

WPLYW PRĘDKOŚCI I TYPU ROZPYLACZA NA STOPIEŃ POKRYCIA POZIOMYCH I PIONOWYCH POWIERZCHNI OPRYSKIWANYCH

Antoni Szewczyk, Deta Łuczycza, Gracjan Rojek, Beata Cieniawska
Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań stopnia pokrycia opryskiwanych obiektów przy użyciu czterech typów rozpylaczy. Pomiary przeprowadzono przy czterech prędkościach roboczych agregatu, stałym ciśnieniu cieczy i stałej dawce cieczy. Badania zostały wykonane w warunkach laboratoryjnych, do których użyto nośnika rozpylaczy. Badania przeprowadzono na trzech sztucznych roślinach, na których mocowano papierki wodoczułe. Próbniki tworzyły obiekty oznaczone jako: poziome górne (A_{pog}), poziome dolne (A_{pod}), pionowe najazdowe (A_{nj}) oraz pionowe odjazdowe (A_{oj}). W celu określenia stopnia pokrycia papierki poddano komputerowej analizie obrazu. Wyniki poddano wieloczynnikowej analizie wariancji, która wykazała, że zastosowany rozpylacz i prędkość agregatu istotnie wpłynęły na stopień pokrycia obiektów pionowych. W przypadku obiektów poziomych górnych, nie stwierdzono istotnego wpływu prędkości roboczej. Zwiększenie prędkości opryskiwania spowodowało wzrost stopnia pokrycia powierzchni najazdowych. Odwrotną zależność zaobserwowano dla powierzchni odjazdowych. Na obiektach oznaczonych jako poziome dolne nie odnotowano zauważalnego pokrycia opryskiwaną cieczą.

Słowa kluczowe: stopień pokrycia, prędkość opryskiwania, typ rozpylacza

Wstęp

Wybór odpowiednich parametrów technicznych i eksploatacyjnych oraz ograniczenie znoszenia cieczy użytkowej to zadania stawiane dzisiejszej technice ochrony roślin (Godyń i in., 2012). Stopień pokrycia opryskiwanych obiektów jest jednym z trzech podstawowych wskaźników służących do określania jakości wykonanego zabiegu. Pozostałe to: nierównomierność opadu rozpylanej cieczy i stopień naniesienia cieczy użytkowej na opryskiwane obiekty. Badacze potwierdzają, że jest to metoda praktyczna i dokładna (Derksen i in., 2008; Szewczyk i in., 2013). Próbnikami stosowanymi do pomiaru stopnia pokrycia są najczęściej papierki wodoczułe. Mogą one być mocowane bezpośrednio do blaszki liściowej roślin w warunkach polowych (Lipiński i in., 2007) i laboratoryjnych (Foque i in., 2012) lub też do sztucznych roślin (Szewczyk i in., 2012). Zaletą sztucznych roślin są stałe

warunki pomiaru związane ze zdefiniowaną z góry pozycją próbników w przestrzeni, dzięki czemu wyniki pomiarów są bardziej powtarzalne i możliwe do porównania z wynikami uzyskanymi w podobnych eksperymentach mających na celu w ogólnym zarysie; wpływ parametrów opryskiwania na jakość zabiegu (Szewczyk, 2010).

Powierzchnia opryskiwana papierka ulega zabarwieniu w miejscach, gdzie osiadły krople cieczy. Obecnie stopień pokrycia wyznaczany jest za pomocą komputera i programów do analizy obrazu. Obrazy papierków wodoczułych po opryskaniu były przetwarzane w formę cyfrową za pomocą skanera a następnie poddawane analizie przez algorytm obliczeniowy programu komputerowego. Komputerowa analiza obrazu to operacja prosta do wykonania, jednak, jak twierdzą niektórzy badacze (Lipiński i Lipiński, 2009), można podczas tej czynności popełnić błąd rzutu na dalszy proces obliczeniowy, ustawiając nieprawidłowo próg binaryzacji. Może to prowadzić do niedoszacowania lub przeszacowania badanego wskaźnika

