

<sup>1</sup>GRAŻYNA PODOLSKA, <sup>2</sup>STANISŁAW KRASOWICZ, <sup>1</sup>ALICJA SUŁEK

<sup>1</sup>Zakład Uprawy Roślin Zbożowych,  
<sup>2</sup>Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

## OCENA EKONOMICZNA I JAKOŚCIOWA UPRAWY PSZENICY OZIMEJ PRZY RÓŻNYM POZIOMIE NAWOŻENIA AZOTEM

Economic and quality evaluation of winter wheat cultivation in relation to different nitrogen fertilization levels

**ABSTRAKT:** Celem badań było określenie parametrów jakościowych ziarna pszenicy w zależności od dawki nawożenia azotem oraz ocena efektywności ekonomicznej produkcji. Badania prowadzono w latach 1998–2001 w SD w Osinach i Jelczu-Laskowicach oraz RZD w Błoniu-Topoli. Czynnikiem doświadczenia była dawka nawożenia azotem (0, 40, 80, 120, 160 i 200 kg N·ha<sup>-1</sup>). W badaniach uwzględniono odmiany chlebowe – Mikon i Kobra (1998 rok) oraz jakościowe – Korweta (lata 1999 i 2000). Zabiegi agrotechniczne prowadzono zgodnie z zaleceniami IUNG. Zbiór wykonano w fazie dojrzałości pełnej pszenicy. Po zbiorze oznaczono wielkość plonu i cechy jakościowe ziarna. Wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji i testu Tukeya. Obok analizy wpływu różnych dawek azotu na wartość technologiczną ziarna pszenicy oceniono również ich wpływ na efektywność ekonomiczną produkcji. Podstawowym kryterium oceny ekonomicznej była nadwyżka bezpośrednia wyliczona jako różnica pomiędzy wartością plonu głównego, tj. ziarna (wyrażoną z uwzględnieniem ceny 550 zł·t<sup>-1</sup>), a kosztami bezpośrednimi (bez pracy własnej). Wyniki badań wskazują na istotną zależność wyróżników jakości od dawki nawożenia azotem. Wraz ze wzrostem dawki azotu wzrastała zawartość białka, glutenu oraz wartość wskaźnika sedymentacyjnego. Najwyższe wartości tych parametrów stwierdzono w obiektach z dawką 160–200 kg N·ha<sup>-1</sup>. Również ocena farinograficzna wykazała poprawę ich wartości przy wysokim nawożeniu. Dawka azotu nie miała wpływu na gęstość ziarna w stanie zsypanym, liczbę opadania i wodochłonność mąki.

Analiza danych wykazała, że przy przyjętych do kalkulacji cenach zwiększenie nawożenia azotem do 160 i 200 kg N·ha<sup>-1</sup> nie było uzasadnione ekonomicznie. Zwiększenie zużycia azotu powyżej 120 kg nie powodowało wzrostu plonów i wartości produkcji towarowej (ziarna) z 1 ha. Przyczyniało się natomiast do wzrostu kosztów bezpośrednich. W rezultacie wyższą efektywność ekonomiczną wykorzystania ziemi, pracy i kapitału zapewniała uprawa pszenicy ozimej przy niższym poziomie zużycia N, tj. 80 i 120 kg·ha<sup>-1</sup>.

**słowa kluczowe: key words:**

jakość ziarna – *grain quality*, nawożenie azotem – *nitrogen fertilization*, ocena ekonomiczna – *economic performance*, pszenica ozima – *winter wheat*

## WSTĘP

Pszenica zajmuje czołową pozycję w powierzchni uprawy zbóż zarówno w świecie, jak i w Polsce. Wynika to z jednej strony z jej dużego potencjału plonowania, z drugiej z możliwości wykorzystania ziarna w przemyśle młynarskim i piekarniczym, w którym zużywa się 50% rocznych zbiorów. Za ziarno przeznaczone do wykorzystania w przemyśle młynarskim uzyskuje się wyższą cenę, jednak musi ono charakteryzować się odpowiednią wartością technologiczną, na którą składa się zarówno wartość przemiałowa ziarna, jak i wartość wypiekowa mąki. Wartość tę określa się za pomocą szeregu metod fizycznych i chemicznych. Oznaczenia te informują głównie o jakości kompleksu białkowego (zawartość białka, glutenu, wskaźnik sedymentacyjny), aktywności enzymów amylolitycznych (liczba opadania), zachowaniu ciasta podczas miesienia (właściwości reologiczne) czy o wartości przemiałowej (gęstość ziarna w stanie zsypanym). Dane literaturowe (2, 14, 18) oraz badania własne wykazują, że dla osiągnięcia odpowiedniej wielkości wymienionych wyróżników jakościowych należy stosować intensywną technologię uprawy. Szczególnie istotne jest intensywne nawożenie azotem. W dostępnej literaturze brak jest opracowań uwzględniających ocenę ekonomiczną takiej uprawy. Celem badań było określenie parametrów jakościowych ziarna pszenicy w zależności od dawki nawożenia azotem oraz ocena efektywności ekonomicznej produkcji.

## MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 1998/99, 1999/2000 i 2000/2001 w Stacjach Doświadczalnych w Osinach i Jelczu-Laskowicach oraz w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Błoniu-Topoli. Doświadczenie prowadzono na glebach zaliczonych do kompleksu pszennego bardzo dobrego (Błonie-Topola 1998 i 2000), pszennego dobrego (Osiny, Błonie-Topola 1999 i Jelcz-Laskowice 1999 i 2000) oraz żytniego bardzo dobrego (Jelcz-Laskowice 1998). Zakładano je metodą bloków losowanych z jedną zmienną w trzech powtórzeniach. Badanym czynnikiem była dawka nawożenia azotem, zastosowana wg schematu podanego w tabeli 1.

