

THE CHANGES OF BIODIVERSITY OF WEED FLORA IN ORGANIC SYSTEM IN THE YEARS 1996-2007

Summary

The aim of the paper is the investigation of weed flora dynamics in winter wheat cultivated in organic system in the years 1996-2007. The study was conducted in the Experimental Station of Institute of Soil Science and Plant Cultivation – State Research Institute at Osiny (Lublin province) in the long-term trial with organic system, which had been started in 1994 year. The analysis of weed species composition and the richness were done twice in vegetation period: in spring (tillering stage of winter wheat) and in summer (dough stage). Moreover the changes of biodiversity in time were investigated using ecological indices: Shannon diversity index and Simpson dominance index. The study showed the increasing biodiversity of weed flora in winter wheat cultivated in organic system during 12 years of research reflected in increasing number of weed species and Shannon diversity index values. At the beginning of winter wheat cultivation in organic system Simpson dominance index was high, suggesting the dominance of one or more weed species in community, but in the next years of study the index values were lower. The number of weeds differed in the years as a result of different weather conditions and effectiveness of mechanical weed control measures, but it didn't show increasing tendency.

ZMIANY BIORÓŻNORODNOŚCI FLORY SEGETALNEJ W SYSTEMIE EKOLOGICZNYM W LATACH 1996-2007

Streszczenie

Celem pracy jest prześledzenie dynamiki bioróżnorodności flory segetalnej w pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym w latach 1996-2007. Badania przeprowadzono w Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB w Osinach (woj. lubelskie) w wieloletnim doświadczeniu z systemem rolnictwa ekologicznego, założonym w 1994 roku. Oznaczenia składu gatunkowego zbiorowiska chwastów oraz liczebności poszczególnych gatunków wykonywano dwukrotnie w ciągu sezonu wegetacyjnego: wiosną, w fazie krzewienia pszenicy i latem, w fazie dojrzałości woskowej. Dokonano oceny bioróżnorodności i jej zmian w czasie za pomocą wskaźników ekologicznych: różnorodności Shannona i dominacji Simpsona. Stwierdzono wzrost różnorodności flory segetalnej w pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym w ciągu 12-letniego okresu badań, o czym świadczyło zwiększenie liczby występujących gatunków chwastów i wartości wskaźnika różnorodności Shannona. W początkowym okresie uprawy pszenicy w systemie ekologicznym wskaźnik dominacji Simpsona przybierał wysokie wartości, wskazujące na dominację jednego lub dwóch gatunków chwastów w zbiorowisku, natomiast w kolejnych latach badań jego wartości były mniejsze. Liczebność chwastów różniła się w latach, co wynikało z sezonowej zmienności warunków pogodowych oraz skuteczności mechanicznych zabiegów regulacji zachwaszczenia, ale nie wykazywała tendencji rosnącej.

1. Wstęp

Rolnictwo, w zależności od intensywności stosowanych metod produkcji, wpływa ograniczająco bądź stymulująco na bioróżnorodność roślin uprawnych i dzikich. Różnorodność gatunkowa agroekosystemu zależy od bogactwa występujących gatunków, a także od ich liczebności. Bioróżnorodność na polach uprawnych oraz w ich otoczeniu spełnia szereg funkcji biologicznych, m.in. w obiegu i wykorzystaniu składników pokarmowych czy utrzymywaniu równowagi wśród patogenów atakujących rośliny uprawne [1, 17]. Jednym z elementów różnorodności biologicznej na użytkach zielonych są chwasty, których liczebność powinna być regulowana do poziomu nie wpływającego w istotny sposób na plonowanie roślin uprawnych, ale również nie zagrażającego wyginięciu niektórych gatunków. Stanowią one bowiem ważny składnik agroekosystemów, od którego uzależnione jest występowanie wielu gatunków owadów i innych bezkręgowców oraz ptaków [17].

