

## DOMINUJĄCA TEMATYKA BADAWCZA Z ZAKRESU TECHNIKI OCHRONY ROŚLIN

*Deta Łuczycka, Antoni Szewczyk, Beata Cieniawska*  
*Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono przegląd tematyki z zakresu techniki ochrony roślin ze szczególnym naciskiem na zagadnienia jakości opryskiwania oraz znoszenia cieczy opryskowej. Do najważniejszych wskaźników jakości opryskiwania należą: nierównomierność rozkładu opadu, stopień pokrycia opryskiwanych powierzchni oraz naniesienie cieczy użytkowej. Celem pracy było określenie dominującej tematyki oraz zarysowujących się trendów w badaniach na podstawie analizy celów i wyników opublikowanych prac z badań przeprowadzonych w XXI wieku. Zakres przeglądu obejmuje wyniki doświadczeń zarówno polskich, jak i zagranicznych naukowców. W analizie przeważają prace związane z badaniami rozpylaczy, w których podkreśla się znaczenie wyboru właściwego rozpylacza w zależności od warunków technicznych, technologicznych i pogodowych.

**Słowa kluczowe:** opryskiwanie, nierównomierność rozkładu, stopień pokrycia, naniesienie cieczy, znoszenie, rozpylacz

### Wstęp

Ochrona roślin przed agrofagami (chorobami, szkodnikami i chwastami) powodującymi ogromne straty w plonach to bardzo ważny element produkcji roślinnej. Kluczowym elementem ochrony upraw jest stosowanie środków ochrony roślin (Pruszyński, 2010). Ze względu na to, że opryskiwanie jest zabiegiem najniebezpieczniejszym ze wszystkich procesów produkcyjnych w rolnictwie, autorzy wskazują na konieczność doskonalenia metod i technik sygnalizacji, monitoringu, a także opracowanie komputerowego wspomaganie decyzji (Nawrot i in., 2010).

Priorytety w zakresie stosowania pestycydów od lat się nie zmieniają i należą do nich: wysoka jakość zabiegu, większa wydajność, eliminacja zagrożeń dla środowiska i wykonujących zabiegi oraz konsumenta żywności (Oerke i in., 1994; Ózkan, 2008; Pruszyński, 2003; Szewczyk, 2002; Szewczyk, 2010a). Jak twierdzą Nieróbca i in. w swojej publikacji (2010) wielkość i jakość plonu uzależniona jest od jakości wykonanego zabiegu. Stąd też wiele uwagi w literaturze przedmiotu poświęcono zagadnieniom właściwie wykonanych zabiegów chemicznej ochrony roślin.

Wiadomo bowiem, że umiejętne stosowanie pestycydów zgodnie z zaleceniami i sztuką opryskiwania, nawet w przypadku takich ś.o.r., co do których istnieje podejrzenie, że szkodzą owadom zapylającym, jest stosunkowo bezpieczne.

Celem pracy było określenie obszarów zainteresowań badaczy z zakresu techniki ochrony roślin, które przeważają w tematyce publikacji, jakie ukazały od przełomu wieku do chwili obecnej. Dodatkowym celem było również określenie ukształtowanych i zarysowujących się trendów w podejmowanej tematyce badawczej w tej dziedzinie.

## Zakres pracy

Zakres pracy obejmował analizę tematyki, celów i wyników badań przeprowadzonych przez polskich i zagranicznych naukowców w latach 2001-2012 na podstawie przestudiowanych 269 pozycji literaturowych. Ze względu na zróżnicowanie podejmowanej tematyki badawczej przez badaczy w niniejszej pracy skoncentrowano się na zagadnieniach związanych z jakością opryskiwania oraz zwrócono uwagę na problematykę znoszenia cieczy opryskowej. Strukturę przestudiowanej pod względem tematycznym literatury przedstawiono w tabeli 1. Poza zagadnieniami związanymi ze wskaźnikami określającymi jakość wykonanego zabiegu oraz znoszeniem cieczy użytkowej, w tabeli znalazła się też odrębna i, jak się okazało, najliczniejsza grupa przeanalizowanej literatury, nazwana – „Inną tematyką badawczą”. Do tej grupy przyporządkowano artykuły, których tematyka dotyczyła techniki opryskiwania, niechemicznych metod ochrony roślin, monitoringu zagrożenia agrofagami, zastosowania metod komputerowych do sterowania i oceny procesu rozpylania oraz pozostałości środków ochrony roślin. Nieliczne publikacje poświęcone były kosztom chemicznej ochrony roślin.

