

Diagnostika kvality postřiku pomocí fluorescence chlorofylu

(*Spraying Quality Diagnostics Based on Chlorophyll Fluorescence Imaging*)

Spáčilová Václava¹⁾, Šafránková Ivana²⁾

¹⁾Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787, 767 01 Kroměříž

²⁾Mendelova univerzita v Brně, fakulta agronomická

Souhrn

V letech 2009–2010 byla ověřována možnost využití fluorescence chlorofylu ke stanovení efektivnosti pokrývnosti postřikové kapaliny. Pro tento účel byl založen polní pokus na pšenici ozimé, odrůdě Cubus a nádobový pokus na semenáčcích jabloní odrůdy Idared. Pro stanovení účinku pokrývnosti byl použit herbicid Protugan SC s účinnou látkou isoproturon, která působí inhibičně na fotosyntézu rostlin. Varianty ošetření se lišily dávkou vody a použitím smáčedel, pro aplikaci na semenáčky jabloní byl použit zářivý rosič motorový Solo 444 s tryskou „kužel dutý“ a pro aplikaci v pšenici ozimé byl použit tlakový postřikovač RD Sprayers typ D, s tryskami „plochý vějíř Lechler 12002“. Změny v čase vyvolané působením herbicidu-inhibitoru byly analyzovány 1, 5 a 24 hodin po ošetření pomocí přístroje FluorCam. Cílem práce bylo nalezení vhodných parametrů chlorofylové fluorescence a termínu měření ke kvantifikaci a vizualizaci kvality postřiku a jeho příjmu do rostliny s využitím trysek používaných v trvalých kulturách. Získané parametry chlorofylové fluorescence byly statisticky vyhodnoceny.

Při statistickém zpracování byly nalezeny a vybrány parametry chlorofylové fluorescence, které nejlépe popisovaly rozdíly v pokrývnosti mezi jednotlivými variantami ošetření. U obou plodin se jednalo o parametr GENTY1. Metoda zobrazovací fluorescence chlorofylu je podle dosažených výsledků využitelná pro rychlé vyhodnocení a optimalizaci aplikací při fungicidních ošetřeních proti houbovým chorobám a rovněž pro optimalizaci aplikace postřikové kapaliny pomocí trysek používaných k aplikacím v trvalých kulturách.

Klíčová slova: pšenice ozimá, semenáčky jabloní, fluorescence chlorofylu, pokrývnost postřikové kapaliny

Summary

A possibility of using chlorophyll fluorescence imaging to determine the effectiveness of spray coverage in a field experiment of winter wheat, variety Cubus, and a pot experiment with apple seedlings of the variety Idared was verified in 2009–2010. To determine the effect of a coverage degree, Protugan SC herbicide with the active ingredient isoproturon, which has an inhibitory effect on plant photosynthesis, was used. Treatment variants differed in water doses and surfactant use in this trial. A motor backpack sprayer Solo 444 with a hollow cone nozzle was used for application in apple seedlings and compressed sprayer RD type D with „Flat fan Lechler 12002“ was used for application in winter wheat. Changes over time induced by the herbicide-inhibitor were analyzed 1, 5 and 24 hours after treatment using a FluorCam device. The aim was to find suitable parameters of chlorophyll fluorescence and timing of measurements to quantify and visualize spray quality and its uptake by plant using nozzles employed in permanent crops. Chlorophyll fluorescence parameters obtained were statistically evaluated. The parameters of chlorophyll fluorescence that best described the differences in the degree of coverage between different treatment options were identified and selected. For both crops these was parameter GENTY1. Based on the results, the chlorophyll fluorescence imaging method can be used for quick evaluating and optimizing applications of fungicide treatments against fungal diseases and for optimizing applications with spray nozzles used in perennial crops.

Key words: wheat, apple seedlings, chlorophyll fluorescence, spray coverage

Úvod

Aplikace fungicidů určených na ochranu rostlin proti houbovým chorobám se vyznačují částečnou a značně variabilní účinností. Jedním z hlavních předpokladů dosažení vysoké účinnosti fungicidů je zajištění vysoké pokrývnosti ošetřované části rostliny postřikovou kapalinou, tzn. postřiková kapalina má být aplikována rovnoměrně a v optimálním množství. Manktelow (2000) popisuje účinný postřik jako aplikaci odpovídajících látek v odpovídajícím čase a dávkách k zajištění pokrytí cílené části koruny ovocných stromů účinnou chemickou dávkou. Při aplikaci v sadech mají být chemické látky rozmístěny přes celou plochu koruny stromu tak, aby zasáhly škodlivého činitele. Pokud tato podmínka není splněna, dochází k napadení rostliny v důsledku nedostatečné pokrývnosti a zvyšuje se pravděpodobnost vzniku rezistence patogena vůči pesticidům (Sally, 2004). Celosvětovým trendem je snižovat zatížení životního prostředí rezidui pesticidů, zejména

