

BIORÓŻNORODNOŚĆ FLORY SEGETALNEJ W PSZENZYCIE OZIMYM UPRAWIANYM W WARUNKACH RÓŻNYCH METOD ODCHWASZCZANIA I NAWOŻENIA AZOTEM

Irena Brzozowska, Jan Brzozowski
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. Celem badań była ocena bioróżnorodności flory segetalnej w uprawie pszenżyta ozimego, przeprowadzona na podstawie składu gatunkowego, liczby i suchej masy chwastów, w zależności od różnych metod odchwaszczania: bez pielęgnacji, bronowanie, herbicyd, bronowanie + herbicyd i nawożenia azotem ($120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$): 0, 60 + 60, 60 + 25 + 35, 60 + 25_{dolistnie} + 35. Eksperyment polowy z pszenżytem odmiany Woltario prowadzono w latach 2004–2006 na glebie płowej typowej kompleksu żytniego dobrego. Wraz z intensyfikacją odchwaszczania zmniejszała się różnorodność gatunkowa chwastów, a zwiększała dominacja kilku z nich. Wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera w pszenżycie odchwaszczanym metodą chemiczną lub mechaniczno-chemiczną był 2,2–2,4 razy mniejszy, a indeks dominacji Simpsona 3,9–4,0 razy większy, w porównaniu z pszenżycem nieodchwaszczanym. Nawożenie azotem, niezależnie od sposobu aplikacji, wpłynęło na zwiększenie wskaźnika bioróżnorodności Shannona-Wienera (z 1,90 do 2,00) oraz na zmniejszenie wskaźnika dominacji Simpsona (średnio z 0,30 do 0,22).

Słowa kluczowe: pszenżyto ozime, chwasty, bioróżnorodność, bronowanie, herbicyd, nawożenie azotem

WSTĘP

W Polsce od kilku lat powierzchnia zasiewów zbóż kształtuje się na poziomie około 71–75,5% ogólnej struktury zasiewów [GUS 2013]. Skutkuje to zbyt częstą uprawą zbóż po sobie oraz dochodzi do kompensacji chwastów. Objawia się ona zubożeniem różnorodności gatunkowej flory segetalnej i dominacją gatunków szczególnie

uciążliwych, głównie tych, których rytm biologiczny jest podobny do cyklu rozwojowego rośliny uprawnej [Skrzypczak i Pudełko 2003, Brzozowska i in. 2005]. Rozpatrując szkodliwość zbiorowiska chwastów, trzeba mieć na uwadze fakt, iż jeden gatunek chwastu, występujący masowo w łanie, stanowi większe zagrożenie konkurencyjne dla zbóż, niż kilka gatunków o podobnej łącznie liczebności [Walter i in. 2002]. Oerke [2006] szacuje straty potencjalnych plonów powodowanych przez chwasty na 34%, to jest tyle, ile łącznie wycenia je dla szkodników i chorób (odpowiednio 18 i 16%). Na ogół przyjmuje się, że najbardziej skuteczną metodą ograniczania zachwaszczenia roślin uprawnych jest metoda chemiczna [Brzozowska i in. 2005, Egan i in. 2011, Behdarvand 2012, Harker i O'Donovan 2013]. W ramach ekologizacji rolnictwa coraz częściej powraca się do niechemicznych metod regulacji zachwaszczenia, w tym mechanicznych, spośród których w łanach zwartych największe znaczenie ma bronowanie [Rasmussen i in. 2009].

W badaniach przyjęto hipotezę, że stan i stopień zachwaszczenia w roślinach uprawnych ma charakter dynamiczny, zależny od warunków przyrodniczych i stosowanych zabiegów agrotechnicznych. Celem badań była ocena bioróżnorodności flory segetalnej w pszenzycie ozimym, przeprowadzona na podstawie składu gatunkowego, liczby i suchej masy chwastów, w zależności od różnych metod odchwaszczania i nawożenia azotem.

