

Henryka Rola, Józef Rola, Krzysztof Domaradzki, Hanna Gołębiowska

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

STRATEGIA REGULACJI ZACHWASZCZENIA W AGROCENOZACH*

Wstęp

Chwasty segetalne towarzyszą człowiekowi odkąd tylko zaczął uprawiać glebę i produkować pożywienie. Są one zawsze niepożądanym elementem agrocenoz, ponieważ konkurują z rośliną uprawną o podstawowe składniki pokarmowe, wodę i światło. Zwracał na to uwagę już ks. Krzysztof Kluk w swoim dziele „O rolnictwie, zbożach, łąkach, chmielnikach, winnicach i roślinach gospodarskich” w 1786 roku (Wyd. Ossolineum, Wrocław, 1954).

Historycznie patrząc, zainteresowanie biologów, botaników i rolników roślinnością segetalną w pierwszej połowie ubiegłego stulecia było niewielkie i fragmentaryczne. Autorami pierwszych prac o tematyce dotyczącej chwastów w literaturze polskiej byli Chmielewski (2) i Czyrznicówna (5). Nauka o biologii i ekologii chwastów zaczyna się rozwijać dopiero pod koniec lat pięćdziesiątych dzięki badaniom Czerwicz-Filipiszynowej (4), Świętochowskiego i Tołpy (44), Świętochowskiego (45, 46), Demianowiczowej (6), Mowszowicza (22), Roli (35, 36) oraz Roli i in. (37-39, 41).

Obecnie, w dobie intensywnych przemian agrarnych, zarówno nienowoczesne, wadliwe metody regulacji zachwaszczenia w uprawach polowych, jak i uproszczenia w agrotechnice oraz błędy w zmianowaniu roślin powodują istotne zróżnicowania w zbiorowiskach segetalnych.

Szersze, usystematyzowane badania nad poznaniem ilościowego i jakościowego składu zbiorowisk segetalnych oraz przestrzennego rozmieszczenia gatunków w uprawach roślin rolniczych w odniesieniu do warunków glebowo-fizjograficznych Polski prowadzone są od 38 lat. Jest to możliwe dzięki ścisłej współpracy herbologów oraz fitosocjologów z Uniwersytetów Przyrodniczych i Instytutów Branżowych Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi skupionych w zespole do badań tzw. rejonizacji chwastów pod kierunkiem Roli (37). Prace te zaowocowały opublikowaniem do 2000 roku w sumie 451 pozycji dotyczących rozmieszczenia, ekologii i biologii chwastów w Polsce (20). Prezentowane w nich rezultaty badań mogą stanowić ekologiczną podstawę ustalenia odpowiedniej strategii ochrony upraw rolniczych przed dominującymi w nich

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.4 w programie wieloletnim IUNG - PIB

gatunkami chwastów, stanowiącymi zagrożenie dla agrosystemów. Opracowywane metody regulacji zachwaszczenia uwzględniają tzw. progi szkodliwości ważniejszych taksonów występujących w uprawach zbóż i kukurydzy (26, 27, 33). Przyjmuje się przy tym, że sporadyczny udział wielu gatunków chwastów w zbiorowiskach segetalnych nie stanowi większego zagrożenia dla łąnów i nie wpływa znacząco na ich plonowanie. Dowodem tego są liczne doświadczenia ze stosowaniem zmniejszonych dawek herbicydów w zbożach czy kukurydzy, w których stwierdzono, że na niektórych obiektach pozostaje 5-15% niezniszczonych chwastów, nie mających istotnego wpływu na plon ziarna (8, 10, 11).

Na obecnym etapie badań herbologicznych należy uaktywnić te działania, których celem będzie ustalenie występowania w łąnie rośliny uprawnej minimalnej liczby egzemplarzy poszczególnych gatunków chwastów bez ujemnego oddziaływania na jej plonowanie, co przyczyni się do zachowania bioróżnorodności agrocenoz (41).

Właściwa strategia stosowania metod zapobiegających nadmiernemu zachwaszczeniu agrocenoz (upraw) powinna uwzględniać:

1. Stosowanie programów decyzyjnych w ochronie upraw rolniczych przed chwastami na podstawie znajomości stopnia zagrożenia i progów szkodliwości poszczególnych gatunków chwastów oraz całości zbiorowisk dla roślin uprawnych.

2. Rozpoznanie zasięgów występowania na terenie Polski chwastów uodpornionych na herbicydy oraz doskonalenie metod ich identyfikacji.

3. Przestrzeganie kompromisu pomiędzy zabiegiem herbicydowym a zachowaniem bioróżnorodności agrocenoz, poprzez dobór dawek herbicydów zapewniających obecność w zbiorowisku segetalnym minimalnej liczby taksonów zdolnych do reprodukcji gatunku.

4. Ograniczenie kosztów regulacji zachwaszczenia oraz zmniejszenie ryzyka zanieczyszczenia środowiska poprzez stosowanie herbicydów w niższych od zalecanych dawkach.

5. Wytypowanie środków bezpiecznych dla jakości ziemiopłodów, szczególnie zbóż, kukurydzy, rzepaku i buraka.

6. Rozszerzenie zakresu stosowania adiuwantów jako środków podnoszących aktywność biologiczną herbicydów.

7. Wykorzystanie herbicydów do zapewnienia sprawności produkcyjnej terenów czasowo wyłączonych z rolniczego użytkowania, a przeznaczonych na zalesienie lub produkcję roślin przydatnych dla celów energetycznych.

8. Stosowanie nowoczesnej aparatury do aplikacji herbicydów.

Celem pracy było przedstawienie możliwości wykorzystania dotychczasowych osiągnięć herbologii w przyszłościowej strategii stosowania metod regulacji zachwaszczenia agrocenoz z zachowaniem zasad dobrej praktyki rolniczej oraz ochrony środowiska.

Metodyka badań

Opracowanie zawiera wybrane wyniki z wieloletnich badań prowadzonych w latach 1970–2006 przez pracowników Zakładu Ekologii i Zwalczania Chwastów (obecnie Zakładu Herbológii i Technik Uprawy Roli) IUNG-PIB we Wrocławiu. Doświadczenia polowe zlokalizowano w gospodarstwach na różnych typach gleb. Prowadzono je zgodnie z metodyką obowiązującą w herbológii. Rezultaty badań zawarto w ponad 50 publikacjach (42), z których część podano w spisie literatury. W przedstawionym materiale zaakcentowano wybrane zagadnienia, które uzasadniają podjęcie właściwej strategii regulacji zachwaszczenia w agrocenozach w najbliższej przyszłości.

Wyniki badań

Stan zachwaszczenia upraw rolniczych w Polsce

W efekcie 38-letnich badań fitosocjologicznych zespołu ds. rejonizacji chwastów nad występowaniem roślinności segetalnej zgromadzono ponad 120 tysięcy analiz zachwaszczenia pól uprawnych na terenie całej Polski (37, 39). Wytypowano 22 gatunki chwastów powszechnie występujących w zbożach, kukurydzy, rzepaku, ziemniaku, buraku i roślinach strączkowych, określając w jakim stopniu stanowią one zagrożenie dla wymienionych upraw (tab. 1).

Na podstawie wieloletnich obserwacji stwierdzono, że w grupie gatunków jednoliściennych miotła zbożowa (*Apera spica-venti*) występuje na 80-100% plantacji zbóż ozimych i rzepaku, szczególnie w makroregionach Polski centralnej i na 60-80% pól tych upraw w pozostałej części kraju. Perz właściwy (*Agropyron repens*) jest także gatunkiem pospolitym, gdyż występuje we wszystkich uprawach na 80-100% obserwowanych pól. Wśród gatunków dwuliściennych do pospolitych należą: gwiazdnica pospolita (*Stellaria media*), fiołek polny (*Viola arvensis*), rumian polny (*Anthemis arvensis*) i rdest powojowy (*Polygonum convolvulus*), występujące średnio na 40-60% pól roślin zbożowych oraz komosa biała (*Chenopodium album*), która oparowała w 100% uprawy okopowe i kukurydzę w całej Polsce. Groźnymi gatunkami są także przytulia czepna (*Galium aparine*) dla zbóż i rzepaku oraz szarłat szorstki (*Amaranthus retroflexus*) dla kukurydzy i buraka. Stan zachwaszczenia upraw polowych tymi taksonami charakteryzuje się dość dużą stabilnością (29).

