

## Sylwia WŁODARCZAK, Marek OCHOWIAK, Magdalena MATUSZAK

e-mail: sylwia.wlodarczak@put.poznan.pl

Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, Wydział Technologii Chemicznej, Politechnika Poznańska, Poznań

## Ocena pracy rozpylaczy wirowych a jakość zabiegu agrotechnicznego

## Wstęp

W celu uzyskania wydajniejszych plonów oraz skutecznej walki z różnego rodzaju szkodnikami i grzybami rolnicy wykorzystują nowoczesne urządzenia, a także nowe techniki uprawy roślin. Jest to związane ze stosowaniem różnorodnych nawozów chemicznych i środków ochrony roślin. Każdy zabieg opryskiwania ma na celu dozowanie niezbędnej ilości oprysku w wyznaczonym obszarze przy minimalnym dostarczeniu środka ochrony roślin do środowiska [Szewczyk, 2010; Olejnik, 2015].

**Właściwa wielkość kropeł** jest niezmiernie istotna w stosowaniu środków ochrony roślin. Zbyt duże krople mogą osiadać na podłożu lub ściekać z roślin, co może prowadzić do strat i skażenie środowiska oraz nadmiernej ilości pozostałości środka ochrony roślin w płodach rolnych. Jednak krople o dużych rozmiarach osiągają większy zasięg. Natomiast zbyt małe krople ze środkiem ochrony roślin znoszone przez wiatr mogą wpływać na zakwaszenie gleby czy zmiany właściwości wody w zbiornikach, co w konsekwencji prowadzi do wymierania żyjących w nich organizmów. Ponadto znacznie szybciej ulegają odparowaniu niż krople o większych rozmiarach. Jednak skuteczność małych kropeł w zakresie ochrony roślin jest większa, ponieważ zapewniają wyższy stopień pokrycia roślin. Okazuje się zatem, że praca w rolnictwie jest związana z szeregiem wpływów na środowisko [Szewczyk, 2010; Miller, P.C.H., 2000].

**Dobór rozpylacza.** Potrzebną wielkość kropeł oraz oczekiwaną wydajność uzyskuje się zwłaszcza dzięki doborowi rozpylacza o odpowiedniej konstrukcji [Nuytens i in., 2007] i cieczy o odpowiednich właściwościach. Nieprawidłowo wykonana aplikacja może powodować niepożądane zmiany w środowisku naturalnym. O jakości rozpylaczy decydują: stopień rozpylenia, jednorodność rozpylenia cieczy, całkowita liczba kropeł, średnia i maksymalna średnica kropeł. Stopień rozpylenia związany jest ze średnią średnicą kropeł. Mniejsza średnica kropeł oznacza uzyskanie większego stopnia rozpylenia. W praktyce stosuje się najczęściej rozpylacze wykorzystujące energię samej cieczy, w których spadek ciśnienia statycznego cieczy zamienia się w rozpylaczu na ciśnienie dynamiczne, co umożliwia rozpylenie cieczy. Do tego typu rozpylaczy zaliczamy rozpylacze wirowe cechujące się prostą konstrukcją i małym zużyciem energii [Miller i Butler Ellis, 2000; Broniewski-Kuna i Plichta, 2007; Broniarz-Press i in., 2016].

Właściwości cieczy, a zwłaszcza napięcie powierzchniowe i lepkość, decydują o właściwym pokryciu roślin. Zmniejszenie napięcia sprzyja osiadanemu kropeł na powierzchni liścia. Zwiększenie lepkości powoduje zwiększenie wielkości kropeł cieczy [Milller i Butler Ellis, 2000; Yao i in., 2012; Sivakumar i in., 2015].

