

PLONOWANIE I STRUKTURA PŁONU PSZENICY OZIMEJ
W ZALEŻNOŚCI OD SPOSOBU PIELĘGNACJI
I NAWOŻENIA AZOTEM

Irena Brzozowska, Jan Brzozowski, Maria Hruszka

Katedra Systemów Rolniczych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, pl. Łódzki 3, 10-718 Olsztyn
e-mail: brzozi@uwm.edu.pl

Streszczenie. W latach 2003-2006, w Zakładzie Dydaktyczno-Doświadczalnym w Tomaszowie, należącym do UWM w Olsztynie, prowadzono doświadczenie polowe z uprawą pszenicy ozimej odmiany Rysa, uprawianej w stanowisku po pszenicy ozimej. Celem badań było określenie wpływu różnych sposobów pielęgnacji roślin i nawożenia azotem na plonowanie i strukturę plonu. Pszenica plonowała najlepiej na obiekcie chronionym przed chwastami metodą mechaniczno-chemiczną ($6,68 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) oraz tylko herbicydem ($6,60 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). W przypadku bronowania, plony te były istotnie mniejsze (średnio odpowiednio $6,16$ i $6,39 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Sposób nawożenia azotem nie różnicował wydajności pszenicy. Wszystkie zabiegi pielęgnacyjne wpływały korzystnie na kształtowanie się poszczególnych elementów struktury plonu, w tym szczególnie na obiektach z herbicydem oraz bronowaniem i herbicydem. Nawożenie azotem wywierało także istotnie korzystny wpływ na elementy struktury plonu (liczba źdźbeł kłosonośnych na 1 m^2 , liczba ziaren w kłosie, masa 1000 ziaren), ale przeważnie bez istotnego zróżnicowania między sposobami nawożenia azotem. O wielkości plonu ziarna pszenicy ozimej decydowała głównie obsada kłosów, następnie masa 1000 ziaren, a w najmniejszym stopniu liczba ziaren w kłosie.

Słowa kluczowe: pszenica ozima, sposób pielęgnacji, sposób nawożenia azotem, plon, struktura plonu

WSTĘP

Plonowanie każdej rośliny uprawnej jest pochodną jej genetycznie uwarunkowanego potencjału produktywności oraz stopnia zaspokojenia potrzeb biologicznych rośliny przez zespół czynników środowiskowych i agrotechnicznych (Rudnicki 1998). Liczne obserwacje wskazują na silny związek plonowania roślin ze środowiskiem, w którym przebiega wegetacja (Dąbek-Gad i Bujak 2002, Gardziewicz i Zajac 1999, Fotyma i Fotyma 1993, Mazurek 1999, Podolska i in. 2002, Rudnicki 2000). Po obfitym zaopatrzeniu roślin w składniki pokarmowe,

w należytym proporcji i właściwym okresie rozwojowym, odpowiednich warunkach pogodowych w okresie wegetacji oraz wyeliminowaniu czynników ograniczających ich rozwój (chwasty, choroby, szkodniki), rosną one intensywnie, wytwarzając dużą masę wegetatywną oraz wydają zadowalający plon nasion i owoców. Budowa łanu zbóż wpływa na przebieg procesów rozwojowych roślin, aktywność asymilacyjną, tempo gromadzenia asymilatów oraz rozwój organów generatywnych (Podolska i in. 2002). Dużego plonu pszenicy ozimej można oczekiwać w warunkach optymalnego układu komponentów struktury plonu (Kuś i Jończyk 1997). Dowodzi to skomplikowanych oddziaływań między roślinami – elementami składowymi łanu, jak też między organami roślinnymi, co sygnalizuje potrzebę umiejętnego sterowania łanem rośliny podczas wegetacji (Fotyma i Fotyma, 1993, Mazurek 1999). Nieprawidłowo wykonane zabiegi agrotechniczne mogą wpłynąć na pogorszenie cech biometrycznych i struktury plonu, a to z kolei może zmniejszać ilość i jakość uzyskanych plonów.

Celem badań było określenie wpływu różnych sposobów pielęgnacji roślin i sposobu nawożenia azotem na plonowanie i elementy struktury plonu pszenicy ozimej.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2003-2006 w Zakładzie Dydaktyczno-Doświadczalnym w Tomaszku k/Olsztyna, należącym do UWM w Olsztynie, prowadzono doświadczenie polowe z uprawą pszenicy ozimej odmiany Rysa, w którym badano efektywność różnych sposobów pielęgnacji roślin oraz nawożenia azotem. Pszenicę corocznie uprawiano w stanowisku po pszenicy ozimej, której przedplonem były rośliny strączkowe. Wysiewu dokonywano na początku trzeciej dekady września. Uprawę roli prowadzono zgodnie z odpowiednimi zaleceniami. Doświadczenie realizowano metodą podbloków losowanych, w 4 powtórzeniach, na glebie płowej typowej, wytworzonej z gliny średniej, powierzchniowo spiaszczonej, zaliczonej do kompleksu pszennego dobrego. Czynnikiem pierwszym doświadczenia był sposób pielęgnacji roślin (tab. 1), a drugim sposób pogłównego nawożenia azotem (łącznie $135 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) – tabela 2. Ponadto pszenicę nawożono przedsiewnie azotem w dawce $35 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz fosforem ($35 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$) i potasem ($100 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Powierzchnia poletka do siewu wynosiła 16 m^2 ($8 \text{ m} \times 2 \text{ m}$), a do zbioru 12 m^2 ($8 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$). Zabiegi opryskiwania wykonywano opryskiwaczem plecakowym Kwazar Neptune 15, w zalecanych warunkach pogodowych (przed wieczorem, stosując 300 dm^3 cieczy roboczej na 1 ha).

