

Ocena jakości pracy wybranych rozpylaczy płaskostrumieniowych w aspekcie poprzecznej nierównomierności oprysku

Dariusz Lodwik, Jerzy Pietrzyk

Politechnika Warszawska, Wydział Budownictwa, Mechaniki I Petrochemii w Płocku, Instytut Inżynierii Mechanicznej ul. Łukasiewicza 17, 09-400 Płock, e-mail: darlo@pw.plock.pl; j.pietrzyk@pw.plock.pl

Streszczenie. W artykule przedstawiono porównanie jakości pracy dwóch typów rozpylaczy produkcji polskiej i niemieckiej. Wykonano pomiary na zautomatyzowanym stanowisku laboratoryjnym mające na celu wyznaczenie rozkładu poprzecznego cieczy dla losowo wybranych egzemplarzy obu typów. Jako kryterium oceny jakości pracy badanych typów rozpylaczy przyjęto wartości wskaźnika CV nierównomierności rozkładu poprzecznego cieczy. Stwierdzono, że rozpylacze produkcji niemieckiej charakteryzują się mniejszymi wartościami wskaźnika CV w porównaniu z rozpylaczami produkcji polskiej.

Słowa kluczowe: ochrona roślin; rozpylacz, opryskiwanie; stanowisko badawcze; nierównomierność poprzeczna oprysku, wskaźnik CV.

częściej stosowane w opryskiwaniu upraw polowych ze względu na możliwości aplikacyjne dawek cieczy użytkowej w dobrych lub przeciętnych warunkach pogodowych i terenowych, [1].

CEL PRACY

Celem pracy było porównanie jakości pracy dwóch typów rozpylaczy płaskostrumieniowych: EŻK 110-03 firmy polskiej MMat i AirMix 110-03 niemieckiej firmy Agrotop przy wykorzystaniu oceny wskaźnika CV nierównomierności rozkładu poprzecznego cieczy wyznaczonego dla belki opryskowej wyposażonej w badany typ rozpylaczy.

WPROWADZENIE

Efektywność, skuteczność i bezpieczeństwo wykonywania zabiegów chemicznej ochrony roślin uwarunkowana jest w głównej mierze właściwym stanem technicznym zespołów i podzespołów opryskiwaczy w połączeniu z optymalną regulacją ich podstawowych parametrów roboczych, [5]. Jednym z najważniejszych podzespołów opryskiwacza są rozpylacze, a ich duża różnorodność umożliwia właściwy dobór w zależności od wymaganej dawki cieczy użytkowej, kroplistości oraz warunków wykonywania zabiegu. Od trafności tego doboru, a w szczególności parametrów pracy i stanu technicznego rozpylaczy zależy biologiczny efekt, a przede wszystkim skuteczność zabiegu opryskiwania, [6]. Niezmiennie ważną oceną jakości pracy rozpylaczy jest poprzeczna nierównomierność oprysku charakteryzowana tzw. wskaźnikiem CV. Wskaźnik ten wyznaczany jest na podstawie wyników pomiarów na znormalizowanym stole rowkowym prowadzonych wg zaleceń norm ISO oraz obowiązujących w kraju procedur inspekcji opryskiwaczy polowych. Dopuszczalna wartość wskaźnika CV w Polsce wynosi 10%, [1]. Rozpylacze płaskostrumieniowe są naj-

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w laboratorium Instytutu Inżynierii Mechanicznej Fili Politechniki Warszawskiej w Płocku. Przedmiotem badań były dwa typy rozpylaczy płaskostrumieniowych: eżektorowe polskiej firmy MMat o oznaczeniu EŻK 110-03 oraz inżektorowe niemieckiej firmy Agrotop o oznaczeniu AirMix 110-03. Pomiary rozkładu poprzecznego cieczy wykonano na zautomatyzowanym stanowisku laboratoryjnym wyposażonym w stół rowkowy o szerokości rowka równej 25mm, [7]. Widok stanowiska laboratoryjnego przedstawiono na rysunku 1. Testowano po 7 losowo wybranych egzemplarzy każdego z wymienionych typów. Wykonano po trzy powtórzenia dla każdego z egzemplarzy przy stałym ciśnieniu cieczy równym 3 bary oraz wysokości 400, 500 i 600 mm nad powierzchnią stołu rowkowego.