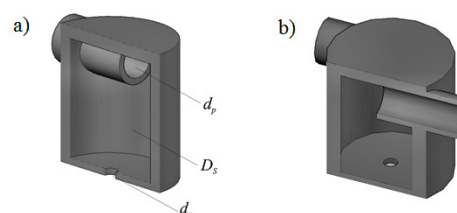
Celem pracy było określenie wpływu konstrukcji rozpylacza wirowego oraz lepkości cieczy na wielkość uzyskiwanych kropeł oraz powierzchni międzyfazowych.

## Badania doświadczalne

**Stanowisko.** Najważniejszymi elementami stanowiska wykorzystanego do badań były: rozpylacze wirowe, rotametry cieczowe VA 40 firmy Krohne Messtechnik typu, zbiornik wypełniony cieczą i wyposażony w pompę CHI 2-30 (Grunfos, Polska), wężownica, termometr cyfrowy Center 309, aparat fotograficzny Canon EOS-1D Mark III z lampą stroboskopową oraz komputer. Na rys. 1 przedstawiono wykorzystane konstrukcje rozpylaczy wirowych. Zastosowano rozpylacze wirowe z jednym i dwoma króćcami wlotowymi o średnicy  $d_p = 4$  mm. Średnica komory wirowej wynosiła  $D_s = 20$  mm i jej wysokość również  $H_s = 20$  mm. Rozpylacze miały profilowany otwór wylotowy o średnicy  $d_o = 2,43$  mm.

**Materiały.** Badanymi cieczami była woda wodociągowa oraz wodne roztwory gliceryny o czystości 99,5% (POCh, Polska) o stężeniach od 50 do 75% mas.

**Zakres badań.** Badania przeprowadzono w zakresie prędkości przepływu cieczy od 4,5 do 15 m/s. Badania prowadzono przy temperaturze cieczy  $T = 20 \pm 1$  °C.



Rys. 1. Badane konstrukcje rozpylaczy wirowych: a) rozpylacz z jednym króćcem wlotowym, b) rozpylacz z dwoma króćcami wlotowymi

**Metodyka.** W celu określenia wielkości kropeł posłużono się metodą fotograficzną z wykorzystaniem techniki odwróconego obiektywu [Ochowiak i in., 2014]. Jest to bardzo prosta metoda, która wymaga jedynie zastosowania adaptera umożliwiającego odwrócone zamocowanie obiektywu. Użyto adapter odwróconego mocowania Canon EF/58 mm i redukcję Canon EOS 72 mm/58 mm. Po przyłożeniu odwróconego obiektywu uzyskano bardzo duże powiększenie obrazu. W celu wyznaczenia średniej średnicy kropeł w pierwszym etapie analizy należało wyczytać zdjęcie skali celem kalibracji obrazu. Następnie wczytywano poszczególne zdjęcia kropeł oraz ustawiano dobraną do nich kalibrację. Kolejnym krokiem było wybranie jako wielkości mierzonej średnicy i określenie odpowiedniego zakresu pomiarowego w skali odcieni szarości (od 0 do 255). W dalszym etapie program automatycznie mierzył każdą średnicę kropli 90 razy i podawał wartość uśrednioną. Uzyskane w programie wartości średnic następnie eksportowano do programu MS Excel, gdzie obliczano średnią objętościowo-powierzchniową średnicę kropli z zależności

$$D_{32} \equiv \frac{\sum_{i=1}^{i=N} N_i d_i^3}{\sum_{i=1}^{i=N} N_i d_i^2} \quad (1)$$

gdzie:

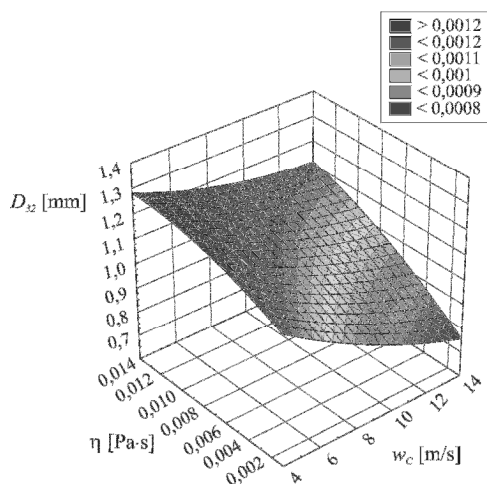
$d$  – średnia średnica kropli

$N$  – liczbą kropeł

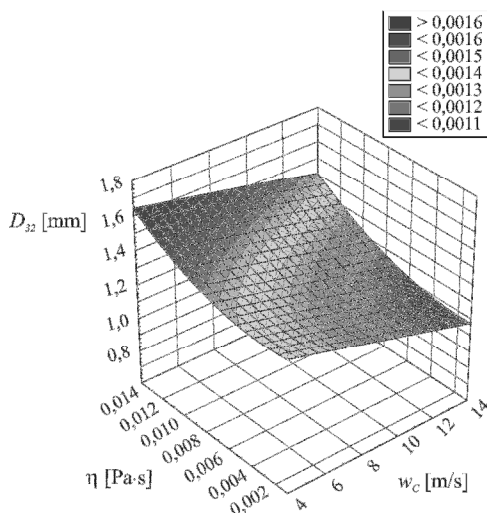
## Wyniki i ich analiza

**Rozpylacz z jednym króćcem wlotowym.** Na rys. 2 przedstawiono zależność średniej objętościowo-powierzchniowej średnicy kropli w zależności od lepkości cieczy oraz prędkości przepływu dla rozpylacza wirowego mającego jeden króćcem wlotowy. Wykazano, że wraz ze zwiększaniem lepkości cieczy wartość  $D_{32}$  wzrasta, natomiast wraz ze wzrostem prędkości przepływu cieczy uzyskuje się mniejsze średnice kropeł. Najmniejsze średnie objętościowo-powierzchniowe kropeł zaobserwowano dla cieczy o najmniejszej lepkości (woda) oraz przy największej prędkości przepływu cieczy.

**Rozpylacz z dwoma króćcami wlotowymi.** Podobną zależność uzyskano dla rozpylacza z dwoma króćcami wlotowymi (Rys. 3). Średnie średnice kropeł wzrastały wraz ze wzrostem lepkości cieczy, natomiast malały ze wzrostem prędkości przepływu cieczy.



Rys. 2. Wartości średniej średnicy Sautera w funkcji lepkości i prędkości przepływu cieczy dla rozpylacza z jednym króćcem wlotowym



Rys. 3. Wartości średniej średnicy Sautera w funkcji lepkości i prędkości przepływu cieczy dla rozpylacza z dwoma króćcami wlotowymi

Rozpylacz z jednym króćcem wlotowym pozwolił na uzyskanie generalnie mniejszych kropeł niż w przypadku rozpylacza z dwoma króćcami wlotowymi przy takich samych parametrach procesowych. Może to wynikać z różnej prędkości na wlocie do rozpylacza i odmiennego zachowania się strumienia wewnątrz rozpylacza, co skutkuje różnym sposobem tworzenia się wiru.

Na rys. 4 podano wartości powierzchni właściwej kropeł uzyskane z zależności

$$M = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} A_k}{\sum_{i=1}^{i=n} V_k} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \pi d_i^2}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{\pi d_i^3}{6}} \quad (2)$$

gdzie:

$M$  – powierzchnia międzyfazowa, [m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>]

$A_k$  – sumaryczna powierzchnia wszystkich kropeł, [m<sup>2</sup>]

