

Beata Feledyn-Szewczyk

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

NIECHEMICZNE METODY REGULACJI ZACHWASZCZENIA W ZBOŻACH UPRAWIANYCH W SYSTEMIE EKOLOGICZNYM*

Słowa kluczowe: rolnictwo ekologiczne, zboża, odmiana, regulacja zachwaszczenia

Wstęp

W rolnictwie ekologicznym regulacja zachwaszczenia jest ważnym elementem agrotechniki, której opanowanie przez rolnika ma duże znaczenie dla uzyskiwanych plonów. W tym systemie gospodarowania nie dopuszcza się stosowania syntetycznych związków chemicznych (herbicydów) do zwalczania chwastów (45), dlatego należy poszukiwać metod niechemicznych pozwalających uzyskać podobną skuteczność jak w rolnictwie konwencjonalnym. Biomasa chwastów może powodować nawet 30% straty w plonach zbóż (37). Z drugiej strony w rolnictwie ekologicznym chwasty są postrzegane nie tylko jako konkurenci roślin uprawnych, ale także jako element zwiększający bioróżnorodność i pełniący szereg pozytywnych funkcji w agrocenozach (24, 25, 35, 50). Chwastów nie należy traktować wyłącznie jako czynnika ograniczającego plony roślin uprawnych, ale ich ekologiczne znaczenie w środowisku nie może usprawiedliwiać ich nadmiernego występowania (17, 19). W systemie ekologicznym naczelną zasadą ograniczania zachwaszczenia jest zwiększanie konkurencyjności ładu w stosunku do chwastów, które może być osiągnęte różnymi metodami.

Znaczenie chwastów w agroekosystemach i rolnictwie ekologicznym

Wiele gatunków pospolitych chwastów występujących na polach uprawnych ma duże znaczenie dla utrzymania pożytecznych bezkręgowców (np. drapieżników

*Opracowanie wykonano w ramach zadania 4.2. pt. „Ocena przydatności do uprawy w ekologicznym systemie produkcji odmian zbóż jarych i ozimych oraz roślin bobowatych” z dotacji budżetowej przeznaczonej na realizację zadań MRiRW w 2023 r.

i pasożytów szkodników) wspomagających naturalną walkę ze szkodnikami, a przy tym ich szkodliwość jako konkurentów w stosunku do roślin uprawnych czy żywicieli szkodników jest niewielka (9, 35). Chwasty polne, np. rumian polny (*Anthemis arvensis*), ostrożeń polny (*Cirsium arvense*), chaber bławatek (*Centaurea cyanus*), komosa biała (*Chenopodium album*), ostróżeczka polna (*Consolida regalis*), mniszek pospolity (*Taraxacum officinale*), mak polny (*Papaver rhoeas*), mleczyk polny (*Sonchus arvensis*), stanowią źródło pokarmu oraz miejsce bytowania i rozmnażania wielu gatunków zwierząt, w tym pożytecznych owadów zapylających (24, 48). Od obecności niektórych gatunków chwastów w agrocenozach i ich sąsiedztwie zależy byt organizmów chronionych, m.in. motyli z rodziny paziowatych czy rusałkowatych (24). Niektóre gatunki chwastów polnych odstraszały szkodniki upraw rolniczych i sadowniczych, m.in. ostróżeczka polna (*Consolida regalis*) – bielinka kapustnika, bielinka rzepnika, piętnówkę kapustnicę; rumianek pospolity (*Chamomila recutita*) – mszyce, przędziorki; mniszek pospolity (*Taraxacum officinale*) – mszyce, miodówkowate, roztocza lub są roślinami pułapkowymi dla szkodników, np. komosa biała (*Chenopodium album*) dla mszycy buraczanej (17, 24). Wiele gatunków chwastów, m.in. chrzan pospolity (*Armoracia rusticana*), skrzyp polny (*Equisetum arvense*), mięta polna (*Mentha arvensis*), gatunki z rodzaju pokrzywa (*Urtica*) mają znaczenie w ochronie upraw przed patogenami, co jest wykorzystywane w rolnictwie ekologicznym (22, 24). Biomasa chwastów może być źródłem substancji organicznej w glebie i zabezpieczać ją przed erozją (27). Potencjał allelopatyczny wielu gatunków chwastów ma działanie stymulujące lub hamujące rozwój roślin uprawnych i występowanie innych chwastów (28).

W rolnictwie ekologicznym, podobnie jak w rolnictwie integrowanym, celem nie jest całkowite zwalczanie chwastów, ale ich utrzymanie poniżej progu ekonomicznej szkodliwości, aby nie powodować istotnego zmniejszenia plonu roślin uprawnych. Faktyczna szkodliwość chwastów ujawnia się tylko w pewnych warunkach i zależy od: gatunku chwastu i jego biologii, liczebności populacji, rodzaju kultury uprawnej i jej zdolności konkurencyjnych oraz celu uprawy, a także od rodzaju gleby, przebiegu pogody i czynników agrotechnicznych (24). Rolnik ekologiczny powinien zaakceptować obecność chwastów w łanie poniżej progu szkodliwości, z drugiej strony zachwaszczenie pola nie może obniżać efektów pracy rolnika. Na podstawie różnych badań ustalono progi szkodliwości dla niektórych gatunków chwastów występujących w zbożach, a w przypadku trudności z określeniem gatunku dominującego w zbiorowisku chwastów określono przybliżony próg szkodliwości (tab. 1). Wysoki wskaźnik dominacji związany z małą różnorodnością zbiorowiska i przewagą liczebną jednego lub kilku gatunków chwastów może świadczyć o większej szkodliwości zachwaszczenia niż w przypadku zbiorowiska składającego się z dużej liczby niezbyt często występujących gatunków (47). Zboża, jako rośliny zwarte go łanu, na ogół cechują się dużą konkurencyjnością w stosunku do chwastów w porównaniu np. z warzywami,

pod warunkiem jednak, że łąn posiada odpowiednią obsadę roślin, na co ma wpływ właściwa agrotechnika od momentu przygotowania pola pod zasiew do zbioru.

