

# CHARAKTERYSTYKA ROZPYLACZY REFERENCYJNYCH DO POTRZEB NORMY PN-EN 12761-2

Streszczenie

Przedstawiono wymagania stawiane rozpylaczom do zastosowań polowych w zakresie kontroli ryzyka znoszenia cieczy użytkowej wg normy PN-EN 12761-2, skomentowano obowiązujące przepisy, zasygnalizowano potrzeby i możliwości udoskonalenia charakterystyk rozpylaczy niezbędnych do prawidłowego użytkowania opryskiwaczy polowych.

**Słowa kluczowe:** kontrola ryzyka znoszenia cieczy, rozpylacz do upraw polowych, opryskiwacz polowy, PN-EN 12761-2

## Wprowadzenie

Kontrola znoszenia cieczy użytkowej, jak i redukcja jej strat są nieodzownym elementem integrowanych technologii produkcji roślinnej [7, 12, 29]. Dotychczas jedyna regulacja w zakresie kontroli potencjału znoszenia, w wyniku przedłużających się prac nad normą ISO-CEN, znajduje się w punkcie 4.3.2 normy PN-EN 12761-2 [23]. Zapis jest stosunkowo ogólny (nie uwzględnia np. dopuszczalnej tolerancji wydatku cieczy) i z zastrzeżeniem tymczasowości do uprawomocnienia się nowych regulacji. Dotychczas jedyną regulacją klasyfikującą jakość rozpylenia jest amerykańska norma ANSI/ASAE S572.1 [1, 3, 6]. Tworzenie regulacji w tym zakresie napotyka na trudności, które wynikają głównie ze stopnia złożoności materii, którą mają użytecznie dla praktyki uregulować, gdyż dotychczasowe regulacje uniemożliwiają właściwą interpretację wyników [13, 22] i pozyskiwanie informacji niezbędnych operatorom [2]. Opracowania i zalecenia dla operatorów opryskiwaczy, bez dostępu do kompletnych i wiarygodnych źródeł, sprowadzane są do ogólnikowych określeń: „stosuj właściwe/odpowiednie rozpylacze”. W wyniku m.in. braku wiarygodnych źródeł, pojawiają się opracowania firmowane przez państwowe instytucje [13, 18] o wątpliwej rzetelności, a także opinie instytucji (IOR - PIB) bez obiektywnego oparcia w literaturze [20]. Zagadnienia redukcji znoszenia cieczy i klasyfikacji rozpylaczy oraz opryskiwaczy [5, 8, 11, 12, 16, 17, 21, 22, 24, 26, 29, 31] już od wielu lat są przedmiotem badań, jednak brak jest transferu ich wyników do praktyki przez instytucje odpowiedzialne za bezpieczeństwo żywności i środowiska [2, 4]. Stwarza to ogromne ryzyko dla środowiska, gdyż jak donosi GUS [9], w Polsce użytkowanych jest ok. 496 tys. opryskiwaczy polowych, czyli posiada je co czwarte gospodarstwo prowadzące działalność rolniczą. Istnieje pilne zapotrzebowanie na wprowadzenie krajowych systemów parametryzacji i klasyfikacji głównie opryskiwaczy, pod względem potencjału ryzyka znoszenia oraz generowania strat, czyli także efektywności stosowania środków ochrony roślin (ś.o.r.). Dotkliwy brak reguł stwierdza się szczególnie w procedurze klasyfikacji jakości rozpylenia do potrzeb etykiet ś.o.r. [2].

Norma [23] określa, że wartość średnicy charakterystycznej  $D_{v,0.1}$  ( $\mu\text{m}$ ), dla rozpylaczy stosowanych w opryskiwaczach polowych, nie powinna być mniejsza niż wartość tej średnicy dla rozpylacza o kącie rozpylenia  $110^\circ$ , i wydatku  $720 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$  przy ciśnieniu 250 kPa (2,5 bar). Z uwagi na brak w Polsce norm, które stawiałyby odpowiednie wymagania najważniejszym częściom opryskiwaczy (maszyn do dystrybucji trucizn do środowiska), ich parametry pozostają poza urzędową kontrolą [6]. Nie jest to jedyne niedopatrzenie wymagań sta-

wianych opryskiwaczom i jedynym mankamentem Krajowego planu działania [19]. Jak wykazują również inne opracowania m.in. [32], rozpylacze wskazywane na referencyjne, nawet uznanych firm, wykazują zróżnicowane charakterystyki [3, 6]. W wyniku takiej sytuacji podjęto się próby rozpoznania jakości pracy rozpylaczy dostępnych na polskim rynku, pod względem przydatności do określania wymagań normy PN-EN 12761-2 [23].

