

SKUTECZNOŚĆ HERBICYDÓW O RÓŻNYCH MECHANIZMACH DZIAŁANIA W ODCHWASZCZANIU PSZENICY OZIMEJ

ŁUKASZ SOBIECH¹, ROBERT IDZIAK¹, TOMASZ SAKOWICZ¹, GRZEGORZ WIESZOŁEK²

¹Katedra Agronomii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Dojazd 11, 60-632 Poznań

²Nufarm Polska sp. z o.o., ul. Grójecka 1/3, 02-019 Warszawa

Synopsis. Celem 2-letnich badań polowych było stwierdzenie czy stosowanie mieszanin herbicydów o różnych mechanizmach działania w uprawie pszenicy ozimej pozwoli skutecznie wyeliminować wszystkie biotypy chwastów. W doświadczeniu wykorzystano substancje aktywne o różnych mechanizmach działania, zawarte w formułacjach herbicydów Alister Grande 109 OD, Boxer 800 EC, Izoherb 500 SC, Panida 300 EC, Lentipur Flo 500 SC, Komplet 560 SC i Snajper 600 SC. Herbicydy stosowano jesienią w dwóch terminach, w fazie 1 liścia (BBCH 11) i w fazie 3 liści pszenicy ozimej (BBCH 13). Dominującymi gatunkami chwastów były: fiołek polny (*Viola arvensis* Murray), chaber bławatek (*Centaurea cyanus* L.), maruna bezwonna (*Matricaria perforata* Merat), miotła zbożowa (*Apera spica-venti* (L.) P. Beauv.) oraz samosiewy rzepaku. Najwyższą skuteczność chwastobójczą stwierdzono po zastosowaniu w fazie 1 liści pszenicy mieszaniny chlorotoluron + diflufenikan ($750 + 150 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$). Obniżenie dawki diflufenikanu stosowanego łącznie z chlorotoluronem spowodowało spadek skuteczności zwalczania fiołka polnego. Mieszanina, w skład której wchodziły mezosulfuron i jodosulfuron, wykazała niższą skuteczność zwalczania miotły zbożowej (84–91%).

Słowa kluczowe – biotypy odporne, herbicydy, pszenica ozima, skuteczność chwastobójcza

WSTĘP

Chwasty należą do głównych czynników limitujących plony roślin uprawnych. Występowały na polach uprawnych od początku rolnictwa i występują po dziś dzień, powodując straty plonu, dlatego też od niepamiętnych czasów ludzie troszczą się aby utrzymać tereny uprawne wolnymi od chwastów [Woźnica 2012]. Opracowano wiele metod ich zwalczania, jednak pomimo usilnych starań ich całkowita eliminacja okazała się niemożliwa. Ich trwałość wynika z niebywałych zdolności adaptacyjnych i specyficznych strategii reprodukcyjnych [Adamczewski 2014].

Przed pojawieniem się pierwszych herbicydów podstawowymi metodami ograniczania zachwaszczenia były zabiegi mechaniczne (bronowanie, orka) oraz agrotechniczne (zmianowanie, poplony). Jednak wraz z wejściem na rynek herbicydów metoda chemiczna zdominowała pozostałe, ze względu na jej wyższą skuteczność oraz niższe koszty i mniejszą pracochłonność [Woźnica 2012].

Na przestrzeni lat okazało się jednak, że z aplikacją herbicydów mogą wiązać się pewne niekorzystne zmiany zachodzące w zbiorowiskach chwastów. W obrębie gatunków zaczęły pojawiać się bowiem biotypy odporne na dany herbicyd. Adamczewski [2014] wskazuje, że osobniki tego samego gatunku mogą się znacznie różnić nie tylko pod względem pokroju, ale

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address*: sobiech@up.poznan.pl

także odporności na herbicydy. Według Gressela i Segela [1982] za odporne uznaje się biotypy niewrażliwe na dawkę herbicydu niszczącą w normalnych warunkach wszystkie osobniki danego gatunku na odchwaszczanej powierzchni. Namnażanie się odpornych biotypów chwastów na polu można ograniczyć między innymi stosując naprzemiennie herbicydy o zróżnicowanym mechanizmie działania. Tymczasem w praktyce zdarza się winić za niedostateczne zwalczenie niektórych gatunków chwastów wadliwe działanie zastosowanego preparatu, często nawet nie biorąc pod uwagę możliwości wystąpienia biotypów odpornych.

