

WPLYW WYSOKOŚCI BELKI POLOWEJ I CIŚNIENIA CIECZY UŻYTKOWEJ NA ZNOSZENIE SEDYMENTACYJNE*

*Waldemar Świechowski, Ryszard Hołownicki, Artur Godyń, Grzegorz Doruchowski
Zakład Agrotechnologii, Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach*

Streszczenie. Celem prezentowanych badań było określenie wpływu wysokości belki polowej i ciśnienia roboczego na znoszenie sedymentacyjnej cieczy użytkowej. W testach polowych użyto opryskiwacz zawieszany, wyposażony w belkę polową o szerokości roboczej 12 m i rozpylacze Lechner LU 120-03. Zabiegi opryskiwania prowadzono na odcinku testowym o długości 60 m i szerokości roboczej opryskiwacza. Dla każdej kombinacji wysokości belki polowej (0,35; 0,5; 0,75 m) i ciśnienia roboczego (0,15; 0,3; 0,5 MPa) wykonano 5 przejazdów odcinka testowego, niosząc brylant sulfoflawiny ze stałą prędkością roboczą $6,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Wyniki badań potwierdzają istotny wpływ wysokości belki, ciśnienia cieczy i prędkości wiatru na ilość znoszonej cieczy. Niskie prowadzenie belki 0,35 m i zredukowane ciśnienie do 0,15 MPa zmniejszyło znoszenie o 50% w stosunku do standardowej techniki opryskiwania (wysokość belki 0,5 m ciśnienie 0,3 MPa) już w odległości 3 m od odcinka testowego. Nadmierna wysokość belki 0,75 m i podwyższone ciśnienie do 0,3 MPa przy prędkości wiatru $2,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ zwiększa znoszenie cieczy o ponad 75%. Największy przyrost znoszenia odnotowano dla ciśnienia 0,5 MPa i wysokości belki 0,75 m.

Słowa kluczowe: znoszenie cieczy, belka polowa, rozpylacze, ciśnienie cieczy, wiatr

Wstęp

Na wielkość i zasięg znoszonej cieczy użytkowej podczas opryskiwania płaskich upraw polowych mają wpływ głównie czynniki atmosferyczne i techniczne. Modyfikują one nie tylko rozkład cieczy użytkowej w łanie opryskiwanych roślin, co przekłada się na jakość wykonanego zabiegu, ale również wpływają na dystrybucję znoszonego środka ochrony

* *Badania wykonano w ramach zadania nr 1.20 „Opracowanie metod precyzyjnego stosowania środków ochrony roślin w celu ograniczenia zanieczyszczenia wód i gleby oraz innych elementów środowiska”, Programu Wieloletniego „Rozwój zrównoważonych metod produkcji ogrodniczej w celu zapewnienia wysokiej jakości biologicznej i odżywczej produktów ogrodniczych oraz zachowania bioróżnorodności środowiska i ochrony jego zasobów”, finansowanego przez MRiRW.*

roślin (ś.o.r.). Zjawisko znoszenia jest nieuniknionym efektem ubocznym zabiegu opryskiwania. Definiuje się je jako część substancji aktywnej ś.o.r., przenoszona prądami atmosferycznymi poza opryskiwany obiekt w postaci kropeł cieczy i części stałych, zawieszonych w powietrzu lub jako fizyczne przemieszczanie się w powietrzu, podczas wykonywania zabiegu lub bezpośrednio po jego zakończeniu, z obiektu opryskiwanego na obiekt nieopryskiwany (Hołownicki i in., 2011). Wiatr jest najważniejszym czynnikiem atmosferycznym, wpływającym na wielkość znoszenia. Odległość przemieszczania się kropeł jest wprost proporcjonalna do prędkości wiatru (Hołownicki i Doruchowski, 2006; Hołownicki, 2001; Godyń i in., 2010). Jednocześnie przemieszczający się opryskiwacz wywołuje zjawisko wiatru pozornego, które dodatkowo wzmacnia znoszenie. Na znoszenie wpływa również wilgotność i temperatura powietrza, gdyż decydują o ewaporacji kropeł cieczy (Nuyttens i in., 2006).