## Materiały i metodyka

Do badań przyjęto po 10 sztuk rozpylaczy, pozyskanych z rynku części zamiennych, oznaczeniem odpowiadających zapisom normy [23]. Jako referencyjnego użyto udostępnionego przez firmę *Spraying Systems Co.*<sup>®</sup> certyfikowanego rozpylacza TeeJet 11002SS. Oceniano rozpylacze płaskostrumieniowe nieeźektorowe o oznaczeniu 02 [15], tj. o wydatku  $720 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$  i kątach rozpylenia  $110^\circ$  i  $120^\circ$ , sprawdzając ich symetrię. Dodatkowo w tej samej serii zbadano kilka typów rozpylaczy o tym samym wydatku 02 [15]: TT oraz o kątach strumieni  $80^\circ$  i  $90^\circ$ . Rozpylacze o węższym kącie rozpylenia (niż  $110^\circ$ ) charakteryzują się korzystniejszym rozpyleniem [3, 6, 12] z punktu widzenia ryzyka znoszenia i z powodzeniem mogą służyć do redukcji DRP (*Drift Reduction Potential*) (%). Zgodnie z wymaganiami normy [23] co do wydatku rozpylaczy:  $q_r = 720 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$  przy ciśnieniu 250 kPa, dla tego ciśnienia pomiary wydatków wykonano dla 10 sztuk każdego typu. Do badań użyto ciśnieniomierza o podwyższonej dokładności: klasa 06, z podziałką 0,01 MPa i zakresem do 1,6 MPa. Dla każdego badanego egzemplarza pomiar wydatku dokonywano trzykrotnie za pomocą legalizowanego cylindra miarowego i stopera, przez 60 s określając średnie  $q_r$  ( $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ ) [14]. Do dalszych badań wybrano po jednym egzemplarzu charakteryzującym się wydatkiem najbardziej zbliżonym do wartości średniej uzyskanej dla danego typu. Następnie rozpylacze przyjęte do analiz poddano badaniom jakości rozpylenia metodą dyfrakcji światła laserowego za pomocą urządzenia Sympatec<sup>®</sup> HELOS Vario, w Laboratorium Regionalnego Instytutu USDA (*Areawide Pest Management Research Unit*, College Station), w Teksasie (USA). Urządzenie analizuje zawartość cząstek w 31 klasach wielkości, w zakresie od 0,5 do 3500  $\mu\text{m}$ . Właściwe wykonanie pomiarów urządzeniami działającymi na zasadzie dyfrakcji światła laserowego, wymaga rozpylania badanej strugi cieczy w strumieniu powietrza o prędkości ok.  $7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  zgodnym z kierunkiem wytwarzania strumienia, co uzyskano na wylocie tunelu aerodynamicznego [3]. Rozpylacze rolnicze są charakteryzowane różnymi mikroparametrami, do których należą tzw.

średnice charakterystyczne, należy do nich także  $D_{v0,1}$  ( $\mu\text{m}$ ) zastosowana w normie PN-EN 12761-2 [23].  $D_{v0,1}$  jest teoretyczną wartością określającą średnicę, względem której 10% rozpylonej objętości cieczy stanowią krople od niej mniejsze.  $D_{v0,5}$  ( $\mu\text{m}$ ) określana także jako mediana objętościowa *Volume Median Diameter* (VMD) ( $\mu\text{m}$ ) wyraża wartość względem której połowę rozpylonej objętości cieczy stanowią krople od niej mniejsze a druga połowa to krople od niej większe. Natomiast  $D_{v0,9}$  ( $\mu\text{m}$ ) to wartość średnicy, od której 90% objętości stanowią krople od niej mniejsze. Ze średnic charakterystycznych wylicza się wskaźnik RS (*Relative Span*)  $RS = (D_{v0,9} - D_{v0,1}) \cdot D_{v0,5}^{-1}$  (niemianowany), określający jednorodność rozpylenia.