Zakres pracy obejmuje plonowanie oraz analizę elementów struktury plonu pszenicy ozimej: liczbę źdźbeł kłosońskich na 1 m^2 , liczbę ziaren w kłosie, masę 1000 ziaren oraz ocenę wpływu poszczególnych elementów struktury plonu na plonowanie.

Tabela 1. Sposób pielęgnacji

Table 1. Method of crop tending

L.p. Item	Sposób pielęgnacji Method of crop tending	Faza rozwojowa pszenicy w czasie wykonania zabiegu, wg Zadoksa i in. 1974 Phase of development of wheat during realization of the treatment, according to Zadoks <i>et al.</i> , 1974
1.	Bez pielęgnacji (obiekt kontrolny) – Without tending (Control object)	
2.	Bronowanie – Harrowing	22-23
3.	Bronowanie x 2 – Harrowing x 2	22-23, 27-28
4.	Aminopielik D 450 SL (2,4-D-417g + dikamba 32,5 g)*	27-28
5.	Bronowanie + Aminopielik D 450 SL. Harrowing + Aminopielik D 450 SL.	22-23, 27-28

*/ 2,4-D – 1251 g·ha⁻¹, dikamba – 97,5 g·ha⁻¹.

Tabela 2. Sposób nawożenia azotem .

Table 2. Nitrogen application method

L.p. Item	Sposób nawożenia azotem Nitrogen application method (kg N·ha ⁻¹)	Rodzaj nawozu Fertiliser type	Faza rozwojowa pszenicy w czasie wykonania zabiegu, wg Zadoksa i in. 1974 Phase of development of wheat during realization of the treatment, according to Zadoks <i>et al.</i> 1974
a.	Bez azotu (obiekt kontrolny) Without nitrogen (Control object)		
b.	70	saletra amonowa ammonium nitrate	22-23
	65	mocznik granulowany granulated urea	35-36
c.	70	saletra amonowa ammonium nitrate	22-23
	25	mocznik granulowany granulated urea	31-32
	40	mocznik granulowany granulated urea	43-45
d.	70	saletra amonowa ammonium nitrate	22-23
	25	mocznik dolistnie foliar urea 18,1% (8,33% N)	31-32
	40	mocznik granulowany granulated urea	43-45

Trzyletni okres badawczy charakteryzował się dużą zmiennością warunków pogodowych, zarówno między latami badań, jak też w poszczególnych latach w okresie wegetacji wiosenno-letniej. W dwóch ostatnich latach badań, w okresie wegetacji wiosennej wystąpiły niedobory opadów (tab. 3), co miało niekorzystny wpływ na rozwój składowych plonu, a w efekcie na plonowanie pszenicy ozimej.

Tabela 3. Wartości temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji pszenicy ozimej w latach 2004-2006, według Stacji Meteorologicznej w Tomaszkanie

Table 3. Air temperatures and rainfall in the vegetation period of winter wheat in the years 2004-2006, according to Meteorological Station in Tomaszkanie

Miesiąc Month	Temperatura powietrza Air temperature (°C)				Opady – Rainfall (mm)			
	Średnia z wielolecia Multi-year average	Średnia miesięczna Mean of month			Średnia suma z wielolecia Multi-year average sum	Suma miesięczna Sum in months		
		1961-2000	2004	2005		2006	1961-2000	2004
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 (IV-VIII)		14,1	13,8	14,8	Suma – Sum (IV-VIII)	412,6	218,9	388,3

WYNIKI I DYSKUSJA

Pszenica ozima charakteryzowała się istotnym zróżnicowaniem plonowania między latami badań (tab. 4). Największy otrzymano w pierwszym roku (średnio 7,82 t z ha); był on większy niż w drugim o 2,58 t z ha i w trzecim o 1,91 t z ha. W pierwszym roku badań warunki pogodowe w okresie wegetacji roślin sprzyjały krzewieniu i dalszemu wzrostowi i rozwojowi pszenicy. W tym też sezonie było największe w trzyleciu zagęszczenie źdźbeł kłosonośnych (średnio 749 szt·ha⁻¹) – tabela 5, co sprzyjało konkurencyjności roślin wobec chwastów.

W każdym roku badań pszenica wykazała pozytywny wpływ badanych sposobów pielęgnacji roślin na wydajność ziarna (tab. 4). Średnio z lat, pszenica plonowała najlepiej na obiekcie chronionym przed chwastami metodą mechaniczno-chemiczną - 6,68 t·ha⁻¹ oraz tylko herbicydem (6,60 t·ha⁻¹). Wzrost plonu na tych obiektach, w porównaniu z obiektem kontrolnym wynosił odpowiednio

15,8% i 14,4%. W przypadku bronowania jedno- (średnio 6,16 t·ha⁻¹) lub dwukrotnego (średnio 6,39 t·ha⁻¹) plony ziarna były istotnie mniejsze, w porównaniu z plonami uzyskanymi na powyższych obiektach, ale większe niż pszenicy nie pielęgnowanej, odpowiednio o 6,8% i 10,8%.

