

Krzysztof Domaradzki*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach***OGRANICZANIE DAWEK HERBICYDÓW JAKO ELEMENT
INTEGROWANEJ OCHRONY ROŚLIN*****Słowa kluczowe:** herbicydy, niższe dawki, skuteczność**Wstęp**

Rolnicza działalność człowieka trwa od około 10 000 lat (8). Przez zdecydowaną większość tego czasu jedyną formą eliminacji chwastów było ich ręczne usuwanie. Aż do połowy XX wieku nie stosowano w praktyce innych sposobów odchwaszczania poza metodami mechanicznymi i agrotechnicznymi, które opierały się na wykorzystaniu uprawek pożniwnych i przedsiewnych, odpowiednim zmianowaniu, czyszczeniu materiału siewnego oraz pielęgnacji mechanicznej w trakcie wegetacji (21).

Pierwszą jaskółką, która wróżyła późniejszy rozwój środków chwastobójczych było odkrycie ograniczonego działania herbicydowego cieczy bordoskiej. Był to prosty fungicyd nieorganiczny sporządzany z siarczanu miedzi i wapna gaszonego, który w drugiej połowie XIX w. był używany we Francji do ochrony winorośli przed chorobami grzybowymi, a jego ubocznym działaniem było ograniczone hamowanie wzrostu niektórych chwastów (2).

Jednak prawdziwy początek chemicznej metodzie zwalczania chwastów dała synteza herbicydów organicznych z grupy dwunitro-o-krezoli, której dokonano w roku 1932 oraz odkrycie kwasów fenoksyoctowych (2,4-D i MCPA) w roku 1944. Związki te znalazły zastosowanie jako pierwsze selektywne herbicydy. Od połowy lat 50. XX w. następuje gwałtowny rozwój tej grupy środków ochrony roślin (17). Wprowadzenie w roku 1957 do użytku atrazyny wpłynęło na dynamiczny wzrost areалу kukurydzy. W latach 60. XX w. wprowadzono na rynek pochodne mocznika (linuron, chlorotoluron), herbicydy amidowe (alachlor, propachlor) i środki do odchwaszczania buraka (chloridazon i fenmedifam). W następnej dekadzie pojawiają się herbicydy zawierające tak popularne substancje aktywne, jak glifosat, pendimetalina, izoproturon,

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

metamitron, chlopyralid, metazachlor, z których większość jest nadal używana. Znaczne ograniczenie dawek herbicydów oraz wycofanie starych, niebezpiecznych środków miało miejsce po roku 1979, gdy wprowadzono pierwszy herbicyd z grupy pochodnych sulfonylomocznika – chlorosulfuron. Lata 80. XX w. obfitują w dalsze nowe substancje z tej rodziny (tifensulfuron metylu, metsulfuron metylu, nikosulfuron, primisulfuron, amidosulfuron) oraz rozwój graminicydów (fluazyfop butylu, haloksyfop metylu, fenoksaprop etylu, cykloksidim) i imidazolin – środków o podobnym mechanizmie działania do sulfonylomoczników. Przełom XX i XXI w. to rozwój herbicydów sulfonylomocznikowych blokujących aktywność enzymów w syntezie białek roślinnych, znacznie bardziej bezpiecznych dla człowieka. Obecnie herbicydy z tej grupy to ponad 30 substancji aktywnych (3, 17).

Podsumowując można stwierdzić, że na przestrzeni ostatnich osiemdziesięciu lat nastąpił dynamiczny rozwój chemicznych środków chwastobójczych, które w tym czasie przeszły ewolucję od środków o wysokiej toksyczności, często stwarzających problemy roślinom następczym do środków bezpiecznych dla środowiska i konsumentów, o bardzo wyspecjalizowanych mechanizmach działania (12, 16).