Bardzo ważnym w zakresie parametryzacji podatności na znoszenie jest wskaźnik  $V_{<100}$  (%<sub>obj.</sub>), oznaczany także  $V_{100}$ . Oznacza on odsetek z rozpylonej objętości, jaki stanowią krople o średnicy mniejszej niż  $\phi 100 \mu\text{m}$ . Ta frakcja jest uznawana za najbardziej podatną na znoszenie, stąd jej wartość służy do uproszczonej oceny potencjału redukcji znoszenia DRP i jest określana względem rozpylaczy referencyjnych np. [11, 21, 24, 26, 31, 32]. W interpretacji takich wskaźników dla potrzeb doradztwa w ochronie upraw polowych należy jednak pamiętać, że najefektywniejszą frakcją są krople w zakresie średnic od  $\phi 50$  do  $\phi 150 \mu\text{m}$ , jednak ich stosowanie jest dopuszczalne w optymalnych warunkach, czyli przy prędkości wiatru 0,5 do 2  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , wilgotności względnej  $>50\%$ , temperaturze otoczenia 10 do 20°C i różnicy temperatur otoczenia i cieczy użytkowej do 5°C [2, 17]. Warto zatem znać szczegółowe informacje o rozpylaczach i posiadać sprawny, wydajny sprzęt, w celu podniesienia efektywności aplikacji ś.o.r., dzięki możliwości wyczekania na korzystne warunki i wykonania ochrony w krótkim czasie. Niezbędne są jednak szczegółowe informacje o rozpylaczach, szczególnie zalecane do wykonania ochrony w niekorzystnych warunkach środowiskowych.

## Wyniki i ich omówienie

Wyniki wydatków cieczy użytkowej uzyskane przy ciśnieniu 250 kPa dla egzemplarzy reprezentujących poszczególne typy badanych rozpylaczy, zawiera tabela 1. Wartości najbliższe wymaganym [15] wykazały rozpylacze firm: *Spraying Systems Co.*: XR TeeJet 11002VS ( $\Delta q_r = 0,1\%$ ) i *CoorsTek*: Albus AXI ISO 11002 ( $\Delta q_r = 0,2\%$  od wymagań normy [23] 720  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Z tego wypływa sugestia przyjęcia ww. typów do oceny limitu frakcji podatnej na znoszenie wg normy PN-EN 12761-2 [23]. Należy jednak podkreślić konieczność włączania rozpylacza referencyjnego każdorazowo do badań określających ten krytyczny parametr ( $D_{v0,1}$ ), gdyż używanie wartości uzyskanych z innych badań jest niewłaściwe [2, 3, 18], prowadząc niekiedy do manipulacji i tym samym do naruszenia Ustawy [28].

Kolejny etap badań dotyczył wskaźników jakości rozpylenia. Uzyskane wyniki zawarto w tab. 2. Powyższe wyniki potwierdzają zbliżone parametry pracy dwóch typów rozpylaczy wskazanych wstępnie za przydatne do realizacji założeń rozpatrywanej normy, na podstawie wydatku  $q_r$  ( $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) parametru wymaganego tą normą [23]. Wyniki pozostałych rozpylaczy o wydatku 02 (wg ISO [15]), przedstawiają różnymi parametrami (tab. 2, rys. 1), zróżnicowanie jakości rozpylenia. Potwierdza to dobitnie, potrzebę wprowadzenia systemu parametryzacji rozpylaczy niezbędnej operatorom opryskiwaczy i doradcom [2], w ich trudnej i odpowiedzialnej pracy, w zmiennych warunkach środowiskowych, szczególnie w niesprzyjających [8, 12].