Znoszenie cieczy zależy również od parametrów roboczych, w tym zwłaszcza od wielkości kropeł, prędkości roboczej i wysokości belki polowej. Można je korygować w szerokim zakresie, wpływając na efekt znoszenia (Hołownicki i Doruchowski, 2006). Podniesienie prędkości roboczej z 4,0 do 8,0 km·h⁻¹, podczas wiatru 3,0 m·s⁻¹, zwiększało znoszenie średnio o 51% (Miller i Smith, 1997). Salyani i Cromwell (1992) stwierdzili, że zabiegi wykonywane niższymi dawkami cieczy charakteryzują się większymi stratami w wyniku znoszenia, ze względu na wielkość kropeł. Istotny wpływ na odległość znoszenia ma wielkość kropeł. Podczas wiatru o prędkości wiatru 5 m·s⁻¹ i wysokości belki 0,5 m krople o średnicy 100, 200 i 500 μm przenoszone są odpowiednio na odległość 6,55; 0,36 i 0,04 m (Zhu i in., 1994). Najbardziej podatne na znoszenie są krople drobne o średnicy poniżej 100 μm (Knewitz i in., 2002). Duży potencjał redukcji znoszenia wykazują rozpylacze eżektorowe o medianie objętościowej w przedziale od 300 do 600 μm, gdyż ilość kropeł drobnych poniżej 100 μm została zredukowana o 83% (Castell, 1993), a duże i napowietrzane krople redukują znoszenie od 50 do 75% (Ganzelmeier, 2000).

Wielkość kropeł można w ograniczonym zakresie zwiększać poprzez użycie rozpylaczy tradycyjnych o większym natężeniu wypływu i niskim ciśnieniu. Zmniejszenie ciśnienia z 0,28 do 0,14 MPa powoduje redukcję drobnych kropeł o średnicy 100 μm nawet o 50% (Ozkan, 2001). Z kolei obniżenie ciśnienia z 0,3 do 0,2 MPa wywołało znaczną redukcję znoszenia na wszystkich mierzonych odległościach, natomiast wzrost ciśnienia z 3,0 do 4,0 MPa powodował odwrotny efekt (Nuyttens i in., 2007). W tych samych badaniach obniżenie belki z wysokości referencyjnej 0,5 m do 0,3 m istotnie zredukowało znoszenie.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. o zrównoważonym stosowaniu ś.o.r. zobowiązuje kraje członkowskie do ograniczenia zagrożeń związanych z ich stosowaniem dotyczących ludzi i środowiska naturalnego. Jak wynika z prezentowanej literatury, znaczne możliwości ograniczenia tych zagrożeń leżą po stronie techniki ochrony, poprzez zwiększenie precyzji nanoszenia i redukcję strat ś.o.r., a w szczególności znoszenia.

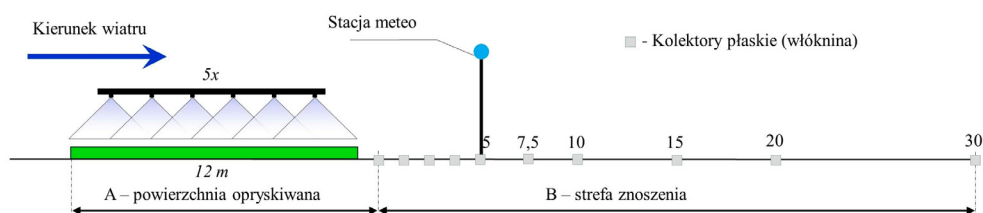
Cel badań

Celem prezentowanych badań było określenie wpływu wysokości belki polowej i ciśnienia cieczy użytkowej na dystrybucję znoszenia sedymentacyjnego.

Metodyka i warunki badań

Pomiary dystrybucji znoszenia wykonano w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym SGGW w Żelaznej k. Skierniewic podczas opryskiwania pszenicy w fazie krzewienia. Do badań użyto opryskiwacz zawieszany Agrola o pojemności zbiornika 400 l, wyposażony w standardową belkę połową o szerokości roboczej 12 m, na której zamontowano rozpylacze standardowe LU 120-03 (Lecher). Zabiegi opryskiwania prowadzono na odcinku testowym o długości 60 m i szerokości roboczej opryskiwacza. Dla każdej kombinacji wysokości belki połowej (0,35; 0,5; 0,75 m) i ciśnienia roboczego (0,15; 0,3; 0,5 MPa) wykonano 5 przejazdów odcinka testowego, nanosząc marker fluorescencyjny (brylant sulfoflawiny