Zmiany w koncepcji stosowania herbicydów

W latach 80. XX w. w krajach o bardzo intensywnym poziomie rolnictwa pojawiła się tendencja zmierzająca do racjonalnego ograniczenia stosowania środków ochrony roślin, a zwłaszcza herbicydów. Działania te wynikały z proekologicznej polityki lansowanej w krajach Unii Europejskiej i w Stanach Zjednoczonych, a związane były z wprowadzeniem nowej strategii w ochronie roślin, polegającej na zredukowaniu dawek oraz zmniejszeniu ilości zabiegów do niezbędnego minimum (4). Działania te były wyrazem troski o środowisko oraz zdrowie konsumentów i znalazły również usankcjonowanie w prawodawstwie Unii Europejskiej (20).

Jednym ze sposobów dążenia do ograniczania środków ochrony roślin było powstanie koncepcji rolnictwa zrównoważonego, którego głównym hasłem jest zaspokojenie aktualnych potrzeb żywnościowych społeczeństw, bez ograniczania tej możliwości przyszłym pokoleniom. Środki ochrony roślin stanowiąc integralną część zrównoważonej produkcji rolniczej, powinny być wykorzystane w taki sposób, aby zmniejszyć niepotrzebny ujemny wpływ na środowisko, ograniczyć ryzyko związane z ich stosowaniem dla aplikującego, zminimalizować ilość odpadów oraz zapewnić bezpieczeństwo konsumentom (15).

Z pojęciem rolnictwa zrównoważonego nieodłącznie związane jest gospodarowanie zgodne z zasadami Dobrej Praktyki Rolniczej z wykorzystaniem metod integrowanych w uprawie i ochronie roślin (1). Koncepcja ta powstała w połowie lat 80. XX w. i propaguje stosowanie środków ochrony roślin w sposób bezpieczny, ze szczególnym uwzględnieniem zdrowia ludzi, bezpieczeństwa dla środowiska, użycia minimalnych dawek zapewniających wymaganą skuteczność i dających jak najmniejsze pozostałości w produktach spożywczych (14).

W naszym kraju – na przełomie XX i XXI w. – główną przyczyną ograniczenia zużycia środków ochrony roślin była transformacja ustrojowa, która dotknęła również sektor rolniczy. Drastyczny wzrost cen środków produkcji w rolnictwie na początku lat 90. XX w., wymusił wprowadzenie redukcji kosztów produkcji, co zostało zrealizowane między innymi poprzez zmniejszenie zużycia środków ochrony roślin i nawozów. Obecnie sytuacja ta zmienia się w stronę większej intensyfikacji stosowania środków ochrony, lecz poziom ich zużycia w Polsce jest jeszcze znacznie niższy niż w krajach zachodnioeuropejskich, czy w Stanach Zjednoczonych (9).

Zgodnie z założeniami integrowanej ochrony roślin preparaty chemiczne są ostatnim elementem w tej technologii. Przed sięgnięciem po herbicydy należy wykorzystać cały szereg zabiegów alternatywnych wchodzących w skład ochrony integrowanej (7). W skład tych działań będą wchodziły metody mechaniczne (uprawki pożniwne i przedsiewne), metody agrotechniczne (zmianowanie, dobór roślin o dużej sile konkurencyjnej, użycie czystego materiału siewnego, właściwa norma wysiewu, międzyplony i mulczowanie) oraz metody biologiczne (naturalne patogeny, bioherbicydy); (13).

Założeniem integrowanej ochrony jest regulacja występowania agrofaga, poprzez sterowanie populacjami patogenów i chwastów, w celu ograniczania ich liczebności poniżej progów ekonomicznej szkodliwości (22). Zabieg chemiczny zawsze powinien być traktowany jako uzupełnienie innych metod, a o konieczności jego wykonania musi decydować nasilenie agrofaga i jego szkodliwość. Interwencja chemiczna będzie celowa tylko wtedy, gdy poziom zagrożenia będzie na tyle wysoki, że wartość utraconego plonu przewyższy koszty wykonania zabiegu ochrony roślin (18).

