

INIEKCYJNE DOZOWANIE PESTYCYDÓW W OPRYSKIWACZACH ROLNICZYCH

Olivier Mostade, Bruno Huyghebaert, Olivier Miserque, Józef Sawa

Streszczenie. Przedstawiono wyniki badań dwóch urządzeń umożliwiających iniekcyjne dozowanie pestycydów w opryskiwaczach rolniczych. Oceniono: dokładność dozowania, czas wyrównania koncentracji roztworu, dokładność wymieszania składników roztworu. Stwierdzono dobrą dokładność dozowania oraz niedokładne wymieszanie dozowanego składnika z wodą. Wyrównanie stężenia roztworu następowało po 50 s od rozpoczęcia pracy układu dozującego.

Słowa kluczowe: zabieg ochrony roślin, iniekcja, środki ochrony roślin

WSTĘP

Uregulowania prawne dotyczące ochrony środowiska oraz rozwój zintegrowanych systemów produkcji rolniczej inspirują do prac nad nowymi rozwiązaniami w technice ochrony roślin. Wynika to także z faktu, że obecnie stosowane techniki ochrony roślin nie spełniają stawianych wymagań, między innymi w zakresie: przygotowania cieczy roboczej, zapewnienia precyzyjnego dozowania preparatu, zagospodarowania pozostałości roztworu cieczy po wykonanym zabiegu lub myciu opryskiwacza.

Do perspektywicznych, ale ciągle doskonalonych rozwiązań w tym zakresie, należy zaliczyć system iniekcyjnego dozowania roztworu preparatów do układu cieczowego opryskiwacza [Vidrine i in. 1975, Gebhardt i in. 1984]. Rozwiązanie to może znaleźć zastosowanie w precyzyjnym aplikowaniu różnych agrochemikaliów, ale szczególnie może być przydatne do stosowania płynnych pestycydów i nawozów azotowych [Weihing i Eisenhauer 1991].

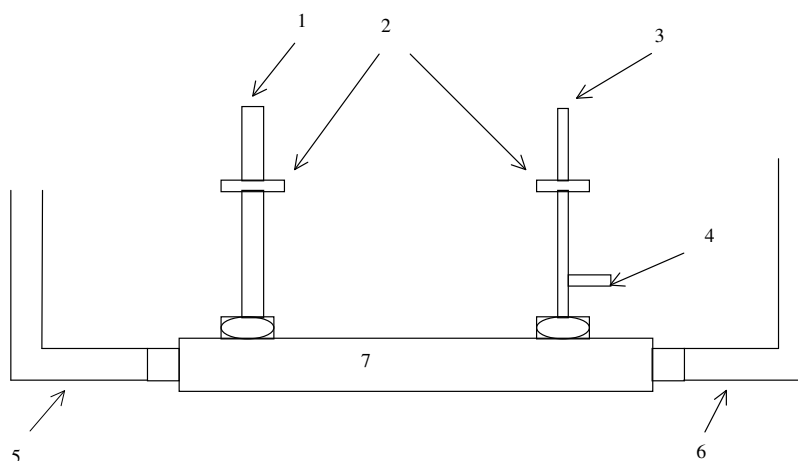
Stosowanie środków ochrony roślin stanowi zagrożenie dla pracowników, natomiast iniekcyjne dozowanie chemikaliów ogranicza dzienną ekspozycję pracownika nawet o 99%, usprawnia organizację i zmniejsza ryzyko nieprecyzyjnego rozprzestrzenienia preparatu [Rider i in. 1982]. Obecnie badania skupiają się nad udoskonaleniem konstrukcji układu w celu zwiększenia precyzji dozowania preparatów oraz skróceniem czasu homogenizacji roztworu cieczy opryskowej [Tompkins i in. 1990, Kranz i in. 1996].