Uodparnianie się chwastów na herbicydy należy uznać obecnie za problem globalny, gdyż w skali świata odporność stwierdzono wśród 247 gatunków chwastów (461 biotypy odporne), w tym 144 dwuliściennych i 103 jednoliściennych. Udokumentowano przypadki odporności na 23 z 25 znanych mechanizmów działania herbicydów (157 różnych herbicydów) [WS 2018]. Problem ten występuje już w 66 krajach, w tym w Polsce [Gadomski i in. 1996, Jędruszczak i Antoszek 2002, Rola 2001, Rola i Marczevska 2002, Stachecki i Adamczewski 2002]. Zjawisko pojawiania się odporności na herbicydy wśród chwastów najwcześniej zaobserwowano w krajach, które od wielu lat prowadziły intensywną ochronę chemiczną często połączoną z uproszczeniami w zmianowaniu i ograniczoną uprawą roli. Po raz pierwszy wystąpienie odporności na herbicyd w obrębie wrażliwego gatunku miało miejsce w 1963 roku w Kanadzie, gdzie wśród osobników dzięki marchwi (*Daucus carota* L.) wcześniej wrażliwej na 2,4-D pojawiły się osobniki odporne na tą substancję aktywną [Rola i Kucharski 2003, Whitehead i Switzer 1963].

Wyróżnia się dwa typy odporności: odporność mutacyjna „w miejscu działania” – polega na tym, że struktura białka w miejscu działania herbicydu zostaje zmieniona uniemożliwiając herbicydowi przyłączenie się do enzymu lub białka, co skutkuje brakiem działania preparatu oraz odporność niemutacyjna – jej istota jest bardziej złożona i może przyjmować różne postacie, takie jak zwiększony metabolizm (rozkład na związki nie toksyczne dla chwastu), zmiana budowy kutikuli oraz występowanie różnego typu włosków utrudniających zwilżanie powierzchni chwastu. Skutkiem tych zmian mogą być zaburzenia wnikania, pobierania i przemieszczania substancji aktywnej wewnątrz roślin [Woźnica 2012].

W Polsce według aktualnych danych stwierdzono 15 gatunków chwastów odpornych na herbicydy [WS 2018]. Pierwsze odnotowane przypadki odporności dotyczą grupy inhibitorów fotosyntezy w fotosystemie II, gdzie znaleziono biotypy odporne na ten mechanizm działania wśród 8 różnych gatunków chwastów. W kolejnych latach pojawiły się chwasty odporne na herbicydy z grup inhibitorów syntazy acetomleczanowej (ALS), inhibitory karboksylazy acetylokoenzymu A (ACCCase), inhibitory syntazy kwasu 5-endolopirynogrono-3-fosfotranskimiowego (EPSP), oraz inhibitory wzrostu i rozwoju (syntetyczne auksyny). W Polsce dotychczas stwierdzono odporność jedynie na 6 z 25 znanych mechanizmów działania. Jednak obserwując sytuację w krajach o intensywniejszym rolnictwie [WS 2018] można przyjąć, że problem odporności chwastów w kraju będzie z roku na rok poważniejszy.

Pszenica ozima należy do najważniejszych gospodarczo gatunków uprawianych w Polsce i na świecie. Jednym z głównych czynników limitujących jej plony jest zachwaszczenie [Skrzypczak i Adamczewski 2002]. Do najczęściej występujących w jej uprawie chwastów należą między innymi miotła zbożowa (*Apera spica-venti* L.) i fiołek polny (*Viola arvensis* Murray) [Harasim i Wesolowski 2015, Małecka-Jankowiak i in. 2015]. Dużym problemem jest szczególnie miotła zbożowa, w stosunku do której stwierdzono w Polsce odporność na inhibitory syntazy acetomleczanowej (ALS), inhibitory karboksylazy acetylokoenzymu (ACCazy) oraz wycofany już z unijnego rynku izoproturon. Szeroko stosowane przez rolników preparaty z grupy sulfonylomoczników (inhibitory ALS) ze względu na niskie koszty wynikające z dużej aktywności biologicznej przy zastosowaniu niewielkich dawek mogą te problemy poszerzyć [Adamczewski i in. 1988, 1996, Hacker i in. 1999, 2001, Parrish i in. 1995].

W hipotezie badawczej przyjęto, że zabiegi herbicydami o różnych mechanizmach działania pozwalają skutecznie zwalczać chwasty i zapobiegają wtórnemu zachwaszczeniu.

Celem przeprowadzonych badań było stwierdzenie czy stosowanie mieszanin herbicydów o różnych mechanizmach działania pozwoli skutecznie wyeliminować chwasty z łanu pszenicy ozimej.