Czynniki wpływające na skuteczność zabiegu

Roślina uprawna pozbawiona opieki człowieka ustępuje miejsca chwastom, które są lepiej przystosowane do zróżnicowanych warunków siedliskowych i bez trudu wygrywają z nią współzawodnictwo o składniki pokarmowe, wodę i światło (19). Dlatego chwasty muszą być eliminowane z ładu. Zgodnie z założeniami integrowanej ochrony roślin użycie herbicydów jest końcowym elementem ochrony, który może być stosowany dopiero po wyczerpaniu wszystkich niechemicznych metod ograniczania zachwaszczenia. W takim przypadku herbicydy należy stosować tylko wtedy, kiedy jest to bezwzględnie konieczne czyli po przekroczeniu progów szkodliwości i stosować dawki na tyle niskie, na ile to możliwe (10).

W celu uzyskania najlepszej skuteczności herbicydów, zwłaszcza stosowanych w obniżonych dawkach, należy pamiętać, że ich efektywność uzależniona jest od kilku czynników takich, jak wrażliwość chwastu na stosowany preparat, faza rozwojowa chwastu, stan i stopień zachwaszczenia, kondycja rośliny uprawnej, warunki pogodowe, sprawność sprzętu do aplikacji i sposób zastosowania (6). Umiejętne powiązanie wiadomości dotyczących wpływu tych czynników z wiedzą na temat działania niższych dawek herbicydów, może zapewnić uzyskanie dobrej skuteczności chwastobójczej i wysokich plonów.

a) wrażliwość chwastu na stosowany herbicyd

Herbicydy powinny być stosowane jedynie przeciw wrażliwym gatunkom chwastów. Ich aplikacja na gatunki o słabszej wrażliwości spowoduje, że efektywność chwastobójcza będzie niezadowalająca zwłaszcza, gdy zostanie zastosowana niższa dawka środka. Dobrą ilustracją tego zjawiska jest porównanie skuteczności ograniczenia świeżej masy przytulii czepnej (*Galium aparine*) przez fluoksypyr i tribenuron metylu. Pierwsza z substancji aktywnych skutecznie działała na ten gatunek nawet w dawkach ograniczonych od 25 do 75% w stosunku do pełnej zalecanej, natomiast druga wykazywała bardzo niską skuteczność nawet w przypadku dawki pełnej (tab. 1).

Inaczej przedstawiała się sytuacja, gdy chwast był wrażliwy – np. gwiazdnica pospolita (*Stellaria media*). Wtedy obydwa herbicydy zwalczały go bardzo skutecznie, nawet w wypadku ograniczenia ich dawki aż o 75% (tab. 2).

Tabela 1

Ograniczenie świeżej masy (%) przytulii czepnej (faza 2-3 okółki liści)
przez różne dawki badanych herbicydów

Herbicyd	Ograniczenie świeżej masy (%)			
	100% dawki	75% dawki	50% dawki	25% dawki
Fluoksypyr	95,4	94,0	93,9	89,7
Tribenuron metylu	51,6	52,7	27,2	10,4

Źródło: Domaradzki, 2006 (5)

Tabela 2

Ograniczenie świeżej masy (%) gwiazdnicy pospolitej (faza 6-8 liści)
przez różne dawki badanych herbicydów

Herbicyd	Ograniczenie świeżej masy [%]			
	100% dawki	75% dawki	50% dawki	25% dawki
Fluoksypyr	97,0	96,6	96,2	94,6
Tribenuron metylu	97,8	97,7	97,4	97,3