Tabela. 4. Plonowanie pszenicy ozimej w zależności od sposobu pielęgnacji roślin oraz nawożenia azotem (t·ha⁻¹)

Table. 4. Yields of winter wheat grain depending on crop tending method and nitrogen application method (t ha⁻¹)

Lp. Item	Wyszczególnienie – Specification	Rok badań – Year of research			Średnio Mean
		2004	2005	2006	
Sposób pielęgnacji – Method of crop tending A					
1.	Bez pielęgnacji (obiekt kontrolny) Without tending (control object)	7,51	4,30	5,51	5,77
2.	Bronowanie – Harrowing	7,77	4,95	5,76	6,16
3.	Bronowanie x 2 – Harrowing x 2	7,89	5,32	5,97	6,39
4.	Herbicyd – Herbicide	7,94	5,70	6,17	6,60
5.	Bronowanie + herbicyd Harrowing + herbicide	7,98	5,91	6,15	6,68
Średnio – Mean		7,82	5,24	5,91	6,32
NIR _(0,05) – LSD _(0,05) A		0,29	0,29	0,46	0,20
Sposób nawożenia azotem (kg·ha ⁻¹) – Nitrogen application method B					
a.	Bez azotu (obiekt kontrolny) Without nitrogen (control object)	4,90	3,81	3,74	4,15
b.	70 + 65	8,74	5,72	6,72	7,06
c.	70 + 25 + 40	9,00	5,61	6,60	7,07
d.	70 + 25* + 40	8,62	5,80	6,58	7,00
Średnio – Mean		7,82	5,24	5,91	6,32
NIR _(0,05) – LSD _(0,05) B		0,19	0,26	0,29	0,13
NIR _(0,05) – LSD _(0,05) A x B		n.i.; n.s.	n.i.; n.s.	n.i.; n.s.	n.i.; n.s.

*/ dokarmianie dolistne – foliar application,

NIR_(0,05) dla lat – LSD_(0,05) for years – 0,21,

NIR_(0,05) lata x sposób pielęgnacji – LSD_(0,05) years x method of crop tending – 0,35,

NIR_(0,05) lata x sposób nawożenia azotem – LSD_(0,05) years x nitrogen application method – 0,23,

NIR_(0,05) lata x sposób pielęgnacji x sposób nawożenia azotem – n.i.,

LSD_(0,05) years x method of crop tending x nitrogen application method – n.s.,

n.i.; (n.s.) – nieistotne (not significant).

Uzyskana w niniejszym doświadczeniu efektywność różnych sposobów pielęgnacji pszenicy ozimej była podobna, jak w badaniach Jędruszczak i in. (2004), w których przyrost plonu ziarna, w porównaniu z obiektem bez pielęgnacji, wynosił 7,1% w łanie jednokrotnie bronowanym i 10,1% po dwukrotnym bronowaniu (po wschodach i w fazie krzewienia) oraz 18,2% po zastosowaniu metody chemicznej. Podobne rezultaty w uprawie pszenicy jarej uzyskali także Pawłowski i Deryło (1990). Dzięki pielęgnacji mechanicznej (bronowanie) plon ziarna wzrósł o 9,4%, mechaniczno-chemicznej o 11,1% oraz chemicznej o 13,2%. W badaniach Dąbek-Gad i Bujak (2002), zastosowanie bronowania wiosennego i herbicydów zwiększało plon ziarna pszenicy ozimej o 37,2%, natomiast samo bronowanie nie przynosiło istotnej zwyżki plonu.

Nawożenie azotem, niezależnie od sposobu jego stosowania, odegrało istotną rolę plonotwórczą. Zróżnicowanie zaś sposobów nawożenia tym składnikiem nie wywierało istotnego wpływu na plonowanie roślin (tab. 4). Pszenica ozima jest rośliną o dużych wymaganiach w stosunku do ilości dostarczanego azotu, szczególnie w okresie po wznowieniu wegetacji. Azot może być dostarczany jednorazowo, bądź w częściach dawki, dostosowanych do potrzeb i faz rozwojowych pszenicy (Abad i in. 2004, Alley i in. 1999, Blankenau i in. 2002, Ehlert i in. 2004, Kuś i Jończyk 1997). Wpływa on na zwiększenie powierzchni organów asymilacyjnych, kształtuje elementy struktury plonu, a w końcowym efekcie na plon ziarna.

Plon ziarna zbóż z jednostki powierzchni jest wypadkową liczby kłosów, liczby ziaren w kłosie i masy 1000 ziaren (Mazurek 1999, Podolska i in. 2002). Elementy plonowania są pomocne w objaśnianiu zmian wielkości plonu wywołanych przez czynniki doświadczenia. Podstawowe znaczenie ma liczba źdźbeł kłosonośnych na jednostce powierzchni. W niniejszym doświadczeniu była ona istotnie zróżnicowana między latami. Największą obsadę kłosów uzyskano w pierwszym roku – średnio 749 szt. \cdot m⁻², znacznie mniejszą w drugim (558 szt. \cdot m⁻²), a najmniejszą w trzecim roku badań – średnio 531 szt. \cdot m⁻² (tab. 5). O najkorzystniejszej obsadzie kłosów w pierwszym roku decydowały głównie sprzyjające warunki pogodowe w okresie wiosennej wegetacji pszenicy, tj. opady i temperatura.

