

**Analiza zbiorowisk chwastów
za pomocą wybranych wskaźników biologicznych**

**MARIA WANIC, MAGDALENA JASTRZĘBSKA,
MARTA K. KOSTRZEWSKA, JANUSZ NOWICKI**

Katedra Systemów Rolniczych, UWM, Plac Łódzki 3, 10-718 Olsztyn

Wanic M., Jastrzębska M., Kostrzevska M.K., Nowicki J.

(Department of Agriculture Systems, University of Warmia and Mazury in Olsztyn,
Plac Łódzki 3, 10-718 Olsztyn, Poland).

Analysis of weeds communities using selected biological indicators.

(Otrzymano: 02.07.2004)

S u m m a r y

The paper analyses the weeds community in oats cultivated at different position in two crop rotations: after potato (in the rotation system with 25% share of oats) and twice after oats (with its 75% share) during the years 1990-2000, using the diversity of species indicators (by Simpson and by Shannon-Wiener), homogeneity of species by Simpson and communities similarity ratios. The dependence of biological indicators on the weather conditions and the dependence of oats grain yield on the number and diversity of species were assessed. Diversity and homogeneity of species in communities of weeds in the field of oats showed high differences from year to year of studies and dates of measurements (stage of oats tillering, end of its vegetation). To a lesser degree they changed under the influence of the position in the rotation system. With the passage of years the number of weeds during the spring period gradually increased. The analyzed parameters showed the differentiated dependence on the weather conditions. The communities form years with similar weather conditions did not show analogy in individual density and species. No significant dependence between the yield and the diversity of weeds was confirmed.

Słowa kluczowe – key words: chwasty – weeds, różnorodność gatunkowa – biodiversity, podobieństwo zbiorowisk – similarity of communities, owies – oats

WSTĘP

Liczebność, skład gatunkowy oraz wielkość fitomasy chwastów występujących w zbiorowiskach pól uprawnych podlegają zmianom, głównie pod wpływem stosowanej agrotechniki i czynników przyrodniczych. W piśmiennictwie naukowym

podkreśla się powszechnie dziś znane negatywne, wielostronne oddziaływanie chwastów na rośliny uprawne, objawiające się spadkiem plonu i pogorszeniem jego cech jakościowych (Adamiak, Zawisłak, 1990; Duer, 1996; Zawisłak, 1997). O uciążliwości chwastów decyduje przede wszystkim ich zagęszczenie na jednostce powierzchni i wielkość fitomasy. Odnośnie znaczenia w tym względzie bogactwa gatunkowego zdania w literaturze są podzielone. W niektórych badaniach wykazano, że szkodliwość zbiorowisk o uproszczonym składzie może być nawet większa niż bardziej różnorodnych (Adamiak, Zawisłak, 1990; Rola, 1982).

W ostatnich latach, oprócz tzw. „prostej” szkodliwości chwastów (obniżanie poziomu i jakości plonów), zaczęto zwracać uwagę na ich bardziej skomplikowaną rolę w ekosystemach (Duer 1996). Podejmuje się badania konkurencyjnych i allelopatycznych oddziaływań pomiędzy składnikami agrocenoz, w tym znaczenia chwastów w utrzymaniu bądź zwiększeniu tzw. bioróżnorodności; m.in. poprzez rozszerzenie relacji troficznych z innymi organizmami, takimi jak: mikroorganizmy, bezkręgowce i ptaki (Marshall i in., 2003).

Opisane powyżej, nowe podejście do chwastów, stało się też inspiracją do szczegółowej oceny ich zbiorowisk, za pomocą wskaźników biologicznych. Metody te dosyć powszechnie przyjęły się w badaniach ekologicznych (Danilov, Ekelund, 1999; Duelli, Obrist, 2003); natomiast znacznie rzadziej stosowane są w naukach rolniczych (Jędruszczak, Antoszek, 2003).

Treści niniejszej pracy dotyczą łąnów owsa, tj. rolniczego gatunku dobrze konkurującego z chwastami, który dzięki tzw. sanitarnym właściwościom polecany jest do uprawy w zmianowaniach z dużym udziałem zbóż (Kus i in., 2000). Jej celem była ocena wielkości i struktury zbiorowisk chwastów w łąnach owsa przeprowadzona za pomocą wybranych wskaźników biologicznych, z uwzględnieniem doboru stanowisk oraz analiza zależności plonowania owsa od charakteru i struktury zbiorowisk chwastów określanych za pomocą wskaźników biologicznych.

MATERIAŁ I METODY

Dane obrazujące zachwaszczenie owsa pochodzą ze ścisłego, statycznego doświadczenia polowego, realizowanego w latach 1990-2000 w Przedsiębiorstwie Produkcyjno-Doświadczalnym w Bałczynach (obiekt należący do UWM w Olsztynie). Eksperyment prowadzono na glebie płowej typowej, wytworzonej z gliny lekkiej pylastej, zaliczanej do kategorii agronomicznej gleb średnich, o zawartości próchnicy w warstwie uprawnej od 1,49 do 1,61% oraz przeciętnej zasobności w przyswajalne formy makro- i mikroskładników. Gleba ta reprezentuje klasę bonitacyjną IIIa oraz kompleks glebowo-rolniczy żytni bardzo dobry. Przedmiot badań stanowiły zbiorowiska chwastów owsa, corocznie uprawianego w dwóch płodozmianach z 25 i 75% jego udziałem:

A – 25%: ziemniak – owies – groch siewny – pszenżyto ozime

B – 75%: ziemniak – owies – owies – owies.

Do badań wybrano dwa pola obsiane owsem, a mianowicie: w płodozmianie A – po ziemniaku (potencjalnie stanowisko najkorzystniejsze) i B – z jego uprawą po raz trzeci na tym samym polu (skrajnie niekorzystne).

Owies corocznie wysiewano w zagęszczeniu 550 kielkujących ziarniaków na 1m², nawoząc go zróżnicowanymi dawkami składników mineralnych (NPK) w zależności od umiejscowienia w płodozmianie. Łącznie wnoszono ich (kg · ha⁻¹): 260 – po ziemniaku, 280 – po owsie uprawianym raz po sobie oraz 300 – w stanowisku, gdzie wysiewano go dwukrotnie po sobie. W doświadczeniu (przez cały okres jego trwania) nie zwalczano chwastów, w celu lepszego uwidocznienia roli samego przedplonu w tym względzie.

