

## NASTĘPSTWO ROŚLIN I PROEKOLOGICZNE SPOSOBY REGULACJI ZACHWASZCZENIA A BIORÓŻNORODNOŚĆ CHWASTÓW W BOBIKU

*Magdalena Jastrzębska<sup>1</sup>, Bożena Bogucka<sup>2</sup>, Maria Hruszka<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Katedra Systemów Rolniczych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski  
pl. Łódzki 3, 10-718 Olsztyn  
e-mail: jama@uwm.edu.pl

<sup>2</sup>Katedra Agrotechnologii i Zarządzania Produkcją Roślinną, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski  
ul. Oczapowskiego 8/103, 10-719 Olsztyn

**Streszczenie.** Badano zachwaszczenie bobiku uprawianego w czterech 4-półowych płodozmianach z różnym jego udziałem i umiejscowieniem w płodozmianie oraz mechaniczną i integrowaną (zabiegi mechaniczne + wsiewka gorczycy sarepskiej) pielęgnacją zasiewów. Na podstawie liczby osobników poszczególnych gatunków chwastów i wytworzonej przez nie biomasy obliczono wskaźniki różnorodności, równomierności i dominacji gatunkowej. Ustalono zależności między cechami zbiorowisk. Zbiorowiska porównano też za pomocą współczynników podobieństwa. Pielęgnacja integrowana okazała się tak samo skuteczna w regulacji zachwaszczenia bobiku, jak pielęgnacja mechaniczna. Rodzaj pielęgnacji nie wpływał na badane cechy zbiorowisk chwastów, zaś sposób umiejscowienia bobiku w płodozmianie różnicował liczbę chwastów i ich biomasę, a także zmieniał wartości niektórych wskaźników biologicznych. Wykazano silny dodatni związek między wskaźnikami liczonymi na bazie liczby osobników i biomasy chwastów. Z rolniczego punktu widzenia bardziej miarodajne wydaje się oparcie na biomacie. Postuluje się zatem wykonanie większej liczby porównań i opracowań w tym względzie.

**Słowa kluczowe:** bobik, płodozmian, proekologiczne sposoby regulacji zachwaszczenia, zbiorowiska chwastów, wskaźniki biologiczne

### WSTĘP

Coraz częściej w literaturze rolniczej podejmuje się problematykę bioróżnorodności agroekosystemów (Bullock i in. 2001, Jastrzębska i in. 2006, Jędruszczak, Antoszek 2004, Marshall i in. 2003, Stupnicka i in. 2004, Wanic i in. 2005 a, b, Wesołowska-Janczarek i in. 2000). W szerokim ujęciu rozpatruje się ją w kontekście rozmaitości pól i roślin uprawnych w przestrzeni oraz w czasie, przeciwstawiając monotonię monokultur, ale też jako zróżnicowanie gatunków i zespołów organizmów w o-

kreślonej przestrzeni; wreszcie jako odmienność genetyczną (Hooper i in. 2005). Bioróżnorodność na poziomie gatunków i zespołów ma swoje szczególne funkcjonalne znaczenie w danej cenozie (Schlapfer, Schmid 1999). Najważniejszą część agrobiocenozy stanowi fitocenoza łąnu, której komponentami są roślina uprawna i towarzyszące jej chwasty. O liczebności zbiorowiska, składzie i proporcjach ilościowych gatunków w zbiorowisku chwastów decyduje obecność i biologia dominanta, z którym chwasty konkurują, agrotechnika pozwalająca utrzymać tę przewagę oraz oddziaływania międzygatunkowe w zgrupowaniu. Wśród czynników agrotechnicznych regulujących poziom i stan zachwaszczenia na czołowym miejscu wymienia się właściwe następstwo roślin na polu (Kuś 1995) oraz zabiegi odchwaszczające. Ostatnio zwraca się uwagę na stosowanie bezpiecznych dla ekosystemów sposobów pielęgnacji. Postulowane jest przywrócenie rangi tradycyjnym zabiegom mechanicznym oraz wykorzystanie w większym zakresie metod biologicznych (Hruszka 2005). Liczne gatunki z rodziny *Brassicaceae* są w stanie za pomocą wydzielin regulować zagęszczenie chwastów w łąkach (Hruszka 1996, Oleszek 1994). W kontekście powyższych rozważań pojawia się pytanie o znaczenie następstwa roślin oraz metod regulacji liczby i biomasy chwastów dla kształtowania się ich bioróżnorodności.

W niniejszym opracowaniu podjęto tę problematykę w odniesieniu do chwastów w bobiku. Celem pracy było określenie wpływu następstwa roślin i niechemicznych sposobów regulacji zachwaszczenia na różnorodność gatunkową zbiorowisk chwastów. Praca nawiązuje do wcześniejszego artykułu (Hruszka, Bogucka 2004), w którym dokonano szczegółowej analizy składu gatunkowego zbiorowisk, ich liczebności i wytworzonej przez chwasty biomasy. Przedłożona praca stanowi jego dopełnienie.

#### MATERIAŁ I METODY

Prezentowane wyniki pochodzą ze ścisłego, statycznego, doświadczenia polowego, założonego w 1988 roku w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym ART w Olsztynie, w Łężanach. Badania przeprowadzono w latach 1996-1998. Ich przedmiotem były zbiorowiska chwastów w bobiku odmiany Nadwiślański. Doświadczenie zlokalizowano na glebie deluwialnej, brunatnej wytworzonej z gliny lekkiej położonej na piasku gliniastym mocnym; zakwalifikowano ją do klasy bonitacyjnej IIIb, kompleksu żynnego bardzo dobrego, kategorii agronomicznej gleb średnich. Eksperyment założony był jako 2-czynnikowy według schematu losowanych podbloków i prowadzony w 4. powtórzeniach. Bobik uprawiano w czterech czteropolowych płodozmianach, o następującym doborze i następstwie roślin:

A: pszenica ozima – burak cukrowy – pszenica jara – bobik;

B: pszenica ozima – pszenica ozima – pszenica ozima – bobik;

C: pszenica ozima – pszenica ozima – bobik – bobik;

D: pszenica ozima – bobik – bobik – bobik.