METODYKA BADAŃ

W latach 2004–2006 w Zakładzie Dydaktyczno-Doświadczalnym w Tomaszku koło Olsztyna (53°42' N; 20°26' E), należącym do UWM w Olsztynie, prowadzono doświadczenie polowe z uprawą pszenżyta ozimego odmiany Woltario. Doświadczenie 2-czynnikowe realizowano metodą podbloków losowanych, w 4 powtórzeniach, na glebie płowej typowej, kompleksu żytniego dobrego. Pszenżyto corocznie uprawiano po pszenzycie ozimym, w trzecim roku po sobie. Uprawę roli i siew nasion prowadzono zgodnie z odpowiednimi zaleceniami. Czynnikiem pierwszym doświadczenia stanowiły metody odchwaszczania: K – obiekt kontrolny – bez pielęgnacji, B – bronowanie w fazie krzewienia (23–24 w skali BBCH), H – herbicyd Mustang 306 SE (27–28), B + H – bronowanie + Mustang 306 SE (odpowiednio 23–24 i 27–28). Czynnikiem drugim był sposób nawożenia azotem (120 kg N·ha⁻¹): a) obiekt kontrolny – 0 kg·N, b) 60 kg N·ha⁻¹ po wznowieniu wegetacji (23–24) – saletra amonowa, 60 kg N·ha⁻¹ w pełni fazy strzelania w źdźbło (35–36) – mocznik granulowany, c) 60 kg N·ha⁻¹ po wznowieniu wegetacji (23–24) – saletra amonowa, 25 kg N·ha⁻¹ na początku fazy strzelania w źdźbło (31–32) oraz 35 kg N·ha⁻¹ w końcu fazy strzelania w źdźbło (43–45) – mocznik granulowany, d) jak na obiekcie „c”, ale drugą część azotu (25 kg·N) stosowano dolistnie o stężeniu mocznika 18,1% (8,33% N). Powierzchnia pojedynczego poletka wynosiła 16 m² (8 m × 2 m). Herbicyd Mustang 306 SE (florasulam – 3,13 g·ha⁻¹ + 2,4-D – 213 g·ha⁻¹) stosowano w dawce 0,5 dm³·ha⁻¹. Zabiegi opryskiwania wykonywano opryskiwaczem plecakowym w zalecanych warunkach pogodowych, stosując 300 dm³ cieczy roboczej

na 1 ha. Pszenżyto nawożono ponadto przedsięwzięcie fosforem ($30,5 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$) i potasem ($83 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Zakres badań obejmował ocenę stopnia i struktury zachwaszczenia pszenżyta ozimego. Analizy wykonywano w 2 terminach: bezpośrednio przed zabiegami pielęgnacyjnymi, w fazie krzewienia pszenżyta (BBCH 23–24) oraz w fazie dojrzałości mlecznej pszenżyta ozimego (BBCH 77–79). Badania obejmowały określenie składu gatunkowego zbiorowiska chwastów, liczebności poszczególnych gatunków, a w przypadku drugiej analizy także oznaczenia powietrznie suchej masy każdej populacji chwastów. W związku z trudnościami w oddzielaniu poszczególnych osobników chwastu *Stellaria media*, w drugiej analizie, jego występowanie ilościowe zaznaczono w tabeli 3 literą „w”. Analizy wykonywano na powierzchni $0,5 \text{ m}^2$ każdego poletka. Na podstawie wyników drugiej analizy oceniano strukturę zbiorowisk chwastów za pomocą dwóch wskaźników biologicznych [Heip i in. 1998]: indeksu różnorodności Shannona-Wienera ($H = -\sum pi \ln pi$; gdzie: pi = stosunek liczby osobników i -tego gatunku do całkowitej liczebności wszystkich osobników) oraz indeksu dominacji Simpsona, opisanego wzorem: $Si = \sum (pi)^2$.

Metody statystyczne

Uzyskane wyniki badań, dotyczące liczby oraz powietrznie suchej masy chwastów na 1 m^2 , opracowano statystycznie, stosując analizę wariancji. Istotność różnic sprawdzano za pomocą testu Duncana, przy prawdopodobieństwie błędu $p = 0,05$. Obliczenia wykonano, wykorzystując pakiet statystyczny *Statistica*.

Okres badawczy 2004–2006 charakteryzował się dużą zmiennością warunków pogodowych (tab. 1). W 2006 roku średnia temperatura za okres wiosenno-letni była wyższa o $0,7^\circ\text{C}$, szczególnie upalny był lipiec. Z kolei opadów było więcej w 2004 i 2006 roku, odpowiednio o 34 i 26%, a mniej o 29% w 2005 roku, w porównaniu do średniej z wielolecia.