Zachwaszczenie owsa oznaczano corocznie, w fazie krzewienia i przed zbiorem, w dwóch powtórzeniach na każdym poletku, określając na wyznaczonych, stałych powierzchniach (1m²) liczebność i skład gatunkowy chwastów. Wyniki te posłużyły do wyliczeń bogactwa gatunkowego (ustalenia liczby występujących gatunków), stałości pojawiania się gatunków w latach, wskaźników różnorodności gatunkowej zbiorowisk: Simpsona (1949) i Shannona-Wienera (Shannon, 1948; Wiener, 1948; patrz też: Weiner, 2003), wskaźnika równomierności Simpsona (1949) oraz współczynnika podobieństwa zbiorowisk Sorensena (1948).

Dla określenia stałości pojawów gatunków w latach wykorzystano metodę stałości fitosocjologicznej, wyróżniając klasy wg skali Braun-Blanqueta: V – gatunki pojawiające się stale i często (występujące w 80,1-100% badanych lat), IV – gatunki częste (w 60,1-80%), III – średnio częste (40,1-60%), II – niezbyt częste (20,1-40%) oraz I – sporadyczne lub rzadkie (0,1-20% lat) (Braun-Blanquet, 1964).

Wskaźniki różnorodności gatunkowej obliczono za pomocą wzorów:

– Simpsona (D): $D = 1 \cdot (\sum p_i^2)^{-1}$ i

– Shannona-Wienera (H'): $H' = -\sum (p_i \cdot \ln p_i)$, gdzie:

p_i – proporcja osobników i -tego gatunku w zbiorowisku do liczebności wszystkich osobników w zbiorowisku;

a wskaźnik równomierności Simpsona (E): $E = D \cdot S^{-1}$, gdzie:

D – wskaźnik różnorodności Simpsona, S – bogactwo gatunkowe zbiorowiska.

Wskaźnik różnorodności Simpsona przybiera tym większe wartości, im mniejsza jest dominacja jednego lub kilku gatunków w zbiorowisku. Gdy każdy osobnik w zbiorowisku należy do innego gatunku lub taka sama liczba osobników należy do każdego gatunku, zbiorowisko osiąga największą możliwą różnorodność przy danej liczebności (D=S).

Drugi wskaźnik analizujący tę cechę – Shannona-Wienera wzrasta wraz z liczbą gatunków w zbiorowisku i stopniem wyrównania ich liczebności.

Wskaźnik równomierności Simpsona (E) oznacza równomierność podziału osobników między gatunki i zawiera się zawsze w przedziale od 0 do 1. Maksymalna różnorodność oznacza również największą możliwą równomierność (po tyle samo

osobników w każdym gatunku; $E=1$). Najmniejsza równomierność występuje z najmniejszą różnorodnością i wynosi $E=1 \cdot S^{-1}$.

Współczynniki podobieństwa zbiorowisk chwastów wyliczono przystosowując wzór Sorensena: $P = 2c \times 100 \cdot (a + b)^{-1}$, gdzie:

P – współczynnik podobieństwa wyrażony w procentach

c – suma wspólnych liczebności gatunków dla danej pary zbiorowisk

a – suma liczebności chwastów w pierwszym zbiorowisku

b – suma liczebności chwastów w drugim zbiorowisku.

Zależności między badanymi cechami zbiorowisk chwastów a ilością opadów i średnią temperaturą w badanym okresie wyznaczono za pomocą współczynników korelacji liniowej. Dla badanych parametrów wyznaczono trendy w latach wg wzoru: $y = a \cdot x + b$, gdzie:

x – wartość zmiennej niezależnej (tu: kolejne lata badań)

y – wartość zmiennej zależnej odpowiadająca wartości x (tu odpowiednio: liczebność chwastów, bogactwo gatunkowe, wskaźniki różnorodności i równomierności)

a – stała regresji (wyraz wolny) – określa punkt przecięcia wyznaczonej prostej regresji z osią zmiennej zależnej y

b – tangens kąta nachylenia osi regresji względem osi zmiennej niezależnej x ; wskazuje o ile zmieni się zmienna zależna y , jeśli zmienna niezależna x zmieni się o jednostkę.

Na podstawie bogactwa gatunkowego chwastów w łanie owsa oraz wyliczonych współczynników różnorodności i równomierności dla zbiorowisk wiosennych i letnich lata badań połączono w skupienia, z zastosowaniem metody Warda (Fi lipiak, Wilkos, 1998). Przeanalizowano również związek między liczebnością chwastów w zbiorowiskach i ich różnorodnością a plonowaniem owsa.

Nazewnictwo łacińskie gatunków chwastów przyjęto za Mirkiem i in. (1995).

WYNIKI I DYSKUSJA

W analizowanym 11-leciu wegetacja owsa i towarzyszących mu chwastów przebiegała w zróżnicowanych warunkach pogodowych (tab. 1). Na podstawie sumy opadów atmosferycznych w okresie od kwietnia do sierpnia, zgodnie z kryteriami opracowanymi przez Kaczorowską i Przedpełską (za Szwejkskim, 1997), lata 1997 i 1999 zaliczono do bardzo mokrych, 1998 do mokrych, 1990, 1993, 1996 i 2000 do sezonów przeciętnych, 1991, 1994 i 1995 zakwalifikowano do suchych, a rok 1992 do bardzo suchych. Ciepłe, jak na region północno-wschodniej Polski, okazały się sezony 1992, 1994, 1995, umiarkowane – 1990, 1993, 1999 i 2000, chłodne zaś – 1991, 1996, 1997 i 1998.

Tabela 1

Suma opadów i średnia dobowa temperatura powietrza podczas wegetacji owsa (od kwietnia do sierpnia)

Table 1

Precipitations and air temperature during oats vegetation (from April to August)

