

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy, Poland

Anna Kocoń, Alicja Sułek

**Wpływ nawożenia azotem na plon i niektóre parametry jakościowe
ziarna pszenicy jarej rosnącej w warunkach niedoboru wody
w podłożu**

The effect of nitrogen fertilization on the yield and some parameters of grain quality of spring
wheat growing under water deficit conditions

ABSTRACT. The effect of differentiated nitrogen fertilization on the yield and chosen grain quality parameters of selected spring wheat cultivars: Napola, Jasna and Kosma, growing under water deficit condition was studied. The experiment was conducted in a greenhouse in 2002–2003, in Mitscherlich pots containing 6.5 kg of soil with differentiated (from the shooting phase) moisture level (40 or 60% of full water capacity). The following doses of N were applied: 0.6, 1.2, 2.4 g/pot. Plants were harvested at full ripeness. It was shown that water deficiency in soil decreased the grain yield of all varieties in comparison with the control ones (optimum water condition). In the water deficit conditions in the subsoil the best yielding variety was Kosma, independently of nitrogen fertilization. All wheat varieties reacted favourably to the increase of N rate. The grain yield, protein and gluten content increased together with the increase of N rate applied to the soil. Water deficit favourably affected grain quality parameters of the examined varieties in comparison to objects with a higher moisture level.

KEY WORDS: spring wheat, nitrogen fertilization, water deficit, grain quality parameters, pot experiment

Rosnące zainteresowanie uprawą pszenicy jarej w Polsce, głównie na cele konsumpcyjne, stawia przed hodowcami coraz większe wymagania odnośnie plonowania i parametrów technologicznych ziarna tych roślin. Nowe odmiany są coraz bardziej plenne oraz charakteryzują się lepszymi parametrami technologicznymi. Okresowe susze, niedobory azotu to główne czynniki obniżające po-

ziom plonowania tych roślin w Polsce. Odmiany, które będą lepiej wykorzystywały wodę i N w produkcji ziarna w takich warunkach, będą więc preferowane.

Wartość technologiczna ziarna pszenicy zależy przede wszystkim od cech genetycznych odmiany, ale także, chociaż w mniejszym stopniu, od czynników środowiskowych i agrotechnicznych, z których największe znaczenie ma nawożenie azotem.

Celem podjętych badań była ocena efektywności wykorzystania azotu w produkcji ziarna wybranych, konsumpcyjnych odmian pszenicy jarej, rosnącej w warunkach umiarkowanej suszy w podłożu. Prezentowane wyniki badań są wycinkiem szerszych badań fizjologicznych.

METODY

Za podstawę oceny posłużyły wyniki 2 letnich badań doświadczeń wazonowych prowadzonych w hali wegetacyjnej IUNG w Puławach w latach 2002 i 2003. Pszenica rosła w wazonach Mitscherlicha, wypełnionych 6,5 kg gleby (piasek słabogliniasty), docelowo po 10 sztuk w wazonie. Doświadczenie prowadzone było w układzie 3-czynnikowym, gdzie pierwszym czynnikiem doświadczenia były trzy testowane odmiany: Napola, Jasna i Kosma, drugim – zróżnicowane nawożenie azotem: 0,6; 1,2; 2,4 g N/wazon, natomiast trzecim – dwa poziomy wilgotności podłoża: 40 i 60% połowej pojemności wodnej.

Azot podawano roślinom w formie saletry amonowej do gleby, w dawkach w przeliczeniu na wazon, w następujących fazach rozwojowych roślin, określanych według skali Zadoksa (w nawiasach podano fazy rozwojowe roślin według tej skali): 0,6 g N tuż po wschodach (10); 0,6 g w fazie krzewienia (22–23) oraz 0,6 g N w fazie strzelania w źdźbło (31) i 0,6 g N w fazie kłoszenia (54–56). Tak też rośliny w obiektach N₁ otrzymały jednorazowo tylko 0,6 g N/wazon tuż po wschodach, w obiektach N₂ w dwu terminach w podanych wyżej fazach, a rośliny z najwyższą dawką azotu (N₃) w czterech dawkach i terminach. Pozostałe składniki pożywki mineralnej rośliny otrzymały do gleby przed siewem, przy zakładaniu doświadczenia w jednakowych dawkach, zapewniających prawidłowy wzrost i rozwój roślin.