Tabela 1

*Struktura przestudiowanej literatury wg analizowanej tematyki*

Table 1

*The structure of the literature read acc. to the analysed subject matter*

Tematyka badawcza	Literatura ogółem (%)	Literatura obcojęzyczna (%)
Nierównomierność rozkładu opadu i rozpylenia cieczy	15	8
Stopień pokrycia opryskiwanych powierzchni	15	8
Naniesienie cieczy użytkowej	6	3
Znoszenie cieczy opryskowej	10	8
Inna tematyka badawcza	56	20
Razem	100	47

Podczas przygotowania analizy korzystano z takich czasopism naukowych, jak: *Inżynieria Rolnicza*, *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, *Problemy Inżynierii Rolniczej*, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, *Biosystems Engineering*, *Crop Protection*, *African Journal of Agricultural Research*, *Transaction of the ASABE*, *Annual Review of Agricultural Engineering*. Przedstawiono ponadto analizę wyników badań opublikowanych w materiałach konferencyjnych, takich jak

„Racjonalna Technika Ochrony Roślin”, która ze względu na rangę zawartych w niej publikacji stanowi cenne źródło informacji na temat prowadzonych badań przez wiodące krajowe ośrodki naukowe. Dokonano również przeglądu tematyki referatów na konferencji Aspects of Applied Biology, gdzie prezentowane są wyniki najnowszych badań prowadzonych w liczących się ośrodkach badawczych na świecie w dziedzinie techniki ochrony roślin.

### **Nierównomierność rozkładu opadu i rozpylenia cieczy**

Nierównomierność rozkładu opadu rozpylonej cieczy jest istotnym wskaźnikiem jakości oprysku. Badania tego wskaźnika najczęściej wykonuje się przy użyciu stołu rowkowego, nad którym rozpylana jest ciecz użytkowa. Doświadczenia polegają na wyznaczeniu parametrów (charakterystyki) rozkładu poprzecznego i podłużnego rozpylonej cieczy oraz wskaźnika opadu cieczy.

Jak wynika z przeglądu literatury, nierównomierność rozkładu opadu cieczy określana była przede wszystkim w zależności od wysokości ustawienia belki polowej opryskiwacza, rodzaju rozpylaczy, a także ciśnienia cieczy użytkowej, prędkości wiatru oraz kąta ustawienia rozpylaczy w płaszczyźnie podłużnej, prostopadłej do podłoża (Szewczyk i Wilczok, 2006; Lipiński i in., 2007; Al.-Gaadi, 2010; Szewczyk i in., 2011b; Parafiniuk i in., 2011). Na podstawie wieloczynnikowej analizy wariancji stwierdzono, że przyjęte parametry mają istotny wpływ na równomierność rozkładu opadu cieczy. Ocenę nierównomierności opadu rozpylonej cieczy z zastosowaniem wskaźnika CV przyjęto w badaniach rozpylaczy w zależności od stopnia ich zużycia. Na podstawie doświadczeń stwierdzono, że rozpylacze firm TeeJet i Sprays Int. dopuszczalną granicę zużycia przy przyjętym wskaźniku CV wynoszącym 10% osiągnęły po 12 godzinach pracy, natomiast firmy MMAT po 24 godzinach (Czaczyk, 2011).

Badania rozkładu podłużnego prowadzono w tunelu aerodynamicznym z zastosowaniem różnych typów rozpylaczy, przy różnym ich ustawieniu oraz przy zmiennej prędkości strumienia powietrza. Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że największy wpływ na ten parametr miały rodzaj zastosowanego rozpylacza oraz prędkość strumienia powietrza (Szewczyk i Wilczok, 2007; Szewczyk i Łuczycka, 2010a).

Kolejnym parametrem, który został wykorzystany do określenia charakterystyki opadu rozpylonej cieczy, jest wskaźnik opadu cieczy, definiowany jako stosunek sumy objętości cieczy zebranej z całej powierzchni opryskiwanej do całkowitej objętości cieczy użytej do pomiaru. Przedmiotem badań były różnego typu rozpylacze zamontowane na wybranych wysokościach pracy i ustawione pod zmiennym kątem w płaszczyźnie podłużnej, prostopadłej do podłoża. Ponadto w badaniach stosowano różne ciśnienie cieczy użytkowej oraz prędkość i kierunek strumienia powietrza. Stwierdzono, że parametr ten może służyć do określenia wielkości znoszenia cieczy opryskowej (Szewczyk, 2009; Szewczyk i Łuczycka, 2010b; Szewczyk i in., 2011b).

Jak wynika z literatury, dużym zainteresowaniem badaczy cieszyły się również badania mające na celu określenie wpływu ruchu agregatu podczas zabiegu opryskiwania na jego jakość. Wychylenia belki polowej – zarówno w płaszczyźnie poziomej, jak i pionowej – spowodowane zmiennym ruchem agregatu skutkowały nieopryskaniem lub przedawkowaniem cieczy (Lardoux i in., 2007a, 2007b; Lipiński i in., 2011; Ooms i in., 2003; Popławski

i Szulc, 2010). Podczas badań rozpylaczy w rozmiarach 02 i 04 określono udział kropli o różnej wielkości, emitowanych przy zmiennej wysokości belki (0,3; 0,5; 0,7 m). Krople wielkości 0-150  $\mu\text{m}$  stanowiły 5-8% w obu badanych rozpylaczach. Krople w zakresie 150-400  $\mu\text{m}$  stanowiły 67-70% całości rozpylanej cieczy, a powyżej 400  $\mu\text{m}$  – 20-25% dla rozpylaczy o rozmiarze 02. Dla rozpylaczy o rozmiarze 04 kropli w zakresie 150-400  $\mu\text{m}$  było 50%, a powyżej 400  $\mu\text{m}$  – 42%.