Jako kryterium oceny jakości pracy badanych typów rozpylaczy przyjęto wskaźnik CV nierównomierności rozkładu poprzecznego cieczy. Wartości tego wskaźnika wyznacza się zarówno dla pojedynczych rozpylaczy jak



Rys. 1. Widok ogólny stanowiska laboratoryjnego, [7]
Fig. 1. General view of the test station, [7]

i dla określonego odcinka belki opryskowej wyposażonej w jeden typ rozpylaczy. Wyznaczane wartości wskaźnika CV dla pojedynczych rozpylaczy spełniają rolę porównawczą, natomiast wyznaczone dla odcinka belki opryskowej stają się bezpośrednią oceną jakości oprysku. Do wyznaczenia tej oceny wykorzystano wyniki pomiarów dla każdego z badanych egzemplarzy pojedynczych rozpylaczy. Objętości cieczy zebrane z rowków o szerokości 25 mm umożliwiają zbudowanie tzw. „wirtualnej” belki opryskowej (złożenie strumieni z obszaru pełnego ich pokrycia) i zagregowanie ich do szerokości rowka równej 100 mm (zgodnie z wymaganiami norm ISO). Objętości cieczy pochodzące z sąsiadujących ze sobą rozpylaczy na „wirtualnej” belce agreguje się w taki sposób, aby strumienie cieczy zachodziły na siebie, a osie rozpylaczy były rozstawione co 500 mm, co daje identyczny rozkład cieczy jak dla rzeczywistej belki opryskiwacza połowego. Na podstawie tak uzyskanych wyników możliwe jest obliczenie wartości wskaźnika CV, [16]. Graficzną interpretację wirtualnej belki opryskowej przedstawiono na rysunku 2.

WYNIKI BADAŃ

Wykonano po trzy powtórzenia dla każdego z egzemplarzy i trzech wysokości: 400, 500 i 600 mm. Wyniki badań dla pojedynczych egzemplarzy obu typów rozpylaczy płasko-

strumieniowych przedstawiono w tabelach 1 i 2, a wybrane interpretacje graficzne rozkładu poprzecznego cieczy zebranej w rowkach o szerokości równej 25 mm zaprezentowano na poniższych wykresach (rys. 3 i 4).

Tabela 1. Wartości wskaźnika CV (średnia z 3 powtórzeń) dla każdego z 7 rozpylaczy EŻK 110-03

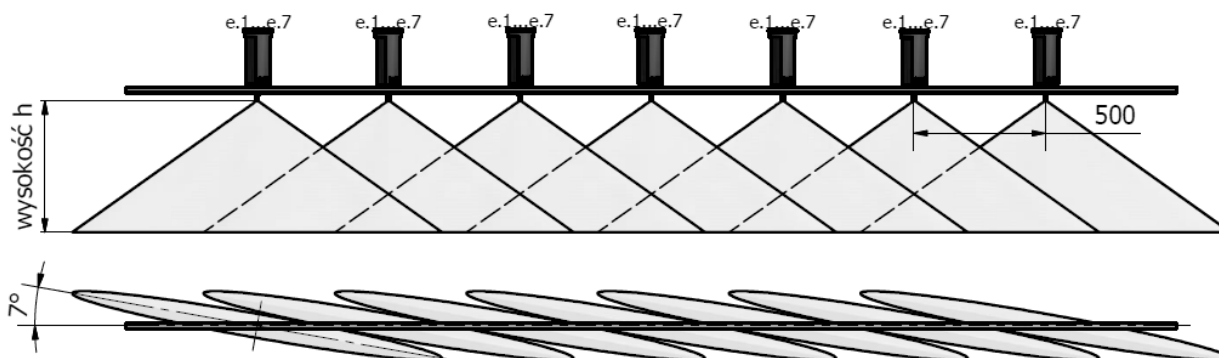
Table 1. CV factor values (the average of 3 measurements) for each of 7 EŻK 110-03 nozzles