MATERIAŁ I METODY

Badania realizowano w latach 2010–2011 na terenie gospodarstwa rolnego w Kopienicy (województwo śląskie, powiat tarnogórski, 50°27' N, 18°38' E), na glebach kompleksu pszenego dobrego, zaliczonych do klasy bonitacyjnej IIIa zawierających 2,2% materii organicznej i odczynie na poziomie 5,8. Doświadczenie założono z uwagi na nasilenie się zjawiska kompensacji chwastów, z podejrzeniem występowania biotypów odpornych na herbicydy. Na obiektach doświadczalnych wysiano pszenicę ozimą odmiany Turnia w ilości 400 ziarniaków na 1 m², w rozstawie rzędów 12,5 cm, na poletkach o powierzchni 20 m² (2 x 10 m). W obu latach badań zastosowano nawożenie mineralne w ilości 140 kg N·ha⁻¹, 60 kg P·ha⁻¹ i 90 kg K·ha⁻¹. Herbicydy aplikowano jesienią w dwóch terminach, w fazie 1 liścia (BBCH 11) i w fazie 3 liści pszenicy ozimej (BBCH 13). W doświadczeniu wykorzystano substancje aktywne o różnych mechanizmach działania, zawarte w formułacjach herbicydów Alistar Grande 109 OD, Boxer 800 EC, Isoherb 500 SC, Panida 300 EC, Lentipur Flo 500 SC, Komplet 560 SC i Snajper 600 SC (tab. 1). Zabiegi wykonano opryskiwaczem rowerowym firmy Baumann przy wydatku cieczy roboczej 220 l·ha⁻¹ i ciśnieniu 0,18 MPa. W obu latach badań sprzyjające warunki pogodowe pozwoliły na terminowe wykonanie zabiegów.

Tabela 1. Wykaz herbicydów i substancji aktywnych oraz ich klasyfikacja pod względem mechanizmu działania według HRAC (Herbicide Resistance Action Committee)

Table 1. List of herbicides and active ingredients and their classification of site of action according to HRAC (Herbicide Resistance Action Committee)

Herbicyd Herbicide	Dawka Rate (l·ha ⁻¹)	Termin oprysku Application time (BBCH)	Substancja aktywna – zawartość Active ingredient – content (g·l ⁻¹)	Klasyfikacja wg HRAC HRAC classification
Panida 300 EC	3,0	11	Pendimetalina – 330	K1
Isoherb 500 SC	1,0		Izoproturon – 500	C2
Boxer 800 EC	3,0	11	Prosulfokarb – 800	N
Alistar Grande 109 OD	0,9	11	Diflufenikan – 180 Mezosulfuron – 6 Jodosulfuron – 4,5	F1 B
Komplet 560 SC	0,5	11	Diflufenikan – 280 Flufenacet – 280	F1 K3
Snajper 600 SC	1,5	11	Chlorotoluron – 500 Diflufenikan – 100	C2 F1
Snajper 600 SC	1,5	13	Chlorotoluron – 500 Diflufenikan – 100	C2 F1
Boxer 800 EC	3,0	13	Prosulfokarb – 800	N
Snajper 600 SC	1,0	13	Chlorotoluron – 500 Diflufenikan – 100	C2 F1
Lentipur Flo 500 SC	1,0		Chlorotoluron – 500	C2

Skuteczność chwastobójczą badanych kombinacji herbicydowych określono na podstawie redukcji liczby chwastów, porównując zachwaszczenie na obiektach chronionych chemicznie z obiektem kontrolnych bez stosowania herbicydów. Wykorzystując przekształcenie Hendersona-Tiltona [Bailey i in. 2013]. Ocenę wykonano w fazie widocznego, nierozwiniętego liścia flagowego pszenicy ozimej – BBCH 37.

Analizy fitosocjologiczne zbiorowisk chwastów prowadzono na obiektach, na których nie stosowano herbicydów. Na poletku kontrolnym wykonano po 2 zdjęcia fitosocjologiczne o powierzchni 1m² każde, które poddano je analizie metodą Braun-Blanqueta. W obrębie każdego zdjęcia oznaczono i policzono osobniki poszczególnych taksonów i zaklasyfikowano je do odpowiedniego systemu fitosocjologicznego [Matuszkiewicz 2008], oceniono stopnie stałości gatunków w latach badań (V – gatunki stałe występujące w 81–100% wszystkich płatów wziętych pod uwagę, IV – gatunki częste występujące w 61–80%, III – gatunki średnio częste występujące w 41–60%, II – gatunki niezbyt częste występujące w 21–40%, I – gatunki rzadkie lub sporadycznie występujące w 1–20%) oraz współczynniki pokrycia [Szafer 1959]. Bioróżnorodność zbiorowisk chwastów opisano wykorzystując wskaźniki ekologiczne, takie jak Shannona-Wienera (H') [Weiner 2003], Simpsona (D) [Sienkiewicz 2010] oraz Margalefa [Gray 2000].

Doświadczenia polowe założono w układzie bloków kompletnie zrandomizowanych, w czterech powtórzeniach. Kombinację kontrolną, na której nie zwalczano chwastów rozlosowano w obrębie każdego powtórzenia. Przedstawione wyniki poddano analizie wariancji ANOVA, posługując się testem Tukeya przy poziomie istotności p=0,05 wykonanym za pomocą programu STATISTICA 12 (StatSoft Polska, Kraków 2018) .

