

Wpłynęło 12.06.2014 r.
Zrecenzowano 10.03.2014 r.
Zaakceptowano 26.05.2014 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

Skuteczność herbicydów w uprawie kukurydzy w zależności od doboru adiuwantów i rozpylaczy

**Roman KIERZEK¹⁾ ADEF, Marek WACHOWIAK¹⁾ BC,
Roman KRAWCZYK¹⁾ AE, Henryk RATAJKIEWICZ²⁾ EF**

¹⁾ Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu

²⁾ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Streszczenie

W badaniach polowych określano wpływ środków powierzchniowo czynnych, dodawanych do cieczy użytkowej zawierającej herbicydy Hector 53,6 WG lub Hector Max 66,5 WG, na skuteczność zwalczania komosy białej w uprawie kukurydzy. Oceniano ponadto wpływ rozpylaczy o identycznej intensywności wypływu cieczy (w $\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$), lecz wytwarzających krople o zróżnicowanej wielkości (jakość rozpylenia cieczy), na efektywność chwastobójczą. W zmiennych warunkach meteorologicznych panujących przed zabiegami ochronnymi i w trakcie ich wykonywania, dobór adiuwantów i rozpylaczy wpływał na skuteczność działania herbicydów. W warunkach stabilnych najlepsze efekty zniszczenia komosy białej (gatunek trudno zwilżalny) uzyskano po wykonaniu opryskiwania za pomocą rozpylaczy dwustrumieniowych TwinJet TJ60 11002 VS, wytwarzających krople drobne i bardzo drobne, natomiast w warunkach zmiennych i stresu wodnego – lepszym rozwiązaniem było użycie do zabiegu rozpylaczy grubokroplistych (AVI 11002), gdy do herbicydów dodawano adiuwanty o cechach poprawiających retencję oraz wnikanie substancji czynnych przez warstwę woskową liści. Najbardziej efektywnym dodatkiem okazał się adiuwant olejowy Olstick 90 EC.

Słowa kluczowe: opryskiwanie, adiuwanty, herbicydy, kukurydza, chwasty, rozpylacze

Wstęp

Uzyskanie dużej efektywności zabiegu opryskiwania wymaga precyzyjnego określenia zależności zachodzących między jego parametrami, charakterystyką obiektów opryskiwanych, a także właściwościami fizykochemicznymi cieczy użytkowej. Wielkość kropeł wytwarzanych przez rozpylacze stosowane do zabiegów opryski-



wania oraz właściwości cieczy użytkowej, modyfikowane dodatkiem adiuwantów, wywierają istotny wpływ na pokrycie powierzchni liści chwastów i roślin chronionych [HEWITT i in. 2001; KIERZEK 2011]. Zazwyczaj rozpylanie cieczy użytkowej na krople drobne powoduje wzrost stopnia pokrycia i większą efektywność działania środków ochrony roślin [McKINLAY i in. 1972; 1974; HEWITT i in. 2001].

Doniesienia z literatury oraz własne obserwacje wskazują, że pokrycie liści środkiem ochrony roślin, a w rezultacie skuteczność biologiczna stosowanych herbicydów, może być zależna od stanu fizjologicznego roślin. Jeżeli przed zabiegiem temperatura powietrza jest wysoka, a jego wilgotność mała, rośliny – uruchamiając procesy chroniące je przed utratą wody – w pewnym stopniu zabezpieczają się także przed skutecznym zwilżeniem cieczą użytkową. Natomiast po okresie dużej wilgotności spowodowanej opadami deszczu następuje intensywniejszy wzrost roślin i zmniejsza się warstwa wosku kutykularnego, co sprzyja lepszej retencji kropeł cieczy użytkowej na opryskiwanej powierzchni liści wielu roślin. Depozyt środków ochrony roślin także ulega zwiększeniu.

Prawidłowe naniesienie środka chemicznego na chronione lub zwalczane rośliny, bez istotnych strat na znoszenie i spływanie czy też odbicie kropeł, może nie zagwarantować wystarczającej skuteczności biologicznej. Problem ten pojawia się niestety coraz częściej i dotyczy zabiegów z użyciem herbicydów, szczególnie w sytuacji stresu wodnego, małej wilgotności powietrza i niskich temperatur, występujących w trakcie wykonywania zabiegu i po nim. W wielu przypadkach skutecznym sposobem poprawy aktywności np. herbicydów jest dodatek środków zwiększających przyczepność, zwilżalność i szybkość przenikania substancji aktywnej do wnętrza roślin, a także stabilność roztworu cieczy użytkowej [GASKIN i in. 2005; TAYLOR, CHAMBERS 2002].