Realizowane w ostatnich latach zagraniczne i krajowe projekty badawcze wskazują na pozytywne oddziaływanie systemu ekologicznego na bioróżnorodność flory i fauny

występującej w agroekosystemach w porównaniu do systemu konwencjonalnego, gdzie uproszczone zmianowanie, stosowane nawozy mineralne i środki ochrony roślin powodują ograniczenie różnorodności biologicznej [3, 10, 12]. Monitoring ptaków prowadzony w Wielkiej Brytanii od lat 90-tych XX wieku oraz w Polsce od 2000 roku wskazuje na zmniejszanie się populacji pospolitych gatunków powodowane ograniczeniem bioróżnorodności flory segetalnej w ekosystemach rolniczych [4, 5].

Według Marschala [17] większość badań ekologicznych przeprowadzana jest poza siedliskami rolniczymi, a istnieje potrzeba prowadzenia badań podstawowych w systemach rolniczych, żeby lepiej poznać powiązania między bioróżnorodnością, funkcjami ekosystemu i docenić znaczenie zrównoważonej produkcji rolnej. Do tego typu analiz i porównań coraz częściej wykorzystuje się wskaźniki ekologiczne, za pomocą których określa się różnorodność zbiorowisk i dominację [18, 19]. Hipotezę badań stanowiło założenie, że całokształt zabiegów agrotechnicznych stosowanych w ekologicznym systemie produkcji powinien sprzyjać zachowaniu, a nawet zwiększaniu bioróżnorodności agroekosystemu. Celem badań była analiza dynamiki

bioróżnorodności flory segetalnej w pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym w latach 1996-2007.

2. Materiał i metody badań

Badania przeprowadzono w Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB w Osinach (woj. lubelskie) w wieloletnim doświadczeniu z systemem rolnictwa ekologicznego, które zostało założone w 1994 roku. W doświadczeniu tym pszenica ozima uprawiana jest w zmianowaniu 5 - polowym: ziemniak, pszenica jara + wsiewka, mieszanka roślin motylkowato - trawiastych użytkowana 2 lata, pszenica ozima + poplon. Doświadczenie prowadzone jest w jednym powtórzeniu, polami wszystkich roślin równocześnie, a powierzchnia poszczególnych pól wynosi około 1 ha. Zgodnie z zasadami rolnictwa ekologicznego na tych polach nie stosuje się syntetycznych nawozów mineralnych ani chemicznych środków ochrony roślin, a zabiegi agrotechniczne są dostosowane do specyfiki systemu. Jeden raz w rotacji zmianowania, pod ziemniak, stosowano nawożenie organiczne w formie kompostu (30 t·ha⁻¹). Ograniczanie zachwaszczenia polegało na oddziaływaniu całego zmianowania i stosowaniu mechanicznych zabiegów pielęgnacyjnych za pomocą brony chwastownika (2-3 ×). Do 2002 roku w polu pszenicy ozimej uprawiano 4 odmiany, w 2003 roku - 8 odmian, a od 2004 roku - 11 odmian, natomiast przedstawione w pracy wyniki dotyczą całego pola pszenicy ozimej.

Analizy bioróżnorodności obejmowały ocenę składu gatunkowego zbiorowiska chwastów w pszenicy ozimej oraz liczebności poszczególnych gatunków. Badania wykonywano dwukrotnie w ciągu sezonu wegetacyjnego: wiosną, w fazie krzewienia pszenicy i latem, w fazie dojrzałości woskowej. W 1997 roku pszenica ozima wymarzała i została zastąpiona pszenicą jarą, dlatego analizy wykonano tylko latem. Badania wykonywano metodą jakościowo-ilościową, przeprowadzając liczenie chwastów na powierzchniach próbnych wyznaczonych przy pomocy ramki (0,5 m²).

