

## CHARAKTERYSTYKA OPRYSKOWA ROŚLIN JAKO PRZYDATNE KRYTERIUM DOBORU ROZPYLACZY DO ZABIEGU

Deta Łuczycza, Antoni Szewczyk, Beata Cieniawska  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

**Streszczenie.** Celem pracy było przedstawienie możliwości zastosowania charakterystyki opryskowej roślin jako kryterium doboru rozpylacza do zabiegu na podstawie wyników badań stopnia pokrycia i charakterystyk opryskowych roślin. Badania wykonano w dwóch etapach. W pierwszym etapie przeprowadzono pomiary stopnia pokrycia opryskiwanych obiektów. Opryskiwanym obiektem była sztuczna roślina, na której wyznaczono opryskiwane powierzchnie pionowe i poziome. Do badań wybrano 6 rozpylaczy reprezentujących różny sposób pracy. Drugi etap polegał na przeprowadzeniu doświadczenia, które polegało na określeniu charakterystyki opryskowej roślin wykonanej na specjalnym stanowisku umożliwiającym zrobienie zdjęć rzutów poziomych i pionowych roślin. Uzyskane zdjęcia opracowano w programie graficznym. Umożliwiło to określenie wielkości i położenia powierzchni roślin, według autorów mających istotne znaczenie w procesie opryskiwania. Badane rośliny cechowały się dużym zróżnicowaniem parametrów, które przyjęto do określania charakterystyki opryskowej. Na podstawie analizy uzyskanych wyników badań stwierdzono, że cechą charakterystyczną dla badanych rozpylaczy jest różny zakres stopnia pokrycia powierzchni oznaczonych jako pionowe i poziome, co w powiązaniu z różną charakterystyką opryskową tych roślin determinuje możliwość ich potencjalnego pokrycia cieczą użytkową.

**Słowa kluczowe:** stopień pokrycia, charakterystyka opryskowa roślin

### WSTĘP

Powszechnie uważa się, że skuteczność zabiegu opryskiwania zależy od równomierności rozkładu opadu cieczy, stopnia pokrycia opryskiwanych powierzchni i nanieśnięcia cieczy użytkowej [Świechowski i in. 2014]. Wartość wymienionych wskaźników

w dużym stopniu uzależniona jest od zastosowanych rozpylaczy. Wielu autorów wskazuje na wybór odpowiedniego rozpylacza jako ważnego aspektu zabiegów ochrony roślin zarówno w warunkach polowych, jak i sadowniczych oraz w uprawach pod osłonami [Kierzek 2007, Kierzek i Wachowiak 2009].

Ze względu na to, że na rynku dostępnych jest coraz więcej nowych typów rozpylaczy, pojawia się poważny problem z wyborem odpowiedniego rozpylacza do wykonywanego zabiegu. W znacznym stopniu wybór ten ułatwia analiza jakości pracy dostępnych na rynku rozpylaczy. Problemem wówczas, nie tylko praktycznym, ale również naukowym, jest przyjęcie odpowiedniego kryterium oceny stosowanych rozpylaczy.

Jako jeden z podstawowych liczbowych wskaźników charakteryzujących jakość zabiegów ochrony, zalecany do stosowania przez wielu specjalistów i naukowców, jest wskaźnik poprzecznej nierównomierności oprysku [Szewczyk 2011]. Wyznaczany jest na podstawie wyników pomiarów objętości cieczy zebranej w naczyniach pomiarowych umieszczonych odpowiednio pod każdą rynienką stołu pomiarowego, a metodykę prowadzenia badań oraz wykorzystywaną aparaturę regulują międzynarodowe i polskie normy.

Stopień pokrycia opryskiwanych obiektów jest kolejnym wskaźnikiem pozwalającym na porównanie jakości pracy rozpylaczy. Podczas jego wyznaczania można uwzględnić warunki panujące podczas opryskiwania zarówno w laboratorium, jak i w warunkach polowych. Stopień pokrycia wyrażany jest w procentach i definiowany jako stosunek powierzchni pokrytej cieczą do całkowitej powierzchni podlegającej pomiarowi [Hołownicki i in. 2002, Lipiński i in. 2007, Szewczyk i in. 2012]. Próbnikami wykorzystywanymi do pomiaru stopnia pokrycia są najczęściej papierki wodoczułe. Powierzchnia opryskiwana ulega zabarwieniu w miejscach, gdzie osiadły krople cieczy [Marcal i in. 2008].