Ilość substancji czynnej zatrzymywanej na powierzchni chwastów można zwiększyć dzięki zastosowaniu odpowiedniego adiuwantu [McMULLAN 2000; WOŹNICA, SKRZYPCZAK 1998]. Działanie adiuwantów może być korzystne zarówno dzięki ogólnemu zwiększeniu aktywności biologicznej herbicydu i maskowaniu skutków niekorzystnych warunków pogodowych panujących w trakcie aplikacji, jak i dzięki eliminowaniu szkodliwych skutków źle dobranych parametrów technicznych zabiegu (np. typ rozpylacza – wielkość kropeł, dawka cieczy użytkowej).

W podjętych badaniach określano wpływ dodatku różnych adiuwantów do herbicydów oraz stosowania rozpylaczy o identycznym natężeniu wypływu cieczy, lecz o zróżnicowanej wielkości kropeł, na zwalczanie komosy białej (*Chenopodium album* L.) w uprawie kukurydzy, w trzech kolejnych sezonach wegetacyjnych o zróżnicowanym przebiegu warunków meteorologicznych.

Metody badań

Doświadczenia przeprowadzono w latach 2009, 2010 i 2011 na plantacjach należących do Polowej Stacji Doświadczalnej Instytutu Ochrony Roślin – PIB Winna Góra k. Środy Wlkp., na kukurydzy odmiany Wilga. W doświadczeniach stosowano dwa typy rozpylaczy o zróżnicowanym sposobie rozpylania cieczy, lecz o tym samym natężeniu jej wypływu, tj.:

- TwinJet TJ60 11002 VS – standardowy dwustrumieniowy – o rozpylaniu bardzo drobnokroplistym¹⁾ [TeeJet 2011];
- AVI 11002 – standardowy eżektorowy – o rozpylaniu bardzo grubokroplistym¹⁾ [Albus niedatowane].

W 2009 i 2010 r. zabiegi wykonywano herbicydem Hector 53,6 WG (42,9% nikosulfuron i 10,7% rimsulfuron) w dawce $70 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$, natomiast w 2011 r. stosowano Hector Max 66,5 WG (9,2% nikosulfuron, 2,3% rimsulfuron, 55% dikamba) w dawce $360 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Herbicydy aplikowano zawsze w dawkach mniejszych niż zalecane, z dodatkiem 4 adiuwantów: surfaktanta Trend 90 EC (0,1%) – standard (rekomendowany), surfaktanta organosilikonowego Slippa (0,1%), adiuwanta wieloskładnikowego Torpedo II (0,1%) oraz adiuwanta olejowego Olstick 90 EC ($1,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ – 0,5%). Dawkę herbicydu do zabiegu w danym roku określano na podstawie stanu plantacji kukurydzy i stopnia jej zachwaszczenia tak, aby w rezultacie uzyskać niepełną skuteczność zniszczenia komosy białej, w celu stwierdzenia różnic między kombinacjami doświadczalnymi. Zabieg wykonywano w fazie 3–5 liści kukurydzy, gdy komosa biała była w fazie 4–7 liści. Opryskiwanie wykonywano plecakowym opryskiwaczem doświadczalnym AP 2/p, przystosowanym do wykonywania zabiegów poletkowych. Opryskiwacz wyposażono w belkę polową szerokości 2,0 (2009 r.) lub 2,5 m (lata 2010 i 2011), na której montowano kolejno dwa typy rozpylaczy. Stosowano zawsze 200 l cieczy użytkowej na hektar uprawy kukurydzy, ciśnienie 3,0 bar i prędkość roboczą $4,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Doświadczenia założono w układzie bloków losowanych w 3 powtórzeniach, z wykorzystaniem pasa ochronnego między poletkami. Wielkość poletek wynosiła 14 m^2 ($2,8 \text{ m} \times 5,0 \text{ m}$ – 4 pełne rzędy kukurydzy), przy czym obszar podlegający opryskiwaniu i ocenie zależał od szerokości zastosowanej belki polowej – $2,0 \text{ m} \times 5,0 \text{ m} = 10 \text{ m}^2$ (2009 r.) oraz $2,5 \text{ m} \times 5,0 \text{ m} = 12,5 \text{ m}^2$ (lata 2010 i 2011).

Skuteczność zwalczania komosy białej (ponad 95% udziału w zachwaszczeniu) oceniano po upływie 5 tygodni od zabiegu, metodą wagowej analizy świeżej masy chwastów, a także na podstawie liczby chwastów zebranych z jednostki powierzchni obiektów, na których wykonywano opryski oraz obiektów kontrolnych. W doświadczeniach oceniano fitotoksyczność oraz wpływ zabiegów na plonowanie roślin kukurydzy (masa kolb na jednostce powierzchni pola, plon ziarna po wysuszeniu i wymłóceniu kolb).

