

Streszczenie

Aplikacja pestycydów jest ważnym zbiegiem w nowoczesnym rolnictwie. Zabieg ten umożliwia stabilizację procesu i produkcję większej ilości surowców rolniczych, ale jest równocześnie związany z dużym zagrożeniem dla środowiska, ponieważ wymaga stosowania niebezpiecznych środków produkcji (pestycydów). Z uwagi na te zagrożenia opracowano różne międzynarodowe standardy aplikacji pestycydów, w celu utrzymania tego procesu pod kontrolą. Dyrektywa 128/WE 2009 „ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów” dotyczy „wykorzystania” wszelkich możliwości, dla bezpiecznego stosowania pestycydów. Dyrektywa zaleca przeprowadzanie kontroli opryskiwaczy w celu zapewnienia ich bezpiecznej i efektywnej pracy. Końcówki opryskujące i rozpylacze rolnicze są jednymi z ważniejszych zespołów opryskiwacza, gdyż mają decydujący wpływ na aplikację pestycydów. Do badań stanu technicznego rozpylaczy rolniczych są zalecane dwie metody, które podano w Dyrektywie 128/EC 2009 oraz w normach: EN 13790-1 (2003) i ISO 16122-2 (2015).

Metody te obejmują pomiar natężenia wypływu cieczy lub określenie nierównomierności rozkładu poprzecznego rozpylonej cieczy. Rozpylacze płasko strumieniowe są powszechnie wykorzystywane przez operatorów opryskiwaczy, i są omawiane w międzynarodowych normach. Podczas eksploatacji rozpylaczy, następuje ich zużycie rozpylaczy, wyrażające się zmianą parametrów końcówki dyszy, co z kolei powoduje zmianę parametrów strumienia oprysku. W praktyce, są najczęściej używane rozpylacze szczelinowe (110.03) i dlatego ten typ rozpylaczy był przedmiotem badań.

W związku z tym, celem pracy było scharakteryzowanie parametrów pracy rozpylaczy XR 110.03 i określenia ich zdolności do zrównoważonego stosowania pestycydów w uprawach polowych.

Badania laboratoryjne i polowe realizowano zgodnie z opracowaną metodyką, przy wykorzystaniu legalizowanej i aparatury badawczej będącej na stanie Katedry Eksploatacji Maszyn i Zarządzania Procesami Produkcyjnymi UP w Lublinie, a także w CRA-W Gembloux (Belgia). Do opracowania wyników wykorzystano podstawowe metody statystyczne, których stosowanie uzgodniono z Katedra Statystyki i Biometrii UP w Lublinie.

Wyniki badań rozpylaczy XR11003 opracowano i przedstawiono (opisowo, tabelarycznie i graficznie) w trzech rozdziałach: wyniki badań laboratoryjnych; wyniki badań polowych; dyskusja.

W pracy przyjęto, że natężenie wypływu cieczy z rozpylacza płasko strumieniowego jest parametrem podstawowym (wyjściowym) i ma ono wpływ na parametry wtórne (CV; kąta oprysku; spektrum kropel). Przyjęto, że postawiony problem badawczy wymaga odpowiedzi na następujące pytania:

- Jak kształtują się wtórne parametry opadu rozpylonej cieczy w czasie eksploatacji rozpylacza rolniczego w miarę zużycia rozpylacza i wzrostu natężenia wypływu,
- Jakie mogą być konsekwencje dla praktyki rolniczej, niedotrzymywania (zaniedbania) zalecanych parametrów eksploatacji rozpylaczy w opryskiwaczach polowych,
- Czy metody badań stopnia „zużycia” rozpylaczy rolniczych (Dyrektywa) kształtują poziom ocen ryzyka dla zagrożeń środowiskowych i produkcyjnych oraz czy mogą mieć wpływ na proces zrównoważonego stosowania pestycydów.

Prowadzono badania laboratoryjne i fragmentaryczne testy polowe. Badanie laboratoryjne polegało na poddaniu rozpylaczy przyspieszonym badaniom eksploatacyjnym i kontroli parametrów ich pracy na poszczególnych etapach badań. W badaniu polowym zastosowano rozpylacze z poszczególnych etapów badań laboratoryjnych (nowe, zużyte i uszkodzone) i oceniono praktyczne ich użyteczność w uprawie pszenicy jarej. Rozpylacze te eksploatowano w praktycznych warunkach polowych, przy uwzględnieniu tych samych prędkości jazdy, ale różnych ciśnieniach i dawkach cieczy na hektar.