Pszenicę ozimą rozpoczynającą zmianowanie traktowano jako roślinę wyrównującą warunki badań. Była ona wysiana w 1995 roku. Od drugiego roku (1997) analizowanego 3-letniego cyklu badawczego zróżnicowano sposób regulacji zachwaszczenia bobiku:

- pielęgnacja mechaniczna (m) – 2x bronowanie: 1x przed wschodami i 1x po ich ukazaniu się oraz 3x opielanie prowadzone w odstępach 8-10 dni, począwszy od momentu osiągnięcia przez bobik wysokości 10 cm (taki sposób pielęgnacji stosowano w 1996r.);
- pielęgnacja integrowana (mechaniczna + biologiczna) (i) – 2x bronowanie (jak w wariantcie m) plus wsiewka gorczycy sarepskiej (*Brassica juncea* ssp. *juncea*) odmiana Małopolska; gorczycę wsiewano w bobik przy 10 cm jego wysokości.

Pozostałe zabiegi agrotechniczne ujednolicono i dostosowano do wymagań bobiku oraz lokalnych warunków siedliskowych. Pod bobik zastosowano przedsięwzięcie nawożenia mineralne w ilości 240 kg·ha<sup>-1</sup> NPK w formie pierwiastkowej (odpowiednio – 30, 52 i 158). Nasiona wysiewano w III dekadzie kwietnia. Ocenę składu florystycznego i stopnia zachwaszczenia łąnu dokonywano po wschodach i w pełni kwitnienia bobiku każdego roku badań. W drugim terminie badań (kwitnienie) oceniano ponadto powietrznie suchą masę chwastów (dalej nazywaną biomasą).

Wyniki te posłużyły do ustalenia bogactwa gatunkowego, wskaźników różnorodności i równomierności gatunkowej zbiorowisk Shannona-Wienera (Shannon 1948, Wiener 1948, patrz też: Weiner 2003), wskaźnika dominacji Simpsona (1949) oraz współczynnika podobieństwa zbiorowisk Sorensena (1948). Niniejsze opracowanie oparto o dane z dwóch lat badań (1997-1998), w których zróżnicowano ochronę bobiku przed chwastami na mechaniczną i integrowaną.

Wskaźniki biologiczne obliczono za pomocą wzorów:

- różnorodności Shannona-Wienera ( $H'$ ):  $H' = - \sum (p_i \cdot \ln p_i)$ ,
- równomierności Shannona-Wienera ( $J'$ ):  $J' = H' \cdot (\ln S)^{-1}$ ,
- dominacji Simpsona ( $\lambda$ ):  $\lambda = \sum p_i^2$ ,

gdzie:  $p_i$  – proporcja liczby (lub biomasy) osobników  $i$ -tego gatunku w zbiorowisku do liczby (lub biomasy) wszystkich osobników w zbiorowisku;  $S$  – bogactwo gatunkowe zbiorowiska (liczba gatunków w zbiorowisku).

Współczynniki podobieństwa zbiorowisk chwastów wyliczono na trzy sposoby, biorąc pod uwagę skład gatunkowy zbiorowisk (obecność gatunków w porównywanych parach zbiorowisk) lub liczbę osobników poszczególnych gatunków lub ich biomasę. W obliczeniach posługiwano się wzorem Sorensena:

$$P = 2c \cdot 100 \cdot (a + b)^{-1},$$

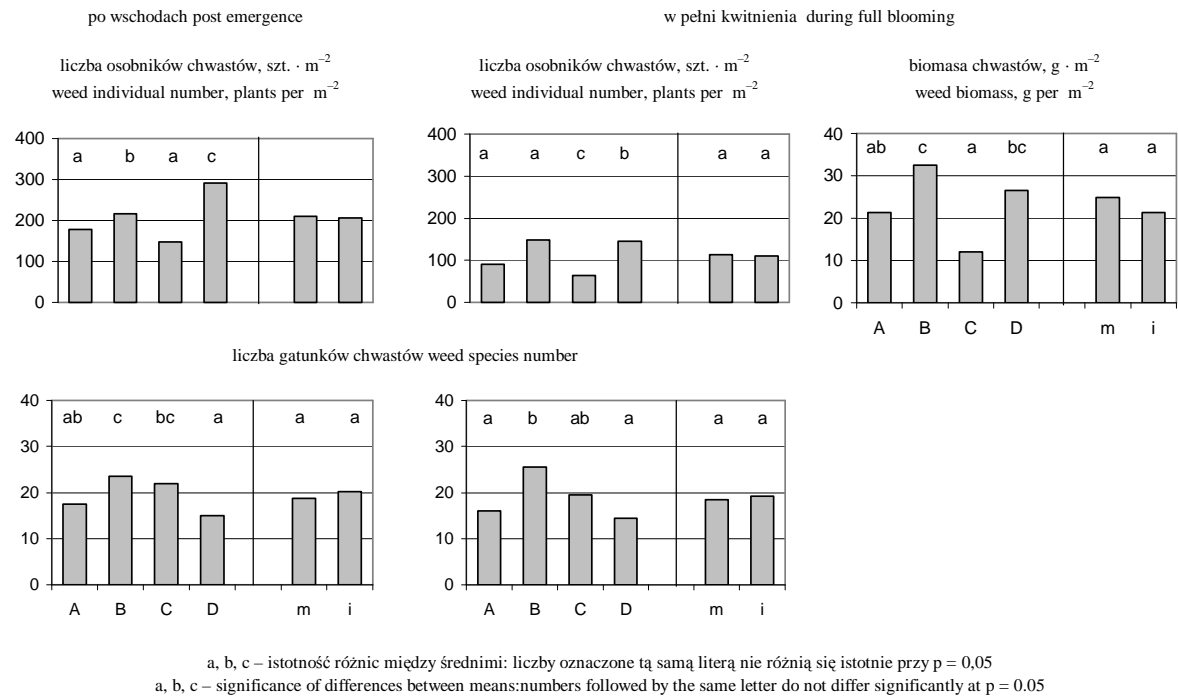
gdzie:  $P$  – współczynnik podobieństwa wyrażony w procentach,  $c$  – liczba gatunków wspólnych dla danej pary zbiorowisk (lub suma wspólnych liczebności poszczególnych gatunków lub wytworzonej biomasy),  $a$  – liczba gatunków chwastów w pierwszym zbiorowisku (lub liczebność lub biomasa chwastów pierwszego zbiorowiska),  $b$  – liczba gatunków chwastów w drugim zbiorowisku (lub liczebność lub biomasa chwastów drugiego zbiorowiska).

Wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji. Istotność wpływu czynników na badane cechy zbiorowisk chwastów określono testem Duncana. Zależności między cechami zbiorowisk wyznaczono za pomocą współczynników korelacji liniowej. Ustalono trendy dla zależności pomiędzy wskaźnikami różnorodności, równomierności i dominacji wyliczonymi na podstawie liczebności poszczególnych gatunków a tymiż wskaźnikami, ale liczonymi w oparciu o biomasę wytworzoną przez osobniki poszczególnych gatunków.

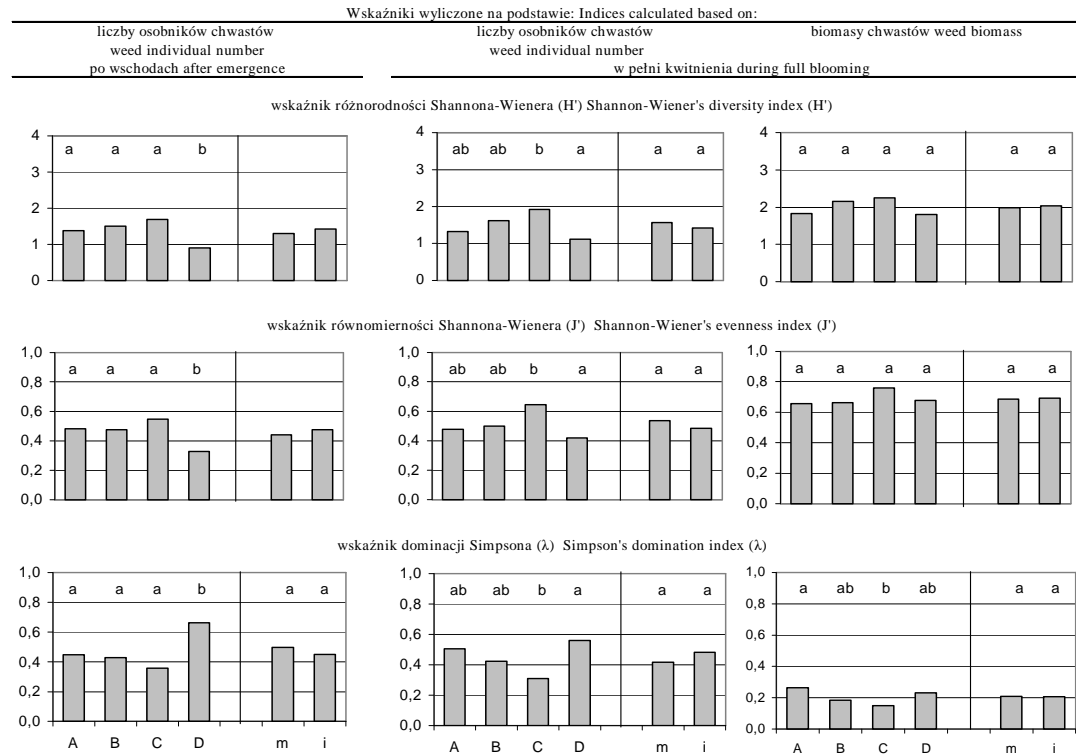
#### WYNIKI

W przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono współdziałania czynników doświadczenia w kształtowaniu ocenianych cech zbiorowisk chwastów, dlatego też prezentację wyników ograniczono do analizy efektów głównych; w takim ujęciu również przedstawiono dane liczbowe.

Duże znaczenie dla charakterystyki formujących się w bobiku zbiorowisk chwastów miało umiejscowienie tego gatunku w płodozmianie. Wpływ płodozmianu zaznaczył się już po wschodach bobiku, podczas wiosennej oceny zachwaszczenia (rys. 1). Najsilniej zachwaszczone były pola, na których bobik był uprawiany po raz trzeci z rzędu (D): liczba osobników na jednostce powierzchni ( $1 \text{ m}^2$ ) wynosiła tu średnio 291,8 szt. i była istotnie wyższa w porównaniu do pozostałych obiektów. Najmniejszą liczbę chwastów odnotowano na obiektach C, gdzie po dwukrotnej uprawie pszenicy ozimej, również kolejno dwa razy uprawiano bobik – 147,8 szt. $\cdot\text{m}^{-2}$ . Wartość ta była zbliżona do stwierdzonej na obiekcie kontrolnym (A) i istotnie mniejsza niż na obiekcie B (bobik po trzykrotnych zasiewach pszenicy ozimej). W tym ostatnim wariancie (B) wiosną oznaczono najwięcej gatunków segetalnych (średnio 23,5). Z kolei trzykrotna uprawa bobiku po sobie (obiekt D) ograniczyła ich liczbę do średnio 15 taksonów (różnice międzyobiektywne zaznaczono na rysunku 1). Opisanie zbiorowisk chwastów za pomocą wskaźników różnorodności, równomierności i dominacji gatunkowej dowodzi dużej analogii od strony funkcjonalnej ugrupowań uformowanych na obiektach A, B i C oraz wyraźnej odrębności obiektu D (rys. 2). W tym ostatnim stwierdzono istotnie niższe wskaźniki różnorodności i równomierności (odpowiednio 0,89 i 0,33) oraz większą dominację gatunkową (0,66). Warto podkreślić, że w tym przypadku obydwie miary bioróżnorodności – bogactwo gatunkowe i wskaźnik Shannona-Wienera przybierały najmniejsze wartości na tym samym obiekcie, co nie zawsze idzie w parze (np. w zbiornikach o dużej



**Rys. 1.** Liczba osobników, biomasa i liczba gatunków chwastów w bobiku (średnio z lat 1997-1998)  
**Fig. 1.** Individual number, biomass and species number of weeds in faba bean fields (mean of 1997-1998)



a, b, c – istotność różnic między średnimi: liczby oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy  $p = 0.05$   
a, b, c – significance of differences between means: numbers followed by the same letter do not differ significantly at  $p = 0.05$

**Rys. 2.** Wskaźniki różnorodności, równomierności i dominacji gatunkowej chwastów w bobiku (średnio z lat 1997-1998)  
**Fig. 2.** Indices of diversity, evenness and domination of weed species in faba bean fields (mean of 1997-1998)

liczbie gatunków, z których wiele jest reprezentowanych przez pojedyncze osobniki, a ogromną przewagę liczebną wykazuje jeden takson – wskaźnik różnorodności jest niższy niż w przypadku zbiorowisk o takiej samej liczbie gatunków lecz bardziej równomiernej ich reprezentacji).