Badania dotyczyły także jednorodności strumienia cieczy, opisanej wskaźnikiem  $R_{SF}$ . Na podstawie wyników tych badań stwierdzono, że rozkład cieczy z rozpylaczy produkujących grube krople był bardziej jednorodny w porównaniu do sytuacji, gdy zastosowano rozpylacze wytwarzające krople drobne (Sayinci i Bastaban, 2011).

Badania makroparametrów procesu rozpylania dotyczyły eksperymentów poświęconych wpływowi przyjętych parametrów pracy rozpylacza na kąt rozpylenia strugi oraz natężenie wypływu przy zastosowaniu komputerowego systemu sterowania procesem opryskiwania i pracą rozpylaczy. Tymi zagadnieniami zajmowali się między innymi; Koszel i Hanusz, 2008; Langenakens, 2010; Langman i Pedryc, 2009; Nowakowski, 2007; Nowakowski i Chlebowski, 2008.

Jak stwierdzili w swojej publikacji Declercq i in. (2010), o jakości rozpylania ocenianej na podstawie rozkładu opadu rozpylonej cieczy decyduje stan techniczny zastosowanego rozpylacza.

### **Stopień pokrycia opryskiwanych powierzchni**

W przestudiowanej literaturze tematyce pokrycia opryskiwanych obiektów poświęcono ogółem 52 pozycje. W większości publikacji stopień pokrycia definiowany jest jako stosunek powierzchni papierka wodoczułego pokrytego cieczą do jego całkowitej powierzchni badanej (Lipiński, 2009). Wyniki badań tego wskaźnika uzyskuje się dzięki komputerowej analizie obrazu (Abbaspour-Fard i in., 2008; Cunha i in., 2012; Panneton, 2002; Szewczyk i in., 2012; Thomson i Lyn, 2011).

Doświadczenia prowadzone były zarówno na żywych, jak i sztucznych roślinach, w warunkach laboratoryjnych i polowych. Na podstawie przeprowadzonych badań na ozdobnych roślinach doniczkowych stwierdzono, że zastosowanie techniki z pomocniczym strumieniem powietrza skutkowało zwiększeniem stopnia pokrycia opryskiwanych powierzchni. Szczególnie istotne było to, że przy użyciu tej techniki zaobserwowano pokrycie na spodnich stronach blaszek liściowych (Foque i Nuyttens, 2011a, 2011b). Na zalety pomocniczego strumienia powietrza w zakresie pokrycia opryskiwanych powierzchni zwrócili uwagę również Kierzek i Wachowiak (2007). Badania prowadzone przez tych autorów polegały na zamocowaniu próbników bezpośrednio do blaszki liściowej. Natomiast w badaniach Szewczyka i in. (2011a), prowadzonych w warunkach laboratoryjnych, próbki rozmieszczano na sztucznych roślinach posiadających wcześniej określone i jednoznacznie usytuowane opryskiwane powierzchnie (pionowe i poziome). Stwierdzono, że zmiana stopnia pokrycia opryskiwanych powierzchni wynikała ze zmiany parametrów roboczych zabiegu i ustawienia rozpylaczy.

Wiele prac badawczych było poświęconych określeniu wpływu zmian ciśnienia i prędkości roboczej opryskiwacza, zmian kąta ustawienia rozpylaczy w płaszczyźnie podłużnej, prostopadłej do podłoża oraz zastosowanie adiuwanta na wskaźnik stopnia pokrycia (Fox

i in., 2001; Lipiński i in., 2007; Kierzek i Wachowiak, 2007, 2009; Szewczyk, 2010b; Szewczyk i in., 2011a). Większość eksperymentów prowadzono z użyciem różnych rozpylaczy. Zwrócono uwagę na fakt, że właściwy dobór rozpylacza warunkuje prawidłowy przebieg zabiegu i pożądany stopień pokrycia powierzchni opryskiwanych. Aspekt ten jest bardzo istotny zarówno w ochronie upraw polowych, sadowniczych, jak i pod osłonami (Godyń i in., 2008; Hoffmann i Hewitt, 2005; Kierzek, 2007, 2008; Özkan i in., 2012; Tadel, 2007).

Jak wspomniano wcześniej, papierki wodoczułe były najczęściej stosowanymi w badaniach próbnikami do określenia stopnia pokrycia opryskiwanych obiektów (Derksen i in., 2008; Godyń i in., 2008). Natomiast Kierzek w swojej publikacji (2011) przedstawił wyniki badań, w których powierzchniami testowymi (próbnikami) były papier woskowy i szkło.

