

PLON I ELEMENTY PLONOWANIA PSZENŻYTA OZIMEGO W ZALEŻNOŚCI OD METODY PIELĘGNACJI I SPOSOBU NAWOŻENIA AZOTEM

IRENA BRZOWSKA, JAN BRZOWSKI

Katedra Systemów Rolniczych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

brzozi@uwm.edu.pl

Synopsis. Celem badań było określenie wpływu różnych metod pielęgnacji roślin i nawożenia azotem na plon i elementy plonowania pszenżyta ozimego odmiany Woltario, uprawianego w stanowisku po pszenżycie ozimym. Eksperyment przeprowadzono w latach 2004–2006, w Zakładzie Dydaktyczno-Doświadczalnym w Tomaszkanie, należącym do UWM w Olsztynie. Pszenżyto wydało największy plon na obiekcie chronionym przed chwastami metodą mechaniczno-chemiczną ($6,45 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) oraz tylko herbicydem ($6,32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). W przypadku bronowania, plony te były istotnie mniejsze (średnio $6,17 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Sposób nawożenia azotem nie różnicował wydajności pszenżyta. Wszystkie zabiegi pielęgnacyjne wpływały przeważnie korzystnie na kształtowanie się poszczególnych elementów plonowania, w tym szczególnie na obiektach z herbicydem oraz bronowaniem i herbicydem. Nawożenie azotem wywierało także istotnie korzystny wpływ na elementy plonowania (liczba źdźbeł kłosonośnych na 1 m^2 , liczba ziaren w kłosie, masa 1000 ziaren), ale bez istotnego zróżnicowania między sposobami nawożenia azotem. O wielkości plonu ziarna pszenżyta ozimego decydowała głównie obsada kłosów, następnie masa 1000 ziaren, a w najmniejszym stopniu liczba ziaren w kłosie.

Słowa kluczowe – *key words*: pszenżyto ozime – *winter triticale*, metoda pielęgnacji – *weed control method*, sposób nawożenia azotem – *nitrogen application method*, plon – *yield*, elementy plonowania – *yield components*

WSTĘP

Plon ziarna zbóż determinują wartości komponentów jego struktury. Z kolei wyznacznikiem tych parametrów są warunki siedliska oraz oddziaływanie człowieka poprzez stosowaną agrotechnikę [Gardziejewicz i Zając 1999, Głowacka 2010, Klimont 2007, Mazurek 1999, Mądry i in. 2007, Podolska 1998]. Zadanie zabiegów agrotechnicznych polega na stworzeniu optymalnych warunków wzrostu i rozwoju roślin oraz ograniczaniu strat wytworzonego plonu poprzez właściwą ochronę plantacji przed agrofagami, w tym chwastami. Wadliwie przeprowadzone zabiegi agrotechniczne mogą pogorszyć elementy plonowania, co może negatywnie wpłynąć na plonowanie rośliny uprawnej. Wobec dużej konkurencyjności chwastów w zbożach, zabiegi pielęgnacyjne (mechaniczne i chemiczne) są podstawowym czynnikiem determinującym plonowanie [Brzowska i in. 2011, Jędruszczak i in. 2004]. Konkurencyjność rośliny uprawnej względem chwastów można zwiększyć poprzez odpowiednie nawożenie mineralne, w tym azotem [Blackshaw 2004, Boróweczak i in. 1996, Brzowska i in. 2011, Deryło 1992]. Jest to pierwiastek najbardziej plonotwórczy, ale też jednocześnie wywiera duży wpływ na zachwaszczenie upraw. Ważny jest rodzaj stosowanego nawozu azotowego, jego dawka, a także sposób aplikacji. Z racji wielu uwarunkowań uzyskania wysokiego plonu zbóż, stosowane zabiegi agrotechniczne w niejed-

nolitym stopniu, zależnym też od warunków siedliska, modyfikują cechy biometryczne roślin i elementy plonowania, a w efekcie wielkość i jakość plonu [Brzozowska 2003, Brzozowska i in. 2008, Fotyma i Fotyma 1993, Mazurek 1999].

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu różnych metod pielęgnacji roślin i sposobu nawożenia azotem na elementy plonowania oraz ocena ich oddziaływania na plonowanie pszenżyta ozimego.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2004–2006 w Zakładzie Dydaktyczno-Doświadczalnym w Tomaszku k/Olsztyna (53°42' N, 20°26' E), należącym do Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, prowadzono doświadczenie polowe z uprawą pszenżyta ozimego odmiany Woltario, w którym badano efektywność różnych sposobów pielęgnacji roślin oraz nawożenia azotem. Doświadczenie realizowano metodą podbloków losowanych, w 4 powtórzeniach, na glebie płowej typowej, wytworzonej z gliny średniej, powierzchniowo spiaszczonej, zaliczonej do klasy bonitacyjnej IVa i IVb, kompleksu żyniego dobrego. Pszenżyto ozime corocznie uprawiano w stanowisku po pszenżycie ozimym, którego przedplonem było też pszenżyto ozime, a przedprzedplonem rośliny strączkowe. Uprawę roli prowadzono zgodnie z odpowiednimi zaleceniami, a wysiewu nasion dokonywano na początku trzeciej dekady września.

Czynnik pierwszy doświadczenia stanowiły metody pielęgnacji roślin (tab. 1), a drugi sposoby pogłównego nawożenia azotem ($120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) (tab. 2). Ponadto pszenżyto nawożono fosforem ($30,5 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$) i potasem ($83 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$). Powierzchnia pojedynczego poletka wynosiła 16 m^2 (8×2). Herbicyd Mustang 306 SE stosowano w dawce $0,5 \text{ dm}^3\cdot\text{ha}^{-1}$. Zabiegi opryskiwania wykonywano opryskiwaczem plecakowym w zalecanych warunkach pogodowych, przed wieczorem, stosując 300 dm^3 cieczy roboczej na 1 ha .