WYNIKI I DYSKUSJA

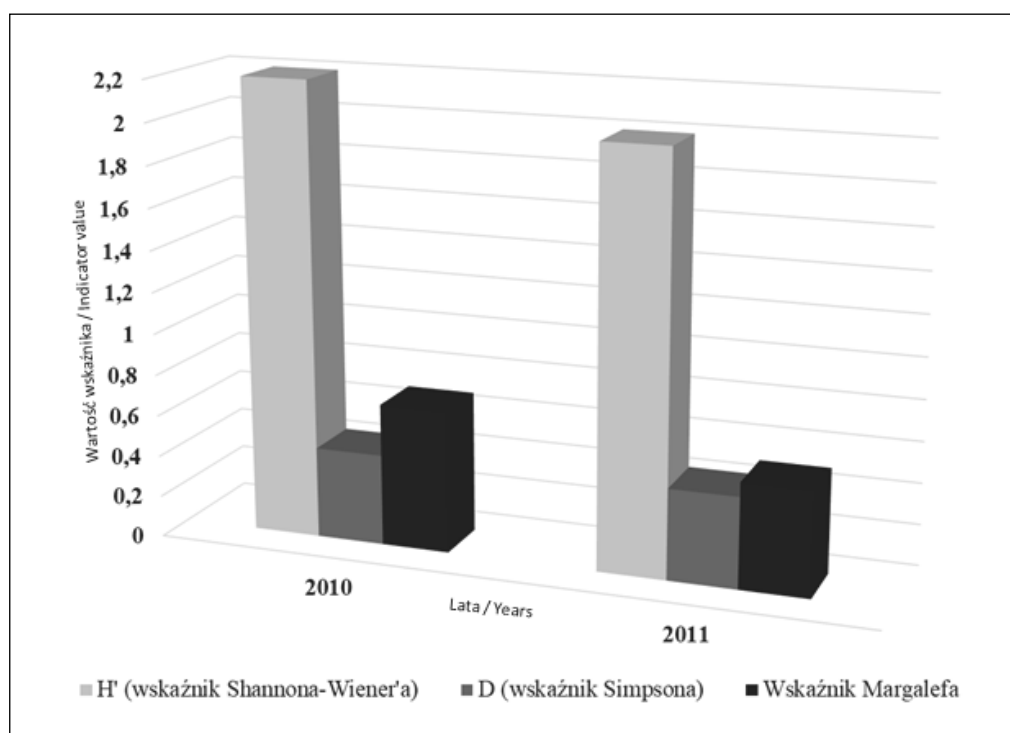
Presja chwastów jest zależna od gatunku, odmiany i formy biologicznej zbóż oraz ich naturalnej konkurencyjności wobec chwastów [Adamiak 2007]. W uprawie pszenicy ozimej dominującymi gatunkami chwastów były: fiołek polny (*Viola arvensis* Murray), chaber bławatek (*Centaurea cyanus* L.), maruna bezwonna (*Matricaria perforata* Merat), miotła zbożowa (*Apera spica-venti* (L.) P. Beauv.) i samosiewy rzepaku (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* DC.) (tab. 3). Największą liczbę chwastów w stanowisku stwierdzono dla gatunku fiołka polnego, którego populacja wynosiła średnio 243 szt.m⁻². Analiza częstości występowania oraz współczynniki pokrycia gatunków w latach wskazują, że w obu latach badań wystąpiły gatunki charakterystyczne dla klasy *Stellarietea mediae* i *Aperion spicae-venti*. W zbiorowisku wyraźnie dominowały *Apera spica-venti* (współczynnik pokrycia = 5127,8) i *Viola arvensis* (współczynnik pokrycia = 4579,3), które to gatunki, jak podaje Kwiatkowski [2009], są jednymi z najpospolitszych towarzyszących uprawie pszenicy ozimej. Spośród gatunków zakwalifikowanych do pozostałych stwierdzono obecność jedynie *Brassica napus*, ale tylko w pierwszym roku badań (tab. 2).

Różnorodność florystyczna zbiorowisk segetalnych towarzyszących uprawie pszenicy ozimej zmienia się w latach, a możliwość prognozowania składu gatunkowego zbiorowiska chwastów i ich nasilenia na danym obszarze, w obrębie jednego gospodarstwa, a nawet pola nie jest łatwym zadaniem [Marshall i in. [2003]. Analiza wyliczonych wskaźników ekologicznych wskazuje na wyrównanie bogactwa gatunkowego w latach badań (wskaźnik Margalefa), umiarkowane zróżnicowanie zbiorowiska chwastów w latach 2010–2011 (wskaźnik D – Simpsona) oraz niską różnorodność biologiczną badanych powierzchni (wskaźnik H' – Shannona-Wienera) (rys. 1).

