ve fázi BBCH 12-14, v případě pcháče osetu BBCH 30. Účinnost diferencovaných dávek herbicidů byla následně měřena pomocí přístroje PS1 meter ve stanovených dnech po aplikaci herbicidů. Konkrétně se jednalo o termíny první, druhý, třetí a čtvrtý den po aplikaci. Výsledky naměřené přístrojem byly porovnány s tabulkovými hodnotami a s výsledky vizuálního hodnocení provedeného 14 dnů po aplikaci. V pokusu byly použity herbicidy Callisto 480 SC + Atplus 463 (systémový účinek) a Basagran Super (kontaktní účinek).

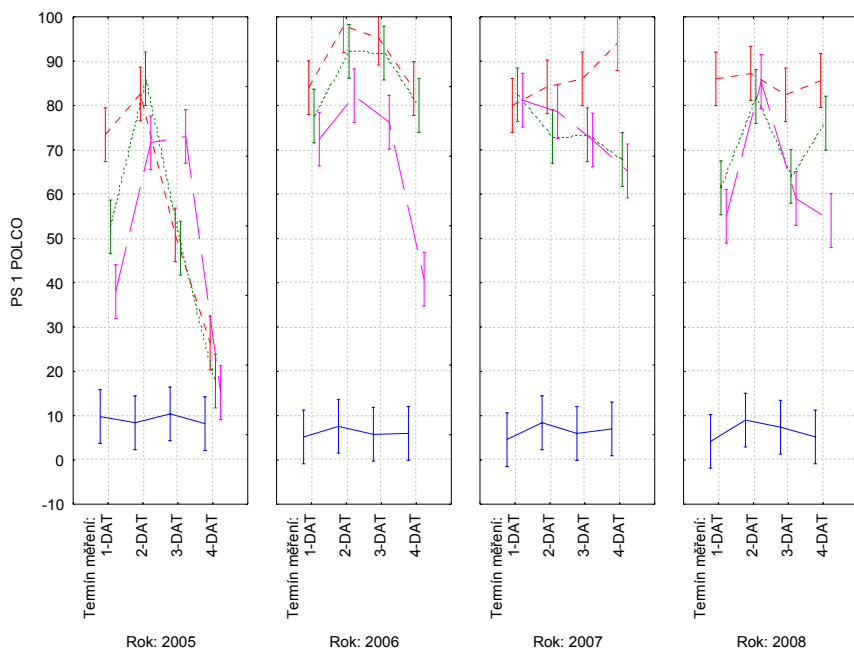
Na základě čtyřletých výsledků můžeme jako optimální termín pro stanovení účinnosti diferencovaných dávek herbicidů označit čtvrtý den po aplikaci. V tomto termínu lze již poměrně spolehlivě predikovat účinnost a zachytit i případnou regeneraci plevelů jak u herbicidu Callisto 480 SC + Atplus 463 tak také u herbicidu Basagran Super. Zároveň můžeme konstatovat, že mezi účinností predikovanou přístrojem čtvrtý den po aplikaci a účinností vizuálně hodnocenou čtrnáctý den po aplikaci byla 91% shoda. Došlo-li k překročení hodnoty 70 naměřené přístrojem, účinnost se pohybovala v rozmezí 90-100 %. U hodnot pohybujících se pod 70, se účinnost pohybovala v rozmezí 0-89 %. V následujících grafech 1 a 2 je uveden příklad rozdílné reakce opletky obecné (BBCH 12) na diferencované dávky herbicidů Callisto 480 SC a Basagran Super.





Na těchto grafech je taktéž patrné rozdílné působení obou přípravků. U herbicidu Callisto 480 SC hodnoty PS1 narůstají postupně s termínem měření (systémově působící – pozvolné rozvádění účinné látky v rostlině) u herbicidu Basagran Super je patrný rychlý nástup účinku (kontaktně působící – popálení rostliny v místě dotyku s rostlinným pletivem, jež v daném případě regeneruje, patrné u všech dávek herbicidu v roce 2005).

Graf 1: Vývoj naměřených hodnot PS1 v čase u opletky obecné - Callisto 480 SC + Aplus 463



Graf 2: Vývoj naměřených hodnot PS1 v čase u opletky obecné – Basagran Super



-  1. Kontrola
-  2. Basagran Super - 2,0 l/ha
-  3. Basagran Super - 1,5 l/ha
-  4. Basagran Super - 1,0 l/ha

V tabulce 2 je zachycena průměrná účinnost diferencovaných dávek herbicidů Callisto 480 SC + Atplus 463 a Basagran Super z let 2005-2009.

Tab. 2: Průměrná účinnost diferencovaných dávek herbicidů na vybrané plevele z let 2005-2009

Herbicide - dávka (l.ha ⁻¹)	Účinnost (%)			
	AMARE	CHEAL	CIRAR	POLCO
Kontrola	-	-	-	-
Callisto 480 SC + Atplus 463 - 0,25 + (0,5 %)	98,1	96,9	96,3	96,9
Callisto 480 SC + Atplus 463 - 0,1875 + (0,5 %)	97,5	96,3	94,3	93,9
Callisto 480 SC + Atplus 463 - 0,125 + (0,5 %)	96,9	95,0	93,8	91,3
Basagran Super - 2,0	96,3	96,9	95,7	86,3
Basagran Super - 1,5	92,5	96,3	93,2	74,4
Basagran Super - 1,0	91,3	92,5	91,9	64,4

červeně zvýrazněné hodnoty značí nedostatečnou herbicidní účinnost

Z výsledků vyplývá, že u plevelných druhů laskavec ohnutý, merlík bílý a pcháč oset byla dosaženo účinnosti nad hranicí 90%. Přestože účinnost herbicidu Basagran Super na pcháč oset byla hodnocena jako dostačující, nelze tento herbicid doporučit k ošetření porostů zaplevelených tímto plevelným druhem. Díky kontaktně působícímu herbicidu došlo sice k likvidaci listových růžic, ale vlivem porušení apikální dominance došlo paradoxně k ještě většímu rozšíření tohoto vytrvalého plevele na pozemku. Tento herbicid taktéž nelze doporučit k regulaci porostů zaplevelených opletkou obecnou (nedostatečná účinnost).

V tab. 3 je zachycena účinnost diferencovaných dávek herbicidů Callisto 480 SC + Atplus 463 a Basagran Super na vybrané plevele v roce 2006. Vzhledem k tomu, že se jedná pouze o jednoleté výsledky, bude nutné další hodnocení v delším časovém intervalu.