Źródło: Domaradzki, 2006 (5)

b) faza rozwojowa chwastu

Zazwyczaj pewien spadek skuteczności herbicydów występuje, gdy chwasty stają się bardziej zaawansowane w rozwoju. Najbardziej wrażliwe są chwasty młode, najczęściej w fazie od liścieni do 4 liści, natomiast rośliny starsze niszczone są słabiej. Dobrym tego przykładem są badania, w których rumian polny (*Anthemis arvensis*) był traktowany herbicydami zawierającymi tribenuron metylu i mieszaninę mekoprop + MCPA + dikamba oraz przytulia czepna (*Galium aparine*) opryskiwana tribenuronem metylu (tab. 3). Od tej zasady może się jednak zdarzyć wyjątek. W doświadczeniach obserwowano niekiedy wyższą skuteczność herbicydów nie w przypadku chwastów najmłodszych, tj. będących w fazie liścieni, lecz u roślin nieco starszych mających wykształcone pierwsze liście właściwe, jak miało to miejsce, gdy aplikowano herbicyd zawierający mieszaninę mekoprop + MCPA + dikamba przeciwko przytulii czepnej. W tym przypadku można to wytłumaczyć lepszym wnikiem substancji aktywnej środka przez liście właściwe, niż przez skórzaste, pokryte woskowym nalotem liścienie.

Tabela 3

Ograniczenie świeżej masy chwastów (%) w zależności od ich fazy rozwojowej

Herbicyd	Dawka	Przytulia czepna			Gwiazdnica pospolita			Rumian polny		
		liścienie – 1. okólek	2-3 okółki	4-5 okółków	2-4 liście	6-8 liści	10-12 liści	2-4 liście	6-8 liści	10-12 liści
Tribenuron metylu	100%	96,3	51,6	30,7	100	97	98,3	98,9	67,2	62,3
Mekoprop + MCPA + dikamba	100%	84,2	92,8	89,7	100	97,4	96,5	88,9	80,5	67,6

Źródło: Domaradzki, 2006 (5)

c) stopień zachwaszczenia

Ważnym czynnikiem wpływającym na efektywność ochrony chemicznej jest nasilenie występowania chwastów w łanie rośliny uprawnej. Im mniej chwastów zachwaszcza plantację tym wyższa skuteczność stosowanych herbicydów. Wynika to z faktu, że chwastobójcze działanie herbicydu wspomagane jest przez oddziaływanie konkurencyjne ze strony rośliny uprawnej, które słabnie wraz ze wzrostem zachwaszczenia. Oczywiście różnice w skuteczności nie są duże. W prowadzonych doświadczeniach wynosiły one od 3 do 10% (tab. 4).

Tabela 4

Skuteczność chwastobójcza (%) herbicydów w zależności od stopnia występowania wybranych gatunków chwastów

Herbicyd	Dawka (l, kg/ ha)	Przytulia czepna				Gwiazdnica pospolita			
		< 10 szt/m ²	11-20 szt/m ²	21-50 szt/m ²	>50 szt/m ²	< 10 szt/m ²	11-20 szt/m ²	21-50 szt/m ²	>50 szt/m ²
Mekoprop + MCPA + dikamba	100%	98	97	95	94	100	96	96	94
Fluroksypyr	100%	100	99	97	91	100	99	95	90

Źródło: Domaradzki, 2006 (5)

d) obsada i stan rośliny uprawnej

Roślina uprawna rosnąca w optymalnej obsadzie, w warunkach zapewniających jej właściwy rozwój i zdrowotność oraz potencjalnie wysoki poziom plonowania, posiada mechanizm obronny, jakim jest jej oddziaływanie konkurencyjne w stosunku do chwastów występujących w łanie. Obniżenie obsady sprzyja bujniejszemu wzrostowi chwastów. W przypadku spadku obsady pszenicy ozimej o połowę, z 450 szt/m² do 225 szt/m² obserwowano wzrost świeżej masy przytulii czepnej aż o 44,4%, ponadto wystąpił kilkuprocentowy spadek skuteczności herbicydów, szczególnie w przypadku zastosowania obniżonych dawek (tab. 5).