Dokonano oceny bioróżnorodności i jej zmian w czasie za pomocą wskaźników ekologicznych: różnorodności Shannona i dominacji Simpsona. Indeks Shannona (H') uzależniony jest od liczby gatunków oraz ich wzajemnych proporcji ilościowych i obliczany według wzoru $H' = - \sum P_i \ln P_i$, gdzie P_i jest prawdopodobieństwem występowania określonych gatunków chwastów w próbce, $P_i = n/N$ (n - liczebność chwastów określonego gatunku, N - ogólna liczebność chwastów na powierzchni próbnej) [Shannon i Weaver cyt. za 21]. Indeks Simpsona (SI) opisany jest wzorem $SI = \sum P_i^2$. Zakres wartości tego wskaźnika wynosi od 0 do 1, przy czym wartości zbliżone do 1 wskazują na wyraźną dominację jednego lub kilku gatunków i małą różnorodność zbiorowiska [Simpson cyt. za 21].

3. Wyniki badań

W ciągu 12-letniego okresu badań stwierdzono wzrastającą różnorodność flory segetalnej w pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym (rys. 1, tab. 1). W pierwszych latach po zmianie systemu gospodarowania z konwencjonalnego na ekologiczny obserwowano zaledwie 9 gatunków chwastów w polu pszenicy ozimej, natomiast 10 lat później ponad 4-krotnie więcej gatunków. Łącznie w okresie badań odnotowano 54 gatunki chwastów w łanie

pszenicy ozimej, z czego 87% stanowiły chwasty dwuliścienne (tab. 1).

O wzroście bioróżnorodności świadczy nie tylko zwiększenie liczby występujących gatunków chwastów, ale również wartości wskaźnika różnorodności Shannona w obu terminach badań (rys. 2, 3). W początkowym okresie uprawy pszenicy w systemie ekologicznym wskaźnik dominacji Simsona przybierał wysokie wartości, wskazujące na dominację jednego lub dwóch gatunków chwastów w zbiorowisku, natomiast w kolejnych latach badań jego wartości były mniejsze. Wyjątek stanowił rok 2003 i 2006, kiedy duży udział *Chenopodium album* w zbiorowisku chwastów pod koniec okresu wegetacji wpłynął na zwiększenie wartości wskaźnika dominacji Simpsona (SI) i zmniejszenie wartości wskaźnika różnorodności (H') (rys. 3). Wskaźnik różnorodności (H') zależy bowiem nie tylko od ogólnej liczby gatunków w zbiorowisku, ale także od ich wzajemnych proporcji ilościowych. Wartości tego wskaźnika były z reguły większe w drugim terminie badań, co wskazuje na większą różnorodność zbiorowiska chwastów latem niż wiosną (rys. 2, 3).

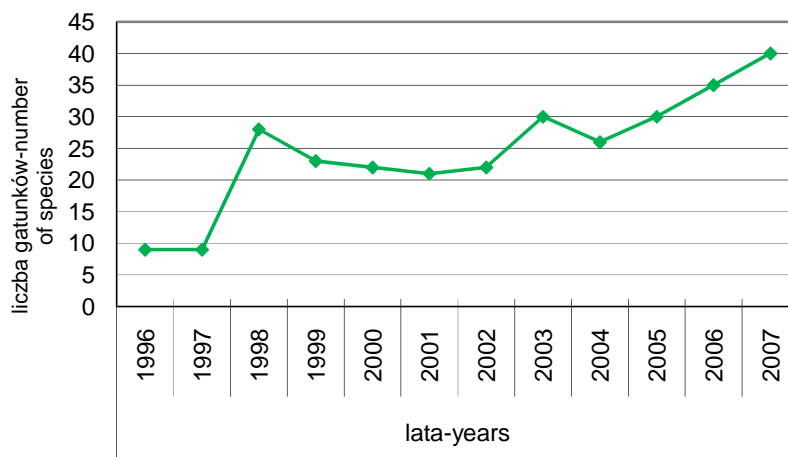
Ogólna liczebność chwastów różniła się w latach, co wynikało z sezonowej zmienności warunków pogodowych oraz skuteczności mechanicznych zabiegów regulacji zachwaszczenia (rys. 4). Największą liczbę chwastów obserwowano w pierwszym roku prowadzenia uprawy w systemie ekologicznym (ponad 350 szt./m²), gdzie dominowała *Chenopodium album*. Znaczną liczbę chwastów stwierdzono także w 1999 i 2004 roku, kiedy liczniej wystąpiła *Viola arvensis*, co mogło być związane z większym udziałem nasion tego gatunku w glebowym banku nasion w tym polu. W pozostałych latach badań liczebność chwastów pozostawała na zbliżonym poziomie (50-100 szt./m²) i nie wykazywała tendencji rosnącej (rys. 4).