Tab. 3: Průměrná účinnost diferencovaných dávek herbicidů na vybrané plevele v roce 2006

Herbicide - dávka (l.ha ⁻¹)	Účinnost (%)			
	CAPBP	LAMPU	DATST	GALAP
Kontrola	0	0	0	0
Callisto 480 SC + Atplus 463 - 0,25 + (0,5 %)	97,0	95,5	93,25	95,8
Callisto 480 SC + Atplus 463 - 0,1875 + (0,5 %)	95,6	92,3	91,5	93,7
Callisto 480 SC + Atplus 463 - 0,125 + (0,5 %)	91,2	91,2	90,5	86,3
Basagran Super - 2,0	96,3	93,3	95,8	92,8
Basagran Super - 1,5	94,2	90,2	92,6	90,1
Basagran Super - 1,0	90,0	76,4	91,4	74,8

červeně zvýrazněné hodnoty značí nedostatečnou herbicidní účinnost

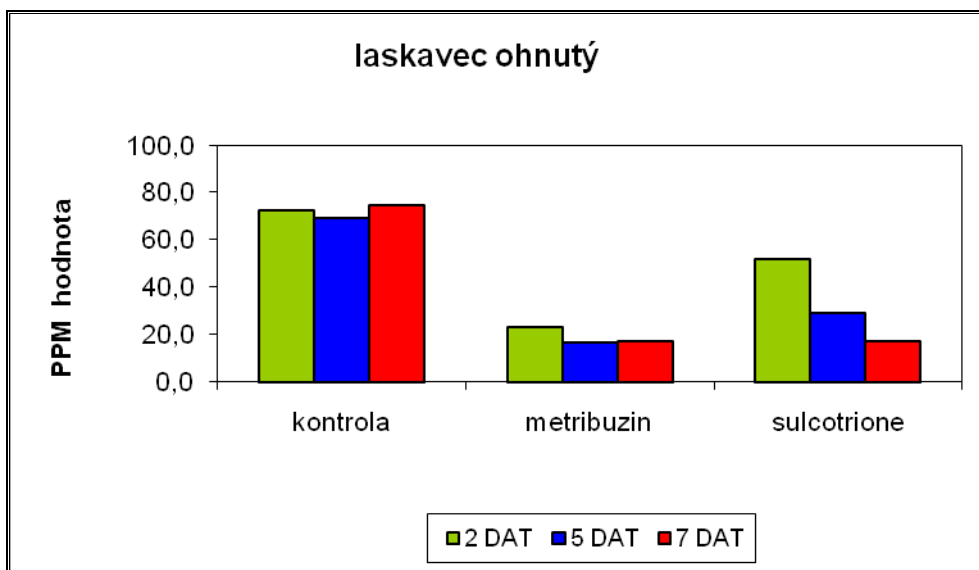
Z uvedených výsledků vyplývá, že v případě kokošky pastuší tobolky (*Capsella bursa pastoris*) a durmanu obecného (*Datura stramonium*) byla zjištěna dostatečná účinnost obou hodnocených herbicidů. V případě hluchavky nachové (*Lamium purpureum*) a svízele přituly (*Galium aparine*) byla u nejnižší dávky herbicidu Basagranu Super (1,0 l.ha⁻¹) zjištěna účinnost nedostatečná. U nejnižší dávky herbicidu Callisto 480 SC + Atplus 463 (0,125 l.ha⁻¹ + 0,5%) se účinnost na svízele přituly pohybovala pod hranicí 90 %.

V současné době jsou taktéž ověřovány možnosti použití diferencovaných dávek herbicidů v máku setém (Laudis – úč. látka tembotrione; Lentipur 500 FW – úč. látka chlortoluron).

6.2. Stanovení optimálních dávek herbicidů pomocí PPM meter

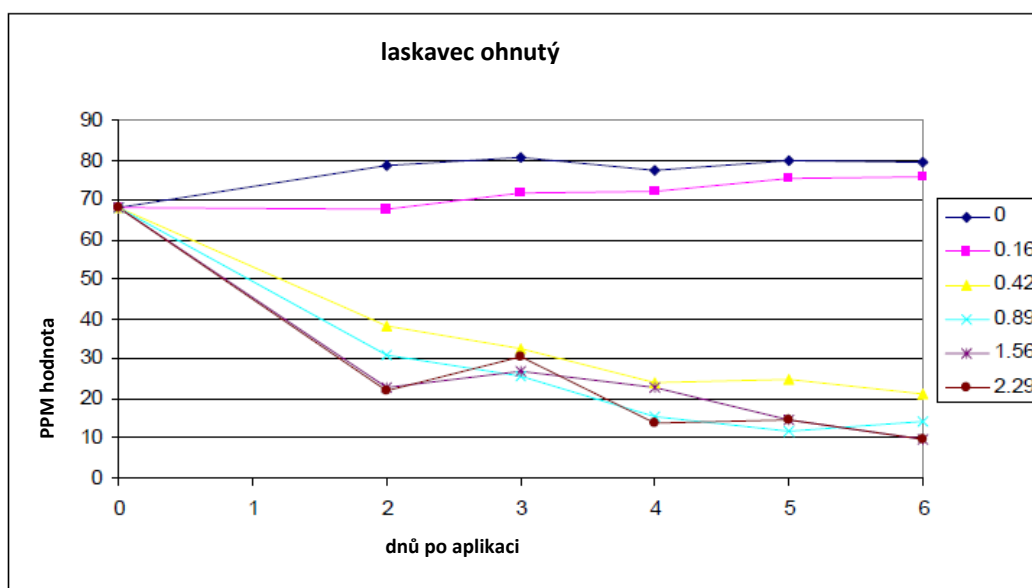
Zkušenosti s přístrojem PPM meter byly získány ve skleníkových pokusech na Plant Research International založených jedním z autorů metodiky. V prvním pokusu byla sledována rychlost působení dvou různých herbicidů, Sencor (úč. látka metribuzin, 200 g.ha⁻¹) a Mikado (sulcotrione, 0,8 l.ha⁻¹) u laskavce ohnutého ve fázi dvou pravých listů. Z grafu č. 3 je patrná odlišná rychlost působení použitých herbicidů. U účinné látky metribuzin byl již druhý den po aplikaci zaznamenán pokles PPM hodnot na úroveň 20. V dalších termínech již další pokles nebyl prakticky zaznamenán. Naopak pozvolný průběh účinnosti v čase byl u účinné látky sulcotrione, kdy druhý den po aplikaci byly hodnoty PPM na úrovni cca 50, ale postupně poklesly, až pod úroveň PPM 20 sedmý den po aplikaci (7 DAT).