Tab. 1. Zestawienie charakterystyk wydatków testowanych rozpylaczy (wydatek, odchylenie wyniku od normy w  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$  i %), reprezentujących poszczególne typy

Table 1. The specification of the output characteristics of tested spray nozzles (flow rate, the deviation in  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$  and %), representing each type

Typ/Type	$q_r$ ( $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$\Delta q_r$ ( $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$\Delta q_r$ (%)
TeeJet 11002SS [23]	726,5	6,5	0,9
LU 12002 Lechler	712,4	-7,6	-1,1
Lechler 11002	739,6	19,6	2,7
TeeJet 11002VP	730,9	10,9	1,5
XR TeeJet 11002VP	692,9	-27,1	-3,8
XR TeeJet 11002VS	720,9	0,9	0,1
Albus AXI ISO 11002	721,7	1,7	0,2
RSMM 11002	752,0	32,0	4,4
UNITIP LP ISO 11002	738,1	18,1	2,5
F110/0-8/3 110SF02	732,8	12,8	1,8
Hardi ISO LD 02 110	699,9	-20,1	-2,8
AZMM 11002	708,8	-11,3	-0,9
Turbo TeeJet 11002	732,8	12,8	1,8
Turbo TwinJet 11002	709,2	-10,8	-1,5
Albus AXI ISO 8002	708,5	-11,5	-1,6
XR TeeJet 8002VS	730,8	10,8	1,5
AD 90-02C Lechler	702,0	-18,0	-2,5

Tab. 2. Wartości średnic charakterystycznych i jakości rozrzutu wielkości (jednorodności) kropli (RS)

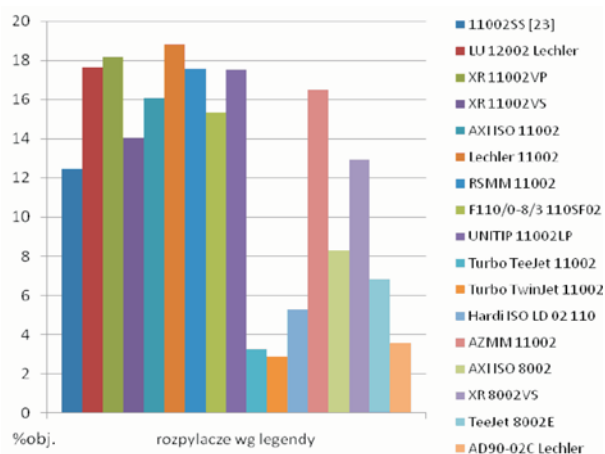
Table 2. Values of characteristic diameters and relative span (RS)

Typ/Type	$D_{v0,1}$ ( $\mu\text{m}$ )	$D_{v0,5}$ (VMD) ( $\mu\text{m}$ )	$D_{v0,9}$ ( $\mu\text{m}$ )	RS
TeeJet 11002SS [23]	92,1	198,3	343,7	1,27
LU 12002 Lechler	79,4	177,6	311,1	1,31
XR TeeJet 11002VP	77,1	175,1	301,8	1,28
XR TeeJet 11002VS	86,3	193,9	330,7	1,26
Albus AXI ISO 11002	81,4	190,5	333,6	1,32
Lechler 11002	74,9	174,0	300,5	1,30
RSMM 11002	77,4	179,6	325,6	1,38
F110/0-8/3 110SF02	82,5	191,3	328,8	1,29
UNITIP LP ISO 11002	76,5	186,6	329,9	1,36
Hardi ISO LD 02 110	130,1	280,8	459,5	1,17
AZMM 11002	79,2	189,1	335,4	1,35
Turbo TeeJet 11002	149,3	305,0	466,2	1,04
Turbo TwinJet 11002	153,4	302,7	470,3	1,05
Albus AXI ISO 8002	100,1	211,5	347,2	1,17
XR TeeJet 8002VS	88,5	209,8	353,0	1,26
TeeJet 8002E	116,7	245,6	389,5	1,11
AD90-02C Lechler	157,7	320,3	465,2	0,96