Wyniki badań wykazały silną i istotną korelację między stopniem zużycia rozpylaczy a pomiarem natężenia wypływu. Jednocześnie stwierdzono nieistotny i umiarkowany związek między zużyciem rozpylaczy a rozkładem poprzecznym. Nie stwierdzono różnic w wielkości kropli dla nowych, zużytych i zniszczonych rozpylaczy dla standardowego ciśnienia roboczego 3 bar. Rozpylacze w miarę zużycia dostarczały różnych ilości wody, a redukcja ciśnienia oprysku była jedną z opcji, aby operator opryskiwacza wyrównał ten wzrost natężenia wypływu. Działanie takie powoduje zwiększenie rozmiaru kropli (wartość D_{v50}) o 13,27% i zwiększenie o 34,53% zakresu rozpylania 300-400 μm przy zmniejszeniu ciśnienia oprysku z 3,0 bar do 2,0 bar dla rozpylaczy uszkodzonych. Takie możliwe (niezalecane) zachowanie operatora opryskiwacza stanowi przykład tzw. „odchyleń praktycznych”, które może mieć negatywny wpływ na wdrożenie zasad zrównoważonego stosowania pestycydów. Wyniki prób polowych wskazywały na lepszą penetrację łąnu przy oprysku wykonywanym rozpylaczami wyeksploatowanymi w porównaniu z rozpylaczami nowymi i zużytymi. Towarzyszył temu wyższy odsetek strat roztworu na powierzchnię gleby (w odniesieniu do strumienia oprysku zatrzymywanego na górnej strefie łąnu pszenicy). Zaobserwowano istotny wpływ stopnia zużycia rozpylaczy (nowych, zużytych lub wyeksploatowanych) na plon pszenicy.

Dokonana analiza wyników badań wykazała, że okres efektywnego użytkowania rozpylaczy rolniczych był bardziej związany z pomiarem natężenia wypływu (istotna zależność) niż rozkładem poprzecznym i jego wartością CV. Procedury inspekcji opryskiwaczy rolniczych, zgodnie z normą EN 13790-1 (2003), Dyrektywą 128/WE (2009), ISO 16122-2 (2015), zawierają metody badania rozpylaczy dwiema metodami: natężenia wypływu i nierównomierności rozkładu poprzeczne rozpylonej cieczy. Stwierdzono, że pomiar natężenia wypływu, zależnie od warunków i wyników badania, jest jedynym parametrem wyrażającym stopień zużycia rozpylaczy. Zmiany szybkości wypływu wznoszą liniowo nawet na wczesnych etapach badania zużycia rozpylaczy, co w przypadku praktyki rolniczej umożliwia podjęcie wiarygodnej decyzji dotyczącej przyjęcia lub odrzucenia badanych rozpylaczy. Ocena zdolności procesu oprysku w odniesieniu do natężenia wypływu dla zużytych i zniszczonych rozpylaczy (w przeciwieństwie do rozpylaczy nowych lub o 10% zużyciu) wykazała, że ich praca jest poza akceptowanym zakresem (górną i dolną granicą tolerancji), ze względu na różnicę w wartościach C_p i C_{pk} .

Zmiana ciśnienia roboczego (zmniejszenie ciśnienia) w celu kompensacji wzrostu natężenia przepływu z rozpylaczy na skutek ich zużycia jest „odchyleniem praktycznym” w procesie ochrony roślin. W rezultacie tego praktycznego odchylenia zmienia się wielkość rozpylanej kropli i wzrasta wartość wskaźnik nierównomierności rozkładu poprzecznego (CV). Większe ryzyko dla operatora opryskiwacza jest związane z kontrolą rozpylaczy w zależności od metody rozkładu poprzecznego, ponieważ metoda ta nie określa stopnia zużycia rozpylaczy. Zalecane przez Dyrektywę badanie rozpylaczy z uwzględnieniem metody pomiaru CV jest dyskusyjne, ponieważ nawet zniszczone dysze wykazują prawidłowy (w pewnych granicach) współczynnik CV. Dynamika zmian współczynnika CV była stabilna i wynosiła 112%, także dla

zużytych rozpylaczy, przy dopuszczalnej granicy 200%. Jest to przykład negatywnej oceny aspektów zrównoważenia społecznego i ekologicznego, które mogłyby zagrozić realizacji zrównoważonego stosowania pestycydów. Dynamika zmian określona dla natężenia wypływu cieczy z rozpylacza wzrastała systematycznie i dla zużytych rozpylaczy przekroczyła 128 % zużycia, przy dopuszczalnej granicy 110%, co zmniejsza ryzyko ekologiczne, gdyż umożliwia szybsze podjęcie decyzji o wymianie rozpylaczy.

Słowa kluczowe: opryskiwacze płaskostrumieniowe; zrównoważone stosowanie pestycydów; aplikacja pestycydów; zużycie rozpylaczy; natężenie wypływu; wielkość kropli oprysku; rozkład oprysku; zdolność procesu; odstępstwa praktyczne; inspekcja opryskiwaczy; regulator wzrostu roślin; agrochemikalia.



Abstract

Pesticide application process is an important practice in the modern farming. Not only because it is necessary to produce higher and healthy production, but also because it is the process accompanied by fraught danger, since it deals with dangerous materials (pesticides). Different international standards were developed to keep this process under control. Directive 128/EC, 2009 “establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides” was concerned with the “use” phase of the pesticide application process. This Directive required an inspection of the sprayers to keep them working with safe and efficient way. The agricultural nozzles, which are the most important component of the sprayer, have the main role in delivering the pesticide to the target. To inspect this component (nozzles), two methods were suggested by Directive 128/EC, 2009, EN 13790-1 (2003) and ISO 16122-2 (2015). These methods are namely: flow rate measurement and transverse distribution. Flat fan nozzles are widely utilized by the sprayer operators, researchers and in international standards.