W roku 1998 w Błoniu-Topoli zasiano odmianę Mikon, w Osinach i Jelczu-Laskowicach – Kobra. W latach następnych wysiewano odmianę Korweta. Na wiosnę wykonano oznaczenie zawartości  $N_{\min}$  w warstwie ornej gleby. Potrzeby nawożenia azotem oceniono jako wysokie. Zawartość w 100 g gleby  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  i Mg wynosiła odpowiednio: 14,2–25,0, 12–21,4, 2,24–10,1. Nawożenie fosforem i potasem stosowano przed siewem pszenicy ozimej w dawkach ustalonych na podstawie zasobności gleb. Przedplonem był rzepak ozimy (Osiny, Jelcz-Laskowice) i owies (Błonie-Topola). Siew wykonano w terminie optymalnym dla miejscowości, tj. 22.09.1998 i 6.10.1999 oraz 25.09.2000 – Błonie-Topola; 25.09.1998 i 28.09.1999 oraz 27.09.2000 – Osiny; 5.10.1998 i 8.10.1999 oraz 26.09.00 – Jelcz-Laskowice. Chwasty, choroby i szkodniki zwalczano stosując się do zaleceń IOR.

Tabela 1

Sposób nawożenia pszenicy azotem  
Fertilization variants

Dawka N Dose of N (kg·ha <sup>-1</sup> )	Faza rozwojowa pszenicy i ilość N (kg·ha <sup>-1</sup> ) Growth stage and fertilization doses N (kg·ha <sup>-1</sup> )			
	ruszenie wegetacji start of growing	strzelanie w źdźbło shooting DC 32	początek kłoszenia start of heading DC 56	dojrzałość mleczna milk maturity DC 75
40	40	-	-	-
80	40	20	20	-
120	60	40	20	-
160	60	50	30	20
200	70	60	50	20

Po zbiorze oznaczono: plon ziarna oraz cechy jakościowe: gęstość ziarna w stanie zsypanym (PN-73/A-04018), liczbę opadania (PN-ISO 3093), zawartość glutenu (PN-77A/A-74041), wskaźnik sedymentacji Zeleny'ego (PN-ISO 5529), rozplýwalność glutenu (PN-77A/A-74041), wodochłonność mąki, rezystencję ciasta, rozmiękczenie ciasta, wartość walorymetryczną wg Brabendera.

Wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji i testu Tukeya, oznaczono również zależności korelacyjne i regresyjne poszczególnych wyróżników jakościowych z dawką nawożenia azotem.

Obok analizy oddziaływania dawek azotu na jakość technologiczną ziarna pszenicy oceniono również ich wpływ na efektywność ekonomiczną produkcji. Założono bowiem, że wskaźniki ekonomiczne mogą zweryfikować ocenę opartą na kryteriach jakościowych.

Przeprowadzona ocena ekonomiczna ma charakter symulacyjny i oparta jest na wynikach kalkulacji uproszczonej (niepełnej). Analizę ograniczono do 4 wariantów (dawek) nawożenia N: 80, 120, 160 i 200 kg·ha<sup>-1</sup>. Nawożenie fosforem i potasem nie było wyraźnie zróżnicowane i wynosiło średnio 75 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i 104 kg K<sub>2</sub>O.

Podstawę wyliczenia wartości produkcji w zł z 1 ha stanowiły średnie plony pszenicy z lat, miejscowości i odmian. Wartość zbioru z 1 ha wyrażono w cenach z roku 2003, 550 zł za 1 t ziarna. W cenach z tego roku wyrażono również koszty nasion, nawozów, środków ochrony roślin, stosowanych zgodnie z instrukcjami technologicznymi.

Podstawowym kryterium oceny ekonomicznej była nadwyżka bezpośrednia wyliczona jako różnica pomiędzy wartością plonu głównego, tj. ziarna (wyrażoną z uwzględnieniem ceny 550 zł·t<sup>-1</sup>), a kosztami bezpośrednimi (bez pracy własnej).

Analizowane warianty technologii oceniono ze względu na efektywność ekonomiczną wykorzystania podstawowych czynników produkcji rolniczej, tj. ziemi, pracy

ludzkiej i kapitału. W tym celu wyliczono następujące wskaźniki odpowiadające efektywności poszczególnych czynników produkcji:

- wykorzystania ziemi ocenianego wielkością nadwyżki bezpośredniej w  $\text{zł}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,
- wykorzystania pracy ocenianego wielkością nadwyżki bezpośredniej w  $\text{zł}\cdot\text{rbh}^{-1}$ ,
- wykorzystania kapitału wyrażonego wielkością nadwyżki bezpośredniej na 1 zł kosztów bezpośrednich.

Ponadto dla poszczególnych wariantów technologii obliczono poziom plonów ziarna, przy założeniu przyjętej ceny  $550 \text{ zł}\cdot\text{t}^{-1}$ , rekompensujący koszty bezpośrednie (bez pracy własnej).

## WYNIKI

Dane meteorologiczne wskazują na zmienne w latach warunki dla wzrostu i gromadzenia substancji zapasowych w ziarnie pszenicy. Dla kształtowania się cech jakościowych szczególne znaczenie ma okres od kwitnienia do dojrzałości pełnej, który trwał od ostatniej dekady maja do końca lipca (tab. 2).

Tabela 2

Średnie miesięczne sumy opadów w okresie wegetacyjnym 1998/99 i 1999/00 oraz 2000/2001  
Average monthly rainfalls in the vegetation periods of 1998/99, 1999/00 and 2000/2001

Miesiąc Month	Błonie-Topola			Osiny			Jelcz-Laskowice		
	sezon wegetacyjny; vegetation season								
	1998/99	1999/00	2000/01	1998/99	1999/00	2000/01	1998/99	1999/00	2000/01
IX	21,9	22,1	44,6	36,3	28,7	60,8	41,6	28,7	17,3
X	75,2	33,5	12,7	47,5	39,2	12,4	82,2	39,2	10,9
XI	34,6	40,2	54,9	31,6	42,2	32,7	30,4	42,2	47,9
XII	50,5	34,3	49,0	19,9	20,7	44,6	17,5	20,7	34,8
I	37,6	31,7	10,6	15,3	22,0	32,6	21,6	22,0	20,7
II	48,6	39,7	34,8	41,2	31,8	24,4	49,4	31,8	18,1
III	38,5	64,2	43,8	17,0	64,8	41,9	57,5	64,8	60,3
IV	71,7	12,7	87,7	96,6	48,7	88,9	56,4	48,7	40,9
V	35,3	85,5	60,9	38,4	5,9	15,3	35,6	5,9	68,8
VI	183,6	27,1	71,4	147,7	29,7	28,4	79,1	29,7	71,0
VII	44,0	138,7	114,2	51,2	173,9	139,5	183,6	173,9	140,8