Analizie poddano także kolejny parametr klasyfikujący jakość rozpylenia w zakresie frakcji podatnej na znoszenie i odparowanie  $V_{<100}$  (%<sub>obj.</sub>). Wyniki dla zestawu rozpylaczy przyjętych do badań ilustruje rys. 1. Liczne badania charakterystyk rozpylaczy prowadzone są dla różnych typów i rodzajów ich budowy, przy równym ciśnieniu (np. 300 kPa). W większości przypadków stosowanie przy takim ciśnieniu rozpylaczy standardowych, wynika z potrzeby ujęcia w metodyce, wariantu wynikającego z norm [1, 14, 15, 16, 23]. Często w takich okolicznościach, wyniki dla rozpylaczy innych niż standardowe są korzystniejsze. Należy zwrócić uwagę na to, że dla rozpylaczy standardowych (płaskostrumieniowych), ciśnienie 300 kPa (3 bar), jest górną granicą ich bezpiecznego użytkowania [3] (bez nadmiernego i zbędnego ryzyka znoszenia). Dla porównywanych z nimi przy tym ciśnieniu rozpylaczy eżektorowych,

ciśnienie 300 kPa jest ciśnieniem ze środka zakresu, lub skrajnym dolnym ciśnieniem roboczym. Zatem pamiętać należy, że porównywanie charakterystyk dla równego ciśnienia jest nieobiektywne i niewłaściwe [8]. Wyniki uzyskane dla rozpylaczy standardowych o węższym kącie  $<110^\circ$  (tab. 2, rys. 1), potwierdzają ich walory w redukcji znoszenia. Na rys. 1 wykazano znaczne różnice wartości parametru  $V_{<100}$  ( $\mu\text{m}$ ), co potwierdza potrzebę indywidualnej szczegółowej parametryzacji rozpylaczy. Znane są już rozwiązania udanego kojarzenia rozpylaczy (ich parametrów pracy) z preparatami i chronioną rośliną np. „potato nozzle” efekt współpracy firm *Syngenta* i *Hypro*.

Rozpylacze standardowe przy niskich ciśnieniach także osiągają znaczną redukcję frakcji podatnej na znoszenie [3, 5]. Zatem używanie wyników przy równym ciśnieniu, do krytycznej oceny jakości pracy rozpylaczy standardowych jest nieuprawnione i tendencyjne (na niekorzyść). Jak wykazali np. Guler i in. [8], porównywanie rozpylaczy różnej konstrukcji przy równym ciśnieniu w interpretacji dla użytkownika (operatora, doradcy, instruktora, diagnosty SKO) nie jest zasadne, gdyż jakość rozpylenia i podatność na znoszenie zależy od powierzchni przekroju otworu wylotowego, a nie od efektu zasysania powietrza. Również właściwości fizyczne cieczy użytkowej wpływają na jakość rozpylenia [11, 17], co potwierdzając badaniami, należy wykorzystać podczas doboru parametrów pracy opryskiwacza [2], ograniczając znoszenie i straty cieczy użytkowej.



Rys. 1. Wartości objętości frakcji cieczy ( $\%_{obj}$ ) rozpylonej na krople o średnicy mniejszej niż  $\phi 100 \mu\text{m}$  ( $V_{<100}$ )

Fig. 1. Values of volumetric fraction ( $\%_{vol}$ ) of droplets smaller than  $\phi 100 \mu\text{m}$  ( $V_{100}$ ). source: own study

## Podsumowanie

Wskazane jest w Polsce wdrożenie obowiązku podawania w materiałach informacyjnych (i instrukcjach obsługi opryskiwaczy) parametrów pracy rozpylaczy, wymaganych obowiązującą normą PN-EN 12761-2 [23], czyli określenia kiedy (typ rozpylacza i ciśnienie robocze) średnica  $D_{v0,1}$  ( $\mu\text{m}$ ) dla oferowanych rozpylaczy ma wartość równą lub większą (od określanej w jednej serii badań z rozpylaczem referencyjnym), proponowanych do użytkowania w opryskiwaczach polowych. Dotyczy to wszystkich rozpylaczy i powinno być respektowane szczególnie dla rozpylaczy o oznaczeniach  $\leq 02$  [15]. Interpretacja ww. normy, w zasadzie wyklucza z użytkowania w opryskiwaczach polowych, jakości rozpylenia z wartością średnicy  $D_{v0,1}$  ( $\mu\text{m}$ ) mniejszą od wymaganej, czego nie uwzględniają żadne krajowe zalecenia [18], ani inne polskie regulacje i opracowania [2].