Trzecią omawianą metodą jest określenie wielkości naniesienia cieczy użytkowej na opryskiwane obiekty. Wskaźnik ten wyrażany jest ilością cieczy lub preparatu na jednostkę powierzchni [Hołownicki i in. 2002, Godyń i in. 2006]. Znacznikami wykorzystywanymi w badaniach naniesienia cieczy użytkowej są środki chemiczne stosowane w ochronie roślin, takie jak tlenochlorek miedzi wykorzystywany w ochronie fungicydowej w uprawach soi. Ilościowym pomiarom w tym przypadku podlega jon miedzi, którego zawartość na bibułach filtracyjnych oceniana jest na podstawie analizy chemicznej. Bibuły były uprzednio opryskane po ich umieszczeniu na roślinie. Wartość stężenia pierwiastka miedzi określa się na podstawie ilości absorbowanego promieniowania światła przez wolne atomy wytworzone w atomizerze [De Souza Christovam i in. 2010]. Do innych znaczników wykorzystywanych w badaniach naniesienia cieczy opryskowej należą związki chelatowe. Są to związki, w których minerał lub metal jest połączony wiązaniem chemicznym z substancją chelacyjną.

Ciągle poszukuje się jednak metody, na podstawie której można wyciągnąć najbardziej trafne wnioski, możliwe do zastosowania w praktyce ochrony roślin i w założeniach konstrukcyjnych sprzętu do ochrony upraw płaskich. Kierując się metodami uwzględniającymi: opad rozpylanej cieczy, stopień pokrycia, naniesienie preparatu czy też jakość rozpylania nie bierze się pod uwagę niezmiernie istotnego aspektu procesu opryskiwania jakim jest sam cel (obiekt) opryskiwania charakteryzujący się określonymi cechami. Obiekty te nie tylko bardzo różnią się pod względem morfologicznym, ale przede

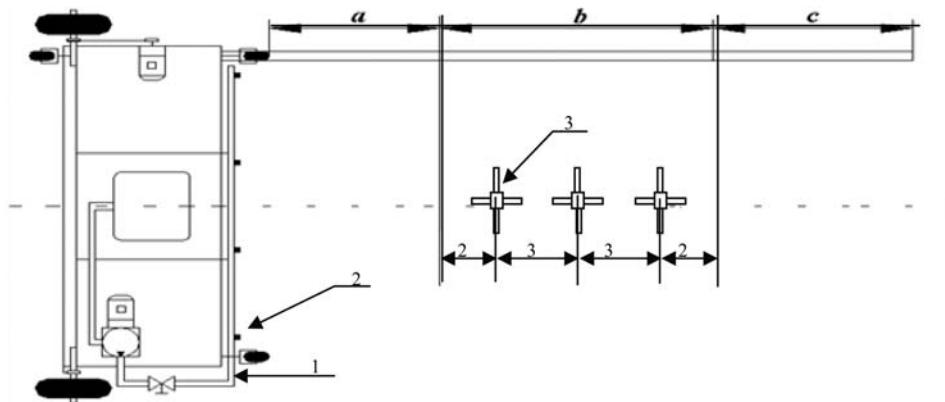
wszystkim pod względem najistotniejszej, zdaniem autorów, cechy, jaką jest ich stopień ekspozycji na rozpylony strumień cieczy użytkowej.

Podstawowym założeniem badawczym było postawienie tezy, że istnieje zależność między pokryciem opryskiwanego obiektu a jego charakterystyką opryskową przyjętą przez autorów jako stosunek powierzchni pionowej opryskiwanego obiektu a jego powierzchnią poziomą.