Graf 3: Vývoj hodnot v čase na sledovaných variantách pokusu u laskavce ohnutého naměřené přístrojem PPM meter



Ve druhém pokusu byla hodnocena účinnost odstupňovaných dávek herbicidu Basagran Super (bentazone 480 g.l⁻¹) na laskavec ohnutý (BBCH 14). Konkrétně byly testovány dávky 0,16 – 0,42 – 0,89 – 1,56 – 2,29 l.ha⁻¹. Účinnost těchto dávek byla měřena přístrojem PPM meter v sedmi termínech po aplikaci. Z grafu č. 4 je patrné, že pouze nejnižší dávka (0,16 l.ha⁻¹) nevykazovala žádnou účinnost. U ostatních dávek byl účinek patrný již druhý den po aplikaci, hodnoty PPM se výsledně pohybovaly v rozmezí 10 – 25.

Graf 4: Vývoj hodnot v čase při použití diferencovaných dávek herbicidu Basagran Super u laskavce ohnutého naměřené přístrojem PPM meter



6.3. Stanovení optimálních dávek herbicidů pomocí přístrojů FluorCam a FluorPen

V laboratorních podmínkách byl v roce 2009 založen nádobový pokus, v němž byla pomocí přístroje FluorCam hodnocena účinnost šesti herbicidů, vždy ve třech dávkách: v dávce registrované, 75 % a 50 % na laskavec ohnutý (BBCH 14). Herbicidní účinnost byla vyjádřena hodnotou kvantového výtěžku (QY), za předpokladu potvrzené korelace mezi QY a subjektivním hodnocením (vizuálním) stavu rostliny. Ve všech případech se hodnota QY u neošetřených rostlin laskavce ve všech termínech pohybovala na úrovni 0,8. V tab. 4 jsou uvedeny dny po aplikaci, kdy bylo dosaženo poklesu tohoto parametru cca na polovinu. Hodnoty na úrovni 0,4 – 0,5 lze považovat za stav, kdy jsou rostliny v důsledku působení herbicidu poškozené tak, že lze předpokládat jejich smrt.

Tab. 4: Tabulka zachycující optimální termín pro predikci účinnosti přístrojem FluorCam na jednotlivých variantách pokusu

Herbicid dávky (l/ha)	Účinná látka (g.l ⁻¹)	Použitelnost FluorCam ke stanovení účinnosti	Den po aplikaci, kdy byla dosažena hodnota QY=0,4-0,5
Basagran Super (2,0 – 1,5 – 1,0)	480 g bentazone + 150 g aktivátor	ANO	tentýž den po aplikaci – 24 hod
Click 500 SC (1,5 – 1,125 – 0,75)	500 g terbuthylazine	ANO	2. – 4. den
Banvel 480 S (0,5 – 0,375 – 0,25)	480 g dicamba	NE	-
Callisto 480 SC + 0,5% Atplus 463 (0,25 – 0,1875 – 0,1250)	480 g mesotrione	ANO	4. – 5. den
Milagro (1,0 – 0,75 – 0,5)	40 g nicosulfuron	NE	-
Roundup klasik (3,0 – 2,25 – 1,5)	480 g glyphosate-IPA	ANO	3. – 6. den

Výše uvedený experiment prokázal, že pomocí přístroje FluorCam a při použití kvantového výtěžku (QY) jakožto jednoho z parametrů fluorescence chlorofylu lze detekovat herbicidní účinnost u účinných látek bentazone (korelační koeficient = 0,65), terbuthylazine (0,83), mesotrione (0,94) a glyphosate (0,90). U těchto herbicidů byly dostatečně účinné všechny dávky, tj. i nejnižší 50 % dávka. Uplatnění přístroje FluorCam je především v oblasti studia působení a šíření herbicidů, které nějakým způsobem zasahují do procesu fotosyntézy v rostlině. Pomocí barevného zobrazení

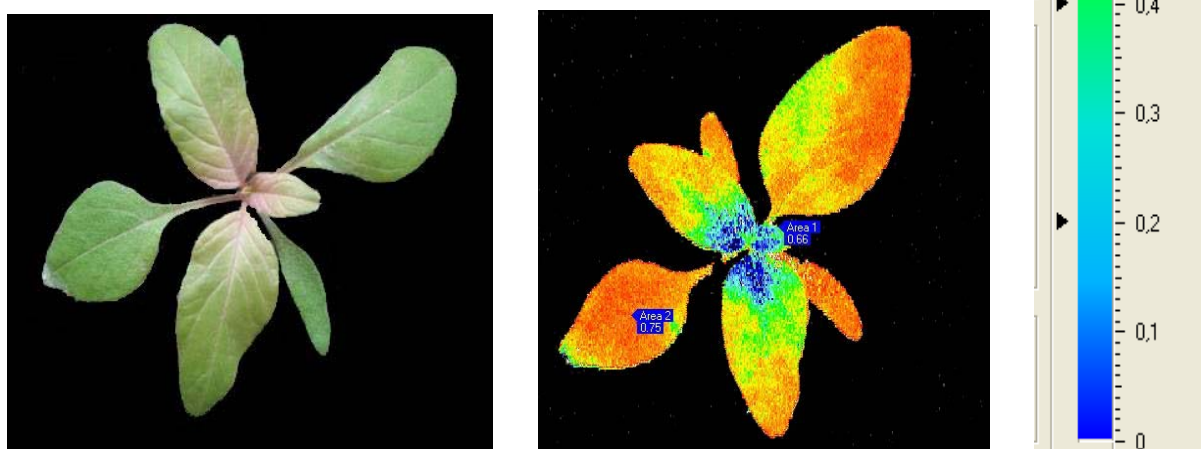
jsou názorně zachyceny úrovně hodnot QY v různých částech rostliny při aplikaci různých herbicidů (viz Obr. 5).

Obr. 5: Význam jednotlivých barev a hodnot QY pro rostlinu na fluorescenčním snímku:

A) Kontrola



B) Callisto 480 SC + Atplus 463 – 0,2 l.ha⁻¹ + 0,5%



V roce 2009 a 2010 bylo cílem porovnat výsledky měření kvantového výtěžku pomocí přístroje FluorPen a FluorCam. Testování proběhlo při použití herbicidu CLICK 500 SC v registrované dávce, sledování proběhlo u laskavce ohnutého (BBCH 12 – 14). Bylo zjištěno, že v laboratorních podmínkách jsou hodnoty QY obdobné. Ve všech případech byly nepatrně nižší hodnoty naměřeny přístrojem FluorPen. V polních podmínkách bude v dalším výzkumu zapotřebí ověřit využitelnost přístroje FLUorPen. U přístroje FluorCam se s uplatněním na poli příliš nepočítá vzhledem k jeho rozměrům, potřebě zdroje elektřiny a většímu ovlivnění výsledků různou intenzitou slunečního záření.