Warunki meteorologiczne panujące na plantacjach w okresie wegetacji określano na podstawie danych uzyskanych z automatycznej stacji meteorologicznej odległej o 500–800 m od plantacji doświadczalnych. W pracy zamieszczono wykresy średnich temperatur dobowych powietrza i opady, występujące dwa tygodnie przed terminem wykonania zabiegu opryskiwania i tydzień po tym terminie. Jednocześnie pod tabelą z wynikami skuteczności zabiegu podano wartości temperatury, wilgotności powietrza oraz prędkości wiatru, jakie występowały w czasie wykonywania

¹⁾ Klasyfikacja wielkości kropel z rozpylaczy wg BCPC/ASAE [ASABE 2009].

zabiegu. Dane te uzyskano za pomocą przenośnych przyrządów pomiarowych umieszczonych na opryskiwanej plantacji.

Wszystkie wyniki poddano analizie statystycznej. Występowanie istotnych różnic stwierdzono za pomocą testu Duncana, wyznaczając najmniejszą istotną różnicę na poziomie istotności 5%.

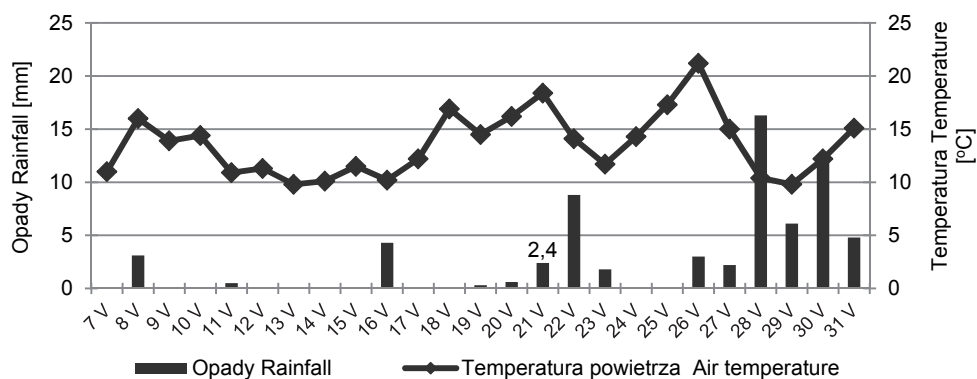
Wyniki i dyskusja

W ostatnich latach coraz częściej obserwuje się duże różnice skuteczności zwalczania chwastów w różnych latach za pomocą tych samych substancji czynnych. Przyczyn tego zjawiska autorzy publikacji i praktycy rolnictwa upatrują zarówno w powstawaniu odporności chwastów na niektóre substancje czynne i w zmieniającej się technice aplikacji środków (duża różnorodność stosowanych urządzeń rozpylających), jak i w różnych warunkach meteorologicznych wykonywania zabiegów. Z obserwacji wynika, że przyczyną takiej zmienności może być także stan fizjologiczny zwalczanych chwastów i właściwości fizykochemiczne cieczy użytkowej oraz kroplistość stosowanego opryskiwania. Różna aktywność herbicydów stosowanych nalistnie może być wynikiem wielu zmiennych parametrów występujących podczas wykonywania zabiegu, często poza bezpośrednią kontrolą operatora. Silne zwilżenie powierzchni w warunkach stresowych (mała wilgotność, wysoka temperatura powietrza, podmuchy wiatru) może ograniczać aktywność herbicydu wskutek szybkiego odparowania cieczy z kropel i/lub ich znoszenia. W zależności od warunków zewnętrznych, fizyczny osad (depozyt) substancji czynnych powstaje w czasie od kilku sekund do kilku minut po zatrzymaniu się kropel na powierzchni liści i odparowaniu wody [ZHU i in. 1996]. W sytuacji przedłużającej się suszy powstały depozyt staje się mało aktywny (brak lub niewielka absorpcja herbicydu do komórek roślinnych). Skutecznym rozwiązaniem, ograniczającym ten niekorzystny efekt, jest stosowanie adiuwantów o cechach humektacyjnych i obciążających, przeciwdziałających znoszeniu i ograniczających wytwarzanie kropel bardzo drobnych [RAMSEY i in. 2005]. W wielu badaniach laboratoryjnych i polowych wykazano, że dodatek adiuwantów obciążających, tzw. „dryft retardantów”, ograniczał odparowanie i znoszenie cieczy [BOUSE i in. 1988; van GESSEL, JOHNSON 2005]. Z doniesień De REITERA i in. [2003] wynika, że dodatek do cieczy użytkowej adiuwanta o tych cechach może ograniczyć odparowanie w granicach 25–100% aplikowanej dawki środka ochrony roślin. W wielu przypadkach pożądanym jest dłuższy czas utrzymywania się kropel na liściu, aby mogło dojść do absorpcji składnika aktywnego. Jednak uzyskanie dłuższego czasu odparowania wymaga stosowania rozpylaczy wytwarzających krople grube, które są bardziej podatne na odbicie od powierzchni woskowych (trudno zwilżalnych), co w rezultacie przyczynia się do zmniejszenia skuteczności zabiegu [ZHU i in. 2010].