úletem a vyplavením do půdy. Snížením množství používaných chemikálií v ochraně rostlin dojde k významné redukci reziduálního znečištění a redukci nebezpečných odpadů, což je přínosné nejen pro pěstitele, ale také pro spotřebitele. Počátek využití postřikové techniky v trvalých kulturách je datován od poloviny 19. století (Morgan, 1992). Morgan (1992) uvádí, že konstrukce postřikovačů používaných koncem 19. století se v průběhu století výrazným způsobem nezměnila. Důležité změny prodělaly zejména trysky. Původně byly velmi jednoduché, kapalina byla stříkána na ošetřovaný porost nerovnoměrně, ve formě proudu vody. Zásadní vývoj trysek nastal koncem 19. století, kdy byl vyvinut „vějíř plochý“ a o několik let později byl Rileyem sestaven „kužel dutý“, který se při aplikacích v trvalých kulturách používá dodnes. V poválečném období byly konstruovány aplikační zařízení na traktory. Byl také patentován první „air-blast“ system (rok 1944) – kapky aplikační kapaliny jsou vzduchem pasivně transportovány

Tabulka č. 1: Schema ošetření plodin podle variant

varianta	účinná látka	dávka účinné látky	dávka vody
1	kontrola		
2	isoproturon	750 g.ha ⁻¹	200 l.ha ⁻¹
3	isoproturon	750 g.ha ⁻¹	500 l.ha ⁻¹
4	isoproturon	750 g.ha ⁻¹	1000 l.ha ⁻¹
5	isoproturon Break Thru	750 g.ha ⁻¹ 300 ml.ha ⁻¹	200 l.ha ⁻¹
6	isoproturon Break Thru	750 g.ha ⁻¹ 300 ml.ha ⁻¹	500 l.ha ⁻¹
7	isoproturon Break Thru	750 g.ha ⁻¹ 300 ml.ha ⁻¹	1000 l.ha ⁻¹

na cílenou část rostliny. Vývoj také poznamenal objem postřikových kapalin, který dosahoval původně 2000–5000 l.ha⁻¹ u opadavých jaderovin a 10 000–30 000 l.ha⁻¹ u citrusů. Velké objemy byly nezbytné k dosažení požadovaného pokrytí listů a stonků aplikační kapalinou, současně velikost kapek nedovolovala jednoduše dosáhnout cíleného místa postřiku. Docházelo tak k vysokému zatížení životního prostředí rezidui pesticidů úletem a smyvem s následným vyplavením do půdy a spodních vod. Pro aplikaci v sadech byly postupně vyvinuty postřikovače pracující v systému LV (low volume) a ULW (ultra low volume) vyžadující drobné kapky. Před 20–30 lety byly vyvinuty postřikovače, které využívali k tvorbě kapek rotační atomizér se vzduchovou clonou. Rozptýlení postřikové kapaliny na kapičky je nejčastěji prováděno hydraulickým tlakem nebo odstředivou silou, méně často pak pomocí vzduchu, elektrodynamickou, kinetickou, nebo tepelnou metodou. První vyvinuté postřikovače pracující v systémech LV a ULV prokazovaly stupeň ochrany při nízkých výskytech patogena, při silném infekčním tlaku však intenzita napadení neodpovídala ochrannému zásahu. Účinnost postřiku ovlivňují klimatické podmínky před, během a při aplikaci (ovlivňují schopnost postřiku ulpět na povrchu listů a následný příjem do listu), tvar, velikost a hustota olistění, spon stromů hrají důležitou roli ve volbě postřikovače a objemu postřikové kapaliny. Z hlediska penetrace a udržení postřiku na listech je důležitá růstová fáze při aplikaci a morfologie rostliny. Aplikační faktory, tj. typ postřikovače, nastavení pojezdové rychlosti, typ trysek, použití adjuvantů ovlivňujících fyzikální vlastnosti nosného media, objem nosného media apod. ovlivňují kvalitu pokryvnosti listu. Dávka