Celem pracy było więc określenie charakterystyk opryskowych przykładowych roślin jako przydatnego kryterium doboru rozpylacza do zabiegu, mając na uwadze uzyskanie możliwie najwyższego stopnia pokrycia opryskiwanych obiektów z zastosowaniem wybranych rozpylaczy.

## MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w dwóch etapach. W pierwszym etapie przeprowadzono pomiary stopnia pokrycia opryskiwanych obiektów. Badania te wykonano w Instytucie Inżynierii Rolniczej UP we Wrocławiu, w warunkach laboratoryjnych, na stanowisku badawczym, którego schemat przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego: a – odcinek rozbiegowy, b – odcinek pomiarowy, c – odcinek końcowy, 1 – nośnik rozpylaczy, 2 – rozpylacze, 3 – sztuczna roślina

Fig. 1. The schema of the measurement stand: a – run line, b – measurement line, c – ending line, 1 – sprayers carrier, 2 – nozzles, 3 – an artificial plant

Badania polegały na opryskiwaniu papierków wodoczułych o wymiarach  $76 \times 26$  mm, które umieszczano na sztucznej roślinie. Próbniki oznaczone były jako powierzchnie: pionowe najazdowe ( $A_{ni}$ ), pionowe odjazdowe ( $A_{oi}$ ), poziome górne ( $A_{pog}$ ), poziome dolne ( $A_{pod}$ ) – rysunek 2.

Stopień pokrycia badanych obiektów określano po zastosowaniu komputerowej analizy obrazu. Na obszarze papierka wodoczułego wybierano losowo trzy fragmenty o wymiarach  $20 \times 20$  mm, a następnie odczytywano ilość ciemnych pikseli na obszarze zaznaczonym. Do obliczenia stopnia pokrycia używano następującego wzoru:



Rys. 2. Zdjęcie sztucznej rośliny: 1 – pionowy najazdowy ( $A_{nj}$ ), 2 – pionowy odjazdowy ( $A_{oj}$ ), 3 – poziomy górny ( $A_{pog}$ ), 4 – poziomy dolny ( $A_{pod}$ )

Fig. 2. Artificial plant photo: 1 – vertical approach ( $A_{nj}$ ), 2 – vertical leaving ( $A_{oj}$ ), 3 – upper vertical level ( $A_{pog}$ ), 4 – lower vertical level ( $A_{pod}$ )

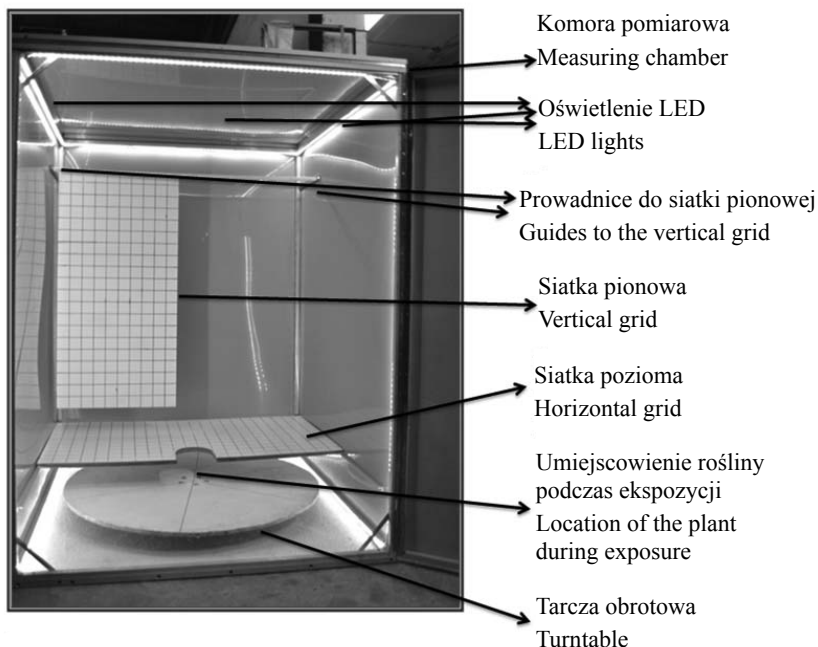
$$P_{sp} = \frac{W_k}{W_p} \cdot 100 [\%]$$

gdzie:  $P_{sp}$  – stopień pokrycia [%],  
 $W_k$  – powierzchnia pokryta cieczą [piksele],  
 $W_p$  – powierzchnia 4 cm<sup>2</sup> [piksele].

