

DRIFT POTENTIAL OF SELECTED FLAT FAN NOZZLES MEASURED IN WIND TUNNEL

Summary

A wind tunnel study was conducted to measure the spray drift potential for flat fan nozzles of the MMAT: conventional and pre-orifice types. The measured spray flux values allowed the determination of spray characteristics for nozzles used in Poland.

Key words: flat-stream-oriented sprayers; technical characteristics; laying of spraying liquid; reduction; wind tunnel; experimentation; methods

POTENCJAŁ ZNOSZENIA CIECZY WYBRANYCH ROZPYLACZY PŁASKOSTRUMIENIOWYCH MIERZONY W TUNELU AERODYNAMICZNYM

Streszczenie

W tunelu aerodynamicznym określono potencjał znoszenia cieczy opryskowej dla rozpylaczy płaskostrumieniowych MMAT: standardowych i z kryzą wstępną. Metoda spray flux pozwoliła określić charakterystyki pracy rozpylaczy używanych w Polsce.

Słowa kluczowe: rozpylacze płaskostrumieniowe; charakterystyka techniczna; znoszenie cieczy opryskowej; redukcja; tunel aerodynamiczny; badania; metody

1. Wprowadzenie

Dyrektywa UE wymusza na krajach członkowskich działania zmierzające do redukcji zużycia pestycydów oraz do zwiększenia bezpieczeństwa środowiska i żywności. Wiele w tym kierunku można osiągnąć, dzięki bardziej fachowemu i efektywnemu wykorzystaniu dostępnych środków technicznych. Potrzebne są jednak w Polsce zaawansowane badania charakterystyk aparatury do stosowania środków ochrony roślin (ś.o.r.). O skuteczności i bezpieczeństwie aplikacji pestycydów zasadniczo decydują rozpylacze. Dostępne są ich coraz nowsze i liczniejsze odmiany, a brakuje kompletnych i rzetelnych informacji o ich przydatności oraz innych właściwościach, w tym o potencjale znoszenia cieczy opryskowej. W ogólnych zaleceniach Przewodnika Dobrej Praktyki Ochrony Roślin [25], wskazane są zaledwie zarysy problemów i postępowania. W powyższym tkwi duży potencjał możliwości podniesienia efektywności działania ś.o.r. jak i bezpieczeństwa ich aplikacji [13, 22, 24]. Stwierdzono wiele czynników, które w różny sposób pozwalają zredukować potencjał znoszenia. Część z nich leży w technice: rodzaj rozpylacza, ciśnienie robocze, wysokość i stabilność belki polowej, prędkość jazdy, stopień zużycia rozpylaczy [5, 8, 20, 22, 24, 30]. Niedopatrzaniem można uznać proponowanie wykonywania oprysku w warunkach bezwietrznych [25]. Nie jest tak dobrze, jak niesłusznie się generalizuje, że rozpylacze napowietrzające kropelki cieczy (eżektorowe), pozwalają na bardziej bezpieczny oprysk przy silniejszym wietrze (2-3 m/s) niż standardowe, wywołując taki sam efekt biologiczny. Częściowo wynika to z niższej, w większości przypadków, prędkości kropelek [3, 24], niż u innych typów rozpylaczy, czego wpływ także powinien być uwzględniany przy określaniu charakterystyk rozpylaczy i opracowywaniu instrukcji ich użytkowania. Udowodniono m.in., że standardowymi rozpylaczami płaskostrumieniowymi o podobnej do eżektorowych powierzchni przekroju otworu wylotowe-

go, można uzyskać redukcję znoszenia podobną do tej, jaką umożliwiają rozpylacze eżektorowe, oraz że standardowy rozpylacz również wywołuje napowietrzanie kropelek cieczy [11].

Są też inne czynniki wpływające na potencjał znoszenia cieczy: dobór formułacji, adiuwanty [2, 15] i inne czynniki zmieniające właściwości cieczy opryskowych [17, 20, 21, 25]: twardość wody [26], temperatury cieczy [29] i otoczenia [22, 23], wilgotność względna powietrza [20, 21], prędkość wiatru, stabilność warunków atmosferycznych i stan roślin [21]. W innych krajach od lat istnieją systemy oceny [14, 19] oraz aktualizowane listy charakteryzujące rozpylacze [19]. Sposób postępowania przy doborze parametrów pracy opryskiwacza, zależy jednak od warunków środowiskowych [25], na które operator nie ma wpływu, poza możliwością wyczekania na korzystniejsze. Dlatego charakterystyki pracy rozpylaczy i opryskiwaczy należy określać dla różnych warunków i cieczy, co od lat sygnalizują autorytety [3, 13, 20, 22, 29, 30]. Po określeniu pełnych charakterystyk możliwe będzie opracowanie zaleceń i instrukcji właściwego postępowania operatora w zmiennych, w tym, w skrajnych warunkach. Nieuzasadnionym uproszczeniem, sugerowanym w sytuacji przyrostu siły wiatru w czasie opryskiwania, jest propozycja zmiany czynnego rozpylacza: ze standardowego na eżektorowy o tym samym wydatku [16], co przy zachowaniu stałego stężenia cieczy roboczej i ciśnienia budzi poważne wątpliwości.