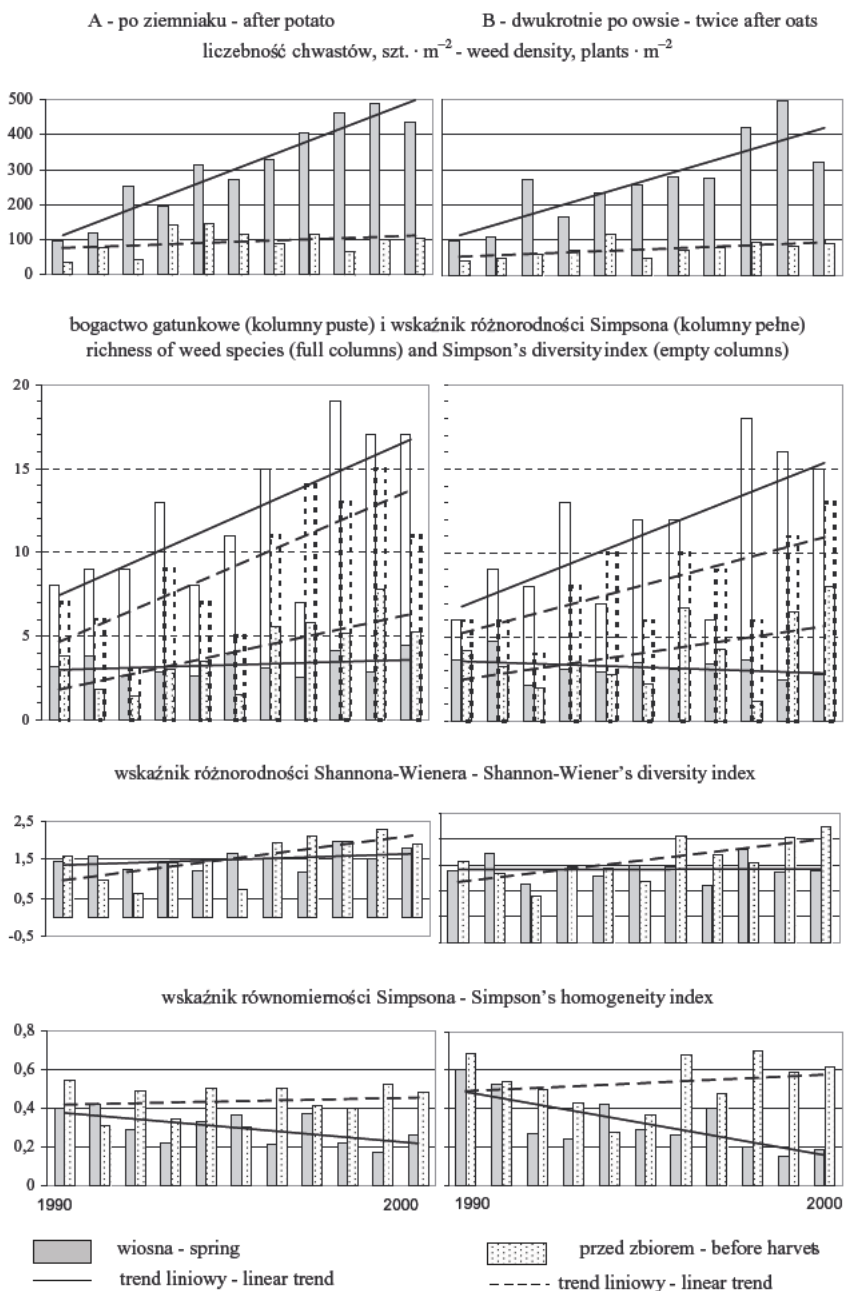
Month	Lata badań – Year of study											
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
Miesiące opady atmosferyczne – precipitations (mm)												
Kwiecień – April	23,613	038,4	119,346	140,710	822,644	5101,620,2						
Maj – May	62,0	60,634	130,990	732,893	599,058	369,1	32,5					
Czerwiec – June	83,072	413,387	643,048	564,571	7141,					9	155,6	33,1
Lipiec – July	75,6	61,469	5103,4	22,971	772,4187	657,575	5,104,					
Sierpień – August	88,0	46,7	17,2	108,2	69,2	85,4	59,1	59,1	58,3	53,0	140,9	
Suma – Total	332,2	254,1	172,5	349,4	271,9	279,1	300,3	440,0	360,5	454,8	330,9	
Ocena* Classification*	P	S	BS	P	S	S	P	BM	M	BM	P	
temperatura powietrza – air temperature (°C)												
Kwiecień – April	8,9	8,37	10,49	17,87	13,99	08,310,9						
Maj – May	14,2	10,2	14,017	512,512	813,211	413,211	1,13,5					
Czerwiec – June	6,915	118,614	915,817	115,415	716,216	7,15,9						
Lipiec – July	17,2	19,520	116,821	820,615	316,916	219,1	15,3					
Sierpień – August	18,2	18,6	20,9	16,5	18,3	19,2	17,9	18,3	15,2	16,9	16,9	
Srednia – Mean	15,1	14,316	115,015	515,513	813,214	014,4	14,5					
Ocena** Classification**	U	Z	C	U	C	C	Z	Z	Z	U	U	

* BM – bardzo mokry – very wet, M – mokry – wet, P – przeciętny – average, S – suchy – dry, BS – bardzo suchy – very dry;

** C – ciepły – warm, U – umiarkowany – moderate, Z – chłodny – cool

Zbiorowiska chwastów w łąnie owsa wykazywały duże zróżnicowanie pomiędzy latami badań i terminami pomiarów (faza krzewienia owsa, koniec jego wegetacji). W mniejszym stopniu zmieniały się pod wpływem stanowisk płodozmianowych (rys. 1).

Wiosną, w początkowym okresie trwania doświadczenia (lata 1990-1992) oceniane stanowiska (po ziemniaku i po owsie) odznaczały się zbliżoną liczebnością chwastów. Od 1993 r. na ogół więcej osobników notowano po ziemniaku; w porównaniu do pola po owsie – o 30-130 szt. · m⁻². Analizując zachwaszczenie wiosenne stwierdzono, że w miarę upływu lat na obu polach następował sukcesywny wzrost zachwaszczenia: od 95-98 szt. · m⁻² na początku badań do blisko 500 w roku 1999 (trend istotny – tab. 2). Przed zbiorem liczebność chwastów ulegała wprawdzie dużym wahaniom (37-145 po ziemniaku i 40-117 po owsie), ale nie wykazywała wyraźnej tendencji wzrostowej. Pogłębiała się zatem rozpiętość między wiosennym a letnim zachwaszczeniem. Heller i Adamczewski (2002) w przeglądowym artykule, dotyczącym dynamiki zmian w zbiorowiskach chwastów pól uprawnych pod wpływem antropopresji podają, że zdania w literaturze na ten temat są podzielone. Niektóre badania wskazują, że zbiorowiska podlegają tylko przeobrażeniom jakościowym, bez istotnych zmian w ich liczebności i pokryciu łąnu, inne zaś mówią zarówno o wzroście zagęszczenia chwastów, jak i o



Rys. 1. Liczebność, bogactwo gatunkowe, wskaźniki różnorodności i równomierności gatunkowej chwastów w łanie owsa w ciągu 11 lat badań
Fig. 1. Density of individuals, diversity of species, diversity and homogeneity of species indices for the field of oats over the 11 years of the study

jego obniżeniu.

Liczebność chwastów wiosną była istotnie dodatnio skorelowana z ilością opadów występujących w kwietniu (tab. 3). W warunkach większego nasilenia opadów w sierpniu oraz łącznie w okresie kwiecień – sierpień, często notowano również więcej chwastów przed zbiorem owsa; natomiast odwrotnie zdawała się wpływać temperatura: gdy była ona wyższa w kwietniu i sierpniu to liczba chwastów przed zbiorem była mniejsza. Tendencje te jednak nie zostały potwierdzone istotnością korelacji.