4. Dyskusja

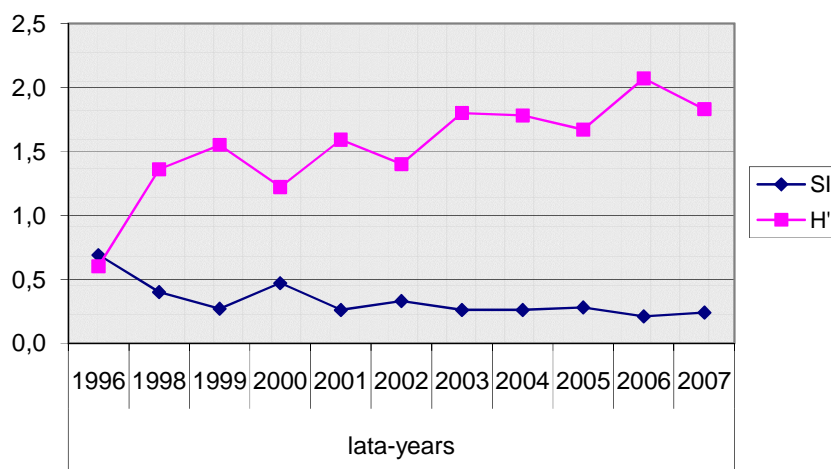
W rolnictwie ekologicznym chwasty są postrzegane nie tylko jako element obniżający plony, ale także zwiększający ogólną bioróżnorodność agroekosystemów [17]. Jednym z ważniejszych czynników wpływających na różnorodność biologiczną gruntów użytkowanych rolniczo jest sposób i intensywność gospodarowania. Przeprowadzone badania wykazały, że po przejściu z systemu konwencjonalnego na ekologiczny zwiększyła się różnorodność flory segetalnej w pszenicy ozimej, z 9 do 40 gatunków w ciągu 12 lat obserwacji. Wynikało to ze zmiany sposobu produkcji, polegającej na zastąpieniu nawozów mineralnych i chemicznych środków ochrony roślin przez inne zabiegi agrotechniczne i naturalne środki produkcji, charakterystyczne dla systemu ekologicznego. Całokształt zabiegów agrotechnicznych, tzn. zmianowanie 5-polowe, stosowanie nawozów naturalnych, agrotechniczne i mechaniczne metody ochrony roślin sprzyjają większej bioróżnorodności flory segetalnej, a jednocześnie pozwalają utrzymać zachwaszczenie upraw na poziomie nie powodującym istotnego spadku plonu, na co wskazują wyniki wcześniejszych badań własnych prowadzonych na tym obiekcie [8]. Wzrost liczby gatunków chwastów występujących w łanie pszenicy od 2003 r. mógł być ponadto spowodowany wprowadzeniem do uprawy na tym polu większej liczby odmian. Jednak w badaniach Kwiatkowskiego i in. [16] odmiany jęczmienia jarego miały niewielki wpływ na zróżnicowanie zachwaszczenia.

Tab. 1. Skład gatunkowy chwastów w pszenicy uprawianej w systemie ekologicznym w latach 1996-2007
 Table 1. Weed species composition in wheat cultivated in organic system in the years 1996-2007