Do badań wybrano następujące rozpylacze: DG 11003, IDK 12003, AI 11003, AITTJ 11003, DGTJ 11003, CVI TWIN 11003. Przyjęte parametry i warunki opryskiwania: prędkość  $v = 10$  [km·h<sup>-1</sup>], ciśnienie cieczy  $p = 4$  [b], wydatek rozpylaczy  $q = 1,39$  [l·min<sup>-1</sup>].

Druga część badań dotyczyła określenia wielkości powierzchni opryskiwanej i współczynnika powierzchni opryskowej. Badania te również przeprowadzono w Instytucie Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, w warunkach laboratoryjnych, na stanowisku, którego schemat przedstawiono na rysunku 3. Badania polegały na wykonaniu zdjęć powierzchni rzutów pionowych i poziomych rośliny umieszczonej w centralnym miejscu komory na obrotniku.

Na rysunku 3 przedstawiono widok ogólny stanowiska. W komorze pomiarowej zamontowano na profilach aluminiowych listwy oświetleniowe LED, które miały zapewnić jak najlepsze warunki podczas wykonywania zdjęć. Podczas ekspozycji niektóre listwy oświetleniowe były wyłączane po to, aby „nie raziły” kamery wykonującej akwizycję. Zdjęcia poszczególnych rzutów wykonywane były na tle siatek: pionowej i poziomej. Jeden bok kwadratu siatki miał znany wymiar (5 cm), jako konieczny warunek analizy graficznej wykonanej w programie AutoCad 2011.



Rys. 3. Widok ogólny stanowiska

Fig. 3. Test stand general view

Po uzyskaniu wyników analizy graficznej w programie AutoCad 2011 obliczano współczynnik położenia powierzchni opryskowych według następującego wzoru uwzględniającego stosunek powierzchni opryskiwanych w rzucie pionowym i poziomym:

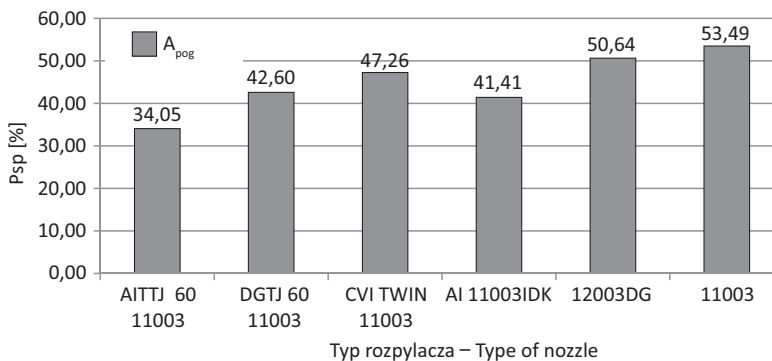
$$W_{po} = \frac{\text{rzut powierzchni pionowej}}{\text{rzut powierzchni poziomej}} [-]$$

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wyniki badań stopnia pokrycia opryskiwanych obiektów przedstawiono na rysunkach (rys. 4–5).