- Wskazane jest doprowadzenie do doprecyzowania ustaleń m.in. normy PN-EN 12761-2 [23], o przypadki szczególne np. traktowanie rozpylaczy rotacyjnych [10].
- Przy braku tolerancji wydatku w normie PN-EN 12761-2 [23], rozpylacze XR TeeJet 11002VS i Albus AXI ISO 11002, jako typy użytkowane w praktyce rolniczej, można uznać za najbardziej wskazane do weryfikacji jakości pracy rozpylaczy proponowanych do opryskiwaczy polowych w myśl tej normy.
- Jak wynika z analizy frakcji  $V_{<100}$  ( $< \phi 100 \mu\text{m}$ ) najbardziej podatnej na znoszenie i odparowanie, nawet dla obu wybranych rozpylaczy, proponowanych jako referencyjne: XR TeeJet 11002VS i Albus AXI ISO 11002, różnica objętości tej frakcji jest znaczna i wynosi ok.  $2\%_{obj}$  (rys. 1). Skłania to do sformułowania potrzeby utworzenia bardziej dokładnej metody weryfikacji charakterystyk pracy rozpylaczy rolniczych.
- Korzystne byłoby utworzenie w Polsce ośrodka certyfikującego, prowadzącego niezależne badania jakości rozpylaczy i opryskiwaczy oraz ich przydatności, co dotychczas ma miejsce sporadycznie (targi i wystawy maszyn rolniczych). Brak pełnego zakresu informacji niezbędnych operatorowi, powinien być czynnikiem eliminującym sprzęt z użytkowania go do aplikacji ś.o.r. [7]. W rankingach targowych także komplet informacji i zaleceń powinien być nieodzowny, a niestety znane są przypadki nagradzania rozpylaczy bez pełnych informacji technicznych (np. Polagra Premiery 2010). Brak ważnych informacji o jakości rozpylenia ignorowany jest niestety często w badaniach naukowych i publikacjach, nawet w recenzowanych czasopiśmiech.
- Z analizy zróżnicowania parametrów uzyskanych dla przebadanej grupy rozpylaczy o zbliżonym wydatku 02, potwierdza się konieczność udostępnienia operatorom opryskiwaczy, wyczerpujących i zweryfikowanych charakterystyk jakości rozpylenia, dla rozpylaczy dopuszczonych do stosowania w integrowanej ochronie roślin [2]. Dotychczas brak jakiegokolwiek uznanej weryfikacji oraz wymagań wiedzy - dla materiałów i doradców w zakresie doboru parametrów pracy opryskiwaczy [29].
- Z analizy sytuacji wynika, że bardziej użyteczne praktycznie byłoby podawanie w: etykietach ś.o.r. zakresów zalecanych średnic charakterystycznych:  $D_{v0,1}$ ,  $D_{v0,5}$ ,  $D_{v0,9}$  i innych wskaźników np.:  $V_{<100}$ ,  $V_{>350}$ , DRP, i adekwatnie w charakterystykach pracy opryskiwaczy i rozpylaczy, niż jak dotychczas klas rozpylenia (trudności z precyzją ich określania). Ryzyko dla środowiska wynika m.in. z klasy toksyczności ś.o.r., jego przeznaczenia (najgroźniejsze są herbicydy) i wrażliwości otoczenia miejsca aplikacji, co także powinny uwzględniać informatory o właściwym stosowaniu rozpylaczy [2].
- Rozporządzenie [25], Ustawa [29], Krajowy plan działania [19] oraz np. [13, 18], przy zwiększeniu limit siły wiatru do 4 m/s, nie uwzględniają zróżnicowania technik aplikacji ś.o.r. Brak systemu parametryzacji redukcji poziomu strat i znoszenia cieczy użytkowej. Recenzowane informacje powinny być obowiązkowo zawarte [7] w instrukcjach obsługi opryskiwaczy, programach ochrony roślin, opracowaniach szkoleniowych i o integrowanych technologiach uprawy roślin, czego od dawna brak [2]. Wymaga to pilnie wnikliwych badań, gdyż dotychczasowe informacje o sprzęcie [18], były opracowywane dla zakresu prędkości wiatru do  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .
- Analiza wyników badanych rozpylaczy TT oraz o węższych kątach rozpylenia ( $<110^\circ$ ), wraz z już znanymi

argumentami [3, 6, 12], upoważnia do promowania ich w praktyce jako wariantu redukującego znoszenie.