Tabela 1

Progi ekonomicznej szkodliwości chwastów w zbożach

Gatunek chwastu	Liczebność (roślin·m ⁻²)	Określenie zmniejszenia plonu	Informacja
Gwiazdnica pospolita (<i>Stellaria media</i>)	26	5%	Polska
Przytulia czepna (<i>Galium aparine</i>)	0,1–5	próg szkodliwości	Polska
	0,1–1,8	jęczmień 5%	Polska
Chaber bławatek (<i>Centaurea cyanus</i>)	7–10	próg szkodliwości	Polska
	ok. 25	jęczmień, pszenica 5–15%	Polska
	ok. 50	20%	Polska
	ok. 80	25%	Polska
	>100	30%	Polska
Gorczyzna polna (<i>Sinapis arvensis</i>)	2	jęczmień 5%	Polska
Rdest powojowaty (<i>Fallopia convolvulus</i>)	1,6–5	próg szkodliwości	Polska
Mak polny (<i>Papaver rhoeas</i>)	10–25	próg szkodliwości	Polska
Maruna bezwonna (<i>Tripleurospermum maritimum</i> subsp. <i>inodorum</i>), rumian polny (<i>Anthemis arvensis</i>)	3–10	próg szkodliwości, 5% jęczmień	Polska, Niemcy
Przetaczniki (<i>Veronica</i> sp.)	10–15	jęczmień 5%	Polska
Ostrożeń polny (<i>Cirsium arvense</i>)	0,1–2	jęczmień 5%	Polska
Miotła zbożowa (<i>Apera spica-venti</i>)	10–15 roślin (20–40 wiech)	próg szkodliwości	Polska
	10 wiech	pszenica 10%	Niemcy
	30 wiech	pszenica 25%	Niemcy
Owies głuchy (<i>Avena fatua</i>)	5	jęczmień 5%	Polska
Dwuliścienne średniego wzrostu bez wyraźnej dominacji gatunku	30–50	próg szkodliwości	Polska

Źródło: opracowanie własne na podstawie, m.in. Metodyka integrowanej ochrony..., 2012 (36)

Przegląd niechemicznych metod regulacji zachwaszczenia

W ochronie upraw rolniczych przed chwastami wyróżnia się następujące niechemiczne metody: agrotechniczne (płodozmian, międzyplony, uprawa roli, dobór gatunków i odmian o większej konkurencyjności w stosunku do chwastów, termin siewu, ilość wysiewu, rozstawa rzędów, mulczowanie gleby), mechaniczne (bronowanie,

uprawy pielęgnacyjne), biologiczne (mikroorganizmy, oddziaływania allelopatyczne, mulczowanie gleby), termiczne/fizyczne (1, 2, 11, 19).

Płodozmian, czyli poprawne przyrodniczo następstwo roślin ogranicza występowanie różnych grup biologicznych chwastów towarzyszących poszczególnym roślinom uprawnym. Płodozmian konstruowany pod kątem ograniczenia zachwaszczenia powinien składać się przemiennie – z roślin jarych i ozimych, jednorocznych i wieloletnich, roślin uprawianych w zwartym łanie i szerokorzędowych, odznaczać się różnorodnością odmian, mieszaniną gatunków, wsiewkami i międzyplonami z uwzględnieniem właściwości allelopatycznych różnych gatunków roślin uprawnych i towarzyszących im chwastów. Kilkuletnia przerwa w uprawie tej samej rośliny na danym polu oraz zróżnicowanie zabiegów agrotechnicznych towarzyszących uprawianym roślinom skutecznie ogranicza zachwaszczenie (11, 17). Należy unikać dużego udziału zbóż w płodozmianie, ponieważ sprzyja to nasileniu występowania chwastów jednoliściennych. Dobrze zaplanowane zmianowanie zwiększa efektywność wszystkich zabiegów agrotechnicznych wpływających na stopień zachwaszczenia, a w końcowym efekcie zmniejsza koszty produkcji. Badania wykazały, że stosowanie wsiewki koniczyny z trawami skutecznie ograniczało zachwaszczenie łanu pszenicy jarej w systemie ekologicznym, gdyż sucha masa chwastów w fazie dojrzałości woskowej wynosiła średnio tylko $36 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ (32).

Uprawa roli stymuluje kiełkowanie nasion chwastów, a zatem prowadzi do zmniejszenia puli nasion w glebowym banku. Każdy rodzaj uprawy gleby ma stwarzać optymalne warunki dla wzrostu rośliny uprawnej, między innymi przez eliminowanie zachwaszczenia lub stwarzanie prowokujących warunków do kiełkowania nasion chwastów, aby przy okazji następnego zabiegu zniszczyć ich siewki. Staranne wykonanie uprawy roli decyduje o szybkości i równomierności wschodów rośliny uprawnej, warunkuje odpowiednie zwarcie i architekturę łanu, co zwiększa konkurencyjność rośliny uprawnej w stosunku do chwastów (11, 17, 19).