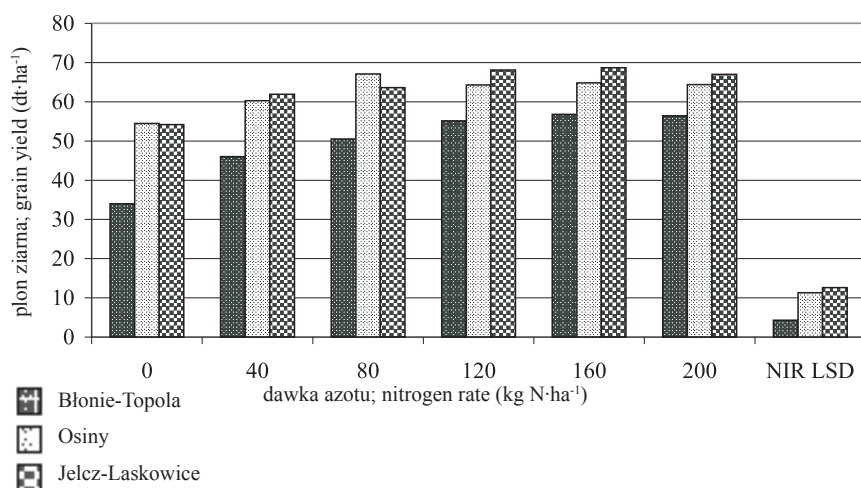
### Plon ziarna z jednostki powierzchni

Plon ziarna pszenicy ozimej zależał od dawki nawożenia azotem i lokalizacji doświadczenia. W badanym trzyleciu reakcja na dawkę nawożenia azotem w poszczególnych miejscowościach była taka sama, dlatego w opracowaniu podano plon średni z trzech lat badań.

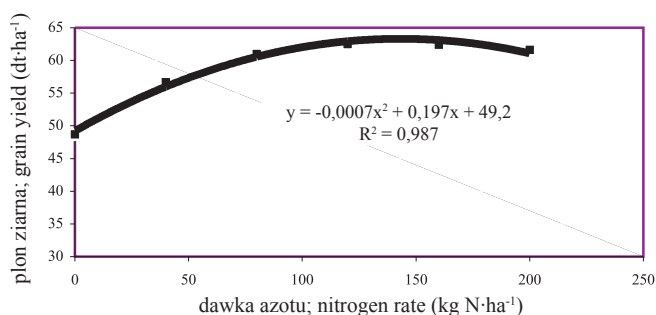
W każdej miejscowości najniższy plon dała pszenica w obiekcie bez nawożenia i z zastosowaniem  $40 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . W Błoniu-Topoli stwierdzono istotny wzrost plonu

ziarna wraz ze wzrostem dawki azotu do 120 kg N·ha<sup>-1</sup>, dalsze zwiększanie nawożenia nie powodowało istotnego wzrostu plonu ziarna. W Osinach najwyższy plon ziarna dała pszenica nawożona dawką 80 kg N·ha<sup>-1</sup>. Zastosowanie dawki 120 kg N·ha<sup>-1</sup> i wyższej powodowało zmniejszenie poziomu plonowania w stosunku do obiektu z 80 kg N·ha<sup>-1</sup>, różnice nie były jednak statystycznie istotne. W Jelczu-Laskowicach otrzymano najwyższy plon ziarna pszenicy w przypadku zastosowania 120 kg azotu. Zwiększenie dawki do 200 kg N·ha<sup>-1</sup> nie powodowało istotnych różnic w poziomie plonowania w stosunku do dawki 120 kg N·ha<sup>-1</sup> (rys. 1).

Opisana równaniem zależność plonu ziarna od dawki nawożenia azotem średnio dla lat badań wskazuje, że dla osiągnięcia maksymalnego plonu ziarna pszenicy niezbędna była dawka 140,6 kg N·ha<sup>-1</sup> (rys. 2).



Rys. 1. Plon ziarna pszenicy w zależności od dawki azotu  
Grain yield of winter wheat depending on nitrogen fertilization rates



Rys. 2. Regresyjna zależność plonu ziarna pszenicy ozimej od dawki nawożenia azotem  
(średnio z lat 1999–2001 i miejscowości)  
Linear regression of grain yield on nitrogen rates (mean from 1999–2001 and locations)

### Kształtowanie się cech jakościowych

Wyliczone wartości współczynników korelacji prostej omawianych wyróżników jakościowych pszenicy ozimej wskazują na istotną ich zależność od dawki azotu (wyjątek – gęstość ziarna w stanie zsypanym, liczba opadania). Szczególnie uwidacznia się dodatni wpływ wysokich dawek N na zawartość białka, zawartość glutenu, wskaźnik sedymentacyjny. Nieco słabszą, ale również istotną zależność stwierdzono w kształtowaniu cech reologicznych ciasta (tab. 3).

Tabela 3

Współczynniki korelacji wskaźników wartości technologicznej ziarna i mąki pszenicy ozimej z dawką nawożenia azotem (1999–2001)  
Correlation coefficient grain quality parameters of winter wheat with nitrogen fertilization rates (mean from 1999–2001)