7. Ekonomický přínos, výhody a nevýhody snížených dávek herbicidů

Hlavním ekonomickým přínosem používání redukovaných dávek herbicidů je značná úspora finančních prostředků. Tato úspora se v závislosti na použitém herbicidu může činit např. v případě herbicidu Callisto 480 SC + Atplus 463 až 523 Kč/ha v případě herbicidu Basagran Super dokonce 685 Kč/ha. Nezanedbatelným přínosem je také snížení zatížení prostředí rezidui herbicidů. Na druhé straně používání nízkých dávek herbicidů může vést ke vzniku rezistentních populací plevelů (Gardner et al., 1999). Z tohoto důvodu je nutné střídat herbicidy s různým mechanismem účinku.

Cena přístrojů určených pro polní měření se v případě přístroje FluorPen pohybuje v rozmezí cca 800 – 2100 Euro. Přístroj PS 1 meter lze pořídit cca za 1900 Euro. Přístroj FluorCam vyvinutý pro laboratorní měření a výzkumné účely v rozmezí cca 14000 – 17700 Euro. Přístroji je možné zachytit již velmi časně po aplikaci účinnost herbicidu, fytotoxicitu, a to dříve než jsou patrné vizuální příznaky poškození. Nevýhodou přístrojů je však to, že jimi lze měřit účinnost a fytotoxicitu pouze u některých skupin herbicidů (viz kapitola 3). V následující tabulce je zachycen % podíl časně postemergentní (CPOST) a postemergentní aplikace (POST) selektivních herbicidů ve vybraných plodinách v ČR, kde lze využít ke stanovení účinnosti PS1 metr. Přístrojem lze zachytit účinnost všech neselektivních herbicidů obsahujících účinné látky na bázi glyphosate, diquat dibromide, glufosinate-ammonium.

Tab. 3: % podíl CPOST a POST herbicidů registrovaných v ČR ve vybraných plodinách v roce 2009, kde lze využít ke stanovení herbicidní účinnosti či fytotoxicity přístroj PS1 meter (Vondra, 2009)

Skupiny plodin (plodiny)		% podíl CPOST a POST herbicidů registrovaných v ČR
		selektivní herbicidy
Obilniny	ozimé	21
	jarní	9
	kukuřice setá	15
Okopaniny	brambory	80
	cukrová a krmná řepa	53
Luskoviny		13
Olejniny	mák setý	63
	len setý	14
	slunečnice roční	0
	řepka olejná	0
Přadné rostliny	len setý	14
Siličnaté, narkotické, aromatické, léčivé a kořeninové rostliny	kmín kořený	17
Jeteloviny		42
Trávy		10

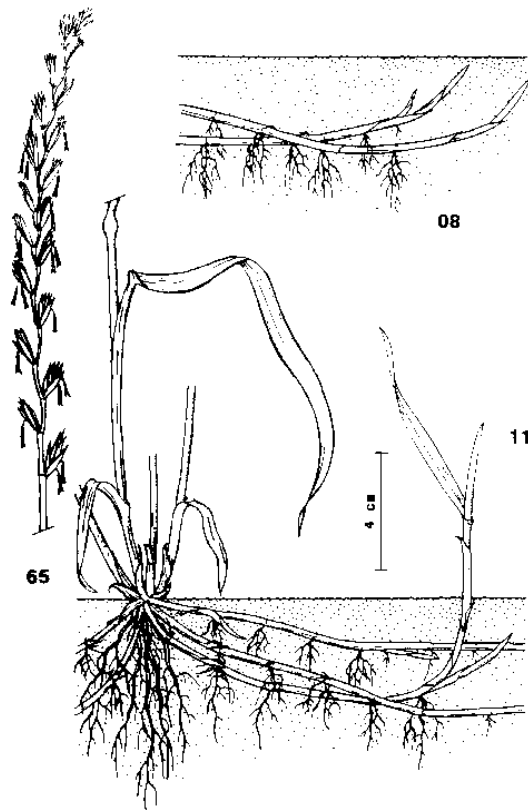
Příloha

Obecná stupnice (BBCH) - všechny rostliny

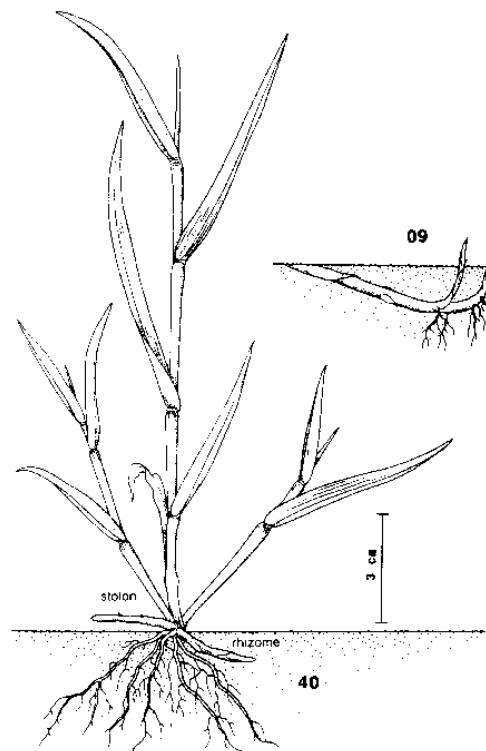
Fáze	Charakteristika růstové fáze
00	suché semeno (v této fázi jsou semena mořena)
01	počátek bobtnání semen
03	konec bobtnání semen
05	kořínek (radicula) vystoupil ze semene
06	prodlužování kořínků, tvorba kořenových vlásků
11	první pravý list, pár listů nebo přeslen je rozvinutý
12	2 pravé listy, listové páry nebo přesleny rozvinuty
13	3 pravé listy, listové páry nebo přesleny rozvinuty
14	4 pravé listy, listové páry nebo přesleny rozvinuty
15	5 pravých listů, listových párů nebo přeslenů rozvinuto
16	6 pravých listů, listových párů nebo přeslenů rozvinuto
17	7 pravých listů, listových párů nebo přeslenů rozvinuto
18	8 pravých listů, listových párů nebo přeslenů rozvinuto
19	9 nebo více pravých listů, listových párů nebo přeslenů rozvinuto (Odnožování, vývoj postranních výhonů, nebo prodlužování stonků může probíhat v dřívější fázi, nebo postranní výhony se nemusí vůbec vytvořit.)
21	první postranní výhon viditelný
22	2 postranní výhony viditelné
23	3 postranní výhony viditelné
24	4 postranní výhony viditelné
25	5 postranních výhonů viditelných
26	6 postranních výhonů viditelných
27	7 postranních výhonů viditelných
28	8 postranních výhonů viditelných
29	9 nebo více postranních výhonů viditelných
31	stonek (růžice) dosáhl 10 % konečné délky (konečného průměru)
32	stonek (růžice) dosáhl 20 % konečné délky (konečného průměru)
33	stonek (růžice) dosáhl 30 % konečné délky (konečného průměru)
34	stonek (růžice) dosáhl 40 % konečné délky (konečného průměru)
35	stonek (růžice) dosáhl 50 % konečné délky (konečného průměru)
36	stonek (růžice) dosáhl 60 % konečné délky (konečného průměru)
37	stonek (růžice) dosáhl 70 % konečné délky (konečného průměru)