o stężeniu 0,3 %) ze stałą prędkością roboczą $6,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Podczas opryskiwania monitorowano w czasie rzeczywistym prędkość wiatru o kierunku prostym do odcinka testowego. Znoszenie sedymentacyjne oceniano w czterech liniach pomiarowych, stanowiących powtórzenia, przy czym pierwszy próbnik znajdował się w odległości 1 m, a ostatni 30 m od opryskiwanego odcinka testowego według schematu (rys. 1). Próbniki znoszenia wykonano z syntetycznej włókniny filtracyjnej o wymiarach $0,1 \times 1,0 \text{ m}$, które zamocowano na stabilnych, metalowych stojakach (rys. 2). W laboratorium znacznik fluorescencyjny ekstrahowano z każdego próbniaka oddzielnie, używając do tego celu 1000 ml wody dejonizowanej. Tak przygotowany roztwór poddano analizie ilościowej za pomocą spektrometru luminescencyjnego Perkin Elmer LS 55.



Rysunek 1. Schemat doświadczenia

Figure 1. Schematic representation of the experiment

Uzyskane wyniki znoszenia przedstawiono za pomocą metody opracowanej przez zespół badawczy Instytutu im. Juliusa Kühna (strona internetowa JKI), który na podstawie wieloletnich badań ustalił, że przebieg znoszenia opisuje funkcja:

$$y = a \cdot x^b$$

gdzie:

- y – wyraża naniesienie sedymentacyjne na ziemię wyrażone w procentach stosowanej dawki cieczy użytkowej,
- x – odległość wyrażoną w metrach,
- a i b – są parametrami obliczanymi dla każdej uprawy indywidualnie metodą estymacji nieliniowej.



Rysunek 2. Próbniki znoszenia cieczy użytkowej
Figure 2. Drift collectors

Wykres funkcji ma liniowy przebieg, jeśli obydwie osie wykresu wyrażone są w skali logarytmicznej, i umożliwia ekstrapolację mierzonego znoszenia wyrażonego w procentach stosowanej dawki na dalsze odległości, wykraczające poza obszar pomiarowy. Dodatkową korzyść stanowi możliwość szybkiej interpretacji uzyskanych wyników z wykresu dzięki umieszczeniu linii referencyjnej, opisującej przebieg procesu znoszenia dla techniki standardowej (wysokości belki polowej 0,5 m, ciśnienie 0,3 MPa, wielkość rozpylacza 03), oraz linii wyznaczających granicę np. 50, 75 lub 90% redukcji bądź wzrostu znoszenia.

Tabela 1

Wilgotność względna i temperatura w czasie testów polowych

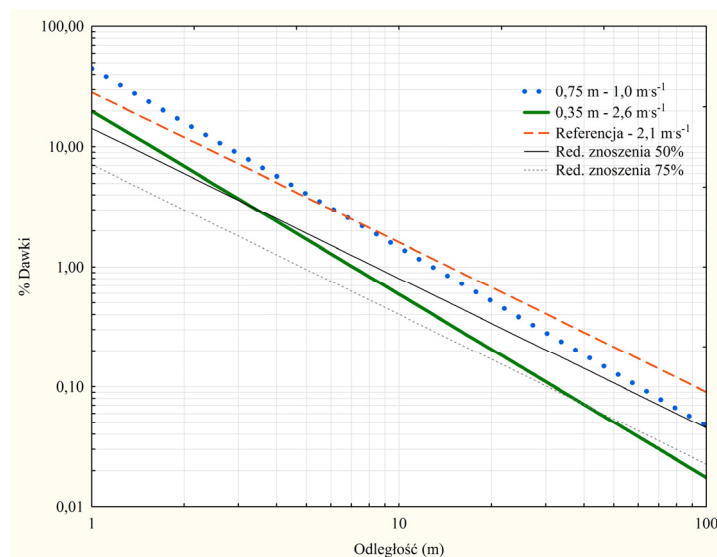
Tabele 1

The relative humidity and temperature during the field tests

Parametr	0,15 (MPa)			0,3 (MPa)			0,5 (MPa)		
	0,35 (m)	0,5 (m)	0,75 (m)	0,35 (m)	0,5 (m)	0,75 (m)	0,35 (m)	0,5 (m)	0,75 (m)
Wilgotność (%)	50	54	57,8	49	40,5	39,5	44	42	38,4
Temperatura (°C)	30	29,2	27,1	24,3	25,3	26	24,3	25,5	26,9