Tabela 1. Średnia miesięczna temperatura powietrza i suma opadów w okresie wiosennej wegetacji pszenżyta ozimego w latach 2004–2006, według Stacji Meteorologicznej w Tomaszkanie

Table 2. Monthly average of air temperature and rainfall sum in the spring vegetation period of winter triticale in years 2004–2006, according to Meteorological Station in Tomaszkanie

Miesiąc Month	Temperatura – Temperature [$^\circ\text{C}$]				Opady – Rainfall [mm]			
	1961–2000	2004	2005	2006	1961–2000	2004	2005	2006
IV	6,9	6,4	7,5	7,3	36,1	46,5	10,9	25,6
V	12,7	12,4	11,6	12,5	51,9	79,3	33,7	89,2
VI	15,9	15,1	13,9	16,0	79,3	111,6	47,6	79,2
VII	17,7	16,9	19,7	20,9	73,8	76,1	93,6	29,3
VIII	17,2	19,8	16,3	17,2	67,1	99,1	33,1	165,0
Średnia – Mean		14,1	13,8	14,8	Suma – Sum	412,6	218,9	388,3

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Doświadczenie polowe realizowano w warunkach średniego stopnia zachwaszczenia pszenżyta ozimego w pierwszym i drugim roku badań (średnio odpowiednio 171,2 i 155,2 szt. \cdot m⁻²) oraz dużego w trzecim roku (średnio 238,0 szt. \cdot m⁻²) – tabela 2.

Przed wykonaniem wiosennych zabiegów odchwaszczających, w fazie krzewienia pszenżyta w kolejnych latach występowały odpowiednio: 20, 23 i 24 gatunki chwastów.

Wśród nich dominowały: *Viola arvensis*, *Veronica arvensis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Matricaria maritima* subsp. *inodora*, *Stellaria media*, *Myosotis arvensis*, *Galium aparine*, które w kolejnych latach stanowiły odpowiednio 91,5; 87,2 i 95,3% ogólnej liczby chwastów. Zbiorowisko chwastów segetalnych, występujących w zasiewach pszenżyta ozimego nieodchwaszczanego, było najbogatsze i w fazie dojrzałości młeczonej ziarna zidentyfikowano w nim 30 gatunków (tab. 3). Wraz ze zwiększeniem intensywności odchwaszczania liczba gatunków systematycznie się zmniejszała. Na obiekcie bronowanym oznaczono 25 gatunków.

Najmniej gatunków występowało w pszenzycie bronowanym i chronionym herbicydem (20), a następnie w chronionym wyłącznie chemicznie (21). Zbiorowiska chwastów na wszystkich obiektach były nadal zdominowane przez osobniki gatunków, które w największym stopniu występowały wiosną przed zabiegami. Zagęszczenie chwastów na 1 m² w fazie dojrzałości młeczonej było istotnie modyfikowane przez metodę odchwaszczania łąnu. Najmniej zachwaszczone było pszenżyto bronowane i odchwaszczane herbicydem (średnio 52,9 szt. \cdot m⁻²), co w porównaniu z pszenżycem pozbawionym pielęgnacji oznaczało obniżkę liczby chwastów o 63,4%. W przypadku bronowania liczba chwastów na 1 m² zmniejszyła się średnio o 32,8%. Biorąc pod uwagę sposób nawożenia azotem, najwięcej chwastów na 1 m² występowało na obiekcie bez nawożenia (101,5 szt. \cdot m⁻²). Nawożenie azotem, niezależnie od sposobu aplikacji, istotnie obniżało ich liczebność (średnio o 14,5%), ale jednocześnie wpłynęło na zwiększenie biomasy chwastów (średnio o 22,4%) w porównaniu do pszenżyta nienawożonego azotem. Sposób nawożenia azotem nie różnicował istotnie liczby i masy chwastów.

Szkodliwość chwastów w łąnie rośliny uprawnej, oprócz ich zagęszczenia, wynika z wielkości wytworzonej przez nie biomasy, która świadczy o ich konkurencyjności o czynniki ekologiczne. Stosowane metody odchwaszczania wpłynęły istotnie na ograniczenie powietrznie suchej masy chwastów (tab. 3). Najmniejszą masę wytworzyły one po zastosowaniu mechaniczno-chemicznej metody pielęgnacji (16,4 g \cdot m⁻²). W literaturze coraz częściej pojawiają się opinie, iż najskuteczniejsze ograniczanie zachwaszczenia zapewnia „integrowane zarządzanie chwastami” (*integrated weed management* – IWM), wykorzystujące różne metody odchwaszczania, które utrzymuje poziom zachwaszczenia upraw na rozsądnym poziomie [Skrzypczak i Pudelko 2003, Starczewski i Żądłek 2003, Oerke 2006, Fernandez-Quintanilla i in. 2008, Egan i in. 2011, Behdarvand 2012, Harker i O'Donovan 2013]. Zdaniem Dachler i innych [2002], rezygnacja z mechanicznych zabiegów odchwaszczania i stosowanie tylko herbicydów wydaje się na dłuższe lata możliwa, jednakże po tym czasie następuje zwiększenie zachwaszczenia. Beres i inni [2010] zwracają uwagę na duże zdolności zbóż ozimych do zagłuszania chwastów i ograniczenia konkurencyjności z ich strony.