Na konkurencyjność roślin w stosunku do chwastów wpływa znacząco jakość materiału siewnego. Z dorodnych ziarniaków wyrastają zwykle siewki o dużym wigorze i większej powierzchni liści, dlatego kwalifikowany materiał siewny gwarantuje lepszą obsadę i zdrowotność roślin. Nie mniej ważnym czynnikiem jest dobór gatunków i odmian o cechach morfologicznych sprzyjających większej konkurencyjności w stosunku do chwastów. Odmiany zbóż o długiej słomie, większym rozkrzewieniu, dużych liściach, ustawionych planofilnie (poziomo) lepiej oceniają glebę i hamują rozwój chwastów (15, 16). Optymalny termin siewu w odpowiednio uwilgotnionej i dostatecznie ogrzanej glebie jest warunkiem szybkich i wyrównanych wschodów, dużej konkurencyjności rośliny uprawnej w stosunku do chwastów (11).

Mechaniczne zwalczanie chwastów w zbożach przeprowadza się przy użyciu bron, z których najbardziej efektywna w niszczeniu siewek chwastów jest brona chwastownik. Poszczególne gatunki chwastów różnią się wrażliwością na działanie tej brony, a skuteczność jej działania zależy od fazy rozwojowej chwastów. Skuteczność brony w regulacji zachwaszczenia jest tym większa, im: młodsze są chwasty, drobniejsze są

ich nasiona, na mniejszej głębokości znajdują się kielkujące nasiona, bardziej pulchna jest wierzchnia warstwa gleby. Największy procent zniszczonych chwastów uzyskano, stosując bronę chwastownik w fazie siewek – ponad 80%, natomiast w przypadku chwastów osiagających fazę dużej rozety skuteczność spadła do 40% (11, 19).

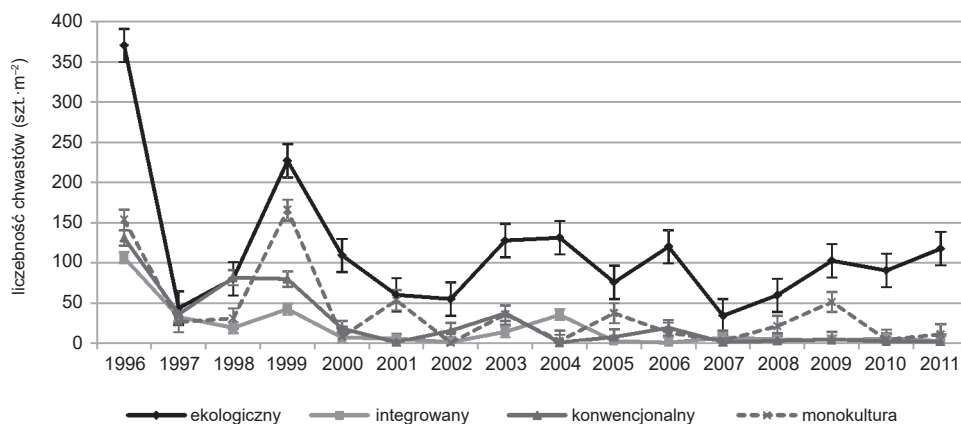
W zbożach, zwłaszcza jarych, efektywnym sposobem niszczenia chwastów jest 2–3-krotne zastosowanie brony chwastownika, co pozwala ograniczyć występowanie chwastów nawet o 70%. W zbożach ozimych działanie tej brony jest zwykle mniej skuteczne, gdyż chwasty są silniej ukorzenione, a gleba zagęszczona po zimie. Wadą bronowania jest uzależnienie możliwości jego wykonania od wilgotności gleby, niebezpieczeństwo uszkodzenia roślin i zwiększenie ich wrażliwości na przymrozki. Efektywność zabiegów pielęgnacyjnych jest z reguły większa w lata suche niż wilgotne (33). Zaniechanie zabiegów bronowania lub ich opóźnienie nie jest właściwe, ponieważ sprzyja wzrostowi i lepszemu ukorzenieniu chwastów. W przypadku zbóż ozimych ciepła jesień również stwarza dogodne warunki do wzrostu chwastów, np. rumianowatych, ostrożeńca polnego (*Cirsium arvense*) czy maku polnego (*Papaver rhoeas*), których rozety są trudne do zniszczenia wiosną, dlatego wskazane jest przeprowadzenie pierwszego bronowania jesienią. W przypadku zbóż jarych problemem mogą być wiosenne susze, które utrudniają wschody i uzyskanie wyrównanego ładu, co w takich warunkach sprzyja większej liczebności chwastów.

W roślinach uprawianych w szerokie rzędy najbardziej efektywne niszczenie chwastów osiąga się przez płytką uprawę międzyrzędzi do czasu zwarcia ładu roślin. Do uprawy takiej używa się różnego rodzaju opielaczy o zróżnicowanych elementach roboczych: narzędzia zaopatrzone w elementy pielące, jak noże kątowe, gęsiostópki i redliczki, narzędzia rotacyjne typu glebogryzarki i pielniki szczotkowe (1, 2, 11, 33). Szerokość robocza narzędzi do odchwaszczania międzyrzędzi musi być dopasowana do rozstawy rzędów, a elementy robocze do typu gleby. Pielęgnację międzyrzędzi rozpoczyna się wówczas, gdy chwasty mają wysokość 3 cm, a roślina uprawna jest na tyle duża, że nie grozi jej zasypanie glebą. Zwykle konieczne jest wykonanie więcej niż jednego zabiegu pielęgnacyjnego. Wszystkie przejścia pielęgnacyjne należy wykonać przed zwarciem ładu. Zwalczanie chwastów w rzędach roślin uprawnych jest trudniejsze, a rodzaj zastosowanego elementu roboczego ma wpływ na skuteczność i terminowość odchwaszczania (1, 2). Dominujące obecnie proste narzędzia (brony, pielniki, kultywatory) nie do końca spełniają oczekiwania nowoczesnej produkcji rolnej ze względu na niską precyzję pracy. Obecnie, w ramach rozwoju rolnictwa precyzyjnego, dynamicznie kształtuje się rynek zautomatyzowanych „inteligentnych” maszyn i narzędzi (agroroboty) wykorzystujących metody detekcji i pozwalających na precyzyjne usuwanie chwastów w rzędach wokół pojedynczej rośliny uprawnej bez jej uszkodzenia. Nowoczesne pielniki wyposażone w systemy elektronicznego sterowania dokonującego analizy obrazu, rozróżniające rośliny uprawne i chwasty, umożliwiają dokładne prowadzenie elementów roboczych narzędzi w odległości bezpiecznej od rzędów i roślin uprawnych (51, 52, 53).