Tabela 1. Metody pielęgnacji pszenżyta ozimego

Table 1. Methods of weed control winter triticale

Lp. No	Metoda pielęgnacji <i>Method of weed control</i>	Faza rozwojowa, w czasie wykonania zabiegu, wg BBCH <i>The phase of development during realization of the treatment, according to BBCH</i>
1	Bez pielęgnacji (obiekt kontrolny) – <i>Without weed control (Control object)</i>	
2	Bronowanie – <i>Harrowing</i>	23–24
3	Herbicyd – <i>Herbicide</i> – Mustang 306 SE (florasulam – $6,25 \text{ g} + 2,4\text{-D} - 425\text{g}$)*	27–28
4	Bronowanie + herbicyd Mustang 306 SE <i>Harrowing + herbicide Mustang 306 SE</i>	23–24, 27–28

*/ florasulam – $3,13 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$, 2,4-D – $213 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$

Tabela 2. Sposoby nawożenia azotem pszenżyta ozimego
 Table 2. Methods of nitrogen application winter triticale

Lp. No	Sposób nawożenia azotem <i>Nitrogen application method</i> (kg N·ha ⁻¹)	Rodzaj nawozu <i>Fertilizer type</i>	Faza rozwojowa, w czasie wykonania zabiegu, wg BBCH <i>The phase of development during realization of the treatment, according to BBCH</i>
a	0	Bez azotu (obiekt kontrolny) – <i>Without nitrogen (Control object)</i>	
b	60	saletra amonowa <i>ammonium nitrate</i>	23–24
	60	mocznik granulowany <i>granulated urea</i>	35–36
c	60	saletra amonowa <i>ammonium nitrate</i>	23–24
	25	mocznik granulowany <i>granulated urea</i>	31–32
	35	mocznik granulowany <i>granulated urea</i>	43–45
d	60	saletra amonowa <i>ammonium nitrate</i>	23–24
	25	mocznik dolistnie <i>foliar urea 18,1% (8,33% N)</i>	31–32
	35	mocznik granulowany <i>granulated urea</i>	43–45

Zakres pracy obejmuje plonowanie oraz analizę elementów plonowania pszenżyta ozimego: liczbę źdźbeł kłosonośnych na 1 m², liczbę ziaren w kłosie, masę 1000 ziaren oraz ocenę wpływu poszczególnych elementów składowych na plonowanie.

Uzyskane wyniki badań zinterpretowano na podstawie analizy wariancji (ANOVA) dla doświadczeń dwuczynnikowych w układzie losowanych podbloków split-plot. Istotność różnic sprawdzano za pomocą testu Duncana, wyliczając NIR przy prawdopodobieństwie błędu $p = 0,05$. Zależność między plonem ziarna pszenżyta ozimego (y), a elementami plonowania (x_1, x_2, x_3) wyrażono współczynnikiem korelacji liniowej (r). Kompleksową zależność plonu od jego komponentów wyjaśniono, stosując korelację i regresję wielokrotną. Obliczenia wykonano, wykorzystując pakiet statystyczny Statistica.

Okres badawczy 2004–2006 charakteryzował się dużą zmiennością warunków pogodowych, zarówno między latami badań, jak też w poszczególnych latach. Niedobory opadów w dwóch ostatnich latach w okresie wegetacji wiosennej, a w 2006 roku także w lipcu oraz ich zdecydowany nadmiar w maju i sierpniu, miały niekorzystny wpływ na rozwój elementów struktury plonu, a w efekcie na plonowanie pszenżyta ozimego (tab. 3).

Tabela 3. Kształtowanie się temperatury i opadów w okresie wegetacji pszenżyta ozimego w latach 2004–2006, według Stacji Meteorologicznej w Tomaszkowie

Table 3. Temperatures and rainfall in the vegetation period of winter triticale in years 2004–2006, according to Meteorological Station in Tomaszkowo

Miesiąc Month	Temperatura – Temperature (°C)				Opady – Rainfall (mm)			
	1961–2000	2003/2004	2004/2005	2005/2006	1961–2000	2003/2004	2004/2005	2005/2006
IX	12,5	12,9	12,4	14,0	59,0	32,2	22,6	78,4
X	7,8	4,7	8,4	8,0	43,4	88,6	52,3	19,6
XI	2,7	4,8	2,5	2,5	47,7	45,5	29,8	40,3
XII	-1,3	1,6	2,3	-1,0	36,2	48,0	43,4	57,0
I	-2,9	-7,5	2,3	-8,4	22,8	29,8	43,0	19,8
II	-2,4	1,0	-5,0	-3,3	20,4	51,9	27,1	27,6
III	1,2	0,1	-3,6	-2,6	26,8	33,7	38,6	6,0
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/Suma Mean/Sum IV–VIII	–	14,1	13,8	14,8	–	412,6	218,9	388,3

WYNIKI I DYSKUSJA

Pszenżyto ozime w analizowanym doświadczeniu charakteryzowało się istotnym zróżnicowaniem plonów, w zależności od roku badań. Największy plon otrzymano w pierwszym roku badań (średnio 7,64 t·ha⁻¹), mniejszy w drugim (6,14 t·ha⁻¹), a najmniejszy w trzecim (średnio 4,82 t·ha⁻¹) (tab. 4). Różnice w plonowaniu między latami badań, w głównej mierze wynikały ze znacznie zróżnicowanego przebiegu warunków pogodowych w poszczególnych latach i ich wpływu na rozwój roślin. W pierwszym roku badań układ warunków pogodowych sprzyjał krzewieniu roślin, dobremu zawiązywaniu kłosa oraz dalszemu bujnemu rozwojowi roślin i w efekcie dobremu wypełnianiu ziarna i uzyskaniu największych plonów. Trzeci rok badań charakteryzował się zmienną ilością opadów w okresie wegetacji pszenżyta, od wyraźnego niedoboru do nadmiaru w kolejnych miesiącach, co wpłynęło negatywnie na rozwój roślin i sprzyjało zwiększonemu zachwaszczeniu oraz porażeniu łanu przez choroby pochodzenia grzybowego. W efekcie odbiło się to niekorzystnie na plonowaniu zboża.