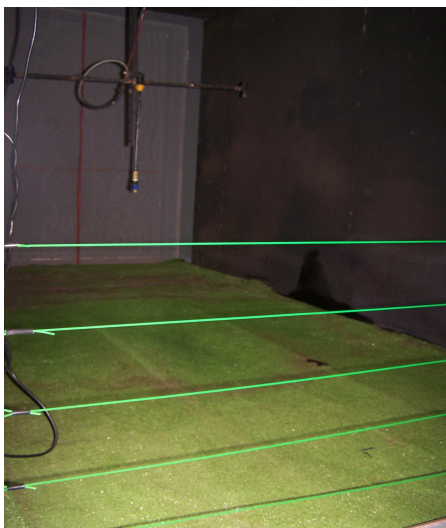
Niewiedza wynikająca z braku choćby jednej z wielu ważnych i potrzebnych informacji o rozpylaczach, stanowi problem dla operatora, wiąże się z ryzykiem dla środowiska (wód powierzchniowych), płodów rolnych [6] i konsumenta [10]. Szczegółowe informacje są niezbędne operatorom, doradcom, instruktorom, nauczycielom i szkolącym. Z uwagi na to, że w Polsce brak wyników z tego zakresu, w Instytucie Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, podjęto się oceny charakterystyk pracy rozpylaczy dostępnych na polskim rynku. Jakość rozpylenia

decyduje zarówno o skuteczności biologicznej jak również o poziomie ryzyka dla środowiska (strat) - głównie znoszenie i osiadanie [7], stąd latem 2010 r., od rozpylaczy serii RS i AZ, produkcji Marian Mikołajczak Agro Technology (MMAT) z Leszna, rozpoczęto działania w celu określania potencjału znoszenia cieczy.

2. Materiały i metodyka badań

Badania przeprowadzono w Centrum Bezpieczeństwa Aplikacji Pesticydów (CPAS – *The Centre of Pesticides Application and Safety*), Uniwersytet Queensland, kampus Gatton w Australii. Pod nadzorem i z pomocą doświadczanego naukowca, w tunelu aerodynamicznym (rys. 1) (przekrój 175×175 cm) scharakteryzowano rozpylacze płaskostrumieniowe MMAT, o parametrach spełniających standardy międzynarodowe [1, 4, 5, 17]:

- standardowe: RS 11002, RS 11003, RS 11004,
- antyznoszeniowe z kryzą wstępną: AZ 11002, AZ 11003, i AZ 11004.



Rys. 1. Widok wnętrza tunelu
Fig. 1. View of the tunnel interior

Zastosowano dwa zakresy ciśnień roboczych: ~150 i ~450 kPa. Czas emisji cieczy (oprysku) zgodnie z normą ISO 22856 wynosił 10 s [18]. Z uwagi na tak krótki czas oprysku testowego i specyfikę systemu dozowania cieczy, rejestrowano chwilowe ciśnienia każdego z powtórzeń. Po badaniu znoszenia określano indywidualny rzeczywisty wydatek (z użyciem wody), przy adekwatnym ciśnieniu dla każdego wykonanego powtórzenia podczas badania znoszenia, w celu właściwej dokładności obliczeń.

Ciecz robocza: woda wodociągowa z dodatkiem barwnika Pyranin [12], dynamiczne napięcie powierzchniowe cieczy; DST ~63 mN/m, temperatura ok. 18°C [18, 23].

Parametry powietrza w tunelu, w trakcie badań: temperatura 17-19°C [17], względna wilgotność 69-71%, prędkość 3 m/s, jak dopuszczają polskie uregulowania [25, 27].