W wiosennym terminie oceny nie porównywano zachwaszczenia obiektów uwzględniających różne warianty pielęgnacji, jako że pierwsze zabiegi powszodowe i wsiewkę gorczycy wykonywano już po wykonaniu tejże oceny. Zabiegi odchwaszczające przedwiosenne były jednakowe dla obydwu wariantów, stąd nie oczekiwano różnic w tym względzie (rys. 1).

Analiza zachwaszczenia w pełni wegetacji wykazała znaczące zmniejszenie liczby chwastów w stosunku do okresu wiosennego (średnio o 46,3% – rys. 1). Należy to przypisać zarówno zabiegom pielęgnacyjnym, jak i zdolnościom konkurencyjnym roślin bobiku, te ostatnie zaś w dużej mierze zależne są od ogólnej kondycji uzyskiwanej w danych warunkach siedliskowych. W przedmiotowym doświadczeniu dobór i kolejność roślin na polu okazały się ważniejsze niż rodzaj zastosowanej regulacji zachwaszczenia. Analogicznie jak wiosną, najmniej chwastów odnotowano na obiektach C, istotnie mniej nawet niż na obiekcie kontrolnym (A), czyli w uprawie w wielostronnym zmianowaniu. Na obiektach, na których realizowano zmianowania specjalistyczne: B (75% pszenicy ozimej, 25% bobiku) i D (75% bobiku) liczebność chwastów była statystycznie taka sama, a przy tym istotnie większa niż na pozostałych. Warto podkreślić, że w bobiku uprawianym drugi raz po sobie (obiekt C) odnotowano największą rzeczywistą obniżkę liczebności chwastów w stosunku do oceny wiosną (o 145 szt. $\cdot$ m<sup>-2</sup>), natomiast w stanowisku po trzykrotnie wysiewanej pszenicy – obniżka ta była najmniejsza, i to zarówno w liczbach bezwzględnych (o 67,5 szt. $\cdot$ m<sup>-2</sup>), jak i względnych (o 31,3%). Liczba gatunków w badanych obiektach nie zmieniała się znacząco w porównaniu do oceny wiosennej, również zróżnicowanie międzyobiektowe było w tym względzie zbliżone. W pełni wegetacji analizowano także biomasę chwastów na porównywanych obiektach doświadczalnych. Cecha ta zmieniała się w zależności od jakości przedplonów w podobny sposób, jak liczba chwastów: największą – wytworzyły chwasty na obiekcie B (ponad 30 g z 1 m<sup>2</sup>), najmniejszą zaś (średnio 12,1 g) – na obiekcie C. Szczegółowo istotność zróżnicowań zaznaczono na rysunku 1.

Na podstawie danych surowych (wyników analiz polowych) uzyskanych podczas oceny w pełni wegetacji policzono wskaźniki różnorodności, równomierności i dominacji gatunkowej biorąc za podstawę zarówno liczbę osobników poszczególnych gatunków w zbiorowiskach chwastów, jak i wytworzoną przez poszczególne gatunki biomasę (rys. 2). Wskaźniki różnorodności i równomierności wyliczone na podstawie biomasy były nieco wyższe niż ustalone na bazie liczby osobników, a przy tym nie wykazywały istotnej zmienności w zależności od

układu roślin poprzedzających bobik. Przyjmując liczbę chwastów za podstawę do wyliczeń powyższych wskaźników, najwyższe ich wartości ustalono dla zbiorowisk z wariantów obiektu C; istotnie niższe wartości odnotowano w przypadku pól, na których bobik był uprawiany po raz trzeci (D). Adekwatnie układały się wartości wskaźników dominacji, które są zasadniczo swoistą odwrotnością bioróżnorodności; tak też na obiektach z najwyższą bioróżnorodnością dominacja była najsłabsza. Dotyczy to zarówno wskaźników wyliczonych na bazie liczby osobników na 1 m<sup>2</sup>, jak i biomasy, z tą różnicą, że w przypadku biomasy wskaźniki Simpsona były około dwukrotnie niższe. Z rolniczego punktu widzenia groźniejsza jest nadmierna przewaga biomasy jednego czy dwóch gatunków, niż duża nawet liczebność siewek innego taksonu.

Zastosowanie bronowania i wsiewki gorczycy sarepskiej, w porównaniu do pielęgnacji mechanicznej, nie zmieniło żadnej z analizowanych w pełni wegetacji cech zbiorowisk chwastów (rys. 1 i 2). Zaobserwowano tendencję do skuteczniejszego ograniczania biomasy roślinności konkurencyjnej metodą integrowaną, co jednak nie zostało potwierdzone statystycznie (rys. 1).