- 38 stonek (růžice) dosáhl 80 % konečné délky (konečného průměru)
- 39 stonek dosáhl konečné délky, nebo růžice konečného průměru
- 41 sklíditelné vegetativní části rostliny se začínají vyvíjet
- 43 sklíditelné vegetativní části rostliny dosáhly 30 % konečné velikosti
- 45 sklíditelné vegetativní části rostliny dosáhly 50 % konečné velikosti
- 47 sklíditelné vegetativní části rostliny dosáhly 70 % konečné velikosti
- 49 sklíditelné vegetativní části rostliny dosáhly konečné velikosti
- 51 viditelné květenství nebo květní poupata
- 55 první jednotlivé květy jsou viditelné (ještě zavřené)
- 59 první korunní plátky viditelné
- 61 počátek kvetení: 10 % květů otevřených nebo 10 % kvetoucích rostlin
- 63 30 % květů otevřených nebo 30 % kvetoucích rostlin
- 65 plný květ, 50 % květů otevřených nebo 50 % kvetoucích rostlin, první korunní plátky opadávají, nebo zasychají
- 67 dokvétání, většina květních plátků opadlých nebo zaschlých
- 69 konec kvetení, viditelná násada plodů
- 71 malé plody viditelné, nebo plody dosáhly 10 % konečné velikosti
- 73 první plody dosáhly konečné velikosti, nebo plod dosáhl 30 % konečné velikosti
- 75 50 % plodů dosáhlo konečné velikosti, nebo plod dosáhl 50 % konečné velikosti
- 77 70 % plodů dosáhlo konečné velikosti
- 79 téměř všechny plody dosáhly konečné, pro druh nebo odrůdu typické velikosti
- 81 počátek zrání nebo vybarvování plodů
- 85 pokročilé zrání nebo pro druh nebo odrůdu typické vybarvování plodů
- 88 plody začínají měknout (druhy s dužnatými plody)
- 89 plná zralost, plody jsou plně pro druh nebo odrůdu typicky vybarvené, počátek opadávání plodů
- 93 listy začínají měnit barvu nebo opadávat
- 95 50 % listů změnilo barvu, nebo opadlo
- 97 konec opadávání listů, rostliny nebo jejich nadzemní části odumřely, nebo jsou v dormanci
- 99 sklizené produkty (V této fázi se sklizené nebo skladované produkty ošetřují. Osivo se ošetřuje ve fázi 00.)

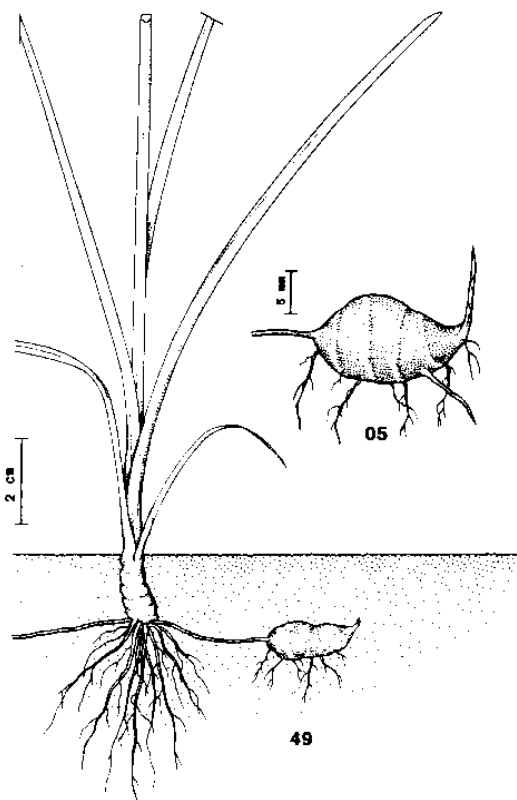
Agropyron repens (L.) P. Beauv.



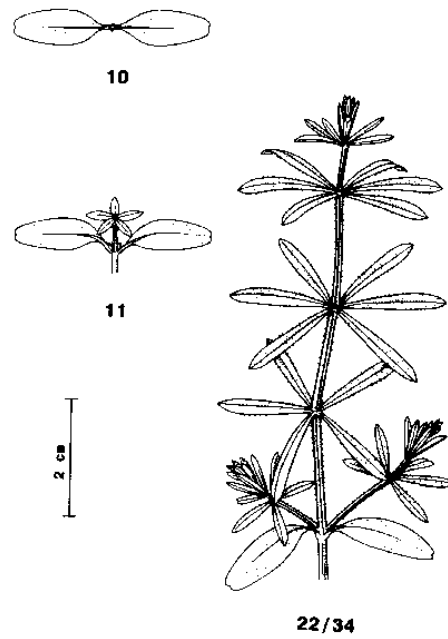
Cynodon dactylon (L.) Pers.