Skuteczność chwastobójcza względem fiołka polnego była bardzo zróżnicowana zależnie od zastosowanych preparatów, wahała się od 13 do 100%. Całkowite zniszczenie fiołka polnego

Tabela 2. Stopnie stałości i współczynniki pokrycia gatunków w poszczególnych latach badań
Table 2. Stability degrees and cover coefficients of species in years

Gatunki – Species	2010	2011
Gatunki charakterystyczne dla klasy/Species characteristic of the class <i>Ch. Stellarieteamediae</i>		
<i>Viola arvensis</i>	V ^{4579,3}	V ^{6776,8}
<i>Matricaria maritima</i> ssp. <i>inodora</i>	V ^{57,6}	V ^{106,5}
Gatunki charakterystyczne dla klasy/Species characteristic of the class <i>Ch. Aperionspicae-venti</i>		
<i>Centaurea cyanus</i>	V ^{123,6}	II ^{88,1}
<i>Apera spica-venti</i>	V ^{5127,8}	V ^{3028,6}
Gatunki pozostałe/Other species		
<i>Brassica napus</i>	II ^{111,8}	–



Rys. 1. Ocena różnorodności florystycznej zbiorowisk chwastów w łanie pszenicy ozimej
Fig. 1. Evaluation of biodiversity of weed community in winter wheat

w obu latach osiągnięto po zastosowaniu mieszaniny diflufenikan + mezosulfuron + jodosulfuron (w fazie BBCH 11), diflufenikan + flufenacet (BBCH 11) oraz chlorotoluron + diflufenikan (BBCH 11 i 13). W przypadku mieszaniny chlorotoluron + diflufenikan aplikowanej w niższych dawkach i zwiększoną dawką chlorotoluronu stosowaną w fazie 3 liści pszenicy ozimej. W odniesieniu do fiołka to jego eliminacja była całkowita jedynie w pierwszym roku badań, w drugim skuteczność spadła do 83%. Skutecznie (98 i 95%) wyeliminowano fiołka polnego także po zastosowaniu mieszaniny pendimetalina + izoproturon (BBCH 11). Działanie prosulfokarbu zależało od terminu stosowania. Aplikacja w fazie 1 liścia pszenicy ozimej (BBCH 11) nie przełożyła się na wyeliminowanie fiołka polnego (skuteczność 13–57%), opóźnienie zabiegu do fazy 3 liści pszenicy podniosło skuteczność zabiegu (52–100%).

Drugim pod względem liczebności chwastem była miotła zbożowa, której populacja wynosiła średnio 145 szt. \cdot m². Badane substancje aktywne pozwoliły ograniczyć liczebność miotły zbożowej w granicach 84–100% (tab. 3). Najlepszy efekt chwastobójczy w tym przypadku uzyskano po zastosowaniu prosulfokarbu, niezależnie od terminu zabiegu (98–100%) oraz chlorotoluronu z diflufenikanem w obu terminach (97–100%). Diflufenikan z flufenacetem całkowicie wyeliminowały rośliny miotły zbożowej, a mieszanina chlorotoluronu z diflufenikanem w dawkach 750 + 100 g \cdot l⁻¹ i 1000 + 100 g \cdot l⁻¹ również bardzo skutecznie zwalczała miotłę (99–100%). Słabszy efekt, 84–91%, otrzymano po zastosowaniu mieszaniny mezosulfuron + jodosulfuron wraz z diflufenikanem. Mezosulfuron z jodosulfuronem podobnie jak chlorotoluron należą do grupy preparatów sulfonilomocznikowych działających jako inhibitory ALS. Jak dotąd na świecie nie zanotowano wystąpienia biotypów miotły zbożowej odpornej na chlorotoluron. Odporność *Apera spica-venti* na mezosulfuron została już zaobserwowana w Polsce. Ponadto stwierdzono u nas również biotypy wyczyńca polnego odporne na tę substancję aktywną. W przypadku jodosulfuronu również zaobserwowano wystąpienie biotypów odpornych w Austrii i Litwie [WS 2018]. Również Adamczewski i Kierzek [2007] w swoich badaniach stwierdzili biotypy miotły odpornej krzyżowo, które poza odpornością na chlorosulfuron wykazywały też odporność na mezosulfuron stosowany wraz z jodosulfuronem. Z tego powodu potrzebne jest dalsze kontynuowanie badań nad odpornością na substancje aktywne. Pozostałe gatunki chwastów występowały w zdecydowanie mniejszej liczbie, od 2 do 5 szt. \cdot m², przy czym obecność samosiewów rzepaku odnotowano jedynie w 2011 roku (tab. 3). Samosiewy rzepaku najskuteczniej eliminowała mieszanina diflufenikanu z mezosulfuronem i jodosulfuronem – 98%. Pozostałe herbicydy nie gwarantowały skutecznego zwalczania samosiewów rzepaku, redukując liczebność jedynie od 33 do 73% roślin tego gatunku. Zwalczanie chabra bławatka, na poziomie 92–98% miało miejsce po zastosowaniu (BBCH 13) obniżonej dawki mieszaniny chlorotoluron + diflufenikan przy zwiększonej dawce chlorotoluronu, a na poziomie 92–100% po zabiegu chlorotoluronem z diflufenikanem w dawce pełnej, w obu terminach. Prosulfokarb, niezależnie od terminu zabiegu, był nieskuteczny w zwalczaniu chabra bławatka (17–37%). Wyższą, ale niezadowalającą skuteczność obserwowano po aplikacji pendimetaliny z izoproturonem (50–75%) oraz diflufenikenu z flufenacetem (44–83%). W łanie pszenicy ozimej stwierdzono obecność od 2 do 4 szt. \cdot m² maruny bezwonnej, którą całkowicie eliminowały mieszaniny diflufenikan + flufenacet, chlorotoluron + diflufenikan, a także pendimetalina z izoproturonem (93–100%). Zastosowanie prosulfokarbu, zarówno w fazie jednego, jak i trzech liści pszenicy (BBCH 11 lub 13) nie gwarantowało skutecznej eliminacji tego gatunku (2–67%). Natomiast mieszanina diflufenikan + mezosulfuron + jodosulfuron była skuteczna jedynie w drugim roku badań (tab. 3).