W każdym roku badań wykazano pozytywny wpływ badanych sposobów pielęgnacji roślin na plony ziarna pszenżyta. Średnio z 3 lat, uzyskano największe plony na obiekcie chronionym przed chwastami metodą mechaniczno-chemiczną – 6,45 t·ha⁻¹, a następnie herbicydem (6,32 t·ha⁻¹). W porównaniu z obiektem kontrolnym, wzrost plonu na tych obiektach wynosił odpowiednio 10,3 i 8,0%. W przypadku bronowania (średnio 6,17 t·ha⁻¹) wzrost ten był mniejszy (o 5,5%). Zauważono, iż w pierwszym roku badań, w warunkach występowania rów-

Tabela 4. Plonowanie pszenżyta ozimego w zależności od metody pielęgnacji roślin oraz sposobu nawożenia azotem ($t \cdot ha^{-1}$)Table 4. Yields of winter triticale grain depending on the crop cultivation method and nitrogen application method ($t \cdot ha^{-1}$)

Wyszczególnienie Specification	Rok – Year			Średnio Mean
	2004	2005	2006	
Metoda pielęgnacji – Weed control method (A)				
Bez pielęgnacji (obiekt kontrolny) Without weed control (Control object)	7,44	5,64	4,48	5,85
Bronowanie – Harrowing	7,87	6,07	4,58	6,17
Herbicyd – Herbicide	7,56	6,35	5,06	6,32
Bronowanie + herbicyd – Harrowing + herbicide	7,70	6,50	5,15	6,45
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,29	0,43	0,20	0,17
Sposób nawożenia azotem – Nitrogen application method ($kg \cdot ha^{-1}$) (B)				
Bez azotu – Without nitrogen	4,32	4,15	3,61	4,03
60 + 60	8,50	6,85	5,19	6,85
60+25+35	8,95	6,83	5,12	6,97
60+25*+35	8,80	6,73	5,35	6,96
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,25	0,31	0,15	0,14
Średnio dla lat – Mean for years	7,64	6,14	4,82	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : lata – years (L) – 0,34; L x A – 0,29; L x B – 0,24				

*/ dokarmianie dolistne – foliar application

nomiernie rozłożonych opadów, konkurencyjność łąnu, w stosunku do roślinności segetalnej była największa. Pszenżyto bez pielęgnacji wydało plon ziarna wynoszący $7,44 t \cdot ha^{-1}$ i tylko o $0,12 t \cdot ha^{-1}$ mniejszy niż po zastosowaniu herbicydu ($7,56 t \cdot ha^{-1}$). Istotnie większy plon ziarna (o 5,8%), w porównaniu do obiektu kontrolnego, uzyskano jedynie po wiosennym bronowaniu plantacji ($7,87 t \cdot ha^{-1}$). Bronowanie, przeprowadzone w sprzyjających warunkach pogodowych, okazało się najbardziej efektywną metodą ograniczania zachwaszczenia w odniesieniu do uzyskanych plonów.

W analizowanym doświadczeniu uzyskana efektywność różnych sposobów pielęgnacji pszenżyta ozimego była nieco mniejsza niż w badaniach Jędruszczak i in. [2004], z pszenicą ozimą, w których przyrost plonu ziarna, w porównaniu z obiektem bez pielęgnacji, wynosił 7,1% w łąnie 1-krotnie bronowanym oraz 18,2% po zastosowaniu herbicydu. W badaniach Dąbek-Gad i Bujaka [2002], metoda mechaniczno-chemiczna zwiększała plon ziarna pszenicy ozimej o 37,2%. Z kolei samo bronowanie nie przynosiło istotnej wyżki plonu. W przypadku pszenicy jarej metoda mechaniczno-chemiczna i chemiczna zwiększały plon ziarna o 12–14%, a najmniejszą wydajność uzyskano stosując metodę mechaniczną [Głowacka 2010].

Z analizy wyników 1-roczyńnych oraz średnich z analizowanego 3-lecia wynika, iż niezależnie od roku badań i sposobu stosowania nawożenia azotem, odegrało ono istotną rolę plonotwórczą. Zróżnicowanie sposobów aplikacji nawozów azotowych nie różnicowało wydajności

pszenżyta (tab. 4). Niemniej, dla wyników średnich z 3 lat zauważono tendencje do wzrostu plonu ziarna, w warunkach stosowania nawożenia azotem w 3 częściach, zarówno nawozami granulowanymi (6,97 t·ha⁻¹), jak i częściowo dolistnie (6,96 t·ha⁻¹), w porównaniu do aplikacji w 2 częściach (6,85 t·ha⁻¹). Odmiany półkarłowe pszenżyta ozimego cechują się dobrym wykorzystaniem większych dawek azotu, ze względu na większą odporność na wyleganie [Sulek i in. 2007]. Wielu autorów potwierdza większą efektywność azotu dostarczonego w częściach dostosowanych do potrzeb i faz rozwojowych pszenicy [Abad i in. 2004, Alley i in. 1999, Blankenau i in. 2002, Ehlert i in. 2004]. Plon ziarna zbóż z jednostki powierzchni jest wypadkową elementów składowych plonu tj. liczby kłosów, liczby ziaren w kłosie oraz masy 1000 ziaren [Mazurek 1999, Podolska i in. 2002].