Jak wykazują badania nad dynamiką zbiorowisk chwastów w agrocenozach zmiany jakościowe zachwaszczenia mogą występować, ale proces ten odbywa się na przestrzeni kilku, a nawet kilkudziesięciu lat. Częściej zachodzą zmiany ilościowe, które można obserwować nawet w ciągu jednego sezonu wegetacyjnego. Odbywają się one pod wpływem określonej agrotechniki lub przebiegu pogody. Również wieloletnie stosowanie herbicydów przyczynia się do zmian ilościowych w składzie gatunkowym zbiorowisk chwastów. Można to wykazać na przykładzie upraw zbożowych (tab. 2). W latach pięćdziesiątych ubiegłego stulecia gatunki zaliczane do dominujących, jak: gorczyca polna (*Sinapis arvensis*), ostrożeń polny (*Cirsium arvense*), cha-

Tabela 1

Stan zachwaszczenia upraw rolniczych w Polsce w latach 1978–2000

Gatunki chwastów	Makroregion							
	płn.	płn.- -wsch.	środkowy	środk.- -wsch.	środk.- -zach.	płd.	płd.- -wsch.	płd.- -zach.
Miotła zbożowa (<i>Apera spica-venti</i>)	4	4	5	5	5	4	4	4
Owies głuchy (<i>Avena fatua</i>)	4	4	1	2	1	1	4	4
Perz właściwy (<i>Agropyron repens</i>)	5	4	1	4	1	1	1	1
Wyczyniec polny (<i>Alopecurus myosuroides</i>)	1	-	-	-	+	-	-	+
Chwastnica jednostronna (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	1	2	1	4	1	2	2	4
Włośnica zielona (<i>Setaria viridis</i>)	1	2	2	4	2	1	2	2
Maruna bezwonna (<i>Tripleurospermum inodorum</i>)	4	1	1	2	1	1	1	4
Rumian polny (<i>Anthemis arvensis</i>)	2	4	4	1	1	4	1	1
Komosa biała (<i>Chenopodium album</i>)	5	5	5	5	4	4	4	5
Złocień polny (<i>Chrysanthemum segetum</i>)	1	+	+	+	+	+	+	+
Skrzyp polny (<i>Equisetum arvense</i>)	1	1	1	1	1	2	1	1
Poziewnik szorstki (<i>Galeopsis tetrahit</i>)	1	2	1	1	1	2	1	1
Przytulia czepna (<i>Galium aparine</i>)	2	2	2	1	2	1	1	2
Jasnota różowa (<i>Lamium amplexicaule</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1
Jasnota purpurowa (<i>Lamium purpureum</i>)	1	1	1	1	1	1	1	2
Rdest powojowy (<i>Polygonum convolvulus</i>)	4	4	4	1	4	1	1	1
Rdest plamisty (<i>Polygonum persicaria</i>)	1	2	2	2	1	2	2	1
Gwiazdnica pospolita (<i>Stellaria media</i>)	1	4	1	1	4	4	4	-
Fiolka polna (<i>Viola arvensis</i>)	4	4	4	1	4	1	4	4

Objaśnienia: odsetek pól, na których zanotowano występowanie określonego gatunku chwastu:

+ – lokalnie; 1 – do 20%; 2 – 21-40%; 3 – 41-60%; 4 – 61-80%; 5 – 81-100%.

Źródło: Rola J., Rola H., 2000 (40).

Tabela 2

Zmiany stanu zachwaszczenia agrocenoz zbóż na przestrzeni lat 1950–2000

Gatunki chwastów	Lata obserwacji					
	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Gorzycza polna (<i>Sinapis arvensis</i>)	XXX	XXX	XX	XX	XX	X
Ostrożeń polny (<i>Cirsium arvense</i>)	XXX	XXX	XX	XX	X	X
Komosa biała (<i>Chenopodium album</i>)	XXX	XXX	X	X	X	X
Chaber bławatek (<i>Centaurea cyanus</i>)	XXX	XXX	XX	XX	X	X
Mak polny (<i>Papaver rhoeas</i>)	XXX	XXX	XX	XX	XX	X
Rumianowate (<i>Anthemideae</i>)	XX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX
Przytulia czepna (<i>Galium aparine</i>)	X	XX	XXX	XXX	XXX	XXX
Gwiazdnica pospolita (<i>Stellaria media</i>)	X	XX	XXX	XXX	XXX	XXX
Miotła zbożowa (<i>Apera spica-venti</i>)	X	XX	XXX	XXX	XXX	XXX
Owies głuchy (<i>Avena fatua</i>)	X	XX	XXX	XXX	XXX	X

Objaśnienia: nasilenie występowanie określonego gatunku chwastu: X – małe; XX – średnie; XXX – duże.
Źródło: Rola H. i Rola J., 2002 (32).

ber bławatek (*Centaurea cyanus*) i mak polny (*Papaver rhoeas*) obecnie występują lokalnie, a ich miejsce zajęły: przytulia czepna (*Galium aparine*), rumianowate (*Anthemideae*), gwiazdnica pospolita (*Stellaria media*) i miotła zbożowa (*Apera spica-venti*); (32). W ostatnich latach obserwuje się coraz częściej ekspansję na pola zbóż wyczyńca polnego (*Alopecurus myosuroides*) – gatunku spotykanego do niedawna tylko na polach zachodniej Europy. Natomiast miotła zbożowa (*Apera spica-venti*) i chaber bławatek (*Centaurea cyanus*) w zbożach wykazują odporność nabytą na herbicydy sulfonilomocznikowe (30, 31). Aktualnie problemem staje się również występowanie w zasiewach kukurydzy i buraka szarłatu szorstkiego (*Amaranthus retroflexus*), komosy białej (*Chenopodium album*) i chwastnicy jednostronnej (*Echinochloa crus-galli*), chwastów uodpornionych na stosowane dotychczas herbicydy triazynowe (28, 32, 34, 36).

Wyznacznikiem stanu i stopnia zachwaszczenia upraw polowych w Polsce może być forma gospodarowania (38). Na podstawie prowadzonych w ostatnich latach badań nad rozmieszczeniem chwastów segetalnych na terenie kraju gospodarstwa rolne pod względem zachwaszczenia i konieczności stosowania herbicydów można zaszerzować do 3 grup (tab. 3):

- **pierwszą** stanowi 25% gospodarstw o bardzo dobrym poziomie agrotechniki i o małym stopniu zachwaszczenia przez 10-15 gatunków niestanowiących zagrożenia dla plonów; herbicydy stosuje się w nich sporadycznie;

Tabela 3

Stan zachwaszczenia upraw polowych w Polsce w latach 1995–2000

Stan zachwaszczenia	Odsetek gospodarstw (%)	Liczba występujących gatunków chwastów (szt.)
Mały	25	10-15
Średni	25	10-15
Duży	50	30-70

Źródło: Rola J. i Rola H., 2001 (29).

- **druga** obejmuje też 25% gospodarstw, w których poziom agrotechniki jest dobry, pola o średnim stopniu zachwaszczenia przez 10-15 gatunków, a herbicydy są zabiegiem uzupełniającym;
- **trzecia** grupa to 50% gospodarstw o wadliwej agrotechnice, w których z powodu niedostatecznego wyposażenia w narzędzia uprawowe i maszyny przeważają pola o bardzo dużym zachwaszczeniu i bogatym składzie florystycznym chwastów. Występuje na nich 30-70 gatunków, wśród których szczególne zagrożenie stanowią taksony wieloletnie, takie jak perz właściwy (*Agropyron repens*), ostrożeń polny (*Cirsium arvense*), powój polny (*Convolvulus arvensis*) oraz inne trudne do zniszczenia chwasty.

Gospodarstwa te zmuszone są do intensywnego stosowania herbicydów, lecz z przyczyn ekonomicznych często tylko tych najtańszych. Niestety, takie preparaty ograniczają wprawdzie w dużym zakresie stopień zachwaszczenia łąnu, ale mogą być nie w pełni skuteczne w eliminowaniu gatunków najbardziej konkurencyjnych dla rośliny uprawnej, takich jak np. przytulia czepna (*Galium aparine*), miotła zbożowa (*Apera spica-venti*), gwiazdnica pospolita (*Stellaria media*) lub rumianowate (*Anthemideae*).