Średnio dla wyników z 3 lat wszystkie sposoby pielęgnacji wpływały istotnie na wzrost obsady kłosów, w porównaniu do pszenicy pozbawionej pielęgnacji. Wraz ze wzrostem intensywności pielęgnacji zwiększała się obsada kłosów, która była największa w łanie pielęgnowanym sposobem mechaniczno-chemicznym (635 szt. \cdot m⁻²).

Nawożenie azotem wywierało również istotny wpływ na wzrost obsady kłosów na 1 m², średnio o 143 szt. \cdot m⁻². Zróżnicowanie sposobu jego aplikacji nie miało jednak wpływu na ten element struktury łanu.

Liczba ziaren w kłosie również była istotnie zróżnicowana między latami badań. Pszenica wytworzyła ich najwięcej w trzecim roku badań (średnio 35,3), mniej w drugim (średnio 24,7), a najmniej w pierwszym (średnio 22,4) – tabela 6.

Tabela 5. Liczba źdźbeł kłosonośnych pszenicy ozimej (szt.·m²)
Table 5. Number of winter wheat ears per 1 m²

Lp. Item	Wyszczególnienie – Specification	Rok badań – Year of research			Średnio Mean
		2004	2005	2006	
Sposób pielęgnacji – Method of crop tending A					
1.	Bez pielęgnacji (obiekt kontrolny) Without tending (Control object)	745	469	538	584
2.	Bronowanie – Harrowing	753	532	519	601
3.	Bronowanie x 2 – Harrowing x 2	756	557	540	618
4.	Herbicyd – Herbicide	735	606	532	624
5.	Bronowanie + herbicyd Harrowing + herbicide	757	625	524	635
Średnio – Mean		749	558	531	613
NIR _(0,05) – LSD _(0,05) A		r.n.; n.s.	18	6	8
Sposób nawożenia azotem (kg·ha ⁻¹) – Nitrogen application method B					
a.	Bez azotu (obiekt kontrolny) Without nitrogen (control object)	617	443	455	505
b.	70 + 65	90	598	557	648
c.	70 + 25 + 40	795	587	551	644
d.	70 + 25* + 40	794	602	559	652
Średnio – Mean		749	558	531	612
NIR _(0,05) – LSD _(0,05) B		39	17	12	11
NIR _(0,05) – LSD _(0,05) A x B		n.i.; n.s.	38	n.i.; n.s.	24

*/ dokarmianie dolistne – foliar application,
 NIR_(0,05) dla lat– LSD_(0,05) for years – 14,
 NIR_(0,05) lata x sposób pielęgnacji – LSD_(0,05) years x method of crop tending – 13,
 NIR_(0,05) lata x sposób nawożenia azotem – LSD_(0,05) years x nitrogen application method – 19,
 NIR_(0,05) lata x sposób pielęgnacji x sposób nawożenia azotem – n.i.,
 LSD_(0,05) years x method of crop tending x nitrogen application method – n.s.,
 n.i.; (n.s.) – nieistotne (not significant).

Dla wyników średnich z trzech lat wszystkie sposoby pielęgnacji roślin wywierały istotny wpływ na liczbę ziaren w kłosie. Najwięcej ich w kłosie wykształciła pszenica pielęgnowana metodą mechaniczno-chemiczną (28,3 szt.) i były to różnice istotne, w porównaniu do pozostałych obiektów pielęgnowanych. Podobne zależności odnotowano w trzecim roku badań.

Tabela 6. Liczba ziaren w kłosie pszenicy ozimej
Table 6. Number of winter wheat grains per 1 ear

Lp. Item	Wyszczególnienie – Specification	Rok badań – Year of research			Średnio Mean
		2004	2005	2006	
Sposób pielęgnacji – Method of crop tending A					
1.	Bez pielęgnacji (obiekt kontrolny) Without tending (Control object)	21,1	24,3	33,0	26,1
2.	Bronowanie – Harrowing	22,4	24,9	35,0	27,4
3.	Bronowanie x 2 – Harrowing x 2	23,2	24,6	35,4	27,7
4.	Herbicyd – Herbicide	22,6	24,8	35,9	27,8
5.	Bronowanie + herbicyd Harrowing + herbicide	22,8	24,7	37,3	28,3
Średnio – Mean		22,4	24,7	35,3	27,5
NIR _(0,05) – LSD _(0,05) A		r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	1,4	0,8
Sposób nawożenia azotem (kg·ha ⁻¹) – Nitrogen application method B					
a.	Bez azotu (obiekt kontrolny) Without nitrogen (Control object)	19,7	24,0	28,1	23,9
b.	70 + 65	24,0	24,6	37,7	28,8
c.	70 + 25 + 40	23,2	25,0	38,4	28,9
d.	70 + 25* + 40	22,7	25,1	37,1	28,3
Średnio – Mean		22,4	24,7	35,3	27,5
NIR _(0,05) – LSD _(0,05) B		2,2	0,8	1,6	0,7
NIR _(0,05) – LSD _(0,05) A x B		n.i.; n.s.	1,7	n.i.; n.s.	n.i.; n.s.

*/ dokarmianie dolistne – foliar application,

NIR_(0,05) dla lat – LSD_(0,05) for years – 0,6,

NIR_(0,05) lata x sposób pielęgnacji – LSD_(0,05) years x method of crop tending – 1,3,

NIR_(0,05) lata x sposób nawożenia azotem – LSD_(0,05) years x nitrogen application method – 1,

NIR_(0,05) lata x sposób pielęgnacji x sposób nawożenia azotem – n.i.,

LSD_(0,05) years x method of crop tending x nitrogen application method – n.s.,

n.i.; (n.s.) – nieistotne (not significant).