Zagęszczenie kłosów pszenżyta ozimego na 1 m² było zróżnicowane między latami. Największą ich obsadę uzyskano w pierwszym roku – średnio 670 szt·m⁻², znacznie mniejszą w drugim – 431 szt·m⁻², a najmniejszą w trzecim roku badań – średnio 383 szt·m⁻² (tab. 5). Pomiędzy poszczególnymi latami różnice były istotne. O najkorzystniejszej obsadzie kłosów w pierwszym roku zdecydowały wspomniane już sprzyjające warunki pogodowe w okresie wegetacji jesiennej (ciepło i wilgotno), podczas zimowania (niskie temperatury) oraz wiosną (cieplej niż w wieloleciu), co sprzyjało dobremu krzewieniu, a ponadto zapewnienie roślinom optymalnego zaopatrzenia w azot, co przeciwdziałało redukcji źdźbeł kłosonośnych. Z kolei w trzecim roku warunki jesienno-zimowe i w okresie wegetacji wiosennej nie sprzyjały dobremu rozwojowi roślin.

Tabela 5. Liczba źdźbeł kłosonośnych pszenżyta ozimego (szt·m⁻²)

Table 5. Number of winter triticale ears per 1m²

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Rok – Year			Średnio <i>Mean</i>
	2004	2005	2006	
<i>Metoda pielęgnacji – Weed control method (A)</i>				
Bez pielęgnacji (obiekt kontrolny) <i>Without weed control (Control object)</i>	663	387	370	473
Bronowanie – <i>Harrowing</i>	663	432	373	489
Herbicyd – <i>Herbicide</i>	693	434	392	506
Bronowanie + herbicyd – <i>Harrowing + herbicide</i>	662	470	397	510
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} :	r.n.	15	r.n.	23
<i>Sposób nawożenia azotem – Nitrogen application method (kg·ha⁻¹) (B)</i>				
Bez azotu – <i>Without nitrogen</i>	586	320	358	421
60 + 60	690	468	393	517
60+25+35	705	467	386	519
60+25*+35	699	468	395	521
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	41	15	10	15
Średnio dla lat – <i>Mean for years</i>	670	431	383	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} lata – years (L) – 21; L x A – 25; L x B – r.n.				

*/ dokarmianie dolistne – *foliar application*

Analizując średnie wyniki uzyskane w badanym trzyleciu stwierdzono, iż herbicyd Mustang 306 SE (506 szt·m⁻²) oraz bronowanie i herbicyd (510 szt·m⁻²) wpłynęły istotnie na wzrost zagęszczenia kłosów pszenżyta ozimego, w porównaniu do obiektu bez pielęgnacji (473 szt·m⁻²). Samo bronowanie wpływało jedynie na korzystne tendencje w tym względzie (489 szt·m⁻²). Nawożenie azotem, niezależnie od sposobu aplikacji nawozów, istotnie zwiększało zagęszczenie kłosów (517–521 szt·m⁻²), w porównaniu do obiektu kontrolnego (421 szt·m⁻²). Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic w tym względzie pomiędzy obiektami nawożonymi.

Najwięcej ziaren w kłosie pszenżyto wykształciło w trzecim roku badań (średnio 39,9), mniej w drugim (średnio 35,4), a najmniej w pierwszym (średnio 32,2) – różnice istotne (tab. 6). Wyniki uśrednione z trzech lat badań sugerują, iż zróżnicowane sposoby pielęgnacji roślin pszenżyta nie różnicowały liczby ziaren w kłosie, która średnio wynosiła 35,8 szt. Z kolei nawożenie azotem wpływało istotnie na wzrost liczby ziaren w kłosie pszenżyta, średnio o 7,0 szt., ale bez istotnego wpływu sposobu aplikacji azotu.

Tabela 6. Liczba ziaren w kłosie pszenżyta ozimego
Table 6. Number of grains per 1 ear of winter triticale

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Rok badań – <i>Year of research</i>			Średnio <i>Mean</i>
	2004	2005	2006	
<i>Metoda pielęgnacji – Weed control method (A)</i>				
Bez pielęgnacji (obiekt kontrolny) <i>Without weed control (Control object)</i>	32,1	35,7	39,1	35,6
Bronowanie – <i>Harrowing</i>	32,8	34,9	40,5	36,1
Herbicyd – <i>Herbicide</i>	31,7	36,2	40,1	36,0
Bronowanie + herbicyd – <i>Harrowing + herbicide</i>	32,3	34,6	40,0	35,6
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	0,9	0,9	r.n.
<i>Sposób nawożenia azotem – Nitrogen application method (kg·ha⁻¹) (B)</i>				
Bez azotu – <i>Without nitrogen</i>	25,6	32,5	33,7	30,6
60 + 60	33,7	36,2	41,8	37,2
60+25+35	35,1	36,2	42,0	37,8
60+25*+35	34,5	36,5	42,2	37,7
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	2,1	0,8	0,6	0,8
Średnio dla lat – <i>Mean for years</i>	32,2	35,4	39,9	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : lata – <i>years (L)</i> – 1,2; L x A – 1,2; L x B – 1,3				

*/ dokarmianie dolistne – *foliar application*

Masa 1000 ziaren pszenżyta ozimego była zróżnicowana między latami badań (tab. 7). Najdorodniejsze ziarno pszenżyto wykształciło w drugim roku (średnio 42,9 g), a najdrobniejsze w trzecim (średnio 39,3 g), w którym dużej liczbie ziaren w kłosie towarzyszyło ich zdrobnienie. Średnie wyniki z 3 lat badań, jak i coroczne wskazują, iż przeważnie wszystkie sposoby pielęgnacji pszenżyta wpływały korzystnie na dorodność ziaren. Jedynie w trzecim roku badań

Tabela 7. Masa 1000 ziaren pszenżyta ozimego (g)
 Table 7. Weight of 1000 grains of winter triticale (g)