W strategii regulacji zachwaszczenia agrocenoz niezbędna jest wiedza o tzw. progach szkodliwości chwastów dla roślin uprawnych. Dla przykładu, niektóre gatunki chwastów występując w zbożach w niskim nasileniu, powodują obniżenie ich plonowania od 1% (5 roślin miotły zbożowej – *Apera spica-venti* – na 1 m²) do 5% (1 roślina ostrożenia polnego – *Cirsium arvense* – na 1 m²), co wyrażone ekwiwalentem produktu stanowi odpowiednio 45 kg i 225 kg ziarna pszenicy na 1 ha, przy wydajności 4,5 t · ha⁻¹ (tab. 4). Zatem zastosowanie herbicydu do niszczenia miotły zbożowej będzie ekonomicznie uzasadnione wtedy, gdy gatunek ten wystąpi w łąnie w liczbie ponad 10 roślin na 1 m².

Ustalone doświadczalnie progi szkodliwości, wyrażone liczbą roślin na 1 m², dla kilku wybranych gatunków chwastów występujących w pszenicy ozimej przedstawiają się następująco (33):

miotła zbożowa (<i>Apera spica-venti</i>)	5-10 szt./m ²
rumianowate (<i>Anthemideae</i>)	2-5 szt./m ²
przytulia czepna (<i>Galium aparine</i>)	2-5 szt./m ²
chaber bławatek (<i>Centaurea cyanus</i>)	1-5 szt./m ²

Tabela 4

Wpływ chwastów na plonowanie pszenicy ozimej (średnio z lat 1973–1976)

Gatunki chwastów	Liczba roślin na 1 m ²	Obniżenie plonu*		Gatunki chwastów	Liczba roślin na 1 m ²	Obniżenie plonu*	
		%	kg · ha ⁻¹			%	kg · ha ⁻¹
Miotła zbożowa	5	1	45	Chaber bławatek	5	6	270
<i>Apera spica-venti</i>	10	6	270	<i>Centaurea cyanus</i>	10	15	675
	25	16	720		25	24	1080
	50	27	1215		50	30	1350
Owies głuchy	5	1	45	Ostrożeń polny	1	5	225
<i>Avena fatua</i>	10	2	90	<i>Cirsium arvense</i>	5	19	855
	25	8	360		10	28	1260
	50	11	495		15	36	1620
Rumianowate	2	3	135	Przytulia czepna	2	4	180
<i>Anthemideae</i>	10	8	360	<i>Galium aparine</i>	10	12	540
	25	16	720		25	22	990
	50	24	1080		50	32	1440

* średni plon ziarna pszenicy ozimej – 4,5 t · ha⁻¹
 Źródło: Rola H., 1982 (26).

ostrożeń polny (*Cirsium arvense*) 1-2 szt./m²
 przetacznik polny (*Veronica arvensis*) 10-25 szt./m².

Burak cukrowy i kukurydza, w przeciwieństwie do zbóż, należą do roślin nietolerujących zachwaszczenia. Dlatego z tych upraw chwasty powinno się całkowicie usuwać, a nie regulować ich występowania. O wielkości plonów w tym przypadku decyduje nie liczba chwastów występująca na jednostce powierzchni, a czas ich konkurencyjnego oddziaływania na roślinę uprawną – zwany krytycznym okresem konkurencji. W badaniach Roli (27) dla szarlatu szorstkiego (*Amaranthus retroflexus*) i komosy białej (*Chenopodium album*) występujących w kukurydzy okres, w którym gatunki te nie wyrządzają większych szkód ekonomicznych wynosi zaledwie 10-14 dni od ich wschodów. Pozostawione przez cały okres wegetacji wyrządzają ogromne straty w plonach tej rośliny (tab. 5).

Regulacja zachwaszczenia w uprawach polowych

Na początku ostatniej dekady XX w. nastąpiła wyraźna zmiana poglądów dotyczących ochrony upraw przed chwastami. Efektem tego było pojawienie się koncepcji regulacji zachwaszczenia (19, 24, 38, 47, 48), która wyparła pojęcia „walki z chwastami” lub „zwalczania chwastów”. Nowe spojrzenie na problem eliminacji zagrożenia ze strony chwastów polega na racjonalnym ograniczaniu ich konkurencji przez regulację występowania w łanie dowolnie wybraną metodą, w tym również odpowiednio dobranymi herbicydami, w taki sposób, aby osłabić kondycję chwastów, zaburzyć ich kwitnienie i owocowanie oraz ograniczyć liczebność gatunków szkodliwych do poziomu niezagrażającego stabilnemu plonowaniu rośliny uprawnej (38). Tak więc przez regulację zachwaszczenia należy rozumieć integrację efektywnych i bezpiecznych dla środowiska metod usuwania zbędnej roślinności segetalnej do stanu poniżej eko-

Tabela 5

Wpływ chwastów na plon ziarna kukurydzy (średnio z lat 1982–1986)

Gatunki chwastów	Liczba roślin na 1 m ²	Obniżenie plonu (%)	Strata plonu (kg · ha ⁻¹) dla poziomu plonowania:	
			5 t · ha ⁻¹	8 t · ha ⁻¹
Szarłat szorstki <i>Amaranthus retroflexus</i>	2	7	350	560
	10	20	1000	1600
	20	32	1600	2560
Komosa biała <i>Chenopodium album</i>	2	5	250	400
	15	30	1500	2400
	50	65	3250	5200
Chwastnica jednostr. <i>Echinochloa crus-galli</i>	2	3	150	240
	10	5	250	400
	50	46	2300	3280

Źródło: Rola H., 1986 (27).

onomicznego progu szkodliwości poszczególnych gatunków w danej roślinie uprawnej. Wartości te, wynikające ze strat w plonach spowodowanych istniejącym stanem (stopniem) zachwaszczenia na jednostce powierzchni łąnu, pozwalają na ustalenie opłacalności wybranej metody regulacji zachwaszczenia (24, 26, 33).

Podstawą przewartościowania poglądów dotyczących ochrony roślin było powstanie koncepcji rolnictwa zrównoważonego, propagującej stosowanie środków ochrony roślin – w tym również i herbicydów – w niższych dawkach, w sposób bardziej racjonalny i bezpieczny dla konsumenta i środowiska. Ponadto rolnictwo zrównoważone postuluje ochronę zdolności ekosystemów do wytwarzania pełnowartościowych produktów bez ich degradacji, a także gospodarowanie umożliwiające wykorzystanie potencjału zasobów naturalnych środowiska do odnawiania się oraz ograniczanie do koniecznego minimum stosowania środków ochrony roślin i nawozów (17, 21, 25).

Rozumowanie takie znalazło odzwierciedlenie w prawodawstwie Unii Europejskiej. Dyrektywa Rady z dnia 15 lipca 1991 roku nr 91/414/EWG zawiera w swej preambule stwierdzenie wykazujące, że środki ochrony roślin dopuszczone do użycia muszą być bezpieczne w stosowaniu oraz nie mogą stwarzać zagrożenia dla zdrowia ludzi i zwierząt. Stosowaniu tych środków powinna przyświecać zasada o nadrzędności ochrony zdrowia ludzi i zwierząt oraz środowiska przed osiągnięciem korzyści wynikających z tytułu wzrostu poziomu produkcji (3).

Chemiczne metody regulacji zachwaszczenia upraw polowych

Wprowadzone przez Świętochowskiego (46) 50 lat temu do polskiego rolnictwa takie metody zwalczania chwastów, jak mechaniczna uprawa, klasyczny płodozmian, racjonalne zmianowanie roślin, w naszej rzeczywistości są coraz rzadziej stosowane. Obecnie o wyborze sposobu regulacji zachwaszczenia decydują najczęściej uwarunkowania organizacyjno-ekonomiczne gospodarstwa, z preferencją systemów integrowanych (38). Ten sposób ograniczania konkurencji chwastów w roślinach uprawnych stawia także na pierwszym miejscu poprawną agrotechnikę, a stosowanie herbicy-

dów jest możliwe, ale w zależności od potrzeb. Wszelkie istniejące tendencje stosowania bezorkowego systemu uprawy są powodem wzrostu zachwaszczenia pola gatunkami wieloletnimi, takimi jak np. perz właściwy (*Agropyron repens*), ostrożeń polny (*Cirsium arvense*) i mleczyk polny (*Sonchus arvensis*), co wymaga koniecznej interwencji herbicydowej. Zatem niezależnie od wybranego systemu uprawowego użycie herbicydów staje się konieczne, ale w różnym zakresie. Można przyjąć, że niewielkiego udziału metod chemicznych wymaga prawidłowo wykonana pełna uprawa i pielęgnacja mechaniczna, średniego uprawa uproszczona i maksymalnego stosowania herbicydów – system bezorkowy (38).