### **Naniesienie cieczy roboczej**

Badania dotyczące naniesienia cieczy użytkowej stanowią 9% ogółu przestudiowanej literatury, czyli 23 pozycje. Badania tego wskaźnika dotyczą wielkości i równomierności naniesienia cieczy użytkowej. Podczas prowadzenia eksperymentów ukierunkowanych na określenie tego wskaźnika wykonywano również, niejako przy okazji, badania związane z określeniem wielkości znoszenia sedymentacyjnego i powietrznego (Svensson, 2001; Furnes i in., 2006; Hołownicki i in., 2012; Van de Zande i in., 2005).

Badania naniesienia cieczy przeprowadzone zostały w warunkach polowych, sadowniczych oraz pod osłonami. W tych ostatnich porównano wielkość naniesienia przy użyciu opryskiwacza plecakowego i nośnika rozpylaczy symulującego pracę opryskiwacza (Sánchez-Hermosilla i in., 2012).

W doświadczeniach w warunkach sadowniczych porównywano równomierność naniesienia z opryskiwaczy o różnym systemie emisji cieczy: kierowanym, poziomym i radialnym. Badania te wykonano przy zmiennej prędkości opryskiwacza oraz dla różnej fazy rozwojowej drzew (Godyń i in., 2006).

Szczególnie interesujące były eksperymenty związane z określeniem narażenia operatora wykonującego zabieg opryskiwaczem plecakowym. W badaniach tych oceny naniesienia dokonywano na próbnikach mocowanych do odzieży ochronnej operatora w różnych strefach ciała z zastosowaniem znacznika BSF. Po zabiegu zdejmowano próbki i zalewano je wodą dejonizowaną, a następnie wytrząsano. Po około 15 minutach koncentrację wyekstrahowanego znacznika BSF mierzono na fluorometrze luminescencyjnym (Godyń i in., 2011).

### **Znoszenie cieczy opryskowej**

Zagrożenie, wynikające ze stosowania środków ochrony roślin zarówno dla środowiska, jak i dla obsługi podczas wykonywania zabiegu opryskiwania, związane jest ze znoszeniem cieczy użytkowej (Bahrouni i in., 2008; Hołownicki i Doruchowski, 2006; Özkan, 2008). Zwrócono uwagę na konieczność określenia wielkości znoszenia cieczy opryskowej poprzez oszacowanie masy naniesienia cieczy na obiekty poddane zabiegowi i porównanie do tej wielkości masy cieczy zniesionej (Balsari i in., 2005; Salyani i in., 2006, 2007).

Przeprowadzone badania i analiza wyników potwierdzają, że przyjęcie odpowiednich parametrów pracy opryskiwaczy umożliwi zmniejszenie znoszenia cieczy bez obniżenia jakości zabiegu (Derksen i in., 2007; Kennedy i in., 2012; Nuyttens i in., 2007).

We wnioskach podkreślano przede wszystkim potrzebę właściwego wyboru rodzaju rozpylaczy, gdyż wyniki badań pokazały zasadność stosowania rozpylaczy antyznoszeniowych (Nuyttens i in., 2009; Vajs, 2008). Natomiast Godyń i in. (2010) oraz Kierzek (2008) zwrócili uwagę na korzyści wypływające ze stosowania rozpylaczy eżektorowych podczas prędkości wiatru sięgającej  $6 \text{ m s}^{-1}$ . Badania wielkości znoszenia cieczy opryskowej powiązane były często z analizą spektrum rozpylania. Do pomiaru wielkości znoszenia cieczy wykorzystywano znaczniki fluoroscencyjne. Badania wykazały, że trajektorie ruchu cząstek mogą różnić się ze względu na oddziaływania sił zewnętrznych, przede wszystkim zmiany kierunku i prędkości wiatru. Odchylenia te uzależnione są od wielkości kropeł (Schleier i in., 2010).

Aspektem istotnym podczas badań znoszenia cieczy opryskowej był także wpływ adiuwantów na wielkość znoszenia (Fietsam i in., 2004; Kierzek i Wachowiak, 2009; Miller i in., 2008; Özkan, 2009; Stainier in., 2006).

## Podsumowanie

W podsumowaniu warto podkreślić, że w wielu analizowanych publikacjach zwracano uwagę na istotność wiedzy dotyczącej charakterystyki rozpylacza, co z kolei zapewnia właściwe pokrycie roślin cieczą roboczą lub ogranicza efekt znoszenia w niesprzyjających warunkach atmosferycznych.

Po analizie prac z zakresu badań stopnia pokrycia opryskiwanych powierzchni można stwierdzić, że należy kontynuować i rozwijać zagadnienia związane z pokryciem powierzchni spodniej strony blaszki liściowej. Próbniki w postaci papierków wodoczułych mogą stanowić doskonale narzędzie do szybkiego i taniego przeprowadzania badań i weryfikacji parametrów zabiegu zarówno w uprawach polowych, jak i sadowniczych.