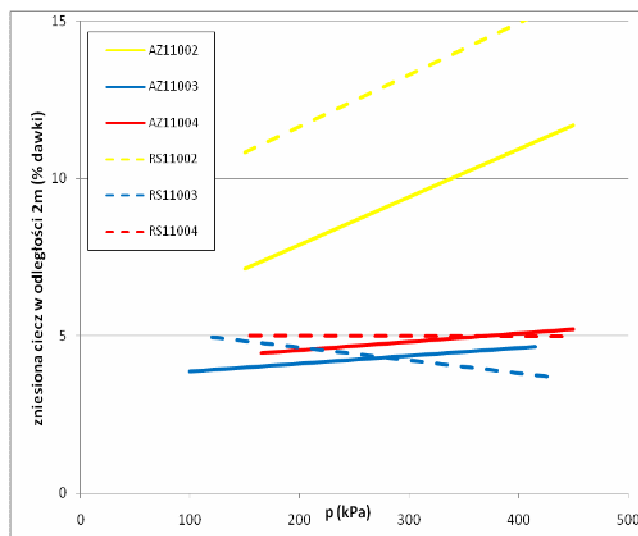
Pomiar potencjału znoszenia badanych rozpylaczy przeprowadzono wg międzynarodowej metodyki ISO 22856 *spray flux* [18]. W odległości 2 m od rozpylacza, mierząc zgodnie z kierunkiem ruchu powietrza, z odstępem w pionie co 10 cm (rys. 1), mocowanych było poziomo 5 samplerów (ø2 mm), na szerokości całego tunelu (175 cm), poczynając od wysokości 10 cm. Kolejne samplery

montowane były również poziomo, co kolejny metr, do odległości 8 m włącznie, licząc od rozpylacza. Wysokość ich mocowania wynosiła 10 cm nad podłogą tunelu, również na całej jego szerokości (175 cm). Po przeprowadzeniu testów, samplery płukano w 60 ml wody dejonizowanej. Do określenia koncentracji barwnika na samplerach użyto fluorymetru Sequoia Turner 450. Długość fal wzbudzenia wynosiła ~405 nm, a długość fal emitowanych ~505 nm.