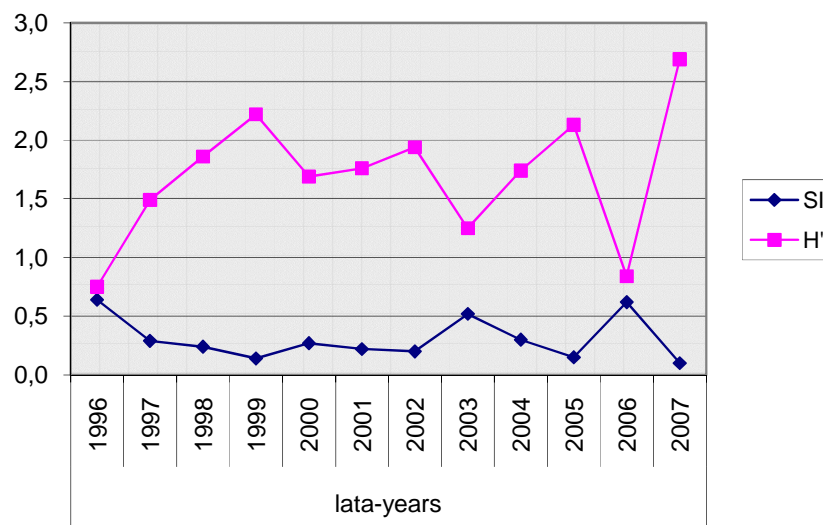
Lp. No	Gatunki chwastów Weed species	Lata badań – Years of research											
		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Dwuliścienne - Dicotyledonous													
1.	<i>Viola arvensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.	<i>Polygonum convolvulus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3.	<i>Chenopodium album</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4.	<i>Galium aparine</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5.	<i>Polygonum arviculare</i>	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6.	<i>Matricaria inodora</i>			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7.	<i>Geranium molle</i>			+	+	+				+	+	+	+
8.	<i>Stellaria media</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9.	<i>Veronica spp.</i>			+	+	+		+		+	+		+
10.	<i>Myosotis arvensis</i>			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
11.	<i>Capsella bursa-pastoris</i>			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12.	<i>Lapsana communis</i>		+	+	+	+	+	+		+	+	+	+
13.	<i>Vicia hirsuta</i>			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
14.	<i>Papaver rhoeas</i>			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15.	<i>Sonchus arvensis</i>			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16.	<i>Erodium cicutarium</i>				+	+				+		+	+
17.	<i>Melandrium album</i>			+					+	+	+	+	+
18.	<i>Cirsium arvense</i>		+	+		+	+	+			+	+	+
19.	<i>Erigeron canadensis</i>			+			+	+	+	+	+	+	+
20.	<i>Gnaphalium uliginosum</i>			+					+				
21.	<i>Plantago maior</i>			+									
22.	<i>Plantago lanceolata</i>								+			+	
23.	<i>Trifolium spp.</i>				+	+	+	+	+	+	+	+	+
24.	<i>Lamium purpureum</i>			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
25.	<i>Lycopsis arvensis</i>					+	+		+				+
26.	<i>Achillea millefolium</i>									+			
27.	<i>Senecio vulgaris</i>							+	+				+
28.	<i>Taraxacum officinale</i>							+	+		+	+	+
29.	<i>Myosurus minimus</i>			+					+	+	+	+	+
30.	<i>Polygonum nodosum</i>								+				
31.	<i>Consolida regalis</i>								+		+	+	+
32.	<i>Anthemis arvensis</i>									+			+
33.	<i>Spergula arvensis</i>									+			
34.	<i>Thlaspi arvense</i>			+							+		
35.	<i>Medicago sativa</i>											+	
36.	<i>Euphorbia helioscopia</i>											+	
37.	<i>Gnaphalium uliginosum</i>											+	
38.	<i>Vicia hirsuta</i>					+							+
39.	<i>Lamium amplexicaule</i>											+	+
40.	<i>Centaurea cyanus</i>												+
41.	<i>Polygonum persicaria</i>	+											+
42.	<i>Convolvulus arvensis</i>												+
43.	<i>Fumaria officinalis</i>			+									+
44.	<i>Daucus carota</i>								+				
45.	<i>Spergula arvensis</i>									+			
46.	<i>Sinapsis arvensis</i>										+		+
47.	<i>Galeopsis tetrahit</i>											+	
Jednoliścienne - Monocotyledonous													
48.	<i>Agropyron repens</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
49.	<i>Apera spica venti</i>			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
50.	<i>Echinochloa crus-galli</i>	+	+	+	+				+			+	+
51.	<i>Lolium perenne</i>												+
52.	<i>Poa annua</i>				+				+		+	+	+
53.	<i>Setaria viridis</i>											+	
Skrzypy - Horsetail													
54.	<i>Equisetum arvense</i>			+	+		+		+	+	+	+	+
	Ilość gatunków – Number of species	9	9	28	23	22	21	22	30	26	30	35	40