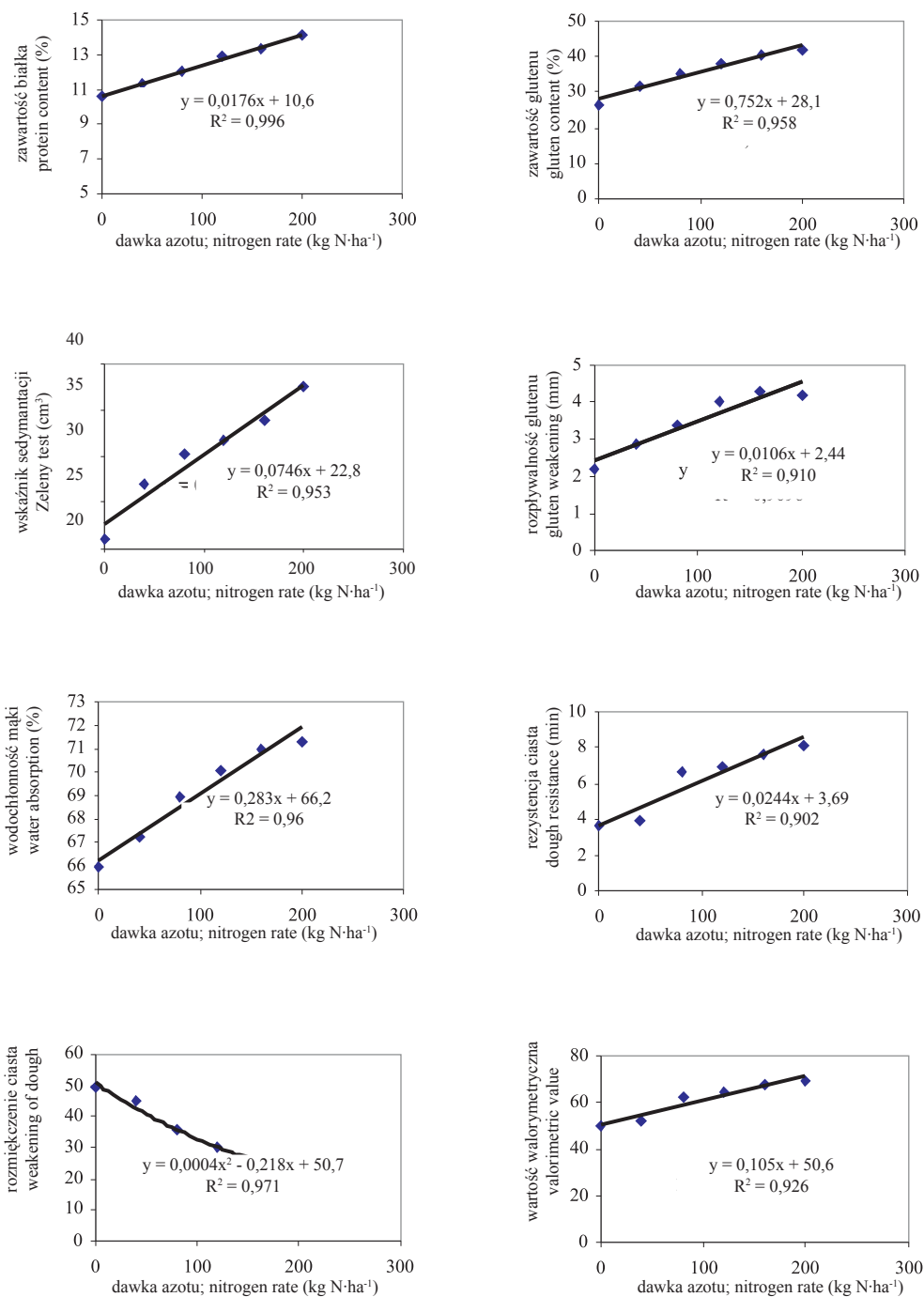
Wskaźniki wartości technologicznej Quality traits	Współczynniki korelacji Correlation coefficient
Gęstość ziarna w stanie zsypanym; Test weight (kg·hl <sup>-1</sup> )	0,0701
Liczba opadania; Falling number (s)	0,1268
Zawartość białka; Protein content (%)	<b>0,8228</b>
Zawartość glutenu w mące; Gluten content (%)	<b>0,6513</b>
Wskaźnik sedymentacji; Zeleny test (cm <sup>3</sup> )	<b>0,8356</b>
Rozpływalność glutenu; Weakening of gluten (mm)	<b>0,4952</b>
Rezystencja ciasta; Dough resistance (min)	<b>0,4177</b>
Rozmięczenie ciasta (j.B); Weaking of dough (B.U)	- <b>0,368</b>
Wodochłonność mąki; Water absorption (%)	<b>0,4771</b>
Wartość walorymetryczna (j.u.); Valorimeter value	<b>0,4220</b>

korelacja istotna – pogrubiona czcionka; significant correlation – bold

Przedstawione zależności regresyjne wskazują na rosnącą liniową zależność zawartości białka, glutenu i wskaźnika sedymentacji od dawki nawożenia azotem (rys. 3). Na podstawie równań regresji można obliczyć, że wraz ze wzrostem dawki azotu o 10 kg N·ha<sup>-1</sup> zawartość białka ogólnego w ziarnie może zwiększyć się o 0,18%, glutenu o 0,75%, a wartość wskaźnika sedymentacji o 0,75 cm<sup>3</sup>. Wzrost dawki azotu o 10 kg powoduje również wzrost wodochłonności mąki o 0,3%, o 0,2 min wzrasta rezystencja ciasta.

Na istotną zależność cech jakościowych ziarna i mąki pszenicy od dawki nawożenia azotem wskazują również dane przedstawione w tabeli 3. Zarówno w poszczególnych latach, jak i średnio w całym okresie nawożenia azotem nie miało istotnego wpływu tylko na gęstość ziarna w stanie zsypanym, liczbę opadania oraz rozpływalność glutenu.

Duża ilość opadów w lipcu 2001 roku (tab. 2) spowodowała wzrost aktywności enzymów amylolitycznych, czego wyrazem była niższa liczba opadania (tab. 4).