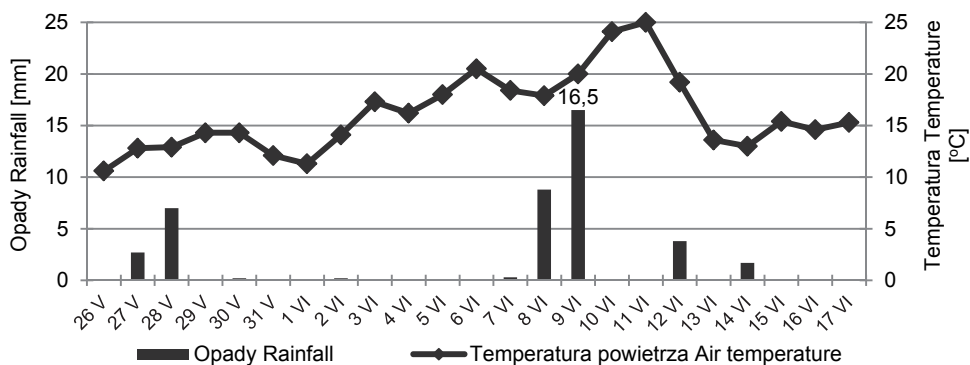
W zależności od warunków meteorologicznych panujących w okresie wykonywania zabiegów ochronnych (zmienna struktura powierzchni liści komosy białej), wpływ rodzaju rozpylacza i dodatku adiuwantów na efektywność działania herbicydów był różnicowany.

W 2009 r., w którym warunki do wykonywania zabiegów ochronnych były korzystne (rys. 1a), najbardziej przydatnym dodatkiem wspomagającym działanie herbicydu

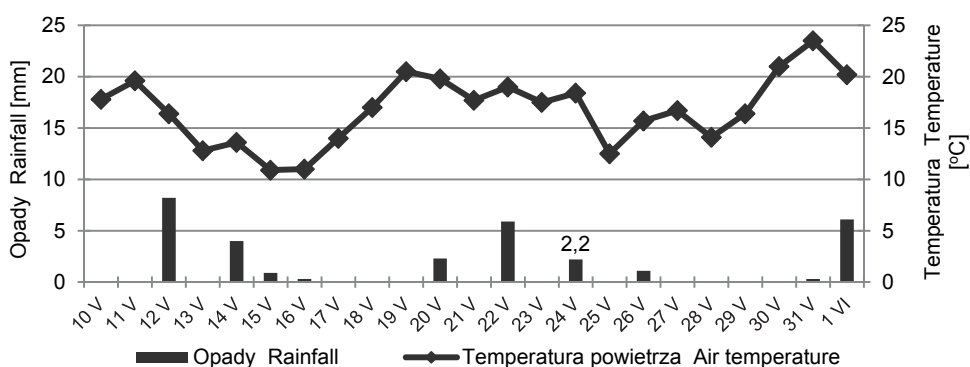
a) 2009 r.



b) 2010 r.



c) 2011 r.



Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Rys. 1. Warunki meteorologiczne 2 tygodnie przed i tydzień po zabiegu zwalczania chwastów w kukurydzy; a) 2009 r. – data zabiegu – 21.05., b) 2010 r. – data zabiegu – 09.06., c) 2011 r. – data zabiegu – 24.05.

Fig. 1. Meteorological conditions in the two weeks before and one week after treatment of weed control in maize; a) 2009 – application date – 21.05., b) 2010 – application date – 09.06., c) 2011 – application date – 24.05.

Hector 53,6 WG w zwalczaniu komosy białej okazał się adiuwant olejowy Olstick 90 EC. W warunkach występowania niższej temperatury przed zabiegiem i okresu deszczowego po zabiegu, adiuwant olejowy poprawiał efektywność zabiegów wykonanych ocenianymi rozpylaczami, zwłaszcza rozpylaczami dwustrumieniowymi typu TJ60 110002, zapewniającymi opryskiwanie bardzo drobnokropliste (tab. 1).