Doświadczalnie udowodniono, że właściwie dobrane herbicydy zapewniają ograniczenie zachwaszczenia, nie stanowią zagrożenia dla środowiska i są w pełni selektywne dla chronionej rośliny. Zastosowane w warunkach ekonomicznie uzasadnionych zmniejszają koszty na pielęgnację i zbiór roślin, a tym samym podnoszą efektywność integrowanych metod ich ochrony (32).

Przykładowo, eliminowanie chwastów z plantacji kukurydzy lub buraka cukrowego powinno być przeprowadzone w sposób kompleksowy, oparty na odchwaszczaniu przedplonu, wykonaniu pełnego zespołu upraw późniejszych, wczesnej orce przedzimowej, wczesnym wykonaniu uprawy przedsiewnej, mechanicznym pielęgnowaniu zasiewów oraz użyciu herbicydów. Postępowanie takie spowoduje, że w roślinie następczej nasilenie chwastów będzie znacznie mniejsze niż w przypadku, gdyby pominięto te elementy uprawy. Środki chemiczne do zwalczania chwastów należy traktować jako uzupełnienie prawidłowo wykonanych zabiegów agrotechnicznych

Na podstawie doświadczeń prowadzonych przez Zakład Ekologii i Zwalczania Chwastów IUNG we Wrocławiu opracowano i wdrożono do szerokiej praktyki rolniczej kilka programów zwalczania chwastów w kukurydzy i buraku przy użyciu herbicydów, w zależności od stanu zachwaszczenia pola. Niektóre z nich przedstawiono w tabelach 6 i 7. Mogą one być modyfikowane, jeżeli na plantacji wystąpią inne uciążliwe gatunki chwastów.

Optymalizacja chemicznej regulacji zachwaszczenia agrocenoz

W Zakładzie Ekologii i Zwalczania Chwastów, a obecnie Herbologii i Technik Uprawy Roli Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowego Instytutu Badawczego od roku 1996 kontynuowane są badania nad możliwością obniżenia dawek herbicydów w zbożach, a także w systemach chemicznego odchwaszczania buraka cukrowego i kukurydzy oraz doboru odpowiednich komponentów mieszanin herbicydowych wraz z oceną ekonomicznych aspektów tych działań.

Idea ograniczania zużycia herbicydów wynika z tendencji minimalizowania niekorzystnego wpływu herbicydów na środowisko i konsumenta, a także – co chyba najważniejsze dla rolnika – zmniejszenia nakładów ponoszonych na ochronę plantacji przed chwastami. Dawki środków zalecane przez producentów zapewniają wysoką skuteczność zabiegu w stosunku do większości gatunków chwastów, lecz nie uwzględniają ich zróżnicowanej wrażliwości. Dlatego w przypadku niektórych gatunków herbi-

Tabela 6

System regulacji zachwaszczenia plantacji kukurydzy w zależności od występowania dominujących gatunków chwastów

Stan zachwaszczenia	Herbicydy po wschodach chwastów w fazie 3-4 liści kukurydzy
System I Gatunki 1-liścienne, głównie: chwastnica jednostronna (<i>Echinochloa crus-galli</i>) i perz właściwy (<i>Agropyron repens</i>) oraz szarłat szorstki (<i>Amaranthus retroflexus</i>), tobołki polne (<i>Thlaspi arvense</i>), jasnota (<i>Lamium</i> spp.), fiołek polny (<i>Viola arvensis</i>), rumianowate (<i>Anthemideae</i>)	Titus 25 WG + Trend 90 EC (60 g · ha ⁻¹ + 1%) lub Milagro 040 SC (1,5 l · ha ⁻¹)
System II Chwasty jak systemie I, a ponadto występuje komosa biała (<i>Chenopodium album</i>)	Milagro 040 SC (1,5 l · ha ⁻¹) + Callisto 100 SC (1,5 l · ha ⁻¹)
System III Chwasty jak w systemie I, a ponadto występuje przytulia czepna (<i>Galium aparine</i>)	Titus 25 WG + Trend 90 EC (60 g · ha ⁻¹ + 1%) + Banvel 480 SL (0,5 l · ha ⁻¹)

Źródło: badania własne autorów (14, 15, 16).

cyd stosowany jest w pewnym nadmiarze niż wynikałoby to z faktycznej potrzeby. Niemniej jednak ograniczając wielkość dawki herbicydów, należy również brać pod uwagę pozostałe czynniki mające wpływ na skuteczność środka, takie jak: skład gatunkowy zbiorowiska chwastów, ich fazy rozwojowe, warunki pogodowe w trakcie zabiegu, możliwość terminowego wykonania opryskiwania, odpowiedni dobór herbicydów do mieszanin oraz dodatek adiuwanta.

Wykonane badania dowodzą, że stosowanie herbicydów w obniżonych dawkach w zbożach zapewnia osiągnięcie wymaganej skuteczności chwastobójczej bez negatywnego wpływu na ich plonowanie (tab. 8).

Podobne efekty skutecznego zniszczenia chwastów i otrzymania optymalnych plonów można uzyskać, stosując zmniejszone od zalecanych dawki herbicydów w kukurydzy, co potwierdzają wyniki doświadczeń przedstawione w tabeli 9.

W badaniach nad przydatnością obniżonych dawek herbicydów w buraku uwzględnia się stosowanie mieszanin zawierających w swym podstawowym składzie takie środki, jak: Betanal Progress 274 OF i Safari 50 WG oraz adiuwant Trend 90 EC, które uzupełniane są dodatkiem środków Goltix 70 WP, Flirt 460 SC, Venzar 80 WP lub Lontrel 300 SL. Herbicydy te w doświadczeniach stosowano w dawkach obniżonych o 50% i 66% w stosunku do zalecanych. Adiuwant stosowano w dawce pełnej, czyli 0,1% (100 ml/100 l wody). Rezultaty przeprowadzonych badań (tab. 10) pozwalają stwierdzić, że z ekonomicznego punktu widzenia stosowanie mieszanin herbicydowych, z uwzględnieniem obniżonych ich dawek, jest w pełni uzasadnione, ponieważ zwiększony koszt odchwaszczania w porównaniu z jednorazową aplikacją herbicydu w pełnej dawce był całkowicie rekompensowany wyższym plonem buraka.

Tabela 7

Systemy regulacji zachwaszczenia plantacji buraka cukrowego w zależności od występujących dominujących gatunków chwastów