Zależności pomiędzy ważniejszymi cechami zbiorowisk chwastów przedstawiono w tabeli 1. Podczas analizy po wschodach stwierdzono istotne korelacje wskaźników biologicznych z liczbą gatunków i liczebnością zbiorowiska. Różnorodność i równomierność gatunkowa wzrastały wraz z liczbą gatunków, natomiast zmniejszały się wraz ze wzrostem liczebności zbiorowisk; odwrotnie układały się wskaźniki dominacji. Powyższe zależności wskazują na fakt, że wzrost liczebności zbiorowisk był wynikiem liczniejszych pojawów osobników nielicznych gatunków uprzywilejowanych w danych warunkach siedliskowych. W przedmiotowym eksperymencie były to *Echinochloa crus-galli* i w mniejszym stopniu *Chenopodium album* (Hruszka, Bogucka 2004). Przedstawione związki układały się w analogiczny sposób także w pełni kwitnienia bobiku, i to zarówno w odniesieniu do wskaźników wyliczonych na bazie liczebności, jak i biomasy chwastów poszczególnych gatunków, ale były one słabsze i odnośne współczynniki korelacji nie zostały potwierdzone statystycznie (z wyjątkiem korelacji wskaźnika różnorodności liczonego na podstawie biomasy z liczbą gatunków w zbiorowisku). Istotna dodatnia korelacja między liczebnością chwastów a ich biomasą wskazuje, że kiełkujące rośliny napotykały na warunki umożliwiające im dalszy wzrost i rozwój. Harmonię między liczebnością i biomasą chwastów obrazują również dodatnie związki między wskaźnikami biologicznymi wyliczonymi na podstawie liczebności i biomasy: wzrost wskaźnika różnorodności opartego na liczbie osobników poszczególnych gatunków był równoległy ze wzrostem wskaźnika różnorodności liczonego na bazie biomasy poszczególnych gatunków; analogiczne relacje wykazywały również odpowiednie wskaźniki równomierności i dominacji (rys. 3).

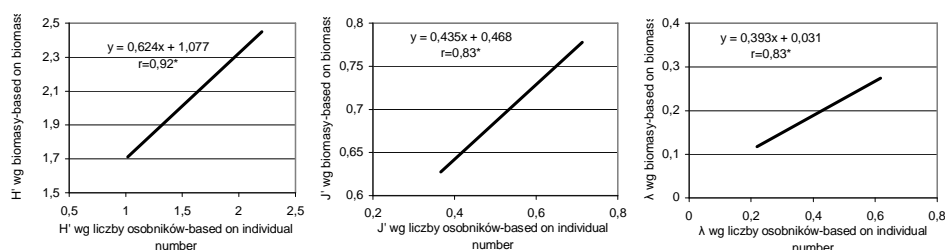


**Tabela 1.** Zależności pomiędzy cechami zbiorowisk chwastów wyrażone za pomocą współczynników korelacji liniowej

**Table 1.** Relationships between the features of weed communities expressed as linear correlation coefficients

Cechy zbiorowisk chwastów Features of weed communities	Termin analizy – Time of analysis					
	po wschodach after emergence		pełnia kwitnienia during full blooming			
	liczba gatunków number of species	liczba chwastów weed indi- vidual num- ber	liczba gatunków number of species	liczba chwastów weed indi- vidual num- ber	biomasa biomass	
Liczba gatunków Number of species		-0,61		0,22	0,30	
Liczba chwastów Weed individual number	-0,61		0,22		0,87*	
Wskaźniki biologiczne Biological indices						
wg liczby osobników – based on individual number	H'	0,87*	-0,91*	0,63	-0,49	-0,34
	J'	0,77*	-0,96*	0,35	-0,68	-0,50
	λ	-0,82*	0,92*	-0,54	0,53	0,35
wg biomasy – based on biomass	H'			0,76*	-0,28	-0,25
	J'			0,11	-0,60	-0,55
	λ			-0,63	0,21	0,19

\* – korelacja istotna przy p = 0,05 – correlation significant at p = 0.05, H' – wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera – Shannon-Wiener's diversity index, J' – wskaźnik równomierności Shannona-Wienera – Shannon-Wiener's evenness index, λ – wskaźnik dominacji Simpsona – Simpson's domination index.



H' - wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera - Shannon-Wiener's diversity index;

J' - wskaźnik równomierności Shannona-Wienera - Shannon-Wiener's evenness index;

λ - wskaźnik dominacji Simpsona - Simpson's domination index

r - współczynnik korelacji liniowej - linear correlation coefficient; \* - istotność korelacji przy p=0,05 - correlation significant at p=0.05

**Rys. 3.** Zależności pomiędzy wskaźnikami różnorodności, równomierności i dominacji gatunkowej wyliczonymi na podstawie liczby osobników i biomasy chwastów w pełni kwitnienia bobiku (średnio z lat 1997-1998)

**Fig. 3.** Correlations between indices of diversity, evenness and domination of weed species calculated based on weed individual number and biomass during full blooming (mean of 1997-1998)

W tabeli 2 zamieszczono współczynniki podobieństwa między zbiorowiskami chwastów kształtującymi się w badanych obiektach. Współczynniki te przybierały

**Tabela 2.** Wskaźniki podobieństwa zbiorowisk chwastów (%) w bobiku w różnych płodozmianach i wariantach pielęgnacji

**Table 2.** Coefficients of similarity between weed communities (%) in faba bean fields for different rotation schemes and weed control methods

Porównywane zbiorowiska chwastów w bobiku Compared weed commu- nities in faba bean fields	Podobieństwo według: Similarity determined based on:				
	obecności gatunków species occurrence		liczby osobników w gatunkach species individual number		suchej masy dry matter
	wiosną in spring	w pełni kwit- nienia during full blooming	wiosną in spring	w pełni kwit- nienia during full blooming	w pełni kwit- nienia during full blooming
pomiędzy wariantami płodozmianowymi w ramach pielęgnacji mechanicznej between crop rotation variants for mechanical weed control					
A–B	78,0	61,5	86,2	76,3	68,4
A–C	73,7	75,7	83,6	69,1	46,0
A–D	73,3	64,3	63,5	74,1	61,6
B–C	84,4	87,0	77,0	61,9	49,6
B–D	70,3	70,3	67,1	86,2	76,7
C–D	70,6	74,3	55,2	53,4	41,0
pomiędzy wariantami płodozmianowymi w ramach pielęgnacji integrowanej between crop rotation variants for integrated weed control					
A–B	73,2	77,3	75,6	75,4	60,0
A–C	82,9	76,5	71,6	76,4	40,1
A–D	74,3	78,3	67,1	69,7	72,7
B–C	91,3	77,3	69,0	62,1	32,0
B–D	85,0	74,4	76,2	82,8	65,8
C–D	80,0	78,8	58,3	52,6	46,3
pomiędzy obiektami z pielęgnacją mechaniczną a integrowaną w płodozmianach between treatments with mechanical and integrated weed control in crop rotations					
A	80,0	81,3	88,2	91,1	77,5
B	93,6	86,3	91,4	96,3	80,9
C	95,5	82,1	87,0	88,4	48,0
D	73,3	89,7	85,7	80,7	66,0