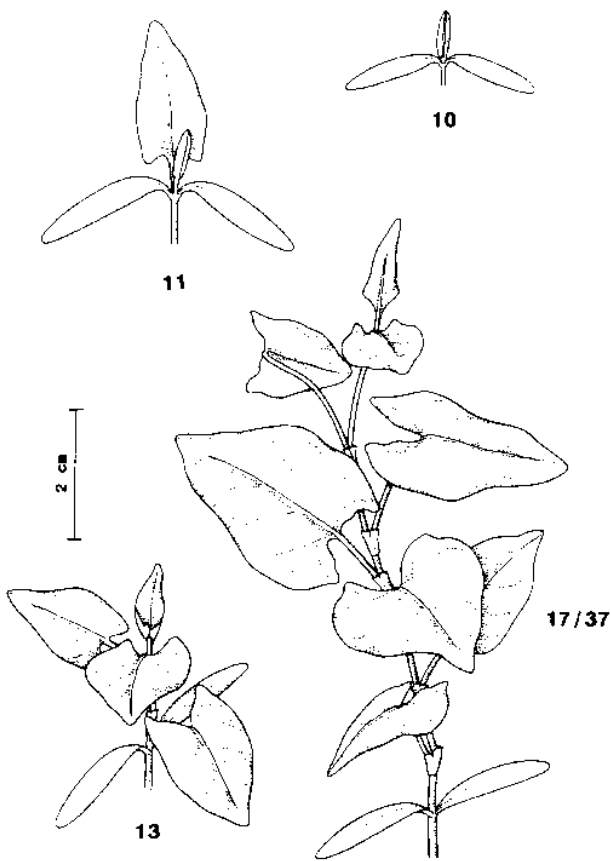
Cyperus rotundus L.



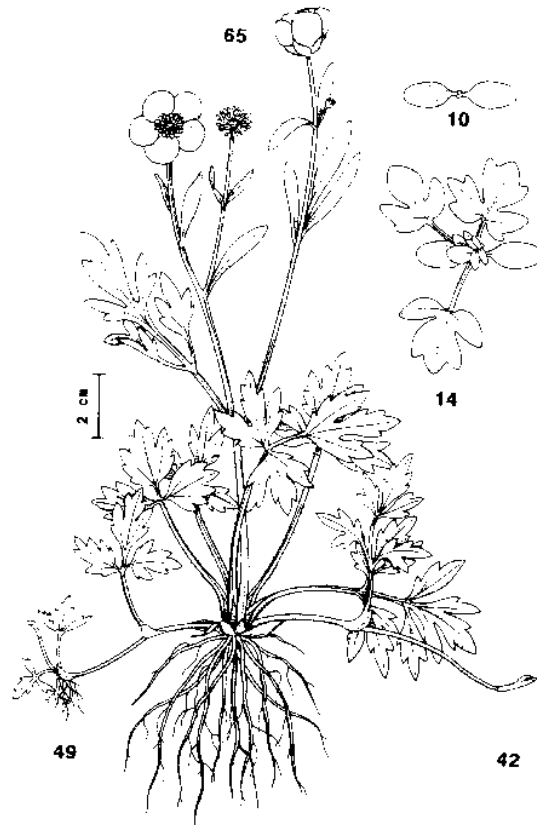
Galium aparine L.



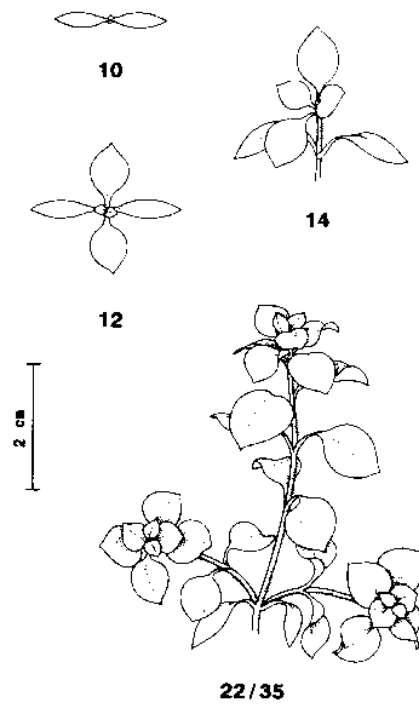
Polygonum convolvulus L



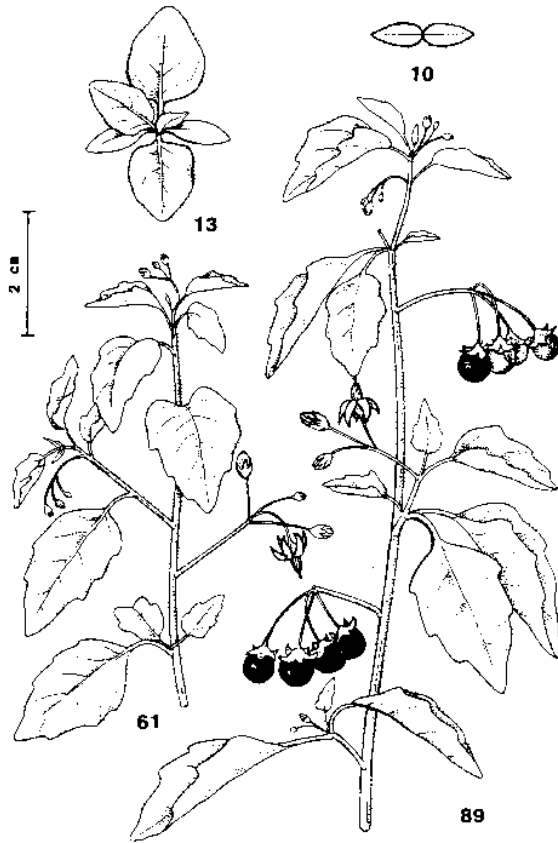
Ranunculus repens L



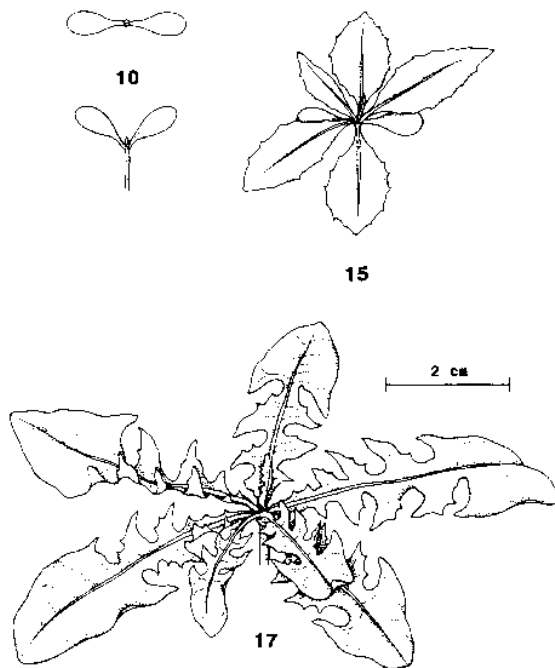
Stellaria media (L.) Vill.