Stres wodny, ograniczenie podlewania do 40% ppw wprowadzano roślinom w fazie strzelania w źdźbło i utrzymywano do końca wegetacji roślin (obiekty W₁). Poziom optymalny, kontrolny uwilgotnienia podłoża utrzymywano na poziomie 60% ppw (obiekty W₂).

Pszenicę zbierano w fazie dojrzałości zniwnej. Oznaczano plon ziarna, MTZ, a w zmielonych średnich próbkach obiektowych ziarna procentową zawartość azotu ogólnego, plon białka (% N × 5,7) oraz zawartość glutenu mokrego apa-

ratem Glutomatic 2200. Wyniki opracowano statystycznie z wykorzystaniem analizy wariancji oceniając istotność różnic testem Tukeya na poziomie $\alpha = 0,05$.

WYNIKI

Zróżnicowane nawożenie azotem jak i zróżnicowana wilgotność podłoża w sposób istotny modyfikowały plon oraz parametry jakościowe ziarna badanych odmian pszenicy jarej. Plon ziarna pszenicy wzrastał wraz ze wzrostem dawki azotu w podłożu i był zawsze największy dla roślin pochodzących z obiektów z największą dawką azotu w podłożu (tab. 1 i 2). Jest to znana prawidłowość, gdyż azot zaliczany jest do głównych pierwiastków plonotwórczych. Podobne wyniki uzyskali inni autorzy [Cacak-Pietrzak i in. 1999; Kocoń i in. 1999; Podolska, Sułek 2002; Kocoń 2003]. W analizowanym okresie badawczym pszenica plonowała lepiej w roku 2003 w porównaniu z analogicznymi obiektami nawozowymi z roku 2002. Panujący układ warunków pogodowych w drugim roku badań, szczególnie niższe temperatury powietrza w okresie nalewania i dojrzewania ziarna, wydłużyły ten okres co skutkowało lepszym wypełnieniem ziarna i w efekcie większym plonem nasion (ryc. 1).

Tabela 1. Plon ziarna i masa tysiąca ziaren badanych odmian pszenicy jarej (2002 r.)
Table 1. Grain yield and thousand grain weight of studied spring wheat varieties (year 2002)