Tabela 2. Skład gatunkowy i liczba chwastów na 1 m² w łanie pszenżyta ozimego w fazie krzewienia (BBCH 23–24), średnio w doświadczeniuTable 2. Species composition and number of weeds per 1 m² in winter triticale stand at tillering stage (BBCH 23–24), average for experiment

Gatunki chwastów – Species composition	Lata – Years		
	2004	2005	2006
<i>Veronica arvensis</i> L.	35,7	19,6	56,2
<i>Viola arvensis</i> MURRAY	35,7	49,5	55,1
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) MEDIK.	32,6	42,6	52,8
<i>Matricaria maritima</i> L. subsp. <i>inodora</i> (L.) DOSTAL	19,7	4,0	19,9
<i>Stellaria media</i> (L.) VILL.	12,2	7,1	17,6
<i>Myosotis arvensis</i> (L.) HILL	7,3	9,5	6,5
<i>Galium aparine</i> L.	6,5	–	10,6
<i>Geranium pusillum</i> BURM. f. ex L.	1,9	0,4	7,1
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Á. LÖVE	5,1	2,7	1,1
<i>Cirsium arvense</i> (L.) SCOP.	0,8	0,2	–
<i>Thlaspi arvense</i> L.	2,6	0,4	0,3
<i>Spergula arvensis</i> L.	1,1	–	–
<i>Sonchus arvensis</i> L. subsp. <i>arvensis</i>	0,6	–	–
<i>Polygonum aviculare</i> L.	1,0	1,8	0,5
<i>Vicia hirsuta</i> (L.) S.F. Gray	0,8	2,5	1,2
<i>Aphanes arvensis</i> L.	3,4	–	–
<i>Cerastium holosteoides</i> FR. em. HYL.	1,1	–	–
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	0,9	1,6	0,9
<i>Galeopsis tetrahit</i> L.	0,6	–	2,4
<i>Erophila verna</i> (L.) CHEVALL.	1,6	–	0,2
<i>Chenopodium album</i> L.	–	5,9	0,4
<i>Chamomilla suaveolens</i> (Pursh) Rydb.	–	1,9	–
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	–	0,9	–
<i>Equisetum arvense</i> L.	–	0,6	1,3
<i>Anchusa arvensis</i> (L.) M. Bieb.	–	0,7	1,1
<i>Trifolium arvense</i> L.	–	1,0	–
<i>Scleranthus annuus</i> L.	–	0,6	–
<i>Crepis tectorum</i> L.	–	0,7	–
<i>Centaurea cyanus</i> L.	–	0,6	–
<i>Lapsana communis</i> L. S. S.	–	0,4	0,7
<i>Papaver rhoeas</i> L.	–	–	0,6
<i>Lithospermum arvense</i> L.	–	–	0,4
<i>Lamium amplexicaule</i> L.	–	–	0,5
<i>Juncus bufonius</i> L.	–	–	0,6
<i>Myosurus minimus</i> L.	–	–	0,9
Razem [szt. · m ⁻²] – Total [plants · m ⁻²]	171,2	155,2	238,0

Tabela 3. Skład gatunkowy, liczba oraz powietrznie sucha masa chwastów w fazie dojrzałości mleczej (BBCH 77–79) pszenżyta ozimego (średnio z lat 2004–2006)

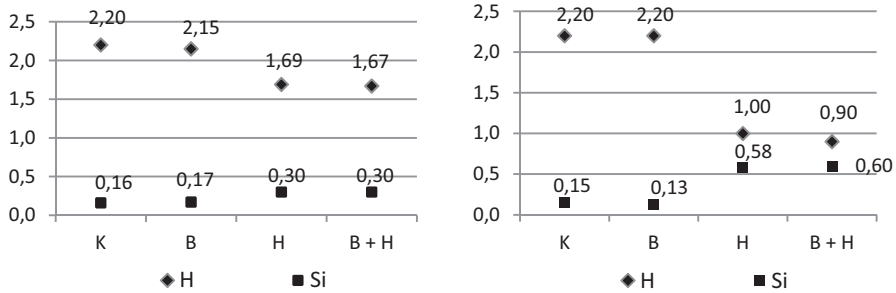
Table 3. Species composition, number and air dry mass of weeds at milk stage (BBCH 77–79) of winter triticale (mean for years 2004–2006)