| Rozpylacze eżektorowe kompaktowe EŻK 110-03 | | | | | |
|---|---|-------------------------|-----|------------------|----|
| Ciśnienie cieczy, [bar] | 3 | Wydatek cieczy, [l/min] | 1,2 | Czas pomiaru [s] | 60 |
| Nr egz. | Wysokość ustawienia rozpylacza nad powierzchnią stołu pomiarowego h | | | | |
| | 400 [mm] | 500 [mm] | | 600 [mm] | |
| | Wskaźnik CV [%] | | | | |
| e.1 | 58,9 | 57,0 | | 56,6 | |
| e.2 | 62,2 | 59,1 | | 57,0 | |
| e.3 | 61,8 | 59,2 | | 58,7 | |
| e.4 | 64,6 | 60,2 | | 56,7 | |
| e.5 | 64,8 | 59,7 | | 58,4 | |
| e.6 | 67,7 | 61,1 | | 57,3 | |
| e.7 | 65,0 | 60,2 | | 56,8 | |
| średnia | 63,6 | 59,5 | | 57,4 | |

Tabela 2. Wartości wskaźnika CV (średnia z 3 powtórzeń) dla każdego z 7 rozpylaczy AirMix 110-03

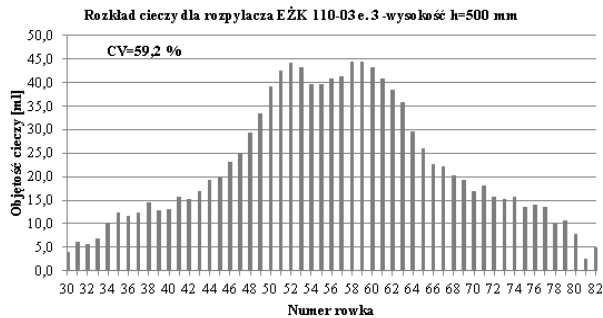
Table 2. CV factor values (the average of 3 measurements) for each of 7 AirMix 110-03 nozzles

| Rozpylacze AirMix 110-03 firmy Agrotop | | | | | |
|--|---|-------------------------|-----|------------------|-----|
| Ciśnienie cieczy, [bar] | 3 | Wydatek cieczy, [l/min] | 1,2 | Czas pomiaru [s] | 120 |
| Nr egz. | Wysokość ustawienia rozpylacza nad powierzchnią stołu pomiarowego h | | | | |
| | 400 [mm] | 500 [mm] | | 600 [mm] | |
| | Wskaźnik CV [%] | | | | |
| e.1 | 58,0 | 54,0 | | 52,4 | |
| e.2 | 61,8 | 56,4 | | 54,6 | |
| e.3 | 60,4 | 57,1 | | 54,4 | |
| e.4 | 61,8 | 56,6 | | 51,0 | |
| e.5 | 58,4 | 55,8 | | 51,6 | |
| e.6 | 62,8 | 57,2 | | 53,1 | |
| e.7 | 56,8 | 56,1 | | 55,8 | |
| średnia | 60,0 | 56,2 | | 53,3 | |



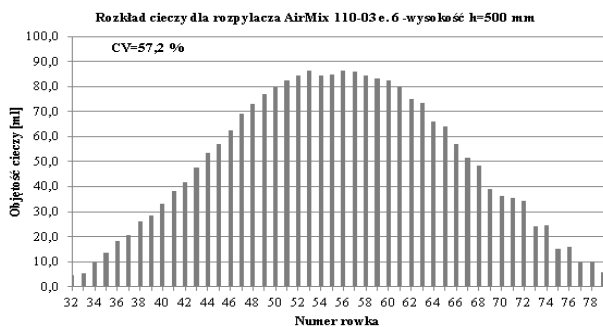
Rys. 2. Rozmieszczenie rozpylaczy na „wirtualnej” belce opryskowej, [opracowanie własne]

Fig. 2. Positions of nozzles on the „virtual” spraying boom, [own study]



Rys. 3. Poprzeczny rozkład cieczy dla egzemplarza nr 3 rozpylacza EŻK 110-03. Wysokość ustawienia rozpylacza nad stołem rowkowym równa 500 mm.