Nawożenie azotem wpływało istotnie na wzrost liczby ziaren w kłosie, średnio o 4,8 szt., ale sposób aplikacji azotu nie różnicował analizowanego elementu struktury plonu.

Masa 1000 ziaren (MTZ) pszenicy ozimej była istotnie zróżnicowana w latach badań (tab. 7). Najdorodniejsze ziarno pszenica wydała w pierwszym roku – średnio MTZ – 47,5 g, a najdrobniejsze w suchym i gorącym trzecim roku badań – średnio 33,5g.

Tabela 7. Masa 1000 ziaren pszenicy ozimej (g)
Table 7. Weight of 1000 grains of winter wheat (g)

Lp. Item	Wyszczególnienie – Specification	Rok badań – Year of research			Średnio Mean
		2004	2005	2006	
Sposób pielęgnacji – Method of crop tending A					
1.	Bez pielęgnacji (obiekt kontrolny) Without tending (Control object)	47,0	38,9	32,9	39,6
2.	Bronowanie – Harrowing	47,2	40,6	34,0	40,6
3.	Bronowanie x 2 – Harrowing x 2	47,5	41,1	33,4	40,7
4.	Herbicyd – Herbicide	48,1	41,1	34,2	41,1
5.	Bronowanie + herbicyd Harrowing + herbicide	47,5	40,9	32,8	40,4
Średnio – Mean		47,5	40,5	33,5	40,5
NIR _(0,05) – LSD _(0,05) A		0,9	1,0	0,5	0,5
Sposób nawożenia azotem (kg·ha ⁻¹) – Nitrogen application method B					
a.	Bez azotu (obiekt kontrolny) Without nitrogen (control object)	46,5	39,1	32,6	39,4
b.	70 + 65	48,8	40,8	33,8	41,1
c.	70 + 25 + 40	47,5	41,1	33,7	40,8
d.	70 + 25* + 40	47,0	41,0	33,7	40,6
Średnio – Mean		47,5	40,5	33,5	40,5
NIR _(0,05) ; LSD _(0,05) B		0,7	0,9	0,5	0,3
NIR _(0,05) ; LSD _(0,05) A x B		n.i.; n.s.	n.i.; n.s.	n.i.; n.s.	n.i.; n.s.

*/ dokarmianie dolistne – foliar application,

NIR_(0,05) dla lat – LSD_(0,05) for years – 0,8,

NIR_(0,05) lata x sposób pielęgnacji – LSD_(0,05) years x method of crop tending – 0,9,

NIR_(0,05) lata x sposób nawożenia azotem – LSD_(0,05) years x nitrogen application method – 0,6,

NIR_(0,05) lata x sposób pielęgnacji x sposób nawożenia azotem – n.i. ,

LSD_(0,05) years x method of crop tending x nitrogen application method – n.s.,

n.i.; (n.s.) – nieistotne (not significant).

W analizowanym doświadczeniu wpływ sposobów pielęgnacji na ten element struktury plonu był zróżnicowany w poszczególnych latach. Średnio z 3 lat badań ochrona pszenicy tylko herbicydem wpłynęła korzystnie na dorodność ziarna, dając także istotnie lepsze rezultaty, w porównaniu z pielęgnacją mechaniczno-chemiczną.

Nawożenie azotem, niezależnie od sposobu jego stosowania, istotnie zwiększało MTZ, ale najdorodniejsze ziarno pszenica wydała w warunkach stosowania

azotu w 2 częściach (70 +65 kg). Dokarmianie dolistne, wykonane tylko jednora-zowo w fazie krzewienia, nie miało wpływu na dorodność ziarna.

Według niektórych autorów zachwaszczenie, poprzez oddziaływania konkuren-cyjne chwastów w stosunku do rośliny uprawnej, ogranicza obsadę kłosów, pogarsza budowę łanu, powoduje jego wyleganie (Grundy i in. 1996, Podolska i Stypuła 2002). Wielu autorów zwraca uwagę na znaczny, ale i zróżnicowany wpływ zabiegów agro-technicznych (w tym ochronnych i nawozowych) na zmiany wielkości elementów struktury plonu pszenicy ozimej (Brzozowski i in. 1996, Dąbek-Gad i Bujak 2002, Fotyma i Fotyma 1993, Kryńska i in. 2003, Podolska i in. 2002).

W niniejszym doświadczeniu, wszystkie zabiegi pielęgnacyjne wpływały ko-rzystnie na wielkości elementów struktury plonu, w tym szczególnie w pszenicy chronionej herbicydem oraz bronowanej + herbicyd. W badaniach Dąbek-Gad i Bujaka (2002), jedynym wymiernym efektem bronowania był wzrost liczby pę-dów kłosonośnych. Zastosowanie dodatkowo po bronowaniu wiosennym herbi-cydów, istotnie polepszyło parametry badanych cech, tj. zwiększało masę 1000 ziaren o około 3 g i liczbę kłosów na 1 m² o 93,8 sztuk oraz liczbę i masę ziarni-aków w kłosie, odpowiednio o 5 i 8%. Podobnie w badaniach Kryńskiej i in. (2003) zastosowanie herbicydów w fazie krzewienia pszenicy ozimej korzystnie wpłynęło na elementy struktury plonów, czego efektem był przyrost plonu ziarna od 26,7 do 44,2%, w stosunku do obiektu nie chronionego. Z kolei Brzozowski i in. (1996) podają, że herbicyd Aminopielik D wpływał jedynie na korzystną tendencję do wzrostu, zarówno liczby kłosów na jednostce powierzchni, liczby ziaren w kłosie, jak też masy 1000 ziaren.