Metody biologiczne wykorzystywane do regulacji zachwaszczenia budzą spore zainteresowanie, ale są wciąż na etapie badań, a ich stosowanie jest mało rozpowszechnione w praktyce rolniczej. Polegają one na wykorzystaniu naturalnych wrogów chwastów, tj. owadów lub mikroorganizmów, do zwalczania określonych gatunków. Obiecujące wydaje się zastosowanie mykoherbicydów, ponieważ grzyby wykazują duży potencjał działania na wybrane gatunki chwastów (19, 21). Jako narzędzie regulacji zachwaszczenia mogą być wykorzystywane substancje biologicznie czynne o charakterze allelopatycznym, bezpośrednio wydzielane przez rośliny lub powstające w procesie rozkładu resztek roślinnych. Pozostawione na powierzchni gleby resztki poźniwne roślin zbożowych (żyto, jęczmień, owies) hamują kiełkowanie niektórych gatunków chwastów, zwłaszcza jednorocznych chwastów dwuliściennych, w mniejszym stopniu jednoliściennych (12). Znaczne ilości związków allelopatycznych występują także w roślinach z rodziny krzyżowych (gorczyca, rzepak), które traktowane jako rośliny okrywowe i pozostawiane w formie mulczu ograniczały wschody chwastów jarych o około 20% (zwłaszcza komosy, szarłatu, owsa głuchego) (11). Rośliny z wymienionych grup uprawiane w międzyplonach ścierniskowych (gorczyca, strączkowe, zboża jare) czy ozimych (żyto) wykazują efekt chwastobójczy (11, 19, 21). W praktyce ściółkowanie wykonuje się w roślinach uprawianych w szerokich rzędach, w celu ograniczenia dostępu światła do powierzchni gleby, co zapobiega kiełkowaniu nasion chwastów jednorocznych. Jednym z niechemicznych sposobów zwalczania chwastów są metody termiczne (pielniki termiczno-płomieniowe) stosowane głównie w rolnictwie ekologicznym i w uprawach roślin o wydłużonym okresie kiełkowania i wschodów, np. niektóre gatunki warzyw uprawiane w szerokich rzędach (1, 2, 21). Przykładem metod fizyczno-termicznych są także autonomiczne roboty do laserowego (54) lub mikrofalowego niszczenia chwastów (55).

Wieloletnie badania prowadzone na modelowym doświadczeniu IUNG-PIB w Osinach (1996–2011) wykazały, że 2–3-krotne bronowanie może być skutecznym narzędziem ograniczania zachwaszczenia pszenicy ozimej uprawianej systemem ekologicznym (14, 17). W ciągu pięciu lat badań liczebność chwastów na tym obiekcie nie przekraczała 50 szt. \cdot m⁻², w ośmiu – 100 szt. \cdot m⁻², a tylko w dwóch latach kształtowała się powyżej 150 szt. \cdot m⁻², co oznacza, że możliwe jest utrzymanie zachwaszczenia w ekologicznej uprawie pszenicy na stosunkowo niskim poziomie, przy powietrznie suchej masie do 70 g \cdot m⁻² (17). Obserwacje innych autorów potwierdzają, że taki poziom zachwaszczenia nie musi być czynnikiem ograniczającym plonowanie zbóż (29). Średnie plony ziarna pszenicy ozimej w systemie ekologicznym wynosiły 3,9 t \cdot ha⁻¹ i były niewiele mniejsze od plonów w monokulturze – 4,5 t \cdot ha⁻¹, uzyskiwanych w warunkach dużego zużycia przemysłowych środków produkcji. Najwyższe plony ziarna uzyskiwano w systemie integrowanym – około 6 t \cdot ha⁻¹, nieco mniejsze w systemie konwencjonalnym – 5,6 t \cdot ha⁻¹ (17). W badaniach Tyburskiego i Rychcika (49) plony pszenicy w gospodarstwach ekologicznych wynosiły 4,27 t \cdot ha⁻¹, a w gospodarstwach konwencjonalnych – 5,63 t \cdot ha⁻¹. Autorzy wskazują na możliwość

utrzymania zachwaszczenia zbóż w gospodarstwach ekologicznych na poziomie niepowodującym istotnego spadku plonu, dzięki stosowaniu regularnego, przyrodniczo poprawnego płodozmianu, opóźnieniu terminu siewu, zwiększeniu ilości wysiewu, utrzymaniu dobrej struktury gleby, o dużej zawartości substancji organicznej. Spośród systemów, w których stosowano herbicydy, największe wahania liczby chwastów obserwowano w monokulturze pszenicy ozimej (rys. 1).