Wyszczególnienie Specification	Rok badań – Year of research			Średnio Mean
	2004	2005	2006	
Metoda pielęgnacji – Weed control method (A)				
Bez pielęgnacji (obiekt kontrolny) Without weed control (Control object)	41,4	42,4	38,8	40,9
Bronowanie – Harrowing	41,9	43,4	38,3	41,2
Herbicyd – Herbicide	42,6	42,8	40,1	41,8
Bronowanie + herbicyd – Harrowing + herbicide	42,0	42,8	39,9	41,6
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,6	0,4	0,6	0,4
Sposób nawożenia azotem – Nitrogen application method (kg·ha ⁻¹) (B)				
Bez azotu – Without nitrogen	34,3	41,4	37,6	37,8
60 + 60	44,8	43,3	39,7	42,6
60+25+35	45,0	43,3	39,7	42,7
60+25*+35	43,9	43,4	40,1	42,5
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	1,2	0,7	0,8	0,4
Średnio dla lat – Mean for years	42,0	42,9	39,3	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : lata – years (L) – 1,4; L x A – 0,7; L x B – 0,7				

* / dokarmianie dolistne – foliar application

bronowanie wpłynęło na tendencję do obniżenia MTZ (o 0,5 g). Nawożenie azotem, niezależnie od sposobu aplikacji nawozów, istotnie zwiększało MTZ, średnio do 42,6 g, w porównaniu do obiektu kontrolnego (37,8 g). Dokarmianie dolistne, wykonane jednorazowo w fazie krzewienia, nie miało wpływu na dorodność ziarna.

Chwasty występujące w łanie, głównie poprzez oddziaływanie konkurencyjne o czynniki ekologiczne, powodują pogorszenie wartości elementów składowych plonu. Ważne więc jest ograniczenie zachwaszczenia łąnów. W analizowanym doświadczeniu stosowane metody pielęgnacji pszenżyta ozimego oraz nawożenie azotem, niezależnie od sposobu aplikacji, przeważnie poprawiały wartości elementów plonowania. Autorzy wielu prac zwracają uwagę na duży wpływ stosowanych zabiegów agrotechnicznych, w tym ograniczających zachwaszczenie oraz nawozowych na kształtowanie się plonu zbóż i jego składowych [Brzozowska 2003, Brzozowska i in. 2008, Dąbek-Gad i Bujak 2002, Głowacka 2010, Fotyma i Fotyma 1993, Klimont 2007, Kryńska i in. 2003, Mądry i in. 2007, Podolska i in. 2002]. W analizowanym doświadczeniu, stosowane zabiegi pielęgnacyjne wpływały przeważnie korzystnie na kształtowanie się plonu i jego składowych. W badaniach Klimonta [2007], pszenżyto chronione herbicydem corocznie istotnie zwiększało obsadę kłosów na jednostce powierzchni. Efektywność bronowania w tym względzie zależała od roku badań. Jedynie w drugim roku, w warunkach małych opadów w kwietniu i maju, zabieg ten wpłynął na lepsze krzewienie roślin. Duże zagęszczenie źdźbeł kłosonośnych w pierwszym roku badań skutkowało zmniejszeniem liczby ziaren w kłosie, średnio do 32,2 sztuk. Bronowanie, szczególnie ujemnie odbiło się na liczebności

ziaren w kłosie w drugim roku badań, w warunkach suszy wiosennej. Wówczas to w okresie od kwietnia do czerwca wystąpiło tylko 55,1% opadów, w porównaniu z wielolecieciem. Stosowane zabiegi pielęgnacyjne przeważnie miały pozytywny wpływ na dorodność ziarniaków. Dla porównania, w badaniach Klimonta [2007], stosowane herbicydy korzystnie oddziaływały na kształtowanie się elementów plonowania, zarówno zbóż ozimych, jak i jarych. Podobnie w badaniach Kryńskiej i in. [2003] ochrona pszenicy ozimej herbicydami w fazie krzewienia korzystnie wpłynęła na elementy składowe plonu, czego efektem był przyrost plonu ziarna od 26,7 do 44,2 %, w stosunku do obiektu nie chronionego. Z kolei, w badaniach Roli i in. [2009] wielkość plonu żyta oraz masa 1000 ziaren nie zależały od herbicydów ani też terminu ich aplikacji. W badaniach Dąbek-Gad i Bujaka [2002], jedynym wymiernym efektem bronowania był wzrost zagęszczenia pędów kłosonośnych, a zastosowanie dodatkowo po bronowaniu wiosennym herbicydów, istotnie poprawiło parametry elementów składowych plonu, w tym zwiększało masę 1000 ziaren o ok. 3 g i liczbę kłosów na 1 m² o 94 sztuki oraz liczbę i masę ziarniaków w kłosie, odpowiednio o 5 i 8%. Z wielu badań wynika, iż są duże możliwości kształtowania elementów plonowania poprzez odpowiednio dobrane zabiegi agrotechniczne, w tym zabiegi pielęgnacyjne łącznie z herbicydami i nawożenie azotem [Brzozowska i in. 2008, Chrzanowska-Drożdż 2001, Fotyma i Fotyma 1993, Jaśkiewicz 2011, Kwiecińska-Poppe i in. 2011, Mazurek 1999, Rudnicki 2000].

W niniejszym doświadczeniu wpływ badanych czynników na plon i jego składowe był zależny od warunków meteorologicznych (w tym głównie temperatur oraz ilości i rozkładu opadów), występujących w poszczególnych latach badań. Wielu autorów podkreśla, iż wartości elementów składowych plonu wydatnie zależą od warunków pogodowych oraz od zasobności gleby w składniki pokarmowe [Brzozowska i in. 2008, Koziara 1996, Nouri-Ganbalani i in. 2009]. Według Kryńskiej i in. [1997] komponenty składowe plonu pszenżyta ozimego odmiany Dagro w większym stopniu zależą od warunków pogodowych niż od intensywności i sposobu nawożenia azotem. Także inni autorzy wskazują, iż chwasty występujące w łanie, w wyniku konkurencji w stosunku do rośliny uprawnej, zmniejszają obsadę kłosów, pogarszają budowę łanu oraz sprzyjają wyleganiu [Brzozowska i in. 2008, Brzozowska i Brzozowski 2011, Grundy i in. 1996]. W badaniach Chrzanowskiej-Drożdż [2001] zmienność plonu pszenicy ozimej i jego składowych, w zależności od różnych dawek azotu i terminów ich stosowania, była znacznie mniejsza, niż wynikająca z właściwości odmianowych i przebiegu pogody w latach badań.