W niniejszym doświadczeniu, średnio za okres 3 lat (2004-2006), jeśli uwzględ-niono zależność plonu ziarna pszenicy (y) od poszczególnych elementów struktury plonu x_1, x_2, x_3 (każdego oddzielnie), to był on w istotny sposób skorelowany z liczbą kłosów na jednostce powierzchni (średnio $r = 0,855^{**}$) i masą tysiąca ziaren (średnio $r = 0,511^{**}$) – tabela 8. Współzależność między plonem, a liczbą ziaren w kłosie była mniejsza i przeważnie nieistotna (średnio $r = 0,025$).

Z kolei, w równaniach regresji wielokrotnej oszacowano zmienność plonu ziarna w zależności od wzajemnego oddziaływania zespołu elementów struktury plonu (x_1, x_2, x_3) – tabela 9. We wszystkich prawie równaniach uzyskano wysoki stopień wyjaśnienia (średnio współczynnik determinacji wielokrotnej $R^2 = 86,8\%$) zmiennej zależnej (y) przez zespół zmiennych niezależnych (x_1, x_2, x_3), zarówno w obrębie sposobów pielęgnacji roślin (86,0-90,8%), jak i sposobów stosowania azotu (65,7-88,8%). Najsłabsze objaśniające znaczenie funkcji regresji wielokrotnej wystąpiło tylko na obiekcie kontrolnym – bez nawożenia azotem ($R^2 = 65,7\%$).

Tabela 8. Współczynniki korelacji liniowej pomiędzy elementami struktury plonu (x_1, x_2, x_3), a plonem ziarna pszenicy ozimej (y), średnio z lat 2004-2006**Table 8.** Coefficients of line correlation between yield structure elements (x_1, x_2, x_3), and grain yield of the winter wheat (y), mean in years 2004-2006

Wyszczególnienie Specification		Plon ziarna (t·ha ⁻¹)	Liczba kłosów (szt·m ⁻²)	Liczba ziarn w kłosie (szt.)	Masa 1000 ziarn (g)
		Grain yield (t per ha)	Ear number per 1 m ²	Grain number in ear (num- ber)	1000 grain weight (g)
		y	x_1	x_2	x_3
Sposób pielęgnacji ^x Method of crop tending	1	5,77	0,907**	-0,007	0,530**
	2	6,16	0,845**	-0,029	0,517**
	3	6,39	0,846**	0,101	0,490**
	4	6,60	0,828**	0,272	0,496**
	5	6,68	0,832**	-0,059	0,519**
Sposób nawożenia azotem ^{xx} Nitrogen application method	a	4,15	0,733**	-0,491**	0,756**
	b	7,06	0,840**	-0,202	0,656**
	c	7,07	0,842**	-0,266	0,609**
	d	7,00	0,846**	-0,339*	0,612**
Ogółem – In general		6,32	0,855**	0,025	0,511**

^x / 1-5 – objaśnienia w tabeli 1 – explanations in Table 1,

^{xx} / a-d – objaśnienia w tabeli 2 – explanations in Table 2,

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

Significance of correlation coefficient r: * – p = 0,05; ** – p = 0,01.

Podsumowując, należy stwierdzić, iż w niniejszych badaniach wielkość komponentów struktury plonu pszenicy ozimej istotnie zależała od roku badań. Potwierdzają to również wyniki badań innych autorów (Chrzanowska-Drożdż 2001, Dąbek-Gad i Bujak 2002, Mazurek 1999, Gardziejewicz i Zając 1999, Podolska 1998, Fotyma i Fotyma 1993, Rudnicki 2000). Chrzanowska-Drożdż (2001) podaje, iż zróżnicowanie elementów struktury plonu i wielkości plonu ziarna pszenicy ozimej, pod wpływem różnych dawek azotu i terminów ich stosowania, było znacznie mniejsze, niż wynikające z właściwości odmianowych i przebiegu pogody w latach badań.

Tabela 9. Wpływ elementów struktury plonu (x_1, x_2, x_3) na plon ziarna pszenicy ozimej (y), średnio z lat 2003-2006,

Table 9. Effect of yield structure elements (x_1, x_2, x_3) on the grain yield of winter wheat (y), mean in years 2003-2006

Wyszczególnienie Specification	Równanie regresji Regression equation $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$	Współczynnik determinacji Coefficient of determination $R^2 \cdot 100 \%$
Sposób pielęgnacji ^x Method of crop tending	1 $y = -3,609 + 0,013x_1 + 0,063x_2 + 0,010x_3$	86,03**
	2 $y = -9,421 + 0,013x_1 + 0,165x_2 + 0,074x_3$	86,98**
	3 $y = -11,992 + 0,011x_1 + 0,203x_2 + 0,150x_3$	90,76**
	4 $y = -9,812 + 0,014x_1 + 0,163x_2 + 0,083x_3$	88,17**
	5 $y = -8,234 + 0,011x_1 + 0,149x_2 + 0,092x_3$	86,36**
Sposób nawożenia azotem ^{xx} Nitrogen application method	a $y = -1,621 + 0,03x_1 + 0,046x_2 + 0,083x_3$	65,66**
	b $y = -9,372 + 0,008x_1 + 0,163x_2 + 0,155x_3$	88,21**
	c $y = -9,616 + 0,011x_1 + 0,146x_2 + 0,126x_3$	79,01**
	d $y = -8,366 + 0,011x_1 + 0,141x_2 + 0,098x_3$	84,32**
Ogółem – In general	$y = -8,297 + 0,012x_1 + 0,144x_2 + 0,081x_3$	86,76**