*przedziały na rysunku oznaczają błąd standardowy średniej

Rys. 1. Liczebność chwastów w łanach pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania w latach 1996–2011

Źródło: Feledyn-Szewczyk, 2013a (17), zmodyfikowane

W pszenicy uprawianej w systemie ekologicznym zaobserwowano różnice w składzie gatunkowym zachwaszczenia w latach badań. Szczególnie dużą masę chwastów stwierdzono w 2005 r., co było spowodowane licznym występowaniem maku polnego (*Papaver rhoeas*), podczas gdy w 2006 r. występowały głównie drobne siewki komosy białej (*Chenopodium album*). W latach 2002, 2007–2008, 2010–2011 stwierdzono też dość liczne występowanie uciążliwego wieloletniego gatunku – ostrożeńca polnego (*Cirsium arvense*), o dużej konkurencyjności w stosunku do zbóż (0,5–0,8 szt. · m⁻²) (13).

Badania własne i innych autorów wykazały, że problemem w rolnictwie ekologicznym mogą być uciążliwe chwasty wieloletnie o dużej konkurencyjności, jak ostrożeńca polny (*Cirsium arvense*). Ograniczaniu zachwaszczenia tym gatunkiem sprzyja uprawa międzyplonów, np. rzepy ścierniskowej (*Brassica rapa* subsp. *rapa*) (12). Innym uciążliwym gatunkiem jest perz zwyczajny (*Elymus repens*). Metody walki z perzem to zwiększenie normy wysiewu, „zmęczenie” polegające na kilkakrotnym cięciu rozłogów w celu wyczerpania składników pokarmowych (przez okres 4–6 tygodni) lub wyciągnięciu rozłogów na powierzchnię i wysuszeniu (12).

Wpływ odmiany na konkurencyjność zbóż w stosunku do chwastów

Jedną z pośrednich metod regulacji zachwaszczenia w systemie ekologicznym jest dobór gatunków i odmian roślin o cechach morfologicznych sprzyjających większej konkurencyjności w stosunku do chwastów (15, 16, 18). Badania nad supresyjnym oddziaływaniem odmiany na zachwaszczenie były prowadzone w Europie, Kanadzie i Australii (7, 23, 26, 34, 38, 40), w wąskim zakresie w Polsce (15, 16, 18, 31, 30, 42). Z badań tych wynika, że na konkurencyjność roślin uprawianych w zwartym łanie wpływa: jakość materiału siewnego, co rzutuje na równomierność wschodów, liczba roślin na jednostce powierzchni (rozstawa rzędów i roślin w rzędzie), kierunek rzędów oraz cechy odmian. Odmiany roślin zbożowych ze względu na różnice w cechach morfologicznych wykazują odmienny potencjał w konkurowaniu z chwastami występującymi w łanie (7, 8, 34, 46). O zdolności konkurencyjnej roślin zbożowych w stosunku do chwastów w największym stopniu decydują: tempo wzrostu początkowego, wysokość, powierzchnia liści, kąt ustawienia liści (5, 13, 34). Największy potencjał konkurencyjny wykazują odmiany charakteryzujące się dużą dynamiką wzrostu początkowego, dużą powierzchnią liściową, dobrym rozkrzewieniem, wysokością oraz szerokim kątem ustawienia liści względem pędu czy właściwościami allelopatycznymi, w połączeniu z małą wrażliwością na choroby (43). Odmiany pszenicy przydatne do uprawy w rolnictwie ekologicznym oprócz długiego źdźbła powinny cechować się dużą powierzchnią liści, poziomym ich ustawieniem oraz długim okresem utrzymywania się ulistnienia (13, 46). Cechy te rzutują na zdolność ocieniania powierzchni gleby, a tym samym na ilość promieniowania aktywnego fotosyntetycznie przenikającego w głąb łanu, które wpływa bezpośrednio na rozwój chwastów. Wyniki Eisele i Köpke (13) wykazały, że zdolności zacieniania gleby zależą od cech morfologicznych odmiany, szczególnie przy małym indeksie powierzchni liści (Leaf Area Index – LAI), szerokich rzędach i kierunku siewu z północy na południe. Zwiększone zacienianie przez odmiany wyższe ujawniało się tylko w warunkach siewu w kierunku wschód–zachód.

W badaniach Kraski (30) pszenica ozima odmiany Tonacja była o 50% bardziej zachwaszczona niż wyższa o 8–10 cm odmiana Turnia. W odmianach pszenicy o długiej słomie miotła zbożowa wytwarzała 4-krotnie mniej nasion niż w zasiewach odmian o krótkiej słomie (44). Badania nad konkurencyjnością odmian jęczmienia jarego w stosunku do owsa głuchego (*Avena fatua*) prowadzone w Kanadzie dowiodły, że produkcja nasion chwastów była większa w łanach odmian półkarłowych i nagoziarnistych (nieoplewionych), wskazując, że te odmiany były mniej konkurencyjne w stosunku do chwastów niż odmiany wyższe oplewione (5). Odmiany wyższe dawały też wyższy plon, co czyni je bardziej przydatnymi do integrowanych systemów produkcji rolnej i innych niskonakładowych, takich jak rolnictwo ekologiczne. Również w badaniach Hucla (26) odmiany pszenicy jarej o dużej konkurencyjności w stosunku do chwastów plonowały o 7–9% wyżej niż odmiany o mniejszej sile konkurencyjnej.

Stwierdzono również, że genotypy pszenicy twardej mają mniejsze zdolności konkurencyjne niż pszenicy zwyczajnej. Wstępne wyniki badań Owczarczuk i in. (42) nad zachwaszczeniem różnych populacyjnych i mieszańcowych (F1) odmian żyta wykazały większe zdolności ograniczania chwastów przez odmiany populacyjne.