Stan zachwaszczenia	Herbicyd i termin wykonania zabiegu		
	po siewie (opcjonalnie)	po wschodach buraka w fazie liścieni chwastów, następne zabiegi po 7-12 dniach z chwilą pojawienia się nowych wschodów chwastów	liczba zabiegów
<u>System I</u> komosa biała (<i>Chenopodium album</i>), gorczyca polna (<i>Sinapis arvensis</i>), gwiazdnica pospolita (<i>Stellaria media</i>), tobołki polne (<i>Thlaspi arvense</i>), tasznik pospolity (<i>Capsella bursa-pastoris</i>), mak polny (<i>Papaver rhoeas</i>), jasnota (<i>Lamium</i> sp.), rdest (<i>Polygonum</i> sp.), maruna bezwonna (<i>Matricaria inodora</i>), dymnica pospolita (<i>Fumaria officinalis</i>), fiołek polny (<i>Viola arvensis</i>), przetacznik (<i>Veronica</i> sp.)	Pyramin 65 WP (3-6 kg/ha) lub Goltix 70 WG (4-5 kg/ha) lub Venzar 80 WP (1-1,5 kg/ha)	Betanal 160 EC (2 l/ha) lub Expander 400 SC (2-3 l/ha) lub Betanal Elite 247 OF (1 l/ha)	1
<u>System II</u> chwasty jak w systemie I + przytulia czepna (<i>Galium aparine</i>)	Pyramin 65 WP (3-6 kg/ha) lub Pyramin Turbo 520 SC (4-5 l/ha) lub Nortron 200 EC (3 l/ha)	Betanal Progress AM 180 EC (1,5-2 l/ha) + Nortron 200 EC (2,5 l/ha) lub Safari 50 WG (30 g/ha) + Betanal Progress AM 180 EC (1,5 l/ha)	3-4
<u>System III</u> chwasty jak w systemie I + szarłat szorstki (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	Goltix 70 WG (4-5 kg/ha) lub Pyramin 65 WP (3-6 kg/ha) lub Pyramin Turbo 520 SC (4-5 l/ha)	Betanal Progress 247 OF (1,3 + 1,6 l/ha) lub Safari 50 WG (30 g/ha) + Betanal 160 EC (1,5 l/ha) lub Betanal Progress AM 180 EC (1,5 l/ha)	3-4
<u>System IV</u> chwasty jak w systemie I + samosiewy rzepaku	Pyramin 65 WP (3 kg/ha) lub Goltix 70 WG (3 kg/ha)	Betanal 160 EC (1,5-2 l/ha) + Goltix 70 WP (1,5-2 kg/ha) lub Expander 400 SC (2-3 kg/ha) + Goltix 70 WP (1,5-2 kg/ha) lub Safari 50 WG (30 g/ha) + Betanal 160 EC (1,5 l/ha)	3-4
<u>System V</u> chwasty jak w systemie I + przytulia czepna (<i>Galium aparine</i>), szarłat szorstki (<i>Amaranthus retroflexus</i>) i + samosiewy rzepaku	Pyramin Turbo 520 SC (4-5 l/ha) + Nortron 200 EC (5 l/ha) lub Goltix 70 WG (4 kg/ha) + Nortron 200 EC (5 l/ha) lub Flirt 460 SC (3 l/ha)	Betanal Progress AM 180 EC (1,5-2 l/ha) + Goltix 70 WP (1,5-2 kg/ha) lub Safari 50 WG (30 g/ha) + Betanal Progress AM 180 EC (1,5 l/ha) lub Betanal Quattro 380 SE (1,5-2 l/ha)	3-4

cd. tab. 7

Stan zachwaszczenia	Herbicydy i termin wykonania zabiegu		
	po siewie (opcjonalnie)	po wschodach buraka w fazie liścieni chwastów, następne zabiegi po 7-12 dniach z chwilą pojawienia się nowych wschodów chwastów	liczba zabiegów
Ograniczanie wtórnego zachwaszczenia plantacji	-	Betanal Progress 274 OF + Goltix 70 WG (1 l + 1 kg/ha) lub Betanal Progress 274 OF + Safari 50 WG (1 l + 30 g/ha) lub Betanal Progress 274 OF + Metron 900 SC (1 l + 1 l/ha)	4

Źródło: Domaradzki K., 2004 (9).

Tabela 8

Wpływ zmniejszonych dawek herbicydu na regulację zachwaszczenia i plon ziarna pszenicy ozimej (średnio z lat 2003–2005)

Herbicyd	Dawka ($l \cdot ha^{-1}$)	Zniszczenie chwastów (%)		Plon ($t \cdot ha^{-1}$)
		miotła zbożowa (<i>Apera spica-venti</i>)	dwuliścienne	
Obiekt kontrolny	-	137 szt. $\cdot m^{-2}$	111 szt. $\cdot m^{-2}$	3,39
Quartz Super 550 SC	2,0	97	88	5,32
Quartz Super 550 SC	1,5	94	87	5,21
Quartz Super 550 SC	1,0	91	81	5,03
			NIR _(0,05)	0,353

Objaśnienia: Quartz Super 550 SC = diflufenicam 50 g/l + izoproturon 500 g/l

Źródło: Domaradzki K., 2006 (8).

Stosowanie herbicydów w aspekcie zjawiska uodparniania się chwastów

Wieloletnia aplikacja środków o takim samym mechanizmie działania powoduje selekcję biotypów odpornych na daną substancję aktywną (18). Pierwsze doniesienia naukowe dotyczące odporności chwastów w uprawach rolniczych w Polsce pochodzą z połowy lat osiemdziesiątych XX w., gdy stwierdzono odporność na herbicydy triazynewe niektórych gatunków chwastów w sadach (13) oraz szarłatu (*Amaranthus retroflexus*), komosy białej (*Chenopodium album*) i chwastnicy jednostronnej (*Echinochloa crus-galli*) w kukurydzy i buraku (34, 36). Prace prowadzone przez Rolę i Marczewską (30) w uprawach zbożowych wskazują na problem odporności miotły zbożowej (*Apera spica-venti*) i chabra bławatka (*Centaurea cyanus*) na chlorsulfuron na kilku polach w okolicach Wrocławia. Kontynuowane przez Rolę i wsp. (31) badania wykazują jednak, że biotypy odporne w zbożach, kukurydzy i buraku można skutecznie eliminować, aplikując środki o innych mechanizmach działania oraz stosując rotację herbicydów. Przykładem mogą być wyniki doświadczeń przedstawione w tabelach 11-13.

Tabela 9

Wpływ zmniejszonych dawek herbicydów na regulację zachwaszczenia i plon kukurydzy (średnio z lat 2004–2006)

Objekt	Dawka (l · ha ⁻¹)	Termin stosowania (faza)	Zniszczenie chwastów (%)								Plon ziarna (t · ha ⁻¹)	MTZ (g)
			ECHCG	SETVI	CHEAL	AMARE	THLAR	VIOAR	AETCY	SOLNI		
Kontrola	-	-	*27	*19	*22	*11	*9	*8	*6	*4	42,7	281,3
	1/1 dawki	BBCH = 12	85	86	100	100	100	100	90	100	109,6	300,5
	2/3 dawki		81	77	100	100	100	85	90	90	101,1	301,2
1/2 dawki	78		74	100	92	100	80	88	87	95,6	301,6	
Milagro 040 SC	1/1 dawki	BBCH = 12	96	97	92	100	100	100	96	88	100,5	301,2
	2/3 dawki		90	88	84	93	92	93	96	90	96,5	300,4
	1/2 dawki		88	86	78	88	87	86	85	86	91,1	300,1
Titus 25 WG + Trend 90 EC	1/1 dawki	BBCH = 12	93	90	90	100	100	90	93	98	102,3	301,2
	2/3 dawki		92	90	87	85	100	85	88	87	97,1	302,1
	1/2 dawki		90	88	76	82	87	78	87	70	91,0	302,4
NIR, LSD _(0,05)											1,032	

* dla kontroli podano liczbę chwastów w szt. · m²
 ECHCG – *Echinochloa crus-galli*, SETVI – *Setaria viridis*, CHEAL – *Chenopodium album*, AMARE – *Amaranthus retroflexus*, THLAR – *Thlaspi arvense*, VIOAR – *Viola arvensis*, AETCY – *Aethusa cynapium*, SOLNI – *Solanum nigrum*
 Źródło: Gotłbowska H., 2008 (15).

Tabela 10

Efekty zastosowania obniżonych dawek herbicydów w systemach chemicznego odchwaszczania buraka cukrowego (średnio z lat 2003–2005)

System herbicydowy	Dawka na 1 ha	Liczba zabiegów	Plon korzeni (t · ha ⁻¹)	Zniszczenie chwastów (%)	Przyrost plonu (t · ha ⁻¹)
Betanal Progress 274 OF + Goltix 70 WG + Safari 50 WG + Trend 90 EC	0,5 l + 0,5 kg + 15 g + 0,1%	4	83,1	96	6,2
	0,33 l + 0,33 kg + 10 g + 0,1%	4	79,0	94	2,1
Betanal Progres 274 OF + Flirt 460 SC + Safari 50 WG + Trend 90 EC	0,5 l + 1 l + 15 g + 0,1%	4	85,4	97	8,5
	0,33 l + 0,5 l + 10 g + 0,1%	4	80,4	95	3,5
Betanal Progress 274 OF + Venzar 80 WP + Safari 50 WG + Trend 90 EC	0,5 l + 100 g + 15 g + 0,1%	4	81,7	97	4,8
	0,33 l + 66 g + 10 g + 0,1%	4	79,7	95	2,8
Betanal Progres 274 OF + Lontrel 300 SL + Safari 50 WG + Trend 90 EC	0,5 l + 0,1 l + 15 g + 0,1%	4	85,2	97	8,3
	0,33 l + 0,05 l + 10 g + 0,1%	4	83,3	94	6,4
Betanal Progress 274 OF	1 l	4	76,9	92	0
	1 l	3	72,0	91	-4,9

Źródło: Domaradzki K., 2006 (8).