Tabela 5

Ograniczenie świeżej masy (%) przytuli czepnej przez różne dawki herbicydów
w zależności od obsady pszenicy ozimej

Herbicyd	Dawka	Obsada pszenicy ozimej w szt/m ²	
		225 roślin/m ²	450 roślin/m ²
Obiekt kontrolny	-	155,8 g/m ² *)	107,9 g/m ² *)
Mekoprop + MCPA + dikamba	100%	95,7	97,1
	75%	89,8	94,6
	50%	79,5	84,1
	25%	54,1	57,2
Fluoksypyr	100%	99,0	100
	75%	97,6	98,8
	50%	95,4	97,2
	25%	89,7	89,9

*) – świeża masa przytuli czepnej

Źródło: Domaradzki, 2006 (5)

e) warunki pogodowe

• temperatura powietrza

Temperatura powietrza wywiera znaczący wpływ na skuteczność działania herbicydów. Ważna jest nie tylko wartość tego parametru w trakcie aplikacji środków, ale również okres pierwszych 2 tygodni po zabiegu. Dla większości herbicydów optimum temperaturowe mieści się w przedziale od 10°C (rzadziej 5°C) do 20°C. Każdy spadek oraz wzrost temperatury może wpływać na zmiany skuteczności chwastobójczej. Dobrym tego przykładem są wyniki badań nad oceną wpływu temperatury na skuteczność zwalczania gwiazdnicy pospolitej przez herbicydy zawierające fluoksypyr i tribenuron metylu. Najlepszą skuteczność obserwowano dla temperatury ze średniego zakresu (16,5°C w dzień i 8°C w nocy) (tab. 6). Wzrost temperatury do 25°C w dzień i 16,5°C w nocy, powodował minimalny spadek skuteczności o 2-3%. W przypadku niskich temperatur (8°C w dzień i 2°C w nocy) wystąpiło wyraźne obniżenie skuteczności. Tribenuron metylu działał słabiej o 18-22%, natomiast fluoksypyr był mniej efektywny aż o 34-44%.

Tabela 6

Ograniczenie świeżej masy (%) gwiazdnicy pospolitej przez różne dawki herbicydów
w zależności od temperatury powietrza.

Herbicyd	Dawka	Temperatura °C (dzień/noc)		
		25/16,5	16,5/8	8/2
Fluoksypyr	100%	92,5	94,4	60,4
	50%	88,9	91,7	48,0
Tribenuron metylu	100%	95,4	98,4	80,2
	50%	95,0	98,0	76,9

Źródło: Kieloch, 2004 (11)

- **wilgotność powietrza**

W przypadku niektórych gatunków chwastów również względna wilgotność powietrza może mieć wpływ na skuteczność ich zwalczania, ponieważ od niej uzależnione jest wnikanie herbicydu do rośliny. Chwasty o liściach pokrytych grubą warstwą kutikuli, jak np. rumian polny lepiej wchłaniają herbicyd, gdy wilgotność jest wyższa. Prawidłowość ta została potwierdzona w badaniach, w których zastosowano tribenuronu metylu. Czynniki ten nie odgrywa większej roli, gdy kutikula liścia jest cienka, jak np. u gwiazdnicy pospolitej. Chwast ten wykazał się dużą wrażliwością na stosowany herbicyd niezależnie od poziomu wilgotności względnej powietrza (tab. 7). Odmienna sytuacja wystąpiła w odniesieniu do rumianu polnego. Chwast ten był znacznie słabiej zwalczany przez tribenuron metylu w warunkach niskiej wilgotności powietrza. Różnice te wynosiły od 35 do 42% (tab. 7).