Gatunek chwastu Species composition	Metoda odchwaszczania* Method of weed control				Sposób nawożenia azotem* Nitrogen application method				
	K	B	H	B+H	a	b	c	d	
<i>Veronica arvensis</i> L.	27,0	20,1	17,6	12,4	24,8	18,3	16,4	17,6	
<i>Viola arvensis</i> MURRAY	40,4	27,7	31,7	25,8	34,6	28,7	32,4	30,0	
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) MEDIK.	25,3	17,2	3,8	1,8	12,0	11,2	12,1	12,5	
<i>Matricaria maritima</i> L. subsp. inodora (L.) DOSTAL	11,2	4,3	0,2	0,3	3,0	4,1	4,6	4,3	
<i>Myosotis arvensis</i> (L.) HILL	8,7	5,3	1,8	0,5	4,2	4,9	3,8	3,4	
<i>Stellaria media</i> (L.) VILL.	w**	w	w	w	w	w	w	w	
<i>Galium aparine</i> L.	4,3	4,1	0,8	0,9	2,3	2,4	2,7	2,7	
<i>Geranium pusillum</i> BURM. f. ex L.	6,1	4,1	2,9	2,3	3,0	3,8	4,0	4,4	
<i>Thlaspi arvense</i> L.	0,2	0,5	0,4	0,6	0,4	0,7	–	0,6	
<i>Vicia hirsuta</i> (L.) S.F. Gray	2,3	0,9	0,5	0,2	0,9	1,8	0,7	0,5	
<i>Galeopsis tetrahit</i> L.	1,1	0,2	0,8	0,5	0,1	0,6	0,5	1,3	
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Á. LÖVE	1,2	0,5	0,5	–	0,4	0,6	1,1	0,2	
<i>Myosurus minimus</i> L.	0,1	–	–	–	0,1	–	–	–	
<i>Cerastium holosteoides</i> Fr. em. Hyl.	0,3	–	–	–	0,3	–	–	–	
<i>Equisetum arvense</i> L.	1,5	0,7	1,6	0,7	2,2	0,7	0,9	0,7	
<i>Aphanes arvensis</i> L.	–	0,4	0,3	0,1	0,3	0,2	0,3	–	
<i>Juncus bufonius</i> L.	0,2	–	0,1	–	0,2	–	0,1	–	
<i>Sonchus arvensis</i> L. subsp. arvensis	0,1	–	–	–	–	–	–	0,1	
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	1,0	0,7	0,4	0,1	0,4	0,4	0,4	0,8	
<i>Lamium amplexicaule</i> L.	–	–	0,1	–	0,1	–	–	–	
<i>Lapsana communis</i> L. S. S.	0,2	–	0,1	0,1	0,1	–	0,3	–	
<i>Cirsium arvense</i> (L.) SCOP.	–	0,1	–	0,1	–	0,1	0,1	–	
<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	–	0,1	–	–	–	–	0,1	–	
<i>Anchusa arvensis</i> (L.) M. Bieb.	0,7	0,5	–	1,9	1,2	0,6	0,6	0,8	
<i>Chenopodium album</i> L.	2,2	2,6	–	–	0,2	2,6	0,8	1,2	
<i>Polygonum aviculare</i> L.	0,2	0,2	0,1	–	0,2	0,2	0,1	–	
<i>Chamomilla suaveolens</i> (Pursh) Rydb.	0,8	0,3	–	–	0,1	0,3	0,2	0,7	
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	0,4	0,5	–	–	0,4	0,2	0,1	0,3	
<i>Trifolium arvense</i> L.	–	0,2	–	–	–	0,2	–	–	
<i>Achillea millefolium</i> L.	0,1	0,1	–	–	–	0,2	–	–	
<i>Scleranthus annuus</i> L.	0,1	–	–	0,3	0,1	–	0,1	0,3	
<i>Centaurea cyanus</i> L.	0,1	–	1,0	0,1	–	0,1	1,1	0,3	
<i>Crepis tectorum</i> L.	0,2	–	–	–	–	–	0,1	0,1	
<i>Veronica persica</i> Poir.	8,3	6,0	2,4	3,9	9,8	4,8	3,2	2,8	
<i>Papaver rhoeas</i> L.	0,3	–	–	–	–	–	–	0,3	
Razem [szt. · m ⁻²] – Total [plants · m ⁻²]	144,7	97,2	66,9	52,9	101,5	87,5	86,8	86,0	
NIR _(0,05) – LSD _(0,05)		5,1				2,8			
Powietrznie sucha masa chwastów Air dry mass of weeds [g · m ⁻²]	49,5	29,4	21,2	16,4	25,0	30,7	30,6	30,4	
NIR _(0,05) – LSD _(0,05)		1,8				r.n.			

*K – bez odchwaszczania (obiekt kontrolny)/without weed control (control object); B – bronowanie/harrowing; H – herbicyd/herbicide, B + H – bronowanie + herbicyd/harrowing + herbicide; a – 0 kg N · ha⁻¹; b – 60 + 60; c – 60 + 25 + 35; d – 60 + 25_{dolistnie} + 35.