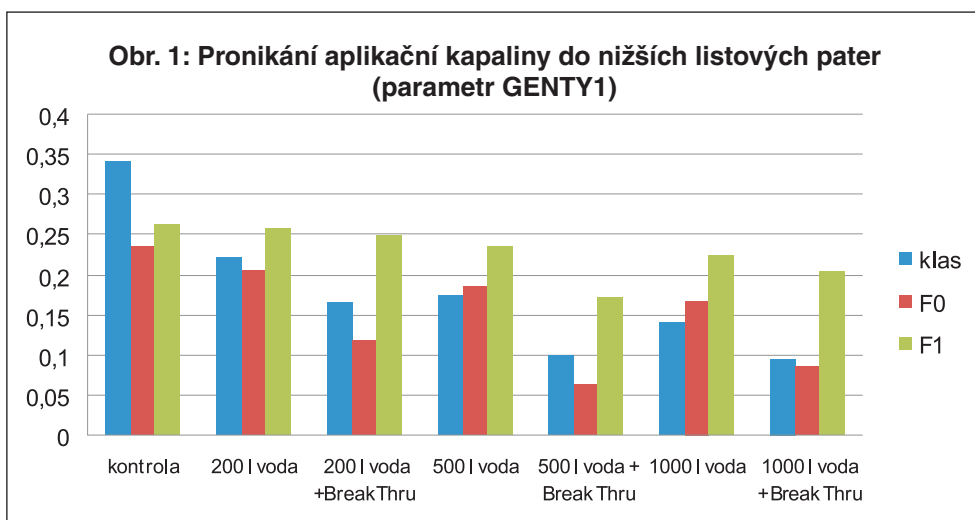
pesticidu je dána registrací přípravku, v našich podmínkách je používána dávka na hektar nebo dávka na 100 litrů postřikové kapaliny. Dávka vody určuje množství nosného media na hektar. Kvalita postřiku je závislá na velikosti kapek postřikové kapaliny a proces usazení a hromadění je závislý na vnějších faktorech prostředí (vítr, víření a gravitace). Kapky menší než 30 µm (aerosoly) nemají nedostatečnou kinetickou energii k zachycení se na povrchu listu a jsou snadno unášeny větrem. Kapky o velikosti 30–100 µm jsou snadno strhávány větrem (úlet) Kapky o velikosti 100–300 µm jsou fixovány na povrch listu gravitační silou a účinnost biologické fixace na list je vyšší. Kapky větší než 300 µm padají přímo k zemi, může tedy docházet k vysokým ztrátám při postřiku mimo listovou plochu. Pokud jsou však kapky této velikosti zachyceny listem, efektivnost fixace na list je nejvyšší (Bound, 2004). Kvalitu pokryvnosti lze detekovat pomocí zobrazovacích metod, např. chlorofylové fluorescence. Chlorofylová fluorescence představuje neinvazivní spolehlivou a rychlou metodu pro hodnocení změn funkce fotosyntetického aparátu, zejména ve stresových podmínkách (Schreiber a Bilger, 1987; Schreiber a Neubauer, 1987; Strasser et al., 1995). Umožňuje sledovat pokryvnost na základě dvojrozměrného zobrazení intenzity fluorescence, nebo vybraných parametrů chlorofylové fluorescence. Kinetika a intenzita chlorofylové fluorescence jsou významně ovlivňovány herbicidy s účinnou látkou typu fotosyntetického inhibitoru (inhibice PSII). Princip fotosyntézy inhibujících herbicidů spočívá v zablokování elektronového toku komplexu PSII. Herbicidní inhibitory jsou vázány do proteinu PSII komplexu a v přenosu elektronů soutěží s reverzibilně vázaným plastochinonem (Böger a Sandmann, 1998). Blokování přenosu elektronů na PSII vlivem herbicidu vede k poklesu kvantového výtěžku, který je úměrný aktivitě herbicidu.

Cílem bylo nalezení nejvhodnějších parametrů chlorofylové fluorescence a termínu měření po aplikaci pro kvantifikaci a vizualizaci kvality postřiku a příjmu do rostliny.