Wielu autorów podkreśla fakt, że uzyskanie wysokich plonów dobrej jakości jest możliwe tylko dzięki stosowaniu do ochrony roślin przed szkodnikami, chorobami i chwastami chemicznych środków ochrony roślin (ś.o.r.) (Adamczewski i Dobrzański, 2006; Pruszyński, 2009; Szewczyk, 2010; Pruszyński i Pruszyński, 2013). Ze względu na wzrastającą ilość wykonywanych zabiegów ochrony roślin, użytkownicy opryskiwaczy coraz częściej decydują się na zakup maszyny o większej wydajności. Wzrost wydajności jest uzyskiwany nie tylko przez zwiększenie szerokości belki opryskowej, ale coraz częściej przez stosowanie wyższych prędkości roboczych (Ganzelemeier i Nordmeyer, 2008; Weymann, 2009).

Bezpośredni wpływ na jakość zabiegu ma rodzaj/typ zastosowanych rozpylaczy (Nowakowski, 2007; Czaczyk, 2011). Niezbędne jest jednak określenie charakterystyk rozpylenia tych rozpylaczy, by do potrzeb bezpiecznej aplikacji ś.o.r., uzyskać dane do jak najbardziej skutecznego i legalnego w przyszłości (ze względu na zagrożenie znośnieniem i obowiązkiem przestrzegania stref buforowych) wykorzystania w praktyce ich możliwości technicznych w różnych warunkach pracy. Opryskiwanie jest procesem dynamicznym przebiegającym w zmiennych warunkach środowiskowych i technicznych. Przy dostępie do rozwiązań umożliwiających zmiany parametrów pracy maszyn w trakcie ich pracy potrzebne są zaawansowane badania charakterystyk aparatury do stosowania ś.o.r., a wprost niezbędne jest uwzględnienie charakterystyk rozpylenia stosowanych rozpylaczy (Czaczyk i Szulc, 2012, Czaczyk 2012a, b, c.)

Ocena klas jakości rozpylenia uwzględnia trzy parametry charakteryzujące rozpyloną strugę cieczy: Dv_{10} , Dv_{50} (VMD) i Dv_{90} . Średnica Dv_{10} to wartość, od której 10% objętości cieczy, rozpylona jest na krople mniejsze; średnica Dv_{50} , inaczej VMD - mediana objętościowa, względem której połowa cieczy rozpylona jest na krople mniejsze, a druga połowa na większe, oraz średnica Dv_{90} , od której 10% objętości rozpylona jest na krople większe, a 90% na mniejsze. O jakości pracy i powtarzalności produkcyjnej rozpylaczy świadczy również współczynnik jednorodności rozpylenia $RS = (Dv_{90} - Dv_{10}) \cdot (Dv_{50})^{-1}$ (Relative Span) informując jednocześnie o zakresie rozrzutu średnic kropeł wytwarzanych przez rozpylacz. Mimo, że zagadnieniom jakości rozpylenia z użyciem wielu istniejących na rynku rozpylaczy poświęcono dotychczas wiele prac badawczych nie wszystkie zależności związane z jakością zabiegu zostały wyjaśnione.

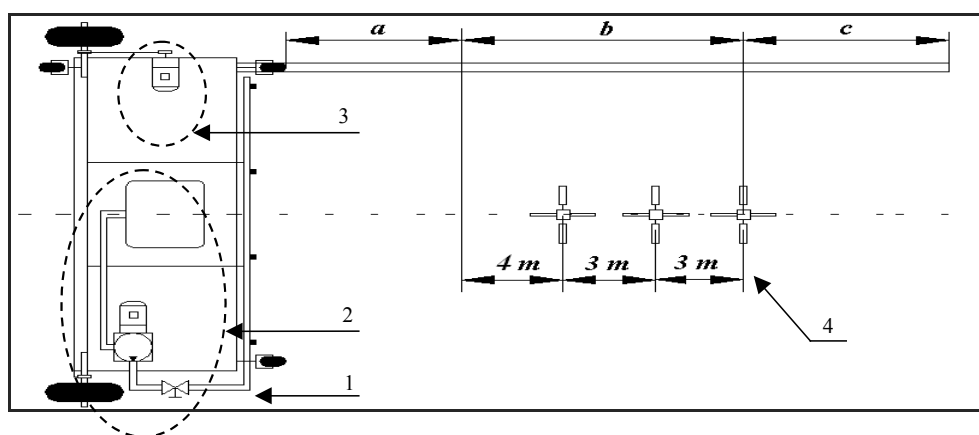
Cel pracy

Celem pracy była analiza wpływu prędkości roboczej na stopień pokrycia opryskiwanych obiektów dla wybranych rozpylaczy przy zachowaniu stałej dawki cieczy użytkowej na hektar.