W analizowanym doświadczeniu, rozpatrując zależność plonu ziarna pszenżyta (y) od poszczególnych elementów składowych plonu (każdego oddzielnie), za okres 3 lat (2004–2006), stwierdzono, iż w zakresie metod pielęgnacji był on w istotny sposób skorelowany z liczbą kłosów na 1 m² i masą tysiąca ziaren, natomiast w ramach sposobów nawożenia azotem ze wszystkimi komponentami plonu (tab. 8). Obliczone równania regresji wielokrotnej przedstawiają zależności plonu ziarna pszenżyta od łącznego wspólnego oddziaływania wszystkich elementów plonowania (x_1, x_2, x_3) (tab. 9). W prawie wszystkich równaniach opisujących plon ziarna uzyskano wysoki stopień wyjaśnienia modeli regresji. Wskazuje o tym wysoki współczynnik determinacji (R^2 -100%), informujący jaką część całkowitej zmienności plonu ziarna wyjaśnia określony model regresji. W obrębie metod pielęgnacji roślin kształtuje się od 86,0 do 91,6%, a w zakresie sposobów stosowania azotu od 30,8-93,5%. Najslabsze objaśniające znaczenie funkcji regresji wielokrotnej wystąpiło tylko na obiekcie kontrolnym – bez nawożenia azotem ($R^2 = 30,8$ %).

Mądry i in. [2007] podkreślają, iż składowe plonu zbóż są ze sobą ściśle powiązane. Pogorszenie wartości jednego elementu składowego plonu może być kompensowane korzystnym kształtowaniem się innego komponentu i wówczas może ograniczać obniżkę plonu ziarna. Poparciem tej teorii są wyniki niniejszego doświadczenia uzyskane w pierwszym roku badań,

Tabela 8. Współczynniki korelacji liniowej pomiędzy elementami plonowania (x_1, x_2, x_3), a plonem ziarna pszenżyta ozimego (y), średnio z lat 2004–2006

Table 8. Coefficients of line correlation between the yield components (x_1, x_2, x_3), and the grain yield of the winter triticale (y), mean in years 2004–2006

Wyszczególnienie ^x Specification		Plon ziarna Yield grain (t·ha ⁻¹)	Liczba kłosów (szt.·m ⁻²) Ear number per 1 m ²	Liczba ziaren w kłosie (szt.) Grain number in ear	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight (g)
		y	x ₁	x ₂	x ₃
Metoda pielęgnacji roślin Weed control method	1	5,85	0,779**	0,135	0,722**
	2	6,17	0,813**	-0,023	0,793**
	3	6,32	0,750**	0,002	0,812**
	4	6,45	0,748**	0,003	0,806**
Sposób nawożenia azotem Nitrogen application method	a	4,03	0,402**	-0,284*	-0,066
	b	6,85	0,903**	-0,844**	0,871**
	c	6,97	0,923**	-0,750**	0,850**
	d	6,96	0,871**	-0,678**	0,684**

^x/ 1–4, a–d – objaśnieniaw tabeli 1, 2 – explanations in Table 1, 2

Ocena istotności współczynnika korelacji r: * – p = 0,05; ** – p = 0,01

Significance of the correlation coefficient r: * – p = 0.05; ** – p = 0.01

Tabela 9. Wpływ elementów plonowania (x_1, x_2, x_3) na plon ziarna pszenżyta ozimego (y), średnio z lat 2004–2006

Table 9. Effect of the yield components (x_1, x_2, x_3) on the grain yield of winter triticale (y), mean in years 2004–2006

Wyszczególnienie ^x Specification		Równanie regresji Regression equation $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$	Współczynnik determinacji Coefficient of determination R ² ·100 %
Metoda pielęgnacji Weed control method	1	$y = -11,708 + 0,010 x_1 + 0,095x_2 + 0,237x_3$	91,6**
	2	$y = -11,326 + 0,009 x_1 + 0,045x_2 + 0,281x_3$	90,9**
	3	$y = -11,048 + 0,007x_1 + 0,045x_2 + 0,296x_3$	86,0**
	4	$y = -12,216 + 0,008x_1 + 0,030x_2 + 0,327x_3$	90,6**
Sposób nawożenia azotem Nitrogen application method	a	$y = -1,761 + 0,004x_1 + 0,006x_2 + 0,105x_3$	30,8**
	b	$y = -0,308 + 0,005 x_1 - 0,096x_2 + 0,193x_3$	93,5**
	c	$y = -4,522 + 0,007x_1 - 0,035x_2 + 0,213x_3$	90,2**
	d	$y = -6,319 + 0,008x_1 - 0,008x_2 + 0,228x_3$	82,3**