Badania dowodzą, że stopień pokrycia opryskiwanych powierzchni jest istotnym czynnikiem warunkującym biologiczną aktywność herbicydów stosowanych nalistnie. Rozpylacz AVI 11002, wytwarzający krople bardzo grube, może nie zagwarantować odpowiedniego naniesienia cieczy i pokrycia rośliny trudno zwilżalnej, jaką jest komosa biała. W badaniach prowadzonych przez KIERZKA [2011] stwierdzono, że opryskiwanie bardzo drobnokropliste (TJ60 11002) zapewniało naniesienie największej liczby kropeł i wyższy stopień pokrycia próbników testowych, natomiast użycie rozpylaczy bardzo grubokroplistych (AVI 11002) – zwykle istotnie zmniejszało wartości wskaźników jakości nanoszenia cieczy. Wraz ze zmniejszaniem się wielkości kropeł wytwarzanych przez rozpylacze zwiększała się gęstość pokrycia powierzchni, mierzona liczbą naniesionych kropeł (szt. \cdot cm⁻²). W tych badaniach pomiary wskaźników wykonywano na sztucznych obiektach (papier woskowy – powierzchnia trudno zwilżalna), z wykorzystaniem programu do komputerowej analizy obrazu i kamery video.

Dodatek właściwych adiuwantów może zmniejszać skutki działania niesprzyjających warunków pogodowych w trakcie aplikacji. W 2010 r., po okresie suchym z wysoką temperaturą oraz dodatkowo kilkunastomilimetrowym opadem na kilka godzin przed zabiegiem, a także wysoką temperaturą w trakcie zabiegu i po nim (rys. 1b), stwierdzono małą skuteczność zwalczania komosy białej (24–54% zniszczenia). Zastosowanie do zabiegów rozpylaczy wytwarzających drobne krople (TJ60 11002) skutkowało najłagodniejszym efektem działania herbicydu. W kombinacjach opryskiwanych rozpylaczami TJ60 11002 jedynie dodatek adiuwanta olejowego Olstick 90 EC w znaczący sposób poprawił działanie chwastobójcze środka Hector 53,6 WG (24% zniszczenia komosy białej w kombinacji standardowej i 49% na obiekcie z dodatkiem adiuwanta olejowego). W takich niekorzystnych i zmiennych warunkach atmosferycznych (w trakcie zabiegu temperatura powietrza wynosiła ponad 26°C) znacznie lepszą skuteczność zwalczania komosy białej miał zabieg wykonany rozpylaczami eżektorowymi AVI 11002, wytwarzającymi krople grube. Dobre efekty stosowania rozpylaczy wytwarzających grubsze krople w warunkach stresowych (np. susza, mała wilgotność powietrza) umożliwiają znaczną poprawę terminowości wykonywania zabiegów ze względu na większe uniezależnienie się od warunków pogodowych [WOLF 1993]. W warunkach małej wilgotności powietrza i wyższej temperatury, duża liczba małych kropeł nie dociera do powierzchni liści i już po opuszczeniu rozpylacza ulega znoszeniu bądź odparowaniu, stwarzając zagrożenie dla środowiska [ELLIS i in. 2001; MILLER 1998; ZHU i in. 1994;].

W 2011 r., po okresie korzystnych warunków atmosferycznych (wysokie średnie temperatury dobowe, wyrównane opady – rys. 1c), bardzo sprzyjających rozwojowi kukurydzy, ale także i chwastów dwuliściennych, uzyskano dużą skuteczność zwalczania komosy białej po użyciu herbicydu Hector Max 66,5 WG i to niezależnie od zastosowanego typu rozpylacza (80–96% zniszczenia). Efekt zwalczania był lepszy

w kombinacjach, na których herbicyd stosowano z dodatkiem adiuwantów Slippa lub Olstick 90 EC, nie stwierdzono jednak istotnych różnic w redukcji świeżej masy komosy białej między ocenianymi kombinacjami doświadczalnymi (tab. 1).

Tabela 1. Skuteczność zwalczania komosy białej w uprawie kukurydzy po zastosowaniu herbicydu Hector 53,6 WG, w zależności od rodzaju adiuwanta i typu rozpylacza – Winna Góra 2009–2011 r.

Table 1. Efficacy of fat hen (*Chenopodium album* L.) control in maize with herbicide Hector 53.6 WG as affected by adjuvants and nozzle type – Winna Góra 2009–2011