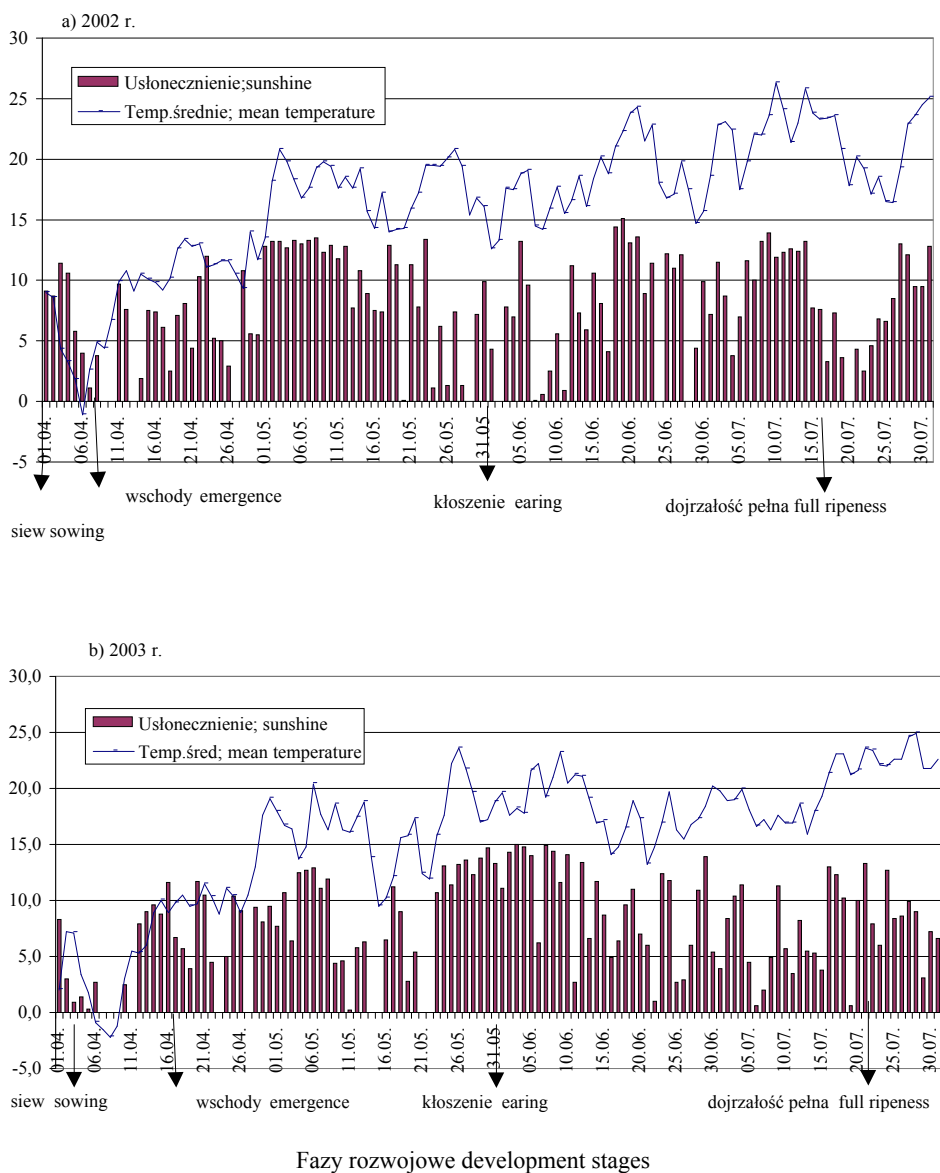
Odmiana Cultivar	Poziom nawożenia N N fertilization level	Plon ziarna w g/wazon Grain yield in g/pot		Masa tysiąca ziaren w g Mass of 1000 grain in g	
		Poziom wilgotności gleby Level of soil moisture		Poziom wilgotności gleby Level of soil moisture	
		W ₁	W ₂	W ₁	W ₂
Napola	N ₁	24,0	30,9	39,4	39,2
	N ₂	27,3	41,1	37,5	42,1
	N ₃	35,1	45,9	42,3	39,2
	Średnio Mean	28,8	39,3	39,7	40,2
Jasna	N ₁	28,6	31,8	38,2	34,2
	N ₂	34,4	44,1	40,3	39,7
	N ₃	35,1	51,0	42,1	41,5
	Średnio Mean	32,7	42,3	40,2	38,5
Kosma	N ₁	28,0	33,5	38,2	36,2
	N ₂	34,6	46,3	40,5	38,2
	N ₃	39,7	54,0	38,3	38,0
	Średnio Mean	34,1	44,6	39,0	37,5
Plon ziarna Grain yield NIR (0,05) LSD (0.05) odmian cultivar - 2,91 nawożenie N fertilization – 2,91 wilgotności moisture – 1,98 współdz. nawożenia × wilgotności interaction fertilization × moisture – 3,42				MTZ Thousand Grain Weight NIR (0,05) LSD (0.05) odmian cultivar - ni ns nawożenie N fertilization – ni ns wilgotności moisture – ni ns współdziałanie interaction – ni ns	

Tabela 2. Plon ziarna i masa tysiąca ziaren badanych odmian pszenicy jarej (2003 r.)
 Table 2. Grain yield and thousand grain weight of studied spring wheat varieties (year 2003)