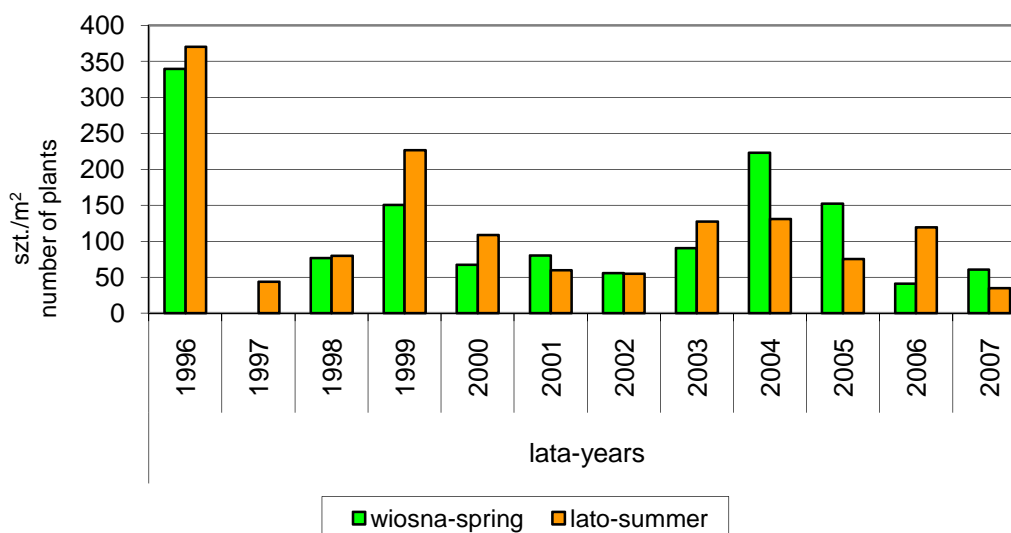
Rys. 1. Zmiany liczby gatunków chwastów występujących w pszenicy uprawianej w systemie ekologicznym w latach 1996-2007
 Fig. 1 The changes in number of weed species in wheat cultivated in organic system in the years 1996-2007



Rys. 2 Zmiany wartości wskaźnika różnorodności Shannon'a (H') i dominacji Simpsona (SI) dla flory segetalnej w pszenicy uprawianej w systemie ekologicznym w latach 1996-2007 – wiosna
 Fig. 2 The changes of Shannon diversity index (H') and Simpson dominance index (SI) for weed flora in wheat cultivated in organic system in the years 1996-2007 – spring



Rys. 3 Zmiany wartości wskaźnika różnorodności Shannon'a (H') i dominacji Simpsona (SI) dla flory segetalnej w pszenicy uprawianej w systemie ekologicznym w latach 1996-2007 – lato
 Fig. 3 The changes of Shannon diversity index (H') and Simpson dominance index (SI) for weed flora in wheat cultivated in organic system in the years 1996-2007 – summer



Rys. 4. Zmiany liczebności chwastów występujących w pszenicy uprawianej w systemie ekologicznym w latach 1996-2007
Fig. 4. The changes in number of weeds in wheat cultivated in organic system in the years 1996-2007