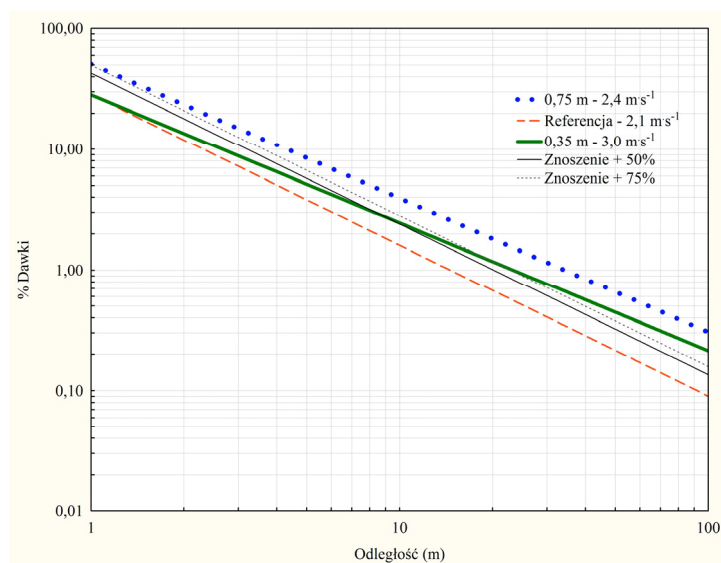
Wyniki badań

Na rysunkach (3-6) przedstawiono wykresy dystrybucji znoszenia cieczy użytkowej, które wyrażono w procentach stosowanej dawki markera fluorescencyjnego wykonanych podczas wiatru $1,0-3,0 \text{ m s}^{-1}$, natomiast w tabeli 1 wilgotność i temperaturę powietrza podczas wykonywanych testów. Zgodnie z oczekiwaniami obniżenie belki polowej do wysokości 0,35 m i redukcja ciśnienia cieczy w układzie cieczowym opryskiwacza do 0,15 MPa (rys. 3) zmniejszyły znoszenie cieczy użytkowej w porównaniu ze standardową techniką opryskiwania, którą przedstawia linia referencyjna. Można to wyjaśnić zwiększeniem udziału kropeł grubych w wyniku obniżenia ciśnienia i jednoczesnym ograniczeniem ilości kropeł drobnych o średnicy poniżej $100 \mu\text{m}$, które są najbardziej podatne na znoszenie (Knewitz i in., 2002).



Rysunek 3. Znoszenie sedymentacyjne – rozpylacze płaskostrumieniowe LU 120-03, ciśnienie 0,15 MPa

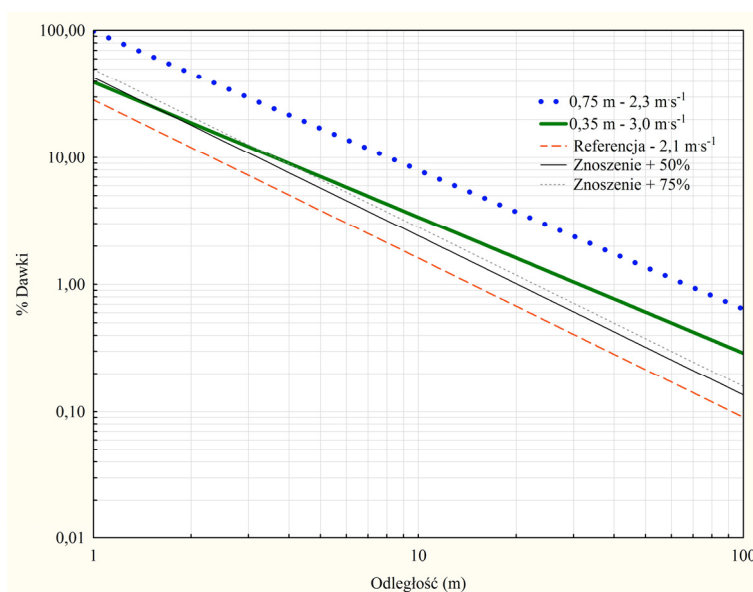
Figure 3. Ground deposition due to drift – LU 120-03 flat fan nozzles, pressure 0.15 MPa