Metodyka

Badania przeprowadzono w Instytucie Inżynierii Rolniczej UP we Wrocławiu na stanowisku badawczym – nośniku rozpylaczy, którego schemat pokazano na rys. 1.

Nośnik rozpylaczy składał się z układu cieczowego i jezdnego. Badania prowadzono w warunkach laboratoryjnych, dzięki czemu wyeliminowano wpływ czynników zewnętrznych.

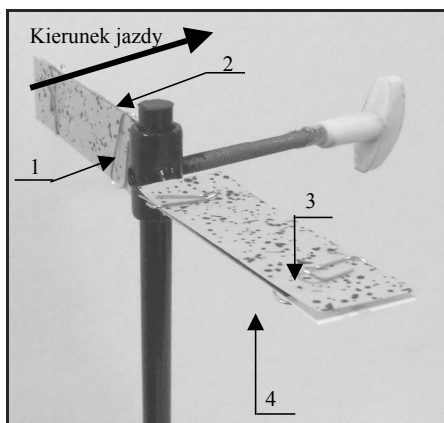


Rysunek 1. Schemat stanowiska badawczego do badań stopnia pokrycia opryskiwanych obiektów: *a* – odcinek rozbiegowy, *b* – odcinek pomiarowy, *c* – odcinek końcowy, 1 – nośnik rozpylaczy, 2 – układ cieczowy nośnika rozpylaczy, 3 – układ napędowy nośnika rozpylaczy, 4 – sztuczna roślina

Figure 1. Schematic representation of the test rigs for investigation of the degree of covering the sprayed facilities: *a* – run-up section, *b* – measurement section, *c* – final section, 1 – carrier of sprayers, 2 – liquid system of the carrier of sprayers, 3 – power transmission system of the carrier of sprayers, 4 – artificial plant

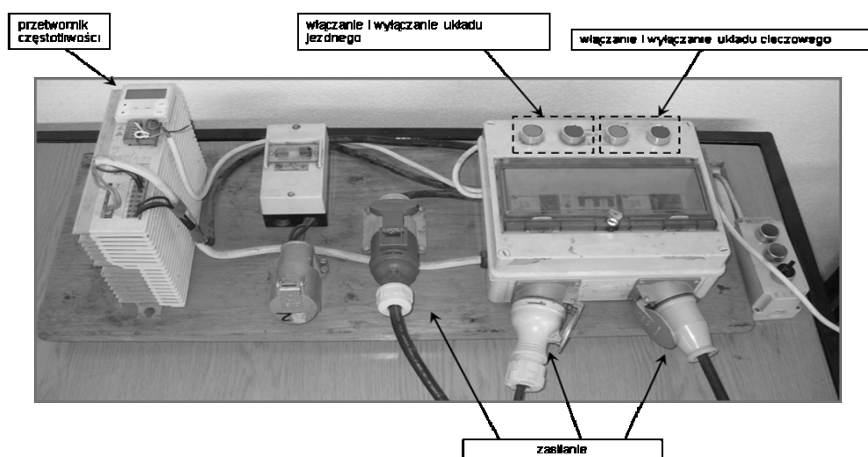
Droge, po której poruszał się nośnik podzielono na trzy części. Odcinek rozbiegowy, na którym nośnik uzyskiwał zadaną prędkość, następnie 10-metrowy odcinek pomiarowy, na którym ustawiono trzy sztuczne rośliny, stanowiące powtórzenia. Na odcinku końcowym nośnik wytracał prędkość aż do zatrzymania. Umieszczone na sztucznej roślinie papierki wodoczułe stanowiły opryskiwane obiekty (rys. 2). W badaniach stosowano stałą wartość

ciśnienia cieczy wynoszącą 0,3 MPa oraz dawkę cieczy – 240 l·ha⁻¹. Na belce nośnika zamocowane były cztery rozpylacze o podziale 0,5m dające wcześniej sprawdzony zaakceptowany rozkład opadu cieczy. Dawka cieczy wynikała z takich parametrów opryskiwania jak: wydatek, rozstaw rozpylaczy i prędkość. Badania przeprowadzono przy pionowym ustawieniu rozpylaczy w płaszczyźnie podłużnej, prostopadłej do belki.