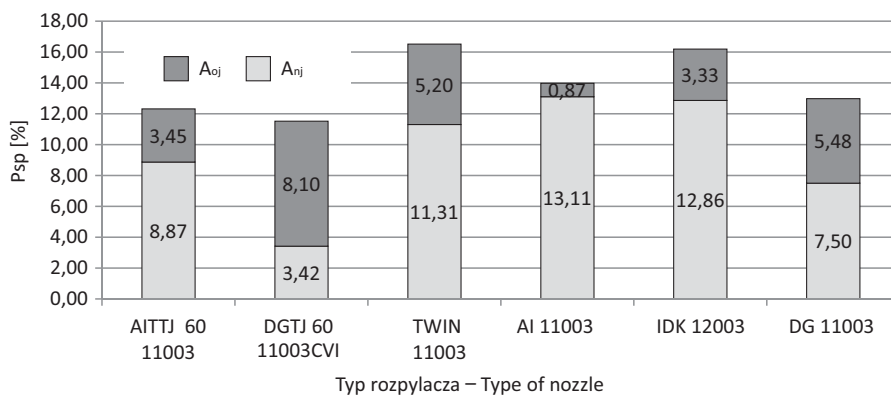
Na rysunku 4 przedstawiono wyniki badań stopnia pokrycia opryskiwanych obiektów poziomych rozpylaczy. Stopień pokrycia badanej powierzchni był najwyższy przy zastosowaniu rozpylaczy jednostrumieniowych DG11003 i TJ 11003A, z kolei podczas opryskiwania powierzchni rozpylaczem dwustrumieniowym AITTJ 60 11003 zanotowano najniższy stopień pokrycia.

Na rysunku 5 przedstawiono wyniki badań stopnia pokrycia obiektów pionowych najazdowych i odjazdowych dla badanych rozpylaczy. W tym przypadku zauważalne jest, że rozpylacze dwustrumieniowe lepiej niż rozpylacze jednostrumieniowe pokrywają obie powierzchnie pionowe jednocześnie.



Rys. 4. Stopień pokrycia obiektów poziomych górnych dla wybranych typów rozpylaczy

Fig. 4. Coverage ratio of upper horizontal objects for selected nozzle types



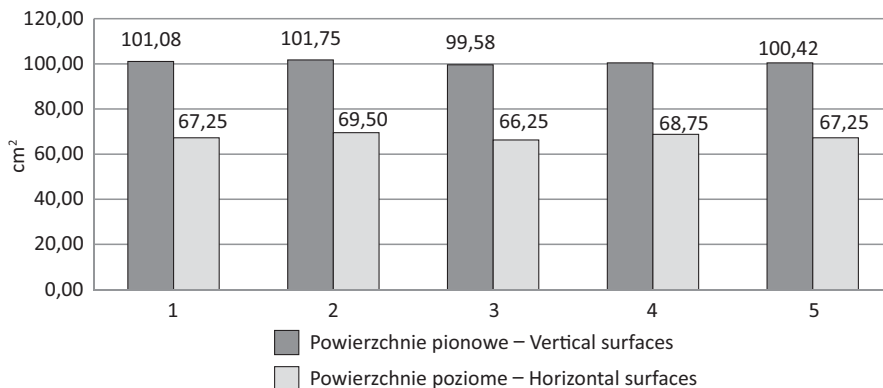
Rys. 5. Stopień pokrycia opryskiwanych obiektów pionowych dla wybranych typów rozpylaczy

Fig. 5. Coverage ratio of vertical objects for selected nozzle types

W trakcie wszystkich przeprowadzonych podczas badań pomiarów nie stwierdzono śladów pokrycia obiektów poziomych dolnych.

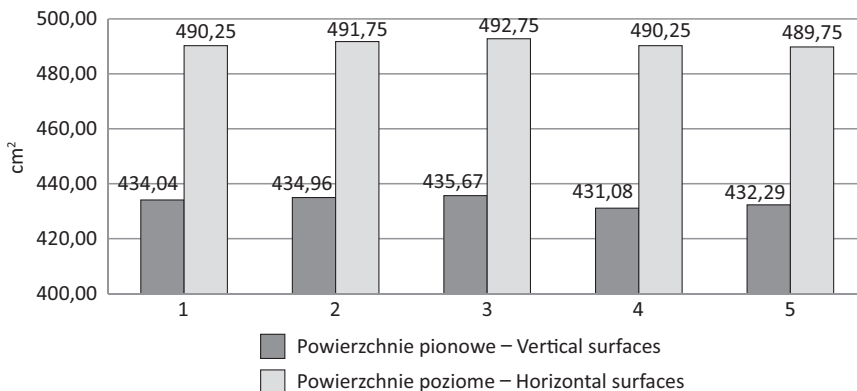
Z przedstawionych wyników stopnia pokrycia wynika jednoznacznie, że bardzo ważnym aspektem w technice ochrony roślin polowych i sadowniczych jest odpowiedni dobór rozpylacza do zabiegu, gdyż, jak wykazało porównanie rozpylaczy jedno- i dwustrumieniowych, różnice w zakresie pokrycia poszczególnych elementów budowy opryskiwanego obiektu były bardzo znaczące. Do podobnych wniosków doszli autorzy, badając nierównomierność pokrycia z zastosowaniem rozpylaczy jedno- i dwustrumieniowych [Łuczycycka i in. 2014] oraz różnych rodzajów rozpylaczy w zabiegach sadowniczych [Świechowski i in. 2014]