Odmiana Cultivar	Poziom nawożenia N N fertilization level	Plon ziarna w g/wazon Grain yield in g/pot		Masa tysiąca ziaren w g Mass of 1000 grain in g	
		Poziom wilgotności gleby Level of soil moisture		Poziom wilgotności Level of soil moisture	
		W ₁	W ₂	W ₁	W ₂
Napola	N ₁	23,3	30,5	39,5	35,5
	N ₂	33,6	45,4	42,9	39,0
	N ₃	42,0	49,2	42,0	40,7
Średnio Mean		33,0	41,7	41,5	38,4
Jasna	N ₁	28,7	31,1	37,2	33,1
	N ₂	35,4	47,9	43,1	38,2
	N ₃	46,2	57,1	46,9	43,6
Średnio Mean		36,8	45,4	42,4	38,3
Kosma	N ₁	28,8	33,6	35,8	32,3
	N ₂	36,2	47,1	38,8	36,7
	N ₃	46,8	62,1	39,6	38,9
Średnio Mean		37,3	47,6	38,1	36,0
Plon ziarna Grain yield NIR (0,05) LSD (0,05) odmian cultivar – 1,89 nawożenia N fertilization – 1,89 wilgotności moisture – 1,29 współdz. nawożenia × wilgotności interaction fertilization × moisture – 2,23				MTZ Thousand Grain Weight NIR (0,05) LSD (0,05) odmian cultivar – 1,08 nawożenia N fertilization – 1,08 wilgotności moisture – ni ns współdziałanie interaction – ni ns	

W warunkach niedoboru wody w podłożu (obiekty W₁) plon ziarna badanych odmian pszenicy ulegał znacznej redukcji i był średnio o około 30% mniejszy w stosunku do roślin z obiektów kontrolnych (obiekty W₂), gdzie rośliny rosły w warunkach optymalnie nawodnionych (tab. 1 i 2). Spadek plonu ziarna w warunkach suszy w podłożu to typowa reakcja rośliny na stres wodny, gdzie dochodzi do ograniczania procesów wzrostu rośliny [Starck 2002], między innymi poprzez ograniczenie natężenia intensywności fotosyntezy [Lu, Zhang 1998; Kocoń, Podleśna 2004] czy też zmniejszonego eksportu asymilatów z blaszek liściowych, a ponadto zakłóceń w transporcie i dystrybucji wytworzonych asymilatów [Starck 1995]. Testowane odmiany: Napola, Jasna i Kosma, mimo utrzymującej się tendencji spadkowej w plonowaniu, różniły się nieco w reakcji na zadany stres wodny. Spośród analizowanych odmian pszenicy jarej, niezależnie od nawożenia azotowego i lat badań w warunkach deficytu wody w podłożu, najlepiej plonowała Kosma.

Masa tysiąca ziaren wyraża stan wypełnienia ziarna i związana jest z zawartością wody, skrobi i białka. Rośliny badanych odmian we wszystkich obiektach na wzrastające nawożenie azotem na ogół reagowały wytworzeniem dorodniej-



Rycina 1. Średnie dobowe temperatury powietrza (w °C) oraz usłonecznienie (w godz.) w poszczególnych fazach rozwojowych pszenicy jarej (2002 i 2003 r.)
 Figure 1. Mean daily temperature of air (in °C) and sunshine (in hours) in particular of development stages of spring wheat (years 2002 and 2003)

szego ziarna, szczególnie wyraźnie jest to widoczne w drugim roku badań (tab. 1 i 2). MTZ pszenicy rosnącej przy niedoborze wody w glebie była na ogół nieco większa w porównaniu z obiektami kontrolnymi. Najdorodniejsze ziarno w takich warunkach wydały rośliny pszenicy odmiany Jasna. Ziarno Kosmy było mniej dorodne, a MTZ tej odmiany była nieco mniejsza w porównaniu z odmianą Jasna.