Badania nad odmianami pszenicy i jęczmienia wykazały, że różnice w obsadzie roślin między odmianami wpływają bardziej na zdolności konkurencyjne odmiany niż wysokość roślin czy inne cechy wpływające na przenikanie światła w łanie (20, 39). Zwiększenie ilości wysiewu jęczmienia (41) i pszenicy (3, 31) poprawiało ich konkurencyjność w stosunku do chwastów. W badaniach Hucla (26) podwojenie normy wysiewu spowodowało wzrost plonu o 10% oraz zmniejszenie biomasy chwastów o 28%. Wskazuje to, że zwiększenie ilości wysiewu może być skutecznym narzędziem regulacji zachwaszczenia w rolnictwie ekologicznym. Ponadto stosowanie wsiewek roślin bobowatych drobnonasiennych i ich mieszanek z trawami w zbożach może zwiększać konkurencyjność łanu w stosunku do chwastów i ograniczać biomasę chwastów (43). Do innych metod zwiększania konkurencyjności zbóż, a tym samym maksymalizacji plonu i ograniczenia strat finansowych, należy zapewnienie zwartej łanu poprzez siew materiału wysokiej jakości oraz sterowanie terminem siewu (2, 4, 6).

Istnieje pogląd, że odmiany dawne roślin zbożowych były bardziej konkurencyjne w stosunku do chwastów, ponieważ charakteryzowały się większą długością źdźbła, rozkrzewieniem, powierzchnią liści, które to cechy wpływały na zagęszczenie łanu i zacienienie powierzchni gleby, ograniczając wschody chwastów. Natomiast odmiany współczesne, ze względu na skrócenie źdźbła w procesie hodowli i promowanie cech sprzyjających większemu plonowi przy założeniu stosowania chemicznej ochrony, mają na ogół mniejsze zdolności konkurencyjne w stosunku do chwastów (10). Wyniki badań własnych prowadzonych na odmianach pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym wykazały, że spośród odmian współczesnych największą konkurencyjnością w stosunku do chwastów charakteryzowały się Sukces, Zyta i Mewa (odmiana oścista o szerokich liściach ustawionych planofilnie), a wśród odmian dawnych – pszenica orkisz (odmiana Schwabenkorn o dużej wysokości i rozkrzewieniu) oraz Ostka Kazimierska (odmiana wysoka, oścista). Mimo korzystnych parametrów wzrostu i rozwoju, świadczących o konkurencyjności odmian dawnych, niski potencjał plonotwórczy ogranicza ich przydatność do uprawy (15). Trudności z pozyskaniem nasion starych, lokalnych odmian pszenic do uprawy w gospodarstwach ekologicznych skłaniają do poszukiwania genotypów przydatnych dla tego systemu gospodarowania wśród odmian aktualnie zarejestrowanych (20).

Trzyletnie badania (2008–2010) nad konkurencyjnością odmian pszenicy jarej w warunkach systemu ekologicznego również potwierdziły różną konkurencyjność odmian w stosunku do chwastów. Najmniejszą liczebność i masę chwastów stwierdzono w łanach odmian Bombona i Raweta, natomiast najbardziej zachwaszczonymi były Bryza i Tybalt. W zbiorowiskach chwastów dominowały *Chenopodium album* i *Stellaria media*. Tylko w 2009 r. poziom zachwaszczenia niektórych odmian: Bryza,

Tybałt i Parabola był na tyle duży (ok. $80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$), że mógł spowodować istotne zmniejszenie plonu. Wyniki badań wykazały dobrą skuteczność regulacji zachwaszczenia pszenicy jarej poprzez oddziaływanie bogatego (5-letniego) płodozmianu, wsiewki koniczyny z trawami i zwarte go ładu pszenicy o dużych zdolnościach konkurencji z chwastami (16).

Podsumowanie

Przedstawione wyniki badań własnych i innych autorów wykazały, że możliwe jest utrzymanie zachwaszczenia zbóż w rolnictwie ekologicznym poniżej progów ekonomicznej szkodliwości dla plonu, przy uwzględnieniu poprawnego zmianowania, najlepiej z udziałem międzyplonów, uprawy roli, odpowiedniego doboru odmiany i materiału siewnego umożliwiającego uzyskanie zwarte go ładu oraz stosowaniu metod mechanicznych (m.in. bronowania). Wybór odmian o większej konkurencyjności w stosunku do chwastów, odporności na patogeny grzybowe i potencjale plonowania pozwala uzyskać wyższe plony zbóż. Konsekwentnie realizowane w dłuższym okresie czasu działania profilaktyczne pozwalają na zmniejszenie strat plonów i kosztów gospodarowania w systemie ekologicznym.