Rys. 3. Zależności regresyjne cech jakościowych pszenicy ozimej od dawki nawożenia azotem  
Regression lines of quality traits depending on nitrogen rates

Tabela 4

Wpływ nawożenia azotem na cechy jakościowe ziarna pszenicy ozimej (średnie dla miejscowości)  
Effect of nitrogen fertilisation on grain quality traits (mean from 3 locations)

Rok Year	Nawożenie; Fertilization dose (kg N·ha <sup>-1</sup> )						NIR LSD
	0	40	80	120	160	200	
Gęstość ziarna w stanie zsypanym; Test weight (kg·hl <sup>-1</sup> )							
1999	77,6	76,9	77,5	77,0	77,2	75,3	r.n.
2000	76,5	77,3	77,4	77,2	77,0	77,2	r.n.
2001	75,5	75,3	75,6	75,4	75,4	76,0	r.n.
Srednio; Average	76,5	76,5	76,8	76,5	76,5	76,2	r.n.
Liczba opadania; Falling number (s)							
1999	274	283	286	264	259	270	r.n.
2000	217	229	241	230	228	230	r.n.
2001	176	197	197	195	198	204	r.n.
Srednio; Average	222	236	241	230	228	235	r.n.
Zawartość białka; Protein content (%)							
1999	9,9	10,3	10,6	11,5	12,3	13,3	0,74
2000	11,5	12,2	12,8	13,7	14,2	14,8	0,58
2001	10,7	11,4	12,8	13,5	13,8	14,0	0,62
Srednio; Average	10,7	11,3	12,0	12,9	13,4	14,0	0,67
Zawartość glutenu w mące; Gluten content (%)							
1999	23,8	24,0	27,7	29,1	29,0	34,4	1,99
2000	27,5	34,1	38,2	41,4	43,6	45,4	2,684
2001	23,8	25,6	28,2	30,0	31,8	32,8	0,65
Srednio; Average	25,0	27,9	31,4	33,5	34,8	37,5	3,58
Rozplywalność glutenu; Weakening of gluten (mm)							
1999	2,2	2,2	3,2	3,2	3,5	3,6	r.n.
2000	1,3	2,3	2,8	2,8	3,4	3,5	r.n.
2001	1,4	1,4	1,5	1,9	2,0	2,2	r.n.
Srednio; Average	1,6	2,0	2,5	2,6	3,0	3,1	r.n.
Wskaźnik sedymentacji; Zeleny test (cm <sup>3</sup> )							
1999	18,3	20,0	21,1	21,9	22,9	25,8	1,33
2000	24,8	32,1	35,2	40,0	43,0	45,6	3,84
2001	21,7	22,8	25,5	27,1	30,4	31,4	1,02
Srednio; Average	21,6	25,0	27,3	29,7	32,1	34,3	6,50
Wodochłonność mąki; Water absorption (%)							
1999	63,9	63,7	66,0	66,9	67,5	68,0	1,58
2000	67,7	69,9	72,1	73,1	73,8	74,1	1,13
2001	66,2	66,5	67,5	68,2	68,6	69,4	1,01
Srednio; Average	65,9	66,7	68,5	69,4	70,0	70,5	2,12
Rezystencja ciasta; Dough resistance (min)							
1999	2,05	1,92	3,23	4,08	5,18	5,92	2,24
2000	1,94	1,87	2,08	2,13	2,46	2,87	0,231
2001	2,24	2,20	3,15	3,75	4,03	4,37	0,367
Srednio; Average	2,08	2,00	2,82	3,32	3,89	4,39	2,13
Rozmiękczenie ciasta (j.B); Weaking of dough (B.U.)							
1999	71,8	76,8	61,8	55,0	46,2	50,6	12,59
2000	20,0	1,00	5,0	3,3	2,5	1,7	12,27
2001	74,2	66,6	60,8	52,5	41,7	48,3	10,57
Srednio; Average	55,3	51,1	42,5	36,9	30,1	33,5	14,53
Wartość walorymetryczna (j.u.); Valorimeter value							
1999	41,6	39,2	45,2	50,7	56,5	58,6	5,07
2000	63,3	72,8	77,5	78,3	80,2	80,5	8,88
2001	42,2	44,0	47,0	50,2	53,0	53,8	2,06
Srednio; Average	49,0	52,0	56,6	59,7	63,2	64,3	9,79



Stwierdzono, że zarówno średnio dla lat, jak i w każdym roku badań zawartość białka ogólnego w ziarnie była determinowana nawożeniem azotem (tab. 4). Średnio dla lat zwiększanie nawożenia azotem powodowało wzrost zawartości białka, do poziomu  $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  zmiany były istotne. Na te zależności miały wpływ również warunki pogody w okresie od kłoszenia do dojrzałości pełnej. W roku 1999 każde zwiększenie dawki azotu powodowało wzrost zawartości białka. W posusznym roku 2000 istotny wzrost obserwowano do  $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ , natomiast w roku 2001 z dużą ilością opadów do dawki  $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Średnio w trzyleciu zawartość glutenu w mące była najwyższa przy zastosowaniu  $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ , istotnie mniejsze były wartości w obiektach z dawkami poniżej  $160 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Wystąpiły jednak różnice w reakcji na dawkę azotu w poszczególnych latach badań. W roku 1999 i 2001 zawartość glutenu wzrastała istotnie wraz ze wzrostem dawki azotu do  $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . W roku 2000 wartość tego wyróżnika w obiektach z dawkami N poniżej  $160 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  była istotnie mniejsza w porównaniu z dawką  $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (tab. 4).

Zarówno w poszczególnych latach badań, jak i średnio dla lat uprawy zróżnicowane nawożenie azotem modyfikowało wartość wskaźnika sedymentacji w porównaniu z obiektem kontrolnym. Średnio w latach podwyższenie nawożenia N do poziomu  $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  powodowało wzrost wartości testu sedymentacji. Wystąpiły pewne różnice w reakcji na nawożenie między latami. W roku 1999 efekt taki utrzymał się do  $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ , w 2000 – do  $120 \text{ N}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a w 2001 – do  $160 \text{ N}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

W badaniach stwierdzono dodatni wpływ wzrastających dawek nawożenia na wodochłonność mąki. Wartość w obiekcie bez nawożenia N była istotnie mniejsza w stosunku do wyników przy dawkach przekraczających  $40 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  (tab. 4).

Średnio w trzyleciu wysoka dawka azotu wpływała korzystnie na pozostałe parametry: rezystencję i rozmiękczenie ciasta oraz wartość walorymetryczną, jednak nie udowodniono różnic w kształtowaniu się wymienionych wyróżników jakości pomiędzy dawkami 80, 120, 160 i  $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Wpływ dawki N na wymienione parametry w poszczególnych latach był zmienny, np. w roku 1999 i 2001 nie stwierdzono istotnych różnic wartości walorymetrycznej dopiero między obiektami z dawką 160 i  $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a w roku 2000 wartość istotnie mniejszą od pozostałych wykazywało jedynie ziarno z obiektu  $0 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  (tab. 4).