Tabela 11

Możliwość ograniczenia występowania w zasiewach pszenicy ozimej chwastów uodpornionych na herbicydy

Gatunki chwastów	Odporne na:	Wrażliwe na:
Odporne: miotła zbożowa (<i>Apera spica-venti</i>) chaber bławatek (<i>Centaurea cyanus</i>) Nieoznaczone z predyspozycją do uodpornienia: fiołek polny (<i>Viola arvensis</i>) gwiazdnica pospolita (<i>Stellaria media</i>) przytulia czepna (<i>Galium aparine</i>) złocień polny (<i>Chrysanthemum segetum</i>)	chlorsulfuron	diflufenikan izoproturon linuron 2,4-D* MCPA* dicamba* floramsulam chlopyralid metosulam

* tylko dla gatunków dwuliściennych

Źródło: Rola i Marczevska, 2002 (31).

Tabela 12

Możliwość ograniczenia występowania w zasiewach kukurydzy chwastów uodpornionych na herbicydy triazynowe

Gatunki chwastów	Odporne na:	Wrażliwe na:
Odporne: szarłat szorstki (<i>Amaranthus retroflexus</i>) komosa biała (<i>Chenopodium album</i>) miotła zbożowa (<i>Echinochloa crus-galli</i>) psianka czarna (<i>Solanum nigrum</i>) wilczomlecz obrotny (<i>Euphorbia helioscopia</i>) palusznik krwawy (<i>Digitaria sanguinalis</i>) Nieoznaczone z predyspozycją do uodpornienia: rdest (<i>Polygonum</i> ssp.) włośnica zielona (<i>Setaria viridis</i>) starzec zwyczajny (<i>Senecio vulgaris</i>)	atrazine simazine cyanazine	nicosulfuron rimsulfuron 2,4-D* MCPA* dicamba* foramsulfuron jodosulfuron acetochlor florasulam isoxaflutol mesotrione

* tylko dla gatunków dwuliściennych
 Źródło: Rola i Marczevska, 2002 (31).

Tabela 13

Możliwość ograniczenia występowania w buraku cukrowym chwastów uodpornionych na herbicydy triazynowe

Gatunki chwastów	Odporne na:	Wrażliwe na:
Odporne: szarłat szorstki (<i>Amaranthus retroflexus</i>) komosa biała (<i>Chenopodium album</i>) rdest powojowy (<i>Polygonum convolvulus</i>) rdest plamisty (<i>Polygonum persicaria</i>) jasnota (<i>Lamium</i> ssp.) gorczyca polna (<i>Sinapis arvensis</i>) Nieoznaczone z predyspozycją do uodpornienia: rdest powojowy (<i>Polygonum convolvulus</i>) psianka czarna (<i>Solanum nigrum</i>) przytulia czepna (<i>Galium aparine</i>) blekot pospolity (<i>Aethusa cynapium</i>)	chlorydazone lenacil metamitrone	phenmedipham + desmedipham + ethofumesate clopyralid triflusalifuron

Źródło: Rola i Marczevska, 2002 (31).

Inne metody regulacji zachwaszczenia w uprawach rolniczych

Zarówno w nauce, jak i w praktyce rolniczej stale obserwuje się dążenie do alternatywnych sposobów ochrony roślin przed chwastami. Akcentuje się potrzebę wykorzystania do tego celu metod biologicznych i fizycznych, lecz jak dotąd bez większych efektów dla praktyki.

Należy podkreślić, że integrowane zwalczanie chwastów w swej istocie sprowadza się do regulacji zachwaszczenia, sterowania populacjami chwastów i ograniczania ich liczebności poniżej progów ekonomicznej szkodliwości (49). Dlatego zabieg herbicydowy musi być traktowany jako uzupełnienie innych metod redukcji zachwasz-

czenia, a o konieczności jego wykonania zawsze powinno decydować nasilenie chwastów występujących w łanie i ich szkodliwość. Ingerencja chemiczna może być celowa tylko wtedy, gdy poziom zachwaszczenia będzie na tyle wysoki, że wartość utraconego plonu przewyższy koszty wykonania zabiegu odchwaszczania (26).

Zgodnie z wytycznymi dobrej praktyki ochrony roślin opracowanymi przez Europejską i Śródziemnomorską Organizację Ochrony Roślin przed sięgnięciem po herbicydy i chemiczne metody ochrony należy wykorzystać cały szereg zabiegów alternatywnych wchodzących w skład ochrony integrowanej (12). Do działań tych należą:

- metody mechaniczne – z użyciem zabiegów uprawowych późniejszych, przed-siewnych i pielęgnacyjnych;
- metody agrotechniczne – z wykorzystaniem zmianowania, doboru roślin o dużej sile konkurencyjnej, użycia czystego materiału siewnego, właściwej normy wysiewu, stosowania międzyplonów i mulczowania;
- metody biologiczne – z wykorzystaniem naturalnych patogenów, bioherbicydów lub herbicydów zawierających naturalne składniki.

Metody biologiczne są jeszcze na etapie badań, a szersze w tym względzie wykorzystanie wrogów naturalnych roślin segetalnych – głównie grzybów, zwierząt roślinnożernych, owadów, nicieni, roztoczy – nie jest jeszcze dopracowane. Najbardziej znanym przykładem biologicznej regulacji zachwaszczenia są próby niszczenia ostrożnia polnego (*Cirsium arvense*) przez grzyba *Puccinia obtegens* w Kanadzie lub w USA niszczenie cibory jadalnej (*Cyperus esculentus*) w kukurydzy za pomocą grzyba *Puccinia canaliculata* (1). Największym zainteresowaniem cieszą się badania nad przydatnością mykoherbicydów, które mogą być wykorzystane do niszczenia siewek chwastów w roślinach uprawnych, co umożliwi zintegrowanie tej metody z innymi metodami regulacji zachwaszczenia (1). Mykoherbicydy zawierają chorobotwórcze organizmy grzybowe o zwiększonej wirulencji w stosunku do chwastów uzyskanej na drodze inżynierii genetycznej. Znane są również alleloherbicydy (43) zaliczane do agrochemikaliów pochodzenia naturalnego, zawierające allelopatyny pozyskane z roślin wyższych (np. glufosynat).

Metody fizyczne – z wykorzystaniem fotoblastyzmu, czyli zjawiska ograniczającego kiełkowanie nasion chwastów w wyniku zabiegów uprawowych wykonywanych w zacieleniu, jak np. orka wykonywana nocą. Z prac prowadzonych przez IUNG wynika, że pod wpływem zabiegów uprawowych wykonywanych w zacieleniu uzyskuje się krótkotrwałe ograniczenie zachwaszczenia (o 30-40%), lecz nie eliminuje to konieczności zastosowania herbicydów czy też innych skutecznych metod zwalczania chwastów. W krajach skandynawskich lansowana jest także metoda termiczna polegająca na wypalaniu chwastów w międzyrzędziach roślin (np. warzywnych) płomieniem uzyskanym ze spalania propanu lub gorącą parą wodną. Można również wymienić próby wykorzystania energii elektrycznej lub techniki laserowej do niszczenia chwastów, które nie znajdują jak dotąd praktycznego zastosowania (7).

Najnowsze strategie i wyzwania dla nauki w ochronie upraw rolniczych przed chwastami

W rolnictwie wraz z rozwojem cywilizacyjnym pojawiają się nowe problemy i tendencje. Oczywiście trudno jest bezbłędnie przewidywać jakie trendy czy zagrożenia będą miały decydujące znaczenie, lecz wydaje się, że w przyszłości ochrony roślin ważne będą poniżej przedstawione zagrożenia.

- **Wykorzystanie biotechnologii.** Zdobyte inżynierii genetycznej pozwalają na modyfikowanie genomu roślinnego. Modyfikacjom poddawane są głównie rośliny mające duże znaczenie gospodarcze. Celem zmiany genomu jest nadanie im pożądanych przez człowieka cech, np. wytworzenie odporności na herbicydy nieselektywne, jak glifosat lub glufosinat. W przyszłości można oczekiwać, że dodane geny spowodują, iż roślina sama wytworzy „czynnik” do walki z konkretnym agrofagiem, np. allelopatyny przeciw chwastom, czy przeciwciała chroniące przed chorobami.