Materiál a metody

Pokus byl založen v letech 2009–2010 v polních podmínkách na pšenici ozimé, odrůdě Cubus a v nádobovém pokusu na semenáčcích jabloní odrůdy Idared. Pšenice ozimá byla vyseta na pokusných parcelách o velikosti 10 m² ve čtyřech opakováních. Semenačky jabloní odrůdy Idared byly zasazeny do nádob o objemu 12 litrů, stáří semenáčků jabloní v době pokusu bylo 3 roky. Pro stanovení efektivnosti pokryvnosti postřikové kapaliny pomocí fluorescence byla použita herbicidní účinná

látka protugan (Protugan 500 SC), která působí inhibičně na fotosyntézu rostlin. Jednotlivé varianty ošetření herbicidem (tabulka č.1) se lišily dávkou vody (200, 500 a 1000 l.ha⁻¹) a použitím smáčedla a penetrantu Break Thru (Goldschmidt AG-Finstar s.r.o.). Aplikace v pšenici ozimé byla provedena v termínu BBCH 61 (počátek kvetení) za využití experimentálního tlakového postřikovače RD Sprayers typ D, vybaveného tryskami s plochým větříkem Lechler 12002. Aplikace v jabloních byla provedena v BBCH 72 (velikost plodů do 20 mm), pomocí zádového rosiče motorového Solo 444, tryska kužel dutý. Měření zobrazovací fluorescence



chlorofylu bylo prováděno pomocí přístroje FluorCam (Photon Systems Instruments) na 6 vzorcích každého opakování. Změny vyvolané působením inhibitoru fotosyntézy byly analyzovány 1, 5 a 24 hodin po ošetření. Pro tato měření byl použit protokol zhášecí analýzy (Klem, 2008) poskytující informace o účinnosti fotosyntézy, podílu fotochemických a nefotochemických ztrát.

Výsledky a diskuse

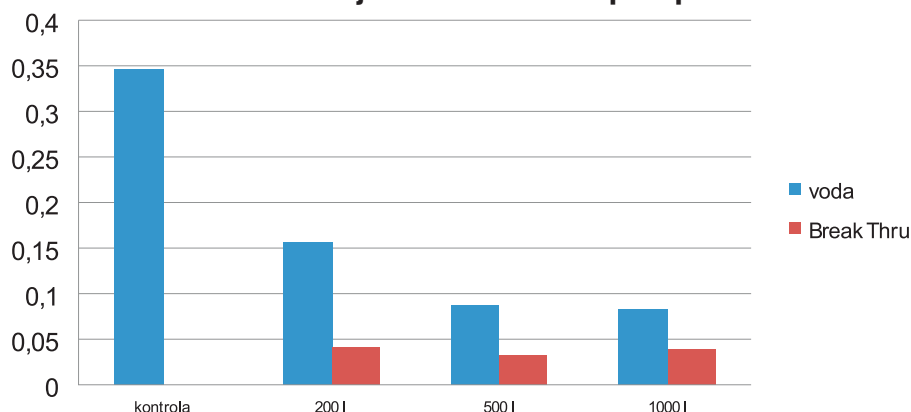
U obou sledovaných plodin (pšenice ozimá, jablň) bylo možné vyhodnotit příjem fotosyntetických inhibitorů do rostliny již 1 hodinu po aplikaci. Bylo nalezeno několik vhodných parametrů chlorofylové fluorescence, které velmi dobře popisovaly rozdíly v pokryvnosti mezi jednotlivými variantami ošetření a rovněž i mezi jednotlivými částmi rostlin (klasy, jednotlivé listy). Jako nejvhodnější byl vybrán parametr GENTY 1 (Leipner, 2007): $GENTY1 = Fq'1/Fm'1 = (Fm'1 - F'1)/Fm'1$

Z grafu 1 je zřejmé vyhodnocení reakce parametru GENTY1 na variantu ošetření u pšenice ozimé pro jednotlivá listová patra a klas 24 hodin po aplikaci. Z pohledu pokryvnosti bylo nejlepších výsledků dosažováno u nejvyšší dávky vody a střední dávky vody (500 l.ha⁻¹) s adjuvancí Break Thru. Naopak nejhorší pokryvnost je dle parametru GENTY1 indikována u varianty 2 (dávka vody 200 l.ha⁻¹). Použitím střední a vyšší dávky vody, nebo střední dávky vody s použitím smáčedla, průkazně zlepšuje pokryvnost ošetřené části rostlin. Dávka vody 1000 l/ha v kombinaci se smáčedlem Break Thru neměla pozitivní vliv na zlepšení pokryvnosti a pronikání aplikační kapaliny do porostu. Dávka vody 1000 l/ha a střední dávka vody (500 l/ha) v kombinaci se smáčedlem Break Thru zlepšuje pronikání aplikační kapaliny do nižších listových pater, nejvyšší dávka vody 1000 l/ha s přidavkem smáčedla Break Thru však pronikání aplikační kapaliny do nižších listových pater nezlepšuje.