MATERIAŁ I METODY

Celem pracy jest próba określenia uwarunkowań umożliwiających wdrożenie iniekcyjnego systemu dozowania pestycydów w sprzęcie do ochrony roślin. Schemat pracy układu iniekcyjnego w układzie cieczowym opryskiwacza przedstawiono na rysunku 1. Za podstawę analizy przyjęto wyniki badań laboratoryjnych, dwóch typów urządzeń w tym:

– CCI 2000 wyposażonego w dwu rolkową pompę perystaltyczną, napędzaną silnikiem elektrycznym. Pestycydy były pobierane z zasobników i dozowane do kolektora umieszczonego przed pompą główną (rys. 2).

– Agro Inject wyposażonego w proporcjonalną pompę z 4 tłoczkami dozującymi. Pestycydy dozowane były do kolektora umieszczonego za pompą główną opryskiwacza (rys. 3).

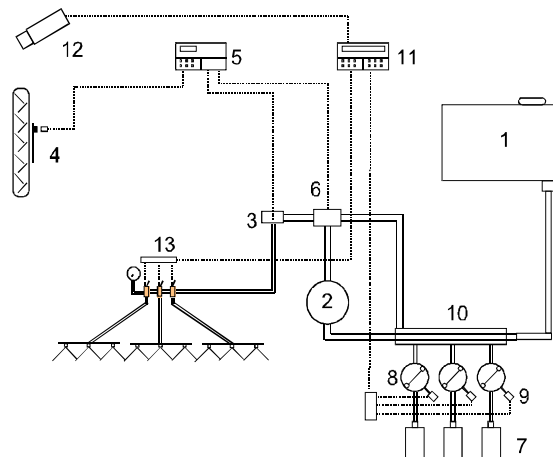


Rys. 1. Schemat pracy iniekcyjnego układu dozowania pestycydów: 1 – przepływ nadmiaru roztworu cieczy (przelew), 2 – przepływomierz, 3 – układ dozowania pestycydów, 4 – czujnik ciśnienia, 5 – dopływ roztworu cieczy bezpośrednio lub przez pompę główną do zaworu sterującego i belki polowej opryskiwacza, 6 – dopływ czystej wody bezpośrednio ze zbiornika lub pompę główną do opryskiwacza, 7 – kolektor

Fig. 1. Diagram of the direct injection – liquid flows going through to the collector: 1 – flow excess of spray mixture, 2 – flowmeter, 3 – flow injected pesticide, 4 – pressure sensor, 5 – mixture flow to main pump or to boom, 6 – water flow from main tank or main pump, 7 – collector

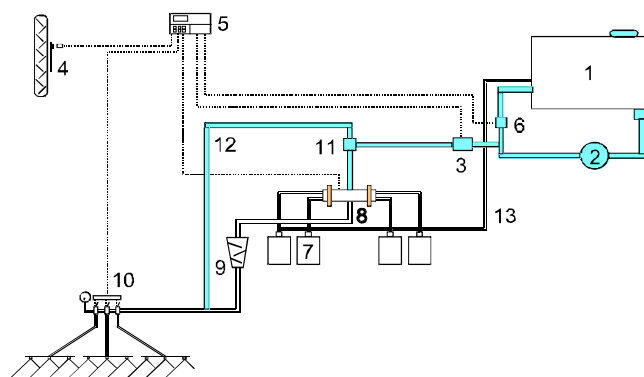
Jakość pracy, każdego z dwóch badanych rozwiązań, oceniano według następujących kryteriów:

- dokładności dozowania pestycydów,
- upływu czasu do osiągnięcia zakładanej koncentracji roztworu w końcówkach opryskujących belki polowej opryskiwacza,
- dokładności wymieszania składników roztworu.