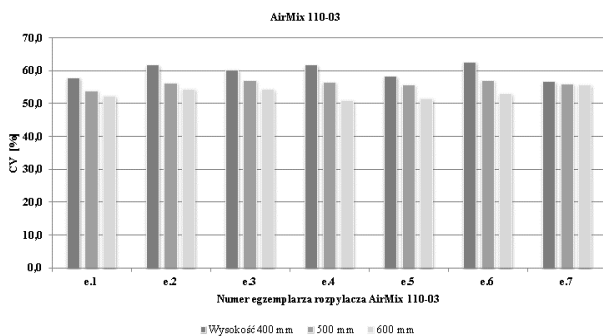
Fig. 3. Cross distribution of the liquid for 3rd copy of the EŻK 110-03 nozzle. Nozzle height above the measurement table is 500 mm.



Rys. 4. Poprzeczny rozkład cieczy dla egzemplarza nr 6 rozpylacza AirMix 110-03. Wysokość ustawienia rozpylacza nad stołem rowkowym równa 500 mm

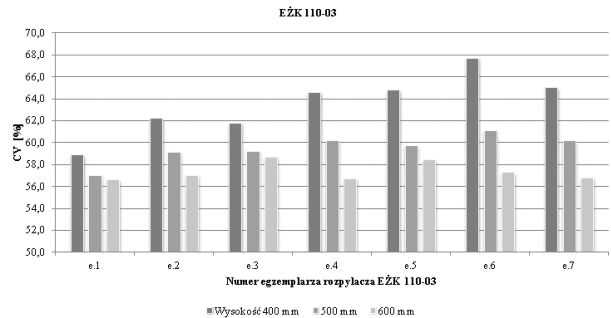
Fig. 4. Cross distribution of the liquid for 6th copy of the AirMix 110-03 nozzle. Nozzle height above the measurement table is 500 mm

Interpretację graficzną wskaźnika CV w zależności od wysokości ustawienia rozpylacza nad powierzchnią stołu rowkowego dla każdego egzemplarza rozpylaczy EŻK 110-03 oraz rozpylaczy AirMix 110-03 zaprezentowano na wykresach (rys. 5 i 6).



Rys. 5. Wartości wskaźnika CV dla poszczególnych egzemplarzy rozpylaczy AirMix 110-03 i wysokości ich ustawienia nad powierzchnią stołu rowkowego 400, 500 i 600 mm

Fig. 5. CV factor values for each copy of the AirMix 110-03 nozzles and for height of this nozzles above the measurement table: 400, 500 and 600 mm



Rys. 6. Wartości wskaźnika CV dla poszczególnych egzemplarzy rozpylaczy EŻK 110-03 i wysokości ich ustawienia nad powierzchnią stołu rowkowego 400, 500 i 600 mm.

Fig. 6. CV factor values for each copy of the EŻK 110-03 nozzles and for height of this nozzles above the measurement table: 400, 500 and 600 mm.

Przykładowe wyniki poprzecznego rozkładu cieczy dla belki opryskowej ustawionej na wysokości 400 mm, 500 mm i 600 mm nad powierzchnią opryskiwaną, wyposażonej w rozpylacze EŻK 110-03 oraz AirMix 110-03 przedstawiono w tabelach 3 i 4.

Tabela 3. Wartości wskaźnika CV dla belki wyposażonej w egzemplarze e.1 ÷ e.7 rozpylaczy EŻK 110-03.

Table 3. CV factor values for a bar with mounted copies 1÷7 of the EŻK 110-03 nozzles.

| Rozpylacze eżektorowe kompaktowe EŻK 110-03 | | | | | | |
|---|--|-------------------------|----------|------------------|-----|---|
| Ciśnienie cieczy, [bar] | 3 | Wydatek cieczy, [l/min] | 1,2 | Czas pomiaru [s] | 60 | |
| Nr egz. | Wysokość ustawienia belki nad powierzchnią stołu pomiarowego h | | | | | |
| | 400 [mm] | 500 [mm] | 600 [mm] | | | |
| | Wskaźnik CV [%] / Liczba wyników n – poza tolerancją ±15%Vśr | | | | | |
| e.1 | 13,1 | 4 | 13,6 | 12 | 7,6 | 0 |
| e.2 | 16,4 | 8 | 13,4 | 3 | 5,1 | 0 |
| e.3 | 16,8 | 8 | 12,7 | 4 | 4,3 | 0 |
| e.4 | 17,9 | 8 | 13,2 | 4 | 5,2 | 0 |
| e.5 | 17,2 | 8 | 13,5 | 7 | 9,3 | 0 |
| e.6 | 16,7 | 8 | 11,9 | 4 | 4,6 | 0 |
| e.7 | 16,7 | 8 | 11,8 | 4 | 5,2 | 0 |
| średnia | 16,4 | | 12,9 | | 5,9 | |