### Ocena ekonomiczna

Analiza danych zamieszczonych w tabeli 5 wykazała, że przy przyjętych do kalkulacji cenach zwiększenie nawożenia azotem do 160 i  $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  nie było uzasadnione ekonomicznie. Zwiększenie zużycia azotu powyżej  $120 \text{ kg}$  nie powodowało wzrostu plonów i wartości produkcji towarowej (ziarna) z 1 ha. Przyczyniało się natomiast do wzrostu kosztów bezpośrednich. Należy podkreślić, że zwiększenie nawożenia azotem do poziomu 160 i  $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  wiązało się także z wyższymi o 1 roboczogodzinę (rbh) i 1 ciągnikogodzinę (cnh) nakładami pracy ludzkiej i mechanicznej.

Tabela 5

Nadwyżki bezpośrednie w produkcji pszenicy ozimej przy różnych poziomach nawożenia azotem, średnio w latach 1999–2001 (w cenach z 2003 r.).

Direct surplus in production of winter wheat depending on nitrogen fertilization rates, mean from 1999–2001

Wyszczególnienie Specification	Poziom nawożenia; Nitrogen rate (kg N·ha <sup>-1</sup> )			
	80	120	160	200
Plon; Grain yield (t·ha <sup>-1</sup> )	6,04	6,25	6,18	6,06
Wartość produkcji; Production value (zł·ha <sup>-1</sup> )	3322	3438	3399	3333
relatywnie; relatively (%)	100,0	103,5	102,3	100,3
Koszty bezpośrednie Direct costs: (zł·ha <sup>-1</sup> )				
– nasiona; seeds	175	175	175	175
– nawozy mineralne; mineral fertilizers	402	471	539	607
– środki ochrony roślin; plant protection chemicals	432	432	432	432
Koszty bezpośrednie; Direct costs (zł·ha <sup>-1</sup> )	1009	1078	1146	1214
relatywnie; relatively (%)	100,0	106,8	113,6	120,3
Nakłady: expenditures				
– rbh; man-hour	27,8	27,8	28,8	28,8
– cnh; tractor-hour	20,5	20,5	21,5	21,5
– kmbh; combine harvester-hour	1,8	1,8	1,8	1,8
Nadwyżka bezpośrednia; Gross margin				
– na 1 ha (zł) per 1 ha	2313	2360	2253	2119
relatywnie; relatively (%)	100,0	102,0	97,4	91,6
– na 1 zł kosztów bezpośrednich (zł) per 1 zł of direct costs	2,29	2,19	1,97	1,75
– relatywnie; relatively (%)	100,0	95,6	86,0	76,4
– na 1 rbh (zł) per 1 man-hour	83,2	84,9	78,2	73,6
relatywnie; relatively (%)	100,0	102,0	94,0	88,5
Plon równoważący koszty bezpośrednie (t) Crop balancing direct costs (t)	1,83	1,96	2,08	2,21

W rezultacie wyższą efektywność ekonomiczną wykorzystania ziemi, pracy i kapitału zapewniała uprawa pszenicy ozimej przy zużyciu 80 i 120 kg N·ha<sup>-1</sup>.

Porównanie relatywne potwierdza niską ocenę stosowania wysokich dawek azotu w uprawie pszenicy ozimej. Szczególnie niekorzystnie wypadł wariant technologii o zużyciu 200 kg N·ha<sup>-1</sup>.

Przeprowadzona analiza ma charakter uproszczony. Wykazała ona jednak jednoznacznie, że intensyfikacja produkcji poprzez zwiększenie nawożenia azotem ponad 120 kg N·ha<sup>-1</sup> nie jest uzasadniona ekonomicznie, bowiem powoduje pogorszenie efektywności wykorzystania ziemi, pracy i kapitału. Ocena oparta na kryteriach ekonomicznych weryfikuje więc wyniki porównania uwzględniającego cechy technologiczne.

## DYSKUSJA

Dane z piśmiennictwa oraz badań własnych wskazują na znaczne możliwości kształtowania cech jakościowych pszenicy poprzez agrotechnikę, z tym że poszczególne zabiegi i czynności mają różną wagę. Za najistotniejsze uważa się: nawożenie, zwłaszcza azotem, dokarmianie mikroelementami, stosowanie pełnej ochrony przeciwko chwastom, chorobom i szkodnikom, prawidłowo przeprowadzony zbiór i przechowywanie ziarna, mniejsze znaczenie ma dobór stanowiska, gęstość siewu, termin siewu, uprawa roli (1, 3, 7, 11, 14, 15, 18).

W prezentowanej pracy skoncentrowano się na analizie wpływu dawki nawożenia azotem na plonowanie i wartość technologiczną ziarna pszenicy z uwzględnieniem analizy ekonomicznej.

Badania wykazały, że średni poziom plonów wyliczony dla lat, miejscowości i odmian osiągnął maksimum w przypadku zastosowania  $140,6 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Ocena ekonomiczna wykazała, że opłacalne było nawożenie 80 i  $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ , dalsze zwiększenie dawki azotu nie powodowało wzrostu produkcji towarowej, przyczyniło się do wzrostu kosztów bezpośrednich i wiązało się z większymi nakładami pracy ludzkiej i mechanicznej. Porównanie efektów ekonomicznych poszczególnych elementów technologii uprawy lub całych technologii było tematem licznych badań (2, 10, 11). Budzyński i in. (2), Podolska i in. (13) zwracają uwagę, że udział nawożenia w całości kosztów poniesionych na produkcję 1 tony ziarna jest bardzo duży i stanowi 60% (2) lub około 40% (13). Tak duży udział nawożenia w kosztach produkcji wskazuje na trafność oceny ekonomicznej tego elementu uprawy.