Rys. 2. Schemat pracy układu dozowania pestycydów umieszczonego przed pompą główną opryskiwacza (CCI – 2000). Oznaczenia : 1 – zbiornik czystej wody, 2 – pompa główna opryskiwacza, 3 – przepływomierz, 4 – czujnik prędkości, 5 – komputer, 6 – zawór, 7 – zbiorniki pestycydów, 8 – pompa perystaltyczna, 9 – silnik elektryczny, 10 – kolektor, 11 – sterownik czasu iniekcji, 12 – czujnik, 13 – sterownik (dystrybutor)

Fig. 2. Diagram of the liquid flows going through the sprayer (CCI 2000): 1 – tank (only water), 2 – main pump, 3 – flowmeter, 4 – speed sensor, 5 – computer, 6 – electric-valve, 7 – pesticides micro tank, 8 – peristaltic pump, 9 – electric-engine, 10 – collector, 11 – injection computer, 12 – road sensor for speed, 13 – distributor



Rys. 3. Schemat pracy układu dozowania pestycydów umieszczonego za pompą główną opryskiwacza (Agro Inject). Oznaczenia : 1 – zbiornik czystej wody, 2 – pompa główna opryskiwacza, 3 – przepływomierz, 4 – czujnik prędkości, 5 – komputer, 6 – zawór, 7 – zbiorniki pestycydów, 8 – pompa proporcjonalna, 9 – urządzenie miksujące, 10 – sterownik (dystrybutor), 11 – by-pass, 12, 13 – przewody mycia układu

Fig. 3. Diagram of the liquid flows going through the sprayer (Agro Inject): 1 – tank (only water), 2 – main pump, 3 – flowmeter, 4 – speed sensor, 5 – computer, 6 – electric-valve, 7 – pesticides micro tank, 8 – proportional pump, 9 – mixing equipment, 10 – distributor, 11 – by-pass, 12, 13 – rinsing pipes

Przebieg eksperymentu. Badania obu prezentowanych urządzeń dozujących przeprowadzono w Agricultural Research Centre – Gembloux (Belgia) zgodnie z metodyką opracowaną w Zakładzie Mechanizacji – Agricultural Engineering Department [Mostade i in. 2000]. Do badań użyto wody o temperaturze 20°C oraz substancji iniekowanych: phenmediphame i mancozebe o znanych właściwościach fizykochemicznych (gęstości: phenmediphame 0,99 g·ml⁻¹ i mancozebe 1,37 g·ml⁻¹ oraz zawartości substancji czynnej odpowiednio 148,0 i 469,6 g·dm⁻³). Jako substancji dozowanych użyto wody z dodatkiem barwnika oraz w przypadku urządzenia CCI-2000 pestycydów ze składnikami aktywnymi: phenmediphame i mancozebe, a dla urządzenia Agro Inject roztworu pestycydu o właściwościach zbliżonych do phenmediphame. W układzie cieczowym opryskiwacza utrzymywano ciśnienie w zakresie 2–6 bar oraz natężenie przepływu cieczy 15–17 dm³·min⁻¹, przy poziomie iniekcji preparatów 0,1–1,5 dm³·min⁻¹.

Pracę pompy dozującej określano poprzez porównanie, teoretycznie oczekiwanej i praktycznie stwierdzonej ilości preparatu iniekowanego w przeliczeniu na jednostkę objętości roztworu. W celu określenia upływu czasu do wyrównania stężenia preparatu w roztworze cieczy opryskowej, co 5 sekund pobierano próbkę opadu rozpylonej cieczy z końcówek opryskujących, znajdujących się na końcu (*extremity nozzle*) i w miejscu dopływu cieczy (*central nozzle*), 18 m belki polowej opryskiwacza. Dokładność mieszania dozowanych substancji z wodą określano poprzez analizę (spektrofotometrem) śladów kropli oprysku i rozmieszczenia tam związków dozowanego preparatu. Określono także czas płukania układu cieczowego opryskiwacza, po upływie którego stężenie preparatu w roztworze będzie utrzymywało się poniżej 5% stężenia roboczego.

WYNIKI

Dokładność dozowania preparatów. Poddane ocenie urządzenia dozujące różniły się zasadami pracy i sposobem dozowania preparatu do układu cieczowego opryskiwacza. W przypadku pompy perystaltycznej (CCI-2000) istotnym była prędkość obrotu rolek, a w urządzeniu Agro Inject natężenie przepływu wody przez pompę. Z powyższych względów przed przystąpieniem do badań wykonano szereg pomiarów i prób pracy tych urządzeń.