Przeprowadzone badania potwierdzają tezę Woźnicy i Idziaka [2011], którzy w celu niedopuszczenia do powstawania odpornych biotypów chwastów zalecają stosowanie mieszaniny herbicydów, w skład której wchodzi dwie lub więcej substancji aktywnych o różnych

Tabela 3. Wpływ dawek i terminów zabiegów na zwalczanie chwastów w pszenicy ozimej
 Table 3. Influence of rates and time of application on weed control in winter wheat

Substancja aktywna Active ingredient	Dawka Rate (g·ha ⁻¹)	Termin oprysku Application time (BBCH)	VIOAR		CENCY		MATIN		APESV		BRSNIN	
			2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
			Skuteczność chwastobójcza/Weed control efficacy (%)									
Kontrola (szt·m ⁻²)/Untreated (No·m ⁻²)	-	11	210	275	4	5	5	4	164	125	5	-
Pendimetalina + Izoproturon	990 + 500	11	98	95	50	75	100	93	90	90	37	-
Prosulfokarp	2400	11	57	13	37	17	67	7	100	100	33	-
Diflufenikan + Mezosulfuron + Jodosulfuron	162 + 5,4 + 4,05	11	100	100	77	96	67	100	84	91	98	-
Diflufenikan + Flufenacet	140 + 140	11	100	100	44	83	100	100	100	100	50	-
Chlorotoluron + Diflufenikan	750 + 150	11	100	100	100	100	100	100	100	97	73	-
Chlorotoluron + Diflufenikan	750 + 150	13	100	100	100	92	100	100	98	98	67	-
Prosulfokarp	2400	13	52	100	17	17	67	2	100	98	45	-
Chlorotoluron + Diflufenikan	1000 + 100	13	100	83	98	92	100	100	99	100	73	-
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}			3,1	2,3	6,2	6,6	5,4	3,4	2,9	3,7	7,4	-

VIOAR – *Viola arvensis* Murray, CENCY – *Centaurea cyanus* L. MATIN – *Matricaria perforata* Merat, APESV – *Apera spica-venti* (L.) P. Beauv, BRSNIN – *Brassica napus* L.

mechanizmach działania. Kombinacje zawierające więcej niż jedną substancję aktywną o różnych mechanizmach działania wykazały wyższą skuteczność względem wszystkich chwastów z wyjątkiem miotły zbożowej.

Dane literaturowe [Barros i in. 2007, Boström i Fogelfors 2002] wykazują istnienie sporych możliwości ograniczania występowania liczebności i biomasy chwastów przy zastosowaniu zredukowanych dawek herbicydów. Jednak skuteczność tych obniżonych dawek jest zależna od gatunku i fazy rozwojowej chwastu oraz warunków glebowo-klimatycznych. Zastosowana w doświadczeniu obniżona dawka diflufenikanu łącznie z chlorotoluronem spowodowała spadek skuteczności chwastobójczej wobec fiołka polnego ze 100 do 92%.