Nieco inaczej przedstawia się ocena nawożenia uwzględniająca jakość surowca. Najlepsze parametry jakościowe pszenica osiągnęła przy zastosowaniu dawek azotu przekraczających  $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Parametry technologiczne były zróżnicowane w latach badań, co świadczy o wpływie pogody i warunków siedliska na kształtowanie się jakości ziarna, zwłaszcza zawartości białka oraz zawartości i jakości glutenu. Jest to zgodne z danymi literatury (4-6) wskazującymi, że dla tworzenia się dużej ilości białek glutenowych najkorzystniejsza jest słoneczna pogoda z umiarkowanymi opadami i wysoką temperaturą powietrza. Deszczowa pogoda, zwłaszcza w okresie dojrzwania, sprzyja zwiększonej aktywności enzymów amylolitycznych, przyczyniając się do porostania ziarna. Analizując warunki pogody w latach prowadzenia doświadczeń rok 2000 uznano za korzystny, a rok 2001 – za sprzyjający porostaniu.

Badania nad wpływem nawożenia azotem na wartość technologiczną ziarna pszenicy wskazują, że ma znaczenie zarówno dawka, sposób aplikacji, jak i forma stosowanego nawożenia (3, 7, 9, 11, 12, 14-16). W miarę wzrostu poziomu nawożenia azotem następuje zwiększenie zawartości białka w ziarnie. W badaniach Cacak-Pietrzak i in (3) wzrost dawki N z 40 do  $80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  powodował wzrost zawartości białka o 1,8%, Mazurek i in. (11) wskazują na wzrost zawartości białka o 2% przy zwiększeniu dawki N z 50 do  $90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Wróbel i Szempliński (18) wskazali, że

wzrost zawartości azotu od 0 do 160 kg N·ha<sup>-1</sup> powodował wzrost zawartości białka o 3,3%. W prezentowanych badaniach zwiększenie dawki nawożenia azotem z poziomu kontrolnego 0 kg N·ha<sup>-1</sup> do 200 kg N·ha<sup>-1</sup> powodowało średnio w trzyleciu i w poszczególnych latach wzrost zawartości białka o 3,3%.

Dawka nawożenia azotem wywiera również wpływ na zawartość glutenu w ziarnie (3, 9, 11, 18). W badaniach Wróbla i Szemplińskiego (18) wykazano 13% wzrost zawartości glutenu pod wpływem intensywnego nawożenia azotem. Knapowski i Ralcewicz (9) udowodnili, że w obiektach z zastosowaniem dawki 160 kg N·ha<sup>-1</sup> w porównaniu z obiektami N<sub>0</sub>, N<sub>80</sub> i N<sub>120</sub> wzrost zawartości glutenu wynosił odpowiednio 12,2%, 8,6% i 4,5%. Efekt uzyskany w prezentowanych badaniach był jeszcze większy i wynosił średnio z lat 15,2%. Wystąpiły jednak różnice w poszczególnych latach. Największy wpływ na zawartość glutenu miała dawka azotu w roku 2000 – wzrost o 17,9%, najmniejszy w 2001 – wzrost o 9%.

Jedną z cech świadczących o jakości glutenu jest jego rozplywalność. Gluten charakteryzujący się dobrą jakością powinien mieć małą rozplywalność – poniżej 10 mm. Badań nad wpływem zwiększonej dawki nawożenia azotem na tę cechę jest niewiele, a wyniki są zmienne w latach (3, 9, 11, 12, 15, 18). Zazwyczaj wraz ze wzrostem dawki nawożenia azotem wzrasta rozplywalność glutenu, ale, jak wskazują badania Knapowskiego i Ralcewicz (9), w zakresie stosowanych dawek azotu od N<sub>0</sub> do N<sub>160</sub> rozplywalność glutenu mieściła się w ramach wartości granicznych. Mazurkiewicz i Bojarczyk (12) wykazali, że u odmian o wyższej wartości technologicznej nawożenie azotem nie wpływa na rozplywalność glutenu, natomiast u odmian o gorszej jakości wysokie dawki azotu powodują wzrost rozplywalności glutenu. Potwierdzają to przedstawione wyniki badań.

Haber (7) wykazał korzystny wpływ podwyższonego nawożenia na wodochłonność mąki. Według Cacak-Pietrzak i in. (3) oraz Achremowicza i in. (1) zróżnicowanie dawek nawożenia azotem nie spowodowało istotnych zmian tego parametru. Z przedstawionych badań wynika, że podwyższenie dawki azotu do 120 kg N·ha<sup>-1</sup> powodowało wzrost wodochłonności mąki, natomiast dalsze zwiększanie nawożenia nie miało istotnego wpływu na tę cechę.

Prezentowane badania wykazały brak wpływu dawki nawożenia azotem na gęstość ziarna w stanie zsywnym oraz na liczbę opadania. W roku 1999 i 2000 we wszystkich obiektach ziarno pszenicy miało wysoką liczbę opadania. Najmniejsze jej wartości zaobserwowano w roku 2001, w którym warunki pogody w okresie zbioru pszenicy sprzyjały porastaniu ziarna i wzrostowi aktywności enzymów amylolitycznych. Na większą zależność liczby opadania od warunków pogody w latach niż od czynników agrotechnicznych zwracają uwagę również Budzyński i in. (2). Odmienne wyniki badań otrzymali Knapowski i Ralcewicz (9). Udowodnili oni, że podwyższenie dawek azotu pod pszenicę ozimą do poziomu 120 kg N·ha<sup>-1</sup> powodowało istotny wzrost wartości liczby opadania, w porównaniu z otrzymanymi w obiektach N<sub>80</sub> i N<sub>0</sub>.

## WNIOSKI

1. Najkorzystniejsza ze względu na poziom plonowania dawka azotu wynosiła 120 kg N·ha<sup>-1</sup> w Błoniu-Topoli i Jelczu-Laskowicach oraz 80 kg N·ha<sup>-1</sup> w Osinach.
2. Wraz ze wzrostem dawki nawożenia azotem następował wzrost wyróżników jakościowych: zawartości białka i glutenu, wskaźnika sedymentacyjnego oraz poprawiały się właściwości reologiczne ciasta. Dawka azotu nie miała wpływu na rozplywalność glutenu, gęstość ziarna w stanie zsypanym oraz liczbę opadania.
3. Przeprowadzona analiza ekonomiczna wykazała, że zwiększenie nawożenia azotem ponad 120 kg N·ha<sup>-1</sup> nie jest uzasadnione ekonomicznie. Powoduje ono bowiem pogorszenie efektywności wykorzystania ziemi, pracy i kapitału.
4. Optymalna zarówno dla wielkości plonu, cech jakościowych ziarna, jak i korzystnego wyniku ekonomicznego okazała się dawka 120 kg N·ha<sup>-1</sup>.