Oceny pracy pompy perystaltycznej (CCI-2000) dokonano dla trzech, a dla pompy proporcjonalnej (Agro Inject) dla dwóch substancji. Jakość pracy badanych układów dozujących oceniano poprzez określenie różnicy pomiędzy oczekiwaną a uzyskaną ilością substancji dozowanej i rozpuszczonej w wodzie przepływającej przez kolektor lub pompę.

Z uwagi na cechy konstrukcyjne badanych układów dozujących ich ocenę odniesiono do, wyznaczonej w badaniach wstępnych, częstości dozowania przez pompę perystaltyczną (CCI-2000) oraz trzech poziomów natężenia przepływu wody dla pompy proporcjonalnej (Agro Inject). Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej i wyznaczono równania regresji – tabela 1.

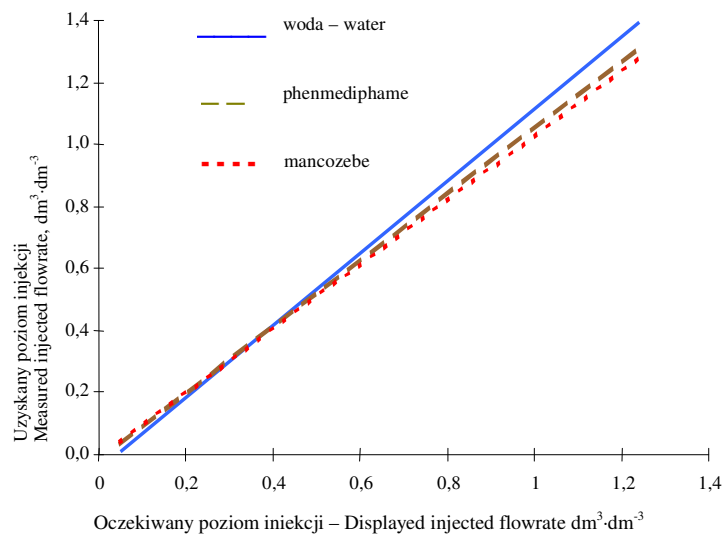
Z uzyskanych badań, przedstawionych na rysunku 4 wynika, że urządzenie CCI-2000 dozuje preparat z dokładnością zadawalającą, gdyż opisane równaniami proste cechują się wysokim współczynnikiem dostosowania ($R^2 > 0,99$) do wyznaczonych

punktów pomiaru. Stwierdzono także, że wzrost gęstości substancji dozowanej umożliwia łatwiejsze uzyskanie zakładanych parametrów pracy. Odpowiednio wyregulowana pompa perystaltyczna zapewniła dozowanie wody z zawartością barwnika lub pestycydów phenmediphame i mancozebe na poziomie zbliżonym do oczekiwanego, a różnice te wynosiły odpowiednio: 14,0; 5,5 oraz 3,5%. W przypadku urządzenia Agro Inject uzyskane wyniki są także zadawalające, ale oczekiwana dokładność dozowania jest związana z natężeniem przepływu wody.

Tabela 1. Dokładność dozowania preparatów do układu cieczowego przez badane układy iniekcyjne

Table 1. Precision of the injection floe rate with devices tested

Typ urządzenia z układem iniekcyjnym Injection devices tested	Substancja dozowana Injected product	Punkt odniesienia uzyskanego poziomu dozowania substancji: Base of estimation the measured and displayed flow rate injection	Uzyskane równanie regresji i współczynnik dostosowania R ² Equations of regression and coefficient of determination R ²
CCI - 2000	woda	do ilości oczekiwanej	$y = 1,1558 x - 0,0436; R^2 = 0,997$
	phenmediphame	do ilości oczekiwanej	$y = 1,0671x - 0,0098; R^2 = 0,999$
	mancozebe	do ilości oczekiwanej	$y = 1,0348 x - 0,0074; R^2 = 0,990$
Agro Inject	roztwór zbliżony do: phenmediphame	do natężenia przepływu wody przez pompę w tym:	
		1500 dm ³ .min ⁻¹	$y = 13,42 x + 38,811; R^2 = 0,997$
		1000 dm ³ .min ⁻¹	$y = 4,2997 x + 45,749; R^2 = 0,992$
		100 dm ³ .min ⁻¹	$y = 0,5414 x + 5,5812; R^2 = 0,992$