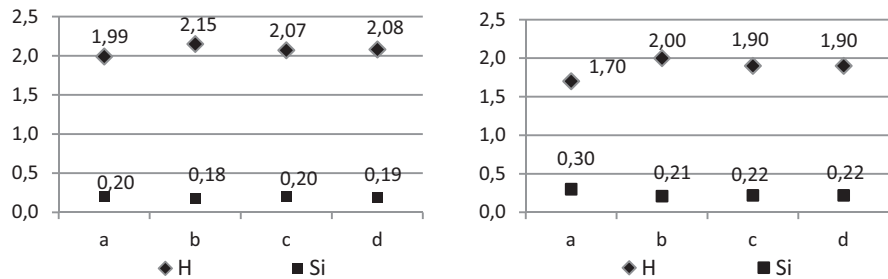
**Jak w metodyce badań/As in Methods.

Różnice w zbiorowiskach chwastów segetalnych w pszenżycie ozimym, w zależności od badanych czynników, znalazły potwierdzenie w wartościach wskaźnika różnorodności Shannona-Wienera i dominacji Simpsona (rys. 1 i 2).



Rys. 1. Wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera (H) i dominacji Simpsona (Si) dla: a – liczby chwastów, b – masy chwastów w zależności od metody odchwaszczania (objaśnienia jak w tab. 3)

Fig. 1. Index diversity of Shannon-Wiener (H) and Simpson dominance (Si) for: a – number of weeds, b – mass of weeds depending on the method of weed control (explanations as in tab. 3)



Rys. 2. Wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera (H) i dominacji Simpsona (Si) dla: a – liczby chwastów, b – masy chwastów w zależności od sposobu nawożenia azotem (objaśnienia jak w tab. 3)

Fig. 2. Index diversity of Shannon-Wiener (H) and Simpson dominance (Si) for: a – number of weeds, b – mass of weeds depending on the method of nitrogen fertilization (explanations as in tab. 3)

Stwierdzono, że wskaźnik bioróżnorodności flory segetalnej w pszenżycie zwiększał się wraz z liczbą gatunków w zbiorowisku. Największy był w pszenżycie bez odchwaszczania (2,20) oraz na obiekcie bronowanym (2,15). Zdecydowanie mniejsze wskaźniki określono dla pszenżyta chronionego herbicydem (1,69) oraz bronowanego i chronionego herbicydem (1,67). Odwrotnie dla tych obiektów układał się wskaźnik dominacji Simpsona, wynoszący 0,30 dla obiektu chronionego tylko chemicznie oraz bronowanego i chronionego chemicznie. Były one prawie o połowę mniejsze dla obiektu bez odchwaszczania i bronowanego (odpowiednio 0,16 i 0,17). Stwierdzono, iż w miarę intensyfikacji odchwaszczania zmniejszała się różnorodność gatunkowa chwastów, a zwiększała

dominacja kilku z nich. Ponadto można zauważyć jeszcze wyraźniejszą powyższą tendencję, analizując badane wskaźniki obliczone dla powietrznie suchej masy chwastów. Badania innych autorów potwierdzają mniejszą różnorodność zbiorowisk chwastów oraz większą dominację kilku gatunków w łańcach zbóż, w których stosowano herbicydy [Brzozowska i in. 2005, Oerke 2006, Fernandez-Quintanilla i in. 2008, Egan i in. 2011, Behdarvand 2012, Harker i O'Donovan 2013].

Analizując wskaźnik bioróżnorodności Shannona-Wienera, zarówno dla liczby chwastów, jak i ich powietrznie suchej masy wynika, iż wystąpiły podobne tendencje, aczkolwiek wyraźniejsze dla biomasy. Nawożenie azotem wpłynęło na zwiększenie wskaźnika bioróżnorodności (z 1,90 do 2,00) w porównaniu do pszenżyta bez azotu (1,70). Odwrotne relacje wystąpiły dla wskaźnika dominacji Simpsona. Wyraźnie większy uzyskano dla obiektu bez nawożenia (0,30), w porównaniu z obiektami nawożonymi (średnio 0,22). W literaturze nie ma jednolitej opinii odnośnie wpływu nawożenia azotem na zachwaszczenie łańców zbóż. Zdaniem Pawlonki i Skrzyczyńskiej [2004], zwiększone nawożenie azotem wpływa na zmniejszenie liczebności, ale jednocześnie na zmiany w składzie florystycznym chwastów, w kierunku dominacji gatunków nitrofilnych, które rozrastają się bujniej. Są też teorie, według których zwiększone nawożenie azotem w uprawie zbóż skutkuje zmniejszeniem liczby i masy chwastów, ponieważ poprawia zdolność konkurencyjną zbóż w stosunku do roślinności niepożądaną [Delden i in. 2002, Blackshaw 2004]. W badaniach Santin-Montanyá i innych [2013] nawożenie azotem nie miało wpływu na zachwaszczenie i różnorodność gatunkową chwastów w pszenicy. Z kolei Evans i inni [2003] uważają, że nawożenie azotem powinno być zoptymalizowane, w wyniku czego zmniejsza się presję chwastów. W niniejszym doświadczeniu, podobnie jak w wieloletnich badaniach nad zachwaszczeniem pszenicy ozimej, nawożenie azotem ograniczało zagęszczenie chwastów na 1 m², ale jednocześnie zwiększało ich biomasę [Borówczak i in. 2012].