Rysunek 2. Zdjęcie sztucznej rośliny
 Obiekty: 1 – pionowy najazdowy (A_{nj}), 2 – pionowy odjazdowy (A_{oj}), 3 – poziomy górny (A_{pog}), 4 – poziomy dolny (A_{pod})
 Figure 2. Picture of an artificial plant
 Facilities: 1 – vertical approach (A_{nj}), 2 – vertical depart (A_{oj}), 3 – upper level (A_{pog}), 4 – lower level (A_{pod})

Opryskiwanie wykonywano ze zmienną prędkością, która wynosiła: 1,1; 2,2; 3,3; 4,4 m/s. Regulacji prędkości dokonywano przez przyjęcie odpowiedniej wartości na przetworniku częstotliwości odpowiedzialnym za sterowanie silnikiem elektrycznym. Dla prędkości jazdy równej 1,1 m·s⁻¹ częstotliwość wynosiła 12,5 Hz, dla 2,2 m·s⁻¹ – 24,5 Hz, dla 3,3 m·s⁻¹ – 36,5 Hz, natomiast dla prędkości 4,4 m·s⁻¹ – 49 Hz (rys. 3).



Rysunek 3. Panel sterujący pracą nośnika rozpylaczy
 Figure 3. Panel controlling operation of the carrier of sprayers

Do badań użyto następujących rozpylaczy: AXI 11002, AVI 11002, AVI TWIN 11002 (Albuz) i DGTJ 11002 (TeeJet). Wielkość kropeł wytwarzanych przez przyjęte do badań rozpylacze zależała od konstrukcji danego rozpylacza. Badane rozpylacze eżektorowe wytwarzały krople, oceniane na podstawie mediany objętościowej średnicy kropeł (VMD), ponad dwukrotnie większej niż w przypadku zastosowanych w badaniach rozpylaczy standardowych.

Stożek pokrycia badanych obiektów określano przy zastosowaniu komputerowej analizy obrazu. Na obszarze papierka wodoczułego wybierano losowo trzy reprezentatywne fragmenty powierzchni o wymiarach 20 mm x 20 mm, a następnie komputer odczytywał ilość ciemnych pikseli na obszarze zaznaczonym określając na tej podstawie zabarwioną powierzchnię. Do obliczenia stopnia pokrycia używano następującego wzoru:

$$P_{sp} = \frac{W_k}{W_p} \cdot 100 \quad (\%) \quad (1)$$

gdzie:

P_{sp} – stopień pokrycia (%),

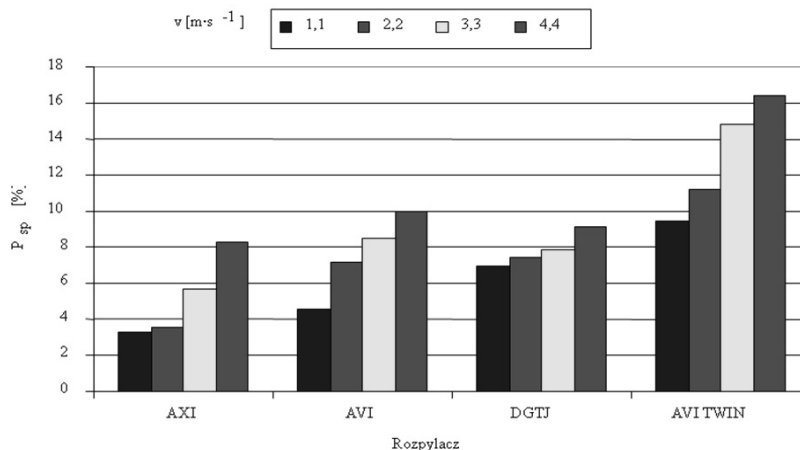
W_k – powierzchnia pokryta cieczą (piksele),

W_p – powierzchnia 4 cm² (piksele).