Rysunek 4. Znoszenie sedymentacyjne – rozpylacze płaskostrumieniowe LU 120-03, ciśnienie 0,30 MPa

Figure 4. Ground deposition due to drift – LU 120-03 flat fan nozzles, pressure 0.30 MPa

W odległości 3 m od opryskiwanego odcinka testowego stwierdzono aż 50% redukcję znoszenia, pomimo iż średnia prędkość wiatru była większa o $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ niż podczas oceny techniki standardowej. Podniesienie belki polowej na wysokość $0,75 \text{ m}$ przy prędkości wiatru $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ spowodowało przyrost znoszenia do odległości $7,5 \text{ m}$ od odcinka testowego. Na dalszych odległościach znoszenie cieczy było mniejsze od znoszenia referencyjnego, co można wyjaśnić niższą prędkością wiatru (o $1,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) oraz grubszymi kroplami. Wzrost ciśnienia z $0,15$ do $0,30 \text{ MPa}$ oraz prędkości wiatru z $2,6$ do $3,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ dla wysokości belki $0,35 \text{ m}$ spowodowały znaczny przyrost znoszenia (rys. 4). W odległości 1 m od odcinka testowego wielkość znoszenia wyrażona w procentach stosowanej dawki była równa wartości referencyjnej (28% dawki), jednak wraz ze wzrostem odległości wzrastały również wartości mierzonego znoszenia w odniesieniu do techniki standardowej. W odległości 9 m znoszenie cieczy wzrosło o 50% , a w odległości 11 m – o 75% . Podniesienie belki polowej na wysokość $0,75 \text{ m}$ przy prędkości wiatru $2,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ zwiększyło znoszenie cieczy niemal dwukrotnie w odniesieniu do referencyjnej techniki standardowej, co potwierdza wcześniejsze wyniki badań (Nuyttens i in., 2007). Już w odległości 1 m od odcinka testowego znoszenie wzrosło o 50% , a w odległości 2 m o ponad 75% . Największe wartości znoszenia odnotowano dla ciśnienia $0,5 \text{ MPa}$ (rys. 5).



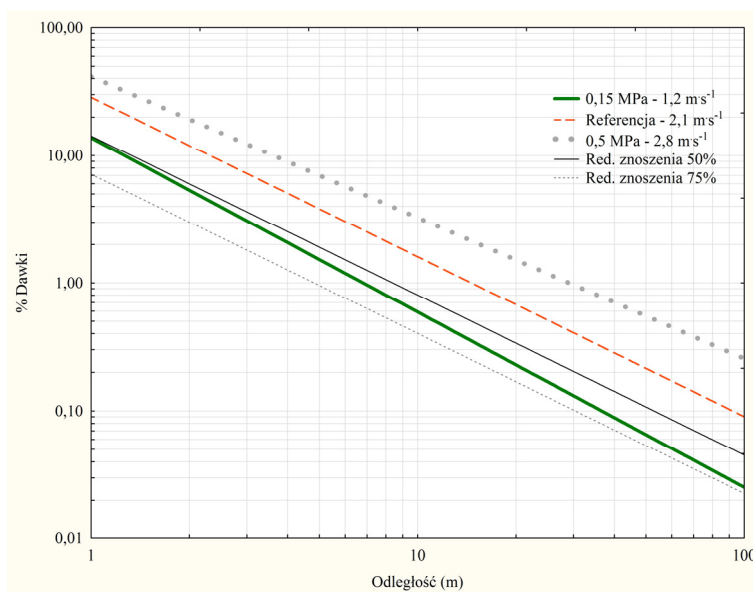
Rysunek 5. Znoszenie sedymentacyjne – rozpylacze płaskostrumieniowe LU 120-03, ciśnienie $0,5 \text{ MPa}$

Figure 5. Ground deposition due to drift – LU 120-03 flat fan nozzles, pressure 0.5 MPa

Pomimo niskiego prowadzenia belki polowej ($0,35 \text{ m}$) podczas opryskiwania odnotowano znaczny przyrost znoszenia. W odległości 2 m od odcinka testowego znoszenie wzrosło o 50% , natomiast w odległości 3 m o 75% . Ze względu na prędkość wiatru