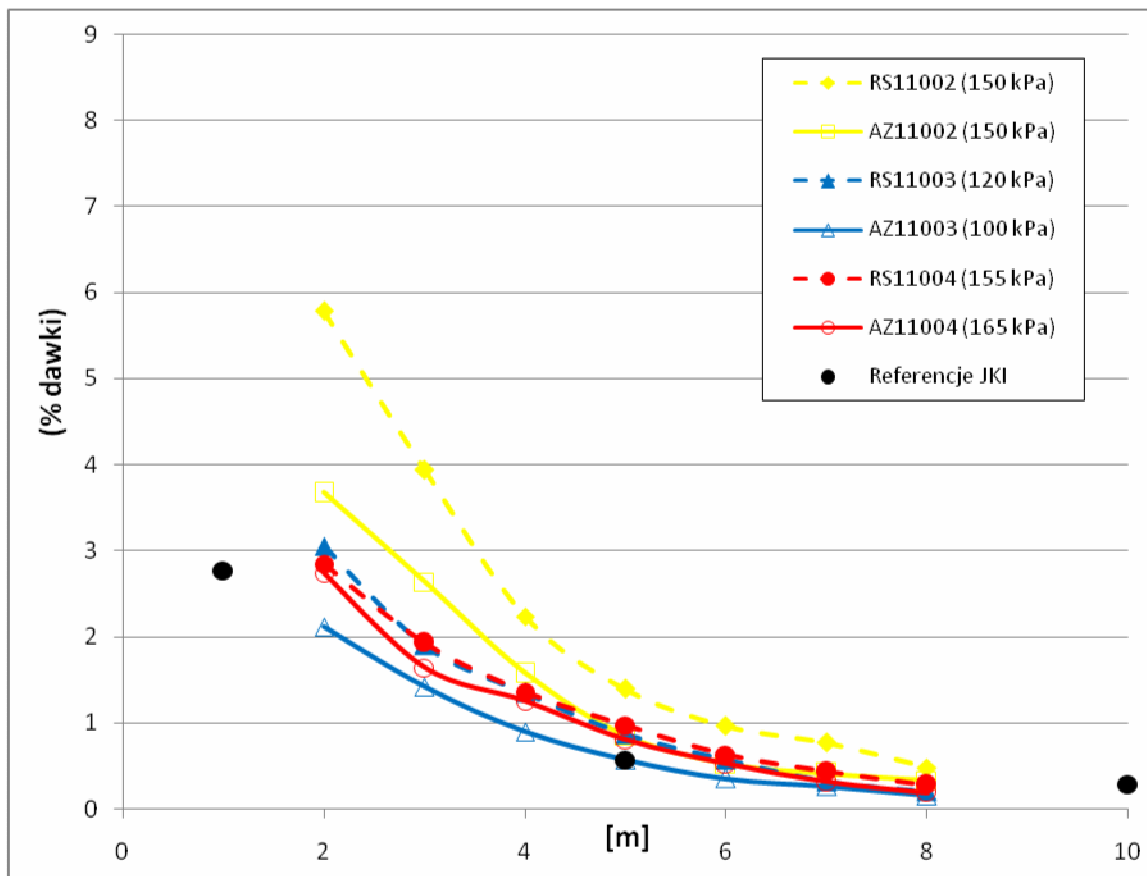
3. Wyniki i dyskusja

Wyniki analiz kolorymetrycznych znoszenia cieczy w poszczególnych punktach pomiarowych obrazują rys. 2, 3, 4, 5 i 6. Przy niższym ciśnieniu doświadczenia, jak można było oczekiwać, najwyższy potencjał znoszenia wykazał rozpylacz RS 11002, a następnie AZ 11002. Niewiele niższe wartości uzyskano kolejno dla rozpylaczy RS 11003, RS 11004 i AZ 11004. Najniższy potencjał znoszenia wykazał AZ 11003 i wypadło ono poniżej wartości referencyjnych Instytutu Juliusza Kühn'a (JKI – Julius Kühn-Institut) w Braunschweig'u www.jki.bund.de/no_cache/de/startseite/institute/anwendungstechnik/abdrift-eckwerte.html. Jest to m.in. skutek stosunkowo niskiego ciśnienia testu (100 kPa). Uzyskane przy nim wyniki, uprawniają do określenia rozpylacza AZ 11003 jako „o zredukowanym znoszeniu”. Redukcja znoszenia poniżej wartości referencyjnych jest jednak tak znikoma, że nie można zakwalifikować go do żadnej klasy redukcji znoszenia, ale i tak jest to duże i korzystne osiągnięcie. Wykonane uzupełniające badania nierównomierności poprzecznego rozkładu cieczy według jedynego polskiego wymagania [27], wykazały dla tego rozpylacza przy ciśnieniu 100 kPa wynik $CV \approx 10,21\%$, co warunkowo dopuszcza ich stosowania w praktyce.

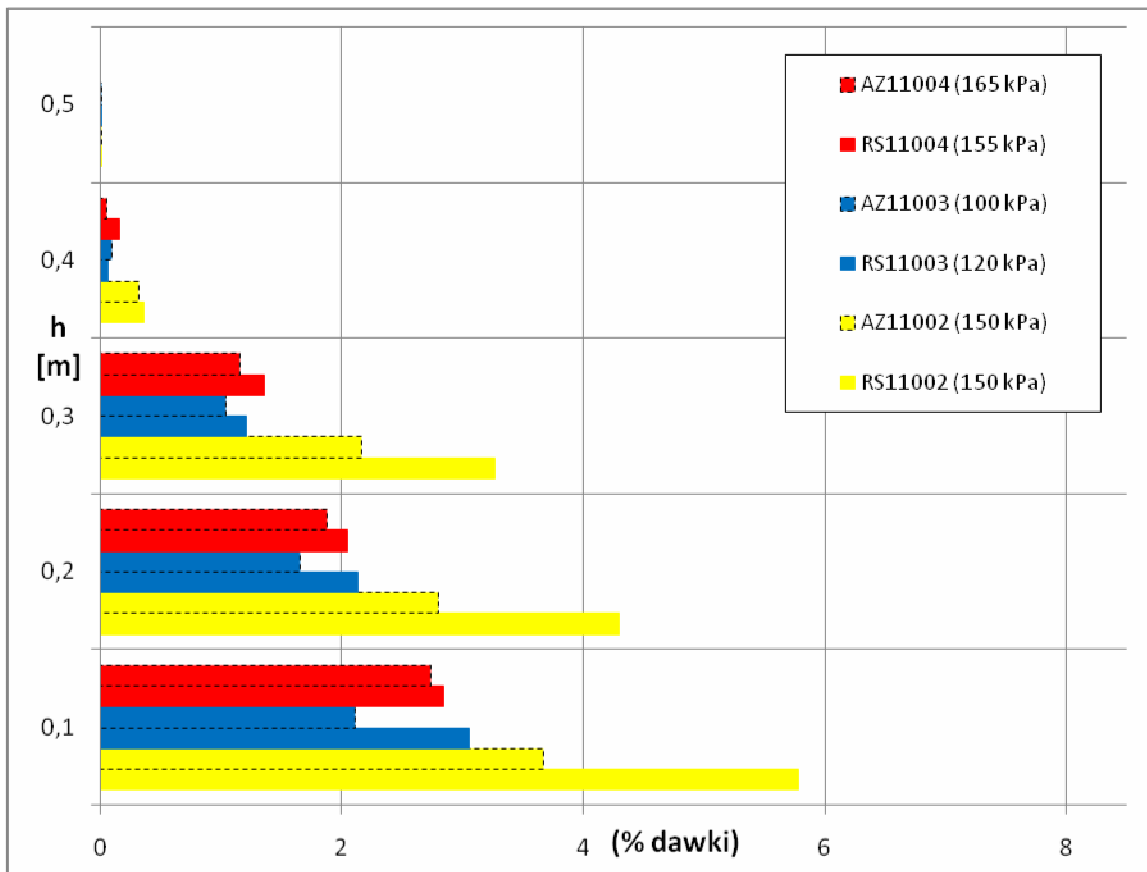
Krzywe uzyskane dla pozostałych rozpylaczy, znajdują się zasadniczo powyżej wartości referencyjnych redukcji znoszenia (JKI), jednak w zakresie odległości 8 m od rozpylacza, tylko RS 11002 i AZ 11002 wykazały wartości wyższe niż referencyjne dla 10 m, pozostałe wykazały wartości niższe. Przy odległości 7 m, tylko rozpylacz AZ 11003 wykazał wartość niższą od referencyjnej dla 10 m.