W okresie badań łącznie zidentyfikowano 31 gatunków chwastów w owsie

Tabela 2
Charakterystyka trendów liniowych badanych parametrów w latach
Table 2
Characterization of linear trends of studied parameters over the years

Badany parametr Parameter studied	Termin analizy – Time of analysis	Równanie trendu Trend equation	r
stanowisko po ziemniaku w płodozmianie A position after potato in rotation system A			
Liczebność chwastów na 1 m ² Weed density, plants per 1 m ²	w	y = 38,491x + 74,418	0,95*
	z	y = 3,5x + 73,273	0,32
Bogactwo gatunkowe chwastów Richness of weed species	w	y = 0,9273x + 6,5273	0,72*
	z	y = 0,9091x + 3,7273	0,77*
Wskaźnik różnorodności Simpsona Simpson's diversity index	w	y = 0,0601x + 2,9376	0,30
	z	y = 0,452x + 1,3553	0,73*
Wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera Shannon-Wiener's diversity index	w	y = 0,029x + 1,326	0,40
	z	y = 0,1161x + 0,8425	0,69*
Wskaźnik równomierności Simpsona Simpson's homogeneity index	w	y = -0,0157x + 0,3898	-0,61*
	z	y = 0,0037x + 0,4131	0,14
stanowisko po owsie w płodozmianie B position after oats in rotation system B			
Liczebność chwastów na 1 m ² Weed density, plants per 1 m ²	w	y = 30,609x + 82,345	0,85*
	z	y = 4,1x + 48,218	0,60
Bogactwo gatunkowe chwastów Richness of weed species	w	y = 0,8545x + 5,9636	0,68*
	z	y = 0,5727x + 4,6545	0,69*
Wskaźnik różnorodności Simpsona Simpson's diversity index	w	y = -0,0714x + 3,64	-0,34
	z	y = 0,3202x + 2,1398	0,49
Wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera Shannon-Wiener's diversity index	w	y = 0,0005x + 1,4176	0,01
	z	y = 0,0835x + 1,0875	0,70*
Wskaźnik równomierności Simpsona Simpson's homogeneity index	w	y = -0,0329x + 0,5202	-0,75*
	z	y = 0,0086x + 0,4827	0,21

w – wiosną (faza krzewienia) – spring (tillering stage),

z – przed zbiorem owsa (koniec wegetacji) – before oats harvest (end of vegetation),

r – współczynnik korelacji liniowej – linear correlation factor,

* – r istotny przy p < 0,05 – r significant at p < 0.05

Tabela 3

Współczynniki korelacji liniowej między wskaźnikami ekologicznymi a opadami i temperaturami w okresie badań

Table 3

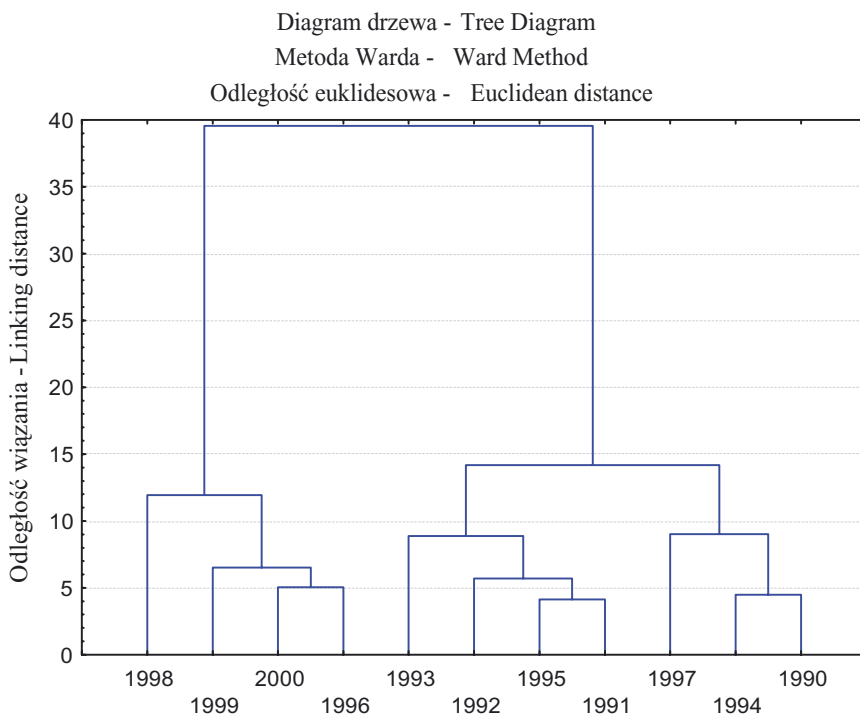
Linear correlation index between the ecological indicators and precipitations and temperature during the study period

Wyszczególnienie Item	Liczebność chwastów Density of weed plants	Bogactwo gatunkowe Richness of weed species	Wskaźniki – Indicators		
			różnorodności gatunkowej – diversity index		równomier- ności Simpsona – homoge- neity index
			Simpsona	Shannona – Wienera	
wiosna (faza krzewienia) – spring (tillering stage)					
Kwiecień – April					
– opady – precipitations	0,61*	0,34	-0,33	-0,04	-0,41
– temperatura – air temperature	-0,05	0,47*	0,25	0,50*	-0,20
przed zbiorem (koniec wegetacji) – before oats harvest (end of vegetation)					
Czerwiec – June					
– opady – precipitations	0,02	0,43*	0,31	0,49*	0,23
– temperatura – air temperature	-0,41	-0,42	-0,21	-0,42	0,12
Lipiec – July					
– opady – precipitations	0,05	0,34	0,30	0,31	-0,01
– temperatura – air temperature	0,08	-0,46	-0,51*	-0,61*	-0,44*
Sierpień – August					
– opady – precipitations	0,27	0,30	0,28	0,32	-0,02
– temperatura – air temperature	-0,30	-0,59*	-0,41	-0,65*	-0,21
Kwiecień-sierpień April-August					
– opady – precipitations	0,26	0,72*	0,61*	0,75*	0,17
– temperatura – air temperature	-0,12	-0,62*	-0,53*	-0,68*	-0,23

* – korelacja istotna przy $p < 0,05$ – significant correlation at $p < 0,05$

uprawianym po ziemniaku i 26 – w jego następstwie po sobie. Wśród nich najliczniej występowały *Thlaspi arvense* i *Chenopodium album* (tab. 4). Skład gatunkowy i ranga najliczniejszych gatunków w niniejszych badaniach są w dużej mierze zbliżone z doniesieniami Za w i ś l a k (1997). Niezależnie od liczebności, w zbiorowisku stale i często (V) obecne były: *Thlaspi arvense*, *Chenopodium album*, *Stellaria media*, *Fallopia convolvulus* i *Matricaria maritima* ssp. *inodora*, a w następstwie po ziemniaku dodatkowo – *Galium aparine* i *Veronica arvensis*, zaś po owsie – *Polygonum aviculare*. Wymienione tu gatunki (poza *Thlaspi arvense* i *Veronica arvensis*) Latowski (2002) zalicza do grupy chwastów bardzo pospolitych (o najwyższej frekwencji we wszystkich regionach Polski) lub pospolitych. Liczba gatunków pojawiających się w łąkach owsa ze stałością V i IV w płodozmianie A i B była porównywalna: odpowiednio 11 i 10, natomiast w czteropolówce A odnotowano wyraźnie więcej gatunków występujących sporadycznie i niezbyt często (I i II klasa stałości).