- **Precyzyjne stosowanie środków ochrony roślin.** Rozwój precyzyjnych metod umożliwi punktową aplikację środków ochrony roślin na podstawie rozmieszczenia patogena na polu. W tej dziedzinie wykorzystana zostanie technika skanowania pola oraz system GPS, które umożliwią tworzenie map występowania agrofaga na powierzchni pola. Po automatycznym wprowadzeniu danych do pamięci komputera będzie on precyzyjnie sterował zabiegami ochrony. Inną metodą będzie precyzyjny dobór środków ochrony, ich dawek, terminów stosowania i sposobów aplikacji z wykorzystaniem komputerowych systemów wspomaganie decyzji (ang. Decision Support Systems – DSS).

- **Rozwój alternatywnych metod zwalczania.** Dotyczyć to będzie zwłaszcza sposobów biologicznych i fizycznych, wykorzystujących zjawisko fotoblastyzmu, wysoką temperaturę, sprężone powietrze, promieniowanie podczerwone lub promień lasera.

- **Wyeliminowanie negatywnego wpływu herbicydów na jakość ziemiopłodów.** Aktualnie prowadzone badania przez Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli IUNG-PIB we Wrocławiu, jak również wcześniejsze od 1966 roku wykonywane w Zakładzie Ekologii i Zwalczania Chwastów wykazują, że wykrywane pozostałości substancji aktywnych herbicydów były znacznie niższe (od 7 do 66 razy) od dopuszczalnych przez normy WHO. Ponadto, jak wynika z dotychczasowych badań, prawidłowo stosowane herbicydy w zlecanych dawkach do odchwaszczania zbóż nie stanowią zagrożenia dla konsumenta, środowiska naturalnego i roślin następczych.

Dlatego na pytanie: „czy powinno się radykalnie ograniczyć lub zaprzestać chemicznej ochrony roślin?” odpowiedź musi być negatywna, ponieważ spowoduje to znaczącą obniżkę plonów i pogorszenie ich jakości. Należy zatem stosować środki bardziej racjonalnie, rozwijać nowe systemy i sposoby aplikacji, opierając się na najnowszych wynikach badań naukowych.

- **Skuteczna ochrona roślin w rolnictwie ekologicznym.** Zwalczanie chwastów w rolnictwie ekologicznym będzie polegało na wykorzystywaniu metod agrotechnicznych, takich jak: zabiegi uprawowe późnoliczne i przedsiwne, dobór gatunków

roślin i odmian o dużej sile konkurencyjnej, zmianowanie roślin, czysty materiał siewny, odpowiednie zagęszczenie ładu rośliny uprawnej, międzyplony i mulczowanie, zabiegi pielęgnacyjne z wykorzystaniem odpowiednich maszyn i narzędzi oraz metod biologicznych i fizycznych. Bardzo istotne będzie dokładne określenie zachodzących interakcji pomiędzy chronioną rośliną a agrofagiem oraz zastosowanymi czynnikami ochrony roślin.

• **Monitoring i zwalczanie nowych gatunków inwazyjnych.** W dobie powszechnej globalizacji rolnictwa znacznie wzrosło zagrożenie przenikaniem agrofagów na obszary, na których dotychczas nie występowały. Problem dotyczy nie tylko chorób i szkodników, ale również chwastów. Ważne zatem będzie śledzenie pojawiania się nowych gatunków i niezwłoczne opracowywanie skutecznych metod ich zwalczania, zanim poczynią nieodwracalne szkody gospodarcze.

Podsumowanie

W nowoczesnym rolnictwie opartym na zasadach dobrej praktyki rolniczej chemiczne metody regulacji zachwaszczenia roślin wpisują się w cały kompleks działań prowadzących do utrzymania ładu w stanie czystym. Poprzez umiejętne zastosowanie herbicydu zmniejsza się nakłady na zabiegi pielęgnacyjne, a tym samym następuje zwiększenie opłacalności produkcji. Pomimo ogromnego postępu, jaki dokonał się w dziedzinie herbologii w ostatnich latach XX wieku wiedza o metodach ograniczania konkurencji chwastów w uprawach rolniczych jest jeszcze ciągle rozwijana.

Używane obecnie oraz tworzone w przyszłości systemy regulacji zachwaszczenia muszą uwzględniać wszelkie uwarunkowania ekologiczne, a jednocześnie prowadzić do ograniczenia występowania najbardziej agresywnych gatunków chwastów dominujących, chroniąc te, które nie stanowią zagrożenia dla rośliny uprawnej. W efekcie końcowym pozwoli to na zachowanie różnorodności biologicznej chwastów w agrocenozach.

Celowi temu służyć może rozwijanie takich kierunków badań, jak:

- poznanie stopnia zagrożenia i progów szkodliwości gatunków chwastów oraz całych zbiorowisk segetalnych dla chronionej rośliny uprawnej, co jest niezbędne do opracowania programów decyzyjnych ochrony upraw rolniczych przed chwastami. Przykładem takiego działania może być model wprowadzony do praktyki przez Duński Instytut Nauk Rolniczych (10, 49). Uwzględnia on zarówno osiągnięcia nauki o chwastach, jak również wiedzę ekspertów i oferuje system rozpoznania i zwalczania 75 gatunków chwastów w 11 roślinach uprawnych;
- stosowanie herbicydów w niższych od zalecanych dawkach dla zbóż i innych roślin uprawnych, aby oprócz ograniczenia kosztów regulacji zachwaszczenia można było zmniejszyć ryzyko zanieczyszczenia środowiska oraz obniżyć dopuszczalne poziomy pozostałości substancji aktywnych w produktach spożywczych oraz, co nie mniej ważne, zachować bioróżnorodność agrocenozy

(40). Dotychczasowe badania w tym zakresie mające wartość zarówno poznawczą, jak i praktyczną powinny być kontynuowane;

- rozpoznanie zasięgów występowania na terenie Polski chwastów odpornych na herbicydy w uprawach rolniczych oraz doskonalenie metod ich identyfikacji i zwalczania. Na podstawie dotychczasowych badań ustalono występowanie w Polsce zaledwie 12 biotypów odpornych na atrazynę, a także dwóch biotypów chabra bławatka (*Centaurea cyanus*) i miotły zbożowej (*Apera spica-venti*) odpornych na chlorosulfuron w zbożach (30). Oznacza to, że problem odporności chwastów na herbicydy może być w Polsce w najbliższych latach bardzo istotny i że badania nad tym zjawiskiem powinny być prowadzone na szeroką skalę. Zagadnienie to powinno być jednym z elementów strategii regulacji zachwaszczenia w agrocenozach.

W najbliższej przyszłości ochrona roślin opierać się będzie na coraz bezpieczniejszych dla środowiska systemach aplikacji środków stanowiących jedynie uzupełnienie całego wachlarza innych metod. Bardzo ważnym zagadnieniem jest ciągle ograniczanie niepożądanego wpływu środków ochrony na jakość plonu, a szczególnie produktów przeznaczonych do bezpośredniego spożycia przez ludzi i zwierzęta.

Rozwój badań naukowych spowoduje wykorzystanie na szerszą skalę biotechnologii, alternatywnych metod zwalczania oraz szerokiego wykorzystania technik informatycznych i satelitarnych do precyzyjnego stosowania środków ochrony roślin. Doskonalona powinna być także ochrona roślin w rolnictwie ekologicznym, a szczególnie zwalczanie chwastów „bez chemii” oraz uprawa odmian odpornych na szkodniki i choroby grzybowe lub posiadających wysoki potencjał allelopatyczny. Powinien być rozpracowany również problem monitoringu i zwalczania nowych gatunków inwazyjnych.

Literatura

1. Adamczewski K., Woźnica Z.: Nowe możliwości zwalczania chwastów. Mat. XXXI Sesji Nauk. IOR, cz. I, 1991, 98-109.
2. Chmielewski Z.: O chwastach w ziarnie zbóż Galicji. Roczn. Nauk Rol. Leśn. 1914, **7(1)**: 135-176.
3. Zaplicki E., Podgórska B.: Dyrektywa 91/414 Unii Europejskiej dotycząca wprowadzenia do obrotu środków ochrony roślin a prawodawstwo Polskie. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 1998, **38(1)**: 292-297.
4. Czerwiec-Filipiszynowa M.: Chwasty upraw rolnych jako wskaźniki gleby. PTPN, 1948, ss. 128.
5. Czyrnicówna M.: Studia nad chwastami okolic Warszawy. Roczn. Nauk Rol. Leśn., 1929, **21(3)**: 405-445.
6. Demianowiczowa Z.: Zbiorowiska chwastów zbożowych Lubelszczyzny i ich ekologia. Ann. UMCS, 1974, E, **7(3)**: 21-46.
7. Dobrzański A., Adamczewski K.: Przyszłościowe spojrzenie na metody ochrony przed chwastami na progu XXI wieku. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2001, **41(1)**: 58-68.
8. Domaradzki K.: Efektywność regulacji zachwaszczenia zbóż w aspekcie ograniczania dawek herbicydów oraz wybranych czynników. Monografie i Rozprawy Naukowe, IUNG Puławy, 2006, **17**: 1-111.