By wykazać jak różnią się między sobą istotnymi ze względu na proces opryskiwania cechami przykładowo wybrane rośliny, na rysunkach 6 i 7 przedstawiono wyniki pomiarów powierzchni rzutów poziomych i pionowych badanych roślin. Roślina 1 charakteryzowała się większą powierzchnią rzutów pionowych, z kolei roślina 2 miała większą powierzchnią rzutów poziomych.



Rys. 6. Powierzchnia rzutów poziomych i pionowych rośliny 1

Fig. 6. Horizontal and vertical projections area for plant 1



Rys. 7. Powierzchnia rzutów poziomych i pionowych rośliny 2

Fig. 7. Horizontal and vertical projections area for plant 2

W tabeli 1 zamieszczono wartości współczynnika położenia powierzchni opryskowych. Roślina, której powierzchnia rzutów pionowych była większa od powierzchni rzutów poziomych (roślina 1), charakteryzowała się współczynnikiem położenia powierzchni opryskowych większym od 1. W przypadku rośliny 2, której powierzchnia rzutów pionowych była mniejsza od powierzchni rzutów poziomych, współczynnik ten był mniejszy od 1.

Analizując dane zamieszczone w tabeli, można wyciągnąć wnioski dotyczące potencjalnych możliwości pokrycia i naniesienia cieczy użytkowej z zastosowaniem różnych rozpylaczy. W przypadku współczynnika większego od jedności bardziej efektywne będzie wykorzystanie do opryskiwania rozpylaczy lepiej pokrywających powierzchnie pionowe.

Liczne pozycje literaturowe z zakresu badań charakterystyki roślin wskazują na zainteresowanie naukowców tematyką podjętą w niniejszym artykule. Kielbasa i Juliszewski

Tabela 1. Wyniki współczynnika położenia powierzchni opryskowych

Table 1. Ratio spray surface position results

Roślina 1 – Plant 1			Roślina 2 – Plant 2		
Powierzchnie pionowe Vertical surfaces	Powierzchnie poziome Horizontal surfaces	$W_{po}$	Powierzchnie pionowe Vertical surfaces	Powierzchnie poziome Horizontal surfaces	$W_{po}$
101,08	67,25	<b>1,50</b>	434,04	490,25	<b>0,89</b>
101,75	69,50	<b>1,46</b>	434,96	491,75	<b>0,88</b>
99,58	66,25	<b>1,50</b>	435,67	492,75	<b>0,88</b>
100,42	68,75	<b>1,46</b>	431,08	490,25	<b>0,88</b>
100,42	67,25	<b>1,49</b>	432,29	489,75	<b>0,88</b>

[2005] przeprowadzili badania metodą videokomputerową, które pozwoliły na określenie powierzchni fotosyntetycznej roślin. Doświadczenia te nie mogą być jednak wykonywane w przypadku wszystkich roślin, np. pszenicy ozimej, ponieważ pomiar uniemożliwiła budowa anatomiczna liści tej rośliny. Ze względu na to, że autorzy tych publikacji prowadzili eksperymenty, w których osobno liczono powierzchnię każdego liścia, nie mogą one zostać wykorzystane do badań związanych z aplikacją pestycydów ani stanowić materiału porównawczego do prezentowanych w niniejszym artykule wyników badań. Jest to związane z faktem, że podczas zabiegu powierzchnie opryskiwane „widziane” są przez rozpylacz jako rzut pionowy lub poziomy.