^x; / 1–5 – objaśnienia w tabeli 1 – explanations in Table 1,

^{xx}/ a–d – objaśnienia w tabeli 2 – explanations in Table 2,

Ocena istotności korelacji wielokrotnej: * – $p = 0,05$; ** – $p = 0,01$,

Significance of multiple regression: * – $p = 0,05$; ** – $p = 0,01$,

x_1 – liczba kłosów (szt.·m⁻²) – ear number per 1 m²,

x_2 – liczba ziarn w kłosie (szt.), grain number in ear (number),

x_3 – masa 1000 ziarn (g), 1000 grain weight (g),

y – plon ziarna (t z ha), grain yield (t per ha).

Z różnych badań wynika, iż są duże możliwości kształtowania elementów struktury plonu poprzez odpowiednie zabiegi agrotechniczne, pod wpływem których zmieniają się one w różnym stopniu i często w różnym kierunku (Chrzanowska-Drożdż 2001, Mazurek 1999, Podolska 1998, Fotyma i Fotyma 1993, Rudnicki 2000). Podkreśla się, że składowe plonu zbóż są ze sobą ściśle powiązane (Kuś, Jończyk 1997).

Poparciem tej tezy są wyniki własne z pierwszego roku badań, w których liczba ziaren w kłosie wynosiła jedynie 22,4 szt., a średni plon 7,82 t ha⁻¹. Zniżka

plonu była rekompensowana dwoma pozostałymi elementami struktury plonu (bardzo dużą obsadą kłosów $749 \text{ szt.}\cdot\text{m}^{-2}$ oraz MTZ – 47,5 g). Stąd w literaturze występują też różnice poglądów dotyczące siły związku między plonem ziarna, a jego elementami strukturalnymi (Harasim 1991, Mazurek 1999, Podolska i in. 2002). Zarówno w analizowanych badaniach, jak i w dociekaniach innych autorów, plon ziarna pszenicy ozimej najsilniej zależał od obsady kłosów (Fotyma i Fotyma 1993, Mazurek 1999, Podolska i in. 2002). Podkreśla się dużą zmienność tego elementu strukturalnego pod wpływem zmiennych warunków siedliskowych oraz działania agrotechnicznego, w tym nawożenia azotem (Fotyma i Fotyma 1993, Mazurek 1999). Szczególne znaczenie odgrywa tu wczesnowiosenne nawożenie azotem (Podolska i in. 2002).

W analizowanym doświadczeniu elementem struktury plonu w najmniejszym stopniu wpływającym na plon była liczba ziaren w kłosie. Dla porównania, w badaniach Fotymy i Fotymy (1993), najmniej zmiennym elementem struktury plonu, w najmniejszym stopniu wpływającym na wielkość plonu ziarna była masa 1000 ziaren. Kuś i Jończyk (1997) na podstawie kompleksowych badań, przeprowadzonych na różnych glebach, dowodzą, iż nie można jednoznacznie ustalić wpływu elementów struktury plonu na plon ziarna, a precyzyjne wyznaczenie optymalnych parametrów łanu jest trudne, ze względu na specyficzne właściwości odmian i zróżnicowanie warunków siedliskowych. Opinię tę potwierdzają inni autorzy (Dąbek-Gad, Bujak 2002, Mazurek 1999, Podolska 1998, Fotyma i Fotyma 1993, Rudnicki 2000).