9. Domaradzki K.: Problemy w zwalczaniu chwastów na plantacji buraka cukrowego. *Por. Plant. Bur. Cukr.*, 2004, **3**: 15-18.
10. Domaradzki K., Rola H.: Efektywność stosowania niższych dawek herbicydów w zbożach. *Pam. Puł.*, 2000, **120(1)**: 53-64.
11. Domaradzki K., Rola H.: Ekologiczno-agronomiczne aspekty stosowania niższych dawek herbicydów w regulacji zachwaszczenia zbóż. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2001, **41(1)**: 229-239.
12. 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.
13. Gawronski S.W.: Inheritance of resistance to triazine herbicides by *Echinochloa crus-galli* L. *Proc 5th International Congress Society for the Advancement of Breeding Research in Asia and Oceania*. Bangkok, Thailand, 1985, 797-801.
14. Gołębiowska H., Rola H.: Efficacy of selected chemical weed control systems in maize. *J. Plant Diseases and Prot., Sonderheft*, 2006, Sp. Issue **20**: 837-843.
15. Gołębiowska H.: The problems of weed management by herbicide systems applied in maize. *J. Plant Prot. Res.*, 2008, **48(1)**: 596-604.
16. Gołębiowska H.: Wpływ sposobu aplikacji herbicydów na poziom zachwaszczenia wtórnego w kukurydzy. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2006, **46**: 265-268.
17. Grabński J., Mazurek J.: Agrotechnika zbóż w warunkach rolnictwa zrównoważonego (wybrane zagadnienia). *Pam. Puł.*, 2000, **120(1)**: 149-153.
18. Gressel J., Segal L.A.: *Herbicide resistance in plants*. John Wiley & Sons, NY, USA, 1982, 325-334.
19. Gauvrit C.: Optimisation of herbicide use in France. *The BCPC Conference – Weeds*, 1991, **3**: 1191-1199.
20. Latoński K., Jackowski B.: Rozmieszczenie, ekologia i biologia chwastów segetalnych. *Bibliografia polskich prac za lata 1996–2000*. Wyd. Nauk. Bogucki, Poznań, 2001.
21. Michna W.: Jakość surowców rolnych i żywności jako ważny składnik oceny zrównoważonego rozwoju rolnictwa. *Pam. Puł.*, 2000, **120(2)**: 317-323.
22. Mowszowicz J.: *Krajowe chwasty polne i ogrodowe*. PWRiL Warszawa, 1955.
23. Powles S.B.: Herbicide resistance in weedy plant species: from evaluation to management. *Proc. 13th EWRS Symposium, Bari, Włochy*, 2005, 199-200.
24. Proven M.J., Courtney A., Picton J., Davies D.H.K., Whiting A.J.: Cost-effectiveness of weed control in cereals – system based on thresholds and reduced rates. *The BCPC Conference – Weeds*, 1991, **3**: 1201-1208.
25. Pruszyński S., Wolny S.: Dobra praktyka w ochronie roślin. *Mat. Konf. „Dobre praktyki w produkcji rolniczej”*. IUNG Puławy, 1998, **1**: 255-263.
26. Rola H.: Zjawisko konkurencji wśród roślin uprawnych i jej skutki na przykładzie wybranych gatunków chwastów występujących w pszenicy ozimej. *Rozpr. hab. IUNG Puławy*, 1982, **R(162)**: 1-64.
27. Rola H.: Zależność wysokości plonów kukurydzy od okresu występowania w łanie *Echinochloa crus-galli* i *Amaranthus retroflexus*. *Pam. Puł.*, 1986, **87**: 155-170.
28. Rola H.: Badania nad występowaniem chwastów odpornych na triazyny na Dolnym Śląsku. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 1999, **39(1)**: 372-378.
29. Rola H., Rola J.: Pozytywne i negatywne aspekty stosowania herbicydów w uprawach rolniczych w Polsce w latach 1950–2000. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2001, **41(1)**: 47-57.
30. Rola H.: Produkcyjne i ekologiczne aspekty ochrony roślin przed chwastami. *Pam. Puł.*, 2002, **130**: 635-646.
31. Rola H., Marczevska K.: Biotypy chwastów odporne na chlorosulfuron w rejonie Wrocławia. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2002, **42(2)**: 575-577.
32. Rola H., Rola J.: Progi szkodliwości chwastów w programach decyzyjnych ochrony roślin. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2002, **42(1)**: 332-339.

33. R o l a H., R o l a J.: Teoria i praktyka uodparniania się chwastów segetalnych na herbicydy stosowane w Polsce. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2002, **43(1)**: 375-382.
34. R o l a H., R o l a J., K u c h a r s k i M., M a r c z e w s k a K.: Zabezpieczenie roślin uprawnych przed chwastami odpornymi na herbicydy. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2004, **44(1)**: 339-346.
35. R o l a J.: Badania nad dynamiką zbiorowisk chwastów segetalnych w płodozmianie. Roczn. Nauk Rol., 1962, A, **85**: 515-553.
36. R o l a J.: Zjawisko uodparniania się niektórych gatunków chwastów na herbicydy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1988, **349**: 153-159.
37. R o l a J., R o l a H.: 20 lat zespołowych badań nad rejonizacją chwastów segetalnych w Polsce. Mat. XX Konf. Nauk. „Ginące i zagrożone gatunki flory segetalnej”. Uniwersytet Łódzki, 1996, 35-37.
38. R o l a J., R o l a H.: Strategia postępu w herbologii. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 1997, **37(1)**: 66-71.
39. R o l a J., R o l a H.: Zachwaszczenie wtórne roślin okopowych na Dolnym Śląsku. Mat. XXI Krajowej Konf. Nauk. z cyklu „Rejonizacja chwastów segetalnych w Polsce”. IUNG Puławy, 1997, **K(13)**: 7-14.
40. R o l a J., R o l a H.: Dorobek polskich placówek naukowych w zakresie ekologii chwastów, rejestracji ich rozmieszczenia i oceny szkodliwości. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2000, **40(1)**: 93-100.
41. R o l a J., R o l a H., D o m a r a d z k i K.: Przyrodnicza optymalizacja zbiorowisk chwastów w agrocenozach. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2009, **49(1)**: 1102-1111.
42. S a d o w s k i J., K u c h a r s k i M.: Bibliografia prac Zakładu Ekologii i Zwalczania Chwastów we Wrocławiu. IUNG Puławy, 2006.
43. S o b ó t k a W.: Alleloherbicydy wczoraj i dziś. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 1997, **37(1)**: 50-58.
44. Ś w i ę t o c h o w s k i B., T o ł p a S.: Chwasty. PWRiL Warszawa, 1950.
45. Ś w i ę t o c h o w s k i B.: Problem chwastów segetalnych i ich zwalczanie w świetle nauk biologicznych i rolniczych. Zesz. Nauk. WSR Wrocław, 1958, **14**: 5-7.
46. Ś w i ę t o c h o w s k i B.: Ogólna uprawa roślin. PWRiL Warszawa, 1969; 619, 622, 626, 668.
47. T h o n k e K. E.: Political and practical approaches in Scandinavia to reduce herbicide inputs. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 1991, **3**: 1183-1190.
48. W h i t i n g A. J., D a v i e s D. H. K., B r o w n H., W h y t o c k G.: The field use of reduced doses of broad-leaved weed herbicides in cereals. The BCPC Conference – Weeds, 1991, **3**: 1209-1216.
49. Z w e r g e r P.: Integrated weed management in developed nations. Proc. 2nd International Weed Control Congress, Copenhagen, Denmark, 1996, 933-942.

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Henryka Rola
IUNG-PIB

Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli
ul. Orzechowa 61
50-540 Wrocław
tel.: (71) 363-87-07
e-mail: h.rola@iung.wroclaw.pl