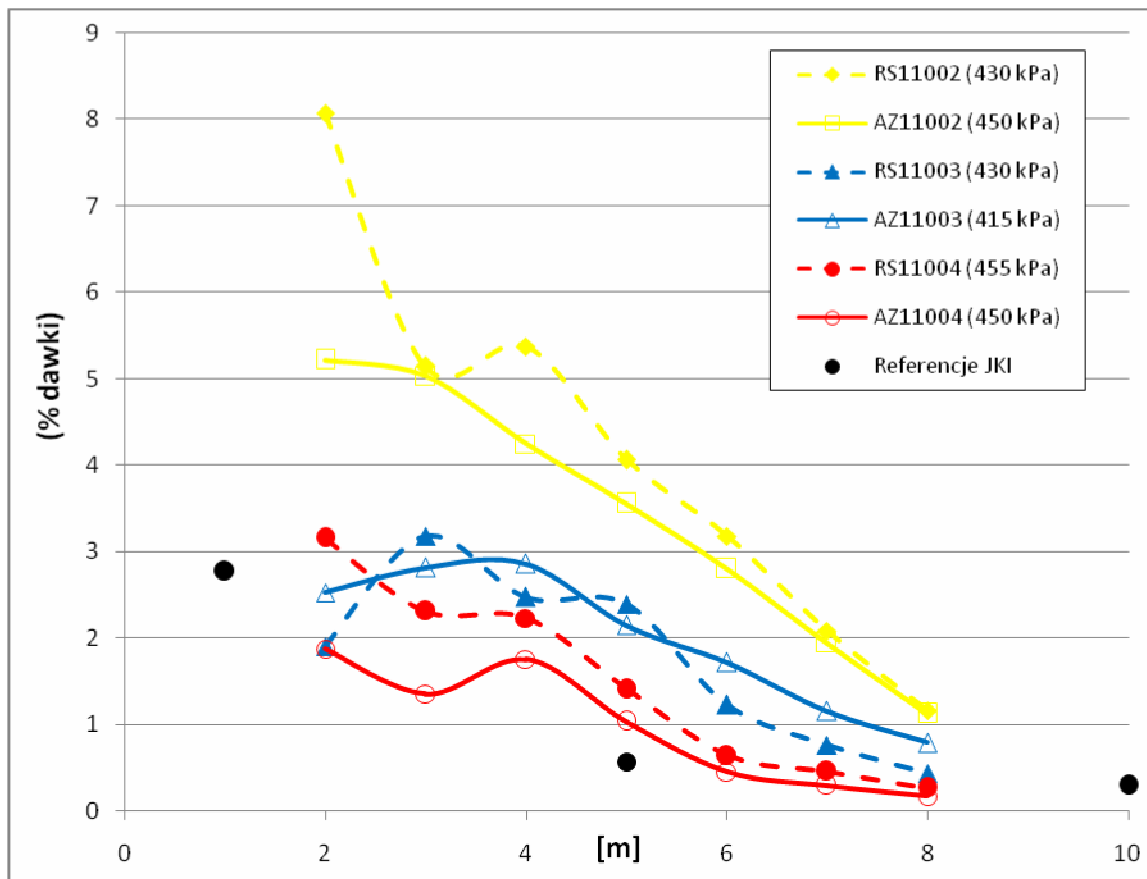
Rys. 2. Wykres zniesionej cieczy dla badanych rozpylaczy
Fig. 2. Graph of the drifted liquid for tested nozzles