W celu statystycznego opracowania wyników badań przeprowadzono wieloczynnikową analizę wariancji.

Wyniki badań

Wyniki badań zostały zilustrowane na wykresach słupkowych (rys.4-6).



Rysunek 4. Stopień pokrycia powierzchni pionowej najazdowej (A_{nj}) dla badanych rozpylaczy
 Figure 4. Degree of covering the vertical approach surface (A_{nj}) for the researched sprayers

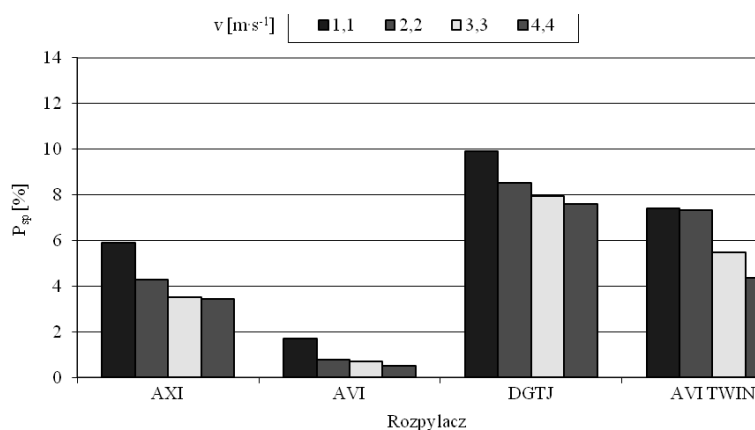
Na rys. 4 przedstawiono wyniki badań stopnia pokrycia powierzchni pionowych najazdowych. Jak widać na rysunku stosowanie wyższej prędkości jazdy spowodowało wyraźne zwiększenie stopnia pokrycia tych powierzchni w przypadku wszystkich badanych rozpylaczy. Na rysunku widać też, że w każdym przypadku zastosowanej prędkości opryskiwania najniższe wartości stopnia pokrycia zanotowano dla rozpylacza AXI a najwyższe dla rozpylacza AVI TWIN.

Na rys. 5 przedstawiono wyniki badań stopnia pokrycia powierzchni pionowych odjazdowych. Odwrotnie jak to miało miejsce w przypadku powierzchni pionowych najazdowych zwiększanie prędkości roboczej powodowało zmniejszanie wartości stopnia pokrycia. W tym przypadku najniższe wartości uzyskano przy zastosowaniu rozpylacza AVI, a najwyższe dla DGTJ.

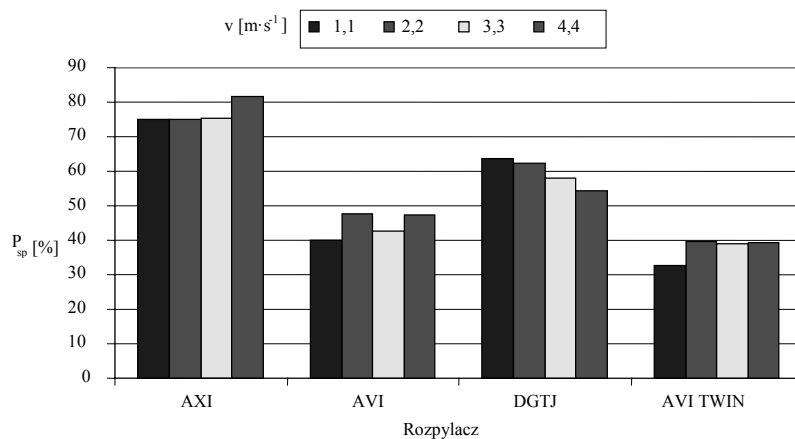
Rysunek 6 przedstawia zilustrowane wyniki badań stopnia pokrycia powierzchni poziomych górnych. Jak widać na wykresie najmniejsze pokrycie tych powierzchni zanotowano dla rozpylaczy AVI TWIN, a najwyższe dla AXI.