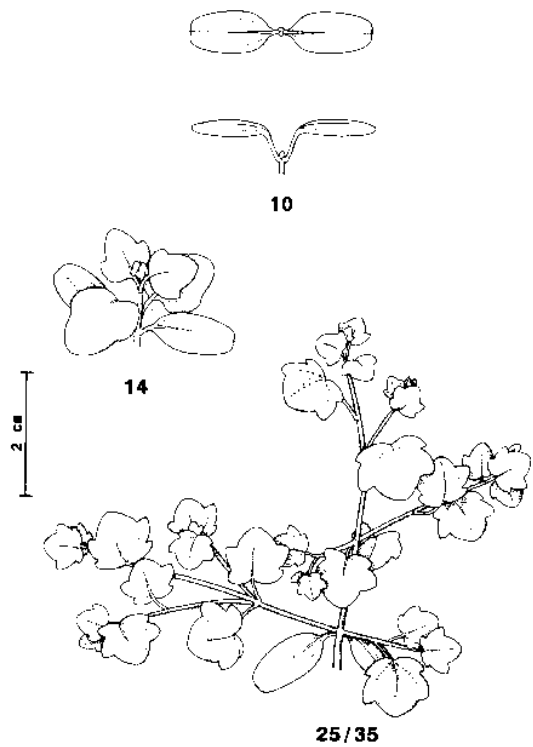
Solanum nigrum L



Taraxacum officinale Wiggers



Veronica hederifolia L.



III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Dosud nebyla zpracována komplexní metodika pro stanovení optimálních dávek herbicidů. Proto byla vypracována tato nová metodika, která zahrnuje celkový komplexní pohled na problematiku a uvádí nejnovější poznatky. Principy uvedených metod a výsledky získané v řadě experimentů jsou základním zdrojem dat pro využití v praxi, ale i v dalším navazujícím výzkumu.

IV. Popis uplatnění certifikované metodiky

Metodika se zabývá využitím moderních metod pro optimalizaci dávek herbicidů a přináší řadu originálních výsledků, které mohou být uplatněny u:

- a) zemědělských podniků využívajících přístup integrované ochrany rostlin,
- b) poradenských subjektů v oblasti ochrany rostlin (chemická regulace plevelů),
- c) výzkumných organizací jako metodický postup využitelný pro další výzkum,
- d) pesticidních firem, ke stanovení biologické účinnosti vybraných herbicidů,
- e) středních a vysokých škol k využití ve výuce.

V. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- [1] COBB, A.H., KIRKWOOD, R.C. (2000): *Herbicides and their Mechanisms of Action*. Sheffield Academic Press Ltd, Sheffield, 295., ISBN 1-84127-109-8
- [2] CREMLYN, R. (1985): *Pesticides – preparation and Mode of Action*. John Wiley & Sohn, Ltd., Chichester, New York, Brisbane, Toronto, 244.
- [3] DVOŘÁK, J., SMUTNÝ, V. (2003): *Herbologie-Integrovaná ochrana proti plevelům*. Skriptum MZLU v Brně, 186. ISBN 80-7157-732-4
- [4] GARDNER, S.N., AGRAWAL, A., GRESSEL, J., MANGEL, M. (1999): Strategies to delay the evolution of resistance in pests: dose rotations and induced plant defenses. *Aspects of Applied Biology* 53, 1-9.
- [5] HACK et al. (1992): The extended BBCH-scale.
- [6] KEMPENAAR, C. (2004): MLHD online: Manual for the herbicide dose calculation module, Plant Research International, in cooperation with Opticrop, Wageningen, 20.
- [7] KLEM, K. (2006): Využití fluorescence chlorofylu v rostlinolékařství, *Rostlinolékař* 1, 23-25.
- [8] MLHD PS1 Manual (2006): *Manual Version 3.0 February 2006*. Wageningen, Plant Research International B.V., 19.
- [9] PAUWELS, J.B. (2002): *MLHD development for the herbicides glyphosate and glufosinate-ammonium-An application in Transgenic Herbicide-Resistant Crop*, 79-05-26-644-050, Plant Research International, Wageningen University, Note 192.
- [10] RIETHMULLER-HAAGE, I. (2006): On the optimalization of low dosage application systems: Improvement of dose advice and early detection of herbicidal effect. Ph.D. Thesis of Ingrid Riethmuller-Haage, Wageningen 12 May, 134, ISBN: 90-8504-421-9
- [11] SMUTNÝ, V., KEMPENAAR, C., GROENEVELD, R. (2006): Use of chlorophyll fluorescence for herbicide efficacy assessment. In *Proceedings of 58th International Symposium on Crop Protection*, Ghent, Belgium, 227.
- [12] VONDRA, M. (2009): Využití moderních metod k optimalizaci dávek herbicidů a snížení jejich dopadů na životní prostředí. Disertační práce, Brno, 161.
- [13] VONDRA, M., SMUTNÝ, V., KŘEN, J. (2006): Hodnocení citlivosti cukrovky k herbicidům pomocí fluorescence chlorofylu. In *Sborník odborných příspěvků "MZLU pěstitelům", 14. června 2006*, 135-138. ISBN 80-7157-958-0
- [14] ZBIROVSKÝ, M., MYŠKA, J., ZEMÁNEK, J. (1959): *Herbicity, chemické prostředky proti plevelům*. ČSAV, Praha, 308.

V práci byly použity názvy přípravků ze „Seznamu registrovaných přípravků a dalších prostředků na ochranu rostlin 2011“.