## Bibliografia

- [1] ANSI/ASAE S572.1: Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. ASABE Standards 2009, 4 s.
- [2] Czaczyk Z.: Jakość rozpylenia cieczy jako element doradczy decydujący o efektywności i bezpieczeństwie ochrony roślin. Zagadnienia Doradztwa Rolniczego 1. 2013: 30-44.
- [3] Czaczyk Z.: Charakterystyka użytkowa wybranych rozpylaczy płaskostrumieniowych do ochrony upraw polowych. J. Res. Appl. Agric. Engng, 2012, 57(2): 31-40.
- [4] Czaczyk Z., A. Hewitt, C. Hoffmann, B. Fritz, T. Szulc: Potential for efficiency increase of crop protection by use of optimized spraying fractions. 12<sup>th</sup> Workshop Spray Application Techniques in Fruit Growing - SuproFruit 2013, ISBN 978-84-9048-077-9, IVIA - Valencia, Spain, 26-28.06: 116-118.
- [5] Czaczyk Z., S. Kleisinger: Drift potential of boom-mounted antidrift nozzles measured in a wind tunnel. 10<sup>th</sup> IUPAC International Congress on the Chemistry of Crop Protection, Basel, 2002 August 4-9<sup>th</sup>. Book of abstracts Vol. 1, p. 415 & poster No. 4d.07.
- [6] Czaczyk Z., T. Szulc: Charakterystyka użytkowa i produkcyjna wybranych rozpylaczy płaskostrumieniowych. J. Res. Appl. Agric. Engng, 2012, 57(2): 52-59.
- [7] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE, 2009: 16 s.
- [8] Guler 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. Trans. ASABE 2007, 50(3): 745-754.
- [9] GUS: Charakterystyka gospodarstw rolnych. Warszawa 2012. ISBN 978-83-7027-505-1: 467 s. ([www.stat.gov.pl](http://www.stat.gov.pl)).
- [10] Grzeszczyk K.: Krople rozbite na dysku. Agrotechnika, ISSN 1732-2634, 2013, 8: 78-79.
- [11] Hewitt A.J.: Spray optimization through application and liquid physical property variables-I. Environmentalist, 28, 2008: 25-30.
- [12] Hewitt A.J.: The importance of Nozzle Selection and Droplet Size Control in Spray Application. Proc. of the North Amer. Conf. on Pest. Spray Drift Management, March 29 - April 1, 1998, Portland, Maine: 75-85. dostęp 30 września 2013 r.: [http://pmo.umext.maine.edu/drift/drift\\_proceedings.pdf](http://pmo.umext.maine.edu/drift/drift_proceedings.pdf)
- [13] Hołownicki R.: Zasady wykonywania zabiegów ochrony roślin, z uwzględnieniem zastosowania różnych rozwiązań zapobiegających znoszeniu cieczy roboczej. Ekspertyza dla MRiRW, Skierniewice, 2009: 23 s. (dostęp 20.08.13) <http://bip.minrol.gov.pl/DesktopModules/Announcement/ViewAnnouncement.aspx?ModuleID=1564&TabOrgID=1683&Lang-Id=0&AnnouncementId=14517&ModulePositionId=2199>
- [14] ISO 5682-1-2: Equipment for crop protection - Spraying equipment, International Organization for Standardization 1997: 31 s.
- [15] ISO 10625: Equipment for crop protection. Sprayer nozzles. Colour coding for identification, International Organization for Standardization 2005: 12 s.
- [16] JKI (Julius Kühn Institut) 2013, dostęp 21 maja 2013. [http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam\\_uploads/\\_AT/ger%C3%A4telisten/anerkannte\\_Duesen/Tabelle%20der%20JKI%20anerkannten%20Pflanzenschutzduesen.pdf](http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam_uploads/_AT/ger%C3%A4telisten/anerkannte_Duesen/Tabelle%20der%20JKI%20anerkannten%20Pflanzenschutzduesen.pdf)
- [17] Miller P.C.H., C.R. Tuck: Factors Influencing the Performance of Spray Delivery Systems: A Review of Recent Developments. J ASTM Int., June, 2005, 2(6), Pap. ID JAI12900: 13 s.