wartości z przedziału 32,0-96,3%, jednakże rzadko były niższe niż 60%. Nie zauważono wyraźnej regularności w zróżnicowaniu współczynników liczonych na podstawie obecności gatunków oraz ich liczebności, i to w odniesieniu do obydwóch terminów analiz. Natomiast zazwyczaj niższe wartości miały współczynniki oparte na biomacie poszczególnych taksonów. Współczynniki te kształtowały się poniżej 50% w przypadku porównań obiektu C z innymi obiektami; wynika to z faktu, że na tym obiekcie chwasty były najmniej liczne i wytworzyły najmniejszą biomase. Nieco większe podobieństwo obserwowano pomiędzy obiektami z różnymi wariantami pielęgnacji aniżeli pomiędzy stanowiskami w ramach każdego ze sposobów odchwaszczania.

#### DYSKUSJA

Zmianom w zachwaszczeniu pod wpływem różnych czynników agrotechnicznych poświęca się w naukowym piśmiennictwie wiele miejsca. Odnośne publikacje zwykle zawierają dane na temat składu gatunkowego zbiorowisk chwastów, ich liczebności i biomasy na jednostce powierzchni ( $1\text{m}^2$ ) (Adamiak, Zawiślak 1993, Dzienia, Wrześcińska 2001, Hruszka 2005, Malicki i in. 2000, Pałys, Podstawka-Chmielewska 1995, Podsiadło, Kaczmarczyk 2001, Rychcik 2004). Zwrócenie uwagi na chwasty, jako na element zwiększający bezpośrednio (Trzcińska-Tacik 2003) i pośrednio (Marshall i in. 2003) różnorodność biologiczną agrobiocenozy spowodowało, że baczniejszą uwagę zaczęto zwracać na ogólną bioróżnorodność zbiorowisk segetalnych. W globalnym jej ujmowaniu, jako bogactwa taksonów pojawiających się na polach uprawnych, odnośnie zachodzących w niej zmian czasowych spierają się dwie opinie (Heller, Adamczewski 2002). Fitosocjologowie utrzymują, że w efekcie zmian zachodzących w rolnictwie zmniejszyła się ogólna liczba gatunków chwastów, przy równoczesnym wzroście dominacji nielicznej grupy taksonów (Albrecht 1995). Według innych autorów (Rola i Rola 1997, Heller 1998) uprawom rolniczym towarzyszą względnie stałe gatunkowo zbiorowiska chwastów, na liczbę których niewielki wpływ ma intensyfikacja rolnictwa, w tym szczególnie stosowanie herbicydów. W przekonaniu Krawczyka (2005) na bioróżnorodność flory segetalnej ma wpływ wiele czynników, dlatego też trudno jest jednoznacznie określić tendencje zmian.

Bioróżnorodność konkretnego zbiorowiska określa nie tylko bogactwo gatunków, ale też i ich wzajemne proporcje ilościowe wewnątrz zbiorowiska. Z prac dotyczących zachwaszczenia bobiku wynika, że w danych warunkach siedliskowych różne warianty badanych czynników agrotechnicznych w niewielkim stopniu różnicowały bogactwo gatunkowe zbiorowisk (Adamiak, Zawiślak 1993, Dzienia, Wrześcińska 2001, Jastrzębska i in. 2006, Podsiadło, Kaczmarczyk 2001, Rychcik 2004). Warto nadmienić, że ta cecha zbiorowisk jest raczej rzadko testowana statystycznie (Jastrzębska i in. 2006). W prezentowanych badaniach licz-

ba gatunków segetalnych zależała od umiejscowienia bobiku w zmianowaniu, natomiast rodzaj pielęgnacji (mechaniczna lub integrowana) nie miały znaczenia. Z innych prac wynika, że ogólne bogactwo gatunkowe fitocenozy chwastów zależy niekiedy mniej od czynnika doświadczalnego, a w dużej mierze od rośliny uprawnej, w której się ona formuje oraz od warunków meteorologicznych, a także innych mniej rozpoznanych czynników (Pałys, Podstawka-Chmielewska 1995, Jastrzębska i in. 2006, Falińska 1997, Jędruszczak, Antoszek 2004, Malicki i in. 2000). W rolniczym piśmiennictwie wzrasta liczba prac, w których dokonywana jest także ocena zbiorowisk za pomocą wskaźników biologicznych; głównie są to jednak prace o tematyce zbożowej (Jastrzębska i in. 2006, Jędruszczak, Antoszek 2004, Stupnicka-Rodzinkiewicz i in. 2004, Wanic i in. 2005a i b). Poza artykułem Jastrzębskiej i in. (2006) nie znaleziono korespondujących opracowań dotyczących bobiku. W cytowanej pracy (Jastrzębska i in. 2006) wskaźnik różnorodności zbiorowisk chwastów liczony wzorem Shannona-Wienera w ciągu 6 lat badań przyjmował wartości 1,87-2,23 wiosną i 1,12-2,17 pod koniec wegetacji; liczby te nie odbiegają znacząco od uzyskanych w niniejszych badaniach. Z własnych ustaleń wynika, że zastosowanie mechanicznego odchwaszczania miało taki sam wpływ na różnorodność, równomierność i dominację gatunkową jak regulacja za pomocą bronowania i wsiewki gorczycy sarepskiej. Zbiorowiska kształtujące się pod wpływem tych dwóch sposobów pielęgnacji cechowało też duże podobieństwo składu gatunkowego oraz rozdysponowania pomiędzy gatunki liczby osobników i biomasy w zbiorowisku. Wskaźniki różnorodności, równomierności i dominacji chwastów zależały od zmianowania, w którym uprawiano bobik. Szczególnie wiosną niższą bioróżnorodnością a wyższą dominacją wyróżniały się obiekty z podwójnym następstwem bobiku po sobie. Stupnicka-Rodzinkiewicz i in. (2004) stwierdzili, że wpływ zmianowania na różnorodność gatunkową (mierzoną wskaźnikiem Shannona-Wienera) zbiorowisk chwastów w pszenicy ozimej i jęczmieniu jarym kształtował się różnie w zależności od gatunku i fazy rozwojowej rośliny uprawnej, z reguły były to różnice niewielkie. Ponadto Autorzy ci ustalili, że w danych warunkach doświadczalnych głęboszowanie obniżało różnorodność agrofiteocenozy, w odróżnieniu od zabiegów herbicydowych. Z kolei porównywane w badaniach Wesołowskiej-Janczarek i in. (2000) sposoby uprawy roli (uproszczenia aż do uprawy zerowej) nie wpływały na wielkość wskaźników różnorodności i dominacji zbiorowisk chwastów, natomiast wpływ takowy wywierały zróżnicowane dawki herbicydów. W pracy Jastrzębskiej i in. (2006) uproszczenia w uprawie roli pod bobik nie zmieniały różnorodności chwastów. Z badań Wanic i in. (2005a) nad zbiorowiskami chwastów w owsie wynika większa zmienność bioróżnorodności chwastów w latach niż w zależności od skrajnie różnych jakościowo przedplonów (ziemniak i owies drugi raz po sobie).