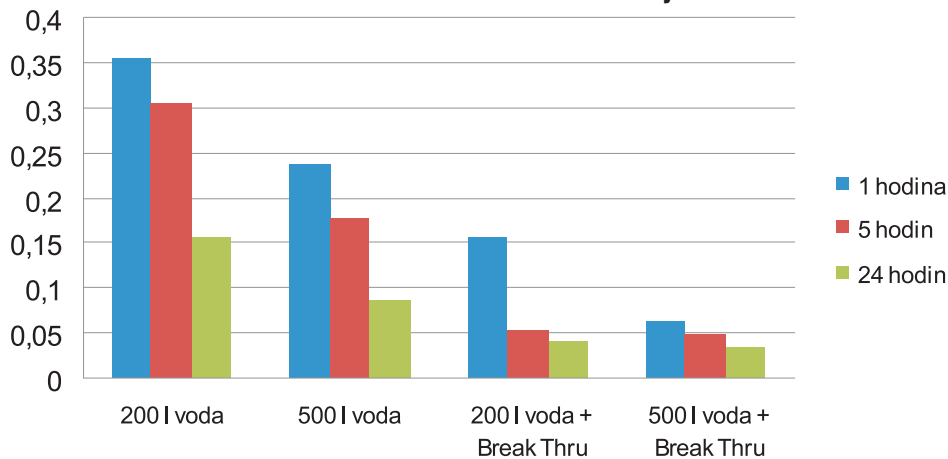
Na obrázku č. 2 jsou znázorněny reakce parametru GENTY1 na variantu ošetření u semenáčků jabloní. Nejlepší pokryvnosti bylo dosaženo u variant 4 (dávka vody 1000 l/ha), varianty 5 (dávka vody 200 l/ha + Break Thru 300 ml/ha) a 6 (dávka vody 500 l/ha + Break Thru 300 ml/ha). Jedná se o varianty s vyšší dávkou vody a varianty – aplikace se smáčedlem Break Thru. Naopak nejhorší pokryvnost je dle parametru GENTY 1 indikována u varianty 2 (dávka vody 200 l/ha) a 3 (dávka vody 500 l/ha) – aplikace bez smáčedla. Použitím vyšší dávky vody (1000 l/ha) v kombinaci se smáčedlem Break Thru nedochází k průkaznému zvýšení kvality pokryvnosti. Na obrázku č.3 je znázorněna reakce parametru GENTY1 na termín měření u semenáčků jabloní.

Z obrázku č. 3 je zřejmé, že už 1 hodinu po aplikaci isoproturonu se projevil stimulační efekt (hormese) a teprve po 24 hodinách bylo

Obr. 2: Reakce parametru GENTY1 na variantu ošetření u semenáčků jabloní 24 hodin po aplikaci



Obr. 3: Reakce parametru GENTY1 na termín měření a variantu ošetření u semenáčků jabloní



možné vyhodnotit skutečný účinek. Současně je vidět, jak použitím smáčedla Break Thru došlo ke zrychlení příjmu účinné látky, příjem pesticidu do listů semenáčků jabloní byl mnohem rychlejší. Metoda zobrazovací fluorescence chlorofylu je podle dosažených výsledků využitelná pro rychlé vyhodnocení a optimalizaci aplikací při fungicidních ošetřeních proti houbovým chorobám a rovněž pro optimalizaci aplikace postřikové kapaliny pomocí trysek používaných k aplikacím v trvalých kulturách.

Použitá literatura

- Sally A. Bound: Spray technology in perennial tree crops, Tasmanian institute of Agricultural research, 13 st Johnes Avenue, New Town, Tasmania 7008, Australia in: R. Dris and J. M. Jain(eds), Production Practices and Quality Assessment of Food Crops, Vol 1, Preharvest practice pp 83–104, 2004 Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherlands
- Klem, K: Using chlorophyll fluorescence imaging for evaluation of spraying liquid coverage and plant uptake after ear spraying in winter wheat. 56. Deutsche Pflanzenschutztagung in Kiel 22.–25. September 2008: Mitteilungen aus dem Julius Kühn-Institut, 2008, 467 ISSN: 1867–1268
- Klem, K: Využití fluorescence chlorofylu v rostlinolékařství. (Chlorophyll fluorescence use in plant health care). Rostlinolékař, 17, 2006, 1, 23–25 ISSN: 1211–3565

Malý, J., K. Klem, K., Lukavská, A., Masojídek, J.: Degradation and Movement in Soil of the Herbicide Isoproturon Analyzed by a Photosystem II–Based Biosensor, Published in J Environ Qual 34: 1780–1788 (2005) DOI: 10.2134/jeq2004.0351 © 2005, 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711 USA

Manktelow, D.: Getting pesticide application right: spray volume, deposition and chemical rate requirements for grape canopies. The Australian Grapegrower and Winemaker 442: 46–50, 2000

Morgan, N. G.: Tree crop spraying – worldwide, University of Queensland, Gatton College. Course notes for international pesticide Application Technology Short Course, 5–10 July 1992.