Tabela 7

Ograniczenie świeżej masy (%) gwiazdnicy pospolitej i rumianu polnego przez herbicyd Granstar 75 WG w zależności od wilgotności względnej powietrza

Herbicyd	Dawka na ha	Gwiazdnica pospolita		Rumian polny	
		90% wilg.	50% wilg.	90% wilg.	50% wilg.
Tribenuron metylu	100%	98,4	99,0	91,3	56,0
	50%	98,5	98,8	91,3	49,4

Źródło: Kieloch, 2004 (11)

f) dodatek adjuwanta

Adjuwant jest dodawany do herbicydu w celu wzrostu skuteczności jego działania. W przypadku chwastów bardzo wrażliwych lub będących w bardzo młodych fazach rozwojowych dodatek adjuwanta zazwyczaj nie przynosi zauważalnych efektów. Celowe jest jego stosowanie, gdy chwasty charakteryzują się nieco niższą wrażliwością, są zaawansowane w rozwoju lub warunki pogodowe odbiegają od optymalnych. W tabeli 8 przedstawiono wyniki badań nad wpływem dodatku adjuwanta na skuteczność niszczenia gwiazdnicy pospolitej i rumianu polnego przez tribenuron metylu. Wskazują one, że gwiazdnica pospolita charakteryzuje się dużą wrażliwością na tę substancję aktywną i dodawanie adjuwanta jest w tym przypadku zbędne. Zdecydowanie inaczej wyglądała sytuacja w przypadku zwalczania rumianu polnego. Herbicyd zastosowany z adjuwantem (Trend 90 EC lub Olbras 88 EC) działał zdecydowanie skuteczniej niż aplikowany samodzielnie (tab. 8).

Tabela 8

Ograniczenie świeżej masy (%) gwiazdnicy pospolitej i rumianu polnego przez tribenuron metylu stosowany samodzielnie i z adjuwantem

Herbicyd	Dawka na ha	Gwiazdnica pospolita	Rumian polny
Tribenuron metylu	100%	99,0	56,0
Tribenuron metylu + adjuwant	100% + 100%	99,2	93,0

Źródło: Domaradzki, 2006 (5)

g) stosowanie herbicydów samodzielne i w mieszaninach

W przypadku, gdy dany herbicyd ma zbyt wąskie spektrum chwastobójcze i słabiej eliminuje jeden lub kilka gatunków chwastów, wskazane jest zastosowanie go w mieszaninie z innym środkiem chwastobójczym. Zwykle wówczas nie stosuje się pełnych zalecanych dawek obydwu komponentów mieszaniny, lecz ogranicza się je o 30-50%. Takie rozwiązanie pozwala lepiej zwalczać mniej wrażliwe gatunki chwastów oraz zwiększyć ogólną skuteczność chwastobójczą mieszaniny. Na przykład tribenuron metylu stosowany samodzielnie w niewystarczającym stopniu eliminuje przytulię czepną oraz samosiewy rzepaku. Zastosowanie tej substancji w mieszaninie z fluoksypirem powoduje zauważalny wzrost skuteczności niszczenia tych gatunków, pomimo obniżenia dawek poszczególnych komponentów (tab. 9). Podobna sytuacja występuje w przypadku amidosulfuronu, który stosowany samodzielnie jest nie w pełni skuteczny w stosunku do bratka polnego i samosiewów rzepaku, natomiast zastosowanie tej substancji aktywnej w mieszaninie z tribenuronem metylu pozwala skutecznie zwalczyć obydwa gatunki (tab. 9).

Tabela 9

Skuteczność chwastobójcza tribenuronu metylu i amidosulfuronu stosowanych samodzielnie i w mieszaninach z innymi substancjami aktywnymi

Herbicyd	Dawka na ha	Zniszczenie chwastów w %							
		ogółem	przytulia czepna	gwiazdnica pospolita	stulicha psia	bratek polny	rdest powojowy	przetacznik perski	samosiewy rzepaku
Tribenuron metylu	100%	90	75	99	99	100	99	99	60
Tribenuron metylu + fluoksypir	60% + 62,5%	95	89	100	100	99	99	99	80
Amidosulfuron	100%	83	95	97	87	62	99	60	80
Amidosulfuron + tribenuron metylu	50% + 60%	93	96	100	100	100	100	83	75
Amidosulfuron + fluoksypir	50% + 62,5%	89	97	96	95	72	100	80	80