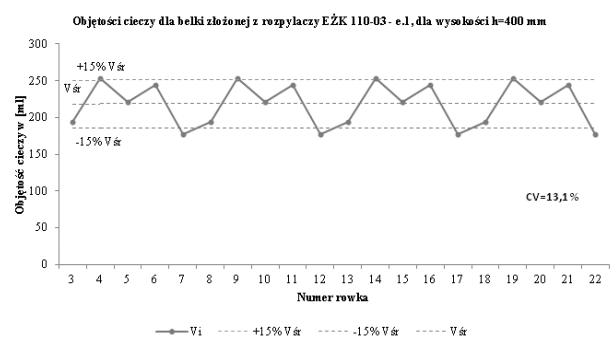
Tabela 4. Wskaźnik CV dla belki wyposażonej w egzemplarze e.1 ÷ e.7 rozpylaczy AirMix 110-03

Table 4. CV factor values for a bar with mounted copies 1÷7 of the AirMix 110-03 nozzles

| Rozpylacze AirMix 110-03 firmy Agrotop | | | | | | |
|--|--|-------------------------|----------|------------------|-----|---|
| Ciśnienie cieczy, [bar] | 3 | Wydatek cieczy, [l/min] | 1,2 | Czas pomiaru [s] | 120 | |
| Nr egz. | Wysokość ustawienia belki nad powierzchnią stołu pomiarowego h | | | | | |
| | 400 [mm] | 500 [mm] | 600 [mm] | | | |
| | Wskaźnik CV [%] / Liczba wyników n – poza tolerancją ±15%Vśr | | | | | |
| e.1 | 3,7 | 0 | 1,4 | 0 | 3,0 | 0 |
| e.2 | 3,0 | 0 | 1,1 | 0 | 0,7 | 0 |

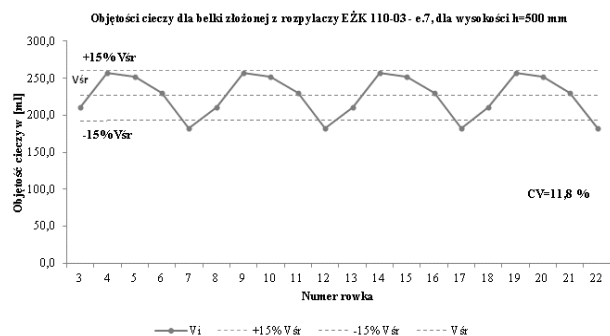
| | | | | | | |
|---------|-----|---|-----|---|-----|---|
| e.3 | 4,1 | 0 | 0,9 | 0 | 0,9 | 0 |
| e.4 | 3,8 | 0 | 0,7 | 0 | 1,8 | 0 |
| e.5 | 3,2 | 0 | 1,7 | 0 | 2,4 | 0 |
| e.6 | 4,2 | 0 | 0,7 | 0 | 1,0 | 0 |
| e.7 | 4,4 | 0 | 1,1 | 0 | 1,9 | 0 |
| średnia | 3,8 | | 1,1 | | 1,7 | |

Interpretację graficzną rozkładu poprzecznego cieczy zebranej w rowkach o szerokości równej 100 mm dla belki opryskowej złożonej z egzemplarzy rozpylaczy EŻK 110-03 oraz egzemplarzy rozpylaczy AirMix 110-03 zaprezentowano na wykresach (rys. 7-12).