Leipner, J.: Chlorophyll a fluorescence measurements in plant biology, November 2007, <http://www.kp.ipw.agrl.ethz.ch/research/units/fluorescence/index>

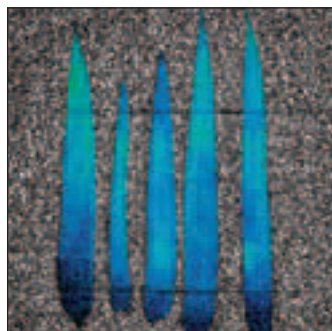
Poděkování: Příspěvek vznikl z finanční podpory projektu MSM2532885901.

Recenzováno

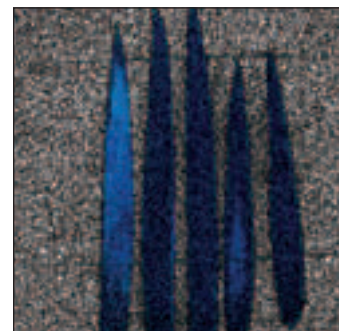
Adresa autorů:

Ing. Václava Spáčilová, Agrotest fayto, s.r.o.,
Havlíčková 2787/121, 767 01 Kroměříž,
e-mail: spacilova.vaclava@vukrom.cz

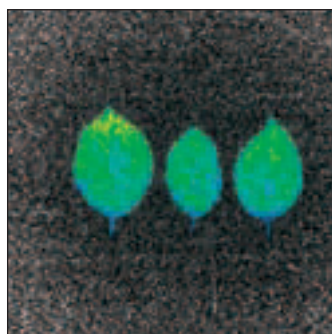
Doc. Ing. Ivana Šafránková, PhD., Mendelova univerzita
v Brně, UPŠRR AF, Zemědělská 1, 61300 Brno,
e-mail: safran@mendelu.cz



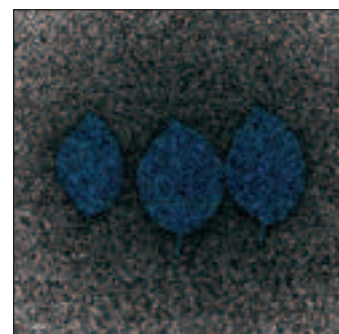
Praporcový list – kontrola



Praporcový list – 500 l voda + Break Thru 24 hodin po aplikaci



Semenáčky jabloní – kontrola



Semenáčky jabloní – 500 l voda + Break Thru 24 hodin po aplikaci

Hodnocení trvalé udržitelnosti systémů rostlinné produkce – porovnání metod

(Plant production sustainability assessment – comparison of methods)

¹⁾ Valtýniová Soňa, ¹⁾ Křen Jan, ²⁾ Míša Petr

¹⁾ Ústav agrosystémů a bioklimatologie, AF Mendelova univerzita v Brně
²⁾ Agrotest fayto, s.r.o.

Souhrn

Je uvedeno posouzení západoevropských metod (Indigo, KUL/USL, KSNL, REPRO, Certifikace DLG, SALCA, RISE a MODAM), umožňujících provádění komplexní analýzy rostlinné produkce zemědělských podniků z pohledu trvalé udržitelnosti hospodaření. Protože metody byly primárně vytvořeny pro konkrétní účely v různých zemích, je uvedena jejich stručná charakteristika a jsou vyhodnoceny jejich silné a slabé stránky z pohledu možného využití v podmínkách ČR.

Klíčová slova: trvalá udržitelnost systémů rostlinné produkce, indikátory, metody hodnocení

Summary

There is an assessment of West European methods for plant production complex analysis from the sustainability viewpoint (Indigo, KUL/USL, KSNL, REPRO, Certifikace DLG, SALCA, RISE a MODAM) introduced in the paper. Because the methods were primarily developed for particular purposes in various countries short characteristics and assessment of their strengths and weaknesses for possible use in the CR are brought.

Keywords: field crop production sustainability, indicators, assessment methods