VI. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- [1] FILOVÁ, J., KOCUREK, V., SMUTNÝ, V. (2010): Využití metody měření fluorescence chlorofylu ke stanovení fytotoxicity mesotrione u máku setého (*Papaver somniferum*) ve vztahu k aplikačním faktorům. *Acta Universitatis agriculturae et silviculturae Mendelianae Brunensis*: sv. LVIII, č. 5, 107-116. ISSN 1211-8516.
- [2] KEMPENAAR, C., LOTZ, L. A. P., SNEL, J. F. H., SMUTNY, V., ZHANG, H.J., (2011): Predicting herbicidal plant mortality with mobile photosynthesis meters. *Weed Research* 51, 12-22, ISSN 0043-1737
- [3] KOCUREK, V., SMUTNÝ, V., VONDRA M. (2009): The assessment of herbicide susceptibility of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) to reduced doses of mesotrione. *Vědecká příloha časopisu Úroda*, 12, 2009, pp. 147-152, ISSN 0139-6013
- [4] KOCUREK, V., SMUTNÝ, V., VONDRA, M. (2010): Hodnocení účinnosti a fytotoxicity vybraných systémových herbicidů v kukuřici seté pomocí přístroje FluorPen. *Sborník odborných příspěvků „MendelAgro“*, 10. června 2010, s. 72-75. ISBN 978-80-7375-405-1
- [5] KOCUREK, V., SMUTNÝ, V., VONDRA, M., (2010): Hodnocení účinnosti snížených dávek nicosulfuronu na laskavec ohnutý (*Amaranthus retroflexus*). *Úroda, vědecká příloha*. 2010. sv. LVIII, č. 12, s. 781-784. ISSN 0139-6013.
- [6] KOCUREK, V., VONDRA, M., SMUTNÝ, V. (2011): Hodnocení účinnosti redukováných dávek bentazonu pomocí přístrojů založených na měření fluorescence. *Acta univ. Agric. et silvic. Mendel. Brun.*, 2011, LIX, No. 1, s. 137-144
- [7] SMUTNÝ, V., KOCUREK, V., VONDRA, M. (2006): Časný hodnocení herbicidní účinnosti pomocí fluorescenční kamery. *Sborník abstraktů XVII. české a slovenské konference o ochraně rostlin*, 12.-14. září 2006, Praha, s. 154-155. ISBN 80-213-1516-4
- [8] VONDRA, M., KŘEN, J., SMUTNÝ, V. (2005): Využití metody fluorescence chlorofylu k optimalizaci dávek herbicidů. *In MendelNet '05 Agro – sborník abstraktů z konference*, 29. listopadu 2005, Brno, s. 42., ISBN 80-7157-905-X
- [9] VONDRA, M., SMUTNÝ, V., KŘEN, J. (2006): Stanovení účinnosti herbicidů na laskavec ohnutý (*Amaranthus retroflexus*) pomocí fluorescence chlorofylu. *Sborník odborných příspěvků "MZLU pěstitelům"*, 14. června 2006, s. 139-143. ISBN 80-7157-958-0
- [10] VONDRA, M., SMUTNÝ, V. (2007): Assessment herbicide efficacy of different herbicide doses on *Chenopodium album* using chlorophyll fluorescence. *In Proceedings of scientific conference Agronomical factors in current farming systems*. Olsztyn (PL): University of Warmia and Mazury in Olsztyn, 2007. s. 52.
- [11] VONDRA, M., SMUTNÝ, V., KŘEN, J. (2007): Využití redukováných dávek herbicidů Callisto 480 SC a Basagran Super k hubení pcháče osetu (*Cirsium arvense*) v kukuřici. *Sborník odborných příspěvků "MZLU pěstitelům"*, 14. června 2007, s. 120-125. ISBN 80-7157-958-0

- [12] VONDRA, M., SMUTNÝ, V. (2008): The efficacy of reduced doses of herbicide Callisto 480 SC + Atplus 463 and Basagran Super on *Fallopia convolvulus*. *Italian Journal of Agronomy*, 2008, Vol.3, No 3, 363-364. ISSN 1125-4718
- [13] VONDRA, M., SMUTNÝ, V. (2008): Assessment of efficacy of different herbicide doses on the fat hen (*Chenopodium album*) using chlorophyll fluorescence. *Acta Agrophysica*, 2008, Vol. 11, No 1, 279-289. ISSN 1234-4125
- [14] VONDRA, M., SMUTNÝ, V. (2008): Efficacy of reduced doses of herbicide Callisto 480 SC + Atplus 463 and Basagran Super on redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). *Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun.*, 2008, LVI, No. 4, pp. 207-214. ISSN 1211-8516
- [15] VONDRA, M., SMUTNÝ, V. (2008): Využití redukováných dávek herbicidu Callisto 480 SC + Atplus 463 k hubení merlíku bílého (*Chenopodium album*). *Sborník odborných příspěvků „MZLU pěstitelům“*, 12. června 2008, 105-109. ISBN 978-80-7375-187-6
- [16] VONDRA, M., SMUTNÝ, V. (2009): Hodnocení účinnosti redukováných dávek vybraných herbicidů v máku setém. *Sborník odborných příspěvků „MZLU pěstitelům“*, 11. června 2009, 106-109. ISBN 978-80-7375-304-7
- [17] VONDRA, M., SMUTNÝ, V. (2009): Hodnocení účinnosti redukováných dávek bentazonu na opletku obecnou (*Fallopia convolvulus*) v kukuřici. *Sborník abstraktů XVIII. české a slovenské konference o ochraně rostlin, 2.-4. září 2009*, Brno, s. 199. ISBN 978-80-7375-316-0
- [18] VONDRA, M., SMUTNÝ, V., KOCUREK, V. (2009): The use of reduced doses of bentazone for control of *Cirsium arvense* in maize. *Vědecká příloha časopisu Úroda*, 12, 2009, pp. 265-268, ISSN 0139-6013
- [19] VONDRA, M., KOCUREK, V., SMUTNÝ, V. (2010): Evaluation of the effectiveness of different doses of bentazone on redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). *In proceedings of 15th European Weed Research Society Symposium*, p. 324-325, ISBN 978-963-9821-24-8.
- [20] VONDRA, M., SMUTNÝ, V., KOCUREK, V. (2010): Predikce účinnosti herbicidů v kukuřici s využitím přístroje PS1 meter. *Sborník odborných příspěvků „MendelAgro“*, 10. června 2010, s. 135-138. ISBN 978-80-7375-405-1
- [21] VONDRA, M. (2010): Mesotrione versus chlorotoluron v máku setém. *Sborník odborných příspěvků „MendelAgro“*, 10. června 2010, s. 147-150. ISBN 978-80-7375-405-1
- [22] VONDRA, M., KOCUREK, V. (2010): Different responses of weeds to reduced bentazone doses. *Növénytermelés - Crop Production*, 2010, Vol. 59, Suppl. 4., p. 357-360, ISSN 0546-8191
- [23] VONDRA, M., SMUTNÝ, V., KOCUREK, V. (2010): Predikce účinnosti vybraných herbicidů na silenku noční (*Silene noctiflora*) v máku setém. *Úroda, vědecká příloha*. 2010. sv. LVIII, č. 12, s. 393-396. ISSN 0139-6013.

Autoři: Ing. Vladimír Smutný, Ph.D.
 Ing. Michal Vondra, Ph.D.
 Ing. Vojtěch Kocurek

Název: Stanovení optimálních dávek herbicidů s využitím přístrojů založených na měření změn v absorbanci záření a fluorescence chlorofylu

Vydal: Mendelova univerzita v Brně
 Zemědělská 1, 613 00 BRNO

Tisk: reklamní studio REIS Brno

Náklad: 250 ks

Vydání: I. 2011

Vydáno bez jazykové úpravy

Metodika je poskytována bezplatně

Kontakt na autora: smutny@mendelu.cz



Mendelova univerzita v Brně, 2011

ISBN 978-80-7375-551-5