W przypadku powierzchni oznaczonych w metodyce jako poziome dolne nie odnotowano śladów pokrycia na tyle znaczących, by mogły być określone przy użyciu zastosowanej w badaniach komputerowej analizy obrazu.

Dla potwierdzenia zaobserwowanych na wykresach zależności przeprowadzono analizę statystyczną uzyskanych wyników badań. Wyniki tej analizy przedstawiono w tabeli 1. Na podstawie analizy zamieszczonych tam danych wynika, że badane czynniki takie jak typ rozpylacza oraz prędkość opryskiwania miały istotny ($\alpha < 0,05$) wpływ na stopień pokrycia opryskiwanych obiektów, za wyjątkiem stopnia pokrycia obiektów poziomych górnych, gdzie prędkość opryskiwania nie odgrywała już tak istotnej roli.



Rysunek 5. Stopień pokrycia powierzchni pionowej odjazdowej (A_{0j}) dla badanych rozpylaczy
Figure 5. Degree of covering the vertical depart surface (A_{0j}) for the researched sprayers



[IR1]

Rysunek 6. Stopień pokrycia powierzchni poziomej górnej (A_{pog}) dla badanych rozpylaczy
 Figure 6. Degree of covering the horizontal upper surface (A_{pog}) for the researched sprayers

Tabela 1.

Wyniki wieloczynnikowej analizy wariancji wpływu typu rozpylacza i prędkości opryskiwania na stopień pokrycia

Table 1

Results of the multi-factor analysis of variance of the impact of the sprayers type and the speed of spraying on the degree of covering

Czynnik	Poziom istotności α wpływu badanych czynników na stopień pokrycia opryskiwanych powierzchni:		
	najazdowej	odjazdowej	poziomej górnej
Typ rozpylacza	0,0005	0,0003	0,0002
Prędkość opryskiwania	0,0003	0,0181	0,7780

Wnioski

1. Zwiększenie prędkości opryskiwania spowodowało wzrost stopnia pokrycia pionowych powierzchni najazdowych. Odwrotną zależność zaobserwowano dla powierzchni odjazdowych.
2. Mniejsze różnice w stopniu pokrycia powierzchni pionowych, wynikające ze zmiany prędkości opryskiwania, zaobserwowano dla rozpylaczy dwustrumieniowych (AVI TWIN 11002 i DGTJ 11002), a większe dla jednostrumieniowych (AXI 11002 i AVI 11002).

3. Największą zdolnością do uzyskania najwyższego stopnia pokrycia powierzchni poziomej górnej charakteryzuje się rozpylacz jednostrumieniowy AXI (82%), wytwarzający krople o najmniejszej średnicy.
4. Ocena uzyskanych wyników analizy statystycznej prowadzi do stwierdzenia, że na stopień pokrycia opryskiwanych powierzchni ma istotny wpływ prędkość opryskiwania w przypadku wszystkich wybranych do badań rozpylaczy. Zjawisko to nie potwierdziło się jedynie w przypadku opryskiwania powierzchni poziomej górnej, gdzie nie odnotowano istotnego wpływu prędkości na stopień pokrycia.