Wysokie współczynniki podobieństwa (liczone na różne sposoby) pomiędzy zbiorowiskami chwastów formującymi się w bobiku w różnych stanowiskach

wykazują dużą analogię do ustaleń Wanic i in. (2005a i b) dotyczących zbiorowisk chwastów w zbożach uprawianych po różnych przedplonach. Nowym elementem w opracowaniu, niespotykanym jak dotąd w innych pracach nad zachwaszczeniem roślin uprawnych, jest propozycja oparcia wskaźników różnorodności także na biomase wytworzonej przez chwasty, co z rolniczego punktu widzenia może być cenniejsze niż odnoszenie ich do liczebności, a także porównanie wskaźników liczonych na innej podstawie. Generalnie zasób publikacji opartych na wskaźnikach biologicznych opisujących agrofitycenozy jest ciągle ubogi. Praca aspiruje do wzbogacenia tej strony wiedzy o zbiorowiskach chwastów.

#### WNIOSKI

1. W trzyletnich badaniach sposób umiejscowienia bobiku w płodozmianie różnicował liczebność i biomasę chwastów, a także zmieniał wartości większości wskaźników biologicznych.

2. Najsilniej zachwaszczony był bobik w czteropolówce z 75% udziałem pszenicy ozimej oraz uprawiany trzeci raz po sobie.

3. Największą różnorodnością gatunkową cechowały się chwasty w bobiku uprawianym w płodozmianie C (25% pszenicy ozimej, 25% bobiku).

4. Pielęgnacja integrowana była tak samo skuteczna w regulacji zachwaszczenia bobiku, jak mechaniczna.

5. Rodzaj zastosowanej pielęgnacji nie wpływał na bioróżnorodność zbiorowisk chwastów w bobiku.

6. Współczynniki podobieństwa liczone w oparciu o biomasę gatunków chwastów były zazwyczaj niższe niż ustalone wg kryterium ich liczebności.

7. W niniejszych badaniach wykazano silny dodatni związek między wskaźnikami liczonymi na bazie liczby osobników i biomasy poszczególnych gatunków chwastów. Z rolniczego punktu widzenia jednak bardziej miarodajne wydaje się oparcie tej procedury obliczeń o biomasę; należy zatem wykonać więcej porównań w tym względzie.

#### PIŚMIENNICTWO

- Adamiak E., Zawiślak K. 1993. Zmienność zbiorowisk chwastów bobiku w różnych warunkach siedliska i następstwa roślin. *Biul. Nauk. ART Olsztyn*, 2(12), 133-137.
- Albrecht H. 1995. Changes in the arable weed flora of Germany during the last five decades. 9<sup>th</sup> Symp., EWRS, 41-48.
- Bullock J.M., Pywell R.F., Burke M.J.W., Walker K.J. 2001. Restoration of biodiversity enhances agricultural production. *Ecology Letters*, 4, 185-189.
- Dzienia, S., Wrześcińska, E. 2001. Fitocenoza łąki bobiku w warunkach zróżnicowanej uprawy roli. *Progress in Plant Protection – Postępy w Ochronie Roślin*, 41(1), 325-329.