Z przeglądu badań poświęconych oddziaływaniu systemu ekologicznego na bioróżnorodność agroekosystemów wynika, że sprzyja on utrzymaniu większej bioróżnorodności flory i fauny niż w innych systemach rolniczych [9, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 20]. W badaniach prowadzonych metodą metaanalizy przez Bengtssona [3] różnorodność gatunkowa w systemie ekologicznym była o 30% większa niż w konwencjonalnym. Pozytywny wpływ systemu ekologicznego był szczególnie duży w odniesieniu do pola, bardziej zróżnicowane wyniki uzyskiwano na poziomie gospodarstwa i krajobrazu. Ponadto wyraźniejsza była przewaga systemu ekologicznego nad konwencjonalnym w ochronie bioróżnorodności w warunkach intensywnej produkcji rolniczej. Intensyfikacja rolnictwa, związana z uproszczeniami płodozmianu, eutrofizacją środowiska, dużym zużyciem przemysłowych środków produkcji, głównie herbicydów, prowadzi do zmniejszania różnorodności zbiorowisk chwastów i ich specjalizacji, a nawet zaniku pewnych gatunków chwastów [2, 6, 8, 9, 11]. Z drugiej strony w badaniach Stupnickiej-Rodzinkiewicz [18] wpływ zmianowania na różnorodność gatunkową był niewielki, a stosowanie herbicydów redukowało ilość chwastów, ale nie ich różnorodność. Autorka uważa, że w świetle tych wyników nie należy obawiać się, że chemiczne zwalczanie chwastów spowoduje gatunkowe zubożenie agrofitycenozy.

Wzrost różnorodności flory segetalnej znalazł potwierdzenie w wartościach wskaźników ekologicznych. Wartości wskaźnika różnorodności Shannona rosły, a indeksu dominacji Simpsona malały w kolejnych latach badań, z wyjątkiem lat, gdzie obserwowano większy udział w zbiorowisku pewnych gatunków chwastów (*Chenopodium album*, *Viola arvensis*).

Obecność różnych gatunków chwastów w łące roślin uprawnych zwiększa ogólną bioróżnorodność agroekosystemu, a przez to jego stabilność i trwałość [7]. W systemie ekologicznym, oprócz gatunków o dużej konkurencyjności w stosunku do roślin uprawnych występowały też gatunki, które spełniają ważne pozytywne funkcje w agroekosystemach, stanowiąc miejsce bytowania lub pokarm dla różnych gatunków zwierząt i przyczyniając się przez to do utrzymywania ogólnej bioróżnorodności w agrocenozach.

Według Marshalla i in. [17] gatunkami chwastów ważnymi ze względu na występowanie licznych bezkręgowców i ptaków odżywiających się nasionami są zwłaszcza: *Chenopodium album*, *Cirsium arvense*, *Stellaria media*, *Galium aparine*, *Poa annua*, *Polygonum aviculare*, *Senecio vulgaris*, *Sinapis arvensis*, *Sonchus arvensis*, *Tripleurospermum inodorum*. Wzrastająca bioróżnorodność w systemie ekologicznym oraz utrzymywanie się gatunków chwastów odznaczających się umiarkowaną konkurencyjnością pozwala przypuszczać, że jest zachowana różnorodność biologiczna.

5. Wnioski

Przeprowadzone badania upoważniają do wyprowadzenia następujących wniosków:

1. W ciągu 12-letniego okresu badań stwierdzono zwiększenie liczby gatunków chwastów występujących w łące pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym.
2. Liczebność chwastów różniła się latami, co wynikało z sezonowej zmienności warunków pogodowych oraz skuteczności mechanicznych zabiegów regulacji zachwaszczenia, ale nie wykazywała tendencji rosnącej i na ogół nie przekraczała 150 szt./m².
3. Wskaźnik Shannona potwierdził wzrost bioróżnorodności flory segetalnej towarzyszącej pszenicy uprawianej w systemie ekologicznym. Wskaźnik Simpsona zmniejszał swoją wartość, tylko w niektóre lata wskazując na dominację pewnych gatunków chwastów w zbiorowisku.

6. Literatura

- [1] Altieri M.A.: The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, s. 19-31, 1999.
- [2] Barberi P., Silvestri N., Bonari E.: Weed communities of winter wheat as influenced by input level and rotation. *Weed Res.*, 37, s. 301-313, 1997.