Parametry technologiczne ziarna, tj. zawartość białka ogólnego oraz glutenu mokrego, zawsze, podobnie jak plon ziarna, ulegały poprawie wraz ze wzrostem azotu w podłożu i były najlepsze dla pszenicy pochodzącej z obiektów nawożo-

Tabela 3. Parametry jakościowe ziarna pszenicy jarej w zależności od poziomu nawożenia azotem i poziomu wilgotności podłoża w poszczególnych latach badań

Table 3. Grain quality parameters of spring wheat in relation to nitrogen fertilization level and soil moisture level in particular study years

Odmiana Cultivar	Poziom nawoż. N N fertilizat. level	Zawartość N N content (%)		Zawartość białka Protein content (%)		Zawartość glutenu Gluten content (%)	
		Poziom wilgotności gleby Level of soil moisture		Poziom wilgotności gleby Level of soil moisture		Poziom wilgotności gleby Level of soil moisture	
		W ₁	W ₂	W ₁	W ₂	W ₁	W ₂
2002 rok year 2002							
Napola	N ₁	2,17	1,83	12,4	10,4	26,0	20,5
	N ₂	2,73	2,46	15,6	14,0	43,7	32,0
	N ₃	3,35	3,09	19,1	17,6	51,1	49,0
Średnio Mean		2,75	2,46	15,7	14,0	40,3	33,8
Jasna	N ₁	2,06	1,92	11,7	10,9	25,7	21,4
	N ₂	2,28	2,31	13,0	13,0	40,3	32,0
	N ₃	2,74	2,96	15,6	16,9	48,6	45,9
Średnio Mean		2,36	2,28	13,4	13,6	38,2	33,1
Kosma	N ₁	1,96	1,62	11,2	9,2	26,0	24,1
	N ₂	2,64	2,24	15,0	12,8	42,6	32,4
	N ₃	3,18	2,95	18,1	16,8	48,7	47,8
Średnio Mean		2,59	2,27	14,8	12,9	39,1	34,8
2003 rok year 2003							
Napola	N ₁	2,04	1,66	11,6	9,4	20,8	19,5
	N ₂	2,58	2,03	14,7	11,6	30,2	21,9
	N ₃	2,90	2,74	16,3	16,3	37,5	33,7
Średnio Mean		2,51	2,14	14,2	12,5	29,5	25,0
Jasna	N ₁	1,82	1,64	10,3	9,4	19,4	18,9
	N ₂	2,40	2,00	13,7	11,4	27,6	21,6
	N ₃	2,82	2,50	16,1	14,3	34,9	32,6
Średnio Mean		2,35	2,05	13,4	11,7	27,3	24,4
Kosma	N ₁	1,78	1,56	10,1	8,9	20,5	19,8
	N ₂	2,10	1,91	12,0	10,9	24,4	20,9
	N ₃	2,67	2,56	15,2	14,6	35,0	31,5
Średnio Mean		2,18	2,01	12,4	11,5	26,6	24,1

nych największą dawką azotu (tab. 3). Zatem wzrost azotu w glebie prowadził do wzrostu zawartości glutenu mokrego i białka w ziarnie badanych odmian. Podobne zależności co do wpływu azotu na cechy jakościowe pszenicy otrzymano w swoich badaniach m.in. Cacak-Pietrzak i in. [1999] oraz Sułek i in. [2002], według których wzrost azotu w podłożu w znaczący sposób poprawiał parametry jakościowe ziarna badanych odmian pszenicy.

Niedobór wody w podłożu we wszystkich badanych odmianach (obiekty W₁) istotnie modyfikował także technologiczne parametry ziarna pszenicy w porównaniu z kontrolą, tj. roślinami optymalnie uwodnionymi (W₂). Zawartość glutenu i białka w ziarnie badanych odmian była zawsze większa dla pszenicy pochodzącej z obiektów z niedoborem wody w porównaniu z obiektami kontrolnymi, optymalnie nawodnionymi (tab. 3). Parametry jakościowe ziarna pszenicy były lepsze dla pszenicy z 2002 roku, co można tłumaczyć korzystniejszymi warunkami meteorologicznymi w okresie od kłoszenia do dojrzałości młecznej, kiedy to średnie dobowe temperatury powietrza oraz usłonecznienie były korzystniejsze dla gromadzenia białka i glutenu w ziarnie badanych odmian. Jest to zgodne z badaniami Goodlinga i Smitha [1998], z których wynika, że dla gromadzenia się białka w ziarnie i kształtowania korzystnych parametrów jakościowych pożądana jest m.in. mała ilość opadów, a ponadto wysoka temperatura oraz duże usłonecznienie w okresie od kłoszenia do dojrzałości woskowej pszenicy.