WNIOSKI

1. Pszenica ozima odmiany Rysa plonuje najlepiej na obiekcie pielęgnowanym z integrowaną ochroną przed chwastami (bronowanie + herbicyd) – $6,68 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz chroniona herbicydem ($6,60 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), w porównaniu z obiektem kontrolnym, odpowiednio o 15,8% i 14,4%.
2. Nawożenie azotem odgrywa istotną rolę plonotwórczą, a zróżnicowanie sposobów nawożenia nie wywiera istotnego wpływu na plonowanie roślin.
3. Wszystkie zabiegi pielęgnacyjne pszenicy wpływają korzystnie na wartości elementów struktury plonu, w tym szczególnie ochrona herbicydem oraz bronowanie i ochrona herbicydem.
4. Sposób nawożenia azotem nie ma istotnego wpływu na wartości elementów struktury plonu.
5. O wielkości plonu ziarna pszenicy ozimej decydują głównie obsada kłosów, następnie masa 1000 ziaren, a w najmniejszym stopniu liczba 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 Crops Res.*, 87, 257-269.
- Alley M. M., Brann D. E., Hammons J. L., Scharf P., Baethgen., 1999. Nitrogen management for winter wheat, principles and recommendations. *Crop&Soil Env. Sci.*, 424-026, 1-6.
- Blankenau K., Olf H. W., Kuhlmann H., 2002. Strategies to improve the use efficiency of mineral fertilizer nitrogen applied to winter wheat. *J. Agron. & Crop Sci.*, Berlin, 188, 146-154.
- Brzozowski J., Brzozowska I., Sarnowski J., 1996. Efektywność zabiegów łączonych pestycydowo-nawozowych w uprawie pszenicy ozimej. *Mat. XXXVI Sesji Nauk. pt., Postępy w Ochronie Roślin, IOR Poznań*, 36(2), 299-301.
- 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, Roln., LXXX, 257-270.
- Dąbek-Gad M., Bujak K., 2002. Wpływ sposobu uprawy roli i intensywności pielęgnowania roślin na plonowanie pszenicy ozimej. *Annales UMCS, Ser. E*, 57, 51-60.
- Ehlert D., Schmerler J., Voelker U., 2004. Variable rate nitrogen fertilization of winter wheat based on a crop density sensor. *Precision Agric.*, 5, 263-273.
- Gardzewicz M., Zając T., 1999. Porównanie metod szacowania siły związku między plonem ziarna pszenżyta ozimego a jego elementami strukturalnymi. *Pam. Puł. Z* 114, 111-118.
- Grundy A.C., Boatman N.D., Froun-Williams R.J., 1996. Effects of herbicide and nitrogen fertilizer application on grain yield and quality of wheat and barley. *J. Agric. Sci.*, Cambridge, 126, 379-385.
- Fotyma M., Fotyma E., 1993. Struktura plonu zbóż ozimych zależnie od nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 4(40), 101-102.
- Harasim A., 1991. Zagęszczenie ładu i plonowanie pszenicy ozimej w różnych ogniwach zmianowania. *Fragm. Agron. Zesz. Specj.*, 2, 63-70.
- Jędruszczak M., Smolarz H.J., Gogacz S., 2004. Intensywność mechanicznych zabiegów odchwaszczających a plon ziarna i zachwaszczenie ładu pszenicy ozimej. *Progress in Plant Protection/Post. w Ochronie Roślin*, 44(2), 768-771.
- Kryńska B., Majda J., Buczek J., 2003. Skuteczność wybranych herbicydów stosowanych wiosną w pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 490, 121-126.
- Kuś J., Jończyk K., 1997. Oddziaływanie wybranych elementów agrotechniki na plonowanie pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 3, 4-16.
- Mazurek J., 1999. Biologiczne podstawy plonowania roślin zbożowych. *Pam. Puł.*, 114, 261-274.
- Pawłowski F., Deryło S., 1990. Wpływ zróżnicowanego pielęgnowania na plonowanie i zachwaszczenie pszenicy jarej. *Rocz. Nauk Roln., seria A, T. 108, Z 3*, 9-19.
- Podolska G., 1998. Efektywność agrotechnicznych oddziaływań w wykorzystaniu potencjału plonotwórczego pszenicy. *Mat. ogólnopolskiej konf. nauk. pt., Biologia plonowania, agrotechnika i wykorzystanie ziarna pszenicy. 21-23.10. 1998. Puławy*, 38-50.
- Podolska G., Sułek A., Stankowski S., 2002. Obsada kłosów - podstawowy parametr plonotwórczy pszenicy ozimej (artykuł przeglądowy). *Acta Scient. Polon. Agricult.*, 1(2), 5-14.
- Podolska G., Stypuła G., 2002. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej w zależności od sposobu ochrony przed chorobami i chwastami. *Pam. Puł.*, 130, 587-595.
- Rudnicki F., 1998. Czynniki ograniczające plonowanie pszenicy w Polsce. *Mat. ogólnopolskiej konf. nauk. pt., Biologia plonowania, agrotechnika i wykorzystanie ziarna pszenicy. 21-23.10. 1998. Puławy*, 51-64.

Rudnicki F., 2000. Wyznaczanie wpływu poszczególnych elementów plonowania na różnice plonów między obiektami doświadczalnymi. *Fragm. Agron.*, 3(67), 53-65.

Zadoks J. C., Chang T.T, Konzak C. F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.*, Oxford, 14, 415-421.

YIELDING AND YIELD STRUCTURE OF WINTER WHEAT IN DEPENDENCE ON METHODS OF CROP CULTIVATION AND NITROGEN FERTILISATION

Irena Brzozowska, Jan Brzozowski, Maria Hruszka

Department of Farming Systems, University of Warmia and Mazury in Olsztyn
pl. Łódzki 3, 10-718 Olsztyn
e-mail: brzozi@uwm.edu.pl

Abstract. In the years 2003-2006, at the University of Warmia and Mazury in Olsztyn Experimental Station in Tomaszkowo, a field experiment was carried out on the cultivation of winter wheat cultivar Rysa, cultivated after winter wheat. The aim of the study was to determine the effects of various methods of tending and nitrogen fertilisation on winter wheat yielding and yield structure. The best yielding of winter wheat was observed for protection against weeds with the mechanical-chemical method ($6.68 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) and with herbicide only ($6.60 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). In the case of harrowing, the yield was significantly lower (6.16 and $6.39 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ on average, respectively). Method of nitrogen application did not have any significant effect on yielding. All the cultivation treatments appeared to favourably affect the values of yield structure elements, especially in plots with herbicide as well as harrowing and herbicide. Plant fertilisation with nitrogen was found to have a significantly positive effect on the yield structure elements (number of winter wheat ears per 1 m^2 , number of grains per 1 ear, weight of 1000 grains), without significant diversification between the nitrogen application methods. The level 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 an ear.

Keywords: winter wheat, method of crop tending, nitrogen application method, yield, yield structure