Źródło: Domaradzki, 2006 (5)

Podsumowanie

Reasumując można stwierdzić, że zmniejszenie dawki herbicydu nie zawsze musi prowadzić do obniżenia skuteczności chwastobójczej. Również stosowanie pełnych zalecanych dawek środków nie gwarantuje zawsze oczekiwanej, wysokiej efektywności zabiegu. Końcowy efekt chwastobójczy uzależniony jest od szeregu czynników. Ich uwzględnienie pomoże uzyskać wysoką skuteczność zabiegu, nawet w przypadku ograniczenia dawki herbicydu.

Zróznicowana wrażliwość gatunkowa chwastów na substancje aktywne środków chwastobójczych powoduje, że gatunek słabo reagujący na jedną z nich może być skutecznie wyeliminowany po zastosowaniu innej, o odmiennym mechanizmie działania.

Bardzo ważnym elementem w ochronie przeciw chwastom jest optymalne zagęszczenie ładu rośliny uprawnej oraz stopień jego zachwaszczenia. Obniżenie obsady sprzyja bujniejszemu wzrostowi chwastów, ze względu na słabsze oddziaływania konkurencyjne. Na polach o większym nasileniu chwastów obserwowano również wyraźny spadek skuteczności działania badanych herbicydów postępujący wraz z ograniczaniem ich dawki oraz ze wzrostem zachwaszczenia.

Bardzo ważnym czynnikiem decydującym o skuteczności działania herbicydów jest faza rozwojowa chwastu. Zazwyczaj najwrażliwsze są chwasty w fazie od liścieni do 4 liści, natomiast im rośliny są starsze, tym słabiej reagują na herbicyd. Zabieg wykonany w okresie największej wrażliwości chwastu umożliwia obniżenie ilości zastosowanego środka, natomiast niszczenie chwastów starszych wymaga wyższych dawek.

Istotnym czynnikiem wpływającym na ograniczenie dawek stosowanych herbicydów, z jednoczesnym zachowaniem wysokiej skuteczności, mogą być adiuwanty. Wyniki doświadczeń dowodzą, że dodatek adiuwanta był w pełni celowy, gdy herbicyd stosowano w dawkach ograniczonych lub przeciwko gatunkom o mniejszej wrażliwości.

Herbicydy stosowane pojedynczo, w wielu przypadkach posiadają zbyt wąskie spektrum działania na chwasty. Zaradzić temu można poprzez stosowanie mieszanin herbicydowych. Takie rozwiązanie najczęściej pozwala lepiej zwalczać gatunki słabiej eliminowane przez pojedynczy herbicyd oraz zwiększyć ogólną skuteczność chwastobójczą.

W celu zapewnienia oczekiwanych efektów chwastobójczych zabieg herbicydowy zawsze musi być wykonany w sprzyjających warunkach pogodowych. Zarówno temperatura po aplikacji środka, jak i wilgotność powietrza w trakcie zabiegu odgrywają kluczową rolę w absorbowaniu środka przez chwasty.

Uwzględnienie tych zależności pozwoli na osiągnięcie właściwej skuteczności zwalczania chwastów, nawet w przypadku stosowania obniżonych dawek herbicydów.