Podczas kontroli okresowych opryskiwaczy jednym z podstawowych parametrów oceny jest rozkład poprzeczny rozpylonej cieczy, natomiast badania rozkładu rozpylonej strugi w tunelu aerodynamicznym mogą stać się przydatnym i tanim narzędziem umożliwiającym określenie wielkości znoszenia rozpylanej cieczy dla nowych typów rozpylaczy wprowadzanych do obrotu.

Na podstawie całościowej analizy opublikowanych wyników badań w przestudiowanej literaturze można stwierdzić, że najmniej informacji można było znaleźć z zakresu zagadnień związanych z naniesieniem cieczy użytkowej na opryskiwane objekty. Doświadczenia naniesienia środków ochrony roślin powinny być rozszerzone o badania tego wskaźnika nie tylko w uprawach sadowniczych i polowych, ale również pod osłonami.

## Literatura

- Abbaspour-Fard, M.H.; Daneshjoo, A.; Aghkhani, M.H.; Arian, M. (2008). Introducing easy to use and accurate image processing object detection algorithms suitable for sprayer calibration and other similar purposes. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 4(2), 199-204.
- Al-Gaadi, K.A. (2010). Effect of nozzle height and type on spray density and distribution for a ground field sprayer. *Journal Saudi Soc. for Agric. Sci.*, 9(1), 1-12.
- Bahrouni, H.; Sinfort, C.; Hamza, E. (2008). Evaluation of Pesticides Losses During Cereal Crop Spraying in Tunisian Conditions. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 4(2), 215-220.
- Balsari, P.; Marucco, P.; Tamagnone, M. (2005). A System to Access the Mass Balance of Spray Applied to Tree Crops. *Transaction of the ASAE*, 48(5), 1689-1694.
- Cunha, M.; Carvalho, C.; Marcal, A.R.S. (2012). Assessing the ability of image processing software to analyse spray quality on water-sensitive papers used as artificial targets. *Biosystems Engineering*, 111, 11-23.
- Czaczyk, Z. (2011). Nierównomierność rozkładu poprzecznego cieczy i podatność wybranych rozpylaczy szczelinowych na zużycie. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*, 5, 16-18.
- Czaczyk, Z.; Szulc, T. (2012). Charakterystyka użytkowa i produkcyjna wybranych rozpylaczy płaskostrumieniowych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 57(2), 52-59.
- Declercq, J.; Huyghebaert, B.; Nuyttens, D. (2010). An overview of the defects on tested field sprayers in Belgium. *Proceedings 3rd European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe – SPISE 3*, 157-163.
- Derksen, R.C.; Zhu, H.; Fox, D.R.; Brazee, D.R.; Krause, C.R. (2007). Coverage and Drift Produced by Air Induction and Conventional Hydraulic Nozzles Used for Orchard Applications. *Transaction of the ASABE*, 50(5), 1493-1501.
- Derksen, R.C.; Frantz, J.; Ranger, C.M.; Locke, C.; Zhu, H.; Krause, C.R. (2008). Comparing Greenhouse Handgun Delivery to Poinsettias by Spray Volume and Quality. *Transaction of the ASABE*, 51(1), 27-35.
- Fietsam, J.F.W.; Young, B.G.; Steffen, R.W. (2004). Differential Response of Herbicide Drift Reduction Nozzles to Drift Control Agents with Glyphosate. *Transaction of the ASAE*, 47(5), 1405-1411.
- Foqué, D.; Nuyttens, D. (2011a). Effects of nozzle type and spray angle on spray deposition in ivy pot plants. *Pest Management Science*, 67(2), 199-208.
- Foqué, D.; Nuyttens, D. (2011b). Effect of air support and spray angle on coarse droplet sprays in ivy pot plants. *Transaction of ASABE*, 54(2), 409-416.
- Furnes, G.O.; Thompson, A.J.; Manktelow, D.W. (2006). Multi-fan spray towers to improve dose efficiency and spray coverage uniformity in citrus trees. *Aspects of Applied Biology*, 77, 481-488.
- Fox, R.D.; Salyani, M.; Cooper, J.A.; Brazee, R.D. (2001). Spot size comparisons on oil- and water-sensitive paper. *Applied Engineering in Agriculture*, 17(2), 131-136.
- Godyń, A.; Hołownicki, R.; Doruchowski, G.; Świechowski, W. (2006). Rozkład cieczy użytkowej w drzewach podczas opryskiwania sadu jabłoniowego. *Inżynieria Rolnicza*, 2(77), 331-338.
- Godyń, A.; Hołownicki, R.; Doruchowski, G. (2008). Ocena rozkładu cieczy opryskowej w sadzie jabłoniowym wykonana za pomocą papieru wodnoczułego. *Inżynieria Rolnicza*, 4(102), 299-305.
- 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.
- Godyń, A.; Doruchowski, G.; Hołownicki, R.; Świechowski, W. (2011). Wpływ wysokości opryskiwanych roślin i stanu technicznego stosowanego opryskiwacza plecakowego na potencjalne zagrożenia dla środowiska przyrodniczego i operatora opryskiwacza. *Inżynieria Rolnicza*, 8(133), 127-134.