Rozważając coroczne bogactwo gatunkowe (rys. 1), zauważono, że w okresie 11 lat liczba gatunków w łące, niezależnie od stanowiska, kształtowała się od 3 do 19. Skład gatunkowy w okresie wiosennym przeważnie był bogatszy niż przed zbiorem; jedynie trzykrotnie notowano odwrotny układ (w roku 1997 w płodozmianie



Rys. 2. Połączenie lat w skupienia na podstawie bogactwa gatunkowego chwastów w łące owsa oraz wyliczonych współczynników różnorodności i równomierności dla zbiorowisk wiosennych i letnich

Fig. 2. Combination of years in concentration on the basis of diversity of weed species in oats field and calculated indices of diversity and homogeneity for spring and summer communities

A i w 1994 i 1997 w B). Rozpiętość między bogactwem gatunkowym zbiorowiska wiosennego i letniego wahała się od 1 do 6 na korzyść wiosny w stanowisku po ziemiaku (odnotowano tylko jeden przypadek, gdy o 7 taksonów więcej wystąpiło przed zbiorem) i od 0 do 12 w następstwie owsa po sobie. Trendy w latach zarówno składu gatunkowego wiosną, jak i przed zbiorem miały charakter wzrostowy, a określające je współczynniki korelacji były istotne (tab. 2). Porównując w poszczególnych latach bogactwo gatunkowe chwastów z dwóch rodzajów następstw nie stwierdzono między nimi znaczących różnic. Heller i Adamczewski (2002) przytaczają utrzymującą się w środowisku fitosocjologów i herbologów opinię, że w wyniku zmian zachodzących w rolnictwie zmniejszyła się ogólna liczba chwastów, a wzrosła dominacja nielicznej grupy taksonów.

Bogactwo gatunkowe aspektu wiosennego było dodatkowo istotnie skorelowane ze średnią temperaturą kwietnia (tab. 3). Ciepłszy kwiecień pozwalał na pojawianie

się w łanie taksonów późno wschodzących. Z kolei liczba gatunków oznaczonych przed zbiorem wykazywała istotną dodatnią korelację z ilością opadów w czerwcu oraz łączną ich sumą w okresie kwiecień-sierpień oraz ujemną – ze średnią temperaturą tych miesięcy (istotność korelacji dla wartości z sierpnia oraz z okresu kwiecień-sierpień).

Wyliczone wskaźniki różnorodności gatunkowej wykazały duże zróżnicowanie, zarówno w latach badań, jak i pomiędzy aspektami wiosennym i letnim oraz między stanowiskami (rys. 1). Wartości wskaźnika różnorodności Simpsona układały

Tabela 4

Liczebność (szt. · m⁻²) i stałość pojawiania się gatunków chwastów w łanie owsa (średnio w 11-leciu badawczym)

Table 4

Density (plants · m⁻²) and constancy degree of appearance of weed species in oats field (average in 11-year experiment)

Gatunki chwastów Weed species	Plodozmian – przedplon Rotation system – preceding crop					
	A – ziemniak – potato			B – owies – oats		
	Liczebność – density		stałość constancy	Liczebność – density		stałość constancy
	w	z		w	z	
<i>Thlaspi arvense</i> L.	134,3	9,1	V	124,5	6,5	V
<i>Chenopodium album</i> L.	85,9	39,4	V	76,4	25,7	V
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	27,1	4,4	V	21,6	4,0	V
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Á. Löve	12,7	7,9	V	14,4	10,1	V
<i>Matricaria maritima</i> L. ssp. <i>inodora</i> (L.) Dostál	8,0	5,4	V	4,4	2,5	V
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.	7,7	4,9	II	0,3	0,9	I
<i>Sonchus arvensis</i> L.	6,3	3,6	IV	3,5	3,0	IV
<i>Lamium amplexicaule</i> L.	3,6		IV	4,8	0,4	IV
<i>Polygonum aviculare</i> L.	2,8	2,6	III	2,6	1,1	V
<i>Polygonum lapathifolium</i> L.	2,7	2,2	IV	1,5	1,5	III
<i>Galium aparine</i> L.	2,3	0,5	V	1,9	0,5	III
<i>Myosotis arvensis</i> (L.) Hill	2,1	2,5	III	0,9	0,2	III
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	2,0	6,5	IV	1,3	9,3	IV
<i>Viola arvensis</i> Murray	1,2	0,1	II	0,8	0,3	III
<i>Anchusa arvensis</i> (L.) M. Bieb.	1,0	0,5	III	1,0	0,5	IV
<i>Galeopsis tetrahit</i> L.	1,0	0,4	II	1,3	0,2	III
<i>Veronica arvensis</i> L.	0,9	0,4	V	1,8	1,5	III
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	0,8		I	0,3		I
<i>Equisetum arvense</i> L.	0,7	0,3	II	0,7	1,1	II
<i>Spergula arvensis</i> L.	0,6	0,2	III	0,9	0,1	III
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	0,5	0,2	II	0,5	0,3	II
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	0,4	1,6	II	0,2	2,4	II
<i>Poa annua</i> L.	0,3		I			
<i>Fumaria officinalis</i> L.	0,2	0,1	I	0,4	0,4	II
<i>Anagallis arvensis</i> L.	0,2		I	0,1		I
<i>Rumex acetosella</i> L.	0,2		I			
<i>Agropyron repens</i> (L.) P. Beauv.		1,0	II		0,4	I
<i>Plantago major</i> L.		0,2	I			
<i>Crepis tectorum</i> L.		0,2	I			
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.		0,2	I			
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist		0,1	I			
<i>Sinapis arvensis</i> L.				0,1		I

w – wiosną (faza krzewienia) – spring (tillering stage),

z – przed zbiorem owsa (koniec wegetacji) – before oats harvest (end of vegetation)

Tabela 5

Macierz współczynników podobieństwa zbiorowisk chwastów z poszczególnych lat dla stanowiska po ziemniaku w płodozmianie A