Wielu naukowców przeprowadziło również badania dotyczące wskaźnika stanu ulistnienia: LAI – powierzchni liści oraz MTA – kąta nachylenia liści. Doświadczenia miały na celu określenie m.in. wpływu zróżnicowanego nawożenia azotowego na plonowanie oraz wpływu chemicznej ochrony roślin w warunkach różnych systemów upraw [Gołębiowska i Sekutowski 2007, Andruszczak i in. 2012]. Ponadto badania tych wskaźników posłużyły do opisanego zmian zachodzących w łanie, a także pozwalały na określenie plonu roślin [Woźniak 2008]. Metody te również nie mogą być wykorzystane podczas doświadczeń związanych z aplikacją środków ochrony roślin, ze względu na to, że odnoszą się do powierzchni liści przy różnym kącie ich nachylenia, a nie do powierzchni rzutów tych roślin, które stanowią cel emitowanych przez rozpylacz kropeł rozpylanej cieczy użytkowej.

## WNIOSKI

1. Analiza wyników przeprowadzonych badań stopnia pokrycia opryskiwanych obiektów uzyskanych z zastosowaniem wybranych rozpylaczy wykazała występowanie dużych różnic w pokryciu powierzchni pionowych i poziomych.

2. Na podstawie uzyskanych wyników i ich analizy można stwierdzić, że cechą charakterystyczną dla badanych rozpylaczy jest różny zakres stopnia pokrycia powierzchni pionowych i poziomych. Rozpylacze jednostrumieniowe lepiej pokrywają powierzchnie poziome górne, a rozpylacze dwustrumieniowe powierzchnie pionowe.



3. Powierzchnie rzutów poziomych i pionowych i ich wzajemny stosunek okazały się cechami charakterystycznymi i wyróżniającymi wybrane do badań żywe rośliny.

4. Współczynnik  $W_{po}$  wyrażający liczbowo charakterystykę opryskową opryskiwanej rośliny, obliczony jako wzajemny stosunek opryskiwanych powierzchni (poziomych i pionowych), może zdecydowanie ułatwić dokonanie właściwego wyboru rozpylacza do opryskiwania chronionych upraw, mając na uwadze jak najlepsze pokrycie opryskiwanych roślin cieczą użytkową.