WNIOSKI

1. Badane metody odchwaszczania pszenżyta ozimego wpływały na ograniczenie liczby i redukcję powietrznie suchej masy chwastów. Najmniejszą masę chwasty wytworzyły po zastosowaniu mechaniczno-chemicznej metody pielęgnacji (16,4 g·m⁻²). Bronowanie jako zabieg odchwaszczający pszenżyto ozime uprawiane po sobie było mało skuteczne.

2. W miarę intensyfikacji odchwaszczania zmniejszała się różnorodność gatunkowa chwastów, a zwiększała dominacja kilku z nich. Wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera w pszenżycie odchwaszczanym metodą chemiczną lub mechaniczno-chemiczną był 2,2–2,4 razy mniejszy, a indeks dominacji Simpsona 3,9–4,0 razy większy w porównaniu z pszenżycem nieodchwaszczanym.

3. Nawożenie azotem pszenżyta ozimego ograniczało zagęszczenie chwastów na 1 m² (średnio o 14,5%), ale jednocześnie zwiększało ich biomasę o 22,4%.

4. Nawożenie azotem, niezależnie od sposobu aplikacji, wpłynęło na zwiększenie różnorodności zbiorowisk chwastów w łańcu pszenżyta, wyrażone wskaźnikiem Shannona-Wienera dla masy chwastów (1,90–2,00), w porównaniu do zbiorowiska chwa-

stów w pszenżycie bez azotu (1,70) oraz na zmniejszenie dominacji wyrażonej wskaźnikiem Simpsona (średnio z 0,30 do 0,22).

LITERATURA

- Behdarvand P., Chinchani G.S., Dhumal K.N., 2012. Influences of different nitrogen levels on competition between spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and Wild Mustard (*Sinapis arvensis* L.). *J. Agric. Sci.* 4 (12), 134–139.
- Blackshaw R.E., 2004. Application method of nitrogen fertilizer affects weed growth and competition with winter wheat. *Weed Biol. and Manag.* 4, 103–113.
- Borówczak F., Rębarz K., Grześ S., 2012. Zachwaszczenie pszenicy ozimej w zależności od deszczowania, technologii uprawy i nawożenia azotem w czwartej rotacji czteropolowego płodozmiannu. *J. Res. Appl. Agric. Engng.* 57 (3), 22–25.
- Brzozowska I., Brzozowski J., Witkowski B., 2005. Wpływ herbicydów i mieszanin herbicydowych na zachwaszczenie i plonowanie pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 507 (1), 55–61.
- Beres B.L., Harker K.N., Clayton G.W., Bremer E., Blackshaw R.E., Graf R.J., 2010. Weed-competitive ability of spring and winter cereals in the Northern Great Plains. *Weed Technol.* 24 (2), 108–116.
- Dachler M., Kernmayer I., Spiegel H., Mazorek M., 2002. Ergebnisse von Extensivierungsversuchen im Ackerbau. *Die Bodenkultur* 53 (2), 115–120.
- Delden A., Lotz L.A.P., Bastiaans L., Franke A.C., Smid H.G., Groeneveld R.M.W., Kropff M.J., 2002. The influence of nitrogen supply on the ability of wheat and potato to suppress *Stellaria media* growth and reproduction. *Weed Res.* 42, 429–445.
- Egan J.F., Maxwell B.D., Mortensen D.A., Ryan M.R., Smith R.G., 2011. 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)-resistant Q:1 crops and the potential for evolution of 2, 4-D-resistant weeds. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 108 E37; published ahead of print March 3, 2011, DOI: 10.1073/pnas.1017414108.
- Evans S.P., Knezevic E.A., Lindquist J.L., Shapiro C.A., 2003. Influence of nitrogen and duration of weed interference on corn growth and development. *Weed Sci.* 51, 546–556.
- Fernandez-Quintanilla C., Quadranti M., Kudsk P., Barberi P., 2008. Which future for weed science? *Weed Res.* 48, 297–301.
- GUS 2013. Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej. Powierzchnia zasiewów, 477.
- Heip C.H.R., Herman P.M.J., Soetaert K., 1998. Indices of diversity and evenness. *Océanis* 24, 61–87.
- Harker N.K.N., O'Donovan J.T., 2013. Recent weed control, weed management, and integrated weed management. *Weed Technol.* 27, 1–11.
- Oerke E.C., 2006. Crop losses to pests. *J. Agric. Sci.* 44, 31–43.
- Pawlonka Z., Skrzyczyńska J., 2004. Wpływ wybranych elementów agrotechniki i warunków meteorologicznych na zachwaszczenie pszenżyta ozimego. *Ann. UMCS, Agricult.* 59 (3), 1037–1047.
- Rasmussen J., Gundersen H., Nielsen H.H., 2009. Tolerance and selectivity of cereal species and cultivars to postemergence weed harrowing. *Weed Sci.* 57, 338–345.
- Santín-Montanyá M.I., Martín-Lammerding D., Walter I., Zambrana E., Tenorio J.L., 2013. Effects of tillage, crop systems and fertilization on weed abundance and diversity in 4-year dry land winter wheat. *Europ. J. Agron.* 48, 43–49.
- Skrzypczak G., Pudelko J., 2003. Chwasty i ich zwalczanie – aspekt integrowanej ochrony i zrównoważonego rolnictwa. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 490, 227–233.