- Hołownicki, R.; Doruchowski, G. (2006). Rola techniki opryskiwania w ograniczaniu skażenia środowiska środkami ochrony roślin. *Inżynieria Rolnicza*, 5(80), 239-247.
- Hołownicki, R.; Godyń, A.; Doruchowski, G.; Świechowski, W. (2012). Naniesienie i straty cieczy użytkowej podczas opryskiwania wysoko formowanych drzew owocowych. *Inżynieria Rolnicza*, 2(137), 89-95.
- Hoffmann, W.C.; Hewitt, A.J. (2005). Comparison of three imaging systems for water-sensitive papers. *Applied Engineering in Agriculture*, 21(6), 961-964.
- Kennedy, M.; Ellis, M.; Miller, P. (2012). BREAM: A probabilistic Bystander and Resident Exposure Assessment Model of spray drift from an agricultural boom sprayer. *Computers and Electronics in Agriculture*, 88, 63-71.
- Kierzek, R. (2007). Skuteczna ochrona roślin [cz.II]. Dobór rozpylaczy do zabiegów polowych. *Ochrona roślin*, 1(52), 32-35.
- Kierzek, R. (2008). Wiele rozpylaczy, jeden oprysk. *Top Agrar*, 7-8, 118-121.
- Kierzek, R. (2011). *Reakcja roślin jednoliściennych na herbicydy w zależności od techniki opryskiwania i właściwości cieczy użytkowej*. Poznań, ISSN 1730-038X.
- Kierzek, R.; Wachowiak, M. (2007). Wpływ nowych typów rozpylaczy na jakość pokrycia roślin ziemniaków. *Materiały z Konferencji „Racjonalna Technika Ochrony Roślin”*, 107-111.
- Kierzek, R.; Wachowiak, M. (2009). Wpływ nowych typów rozpylaczy na jakość pokrycia roślin ziemniaków cieczą użytkową. *Postępy w Ochronie Roślin*, 49(3), 1145-1149.
- Koszel, M.; Hanusz, Z. (2008). Porównawcza analiza natężenia wypływu cieczy z rozpylaczy płaskostrumieniowych. *Inżynieria Rolnicza*, 1(99), 195-200.
- Langenakens, J. (2010). Software for inspections of sprayers: needs and solutions. *Third European workshop on standardised procedure for the inspection of sprayers in Europe. Julius-Kuhn-Archiv*, 426, 112-118.
- Langman, J.; Pedryc, N. (2009). Moduł kontroli wydatku rozpylacza opryskiwacza polowego. *Inżynieria Rolnicza*, 9(118), 115-120.
- Lardoux, Y.; Sinfort, C.; Enfaltand, P.; Sevila, F. (2007a). Test Method for Boom Suspension Influence on Spray Distribution. Part I: Experimental Study of Pesticide Application under a Moving Boom. *Biosystems Engineering*, 96(1), 29-39.
- Lardoux, Y.; Sinfort, C.; Enfaltand, P.; Sevila, F. (2007b). Test Method for Boom Suspension Influence on Spray Distribution. Part II: Validation and Use of a Spray Distribution Model. *Biosystems Engineering*, 96(2), 161-168.
- Lipiński, A.; Choszcz, D.; Konopka, S. (2007). Ocena rozpylaczy do oprysku ziemniaków w aspekcie równomierności pokrycia roślin cieczą. *Inżynieria Rolnicza*, 9(97), 135-141.
- Lipiński, A. (2009). *Nowe możliwości wykorzystania papierków wodnoczułych do oceny jakości oprysku*. *Racjonalna Technika Ochrony Roślin. Mat. Konf.*, 124-128.
- Lipiński, A.J.; Sobotka, M.; Lipiński S. (2011). Przegląd systemów stabilizacji belek polowych opryskiwaczy. *Inżynieria Rolnicza*, 8(133), 181-187.
- Miller, P.C.H.; Tuck C.R.; Murphy, S.; da Costa Ferreira M. (2008). Measurements of the droplet velocities in sprays produced by different designs of agricultural spray nozzle. *European Conference on Liquid Atomization and Spray Systems. Paper ID ILASS08-8-5*.
- Nawrot, J.; Hurej, M.; Dąbrowski, Z.; Olszak, R. (2010). Perspektywy rozwoju ochrony roślin przed szkodnikami w Polsce. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 50(4), 1614-1622.
- Nieróbca, A.; Zaliwski, A.; Horoszkiewicz-Janka, J. (2010). Rozwój internetowego systemu wspomagania decyzji w ochronie zbóż. *Inżynieria Rolnicza*, 7(125), 167-173.
- Nowakowski, T. (2007). Zmiany kąta rozpylenia w zależności od ciśnienia cieczy. *Technika Rolnicza; Ogrodnictwo i Leśnictwo*, 2, 14-15.