Literatura

1. A d a m c z e w s k i K., Dobrzański A.: Regulowanie zachwaszczenia w integrowanych programach uprawy roślin. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 1997, **37(1)**: 58-65.
2. A d a m c z e w s k i K., Dobrzański A.: Znaczenie i możliwości wykorzystania metod agrotechnicznych i nie mechanicznych do regulowania zachwaszczenia w ekologicznej uprawie roślin. W: *Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych*, E. Matyjaszczyk (red.) IOR, Poznań, 2008, ss. 221-241.
3. B l a c k s h a w R.E., Semach G.P., O' Donovan J.T.: Utilization of wheat seed rate to manage redstem filaree (*Erodium cicutarium*) in a zero-till cropping system. *Weed Technology*, 2000, **14**: 389-396.
4. B o n d W., Grundy A.C.: Non-chemical weed management in organic farming system. *Weed Research*, 2001, **41**: 383-405.
5. C a r l s o n H.L., Hill J.E.: Wild oat (*Avena fatua*) competition in spring wheat: plant density effects. *Weed Science*, 1985, **33**: 176-181.
6. C a u s e n s R., Brain P., O' Donovan J.T., O' Sullivan P.A.: The use of biologically realistic equations to describe the effects of weed density and relative time of emergence on crop yield. *Weed Science*, 1987, **35**: 720-725.
7. C h r i s t e n s e n S.: Weed suppression ability of spring barley varieties. *Weed Research*, 1995, **35**: 241-247.
8. D a v i e s D.H.K., Welsh J.P.: Weed control in organic cereals and pulses. In: *Organic cereals and pulses*, D. Younie, B.R. Taylor, J.P. Welsh, J.M. Wilkinson (eds). Chalcombe Publications, Lincoln, 2001, pp. 77-114.
9. D ą b r o w s k i Z.T.: Infrastruktura ekologiczna w IP, *Ochrona Roślin*, 2006, **1**: 28-30.

10. D i d o n U.M.E.: Variation between barley cultivars in early response to weed competition. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2002, **188**: 176-184.
11. D u e r I.: Zachwaszczenie i sposoby jego ograniczania w rolnictwie integrowanym. Wyd. IUNG-PIB, Materiały szkoleniowe, Puławy 1996, **46/96**: 1-36.
12. D u e r I., F e l e d y n - S z e w c z y k B.: Przewodnik ograniczania zachwaszczenia w gospodarstwie ekologicznym. Wyd. IUNG-PIB, Puławy, 2008, ss. 63.
13. E i s e l e J.A., K ö p k e U.: Choice of cultivars in organic farming: New criteria for winter wheat ideotypes. *Planzenbauwissenschaften*, 1997, **1**: 19-24.
14. F e l e d y n - S z e w c z y k B., D u e r I.: Oddziaływanie systemu produkcji na zachwaszczenie ładu pszenicy ozimej. *Pamiętnik Puławski*, 2004, **138**: 35-49.
15. F e l e d y n - S z e w c z y k B.: Porównanie konkurencyjności współczesnych i dawnych odmian pszenicy ozimej w stosunku do chwastów. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2009, **54(3)**: 60-67.
16. F e l e d y n - S z e w c z y k B.: Zachwaszczenie odmian pszenicy jarej uprawianej w ekologicznym systemie produkcji. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2011, **56(3)**: 71-76.
17. F e l e d y n - S z e w c z y k B.: Wpływ sposobu użytkowania gruntów na różnorodność gatunkową flory segetalnej. Monografie i Rozprawy Naukowe, IUNG-PIB, Puławy 2013a, ss. 184. (monografia habilitacyjna) <https://iung.pl/images/pdf/habilitacje/Feledyn-Szewczyk-hab.pdf>
18. F e l e d y n - S z e w c z y k B.: The influence of morphological features of spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) and common wheat (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*) varieties on the competitiveness against weeds in organic farming system. *IFAE*, 2013b, **11(1)**: 416-421.
19. F e l e d y n - S z e w c z y k B.: Regulacja zachwaszczenia w integrowanej ochronie roślin. W: *Integrowana Ochrona Roślin*, Wyd. IUNG-PIB Puławy, 2020, ss. 13-19.
20. F e l e d y n - S z e w c z y k B., C a c a k - P i e t r z a k G., L e n c L., S t a l e n g a J.: Rating of Spring Wheat Varieties (*Triticum aestivum* L.) According to Their Suitability for Organic Agriculture. *Agronomy* 2020, **10**: 1900. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121900>
21. H a r a s i m E., S t a n i a k M., F e l e d y n - S z e w c z y k B., B e r b e ć A., S t a l e n g a J.: Wpływ różnych praktyk rolniczych na różnorodność flory na gruntach ornych. Monografia, Wyd. IUNG-PIB Puławy, 2016, **52**: 1-105.
22. H e y n i t z K., M e r c k e n s G.: Ogród biodynamiczny. Naturalne metody uprawy w ogrodzie. PWRiL, Warszawa 1992, ss. 280.
23. H o a d S., T o p p C., D a v i e s K.: Selection of cereals for weed suppression in organic agriculture: a method based on cultivar sensitivity to weed growth. *Euphytica*, 2008, **163**: 355-366.
24. H o c h ó ł T.: Chwasty czy rośliny towarzyszące uprawom. *Pamiętnik Puławski*, 2003, **134**: 90-96.
25. H o l e D.G., P e r k i n s A.J., W i l s o n J.D., A l e x a n d e r I.H., G r i c e P.V., E v a n s A.D.: Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*, 2005, **122**: 113-130.
26. H u c l P.: Response to weed control by four spring genotypes differing in competitive ability. *Canadian Journal of Plant Science*, 1998, **78**: 171-173.
27. J ę d r u s z c z a k M., B o j a r c z y k M., S m o l a r z H., A n t o s z e k R.: Biomasa gatunków chwastów w pierwszym roku wyłączenia pola uprawnego z produkcji jako źródło substancji organicznej w glebie. *Pamiętnik Puławski*, 2003, **134**: 105-112.
28. K a c z m a r e k S.: Wykorzystanie potencjału allelopatycznego roślin w wybranych uprawach rolniczych. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2009, **49(3)**: 1504-1511.
29. K a p e l u s z n y J.: Kształtowanie się struktury plonu i ładu jęczmienia jarego i jarej pszenicy w zależności od stopnia zachwaszczenia. XVII Krajowa Konferencja „Przyczyny i źródła zachwaszczenia pól uprawnych”, Olsztyn-Bęsia, Wyd. ART, 1994, s. 95-100.
30. K r a s k a P.: Wpływ zróżnicowanych dawek herbicydów na zachwaszczenie pszenicy ozimej, *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2006, **46(2)**: 256-260.