$3,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ i zwiększoną ilość kropeł drobnych, na dalszych odległościach następował ciągły przyrost znoszenia. W odległości 30 m odnotowano ponad dwukrotny wzrost ilości znoszonej cieczy, a w odległości 100 m – ponad trzykrotny względem linii referencyjnej. Zgodnie z wynikami innych badań (Nuyttens i in., 2007) wysokie prowadzenie belki połowej (0,75 m) i wyższe ciśnienie 0,5 MPa podczas nanoszenia markera fluorescencyjnego na odcinku testowym było najbardziej niekorzystnym rozwiązaniem. Ilość znoszonej cieczy w odległości 1 m stanowiła 100% stosowanej dawki i była 3,5-krotnie większa w porównaniu z linią referencyjną. Nadmierna ilość kropeł drobnych i prędkość wiatru $2,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ były przyczyną znacznego wzrostu znoszenia na dalszych odległościach. W odległości 10 m od odcinka testowego znoszenie cieczy wzrosło 4,7-krotnie, osiągając wartość 8%, na 30 metrach 6-krotnie i wartość 2,4%, a na 100 metrach osiągnęło wartość 0,65 % stosowanej dawki i było 7-krotnie większe w odniesieniu do linii referencyjnej, opisującej przebieg znoszenia dla standardowej techniki oprysku.

W celu uchwycenia wpływu zmian ciśnienia cieczy użytkowej i prędkości wiatru na wielkość znoszenia wykonano dodatkowe testy połowe dla standardowej wysokości belki 0,5 m (rys. 6).



Rysunek 6. Znoszenie sedymentacyjne – rozpylacze Lechler LU 120-03, wysokość belki połowej 0,5 m

Figure 6. Ground deposition due to drift – LU 120-03 flat fan nozzles, spray boom height 0.5 m

Obniżenie ciśnienia cieczy w układzie cieczowym opryskiwacza z 0,3 do 0,15 MPa przy średniej prędkości wiatru $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ zredukowało znoszenie sumaryczne o ponad 50%. Zmniejszenie udziału kropeł drobnych w połączeniu z małą prędkością wiatru przyczyniło

się do sukcesywnej redukcji znoszenia na dalszych odległościach. Zgodnie z oczekiwaniami zwiększenie ciśnienia cieczy z 0,3 do 0,5 MPa, które pociąga za sobą wzrost ilości kropeł drobnych, przy prędkości wiatru $2,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ spowodowało efekt przeciwny. Ponadto większa prędkość wiatru o $0,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ w połączeniu ze zwiększoną ilością kropeł drobnych powodowała ciągły przyrost znoszenia na dalszych odległościach w porównaniu z linią referencyjną, opisującą przebieg znoszenia dla techniki standardowej.

Wnioski

1. Stwierdzono istotny wpływ ciśnienia, wysokości belki polowej i prędkości wiatru na znoszenie cieczy użytkowej.
2. Nadmierna wysokość belki 0,75 m i podwyższone ciśnienie do 0,3 MPa przy prędkości wiatru $2,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ zwiększa sumaryczne znoszenie cieczy o ponad 75%.
3. Nadmierna wysokość belki polowej w połączeniu z wysokim ciśnieniem cieczy 0,5 MPa i silniejszym wiatrem powoduje największy przyrost znoszenia spośród badanych kombinacji.
4. Nisko prowadzona belka (0,35 m) i zredukowane ciśnienie (0,15 MPa) zmniejsza znoszenie cieczy o 50% już w odległości 3 m od odcinka testowego, co pozwala zaliczyć tą technikę do TOZ (Technika Ograniczająca Znoszenie).
5. Wysokie ciśnienie cieczy (0,5 MPa) w połączeniu z wiatrem o prędkości około $3,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ powoduje znaczny przyrost znoszenia nawet dla standardowej wysokości belki polowej 0,5 m.