Rys. 4. Wykreślone krzywe regresji dla oczekiwanej (x) i uzyskanej (y) ilości substancji, dozowanych do układu cieczowego opryskiwacza

Fig. 4. Relations between the measured flow rate (y) and the flow rate displayed by the console (x) for water, phenmediphame and mancozebe

Koncentracja roztworu w końcówkach opryskujących. Badane systemy iniekcji dozowania różniły się miejscem umieszczenia urządzenia dozującego w układzie cieżowym opryskiwacza. Stwierdzono, że ma to wpływ na czas, w którym następuje wyrównanie stężenia roztworu cieczy (tabela 2). Także obniżenie stężenia roztworu < 5%, po zakończeniu pracy układu dozującego nastąpiło w różnym czasie dla każdego z badanych układów. Czas zmiany stężenia (rys. 5) był zależny nie tylko od usytuowania urządzenia dozującego, długości belki polowej opryskiwacza, ale także ulegał zmianie wraz ze zmianą ilości cieczy opryskowej, wyrażonej w $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

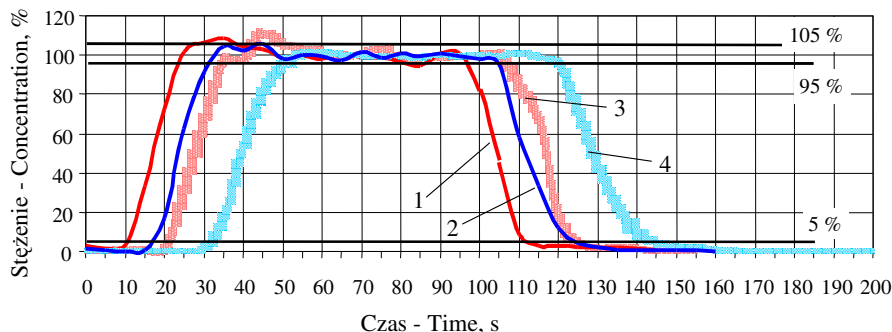
Tabela 2. Upływ czasu pracy układu dozowania niezbędnego do uzyskania zakładanego 100% lub obniżenia poniżej 5% stężenia roztworu cieczy

Table 2. Time to reach the 100% or 5% concentration as well as to rinse the pipes

Urządzenie dozujące i warunki badania belki polowej Devices and test conditions	Upływ czasu w sekundach do uzyskania stężenia Time to reach the cocentration (seconds)	
	100% po rozpoczęciu iniekcji At the start treatment	<5% po zakończeniu iniekcji At the end treatment
	CCI – 2000	
300 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ końcówka zewnętrzna*	65	50
300 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ końcówka wewnętrzna**	45	35
200 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ końcówka zewnętrzna*	89	88
200 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ końcówka wewnętrzna**	57	59
Agro Iniect		
300 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ końcówka zewnętrzna*	42	35
300 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ końcówka wewnętrzna**	25	22
200 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ końcówka zewnętrzna*	53	55
200 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ końcówka wewnętrzna**)	33	34

*extremity nozzle (distant)