WNIOSKI

1. W uprawie pszenicy dominującymi gatunkami chwastów były fiołek polny (*Viola arvensis* Murray), chaber bławatek (*Centaurea cyanus* L.), maruna bezwonna (*Matricaria perforata* Merat), miotła zbożowa (*Apera spica-venti* (L.) P. Beauv.) i samosiewy rzepaku (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* DC.).
2. W obu latach badań wystąpiły gatunki charakterystyczne dla klasy *Stellarietea mediae* i *Aperion spicae-venti*. W zbiorowisku wyraźnie dominowały *Apera spica-venti* i *Viola arvensis*.
3. Wskaźniki ekologiczne wskazują na wyrównanie bogactwa gatunkowego w latach badań (wskaźnik Margalefa), umiarkowane zróżnicowanie zbiorowiska chwastów (wskaźnik Simpsona) oraz niską różnorodność biologiczną badanych powierzchni (wskaźnik Shanonna-Wienera).
4. Obniżona dawka diflufenikanu zastosowana łącznie z chlorotoluronem spowodowała spadek skuteczności zwalczania fiołka polnego.
5. Mieszanki, w składzie których były substancje aktywne diflufenikan, mezosulfuron i jodosulfuron oraz pendimetalina z izoproturonem charakteryzowały się niższą skutecznością zwalczania miotły zbożowej od pozostałych kombinacji badawczych.
6. Stosowanie mieszanin herbicydów, w składzie których były dwie lub więcej substancji aktywnych o różnych mechanizmach działania, zwiększyło skuteczność zwalczania występujących gatunków chwastów.

PIŚMIENNICTWO

- Adamczewski K. 2014. Odporność chwastów na herbicydy. PWN, Warszawa: 11–28.
- Adamczewski K., Kierzek R. 2007. Występowanie biotypów miotły zbożowej (*Apera spica-venti* L.) odpornej na herbicydy sulfonylomocznikowe. Prog. Plant Prot. 47(3): 333–340.
- Adamczewski K., Praczyk T., Paradowski A. 1988. Ocena nowych herbicydów z grupy sulfonylomocznikowej. Materiały 28. Sesji Nauk. IOR Poznań, Cz. 2: 299–304.
- Adamczewski K., Urban M., Kuzior S. 1996. Enhancing the herbicidal spectrum and a activity of sulfosulfuron by tank-mixing with adjuvants. Proc. Second Int. Weed Control Congress. Copenhagen, Denmark, 3: 813–818.
- Adamiak E. 2007. Struktura zachwaszczenia i produktywność wybranych agrocenoz zbóż ozimych i jarych w zależności od systemu następstwa roślin i ochrony ładu. Wyd. UWM Olsztyn, Rozpr. Monog. 129: ss. 146.
- Bailey K.L., Falk S., Derby J.A., Melzer M., Boland G.J. 2013. The effect of fertilizers on the efficacy of the bioherbicide, *Phoma macrostoma*, to control dandelions in turfgrass. Biol. Control 65: 147–151.