^x/ 1–4, a–d – objaśnienia w tabeli 1, 2 – explanations in Table 1, 2

Ocena istotności współczynnika korelacji r: ** – p = 0,01

Significance of the correlation coefficient r: ** – p = 0.01

w którym duże zagęszczenie kłosów na jednostce powierzchni (średnio 670 szt. \cdot m²) skutkowało przede wszystkim zmniejszeniem liczby ziaren w kłosie (średnio 32,2 szt.), i umiarkowanym wypełnieniem ziarna (średnio MTZ 42,0 g). Zmniejszenie liczby ziaren w kłosie najprawdopodobniej jest związane z tym, iż element ten kształtuje się w ontogenezie, bezpośrednio po wytworzeniu źdźbeł [Yan i Wallace 1995]. Stąd w badaniach różnych autorów występują różnice zdań odnoszące się do siły związku między plonem ziarna zbóż, a jego składnikami składowymi [Mazurek 1999, Mądry i in. 2007, Podolska i in. 2002]. W badaniach Nouri-Ganbalani i in. [2009] wystąpiła ścisła zależność pomiędzy plonem, a elementami plonowania, głównie masą 1000 ziaren i liczbą źdźbeł kłosonośnych, szczególnie w warunkach niedoboru wody. W niniejszym doświadczeniu plon ziarna pszenżyta ozimego najsilniej zależał od obsady kłosów, podobnie jak w badaniach Fotymy i Fotymy 1993, Mazurka 1999, Podolskiej i in. 2002. Jednak należy zwrócić uwagę, iż wielu autorów podkreśla dużą zmienność tego elementu pod wpływem zróżnicowanych warunków siedliskowych oraz zabiegów agrotechnicznych, w tym nawożenia azotem [Fotyma i Fotyma 1993, Mazurek 1999]. W analizowanym doświadczeniu, elementem plonowania wpływającym w najmniejszym stopniu na plon była liczba ziaren w kłosie. Dla porównania, w badaniach Fotymy i Fotymy [1993], najmniej zmiennym elementem składowym plonu, w najmniejszym stopniu wpływającym na wielkość plonu ziarna była masa 1000 ziaren. Mądry i in. [2007], na podstawie kompleksowych badań z uprawą pszenżyta ozimego, przeprowadzonych na różnych glebach wskazują, iż żadna składowa plonu nie była pojedynczo odpowiedzialna za obfity plon ziarna w warunkach różnych środowisk. Autorzy Ci uściślają, iż duże i stabilne plony pszenżyta ozimego można uzyskać przy umiarkowanie dużych wartościach, co najmniej dwóch składowych plonu, z wykluczeniem bardzo małej wartości trzeciej składowej.

Wielu autorów wskazuje, iż nie można jednoznacznie wyznaczyć wpływu elementów składowych plonu na jego wielkość, a precyzyjne ustalenie optymalnych parametrów łanu jest trudne, ze względu na specyficzne właściwości odmian i zróżnicowanie warunków siedliskowych [Brzozowska 2003, Dąbek-Gad, Bujak 2002, Fotyma i Fotyma 1993, Klimont 2007, Mazurek 1999, Mądry i in. 2007, Rudnicki 2000].

WNIOSKI

1. Pszenżyto ozime odmiany Woltario plonowało najlepiej na obiekcie pielęgnowanym z zastosowaniem integrowanej ochrony roślin przed chwastami (bronowanie + herbicyd) – 6,45 t \cdot ha⁻¹ oraz chronionym herbicydem (6,32 t \cdot ha⁻¹), odpowiednio więcej o 10,2% i 8,0%, w porównaniu z obiektem kontrolnym.
2. Zróżnicowanie sposobu nawożenia azotem pszenżyta ozimego nie wywierała istotnego wpływu na plonowanie roślin.
3. Wszystkie zabiegi pielęgnacyjne pszenżyta wpływały korzystnie na wartości elementów plonowania. Wpływ ten był zróżnicowany w zależności od roku badań.
4. Sposób nawożenia azotem nie wywierał istotnego wpływu na wartości elementów składowych plonu.
5. Plon ziarna pszenżyta ozimego był skorelowany głównie z obsadą kłosów, następnie masą 1000 ziaren, a w najmniejszym stopniu z liczbą ziaren w kłosie.

PIŚMIENNICTWO

- Abad A., Lloveras J., Michelena A. 2004. Nitrogen fertilization and foliar urea effects on durum wheat yield and quality and on residual soil nitrate in irrigated Mediterranean conditions. *Field Crop Res.* 87: 257–269.
- Alley M.M., Brann D.E., Hammons J.L., Scharf P., Baethgen W.E. 1999. Nitrogen management for winter wheat, principles and recommendations. *Crop Soil Env. Sci.* 424-026: 1–6.
- Blackshaw R.E. 2004. Application method of nitrogen fertilizer affects weed growth and competition with winter wheat. *Weed Biol. Manag.* 4:103–113.
- Blankenau K., Olfs H.W., Kuhlmann H. 2002. Strategies to improve the use efficiency of mineral fertilizer nitrogen applied to winter wheat. *J. Agron. Crop Sci.* 188: 146–154.
- Borówczak F., Grześ S., Koziara W. 1996. Zachwaszczenie pszenicy ozimej i jęczmienia jarego w zależności od intensywności uprawy. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 36: 341–343.
- Brzozowska I. 2003. Studia nad nawożeniem i regulacją zachwaszczenia w uprawie pszenżyta ozimego. Wyd. UWM Olsztyn, Rozpr. Monog. 88. ss. 100.
- Brzozowska I., Brzozowski J., Hruszka M., Witkowski B. 2008. Effect of herbicides and herbicide combinations and of the method of nitrogen application on winter wheat yielding and yield structure. *Acta Agrophys.* 11(1): 34–44.
- Brzozowska I., Brzozowski J. 2011. Effectiveness of weed control and the yield of winter triticale depending on the tending method and nitrogen fertilization. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 10(4): 25–33.
- Chrzanowska-Drożdż B. 2001. Reakcja pszenicy ozimej na dawki i terminy stosowania azotu. Cz. I. Rozwój i plonowanie pszenicy ozimej w zależności od dawki i terminu stosowania azotu. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 415, Rol. 80: 257–270.
- Dąbek-Gad M., Bujak K. 2002. Wpływ sposobu uprawy roli i intensywności pielęgnowania roślin na plonowanie pszenicy ozimej. *Ann. UMCS, Sec. E* 57: 51–60.
- Deryło S. 1992. Zachwaszczenie pszenicy ozimej i jęczmienia jarego w zależności od płodozmianu i ochrony roślin. *Fragm. Agron.* 9(3): 22–30.
- Ehlert D., Schmerler J., Voelker U. 2004. Variable rate nitrogen fertilisation of winter wheat based on a crop density sensor. *Precis. Agric.* 5: 263–273.
- Fotyma M., Fotyma E. 1993. Struktura plonu zbóż ozimych zależnie od nawożenia azotem. *Fragm. Agron.* 10(4): 101–102.
- Gardzewicz M., Zajac T. 1999. Porównanie metod szacowania siły związku między plonem ziarna pszenżyta ozimego a jego elementami strukturalnymi. *Pam. Puł.* 114: 111–118.
- Głowacka A. 2010. Plonowanie i struktura plonu pszenicy jarej w zależności od różnych metod uprawy i pielęgnacji. *Biul. IHAR* 256: 73–80.
- Grundy A.C., Boatman N.D., Froud-Williams R.J. 1996. Effects of herbicide and nitrogen fertilizer application on grain yield and quality of wheat and barley. *J. Agric. Sci.* 126: 379–385.
- Harasim A. 1991. Zagęszczenie łąnu i plonowanie pszenicy ozimej w różnych ogniwach zmianowania. *Fragm. Agron., Zesz. Specj.* 2: 63–70.
- Jaśkiewicz B. 2011. Wpływ intensywności ochrony roślin na plonowanie i elementy struktury plonu niektórych odmian pszenżyta ozimego. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 51: 677–580.
- Jędruszczak M., Bojarczyk M., Smolarz H.J., Budzyńska B. 2004. Konkurencyjne zdolności pszenicy wobec chwastów w warunkach różnych sposobów odchwaszczania – produkcja biomasy. *Ann. UMCS, Sec. E* 59: 895–902.
- Jędruszczak M., Smolarz H. J., Gogacz S. 2004. Intensywność mechanicznych zabiegów odchwaszczających a plon ziarna i zachwaszczenie łąnu pszenicy ozimej. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 44(2): 768–771.
- Klimont K. 2007. Wpływ herbicydów na plon ziarna i strukturę plonu zbóż. *Biul. IHAR* 243: 69–81.
- Kryńska B., Majda J., Buczek J. 1997. Wpływ poziomu i sposobu stosowania azotu na plonowanie pszenżyta ozimego i zawartość makroelementów w ziarnie. Cz. I. Plon ziarna i jego struktura. *Biblioth. Fragm. Agron.* 3: 345–352.