- [3] Bengtsson J., Ahnström J., Weibull A.-Ch.: The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, s. 1-9, 2005.
- [4] Chamberlain D.E., Fuller R.J., Bunce R.G.H., Duckworth J.C., Shrubbs M.: Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales. *Journal of Applied Ecology*, 37, s. 771-188, 2000.
- [5] Chylarecki P., Jawińska D., Kuczyński L.: *Monitoring Pospolitych Ptaków Lęgowych. Raport z lat 2003-2004*, ss. 30, Warszawa, OTOP, 2006.
- [6] Doucet C., Weaver S.E., Hamill A.S., Zhang J.: Separating the effects of crop rotation from weed management on weed density and diversity. *Weed Sci.*, 47, s. 729-735, 1999.
- [7] Eisele J.-A.: Organic farming as a sustainable system: Weed management strategies in organic farming. W: *Sustainable Agriculture for food, energy and industry. Vol. I. Proc. Intern. Conference Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry*. El Bassam, N., Behl, R.K., Prochnow, B. (eds), s. 599-602, London, James & James Ltd. 1998.
- [8] Feledyn-Szewczyk B., Duer I.: Oddziaływanie systemu produkcji na zachwaszczenie łąki pszenicy ozimej. *Pam. Puł.*, 138, s. 35-49, 2004.
- [9] Frieben B., Köpke U.: Effect of farming systems on biodiversity. In: Isart J., Llerena J.J. (eds). *Biodiversity and Land Use: The Role of Organic Farming. Proceedings of the first ENOF Workshop*, s. 11-21, Bonn 1995.
- [10] Fuller R.J., Norton L.R., Feber R.E., Johnson P.J.: Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa. *Biol. Lett.*, s. 1-5, 2005.
- [11] Heller K., Adamczewski K.: Zmiany w zachwaszczeniu wywołane zmianami w agrotechnice roślin i zmianami klimatycznymi. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 42(1), s. 349-357, 2002.
- [12] Hole D.G., Perkins A.J., Wilson J.D., Alexander I.H., Grice P.V., Evans A.D.: Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*, 122, s. 113-130, 2005.
- [13] Hołdyński Cz., Korona A., Jastrzębski W., Korona E.: Zachwaszczenie pól w różnych systemach uprawy. *Pam. Puł.*, 122, s. 149-159, 2000.
- [14] Janczak-Tabaszewska D., Tyburski J.: Zachwaszczenie pszenicy jarej i ziemniaków w gospodarstwach ekologicznych i konwencjonalnych. W: M. Górny (red.). *Porównanie ekologicznych i konwencjonalnych gospodarstw rolnych w Polsce*. Wyd. SGGW, s. 49-54, Warszawa 1999.
- [15] Kapeluszný J., Haliniarz M.: Zachwaszczenie zbóż uprawianych w gospodarstwach ekologicznych na Lubelszczyźnie. *Pam. Puł.*, 122, s. 39-49, 2000.
- [16] Kwiatkowski C., Wesołowski M., Stępień A.: Bioróżnorodność chwastów w trzech odmianach jęczmienia jarego uprawianych w siedmioletniej monokulturze i zmianowaniu. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 3(2), s. 109-117, 2004.
- [17] 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 Res.*, 43, s. 77-89, 2003.
- [18] Stupnicka-Rodzinkiewicz E., Stępnik K., Lepiarczyk A.: Wpływ zmianowania, sposobu uprawy roli i herbicydów na bioróżnorodność zbiorowisk chwastów. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 3 (2), s. 235-245, 2004.
- [19] Topham P.B., Lawson H.M.: Measurement of weed species diversity in crop/weed competition studies. *Weed Res.* 22, s. 285-293, 1982.
- [20] Tyser L., Hamouz P., Novakova K.: Weed species diversity of agrophytocenoses under different farming systems. *Bibliotheca Fragn. Agronom.*, v.11 (II): 597-598, 2006.
- [21] Zanin G., Mosca G., Catizone P.: A profile of the potential flora in maize fields of the Po Valley. *Weed Res.*, 32, s. 407-418, 1992.