Literatura

1. Adamczewski K., Stachecki S.: Dobra praktyka ochrony roślin w zwalczaniu chwastów. W: Mat. Konf. Dobre praktyki w produkcji rolniczej. IUNG Puławy, 1998, **1**: 5-13.
2. Aftalion F.: A history of the international industry. University of Pennsylvania Press. 1991, ss. 440.
3. Aspelin A. L.: Pesticide usage in the United States: Trends During the 20th Century. Center for Integrated Pest Management, North Carolina State University, Raleigh, 2003, ss. 213.
4. Baandrup M., Ballegaard T.: Three years field experience with an advisory computer system applying factor-adjusted doses. The BCPC Conference – Weeds, 1989, **2**: 555-560.
5. Domaradzki K.: Efektywność regulacji zachwaszczenia zbóż w aspekcie ograniczania dawek herbicydów oraz wybranych czynników agroekologicznych. Monografie i Rozprawy Naukowe, 2006, **17**: ss. 111.
6. Domaradzki K., Rola H.: Ekologiczno-agronomiczne aspekty stosowania niższych dawek herbicydów w regulacji zachwaszczenia zbóż. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin, 2001, **41(1)**: 229-239.
7. Edwards C. A., Regnier E. E.: Designing integrated low-input farming systems to achieve effective weed control. The BCPC Conference – Weeds, 1989, **2**: 585-590.
8. H a y J.R.: Gain to the grower from weed science. Weed Sci., 1974, **22(5)**: 439-442.
9. Jankowiak J., Bieńkowski J., Holka M., Dąbrowicz R.: Zużycie środków ochrony roślin na tle zmian w produkcji rolniczej. Prog. Plant Prot./Postępy w Ochronie Roślin, 2012, **52(4)**: 1177-1183.
10. Jensen J.E.: Weed control: presence and future – the Danish view. J. Plant Diseases Prot., 2004, Sp. Issue **XIX**: 19-26.
11. Kieloch R.: Wpływ temperatury powietrza na skuteczność działania herbicydów. Prog. Plant Prot./Postępy w Ochronie Roślin, 2004, **44(2)**: 812-815.
12. Klingman G. C., Ashton F. M., Noordhoff L. J.: Weed science: Principles and practices. A Wiley – Interscience Publication. John Wiley & Sons, USA, 1982: ss. 449.
13. Lee H. C.: Non-chemical weed control in cereals. The BCPC Conference – Weeds, 1995, **3**: 1161-1170.
14. Lipa J. J., Bartkowski J.: Dobra Praktyka Ochrony Roślin – rekomendacje EPPO. Prog. Plant Prot./Postępy w Ochronie Roślin, 1996, **36 (1)**: 81-87.
15. Michel C., Koch-Achelpohler V.: Rolnictwo zrównoważone potrzebuje ochrony roślin. European Crop Prot. Ass., Brusseles, 2002: 1-5.
16. Olszak R., Pruszyński S., Lipa J.J., Dąbrowski Z. T.: Rozwój koncepcji i strategii wykorzystania metod oraz środków ochrony roślin. Prog. Plant Prot./Postępy w Ochronie Roślin, 2000, **40 (1)**: 40-50.
17. Praczyk T., Skrzypczak G.: Herbicydy. PWRiL, Poznań, 2004, ss. 274.
18. Rola H.: Zjawisko konkurencji wśród roślin i jej skutki na przykładzie wybranych gatunków chwastów występujących w pszenicy ozimej. IUNG Puławy, 1982, **R(162)**: 1-63.
19. Rola J.: Ekologiczno-ekonomiczne podstawy chemicznej walki z chwastami na polach uprawnych. Mat. XXXI Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, 1991, **1**: 110-124.
20. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) NR 1107/2009 z dnia 21 października 2009 r. dotyczące wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin i uchylające dyrektywy Rady 79/117/EWG i 91/414/EWG (Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 309).
21. Timmons F. L.: A History of Weed Control in the United States and Canada. Weed Sci., 2005, **53**: 748-761.

-
22. Zwerger P.: Integrated weed management in developed nations. Proc. 2nd International Weed Control Congress, Copenhagen, Denmark, 1996: 933-942.
-

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Krzysztof Domaradzki
Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli
IUNG-PIB
ul. Orzechowa 61, 50-540 Wrocław
tel. 71 363 87 07, w.106
e-mail: k.domaradzki@iung.wroclaw.pl

AUTOR

ORCID

Krzysztof Domaradzki

0000-0002-3137-1467