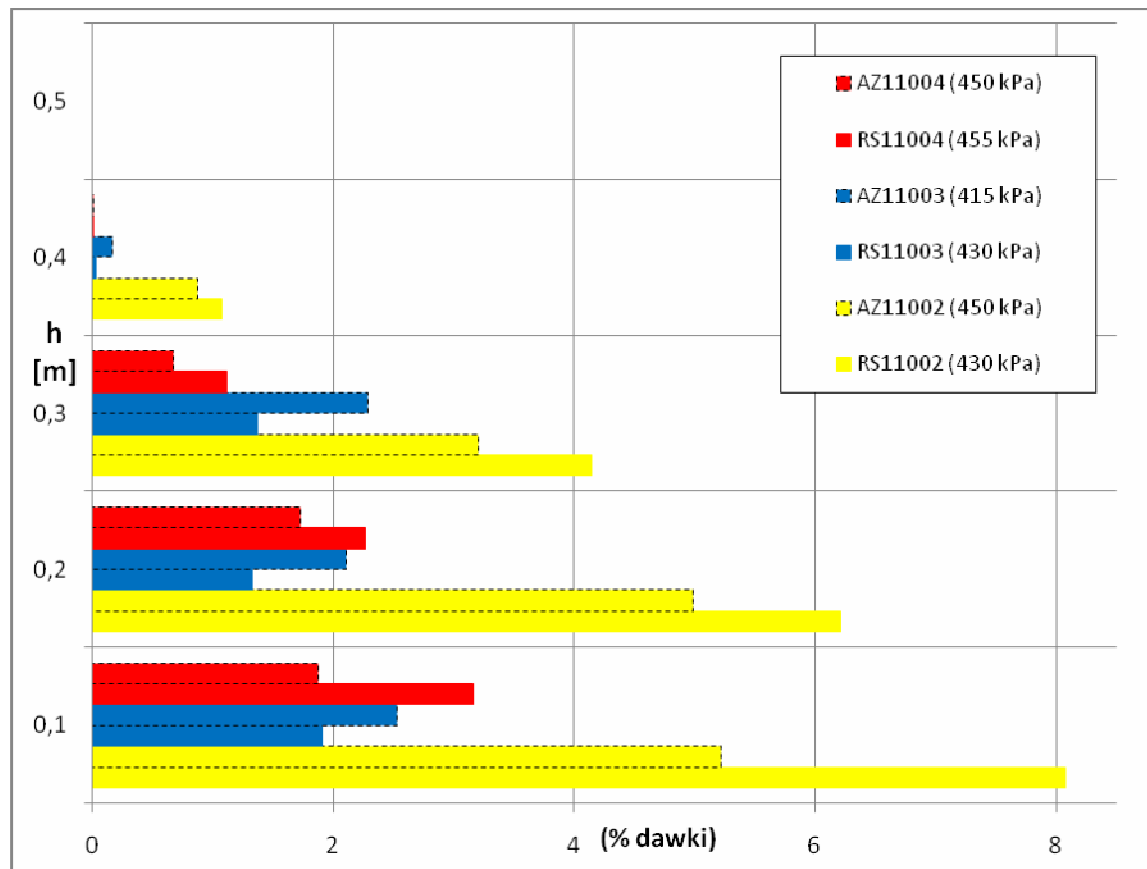
Rys. 3. Poziomy potencjał znoszenia badanych rozpylaczy wg metodyki *spray flux* [18]
 Fig. 3. Horizontal potential of the drift of tested nozzles according to *spray flux* methodology [18]



Rys. 4. Pionowy potencjał znoszenia badanych rozpylaczy według metodyki *spray flux* [19]
 Fig. 4. Vertical potential of the drift of tested nozzles according to *spray flux* methodology [19]



Rys. 5. Poziomy potencjał znoszenia badanych rozpylaczy wg metodyki *spray flux* [18]
 Fig. 5. Horizontal potential of the drift of tested nozzles according to *spray flux* methodology [18]



Rys. 6. Pionowy potencjał znoszenia badanych rozpylaczy wg metodyki *spray flux* [19]
 Fig. 6. Vertical potential of the drift of tested nozzles according to *spray flux* methodology [19]

Przy wyższych ciśnieniach (~450 kPa), żaden testowany rozpylacz nie wykazał charakterystyki uprawniającej do określenia „o zredukowanym znoszeniu”. Jedynie rozpylacze o wydatkach 04 (wg kodu *visi flow* [17]), w odległości 8 m, wykazały wartości niższe, niż wartość referencyjna (JKI) dla odległości 10 m. Rozpylacz AZ 11004 dla odległości 7 m wykazał się wartością równą referencyjnej (JKI) dla odległości 10 m (0,29%_{q_r}). Przebiegi krzywych z testu przy wyższych ciśnieniach (~450 kPa) mają niestabilny charakter, co potwierdza zjawisko, że turbulencje powodują niekontrolowany proces migracji kropelek z ruchem powietrza, szczególnie drobnych (frakcja <100 μm), których wraz ze wzrostem ciśnienia znacznie (od kilku do kilkunastu % objętości) przybyło [4]. Z powyższego wynika, jak ważne i przydatne są pełne charakterystyki dostępnych na rynku rozpylaczy. Chodzi o jakość rozpylenia [1, 3, 4] (wskaźniki D_{v10}, D_{v50}, D_{v90}, %V_{<100}, %V_{<250}, %V_{>500}), rozkład poprzeczny (CV) [4, 27] i klasy (drobne, średnie, grube) [4, 15, 20, 25]. Klasy jakości rozpylenia są niezbędne operatorowi do właściwego wykonania zabiegu (zgodnie z instrukcją na etykiecie ś.o.r.) [25], a w Polsce tylko nieliczne dostępne rozpylacze mają określone takie parametry. Wiele rozpylaczy dostępnych w Europie nie spełnia podstawowych wymagań [9]. Polskie wymagania, poza CV praktycznie nie istnieją. Ponadto znając charakterystyki rozpylaczy w pełnym zakresie ich użytkowania, można opracować zalecenia dla dobrej i bezpiecznej aplikacji w różnych warunkach ochrony roślin (szczegółowe scenariusze postępowania – przy zmieniających się w trakcie opryskiwania warunkach środowiskowych). Tylko krople, które są wytwarzane podlegają korzystnym i niekorzystnym (w tym groźnym) zjawiskom. Krople, których nie wytwarza dany rozpylacz, albo wytwarza mniej niż inny (niekorzystnych: znoszonych, odparowujących i osiadających), nie wyrządzą szkód i strat, a o takie informacje w szczegółowych badaniach głównie chodzi.