Table 5

Matrix of weed community similarity indices for individual years and position after potato in crops rotation system A

		wiosna – spring										
Rok - Year Ocena* Classification*		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
		P/U	S/Z	BS/C	P/U	S/C	S/C	P/Z	BM/Z	M/Z	BM/UP/U	
przed zbiorem – before harvest	1990 P/U		82,2	53,8	55,9	43,2	49,9	41,5	35,9	33,0	31,3	34,8
	1991 S/Z	43,9		60,5	56,7	42,2	56,6	43,3	37,7	36,1	37,0	33,0
	1992 BS/C	52,5	65,0		78,9	76,4	75,6	79,7	71,5	67,9	64,5	62,9
	1993 P/U	35,8	65,8	45,4		69,8	77,4	71,8	57,6	56,6	49,3	56,4
	1994 S/C	35,2	65,8	41,5	62,7		70,4	85,2	84,1	65,9	54,1	77,9
	1995 S/C	44,2	72,2	48,8	73,4	60,3		71,5	61,5	60,7	59,2	56,3
	1996 P/Z	48,8	47,9	36,1	81,9	40,9	33,8		80,8	74,3	61,5	75,6
	1997 SM/Z	45,5	49,5	58,8	73,4	54,2	42,7	34,8		77	66,1	71,3
	1998 M/Z	50,0	41,7	52,7	90,9	31,1	30,4	54,8	53,3		68,9	63,2
	1999 BM/U	22,1	21,6	12,7	24,9	20,5	17,6	31,7	25,0	32,5		51,3
	2000 P/U	30,0	28,9	41,1	28,6	21	23,6	26,9	36,4	51,8	66,3	
		przed zbiorem – before harvest										

* – ocena roku na podstawie warunków pogodowych – assessment of the year on the basis of the weather conditions

Tabela 6

Macierz współczynników podobieństwa zbiorowisk chwastów z poszczególnych lat dla stanowiska po owsie w płodozmianie B

Table 6

Matrix of weed community similarity indices for individual years and position after oats in crops rotation system B

		wiosna – spring										
Rok - Year Ocena* Classification*		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
		P/U	S/Z	BS/C	P/U	S/C	S/C	P/Z	BM/Z	M/Z	BM/UP/U	
przed zbiorem – before harvest	1990 P/U		76,3	44,2	47,1	46,7	51,7	35,4	38,5	30,2	32,7	25,3
	1991 S/Z	71,9		42,9	51,1	46,9	51,2	39,6	39,0	34,5	33,1	31,6
	1992 BS/C	44,4	44,4		58,0	56,6	67,4	56,8	82,3	76,6	68,8	68,4
	1993 P/U	55,4	64,5	51,9		76,1	71,9	71,0	67,1	52,4	46,7	58,8
	1994 S/C	40,8	41,0	68,2	46,6		82,0	81,6	75,2	66,4	46,8	71,6
	1995 S/C	42,7	51,0	66,7	59,5	51,8		76,6	67,4	68,5	65,9	69,8
	1996 P/Z	59,5	46,7	50,8	43,4	46,8	41,7		71,6	70,4	47,2	77,2
	1997 SM/Z	43,7	45,3	71,0	50,3	64,3	51,6	57,3		74,8	62,0	80,4
	1998 M/Z	45,1	39,4	67,1	48,5	64,8	52,1	58,5	67,4		65,6	78,6
	1999 BM/U	30,9	34,8	11,3	40,0	19,0	21,2	29,9	23,5	22,7		56,1
	2000 P/U	35,7	43,5	33,8	37,3	31,1	33,3	35,0	44,0	37,4	48,8	
		przed zbiorem – before harvest										

* – ocena roku na podstawie warunków pogodowych – assessment of the year on the basis of the weather conditions

się w szerokim przedziale 1,47-8,01, a Shannona-Wienera – w granicach 0,61-2,29. Wskaźnik Simpsona obciążony jest zależnością od liczby gatunków występujących na danym polu i najlepiej spełnia swą funkcję w zbiorowiskach o takim samym bogactwie gatunkowym. Do porównań fitocenozy o różnej liczbie taksonów przydatniejszy jest wskaźnik Shannona-Wienera, gdyż wzrasta on zarówno z liczbą gatunków w zbiorowisku, jak i ze stopniem wyrównania ich liczebności. Niemniej jednak w prezentowanych badaniach zmienności obydwu wskaźników rozkładały się w sposób zbliżony. Przy wspomnianym ogromnym zróżnicowaniu wartości wskaźników stwierdzono, że różnorodność gatunkowa zbiorowiska letniego wykazywała tendencje wzrostowe w obydwóch układach płodozmiannych (potwierdzono istotnością współczynników korelacji). W podobny sposób ułożyły się zależności pomiędzy różnorodnością gatunkową (wyrażoną wskaźnikami), a przebiegiem pogody (tab. 3).

Wskaźnik równomierności Simpsona przyjmował wartości od 0,15 – wiosną 1999 r. w stanowisku po owsie (płodozmianna B) do 0,70 – przed zbiorem 1998 r. w tym samym następstwie. Na rysunku 1 przedstawiono rozkład omawianego parametru w zależności od terminu badań, roku i następstwa. W okresie badawczym zwykle większą równomierność rozkładu osobników w populacjach obserwowanych gatunków

Tabela 7

Zmienność w latach współczynników podobieństwa (%) pomiędzy zbiorowiskami wiosennym i letnim w analizowanych stanowiskach

Table 7

Variability from year to year of similarity indices (%) between spring and summer communities at the analyzed position in crop rotation

Stanowisko (płodozmianna – przedplon) Position (rotation system – preceding crop)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
A – po ziemniaku after potato	51,5	43,9	29,3	57,6	39,8	52,2	33,4	24,9	23,8	17,4	35,1
B – po owsie x 2 after oats x 2	50,7	45,6	27,7	56,5	48,7	27,4	23,4	25,4	19,1	18,7	23,4