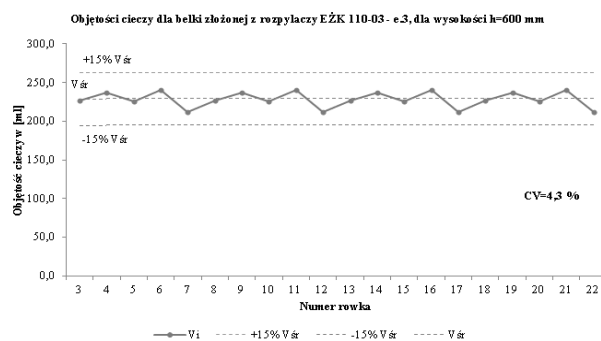
Rys. 7. Poprzeczny rozkład cieczy dla belki złożonej z egzemplarzy nr 1 rozpylaczy EŻK 110-03 z 4 wynikami poza tolerancją, z wynikiem negatywnym CV=13,1%. Wysokość ustawienia belki nad stołem rowkowym równa 400 mm

Fig. 7. Cross distribution of the liquid for a bar with EŻK 110-03 nozzles copies no. 1, with 4 results outside the range of tolerance. It is stated, that result is disappointing: CV=13,1%. Height of the spray boom above the measurement table is 400 mm



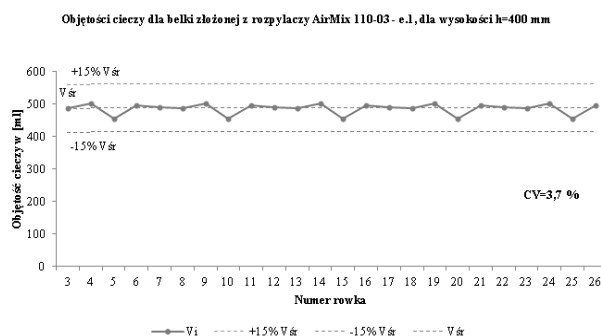
Rys. 8. Poprzeczny rozkład cieczy dla belki złożonej z egzemplarzy nr 7 rozpylaczy EŻK 110-03 z 4 wynikami poza tolerancją, z wynikiem negatywnym CV=11,8%. Wysokość ustawienia belki nad stołem rowkowym równa 500 mm

Fig. 8. Cross distribution of the liquid for a bar with EŻK 110-03 nozzles copies no. 7, with 4 results outside the range of tolerance. It is stated, that result is disappointing: CV=11,8%. Height of the spray boom above the measurement table is 500 mm



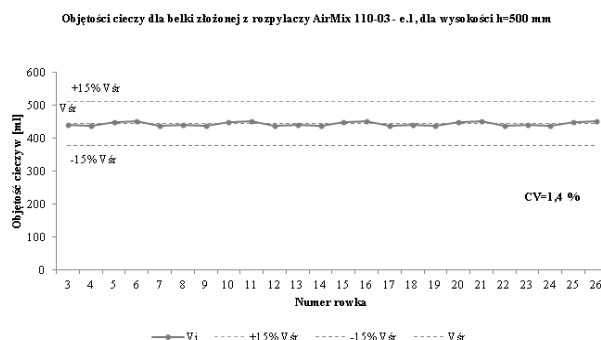
Rys. 9. Poprzeczny rozkład cieczy dla belki złożonej z egzemplarzy nr 3 rozpylaczy EŻK 110-03 z wynikiem pozytywnym CV=4,3%. Wysokość ustawienia belki nad stołem rowkowym równa 600 mm

Fig. 9. Cross distribution of the liquid for a bar with EŻK 110-03 nozzles copies no. 3. It is stated, that result is positive: CV=4,3%. Height of the spray boom above the measurement table is 600 mm



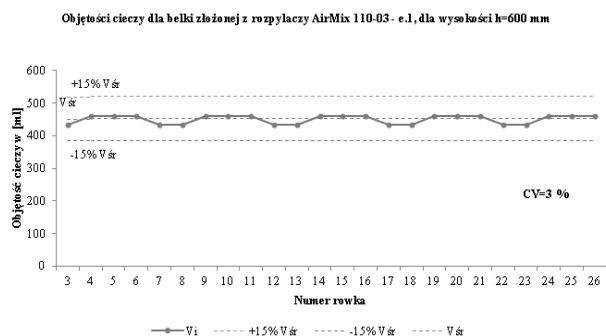
Rys. 10. Poprzeczny rozkład cieczy dla belki złożonej z egzemplarzy nr 1 rozpylaczy AirMix 110-03 z wynikiem pozytywnym CV=3,7%. Wysokość ustawienia belki nad stołem rowkowym równa 400 mm