4. Wnioski

Ciśnienie robocze jest czynnikiem znacząco decydującym o potencjale znoszenia danego rozpylacza, wpływającym równocześnie na jakość rozpylenia [4] i jest cechą indywidualną.

Rozpylacz AZ 11003 przy ciśnieniu 100 kPa, wg testu CV, zgodnie z polskimi wymaganiami [27], jako jedyny w serii badanych, charakteryzował się potencjałem znoszenia poniżej wartości referencyjnych w całym zakresie oceny (2-8 m od rozpylacza).

Dyskusja wyników potwierdza istotę, ważność i przydatność charakterystyk rozpylenia dla poszczególnych rozpylaczy, w celu podniesienia bezpieczeństwa aplikacji pestycydów i możliwości redukcji ich dawek. Badania rozpylaczy w różnych warunkach i dla cieczy o różnych właściwościach (także mieszanin), powinny być kontynuowane. Bardziej zbliżone tendencje spośród wartości charakteryzujących jakość rozpylenia [4] do uzyskanych krzywych znoszenia na poziomie gruntu (2-8 m) zauważyć można dla frakcji %V_{<100}, jak dla VMD (D_{v50}), a zweryfikowanie tego wymaga dalszych badań.

Materiały informacyjne o przydatności rozpylaczy, których w Polsce brak, powinny być redagowane w oparciu o wyniki badań z niezależnych ośrodków naukowo-badawczych.

5. Bibliografia

- [1] ASABE S572.1.: Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. 2009.
- [2] Butler Ellis M.C., C.R. Tuck: How adjuvants influence spray formulation with different hydraulic nozzles, *Crop Protection* 18, s. 101-109. 1999.
- [3] Butler Ellis M.C., P.C.H. Miller, J.H. Orson: Minimising drift while maintaining efficiency – the role of air-induction nozzles. *Aspects of Applied Biology* 84, s. 59-66. 2008.
- [4] Czaczyk Zb.: Spray classification for selected flat fan nozzles. *Journal of Plant Protection Research* 52 (1), s. 180-183. 2012.
- [5] Czaczyk Zb.: Nierównomierność rozkładu poprzecznego cieczy i podatność wybranych rozpylaczy na zużycie. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 5, s. 16-18. 2011.
- [6] Czaczyk Zb., B. Gnusowski: Comparison of fungicide residues in apple flesh depending on spraying categories. *Annals of the University of Craiova, ISSN 1841-8317. Vol. XXXVII/A-2007. s. 554-557. 2007.*
- [7] Czaczyk Zb., S. Kleisinger: Drift potential of boom-mounted antidrift nozzles measured in a wind tunnel. 10th IUPAC International Congress on the Chemistry of Crop Protection, Basel, August 4 – 9th. Book of abstracts Vol. 1. s. 415 & poster No. 4d.07. 2002.
- [8] Czaczyk Zb., H. Kramer, S. Kleisinger: Influence of wear on spray quality of flat fan nozzles. *Parasitica* 57, s. 69-73. 2001.
- [9] Czaczyk Zb., H. Kramer, S. Kleisinger: Evaluation of the working quality of TIM flat fan nozzles with reference to European spraying standards. 8th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, Kuşadası, Turcja, Proceedings, ISBN 975-483-560-8, October 15-17, s. 321-324. 2002.
- [10] Czaczyk Zb., S. Walorczyk, B. Gnusowski: Wstępna ocena poziomu pozostałości pestycydów w winach na krajowym rynku. V Międzynarodowa Konferencja Winiarska, Kalsk, 25 marca, Materiały konferencyjne, ISBN 978-83-60792-26-1, s. 89-92. 2011.
- [11] Guller H., H. Zhu, H.E. Ozkan, R.C. Derksen, Y. Yu, C.R. Krause: Spray characteristics and drift reduction potential with air induction and conventional flat-fan nozzles. *Transactions of the ASABE* 50 (3), 745-754. 2007.
- [12] Herbst A.: Evaluation of a new tracer dye for measurement of spray deposits and drift. *Aspects of Applied Biology* 77 (1), s. 155-162. 2006.
- [13] Hewitt A.J.: The importance of droplet size in agricultural spraying. *Atomization and Sprays* 7 (3), s. 235-244. 1997.
- [14] Hewitt A.J.: Developments in international harmonization of pesticide drift management, *Phytoparasitica* 29 (2), s. 93-96. 2001.
- [15] Hilz E., A. W. P. Vermeer, F. A. M. Leermakers, M. A. Cohen Stuart: Spray drift: How emulsions influence the performance of agricultural sprays produced through a conventional flat fan nozzle. *Aspects of Applied Biology* 114, s. 71-78. 2012.
- [16] Hołownicki R.: System automatycznej zmiany typu rozpylacza w zależności od prędkości wiatru dla opryskiwaczy polowych i sadowniczych. IV Konferencja: Racjonalna Technika Ochrony Roślin, Materiały Konferencyjne, s. 165-175. 2003.
- [17] ISO 10625: Equipment for crop protection. Sprayer nozzles. Colour coding for identification. International Standardization Organization. 12 s. 2005.
- [18] ISO 22856: Equipment for crop protection - Methods for the laboratory measurement of spray drift - Wind tunnels - First Edition. International Standardization Organization. 2008.
- [19] JKI: The list of certified nozzles at Julius Kühn Institute in Braunschweig: http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam_uploads/_AT/ger%20C3%A4telisten/anerkannte_Duesen/Tabelle%20der%20JKI%20anerkannten%20Pflanzenschutzduesen.pdf, dostęp 31.03. 2012.