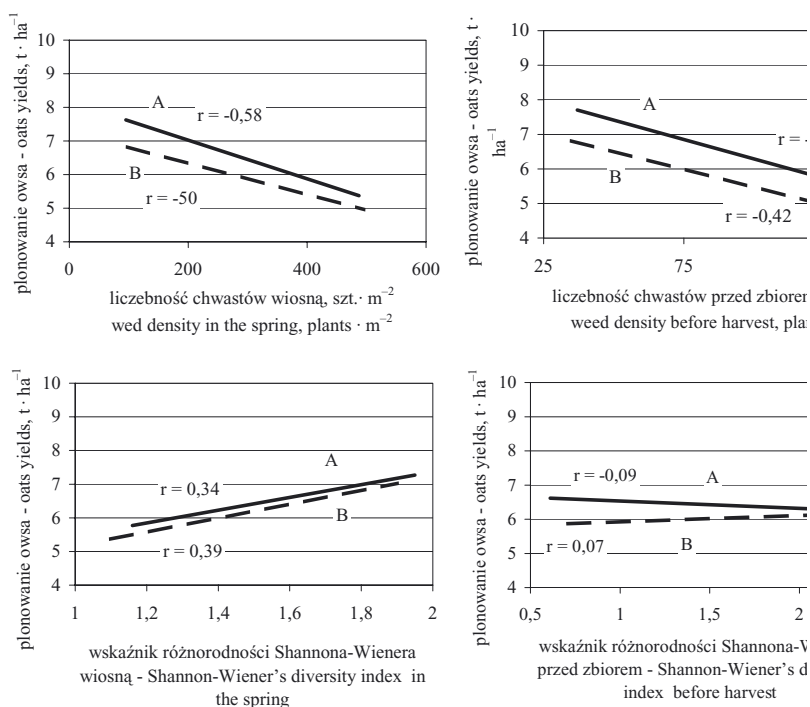
Tabela 8

Zmienność w latach współczynników podobieństwa (%) pomiędzy zbiorowiskami chwastów występującymi w analizowanych stanowiskach w okresie wiosennym i przed zbiorem owsa

Table 8

Variability from year to year of similarity indices (%) between weed communities present at the analyzed position during the spring and before oats harvest

Termin analizy chwastów Time of weeds analysis	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Wiosna – krzewienie Spring – tillering	73,6	78,9	82,4	83,3	44,9	89,8	80,1	78,6	83,5	88,0	74,5
Przed zbiorem owsa Before oats harvest	80,5	49,2	78,4	57	77,9	48,2	60,9	72,4	56,3	64,8	52,1



Rys. 3. Zależność plonowania owsa od liczebności i różnorodności gatunkowej chwastów (* – r istotny przy $p < 0,05$)

Fig. 3. Dependence of oats yielding on weed individual density and weed species diversity (* – r significant at $p < 0.05$)

notowano przed zbiorem owsa. W stanowisku po ziemniaku wskaźnik równomierności obliczony dla zachwaszczenia wiosennego wykazywał tendencję zniżkową w latach (trend potwierdzony istotnością współczynnika korelacji), a dla zbiorowiska letniego – zmieniła się dość nieregularnie w latach. W stanowisku z dwukrotnym następstwem owsa po sobie w obu terminach badań wykazywał on tendencję zniżkową do roku 1995. W następnych latach w zbiorowiskach wiosennych trend ten został zachowany (statystycznie udowodniony), natomiast pod koniec wegetacji owsa wzrastał. Mniejsza równomierność oznacza większą dominację osobników jednego lub kilku gatunków. Wskaźnik równomierności ze stanu przed zbiorem był istotnie ujemnie skorelowany z temperaturą w lipcu (tab. 3). Wzrost temperatury w tym miesiącu powodował przyspieszenie zakończenia wegetacji gatunków wcześniej dojrzewających w zbożach, jak np. *Thlaspi arvense*, co wzmocniło zapewne dominację gatunków dłużej żyjących.

W dostępnej literaturze rolniczej nie znaleziono opracowań, z którymi można by skonfrontować prezentowane wyniki. S y m o n i d e s (1985), badając zmiany składu florystycznego oraz bogactwa gatunkowego, ogólnej różnorodności i dominacji w sukcesyjnej serii zbiorowisk na gruntach porolnych wykazała, że wartości wszyst-

kich zastosowanych wskaźników mają charakter nieregularnych fluktuacji. Niezależnie od nich autorka stwierdziła również tendencje do zmian kierunkowych: spadku wartości wskaźnika bogactwa gatunkowego, ogólnej różnorodności i równomierności oraz wzrostu wartości wskaźnika dominacji. Relacje zachodzące w zbiorowiskach kształtujących się na drodze naturalnych zmian mogą różnić się od tych w fitocenozach agrokosystemów, z uwagi na istniejące tu oddziaływania z rośliną uprawną. Powyższe zagadnienie będzie podstawą do osobnego opracowania.

Biorąc pod uwagę bogactwo gatunkowe oraz wyliczone współczynniki różnorodności i równomierności dla zbiorowisk wiosennych i letnich wyznaczono skupienia lat, co przedstawiono w postaci dendrogramu (rys. 2). Wyraźnie można na nim wyodrębnić cztery grupy, w skład których wchodzi kolejno jeden rok (1998), trzy (1999, 2000, 1996), cztery (1993, 1992, 1995, 1991) i trzy (1997, 1994, 1990) lata, różnie rozlokowane w przedziale 11 lat. Warto zauważyć, że najmniejsze z wyznaczonych odległości są właściwe dla zbiorowisk o 4-letniej odległości czasowej.

Dla porównania stanu zbiorowisk w badanej czasoprzestrzeni pod względem składu gatunkowego i liczebności poszczególnych taksonów wyznaczono współczynniki podobieństwa. Zaprezentowano je w postaci macierzy (tab. 5, 6); oddzielnie dla każdego stanowiska porównano zbiorowiska wiosenne (każdy rok z każdym) i analogicznie letnie. Współczynniki te charakteryzowały się bardzo dużą zmiennością: od 11,3 do 90,9%. Nie zauważono zwiększonego podobieństwa pomiędzy zbiorowiskami w latach o większej analogii warunków pogodowych. Nie było również regułą, że jeśli w dużej mierze podobne są zbiorowiska wiosenne z dwóch lat, to także duże podobieństwo wykazują odpowiednie układy roślinności latem. W poszczególnych latach większe podobieństwo notowano pomiędzy stanowiskami w ramach terminów badań (wiosną i przed zbiorem) niż w obrębie stanowisk między zbiorowiskami wiosennym i letnim (tab. 7, 8).

Plonowanie owsa wykazywało ujemny związek z liczebnością chwastów na jednostce powierzchni wiosną i przed zbiorem, ale tylko dla zbiorowiska letniego w stanowisku po ziemniaku współczynnik korelacji był istotny (rys. 3). Nie potwierdzono istotności zależności plonowania od różnorodności chwastów, chociaż należy zaznaczyć, że trendy obrazujące związki wydajności owsa ze wskaźnikiem Shannona-Wienera dla zbiorowiska wiosennego mają w obu stanowiskach charakter rosnący, co wskazuje na dodatnią tendencję.