## LITERATURA

1. Achremowicz B., Dziamba Sz., Styk B.: Wpływ nawożenia mineralnego na jakość ziarna trzech odmian pszenicy ozimej. Biul. IHAR, 1988, **166**: 7-15.
2. Budzyński W., Fedejko B., Szempliński W., Majewska K.: Energetyczna, produkcyjna oraz jakościowa ocena różnych technologii uprawy ozimej pszenicy chlebowej. *Fragm. Agron.*, 1995, **3(47)**: 33-50.
3. Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T.: Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotem. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 45-56.
4. Daniel C., Tribol E., Le Blevenec L., L.Ollier J.: Effects of temperature and nitrogen nutrition on protein composition of winter wheat: effects of gliadin composition. *Short Communications Fifth Congress ESA*, 1998, **I**: 247-248.
5. Daniel C., Tribol E., Le Blevenec L., J.L.Ollier: Effects of temperature and nitrogen nutrition on protein composition of winter wheat: effects of glutenin composition. *Short Communications Fifth Congress ESA*, 1998, **I**: 249-250.
6. Goodling M.J., Smith G.P.: The potential to use climate, variety and nitrogen relationships to optimise wheat quality. *Short Communications Fifth Congress ESA*, 1998, **I**: 229-230.
7. Haber T., Pątek J., Czuchaj D., Dziewulska T.: Wpływ poziomu i terminu nawożenia azotem na wartość technologiczną pszenicy Alfa i Kolibri. *Zesz. Nauk. SGGW*, 1981, **14**: 67-79.
8. Jia Y.Q., Masbou V., Aussenac T., Fabre J.L., Debreke P.: Effects of nitrogen fertilization and maturation conditions on protein aggregates and on the breadmaking quality of Soissons, a common wheat cultivar. *Cereal Chem.*, 1996, **73**: 123-130.
9. Knapowski T., Ralcewicz M.: Ocena wskaźników jakościowych ziarna i mąki pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotem. *Ann. UMCS, sec. E*, 2004, **59(2)**: 959-968.
10. Krasowicz S., Pawłowska J.: Ekonomika ochrony zbóż przy różnej intensywności produkcji. *Zag. Ekon. Rol.*, 1998, **4-5**: 65-79.
11. Mazurek J., Jaśkiewicz B., Klupczyński Z.: Plonowanie i jakość ziarna pszenicy ozimej w zależności od techniki nawożenia azotem. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 263-270.
12. Mazurkiewicz J., Bojarczyk M.: Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na jakość technologiczną odmian pszenicy ozimej uprawianych w monokulturze. *Ann. UMCS, sec. E*, 2004, **59(2)**: 1621-1629.

13. Podolska G., Kukuła S., Pawłowska J., Krasowicz S., Nieściór E.: Ocena technologii uprawy pszenicy ozimej o różnym poziomie nakładów. Pam. Puł., 1996, **107**: 16-26.
14. Podolska G., Sułek A.: Główne elementy technologii produkcji decydujące o wysokiej jakości ziarna pszenicy. Pam. Puł., 2002, **130/II**: 587-596.
15. Stankowski S., Piech M., Podolska G., Mazurek J.: Wpływ różnych sposobów nawożenia azotem na jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. Pam. Puł., 1999, **118**: 405-415.
16. Szempliński W., Budzyński W., Majewska K.: The effect of the method of nitrogen fertilisation on yield and quality of breadmaking wheat. Fragm. Agron. 1995, **12(2)**: 168-169.
17. Wrigley C.W., du Cros D.L., Fullington J.G., Kasarda D.D.: Changes in polypeptide composition and grain quality due to sulfur deficiency in wheat. J. Cereal Sci., 1984, **2**: 15-24.
18. Wróbel E., Szempliński W.: Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu. Pam. Puł., 1999, **118**: 463-470.

#### ECONOMIC AND QUALITY EVALUATION OF WINTER WHEAT CULTIVATION IN RELATION TO DIFFERENT NITROGEN FERTILIZATION LEVELS

##### Summary

High quality of wheat grains is required for the milling and baking industries. The quality mainly depends on genetic properties, weather conditions and crop management practices. The aim of this research was to determine the influence of nitrogen fertilization rates on grain quality properties of winter wheat and economic evaluation of this production. A field experiment was laid out as randomized blocks with three replicates between 1999–2001 at the Experimental Station in Osiny, Jelcz-Laskowice and Blonie-Topola, Poland. The rates of 0, 40, 80, 120, 160, 200 kg N ha<sup>-1</sup> were used. The cultivars (Mikon and Kobra in 1999, Korweta in 2000 and 2001) were sown on the optimum date. The plants were protected against weeds, pest and diseases by using standard methods. After the harvest the grain yield and grain qualities: test weight, protein content, gluten content, gluten weakening, falling number, sedimentation index, dough weakening, dough resistance, water absorption were determined according to the ICC Standard Methods. The data were subjected to an analysis of variance. The influence of nitrogen fertilization on economical efficiency was also evaluated in this study. The basic valuation criterion was direct surplus. The data of this experiment indicate that the nitrogen fertilization had strong influence on the quality of wheat. The increase of nitrogen fertilization doses had positive effect on protein content, gluten content, Zeleny test, and rheological properties. The nitrogen fertilization did not have effect on test weight and falling number and gluten weakening. The highest protein content, gluten content and sedimentation value were found while using 160 and 200 kg N ha<sup>-1</sup>. Data analysis indicates that increasing nitrogen fertilization doses from 160 to 200 kg N ha<sup>-1</sup> was not economically justified. Increasing nitrogen fertilization above 120 kg N ha<sup>-1</sup> did not increase of grain yield or commercial production per 1 ha. But it contributed to an increase of direct costs. As a result, high economic efficiency was found when the rates of 80 and 120 kg N ha<sup>-1</sup> were used.

*Praca wpłynęła do Redakcji 28 VI 2004 r.*