- Kryńska B., Majda J., Buczek J. 2003. Skuteczność wybranych herbicydów stosowanych wiosną w pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 490: 121–126.
- Kwiecińska-Poppe E., Kraska P., Andruszczak S., Pałys E. 2010. Plon oraz wybrane cechy jakości ziarna pszenżyta ozimego uprawianego w monokulturze w warunkach stosowania zróżnicowanych dawek herbicydów oraz nawożenia dolistnego. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 50: 999–1003.
- Koziara W. 1996. Wzrost, rozwój oraz plonowanie pszenżyta jarego i ozimego w zależności od czynników meteorologicznych i agrotechnicznych. *Rocz. AR Poznań* 269: ss. 101.
- Mazurek J. 1999. Biologiczne podstawy plonowania roślin zbożowych. *Pam. Puł.* 114: 261–274.
- Mądry W., Gozdowski D., Rozbicki J., Pojmał M., Samborski S. 2007. Związki między plonem ziarna a jego składowymi w populacjach hodowlanych pszenżyta ozimego w trzech stacjach doświadczalnych. *Biul. IHAR* 245: 77–94.
- Nouri-Ganbalani A., Hassanpanah D., Nouri-Ganbalani G. 2009. Effects of drought stress condition on the yield and yield components of advanced wheat genotypes in Ardabil. *J. Food Agric. Environ.* 7: 228–234.
- Podolska G., Sułek A., Stankowski S. 2002. Obsada kłosów – podstawowy parametr plonotwórczy pszenicy ozimej (artykuł przeglądowy). *Acta Sci. Pol., Agricultura* 1(2): 5–14.
- Rola H., Sumińska J., Marczewski K. 2009. The effect of sulfonylurea herbicides on grain yield and technological quality of winter rye cultivars. *J. Plant Prot. Res.* 49: 179–184.
- Rudnicki F. 2000. Wyznaczanie wpływu poszczególnych elementów plonowania na różnice plonów między obiektami doświadczalnymi. *Fragm. Agron.* 17(3): 53–65.
- Sułek A., Podolska G., Leszczyńska D., Noworolnik K. 2007. Reakcja zbóż na nawożenie azotem. *Studia i raporty IUNG-PIB* 9: 29–36.
- Yan W., Wallace D.H. 1995. Breeding for negatively associated traits. *Plant Breed. Rev.* 13: 141–177.

I. BRZozowska, J. BRZozowski

YIELDING AND THE YIELD COMPONENTS OF WINTER TRITICALE IN THE DEPENDENCE ON THE METHODS OF WEED CONTROL AND NITROGEN APPLICATION

Summary

The aim of the study was to determine the effects of various methods of weed control and nitrogen application on winter wheat yielding and yield structure. In the years 2003–2006, at the University of Warmia and Mazury in Olsztyn's Experimental Station in Tomaszkowo, a field experiment was carried out on the cultivation of winter triticale a cultivar Woltario, cultivated after the winter triticale. The highest yield of winter triticale was observed on the protection against weeds with the mechanical-chemical method (6.45 t·ha⁻¹) and with only with herbicide (6.32 t·ha⁻¹). In the case of harrowing, the yield was significantly lower (6.16 and 6.39 t·ha⁻¹ on average, respectively). Method of nitrogen application did not have any significant effect on yielding. All the cultivation treatments appeared to favorably affect values of yield structure elements, especially in plots with herbicide as well as harrowing and herbicide. Plant application with nitrogen was found to have a significantly positive effect on the yield structure elements (number of winter wheat ears per 1m², number of grains per 1 ear, weight of 1000 grains), without significant diversification between the nitrogen application methods. The size of winter wheat grain yield was determined, first of all, by ear density, followed by the mass of 1000 grains, and to a lower extent, the number of grains in a ear.