Fig. 10. Cross distribution of the liquid for a bar with AirMix 110-03 nozzles copies no. 1. It is stated, that result is positive: CV=3,7%. Height of the spray boom above the measurement table is 400 mm



Rys. 11. Poprzeczny rozkład cieczy dla belki złożonej z egzemplarzy nr 1 rozpylaczy AirMix 110-03 z wynikiem pozytywnym CV=1,4%. Wysokość ustawienia belki nad stołem rowkowym równa 500 mm

Fig. 11. Cross distribution of the liquid for a bar with AirMix 110-03 nozzles copies no. 1. It is stated, that result is positive: CV=1,4%. Height of the spray boom above the measurement table is 500 mm.



Rys. 12. Poprzeczny rozkład cieczy dla belki złożonej z egzemplarzy nr 1 rozpylaczy AirMix 110-03 z wynikiem pozytywnym CV=3%. Wysokość ustawienia belki nad stołem rowkowym równa 600 mm

Fig. 12. Cross distribution of the liquid for a bar with AirMix 110-03 nozzles copies no. 1. It is stated, that result is positive: CV=3%. Height of the spray boom above the measurement table is 600 mm

WNIOSKI

Na podstawie analizy uzyskanych wyników stwierdzono, że:

- wartości wskaźnika CV wyznaczane dla każdego z 7 egzemplarzy obu badanych typów nie odbiegają istotnie od siebie w zakresie stosowanych w pomiarach zmian wysokości,
- dla obu typów rozpylaczy wartości wskaźnika CV zmniejszają się wraz ze wzrostem wysokości,
- rozkład poprzeczny cieczy pojedynczych rozpylaczy AirMix 110-03 jest bardziej „regularny i przewidywalny” w porównaniu z rozpylaczami EŻK 110-03, co pozwala przypuszczać, że rozpylacze te zestawione na belce umożliwią uzyskanie niższych wartości wskaźnika CV,
- wartości wskaźnika CV wyznaczane dla „wirtualnej” belki opryskowej złożonej z poszczególnych egzemplarzy rozpylaczy AirMix 110-03 osiągają zdecydowanie niższe wartości w porównaniu z rozpylaczami EŻK 110-03 w całym zakresie zmian wysokości. Różnice wartości średnich wynoszą odpowiednio 12,6%, 11,8%, 4,2% dla wysokości 400, 500 i 600 mm,
- rozpylacze AirMix 110-03 spełniają obowiązujące w Polsce wymagania dotyczące dopuszczalnej wartości wskaźnika CV (<10%) w przyjętym do badań zakresie zmian wysokości belki opryskiwacza (400÷600 mm). Rozpylacze EŻK 110-03 spełniają te wymagania tylko dla wysokości belki równej 600 mm,
- dodatkowe kryterium oceny rozkładu poprzecznego cieczy – liczba naczyń pomiarowych poza tolerancją $\pm 15\%$ średniej objętości zostało spełnione tylko dla rozpylaczy AirMix 110-03 w całym zakresie zmian wysokości, rozpylacze EŻK 110-03 spełniają to kryterium tylko dla wysokości równej 600 mm,
- w badanym zakresie wysokości belki rozpylacze AirMix 110-03 uzyskują bardzo równomierny rozkład poprzeczny cieczy (CV<5%), co uzasadnia możliwość obniże-

nia wysokości belki opryskowej podczas wykonywania zabiegów przy wietrznej pogodzie w celu zmniejszenia znoszenia kropeł,

- ocena rozkładu poprzecznego cieczy dla „wirtualnej” belki opryskowej może być wykorzystana do szybkiej weryfikacji jakości pracy rozpylaczy. Możliwe jest także modelowanie jakości pracy belki opryskowej w warunkach laboratoryjnych, np. poprzez dobór ustawień poszczególnych egzemplarzy rozpylaczy na belce.