- Falińska, K. 1997. Rośliny i ich środowisko. W: Ekologia roślin. PWN Warszawa, 103-185.
- Heller K. 1998. Dynamika zbiorowisk chwastów segetalnych upraw lnu włóknistego na przestrzeni lat 1967-1996. Wyd. Inst. Włókien. Nat. Poznań.
- Heller K., Adamczewski K. 2002. Zmiany w zachwaszczeniu wywołane zmianami w agrotechnice roślin i zmianami klimatycznymi. Progress in Plant Protection – Postępy w Ochronie Roślin, 42, 1 349-357.
- Hooper D.U., Chapin F.S., Ewel J.J. Hector A., Inchausti P., Lavorel S., Lawton J.H., Lodge D.M., Loreau M., Naeem S., Schmid B., Setälä H., Symstad A.J., Vandermeer J., Wardle D.A. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. Ecol. Monographs, 75(1), 3-35.
- Hruszka M. 1996. Alternatywne funkcje roślin i możliwość ich wykorzystania w systemach rolnictwa integrowanego i ekologicznego. Post. Nauk Roln., 3, 93-101.
- Hruszka M. 2005. Znaczenie proekologicznych sposobów regulacji zachwaszczenia w plonowaniu bobiku (*Vicia faba* L. *minor* Harz) w latach 1999-2004. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., Roln., 507, 227-233.
- Hruszka M., Bogucka B. 2004. Growing field bean (*Vicia faba* L. ssp. *minor* Harz) after field bean in short-cycle sequences with ecological weed control. Part I. Effects of crop rotation and *Brassica juncea* ssp. *juncea* Thiel. as companion crop on weed infestation of field bean. Pol. J. Natur. Sc., 17(2), 265-275.
- Jastrzębska M., Orzech K., Kostrzevska M.K., Wanic M., Nowicki J. 2006. Różnorodność chwastów w łąkach roślin przy różnych sposobach uprawy roli. Fragm. Agron., 4(92), 103-118.
- Jędruszczak, M., Antoszek, R. 2004. Sposoby uprawy roli a bioróżnorodność zbiorowisk chwastów w monokulturze pszenicy ozimej. Acta Sci. Pol., Agricult., 3(2), 47-59.
- Krawczyk R. 2005. Kierunki zmian zachwaszczenia – szanse i zagrożenia. Progress in Plant Protection – Postępy w Ochronie Roślin, 45, 1, 233-241.
- Kuś. J. 1995. Rola zmianowania roślin we współczesnym rolnictwie. Wyd. IUNG Puławy.
- Malicki, L., Podstawka-Chmielewska, E., Kwiecińska, E. 2000. Fitocenoza łąki niektórych roślin na rędzinie w warunkach zróżnicowanej uprawy roli. Fragm. Agron., 2(66), 30-44.
- Marshall E.J.P., Brown V.K., Boatman N.D., Lutman P.J., Squire G.R. Ward L.K. 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. Weed Research, v. 43, 2, 77-89.
- Oleszek W. 1994. *Brassicaceae* jako rośliny alternatywne umożliwiające kontrolę zachwaszczenia w rolnictwie zachowawczym. Fragm. Agron., 4(44), 5-19.
- Pałys, E., Podstawka-Chmielewska, E. 1995. Wpływ systemu uprawy roli na zachwaszczenie łąki roślin na rędzinie. W: Siew bezpośredni w teorii i praktyce. Mat. Konf. Nauk., 135-144.
- Podsiadło C., Kaczmarczyk S. 2001. Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na plonowanie i zachwaszczenie bobiku oraz łubinu białego. Zesz. Nauk. AR Wroc., Roln., 426, 109-117.
- Rola J., Rola H. 1997. Distribution of weeds in Poland. In: Proceedings of 10<sup>th</sup> Symp. EWRS, Poznań, 14.
- Rychcik B. 2004. Wpływ herbicydu i następstwa roślin na zachwaszczenie bobiku. Progress in Plant Protection – Postępy w Ochronie Roślin, 44, 2, 1058-1060.
- Schlapfer F., Schmid B. 1999. Ecosystem effects of biodiversity: a classification of hypotheses and exploration of empirical results. Ecol. Applications 9, 893-912.
- Shannon C.E. 1948. A mathematical theory of communication. Bell Syst. Tech. J. 27: 379-423.
- Simpson E.H. 1949. Measurement of diversity. Nature, 163, 688.
- Sorensen T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant society based on similarity of species content. K. Danske Vidensk. Selsk., 5, 1-34.

- Stupnicka-Rodzynekiewicz, E., Stępnik, K., Lepiarczyk, A. 2004. Wpływ zmianowania, sposobu uprawy roli i herbicydów na bioróżnorodność zbiorowisk chwastów. *Acta Sci. Pol., Agricult.*, 3(2), 235-245.
- Trzcńska-Tacik H. 2003. Znaczenie różnorodności gatunkowej chwastów segetalnych. *Pam. Puł.*, 134, 253-262.
- Wanic M., Jastrzębska M., Kostrzevska M.K., Nowicki J. 2005a. Analiza zbiorowisk chwastów za pomocą wybranych wskaźników biologicznych. *Acta Agrobot.*, vol. 58 (1-2), 229-244.
- Wanic M., Jastrzębska M., Nowicki J. 2005b. Wsiewki międzyplonowe a zachwaszczenie jęczmienia jarego uprawianego w różnych stanowiskach. *Fragm. Agron.*, 2(86), 238-248.
- Weiner J. 2003. *Życie i ewolucja biosfery. Podręcznik ekologii ogólnej.* Wyd. Nauk. PWN. Warszawa.
- Wesołowska-Janczarek, M., Kubik-Komar, M., Jędruszczak, M. 2000. Zastosowanie współczynników bioróżnorodności do badania wpływu sposobu uprawy i dawki herbicydu na zbiorowisko chwastów. *Polskie Towarzystwo Biometryczne, Colloquium biometryczne*, 30, 333-344.
- Wiener N. 1948. *Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine.* Cambridge, MA The MIT Press:194.

## CROP SEQUENCE AND ENVIRONMENT-FRIENDLY WEED CONTROL METHODS VERSUS WEED BIODIVERSITY IN FABA BEAN FIELDS

*Magdalena Jastrzębska<sup>1</sup>, Bożena Bogucka<sup>2</sup>, Maria Hruszka<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Department of Agriculture Systems, University of Warmia and Mazury in Olsztyn  
pl. Łódzki 3, 10-718 Olsztyn  
e-mail: jama@uwm.edu.pl

<sup>2</sup>Department of Agrotechnology and Crop Management, University of Warmia and Mazury in Olsztyn  
ul. Oczapowskiego 8/103, 10-719 Olsztyn

**Abstract.** Weed infestation of faba bean grown in four four-course rotations, with a different proportion and position of this crop in the crop-rotation, was studied under conditions of mechanical and integrated (mechanical + undersown *Brassica juncea* ssp. *juncea*) weed control. Weed individual number and biomass provided a basis for calculating the indices of species diversity, evenness and domination. Relationships between the features of weed communities were also determined. The communities were compared based on coefficients of similarity. The integrated weed control was found to be equally effective as mechanical. Weed control methods had no effect on the examined features of weed communities (weed individual number, weed biomass, species diversity, evenness and domination), whereas the position of faba bean in the rotation affected weed abundance and biomass as well as modified the values of some biological indices. There was a strong positive correlation between the indices of species diversity, evenness and domination based on weed abundance and biomass. However, from the agricultural perspective, biomass-based indices seem to be more reliable. Therefore, it is recommended to conduct further studies involving multiple comparisons.

**Key words:** faba bean, crop rotation, environment-friendly weed control methods, weed communities, biological indices