Plenność pszenicy jest zazwyczaj ujemnie skorelowana z jakością [Kaczyński 1999], odmiany o lepszej wartości technologicznej plonują gorzej. W naszych badaniach analizowane odmiany: Napola, Jasna i Kosma różniły się istotnie plennością, natomiast różnice w zakresie badanych parametrów jakościowych ziarna były mniej wyraźne, aczkolwiek zgodne z tym, co podaje Kaczyński [1999]. Odmiana Kosma, plonująca najlepiej, charakteryzowała się na ogół nieco gorszymi parametrami jakościowymi ziarna w porównaniu z pozostałymi odmianami, a Napola, plonująca najslabiej, miała ziarno z jakościowego punktu widzenia najlepsze.

WNIOSKI

1. Badane odmiany dodatnio reagowały na zastosowane nawożenie azotem. Rośliny z obiektów z największą dawką azotu w podłożu wydały największy plon ziarna, o zdecydowanie najlepszych parametrach technologicznych surowca.
2. W warunkach niedoboru wody w podłożu plon ziarna analizowanych odmian pszenicy, niezależnie od nawożenia azotem, ulegał znacznej redukcji w porównaniu z analogicznymi obiektami kontrolnymi.

3. Niedobór wody w podłożu istotnie modyfikował także parametry technologiczne ziarna pszenicy; zawartość glutenu i białka w ziarnie badanych odmian w takich warunkach była zawsze większa w porównaniu z obiektami optymalnie nawodnionymi.

4. Najlepiej spośród testowanych odmian w warunkach deficytu wody w glebie, niezależnie od nawożenia azotem i lat badań, plonowała Kosma.

PIŚMIENNICTWO

- Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T. 1999. Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotowego. *Pam. Puł.* 118, 45–56.
- Goodling M.J., Smith G.P. 1998. The potential to use climate, variety and nitrogen relationships to optimize wheat quality. *Fifth Congress ESA*, 1, 229–230.
- Kaczyński L. 1999. Wartość gospodarcza zarejestrowanych w Polsce odmian pszenicy. *Pam. Puł.* 118, 183–205.
- Kocoń A. 2003. Wpływ nawożenia na wartość technologiczną pszenic jakościowych. *Wiś Jutra*, 10, 23–24.
- Kocoń A., Skiba T., Sykut M., Próchniak A. 1999. Wykorzystanie azotu stosowanego dolistnie lub doglebowo w plonie pszenicy jarej i ozimej. *Fragm. Agron.* 4, 90–99.
- Kocoń A., Podleśna A. 2004. Wstępna ocena efektywności fotosyntetycznej wybranych odmian pszenicy ozimej w warunkach stresu wodnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 496. (w druku)
- Lu C.M., Zhang J.H. 1998. Effects of water stress on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photoinhibition in wheat plants. *Austr. J. Plant. Physiol.* 25, 883–892.
- Podolska G., Sulek A. 2002. Główne elementy technologii produkcji decydujące o wysokiej jakości ziarna pszenicy. *Pam. Puł.* 130, 597–605.
- Starck Z. 1995. Współzależność pomiędzy fotosyntezą i dystrybucją asymilatów a tolerancją roślin na niekorzystne warunki środowiska. *Post. Nauk Rol.* 3, 19–35.
- Starck Z. 2002. Mechanizmy integracji procesów fotosyntezy i dystrybucji biomasy w niekorzystnych warunkach środowiska. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 481, 111–123.
- Sulek A., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T. 2002. Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy jarej w zależności od sposobu nawożenia azotem. *Pam. Puł.* 130, 709–718.