- Nowakowski, T.; Chlebowski, J. (2008). Wpływ ciśnienia cieczy i konstrukcji rozpylaczy płasko-strumieniowych na kąat rozpylenia. *Inżynieria Rolnicza*, 1(99), 319-323.
- Nuyttens, D.; Baetens, K.; de Schampheleieand, M.; Sonck, B. (2007). Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. *Biosystems Engineering*, 97(3), 333-345.
- Nuyttens, D.; Dhoop, M.; de Blauwer, V.; Hermann, O.; Hubrechts, W.; Mestdagh, I.; Dekeyser, D. (2009). Drift-reducing nozzles and their biological efficacy. *Commun Agric Appl Biol Sci.*, 74(1), 47-55.
- Oerke, E.C.; Dehne, W.; Schönbeck, F.; Weber, A. (1994). Crop Production and Crop Protection: Estimated Losses in Major Food and Cash Crops. *Elsevier Science*, ISBN 0444820957.
- Ooms, D.; Ruter, R.; Lebeau, F.; Destain, M.-F. (2003). Impact of the horizontal movements of a sprayer boom on the longitudinal spray distribution in field conditions. *Crop Protection*, 22, 813-820.
- Özkan, H.E. (2008). Technological solution to problems associated with application of pesticides. *Jour. Of Agricultural Machines Sciences*, 4(2), 193-198.
- Özkan, H.E. (2009). *Ten tips to get more from your sprayer*. no. June. Columbus, Ohio, USA: Ohio's Country Journal.
- Özkan, H.E.; Paul, P.; Derksen, R.C.; Zhu, H. (2012). Influence of application equipment on deposition of spray droplets in wheat canopy. *Aspects of Applied Biology. International Advances in Pesticide Application*, 114, 317-324.
- Panneton, B. (2002). Image analysis of water-sensitive cards for spray coverage experiments. *Applied Engineering in Agriculture*, 18(2), 179-182.
- Parafiniuk, S.; Sawa, J.; Wołos, D. (2011). Automatyczne urządzenie do oceny stanu technicznego rozpylaczy rolniczych. *Postępy nauki i techniki*, 10, 39-48.
- Popławski, Z.; Szulc, T. (2010). Innowacyjne rozwiązania w technice ochrony roślin. Cz. 1. Elementy wyposażenia rolniczych opryskiwaczy polowych. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*, 1, 17-22.
- Pruszyński, S. (2003). Ochrona roślin – spojrzenie w przyszłość. *Materiały z Konferencji „Racjonalna Technika Ochrony Roślin”*, 5-16.
- Pruszyński, S. (2010). Stan obecny i przewidywane kierunki zmian w ochronie roślin do 2020 roku. *Studia i raporty IUNG – PIB*. Puławy, 14, 207-242.
- Salyani, M.; Sweeb, R. D.; Farooq, M. (2006). Comparison of String and Ribbon Samplers in Orchard Spray Applications. *Transaction of the ASAE*, 49(6), 1705-1710.
- Salyani, M.; Farooq, M.; Sweeb, R.D. (2007). Spray Deposition and Mass Balance in Citrus Orchard Applications. *Transaction of the ASAE*, 50(6), 1963-1969.
- Sánchez-Hermosilla, J.; Rincón, V. J.; Páez, F.; Fernández, M. (2012). Comparative spray deposits by manually pulled trolley sprayer and a spray gun in greenhouse tomato crops. *Crop Protection*, 31, 119-124.
- Sayinci, B.; Bastaban, S. (2011). Spray distribution uniformity of different types of nozzles and its spray deposition in potato plant. *African Journal of Agricultural Research*, 6(2), 352-362.
- Schleier, J.; Preftakes, C.; Peterson, R. (2010). The effect of fluorescent tracers on droplet spectrum, viscosity, and density of pesticide formulations. *Journal of Environmental Science and Health*, 45, 621-625.
- Stainier, C.; Destain, M.-F.; Schiffers, B.; Lebeau, F. (2006). Droplet size spectra and drift effect of two phenmedipham formulations and four adjuvant mixtures. *Crop Protection*, 25, 1238-1243.
- Svensson, S. A. (2001). *Wpływ strumienia powietrza na jakość zabiegów w sadach*. Materiały z Konferencji „Racjonalna Technika Ochrony Roślin”. Skierniewice, 135-147.
- Szewczyk, A. (2002). The impact of sprayer work parameters on field beam position in a vertical plane for some tractor-attached sprayers. *Maintenance and Reliability PAN Lublin*, 3(15), 13-18.