Nr No.	Nazwa obiektu Treatment	Typ rozpylacza Nozzle type	Komosa biała Fat hen (<i>Chenopodium album</i> L.)		Skuteczność zniszczenia Efficacy of weed control [%]	Średnia masa 1 kolby Average weight of one cob [g]	Plon Yield [t·ha ⁻¹]
			świeża masa roślin fresh weight of plants [g·m ⁻²]	masa 1 rośliny [g·szt. ⁻¹] weights of one plants [g·pcs. ⁻¹]			
1	2	3	4	5	6	7	8
2009 r.							
1.	Hector 53,6 WG + Trend 90 EC	TJ 60 11002	1 210,9 bc	34,9 a	48	63,3 a	3,57 a
2.	Hector 53,6 WG + Slippa	TJ 60 11002	1 045,0 abc	36,3 a	55	86,2 ab	4,50 ab
3.	Hector 53,6 WG + Torpedo II	TJ 60 11002	988,4 abc	26,4 a	58	100,2 abc	4,33 ab
4.	Hector 53,6 WG + Olstick 90 EC	TJ 60 11002	401,5 a	24,4 a	83	117,2 bcd	6,26 bc
5.	Hector 53,6 WG + Trend 90 EC	AVI 11002	1 388,9 c	32,2 a	41	87,0 ab	4,71 ab
6.	Hector 53,6 WG + Slippa	AVI 11002	1 166,3 bc	28,9 a	50	70,2 a	3,53 a
7.	Hector 53,6 WG + Torpedo II	AVI 11002	1 121,1 bc	62,4 b	52	137,9 cd	7,13 c
8.	Hector 53,6 WG + Olstick 90 EC	AVI 11002	602,9 ab	32,8 a	74	143,1 d	7,90 c
9.	Kontrola Untreated	–	2 332,6 d	45,0 ab	–	74,5 a	3,84 a
2010 r.							
1.	Hector 53,6 WG + Trend 90 EC	TJ 60 11002	1 086,1 ab	12,1 abc	24	89,3 ab	4,34 b
2.	Hector 53,6 WG + Slippa	TJ 60 11002	909,2 a	12,1 abc	36	87,0 ab	3,17 ab
3.	Hector 53,6 WG + Torpedo II	TJ 60 11002	867,9 a	17,2 c	39	124,8 b	5,39 b
4.	Hector 53,6 WG + Olstick 90 EC	TJ 60 11002	722,7 a	9,4 abc	49	103,8 ab	3,56 ab
5.	Hector 53,6 WG + Trend 90 EC	AVI 11002	781,5 a	5,3 a	45	107,2 ab	4,50 b
6.	Hector 53,6 WG + Slippa	AVI 11002	654,4 a	6,5 ab	54	68,7 ab	3,04 ab
7.	Hector 53,6 WG + Torpedo II	AVI 11002	842,7 a	14,3 bc	41	73,7 ab	3,20 ab
8.	Hector 53,6 WG + Olstick 90 EC	AVI 11002	668,1 a	8,8 ab	53	89,7 ab	3,56 ab
9.	Kontrola Untreated	–	1 420,0 b	11,9 abc	–	60,0 a	0,56 a
2011 r.							
1.	Hektor Max 66,5 WG + Trend 90 EC	TJ 60 11002	387,4 a	14,0 a	92	139,2 b	10,29 bc

cd. tabeli 1.

1	2	3	4	5	6	7	8
2.	Hektor Max 66,5 WG + Slippa	TJ 60 11002	253,0 a	10,9 a	96	152,5 b	11,73 c
3.	Hektor Max 66,5 WG + Torpedo II	TJ 60 11002	402,9 a	6,3 a	92	142,3 b	10,65 bc
4.	Hektor Max 66,5 WG + Olstick 90 EC	TJ 60 11002	272,6 a	8,7 a	94	142,7 b	10,04 bc
5.	Hektor Max 66,5 WG + Trend 90 EC	AVI 11002	256,5 a	6,8 a	95	144,0 b	8,95 b
6.	Hektor Max 66,5 WG + Slippa	AVI 11002	411,8 a	10,9 a	92	150,3 b	10,56 bc
7.	Hektor Max 66,5 WG + Torpedo II	AVI 11002	990,5 a	12,3 a	80	141,0 b	9,87 bc
8.	Hektor Max 66,5 WG + Olstick 90 EC	AVI 11002	417,6 a	9,4 a	92	156,5 b	11,53 c
9.	Kontrola Untreated	–	4 910,0 b	60,7 b	–	49,8 a	3,47 a

Objaśnienia: 2009 r.: data zabiegu – 21 maja, temperatura powietrza – 25,2°C, wilgotność powietrza – 39,5%, średnia prędkość wiatru – 0,8–2,1 m·s⁻¹; 2010 r.: data zabiegu – 9 czerwca, temperatura powietrza – 26,2°C, wilgotność powietrza – 55,5%, prędkość wiatru – 1,0 m·s⁻¹; 2011 r.: data zabiegu – 24 maja, temperatura powietrza – 25°C, wilgotność powietrza – 30%, prędkość wiatru – 3,0 m·s⁻¹. Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie na poziomie $\alpha = 0,05$ (test Duncana).