31. Krawczyk R., Kaczmarek S., Kaniuczak Z.: Wybrane metody agrotechniczne regulacji zachwaszczenia pszenicy ozimej uprawianej w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji. W: Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych, Matyjaszcyk E. (red.), Wyd. IOR, Poznań, 2008, ss. 242-249.
32. Kuś J., Jończyk K., Stalenga J., Feledyn-Szewczyk B., Mróz A.: Plonowanie wybranych odmian pszenicy jarej w uprawie ekologicznej i integrowanej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2011, **56(4)**: 18-23.
33. Kuś J., Jończyk K., Feledyn-Szewczyk B.: Zboża w uprawie ekologicznej. Pszenica jara. Instrukcja upowszechnieniowa 221, Wyd. IUNG-PIB, Puławy, 2016.
34. Lemel D., Verbeek B., Cousens R.D., Coombes N.E.: The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. *Weed Research*, 1996, **36**: 505-513.
35. Marshall E.J.P., Brown V.K., Boatman N.D., Lutman P.J.W., Squire G.R., Ward L.K.: The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research*, 2003, **43(2)**: 77-89.
36. Metodyka integrowanej ochrony jęczmienia ozimego i jarego dla producentów. Wyd. IOR-PIB, Poznań 2012, ss. 70.
37. Milberg P., Hallgren E.: Yield loss due to weeds in cereals and its large-scale variability in Sweden. *Field Crops Research*, 2004, **86**: 199-209.
38. O'Donovan J.T., Harker K.N., Clayton G.W., Hall L.M.: Wild oat (*Avena fatua*) interference in barley (*Hordeum vulgare*) is influenced by barley variety and seeding rate. *Weed Technology*, 2000, **14**: 624-629.
39. O'Donovan J.T., Blackshaw R.E., Harker K.N., Clayton G.W., McKenzie R.: Variable plant establishment contributes to differences in competitiveness with wild oat among wheat and barley varieties. *Canadian Journal of Plant Science*, 2005, **85**: 771-776.
40. O'Donovan J.T., Blackshaw R.E., Harker K.N., Clayton G.W., Moyer J.R., Dosdall L.M., Maurice D.C., Turkington T.K.: Integrated approaches to managing weeds in spring-sown crops in western Canada. *Crop Protection*, 2007, **26**: 390-398.
41. O'Donovan J.T., Newman J.C., Harker K.N., Blackshaw R.E., McAndrew D.W.: Effect of barley plant density on wild oat interference, shoot biomass and seed yield under zero tillage. *Canadian Journal of Plant Science*, 1999, **79**: 655-662.
42. Owczarczuk A., Snarska K., Jędruszczak M.: Odmiana a zachwaszczenie łąki żyta ozimego. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2005, **45**: 970-973.
43. Parylak D., Zawieja J., Jędruszczak M., Stupnica-Rodzinkiewicz E., Dąbkowska T., Snarska K.: Wykorzystanie zasiewów mieszanych, własności odmian lub zjawiska allelopatii w ograniczaniu zachwaszczenia. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2006, **46(1)**: 33-44.
44. Praczyk T., Adamczewski K.: Integrowany system zwalczania chwastów w uprawach rolniczych. *Mat. XXXIV Sesji Naukowej IOR*, 1994, **1**: 82-89.
45. Regulation (EU) 2018/848 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on organic production and labelling of organic products and repealing Council Regulation (EC) No 834/2007; (OJ L 150 14.6.2018, p. 1); <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02018R0848-20220101>
46. Seavers G.P., Wright K.J.: Crop canopy development and structure influence weed suppression. *Weed Research*, 1999, **39**: 319-328.
47. Stupnicka-Rodzinkiewicz E., Stępnik K., Lepiarczyk A.: Wpływ zmianowania, sposobu uprawy roli i herbicydów na bioróżnorodność zbiorowisk chwastów. *Acta Scientiarum Polonorum Scientific*, 2004, **3(2)**: 235-245.
48. Trąba C., Wolański P.: Łąki naturalne jako pożytki dla pszczół. *Zesz. Nauk AR Wrocław*, 1999, **361**: 251-256.

49. Tyburski J., Rychcik B.: Zachwaszczenie pszenicy ozimej w gospodarstwie ekologicznym i konwencjonalnym na Pojezierzu Elckim. Pamiętnik Puławski, 2007, **145**: 233-241.
50. van Elsen T.: Species diversity as a task for organic agriculture in Europe. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2000, **77**: 101-109.

Strony internetowe:

51. <http://ogrodnictwo.expert/warzywnictwo/roboty-kontra-chwasty/>
 52. <https://www.farmer.pl/technika-rolnicza/maszyny-rolnicze/k-u-l-t-ostro-gra-z-chwastami,131436.html>
 53. <https://cordis.europa.eu/article/id/441912-robots-help-farmers-say-goodbye-to-repetitive-tasks/pl>
 54. <https://www.youtube.com/watch?v=q4zU9YX02E4>
 55. <https://www.warzywapolowe.pl/robot-do-niszczenia-chwastow-z-wykorzystaniem-promieniowania-mikrofalowego/>
-

Adres do korespondencji:

dr hab. Beata Feledyn-Szewczyk, prof. IUNG-PIB
Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. 81 47 86 803
e-mail: bszewczyk@iung.pulawy.pl

AUTOR

Beata Feledyn-Szewczyk

ORCID

0000-0003-2912-1909