Literatura

- Adamczewski, K.; Dobrzański, A. (2006). Chemiczne zwalczanie chwastów – teraźniejszość i przyszłość. *Fragm. Agron.* 23(4), 7-25.
- Czaczyk Z. (2011). Nierównomierność rozkładu poprzecznego cieczy i podatność wybranych rozpylaczy szczelinowych na zużycie. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna.* 5, 16-18.
- Czaczyk Z. (2012a). Charakterystyka użytkowa wybranych rozpylaczy do ochrony upraw przestrzennych. *Journal of research and applications in agricultural engineering.* 57(2), 23-30.
- Czaczyk Z. (2012b). Potencjał znoszenia cieczy wybranych rozpylaczy płaskostrumieniowych mierzone w tunelu aerodynamicznym. *Journal of research and applications in agricultural engineering.* 57(2), 41-46.
- Czaczyk Z. (2012c). Charakterystyka użytkowa wybranych rozpylaczy płaskostrumieniowych do ochrony upraw polowych. *Journal of research and applications in agricultural engineering.* 57(2), 31-40.
- Czaczyk Z, Szulc T. (2012). Charakterystyka użytkowa i produkcyjna wybranych rozpylaczy płaskostrumieniowych. *Journal of research and applications in agricultural engineering.* 57(2), 52-59.
- 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.
- Foqué D., Braekman P., Pieters J. G., Nuytens D. (2012). A vertical spray boom application technique for conical bay laurel (*Laurus nobilis*) plants. *Crop Protection.* 41, 113-121.
- Ganzelmeier H., Nordmeyer H. (2008). Innovationen in der Applikationstechnik. *DPG Spectrum Phytomedizin,* 138-149.
- Godyń A., Hołownicki R., Doruchowski G., Świechowski W. (2012). Zastosowanie skanera laserowego Lidar w technice ochrony roślin. *Inżynieria Rolnicza.* 2(136), 63-71.
- Lipiński A. J., Choszcz D. J., Konopka S. (2007). Ocena rozpylaczy do oprysku ziemniaków w aspekcie równomierności pokrycia roślin cieczą. *Inżynieria Rolnicza.* 9(97), 135-141.
- Lipiński A. J., Lipiński S. (2009). Automatyczna ocena jakości oprysku na podstawie śladów kropeł przy użyciu komputerowej analizy obrazu. *Inżynieria Rolnicza.* 5(114), 163-168.
- Nowakowski T. (2007). Zmiany kąta rozpylenia w zależności od ciśnienia cieczy. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna.* 2, 14-15.
- Pruszyński S. (2009). Stan obecny i przewidywane kierunki zmian w ochronie roślin do roku 2020. *Studia i Raporty IUNG – PIB. Zeszyt 14,* 207-242.
- Pruszyński S. Pruszyński G. (2013). Zrównoważone stosowanie pestycydów. *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego.* 2, 23-38.
- Szewczyk A. (2010). *Analiza ustawienia, parametrów i warunków pracy rozpylacza w aspekcie jakości opryskiwania upraw polowych.* Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. ISBN 978-83-7717-003-8.

- Szewczyk A., Łuczycka D., Cieniawska B., Rojek G. (2012). Porównanie stopnia pokrycia obiektów opryskiwanych wybranymi rozpylaczami ezektorowymi – jedno i dwustrumieniowym. *Inżynieria Rolnicza*. 2(136), 325-334.
- Szewczyk A., Łuczycka D., Lejman K., Cieniawska B. (2013). Analiza porównawcza stopnia pokrycia opryskiwanych obiektów wybranymi rozpylaczami dwustrumieniowymi. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 58(1), 172-177.
- Weymann S. (2009). Przystosowanie mobilnych maszyn rolniczych do zwiększonych prędkości roboczych. Cz. 2 Maszyny do nawożenia, siewu, sadzenia i ochrony roślin. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*. 4.

IMPACT OF SPEED AND TYPE OF A SPRAYER ON THE DEGREE OF COVERING HORIZONTAL AND VERTICAL SPRAYED SURFACES

Abstract. The paper presents the results of research on the degree of covering the sprayed facilities with the use of four types of sprayers. The measurements were carried out at four work speeds of an aggregate, constant pressure of liquid and a constant dose of liquid. The tests were carried out in the laboratory conditions, for which a carrier of sprayers was used. The research was carried out on three artificial plants, on which water sensitive papers were mounted. Facilities determined as: upper levels (A_{pod}), lower levels (A_{pod}), vertical approach (A_{hj}) and vertical depart (A_{oj}) formed probes. In order to determine the degree of covering, the papers were subjected to computer image analysis. The results were subjected to multi-factor analysis of variance, which proved that the applied sprayer and the speed of aggregate significantly influenced the degree of covering vertical facilities. In case of upper horizontal facilities, no significant impact of the working speed was reported. The increase of the spraying speed caused the increase of the degree of covering the approach surfaces. The opposite relation was reported for departure surfaces. No noticeable coverage with a sprayed liquid was noticed on horizontal objects.

Key words: degree of covering, spraying speed, sprayer type

Adres do korespondencji:
Antoni Szewczyk; e-mail: antoni.szewczyk@up.wroc.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Chełmońskiego 37/41
51-630 Wrocław