Explanations: the year 2009: the treatment was performed on 21 May, with the air temperature 25.2°C, relative humidity of 39.5% and an average wind speed of 1.5 m·s⁻¹; the year 2010 – the treatment was performed on 9 June, with the air temperature 26.2°C, relative humidity of 55.5% and an average wind speed of 1.0 m·s⁻¹; the year 2011 – the treatment was performed on 24 May, with the air temperature 25°C, relative humidity of 30% and an average wind speed of 3.0 m·s⁻¹. Values marked with the same letter are not significantly different at $\alpha = 0.05$ (Duncan's test).

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że występowanie zmiennych i niekorzystnych warunków meteorologicznych przed zabiegami i w jego trakcie jest przyczyną zmniejszonej skuteczności działania herbicydów nalistnych, szczególnie na gatunki chwastów trudno zwilżalnych (np. komosa biała), z uwagi na zmniejszoną retencję kropli cieczy i depozyt substancji czynnych na liściach.

Wielkość plonu ziarna kukurydzy po zastosowaniu herbicydów z adiuwantami oraz rozpylaczy wytwarzających różne wielkości kropli w poszczególnych latach badań na ogół nie była skorelowana ze skutecznością chwastobójczą w odpowiadających sobie kombinacjach doświadczalnych (tab. 1). W pierwszym roku badań (2009 r.) stwierdzono istotne różnice w plonie ziarna w wariancie kontrolnym i na obiektach zabiegowych. Pomiary plonu odzwierciedlały w dużym stopniu uzyskany efekt chwastobójczy. W kolejnych dwóch latach badań nie stwierdzono istotnego zróżnicowania wielkości plonu w zależności od uzyskiwanej skuteczności chwastobójczej. Nie stwierdzono stałych zależności między wielkością plonu ziarna a skutecznością zniszczenia komosy białej, mimo że gatunek ten we wszystkich latach badań dominował na plantacji kukurydzy. Można przypuszczać, że inne elementy, jak np. warunki klimatyczne czy glebowe, a także pojawiające się zachwaszczenie wtórne, mogły różnicować plon ziarna uzyskiwany na poszczególnych obiektach doświadczalnych.

Wnioski

1. Dobór techniki opryskiwania, w tym rozpylaczy, do warunków pogodowych oraz dodatek do cieczy użytkowej odpowiednich adiuwantów, zwiększających retencję i wnikanie (absorbcję) herbicydów, są ważnymi czynnikami poprawy skuteczności nalistnych zabiegów zwalczania chwastów w uprawie kukurydzy.
2. W korzystnych warunkach pogodowych przed zabiegiem i po nim najlepsze rezultaty zniszczenia komosy białej herbicydem Hector 53,6 WG uzyskano po wykonaniu opryskiwania za pomocą bardzo drobnokroplistych rozpylaczy dwustrumieniowych TwinJet TJ60 11002 VS.
3. W warunkach stresowych (okres suszy i wyższej temperatury) skuteczniejszym rozwiązaniem, gwarantującym bezpieczne i stabilne działanie herbicydów systemicznych z dodatkiem właściwego adiuwanta, okazało się wykonywanie zabiegów chwastobójczych z użyciem rozpylaczy wytwarzających krople grubsze (AVI 11002).
4. Najbardziej przydatnym dodatkiem, wspomagającym działanie herbicydów Hector 53,6 WG i Hector Max 66,5 WG w zwalczaniu komosy białej, okazał się adiuwant olejowy Olstick 90 EC.

Bibliografia

Albuz niedatowane. Rozpylacze polowe [online]. [Dostęp 02.06.2014]. Dostępny w Internecie: www.albuz.pl/wp-content/uploads/2014/02/INTERNET.pdf

ASABE 2009. Spray nozzle classification by droplet spectra. ASAE S572.1. St. Joseph, MI.

BOUSE L.F., CARLTON J.B., JANK P.C. 1988. Effect of water soluble polymers on spray droplet size. Transaction of the ASAE. Vol. 31. No. 6 s. 1633–1641.

De RUITER H., MOL H.G.J., de VLIETGER J.J., van de ZANDE J.C. 2003. Influence of adjuvants on the emission of pesticides to the atmosphere. Review, methodology and perspectives. W: Proceedings BCPC International Congress – Crop Science and Technology. Vol. 2. BCPC s. 513–518.

ELLIS M.C.B., BRADLEY A., TUCK C.R. 2001. The characteristics of sprays produced by air induction nozzles. W: The BCPC Conference. Proceedings of an international conference. Vol. 2. Brighton, UK, 12–15 November 2001. BCPC s. 665–670.

GASKIN R.E., STEELE K.D., FOSTER W.A. 2005. Characterizing plant surfaces for spray adhesion and retention. New Zealand Plant Protect. No. 8 s. 179–183.