- Szewczyk, A.; Wilczok, G. (2006). Wpływ zmiany ustawienia belki polowej w płaszczyźnie podłużnej opryskiwacza na rozkład poprzeczny opadu cieczy. *Inżynieria Rolnicza*, 4(79), 281-288.
- Szewczyk, A.; Wilczok, G. (2007). Teoretyczny i rzeczywisty rozkład cieczy dla wybranych parametrów ustawienia rozpylacza. *Inżynieria Rolnicza*, 8(96), 265-272.
- Szewczyk, A. (2009). Wpływ zmiany parametrów ustawienia rozpylonej strugi na opad cieczy pod wybranym rozpylaczem płaskostrumieniowym. *Inżynieria Rolnicza*, 5(114), 267-274.
- Szewczyk, A. (2010a). *Analiza ustawienia, parametrów i warunków pracy rozpylacza w aspekcie jakości opryskiwania upraw polowych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, ISSN 1898-151.
- Szewczyk, A. (2010b). Wpływ ustawienia wybranych rozpylaczy na stopień pokrycia opryskiwanych powierzchni. *Inżynieria Rolnicza*, 2(120), 201-207.
- Szewczyk, A.; Łuczycza, D. (2010a). Rozkład opadu rozpylonej cieczy wybranymi rozpylaczami dwustrumieniowymi w warunkach działania czołowego strumienia powietrza. *Inżynieria Rolnicza*, 4(122), 213-220.
- Szewczyk, A.; Łuczycza, D. (2010b). Wpływ kierunku wiatru na opad rozpylonej strugi cieczy użytkowej podczas opryskiwania płaskich upraw polowych. *Inżynieria Rolnicza*, 2(120), 209-215.
- Szewczyk, A.; Łuczycza, D.; Lejman, K. (2011a). Wpływ parametrów opryskiwania wybranym rozpylaczem dwustrumieniowym na stopień pokrycia opryskiwanych obiektów. *Inżynieria Rolnicza*, 4(129), 265-271.
- Szewczyk, A.; Łuczycza, D.; Rojek, G. (2011b). Analiza porównawcza rozkładu opadu cieczy rozpylonej wybranymi rozpylaczami dwustrumieniowymi. *Inżynieria Rolnicza*, 9(134), 255-262.
- Szewczyk, A.; Łuczycza, D.; Cieniawska, B.; Rojek, G. (2012). Porównanie stopnia pokrycia obiektów opryskiwanych wybranymi rozpylaczami eżektorowymi– jedno i dwustrumieniowym. *Inżynieria Rolnicza*, 2(136), 325-334.
- Tadel, E. (2007). Technika ochrony polowych upraw wysokich ze szczególnym uwzględnieniem kukurydzy. *Materiały z Konferencji „Racjonalna Technika Ochrony Roślin”*, 100-106.
- Thomson, S.J.; Lyn, M.E. (2011). Environmental and spray mixture effects on droplet size represented by water-sensitive paper used in drift studies. *Transaction of the ASABE*, 54(3), 803-807.
- Vajs, S.; Leskošek, G.; Simončič, A.; Lešnik, M. (2008). Comparison of the effectiveness of standard and drift-reducing nozzles for control of some winter wheat diseases. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 115(1), 23-31.
- van de Zande, J.C.; van der Lans, A.M.; Stallinga, H.; Michielsen, J.M.G.P.; van Velde, P.; Massink, G. (2005). Development of a sprayer adapted to high tree crops. *Proceedings of VIII Workshop on Spray Application Techniques in Fruit growing, Barcelona*, 113-120.
- Zasiewski, P. (2001). Kryteria i dobór optymalnych parametrów pracy opryskiwaczy ciągnikowych. Część I – Opryskiwacze polowe. [W:] *Racjonalna technika ochrony roślin. Materiały z Konferencji, Skierniewice*, 190-197.

## **A PREVAILING RESEARCH SUBJECT MATTER CONCERNING A PLANT PROTECTION TECHNOLOGY**

**Abstract.** The review of the subject concerning a plant protection technology with a particular interest in the issues concerning spraying quality and drift of the sprayed liquid was presented in the paper. Irregularity of the fall distribution of the sprayed liquid, degree of the sprayed surfaces covering and drifting of utility liquid are the most significant indexes of the spraying quality. The purpose of the paper was to determine a prevailing subject and appearing trends in the research based on the analysis of objectives and results of the published papers from the research carried out in the 21st century. The scope of the review covers experimental results of both Polish as well as foreign scientists. Papers related to the investigated sprayers, where the significance of the selection of the proper sprayer in relation to technical, technological and weather conditions are emphasised, prevail in the analysis.

**Key words:** spraying, distribution irregularity, covering degree, liquid drifting, drifting, sprayer

Adres do korespondencji:

Deta Łuczycka; e-mail: deta.luczycka@up.wroc.pl

Instytut Inżynierii Rolniczej

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

ul. Chełmońskiego 37/41

51-630 Wrocław