- Barros J.F.C., Basch G., Carvalho M. 2007. Effect of reduced doses of a post-emergence herbicide to control grass and broadleaved weeds in no-till wheat under Mediterranean conditions. *Crop Prot.* 26: 1538–1545.
- Boström U., Fogelfors H. 2002. Response of weeds and crop yield to herbicide dose decision-support guidelines. *Weed Sci.* 50: 186–195.
- Gadamski G., Ciarka D., Gawroński S. 1996. Molecular survey of Polish resistant biotypes of weeds. *Proc. Second Int. Weed Control Congress. Copenhagen, Denmark, 2: 547–550.*
- Gray J.S. 2000. The measurement of marine species diversity, with an application to the benthic fauna of the Norwegian continental shelf. *J. Exp. Marine Biol. Ecol.* 250 (1–2): 23–49.
- Gressel J., Segel L.A. 1982. Resistance – mode of action. In: *Herbicide resistance in plants.* LeBaron M.M., Gressel J. (ed.). John Wiley & Sons, NY, USA, 325–334.
- Hacker E., Bierner H., Willms L., Lorenz K., Koecher H., Huff H.P. 2001. Mesosulfuron-methyl – a new active ingredient for grass control in cereals. *The BCPC Conference – Weeds, Brighton 12–15 November 2001, 1: 43–48.*
- Hacker E., Bierner H., Willms L., Ort O., Koecher H., Kehne H., Fischer R.C. 1999. Iodosulfuron plus mefenpyr-diethyl – a new foliar herbicide for weed control in cereals. *The BCPC Conference – Weeds, Brighton 15–18 November 1999, 1: 15–22.*
- Harasim E., Wesołowski M. 2013. Wpływ nawożenia azotem na zachwaszczenie łąki pszenicy. *Fragm. Agron.* 30(1): 36–44.
- Jędruszczak M., Antoszek R. 2002. Ocena wrażliwości *Echinochloa crus-gali* (L.) P. Beauv. na atrazynę i metrybuzynę. *Pam. Puł.* 129: 25–31.
- Kwiatkowski C. 2009. Struktura zachwaszczenia i produktywność biomasy pszenicy ozimej oraz chwastów w zależności od systemu następstwa roślin i sposobu pielęgnacji. *Ann. UMCS, Sec. E, Agricultura* 64(3): 69–78.
- Małecka-Jankowiak I., Bleharczyk A., Sawinska Z., Piechota T., Waniorek B. 2015. Wpływ następstwa roślin i systemu uprawy roli na zachwaszczenie pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 32(3): 54–63.
- Marshall E.J.P., Brown V.K., Boatman N.D., Lutmans P.J.W., Squire G.R., Ward L.K. 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Res.* 43: 77–89.
- Matuszkiewicz W. 2008. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. PWN, Warszawa, ss. 537.
- Parrish S.K., Kaufmann J.F., Croon K.A., Ishida Y., Ohta K., Itoh S. 1995. MON 37500: new selective herbicide to control annual and perennial weeds in wheat. *The BCPC Conference – Weeds 1: 57–63.*
- Rola H. 2001. Identyfikacja biotypów chwastów uodpornionych na herbicydy triazynowe metodą testu biologicznego. *Metodyka 1/2001. IUNG Puławy: 1–10.*
- Rola H., Kucharski M. 2005. Zastosowanie różnych metod identyfikacji odporności chwastów na herbicydy na przykładzie taksonów występujących w kukurydzy. *Pam. Puł.* 140: 227–238.
- Rola H., Marczevska K. 2002. Biotypy chwastów odporne na chlorosulfuron w rejonie Wrocławia. *Prog. Plant Prot.* 42: 575–577.
- Sienkiewicz J. 2010. Koncepcje bioróżnorodności – ich wymiary i miary w świetle literatury. *Ochr. Środ. Zas. Nat.* 45: 7–29.
- Skrzypczak G., Adamczewski K. 2002. Najgroźniejsze chwasty świata w roślinach uprawnych w XXI wieku. *Prog. Plant Prot.* 42(1): 358–367.
- Stachecki S., Adamczewski K. 2002. *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus* – występowanie i reakcja na herbicydy o różnym mechanizmie działania. *Pam. Puł.* 129: 247–252.
- Szafer W. 1959. Szata Roślinna Polski. PWN, Warszawa, ss. 586.
- Weiner J. 2003. Życie i ewolucja Biosfery. Podręcznik Ekologii Ogólnej. PWN, Warszawa, ss. 610.
- Whitehead C.W., Switzer C.M. 1963. The differential response of strains of Wild carrot to 2,4-D and related herbicides. *Can. J. Plant Sci.* 43(3): 255–262.
- Woźnica Z. 2012. Herbologia. Podstawy biologii, ekologii i zwalczania chwastów. PWRL Poznań: ss. 432.
- Woźnica Z., Idziak R. 2011. Effect of multifunctional adjuvants on efficacy of herbicides applied in maize. *Prog. Plant Prot.* 51(3): 1398–1401.
- WS 2018. International survey of herbicide resistance weeds (<http://weeds-science.org>).

Ł. SOBIECH, R. IDZIAK, T. SAKOWICZ, G. WIESZOŁEK

**EFFICIENCY OF HERBICIDE WITH DIFFERENT MODE OF ACTION IN WEED CONTROL
WINTER WHEAT****Summary**

The aim of 2-year study trials was to determine whether the use of herbicide mixtures with different mechanisms of action in the cultivation of winter wheat would effectively eliminate all weed biotypes. The experiments used active substances with different mechanisms of action contained in the formulations of Alistar Grande 109 OD herbicides, Boxer 800 EC, Isoherb 500 SC, Panida 300 EC, Lentipur Flo 500 SC, Komplet 560 SC and Snajper 600 SC. Herbicides were applied in autumn in two dates, in the phase of 1 leaf (BBCH 11) and in phase 3 of winter wheat leaves (BBCH 13). The dominant weed species were field pansy (*Viola arvensis* Murray), cornflower (*Centaurea cyanus* L.), scentless mayweed (*Matricaria perforata* Merat), silky-bent (*Apera spica-venti* (L.) P. Beauv.) a volunteer rape (*Brassica napus* L.). The highest herbicidal effectiveness was found after the use of the chlorotoluron + diflufenican mixture in phase 1 of wheat leaves (750 + 150 g·ha⁻¹). Decreased dose of diflufenican used in combination with chlorotoluron resulted in a decrease in the effectiveness of control the field pansy. The mixture consisting of mesosulfuron and iodosulfuron showed lower efficiency of silky-bent control (84–91%).

Key words:, resistant biotype, herbicides, winter wheat, weed control efficacy

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 23.08.2018

Do cytowania – *For citation*

Sobiech Ł., Idziak R., Sakowicz T., Wieszołek G. 2018. Skuteczność herbicydów o różnych mechanizmach działania w odchwaszczaniu pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 35(4): 103–112.