LITERATURA

1. **Czaczyk Z. 2011:** Nierównomierność rozkładu poprzecznego cieczy i podatność wybranych rozpylaczy na zużycie. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna 5, s. 16-18.
2. **Czaczyk Z. 2012:** Spray classification for selected flat fan nozzles. Journal of Plant Protection Research 52 (1), s. 180-183.
3. **Czaczyk Z. 2011:** Wstępne wyniki oceny jakości pracy rozpylaczy eżektorowych MMAT. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna 6, s. 10-12.
4. **Gajtkowski A. 1995:** Ocena metod doboru parametrów opryskiwaczy polowych. Maszyny i Ciągniki Rolnicze, nr 8, str. 18-19.
5. **Hołownicki R. 2006:** Technika opryskiwania roślin. Plantpress Sp.z o. o., Kraków.
6. **Lipiński A., Choszcz D., Konopka S. 2007:** Rozkład poprzeczny cieczy dla rozpylaczy Syngenta Potato Nozzle, Inżynieria Rolnicza 9(97).
7. **Lodwik D., Pietrzyk J. 2013:** Zautomatyzowane stanowisko do badań nierównomierności poprzecznej oprysku, Journal of Research and Application in Agricultural Engineering, Vol. 59(2), s. 103-106, Poznań.
8. **Lodwik D., Pietrzyk J. 2013:** Wykorzystanie fotografii i komputerowej analizy obrazu do oceny poprzecznego rozkładu rozpylonej cieczy, Journal of Research and Application in Agricultural Engineering, Vol. 59(2), s. 107-111, Poznań.
9. **Lodwik D., Pietrzyk J. 2011:** Metodyka badań rozpylaczy płaskostrumieniowych na zautomatyzowanym stanowisku laboratoryjnym, Sprawozdanie z wykonania statutowej pracy badawczej. PW WBMiP, Płock.
10. **Lodwik D., Pietrzyk J. 2013:** Ocena i weryfikacja przydatności zautomatyzowanego stanowiska laboratoryjnego przeznaczonego do badań rozpylaczy rolniczych w aspekcie spełnienia wymagań dotyczących jakości oprysku, Sprawozdanie z wykonania statutowej pracy badawczej. PW WBMiP, Płock.
11. **Norma ISO 5681-1992:** Equipment for crop protection – Vocabulary.
12. **Norma ISO 5682-1 -1996:** Equipment for crop protection – Spraying equipment – Part 1: Test methods for sprayer nozzles.
13. **Norma PN-ISO 5682-2 – 2005:** Sprzęt do ochrony roślin. Urządzenia opryskujące. Część 2: Metody badań opryskiwaczy hydraulicznych.

14. **Norma ISO10625 – 2005:** Equipment for crop protection. Sprayer nozzles. Colour coding for identification. International Standardization Organization.
15. **Orzechowski Z., Prywer J. 2008:** Wytwarzanie i zastosowanie rozpylonej cieczy. WNT, Warszawa.
16. **Parafiniuk S., Sawa J., Wołos D. 2011:** Automatyczne urządzenie do oceny stanu technicznego rozpylaczy rolniczych. Postępy Nauki i Techniki nr 10, str. 37-49, Lublin.
17. **Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 marca 2013 r.** w sprawie wymagań technicznych dla opryskiwaczy, Dz. U.: poz. 415.
18. **Szewczyk A., Wilczok G. 2008:** Wpływ wiatru na równomierność dystrybucji cieczy użytkowej przy użyciu opryskiwacza polowego. Inżynieria Rolnicza 5(103), str. 307-314, Kraków.

EVALUATION OF THE WORK QUALITY OF SELECTED FLAT FAN NOZZLES IN TERMS OF CROSS SPRAY NONUNIFORMITY

Summary. The article presents a comparison of working quality of two nozzles types, produced in Germany and Poland. Measurements were performed on the automated laboratory station. The aim was to determine characteristics of the cross distribution non-uniformity for randomly chosen copies of both types. As a criteria for assessing the quality of work of different sprayers, there were taken values of CV factor (factor of cross distribution inequality). It is stated, that in the range of most oftenly used heights of spraying, German sprayers are set to have better characteristics of cross distribution.

Key words: plant protection, nozzle, spraying, research stand, cross distribution non-uniformity, CV factor.