Literatura

- Castell, J.A. (1993). *The development of drift reducing hydraulic fan spray nozzles*. Proceedings of Second International Symposium on Pesticide Application Techniques. Strasbourg 22-24.09.1993, 227-234.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów. Dz. Urz. UE L 309/71.
- Ganzelmeier, H.; Rautmann, D. (2000). Drift, drift reducing sprayers and sprayer testing. Aspects of Applied Biology, No. 57, *Pesticide Application*, 1-10.
- Godyń, A.; Świechowski, W.; Doruchowski, G.; Hołownicki, R. (2010). Rozkład cieczy użytkowej dla różnych technik nanoszenia herbicydów w sadzie. *Inżynieria Rolnicza*, 4(122), 59-65.
- Hołownicki, R. (2001). *Znoszenie cieczy w opryskiwaniu upraw polowych i sadowniczych*. Mat. II Konf. Racjonalna Technika Ochrony Roślin. Skierniewice 23-24 październik, 199-207.
- Hołownicki, R.; Doruchowski, G. (2006). Rola techniki opryskiwania w ograniczaniu skażenia środowiska środkami ochrony roślin. *Inżynieria Rolnicza*, 5, 239-247
- Hołownicki, R.; Doruchowski, G.; Godyń, A.; Świechowski W. (2011). Strefy ochronne podczas stosowania środków ochrony roślin. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 4, 69-79.
- Knewitz, H.; Weisser, P.; Koch H. (2002). Drift-reducing spray application in orchards and biological efficacy of pesticides. *Aspects Appl. Biol., Intl. Adv. Pest. Appl.*, 66, 231-236.
- Miller, P. C. H.; Smith R. W. (1997). *The effects of forward speed on the drift from boom sprayers*. Proceedings, Brighton Crop Protection Conference-Weeds, 399-406.

- Nuyttens, D.; M. De Schampheleire; W., Steurbaut; K., Baetens; P., Verboven; B., Nicolad; H., Ramon; B., Sonck. (2006). Experimental study of factors influencing the risk of drift from field sprayers: Part 1. Meteorological conditions. *Aspects Appl. Biol., Intl. Adv. Pest. Appl.*, 77(2), 331- 339.
- Nuyttens, D.; De Schampheleire, M.; Baetens, K.; Sonck, B. (2007). The influence of operator – controlled variables on spray drift from field crop sprayers. *Transactions of the ASABE*, Vol. 50(4), 1129-1140.
- Ozkan, H. E. (2001). *Reducing spray drift. Ohio Cooperative Extension Service Publication* 816, Columbus, Ohio State University, 17.
- Salyani, M.; Cromwell, R. P. (1992). Spray drift from ground and aerial applications. *Transactions of the ASAE*, 31(2), 361–366.
- Strona internetowa Julius Kühn-Institut. (2013). Pozyskano z: www.jki.bund.de/en/startseite/institute/anwendungstechnik/abdrift-eckwerte.html
- Zhu, H.; Reichard, D. L.; Fox, R. D.; Brazee, R. D; Ozkan, H. E. (1994). Simulation of drift of discrete sizes of water droplets from field sprayers. *Transactions of the ASAE*, Vol. 37(5), 1401-1407.

INFLUENCE OF THE HEIGHT OF A FIELD TOOLBAR AND UTILITY LIQUID PRESSURE ON SEDIMENTATION DRIFT

Abstract. The objective of the presented research was to determine the effect of a spray boom height and utility liquid pressure on downwind spray drift deposited on the ground. In the field experiment a field crop sprayer was used with 12 m spray boom and LU 120-03 flat-fan nozzles. During the tests the spray was applied on the 60 m long area and as wide as the sprayer. For each combination of the spray boom height (0.35; 0.5; 0.75 m) and operational pressure (0.15; 0.3; 0.5 MPa) 5 applications (replications) were carried out with BSF fluorescent dye, at driving velocity 6.0 km·h⁻¹. The results confirmed a significant influence of the spray boom height, liquid pressure and wind speed on spray drift. The treatments with low spray boom at 0.35 m and at low pressure 0.15 MPa resulted in drift reduction by 50% to 3 m downwind of the sprayed crop, compared to the reference application parameters: spray boom height 0.5 m and liquid pressure 0.3 MPa. The excessive height of the toolbar 0.75 m and medium pressure 0.3 MPa, applied at wind speed 2.4 m·s⁻¹ increased spray drift by 75%. The highest drift was observed for the spray boom height 0.75 m and liquid pressure 0.5 MPa

Key words: spray drift, field toolbar, nozzles, liquid pressure, wind speed

Adres do korespondencji:

Waldemar Świechowski; e-mail: waldemar.swiechowski@inhort.pl
Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3
96-100 Skierniewice