## LITERATURA

- Andruszczak S., Kwiecińska-Poppe E., Kraska P., Pałys E., 2012. Wpływ niektórych środków ochrony roślin na kształtowanie powierzchni liści i kąta ich nachylenia u wybranych odmian ozimych pszenicy orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.). Postępy w Ochronie Roślin 52, 1, 163–166.
- De Souza Christovam R., Raetano C.G., de Amaral Dal Pogetto M.H.F., Prado E.P., Júnior H. O.A., Gimenes M.J., Serra M.E., 2010. Effect of Nozzle Angle and Air-Jet Parameters in Air-Assisted Sprayer on Biological Effect of Soybean Asian Rust Chemical Protection. J. of Plant Protect. Res. 50, 3, 347–353.
- Godyń A., Hołownicki R., Doruchowski G., Świechowski W., 2006. Rozkład cieczy użytkowej w drzewach podczas opryskiwania sadu jabłoniowego. Inż. Rol. 2, 77, 331–338.
- Gołębiowska H., Sekutowski T., 2007. Ocena selektywności herbicydów stosowanych w monokulturze kukurydzy z wykorzystaniem wskaźnika powierzchni liści (LAI) i kąta nachylenia liści (MTA). Inż. Rol. 91, 3, 51–58.
- Hołownicki R., Doruchowski G., Świechowski W., Jaeken P., 2002. Methods of evaluation of spray deposit and coverage on artificial targets. Electr. J. of Polish Agric. Univers. 5, 1, 1–9.
- Kielbasa P., Juliszewski T., 2005. Pomiar powierzchni liści wybranych roślin metodą video-komputerową. Inż. Rol. 74, 14, 169–175.
- Kierzek R., 2007. Skuteczna ochrona roślin [cz. II]. Dobór rozpylaczy do zabiegów polowych. Ochr. Roś. 1, 52, 32–35.
- Kierzek R., Wachowiak M., 2009. Wpływ nowych typów rozpylaczy na jakość pokrycia roślin ziemniaków cieczą użytkową. Post. Ochr. Roślin 49, 3, 1145–1149.
- Lipiński A.J., Choszcz D.J., Konopka S., 2007. Ocena rozpylaczy do oprysku ziemniaków w aspekcie równomierności pokrycia roślin cieczą. Inż. Rol. 9, 97, 135–141.
- Łuczycza D., Szewczyk A., Cieniawska B., 2014. Nierównomierność pokrycia opryskiwanych obiektów wybranymi rozpylaczami jedno- i dwustrumieniowymi. Agric. Engineering 18, 1, 101–110.
- Marçal A.R.S., Cunha M., 2008. Image processing of artificial targets for automatic evaluation of spray quality. Transactions of the ASAE 51, 3, 811–821.
- Szewczyk A., Łuczycza D., Rojek G., 2011. Analiza porównawcza rozkładu opadu cieczy rozpylonej wybranymi rozpylaczami dwustrumieniowymi. Inż. Rol. 9, 134, 255–262.
- Szewczyk A., Łuczycza D., Cieniawska B., Rojek G., 2012. Porównanie stopnia pokrycia obiektów opryskiwanych wybranymi rozpylaczami eżektorowymi – jedno- i dwustrumieniowym. Inż. Rol. 2, 136, 325–334.
- Świechowski W., Doruchowski G., Godyń A., Hołownicki R., 2014. Wpływ dawki cieczy, rodzaju rozpylaczy oraz fazy fenologicznej na jakość zabiegu ochrony w sadzie. Agric. Engineering 18, 1, 229–237.

Woźniak A., 2008. Wpływ zróżnicowanego udziału pszenicy jarej w zmianowaniu na indeks powierzchni liści (LAI). *Acta Agrophysica* 12, 1, 269–276.

## SPRAYED PLANTS CHARACTERISTICS AS A USEFUL CRITERION FOR NOZZLES SELECTION FOR THE SPRAYING

**Summary.** The aim of the research was to show the ability of the use of sprayed plants characteristics as a criterion for the nozzle selection based on the results of the investigation of coverage ratio and the sprayed plants characteristics.

In the first stage, measurements of the degree of coverage of sprayed objects. The sprayed object was an artificial plant, on which were set vertical and horizontal surfaces. For the research 6 nozzles representing different way of working were selected.

The second stage was to conduct the test for determination the characteristics of the sprayed plants made on a special stand that allows taking images of horizontal and vertical projections of plants. The resulting images have been developed in a graphics program. This allowed the determination of the size and position of the surface of plants that, according to the authors, are important in the process of spraying. The tested plants were characterized by a great diversity of parameters, which were adopted to determine the characteristics of the spray.

Based on the analysis of the obtained results, it was found out that the characteristic feature of the tested nozzles is a various range of the degree of vertical and horizontal surfaces coverage. In connection with different characteristics of the sprayed plant determines the potential coverage ratio. The analysis of the results of the research on the coverage degree of sprayed objects obtained with the use of select atomizers showed big differences in the coverage of horizontal and vertical surfaces. On the basis of received results and their analysis we can state that the characteristic feature of the examined atomizers is the different range of the coverage degree of vertical and horizontal surfaces. One-stream atomizers are better at covering upper horizontal surfaces while two-stream atomizers are better at covering vertical surfaces. The surface of horizontal and vertical projections and the rates of sprayed surfaces are parameters in which the examined plants differed most. The  $W_{po}$  factor determining the mutual ratio of the sprayed surfaces makes it easier to make the right choice of the atomizer used for protecting plants when it comes covering the sprayed plants with liquid as efficiently as possible.

**Key words:** coverage degree, sprayed plants characteristics, indicator area of the spray