PODSUMOWANIE

Przedstawione w pracy wyniki wskazują na duże zróżnicowanie ocenianych zbiorowisk chwastów, szczególnie pomiędzy latami badań. Mniejszy wpływ na ich zmienność wywarły stanowiska płodozmianowe. We wszystkich latach stałymi elementami fitocenozy owsa (niezależnie od następstwa) były *Thlaspi arvense*, *Chenopodium album*, *Stellaria media*, *Fallopia convolvulus* i *Matricaria maritima* ssp. *inodora*. Dwa pierwsze gatunki zwykle także dominowały liczebno w zbiorowiskach. Charakterystyczne było sukcesywne narastanie liczebności chwastów aspektu wiosennego i

znamiennie, że większy rozmiar przybierało ono w stanowisku uznanym za potencjalnie korzystniejsze (po ziemniaku). Większe zachwaszczenie pola po ziemniaku mogło wynikać z corocznego wprowadzenia do gleby, wraz z obornikiem diaspory chwastów (Blecharczyk i in., 2000). W porównaniu do owsa, ziemniak stwarza też większe możliwości zachwaszczenia stanowiska przez osypujące się diaspory chwastów w jego łanie (Pawłowski, 1966). W miarę upływu lat wzrastało także bogactwo gatunkowe analizowanych zbiorowisk. Analizowane cechy zachwaszczenia były w dużej mierze zależne od układu temperatur i opadów w sezonie wegetacyjnym. Zbiorowiska z lat o zbliżonych charakterystykach meteorologicznych nie wykazywały analogii pod względem składu gatunkowego i liczebności gatunków. Nie potwierdzono istotności zależności plonowania od różnorodności chwastów, chociaż zauważono wyraźną dodatnią tendencję w przypadku zbiorowisk wiosennych. Wyraźny, chociaż nie zawsze udowodniony, okazał się również negatywny wpływ wzrastającej liczebności chwastów na poziom plonowania. Niniejsze opracowanie oraz zróżnicowane opinie naukowców przytoczone przez Hellera i Adamczewskiego (2002) na temat dynamiki zmian w zbiorowiskach chwastów zdają się potwierdzać potrzebę dalszego zbierania danych z tego zakresu; istotne są tu zarówno względy poznawcze (florystyczne i ekologiczne), jak i praktyczne – rolnicze.

LITERATURA

- Adamiak E., Zawisłak K., 1990. Zmiany w zbiorowiskach chwastów w monokulturowej uprawie podstawowych zbóż i kukurydzy. W: *Ekologiczne procesy w monokulturowych uprawach zbóż*. UAM Poznań: 33-61.
- Blecharczyk A., Małecka I., Skrzypczak G. 2000. Wpływ wieloletniego nawożenia, zmianowania i monokultury na zachwaszczenie jęczmienia jarego. *Annales UMCS, S. E, Agricultura, Suppl.*, vol. LV: 17-23.
- Braun-Blanquet I. 1964. *Pflanzensoziologie, Grundzuge der Vegetationskunde*. Springer Verl., Wien-New York: ss. 869.
- Daniłov R., Ekelund N. G. A. 1999. The efficiency of seven diversity and one similarity indices based on phytoplankton data for assessing the level of eutrophication in lakes in central Sweden. *The Science of the Total Environment*, 234: 15-23.
- Duelli P., Obrist M. K. 2003. Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98: 87-98.
- Duer I. 1996. Zachwaszczenie i sposoby jego ograniczania w rolnictwie integrowanym. *Materiały szkoleniowe 46/96*. IUNG, Puławy: ss. 36.
- Filipiak K., Wilkos S., 1998. Wybrane metody analizy wielozmiennej i ich zastosowanie w badaniach przestrzennych. *IUNG Puławy, R 349*, ss. 59.
- 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.
- Jędruszczak M., Antoszek R. 2003. Następczy wpływ płodozmianów z udziałem soi na stan i stopień zachwaszczenia pszenicy ozimej. *Progress in Plant Protection – Postępy w Ochronie Roślin*, 43, 2: 708-710.
- Kuś J., Smagacz J., Kamińska M. 2000. Regenerujące oddziaływanie owsa w warunkach dłu-

- gotrwałego stosowania płodozmianów zbożowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 470: 99-106.
- Latowski K. 2002. Problem pospolitych chwastów segetalnych Polski. Progress in Plant Protection – Postępy w Ochronie Roślin, 42, 1: 392-399.
- 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.
- Mirek Z., Piękoś-Mirek H., Zajac A., Zajac M. 1995. Vascular plants of Poland a checklist. Krytyczna lista roślin naczyniowych Polski. Polish Botanical Studies. Guidebook series. No. 15. PAN Kraków.
- Pawłowski F. 1966. Płodność, wysokość i krzewienie się niektórych gatunków chwastów w łąkach roślin uprawnych na glebie lessowej. Ann. UMCS Lublin, 21 (9): 175-183.
- Rola H. 1982. Zjawisko konkurencji wśród roślin i jej skutki na przykładzie wybranych chwastów występujących w pszenicy ozimej. Wyd. IUNG Puławy, R 139: ss. 64.
- 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. Seelsk., 5: 1-34.
- Symonides E. 1985. Floristic richness, diversity, dominance and species evenness in old-field successional ecosystems. Ekol. pol. 33 (1): 61-79.
- Szwajkowski Z. 1997. Badania ważniejszych elementów agroklimatu i ich wpływ na plonowanie wybranych roślin uprawnych. Zakład Agrometeorologii ART w Olsztynie (maszynopis).
- Weiner J. 2003. Życie i ewolucja biosfery. Podręcznik ekologii ogólnej. Wyd. Nauk. PWN. Warszawa.
- Wiener N. 1948. Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine. Cambridge, MA: The MIT Press:194.
- Zawisłak K. 1997. Regulacyjna funkcja płodozmianu wobec chwastów w agrofitycenozach zbóż. Zesz. Nauk. ART w Olsztynie 64: 81-100.

Streszczenie

W pracy analizowano zachwaszczenie owsa uprawianego w dwóch stanowiskach: po ziemniaku (w płodozmianie z 25% udziałem owsa) i dwukrotnym następcie po sobie (z 75% jego udziałem) w latach 1990-2000, za pomocą wskaźników różnorodności gatunkowej (Simpsona i Shannona-Wienera), równomierności gatunkowej Simpsona oraz współczynników podobieństwa zbiorowisk. Oceniono zależność wskaźników biologicznych od układu warunków pogodowych, a także zależność plonowania od liczebności i różnorodności gatunkowej. Różnorodność i równomierność gatunkowa zbiorowisk chwastów w łące owsa wykazywały duże zróżnicowanie pomiędzy latami badań i terminami pomiarów (faza krzewienia owsa, koniec jego wegetacji). W mniejszym stopniu zmieniały się pod wpływem stanowisk płodozmiannowych. W miarę upływu lat następował sukcesywny wzrost liczebności chwastów aspektu wiosennego. Analizowane parametry wykazywały zróżnicowaną zależność