HEWITT A.J., MILLER P.C.H., DEXTER R.W., BAGLEY W.E. 2001. The influence of tank mix adjuvants on the formation, characteristics and drift potential agricultural sprays. W: Proceedings of the Sixth International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals. Amsterdam, 13–17 August, 2001. Renkum. ISAA Foundation s. 547–556.

KIERZEK R. 2011. Reakcja roślin jednoliściennych na herbicydy w zależności od techniki opryskiwania i właściwości cieczy użytkowej. Rozprawy Naukowe IOR-PIB. Z. 26. Poznań. IOR-PIB. ISSN 1730-038X ss. 124.

McKINLAY K.S., ASHFORD R., FORD R.J. 1974. Effects of drop size, spray volume and dosage on paraquat toxicity. Weed Science. Vol. 22 s. 31–34.

- McKINLAY K.S., BRANDT S.A., MORSE P., ASHFORD R. 1972. Droplet size at phytotoxicity of herbicides. *Weed Science*. Vol. 20 s. 450–452.
- McMULLAN P.M. 2000. Utility adjuvants. *Weed Technology*. Vol. 14 s. 792–797.
- MILLER P.C.H. 1998. Engineering aspects of spray drift control. *Aspects Applied Biology*. Nr 17 s. 377–384.
- RAMSEY R.J.L., STEPHENSON G.R., HALL J.C. 2005. A review of the effects of humidity, humectants, and surfactant composition on the absorption and efficacy of highly water-soluble herbicides. *Pesticide Biochemistry Physiology*. Nr 82 s. 162–175.
- TAYLOR P., CHAMBERS I.M. 2002. Dynamic surface effects in foliar spray retention. W: *Advances in Pesticide Application*. *Aspects Applied Biology*. No. 66 s. 259–266.
- TeeJet Technologies. 2011. Technical information [online]. Katalog 51-PL (Polish). [Dostęp 02.06.2014]. Dostępny w Internecie: http://www.teejet.com/media/409089/124-144_cat51_metric.pdf
- VAN GESSEL J.M., JOHNSON Q.R. 2005. Evaluating drift control agents to reduce short distance movement and effect on herbicide performance. *Weed Technology*. Vol. 19 s. 78–85.
- WOLF T.M., GROVER R., WALLACE K., SHEWCHUCK S.R., MAYBANK J. 1993. Effect of protective shields on drift and deposition characteristics of field sprayers. *Candian Journal Plant Science*. Vol. 73 s. 1261–1273.
- WOŹNICA Z., SKRZYPCZAK G. 1998. Adjuvants for foliar applied herbicides. *Annals Warsaw Agricultural University, Agriculture*. No. 32 s. 33–42.
- ZHU H., REICHARD D.L., FOX R.D., BRAZEE R.D., OZKAN H.E. 1994. Simulation of drift of discrete sizes of water droplets from field sprayers. *Transaction of the ASAE*. Vol. 37 No. 5 s. 1401–1407.
- ZHU H., REICHARD D.L., FOX R.D., BRAZEE R.D., OZKAN H.E. 1996. Collection efficiency of spray droplets on vertical targets. *Transactions of the ASAE*. Vol. 39. No. 2 s. 415–422.
- ZHU H., YU Y., OZKAN H.E. 2010. Influence of spray formulation and leaf surface structures on droplet evaporation and wetted area. W: *International Advances in Pesticide Application Aspects*. *Applied Biology*. No. 99 s. 333–340.

Roman Kierzek, Marek Wachowiak, Roman Krawczyk, Henryk Ratajkiewicz

**EFFECT OF SPRAY NOZZLE TYPE
AND ADJUVANTS ON HERBICIDE ACTIVITY IN MAIZE**

Summary

The droplet size used for spraying operations and spray liquid properties modified with adjuvants have a significant impact on the coverage of the leaf surface of weeds and protected plants. In the study the effect of nozzle types with the same output but with different spray qualities (droplet size) was tested. Also was evaluated the influence of surface active agents (adjuvants) added to herbicide in tank mixture against *Chenopodium album* L. control in maize. Depending on weather conditions prevailing during the period of protective treatments (variable structure of weed leaf surface), the impact

of spraying techniques and adjuvants on herbicidal effectiveness were mixed. The results showed that the most effective weed control was achieved after treatment with a fine nozzles TwinJet TJ60 11002 VS, especially when the adjuvants were added to herbicides to increase retention and penetration of active ingredients through a wax layer on the *Ch. album* leaves. In variable weather conditions the most useful was an adjuvant oil Olstick 90 EC.

Key words: spraying, adjuvants, herbicide, maize, weeds, droplet size, nozzle type

Adres do korespondencji:

dr hab. Roman Kierzek, prof. nadzw. IOR-PIB
Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Władysława Węgorka 20, 60-310 Poznań
tel. 61 864-90-59; e-mail: r.kierzek@iorpib.poznan.pl