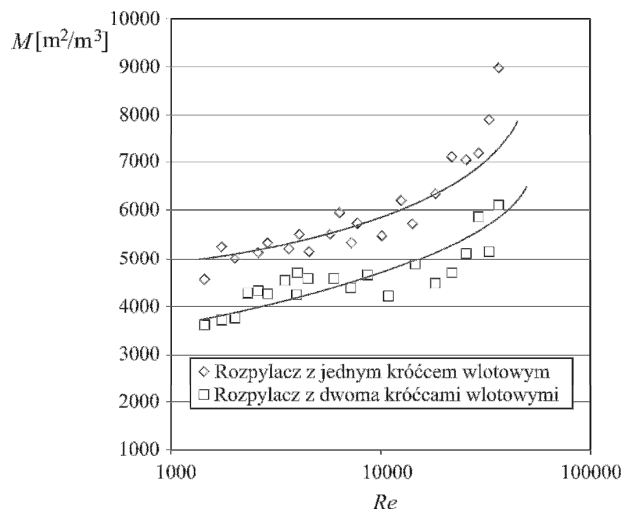
$V_k$  – sumaryczna objętość wszystkich kropeł, [m<sup>3</sup>]

Wielkość powierzchni międzyfazowej przedstawiono w funkcji liczby *Reynoldsa* na wypływie z rozpylacza opisanej zależnością

$$Re = \frac{wd_o \rho_c}{\eta_c} \quad (3)$$

gdzie:

$d_o$  – średnica króćca wlotowego, [m]



Rys. 4. Zależność powierzchni właściwej kropeł  $M$  od liczby *Reynoldsa*

$\rho_w$  – gęstość cieczy, [kg/m<sup>3</sup>]

$\eta_w$  – lepkość cieczy, [Pa·s]

Wzrost wartości liczby *Reynoldsa* wpływa na zwiększenie powierzchni międzyfazowej, co szczególnie widoczne jest dla  $Re > 10000$ .

Większe powierzchnie międzyfazowe uzyskano dla rozpylacza z jednym króćcem wlotowym w porównaniu do rozpylacza z dwoma króćcami wlotowymi.

## Podsumowanie

W pracy porównano wartości średniej objętościowo-powierzchniowej średnicy kropeł oraz powierzchni międzyfazowej uzyskanych przy zastosowaniu rozpylacza wirowego z jednym i dwoma króćcami wlotowymi oraz profilowanym kształcie otworu wylotowego. Przeanalizowano także wpływ lepkości oraz prędkości przepływu cieczy na te analizowane wielkości.

Wykazano, że wraz ze wzrostem prędkości przepływu cieczy i zmniejszeniem lepkości maleje wartość średniej objętościowo-powierzchniowej kropeł zarówno dla rozpylacza z jednym, jak i z dwoma króćcami wlotowymi. Również w obu przypadkach uzyskano zwiększenie powierzchni międzyfazowej wraz ze wzrostem liczby *Reynoldsa*. Korzystniejsze wyniki z punktu widzenia rolnictwa, czyli mniejsze średnice kropeł i większe powierzchnie międzyfazowe, uzyskano dla rozpylacza z jednym króćcem wlotowym.

Uzyskane wyniki mogą posłużyć do projektowania urządzeń do opryskiwania z wykorzystaniem środków ochrony roślin o zróżnicowanej lepkości.

## LITERATURA

- Broniarz-Press L., Włodarczak S., Matuszak M., Ochowiak M., Idziak R., Sobiech Ł., Szulc T., Skrzypczak G., (2016). The effect of orifice shape and the injection pressure on enhancement of the atomization process for pressure-swirl atomizers. *Crop Prot.*, 82, 65-74. DOI: 10.1016/j.cropro.2016.01.005
- Broniewski-Kuna M., Plichta D., (2007). Zastosowanie metody elektrostatycznej do analizy pracy rozpylacza. *Acta Sci. Pol., Technica Agraria*, 6(1), 39-46
- Miller P.C.H., Butler Ellis M.C., (2000). Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. *Crop Prot.*, 19, 609-615. DOI: 10.1016/S0261-2194(00)00080-6
- Nuytens D., Baetens K., De Schampheleire M., Sonck B., (2007). Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. *Biosyst. Eng.*, 97, 333-345. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2007.03.001

Praca została wykonana w ramach projektu 03/32/DSMK/0722.