During the work of those nozzles, changes in the nozzle orifice dimensions will happen, which in turn will cause changes in the spray characteristics produced from those nozzles. In practice, these are the most commonly used nozzles group (110.03) and were thus the subject of this work.

Therefore, the purpose of the work was to characterize the XR 11003 flat fan nozzles spray to ensure sustainable use of pesticides on field crops.

In this work, it was assumed that the flow rate of liquid from the spray of flat fan nozzle is a basic parameter (original) and it will affect the (secondary) parameters. To which extent this change will be in these secondary parameters as affected by a certain degree of nozzle wear, was the first question of this study. Second question is inquiring about the implications for the agricultural practice, which fails to meet (negligence) the recommended use of nozzles in the field sprayers. While third question was about sustainable use of pesticide as influenced by the method of estimating the wear degree of nozzles, and whether this will shape the risk for environmental hazards and agricultural production process.

Laboratory tests and fragmentary field trials were implemented to answer these questions. The laboratory study consisted in subjecting the nozzles to accelerated wear test for several hours and characterizing the spray produced from these nozzles before and after this process. The field trial included use of the nozzles from the accelerated test (new, worn and damaged) in wheat crop. These nozzles were spraying with the same and different application rates. The spray quality under field condition was evaluated beside other wheat plants related to traits. Results showed a strong and significant correlation between the wear degree of nozzles and the flow rate measurement. At the same time, not significant and moderate relation between nozzle wear and transverse distribution was found. There were no differences in the drop size for the new, worn and damaged nozzles. However, since worn and damaged nozzles delivered different (more) quantities of water, then the reduction in the atomizing pressure would be one option for the sprayer operator to compensate this increase in the flow rate. This action will result in 13.27% increase in the drop size (D_{v50} values) and 34.53% increase in the range 300-400 μm across the spray pattern when reducing the atomizing pressure from 3.0 bar to 2.0 bar for the damaged nozzles.

This behavior of the sprayer operator gives one example of what is called “practical deviation” which could have impact on implementing the principles of sustainable use of pesticide. The field trial result showed better canopy penetration for the spray produced from

damaged nozzles as compared with new and worn nozzles. However, this was accompanied by higher percentage of spray wasted to the ground (in relation to spray deposited in the upper level of canopy) comparing with new and worn nozzles. Significant effect was observed for the nozzle type (new, worn and damaged) concerning the yield of wheat in three years of trial, no matter if those nozzles were working with the same or different application rate.

As a conclusion for this work, indicating the working life of the agricultural flat fan XR11003 nozzle was more related to the flow rate measurement (with consistent and accurate relation) than the transverse distribution and its CV value. Concerning the inspection procedure for sprayers, according to EN 13790-1 (2003); Directive 128/EC (2009); ISO 16122-2 (2015), this procedure linked the sprayer nozzles testing with two methods: the flow rate and transverse distribution measurements. The flow rate measurement, according to the conditions and findings of this study, is the only parameter to represent the wear degree of the nozzles. Changes in the flow rate start to increase linearly even from the early stages of the nozzle wear, giving the sprayer inspector the ability to produce clear and trusted decision concerning the acceptance or rejection of the inspected nozzles.

Capability process analysis for the worn and damaged nozzles was out of the allowed limits (upper and lower specification limit) regarding the flow rate because of the difference in C_p and C_{pk} values. Changing the atomizing pressure for the aim of compensating the increase in the nozzles flow rate due to their wear will produce “*practical deviation*” in this practice within the spray application process. As results for this *practical deviation*, changing in the spray drop size and its distribution will happen along with the increase in the CV values of the transverse distribution. Higher risk to the sprayer operator is accompanying the inspection of nozzles depending on the transverse distribution method, because this method does not represent the degree or the progress of nozzles wear.

Recommended by Directive, nozzles test by measuring CV has a methodically discussion, because even damaged nozzles showed the correct (within limits) ratio of CV. This could increase the risk of the wrong decision concerning the working state of the sprayer during the inspection procedure which in turn will limit the implementation of one of the Directive aims. The result of the *Dynamics changes* depending on the transverse distribution was 112% for the damaged nozzles which is within the allowed limits (min100%- max200%). This will give wrong information to the sprayer operator in case the inspector will depend on this method to evaluate the nozzles. This wrong information will turn out as an increase in the risk level for the operator since his sprayer was approved to work until the next period of inspection. Contrariwise, the *Dynamics change* for the damaged nozzles depending on flow rate measurement method was 128% (min100%- max110%) which indicating that the nozzles need to be replaced since it has value of *Dynamics change* more than the maximum value.

Keywords: flat fan nozzles; sustainable use of pesticide; spray application; nozzles wear; flow rate; spray drop size; spray distribution; process capability; practical deviation; sprayers inspection; plant growth regulator; agrochemicals.