- [18] Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi (MRiRW): (dostęp 20 sierpnia 2013): <http://www.min-rol.gov.pl/pol/Informacje-branzowe/Produkcja-roslinna/Ochrona-roslin/Integrowana-ochrona-roslin/Poradniki-Dobra-praktyka-ochrony-roslin>.
- [19] MRiRW: Krajowy plan działania, dostęp 20 sierpnia 2013 r. <http://www.minrol.gov.pl/pol/Informacje-branzowe/Produkcja-roslinna/Ochrona-roslin/Krajowy-plan-dzialania-na-lata-2013-2017>
- [20] MRiRW: Uwagi – konsultacje społeczne, dost: 20.08.13 <http://bip.minrol.gov.pl/DesktopModules/Announcement/ViewAnnouncement.aspx?ModuleID=1666&TabOrgID=1415&LangId=0&AnnouncementId=15021&ModulePositionId=2378>
- [21] Parkin C.S., Gilbert A.J., Southcombe E.S.E., Marshall C.J.: British Crop Protection Council scheme for the classification of pesticide application equipment by hazard. Crop Prot. 1994, 13(4): 281-285.
- [22] PIMR: Wyniki badań rozpylaczy dla sprzętu polowego i sadowniczego, 2004: 49 s.
- [23] PN-EN 12761-1-2: Maszyny rolnicze i leśne - Opryskiwacze i maszyny do nawożenia płynnymi nawozami mineralnymi - Ochrona środowiska: 1. Postanowienia ogólne, 9 s., 2. Opryskiwacze polowe, 2003: 19 s.
- [24] Richardson G.M.: Assessing spray-drift potential and two 'reference' nozzles. Aspects of Applied Biology 84, Int. Advances in Pesticide Appl., ISSN 0265-1491, 2008: 17-24.
- [25] Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 marca 2013 r. w sprawie wymagań technicznych opryskiwaczy, Dz. U. z 2013 r., poz. 415, 2013: 5 s.
- [26] Southcombe E.S.E., Miller P.C.H., Ganzelmeier H., van de Zande J.C., Miralles A., Hewitt A.J.: The international (BCPC) spray classification system including a drift potential factor. Proceedings of the BCPC Crop Protection Conference-Weeds, 1997: 371-380.
- [27] Triloff P.: Verlustreduzierter Pflanzenschutz im Baumobstbau - Abdriftminimierung und Effizienzsteigerung durch baumformabhängige Dosierung und optimierte Luftführung. Univ. Hohenheim, ISBN 978-3-86186-563-6, Ed. Ulrich E. Grauer, Stuttgart, 2011: 351 s.
- [28] Ustawa o zwalczaniu nieuczciwej konkurencji: Dz. U. 2003, nr 153, poz. 1503, tekst ujednolicony, 2009: 11 s.
- [29] Ustawa z dnia 8 marca 2013 r. o środkach ochrony roślin: Dz. U. poz. 455, 2013: 53 s.
- [30] Walklate P.J., P.C.H. Miller, A.J. Gilbert Drift classification of boom sprayers based on single nozzle measurements in a wind tunnel. Aspects of Applied Biology 57, Pesticide Application, ISSN 0265-1491, 2000: 49-56.
- [31] Zande J.C. van de, H.J. Holterman, M. Wenneker 2008: Nozzle Classification for Drift Reduction in Orchard Spraying: Identification of Drift Reduction Class Threshold Nozzles". Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript ALNARP 08 0013. Vol. X. May. 12 s. dostęp 25 września 2013 r.: <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/viewFile/1256/1113>.
- [32] Zande J.C. van de, H.A.J. Porskamp, H.J. Holterman: Influence of reference nozzle choice on spray drift classification. Aspects of Applied Biology 66, International Advances in Pesticide Application, ISSN 0265-1491, 2002: 49-56.

## THE CHARACTERISTICS OF REFERENCE SPRAY NOZZLES FOR THE PURPOSES OF PN-EN 12761-2 STANDARD

### Summary

*This research presents updated requirements for agricultural nozzles and comments the updated requirements regarding control of drift reduction recommended in PN-EN 12761-2 standard, also indicates the needs and possibilities for improvement of the characteristics necessary for professional using of field sprayers.*

**Key words:** risk control for spray drift, nozzle for field crops, field sprayer, PN-EN 12761-2 standard