- Starczewski J., Żądalek J., 2003. Regulacja zachwaszczenia przez zagęszczenie rośliny uprawnej i stosowanie herbicydów na przykładzie pszenżyta. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 490, 235–240.
- Walter A.M., Christensen S., Simmelsgaard S.E., 2002. Spatial correlation between weed species densities and soil properties. Weed Res. 42, 26–38.

BIODIVERSITY OF WEED FLORA IN WINTER TRITICALE CULTIVATED UNDER DIFFERENT METHODS OF WEED CONTROL AND NITROGEN APPLICATION

Summary. The aim of the study was to assess the biodiversity of flora segetal in the cultivation of winter triticale, carried out on the basis of species composition, number and dry weight of weeds, depending on the method of weed control: without care, harrowing, herbicide, harrowing + herbicide and method of nitrogen fertilization ($120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$): 0, 60 + 60, 60 + 25 + 35, 60 + 35 + 25_{foliar}. Herbicide Mustang 306 SE (florasulam – $3.13 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ + 2,4D – $213 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$) was used at a dose of $0.5 \text{ dm}^3\cdot\text{ha}^{-1}$. A field experiment with triticale cultivar Woltario, conducted in 2004–2006 in the Department of Experimental Teaching in Tomaszkowo ($53^{\circ}42' \text{ N}$; $20^{\circ}26' \text{ E}$), belonging to University of Warmia and Mazury in Olsztyn, on typical fawn soil classified as good rye complex. Triticale annually grown after winter triticale. The scope of the research included an assessment of the extent and structure of weed infestation of winter triticale. The analyses made in two periods: in winter triticale tillering phase, immediately before application of cultivation treatments (BBCH 23–24) and in the milk stage of winter triticale (BBCH 77–79). Based on the results of the second analysis evaluated the structure of weeds also using two indicators of biological diversity: index Shannon-Wiener and Simpson's dominance index. At the milk stage triticale dominated species of weeds were: *Viola arvensis*, *Veronica arvensis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Matricaria maritima* subsp. *inodora*, *Stellaria media*, *Myosotis arvensis*, *Galium aparine*, which in the successive years accounted for 91.5, 87.2 and 95.3% of the total number of weeds. The tested methods of weed control in triticale effected on reduction the number and dry mass of weeds. The smallest mass of weeds produced after the application of mechanical-chemical method of care ($16.4 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$). Harrowing, as treatment weed control triticale, grown after itself, was ineffective. Nitrogen application limited the density of weeds per 1 m^2 (average 14.5%), but at the same time enlarged their biomass by 22.4%. The intensification of weed control decreased weed species diversity and increased dominance some of them. Shannon-Wiener diversity index of weeds in triticale weeded by chemical or mechanical-chemical method, was 2.2–2.4 times smaller and Simpson dominance index 3.9–4.0 times larger compared with triticale without weed control. Nitrogen application, regardless of application method increased biodiversity index (from 1.90 to 2.00) and decrease dominance Simpson index (an average of 0.30 to 0.22).

Key words: winter triticale, weeds, biodiversity, harrowing, herbicide, nitrogen application