**central nozzle (close)

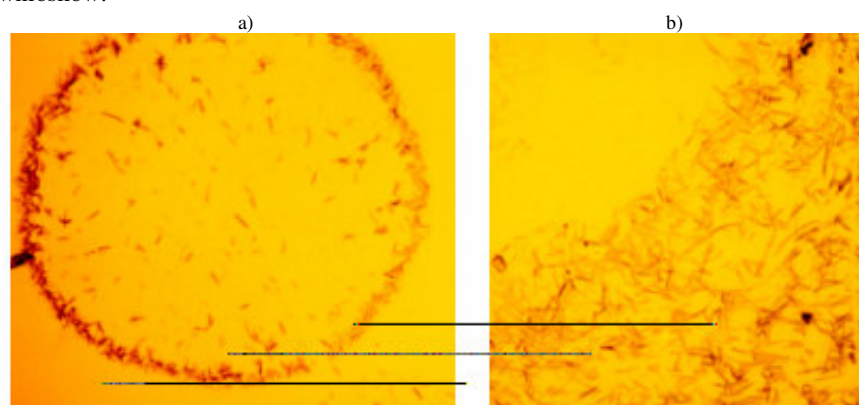


Rys. 5. Czas stabilizacji koncentracji roztworu (po rozpoczęciu i zakończeniu iniekcji), w pierwszej i ostatniej końcówce opryskującej belki polowej, podczas dozowania pestycydu przy dawce 200 oraz 300 dm^3/ha (urządzenie Agro Iniect). Czas iniekcji 90 s: 1 – 300 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ rozpylacze wewnętrzne, 2 – 200 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ rozpylacze wewnętrzne, 3 – 300 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ rozpylacze zewnętrzne, 4 – 200 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ rozpylacze zewnętrzne

Fig. 5. Evolution of the concentration according to testing conditions (Agro Iniect device). Iniection time 90 s: 1 – 300 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ central nozzle, 2 – 200 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ central nozzle, 3 – 300 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ externity nozzle, 4 – 200 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ externity nozzle

Dokładność wymieszania składników roztworu. Stosowanie jednorodnego roztworu cieczy opryskowej jest jednym z ważniejszych czynników decydujących o jakości wykonania zabiegów ochrony roślin. Badania dokładności wymieszania dozowanych preparatów z wodą badano z uwzględnieniem parametrów ilościowych i jakościowych, a uzyskane wyniki porównano z roztworem cieczy przygotowanej w tradycyjnym opryskiwaczu polowym.

Badania ilościowe obejmowały określenie współczynnika nierównomierności rozkładu ilości preparatu w badanych próbkach. Uzyskane wyniki w kolejno przeprowadzonych próbach nie były jednoznaczne i nie pozwoliły na wyciągnięcie wiarygodnych wniosków.



Rys. 6. Rozmieszczenie preparatu (phenmediphame) na powierzchni wzorcowej (śląd kropli): a) opryskiwacz z iniekcyjnym układem dozowania, b) opryskiwacz z konwencjonalnym układem dozowania

Fig. 6. Droplets made of phenmediphame sprayed according to two principles: a) direct injection, b) conventional one

Badania jakościowe obejmowały wizualną (mikroskopową) ocenę rozkładu preparatu phenmediphame, w kroplach cieczy roztworu, uzyskanych z opryskiwacza tradycyjnego oraz o iniekcyjnym systemie dozowania pestycydów. Stwierdzono, że dla iniekcyjnego systemu dozowania substancja aktywna skupiona była na obwodzie śladu kropli, podczas gdy przy tradycyjnym przygotowaniu roztworu cieczy obserwowano równomierne wypełnienie śladu kropli preparatem (rys. 6).

PODSUMOWANIE

W przeprowadzonych badaniach dokonano oceny dwu systemów dozowania pestycydów. Zastosowanie pompy perystaltycznej (CCI-2000) wymagało dostosowania jej obrotów do poziomu dozowania, co było utrudnione z uwagi na fakt, że nie stwierdzono proporcjonalnej zależności pomiędzy wymienionymi czynnikami. Zależność ta była dodatkowo kształtowana gęstością dozowanych roztworów.