- [20] Klein R., J. Golus, A. Cox: Spray droplets size and how it is affected by pesticide formulation, concentrations, carriers, nozzle tips, pressure and additives. *Aspects of Applied Biology* 84, s. 231-237. 2008.
- [21] Lund I.: Nozzles for drift reduction. *Aspects of Applied Biology* 57, s. 97-102. 2000.
- [22] Mathews G.A.: *Pesticide Applications Methods*. 3rd edn. Blackwell Science, Oxford, England. 432 s. 2000.
- [23] Miller P.C.H., C.R. Tuck: Factors influencing the performance of spray delivery systems: A Review of recent developments. *Journal of ASTM*, June, Vol.: 2, No. 6, Paper ID JAI12900, 13 s. 2005.
- [24] Nuyttens D., M. De Schamphelre, K. Baetens, B. Sonck: The influence of operator-controlled variables on spray drift from field crop sprayers. *Transaction of the ASABE* 50 (4), s. 1129-1140. 2007.
- [25] Pruszyński S., S. Wolny: *Przewodnik dobrej praktyki ochrony roślin*. Wydawnictwo IOR-PIB, 90 s. 2009.
- [26] Ratajkiewicz H., R. Kierzek: Effect of water hardness on droplet spectrum of spray solution including selected fungicides. *Annual Review of Agricultural Engineering*, ISSN 1429-303X, Vol. 4/1, s. 333-340. 2005.
- [27] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 4 października 2001 r. (Dz. U. Nr 121, poz. 1303) i z dnia 15 listopada 2001 r. (Dz. U. Nr 137, poz. 1544). 2001.
- [28] Southcombe E.S.E., P.C.H. Miller, H. Ganzelmeier, J.C. van de Zande, A. Miralles, A.J. Hewitt: The international (BCPC) spray classification system including a drift potential factor. *Proceedings of the BCPC Crop Protection Conference-Weeds*, s. 371-380. 1997.
- [29] Spillman J.J.: Spray impaction, retention and adhesion: an introduction to basic characteristics. *Pestic. Sci.* 15, s. 97-106. 1984.
- [30] Teske M.E., A.J. Hewitt, D.L. Valcore: Drift and nozzle classification issues with ASAE standards S572 Aug99 Boundaries. Paper Number: AA03-001, written for presentation at the 2003 ASAE/NAAA Technical Session sponsored by ASAE Technical Committee PM23/6/2, 37th Annual National Agricultural Aviation Association Convention Silver Legacy Hotel and Casino, Reno, NV, December 8., 9 s. 2003.

Podziękowania

Dr. Andrew Hewitt'owi, Kierownikowi CPAS, za motywację, udostępnienie laboratorium i wsparcie finansowe, Dr. Gary Dorr'owi, za konsultacje merytoryczne i pomoc w wykonaniu badań oraz żonie Milenie, za wyrozumiałość i wsparcie w realizacji pasji zawodowej.