Układ wyposażony w pompę proporcjonalną (Agro Inject) uznano za rozwiązanie konstrukcyjnie perspektywiczne, gdyż poziom dozowania preparatu był proporcjonalny do natężenia przepływu wody, co umożliwiało płynne regulowanie dawki preparatu na jednostkę opryskiwanej powierzchni.

Czas niezbędny do wyrównania stężenia roztworu w końcówkach opryskujących belki polowej przekraczał 50 s ale był wyższy przy mniejszym natężeniu przepływu cieczy roboczej. Określenie czasu wyrównania ciśnienia może być niezbędne w przypadku rozpoczęcia i kończenia zabiegu ochrony roślin oraz przy stosowaniu zmiennej dawki preparatu lub podczas płukania opryskiwacza.

Stwierdzona techniczna możliwość stosowania iniekcyjnego dozowania pestycydów do układu cieczowego opryskiwaczy rolniczych jest niewystarczająca dla praktyki rolniczej z uwagi na fakt, że nie zapewniona została jednorodność roztworu cieczy. Ocena przebiegu procesu iniekcji oraz wyniki badań jakościowych wskazują jednak, że przyczyną tego stanu jest niedostosowanie iniekowanych substancji do warunków procesu. Zasadniczym problemem badanych urządzeń dozujących, przy obecnej generacji pestycydów, jest krótki czas (dziesiątki sekund) kontaktu środka aktywnego i substancji uzupełniających z wodą, co może ograniczać jego aktywność biologiczną.

Uzyskane wyniki badań nasuwają następujące **wnioski ogólne**:

- badane układy wymagają usprawnienia pracy pomp mieszających,
- konstrukcja układu cieczowego opryskiwacza powinna zapewniać skrócenie czasu stabilizacji stężenia preparatu (homogenizacji) w roztworze cieczy opryskowej,
- wdrożenie układów o iniekcyjnym systemie dozowania wymaga pestycydów nowej generacji, odpowiednio dostosowanych do warunków przygotowywania roztworu

PIŚMIENNICTWO

- Gebhardt M. R., Kliethermes A. R., Goering C. E., 1984. Metering concentrated pesticides. Trans. ASAE 27.
- Kranz W. L., Eisenhauer D. E., Parkhurst A. M., 1996. Calibration accuracy of chemical injection Devices. Trans. ASAE 12.
- Mostade O., Huyghebaert B., Debouche C., Pigeon O., Galoux M., 2000. Spraying from direct injection divices. Agricultural Research Centre – Gembloux (Belgium) – Paper.
- Rider A. R., Docey E. C., 1982. Field evaluation of calibration accuracy for pesticide application equipment. Trans. ASAE 25.
- Tompkins F. D., Howard K. D., Mote C. R., Freeland R. S., 1990. Boom flow characteristics with direct chemical injection. Trans. ASAE 33.
- Vidrine C. G., Goering C. E., Day C. L., Gebhardt M. R., Smith D. B., 1975. A constant pesticide application rate sprayer model. Trans. ASAE 18.
- Weihing W. J., Eisenhauer D., 1991. Methodology for risk analysis of chemigation. Trans. ASAE 34.

DIRECT INJECTION EQUIPMENT FOR PESTICIDE SPRAYING

Abstract. Introduced results of two injection devices of pesticides in agricultural sprayers. The main parameters tested: accuracy of the metering pump, duration to reach the good concentration at the boom sprayer, quality of the mixture. One ascertained good exactitude of dosage and inaccurate homogenization dosed of component with water. Settlement concentrations of solution followed after 50 seconds from beginnings of injection process

Key words: plant protection, direct injection, pesticide

Olivier Mostade, Bruno Huyghebaert, Olivier Miserque. Engineering Department, Agricultural Research Centre, 5030 Gembloux Chaussee de Namur, 146, (Belgium), e-mail: mostade@cragx.fgov.be

Józef Sawa, Katedra Eksploatacji Maszyn i Zarządzania w Inżynierii Rolniczej, Akademia Rolnicza w Lublinie, ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin, e-mail: jsawa@hortus.ar.lublin.pl