

ANNA PODLEŚNA<sup>1</sup>, GRAŻYNA CACAK-PIETRZAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zakład Żywnienia Roślin i Nawożenia – IUNG-PIB w Puławach

<sup>2</sup>Zakład Technologii Zbóż Katedry Technologii Żywności – SGGW w Warszawie

## KSZTAŁTOWANIE PŁONU ORAZ PARAMETRÓW PRZEMIAŁOWYCH I WYPIEKOWYCH PSZENICY JAREJ POPRZEZ NAWOŻENIE AZOTEM I SIARKĄ

Formation of the spring wheat yield as well as its milling and baking parameters  
by nitrogen and sulphur fertilization

**ABSTRAKT:** Chociaż wartość technologiczna ziarna pszenicy jest w wysokim stopniu determinowana przez genotyp, to podlega także wpływowi pogody i nawożenia. Badania naukowe potwierdzają, że główną rolę odgrywa w tym względzie nawożenie azotem, a w ostatnich latach dodatkowo zwraca się uwagę na działanie siarki nawozowej. Ten ostatni składnik staje się w wielu krajach czynnikiem ograniczającym plonowanie i jakość ziarna pszenicy w efekcie zmniejszenia dopływu siarki w formie gazowych zanieczyszczeń atmosfery. Celem podjętych badań była ocena wpływu zróżnicowanego nawożenia siarką i azotem na plonowanie pszenicy jarej oraz cechy jakościowe mąki i jej parametry wypiekowe. Doświadczenie polowe założono na glebie kompleksu żyniego bardzo dobrego. Pierwszym czynnikiem doświadczenia było nawożenie siarką, w którym uwzględniono obiekty bez siarki i równoległe obiekty z dodatkiem 50 kg S·ha<sup>-1</sup>. Czynnikiem drugim stanowiło nawożenie azotem, stosowane w obu obiektach siarkowych, zróżnicowane na 6 poziomów: obiekt kontrolny bez azotu, 25, 50, 75, 100 i 125 kg N·ha<sup>-1</sup>. Pszenicę zbierano w fazie dojrzałości pełnej. Przeprowadzono ocenę wartości przemiałowej i wypiekowej ziarna pszenicy. Stwierdzono, że zastosowana siarka powodowała przyrost plonu ziarna oraz oddziaływała korzystnie na cechy wypiekowe ciasta. Obserwowano w tych próbkach wzrost ogólnej zawartości białka, poprawę jakości glutenu oraz zwiększenie objętości i porowatości miękiszu. Natomiast większe dawki azotu wpływały na wzrost plonu, a także poprawę większości cech mąki oraz cech reologicznych ciasta i uzyskanego pieczywa.

**słowa kluczowe – key words:**

doświadczenie polowe – *field experiment*, plon – *yield*, mąka – *flour*, ciasto – *dough*, wypiek – *baking*

### WSTĘP

W rolnictwie polskim ostatnich lat dominują zboża, które w niektórych częściach kraju zajmują ponad 70% gruntów ornych. Wśród tej grupy roślin ważne miejsce zajmuje pszenica jako podstawowe zboże chlebowe (21). Głównym kryterium w uprawie pszenicy są wysokie możliwości produkcyjne i dobra jakość przetwórcza. Badania wskazują na silną zależność cech jakościowych pszenicy od genotypu (3) i warunków

pogodowych (8, 13), ale korzystne oddziaływanie na te parametry ma także nawożenie azotem (6, 28) oraz ochrona chemiczna plantacji (20). Stwierdzono, że za właściwości technologiczne pszenicy odpowiada także siarka (11, 23). Korzystne zmiany we właściwościach przemiałowych oraz właściwościach wypiekowych pszenicy notuje się po zastosowaniu siarki na plantacjach usytuowanych na glebach o niskiej zasobności w ten składnik. W warunkach Polski prowadzi się obecnie nieliczne badania nad wpływem siarki na parametry technologiczne zbóż (19). Tymczasem obniżenie się zawartości siarki w glebach uprawnych staje się bardzo prawdopodobne w związku z trwającą od lat 80. ubiegłego wieku redukcją zanieczyszczeń atmosfery gazowymi związkami siarki (18). Dlatego w niniejszej pracy podjęto próbę zweryfikowania hipotezy: zastosowane nawożenie azotowo-siarkowe ma wpływ na plonowanie i jakość technologiczną uzyskanego ziarna pszenicy.

Prowadzone badania miały na celu ocenę wpływu zróżnicowanego nawożenia siarką i azotem na plon pszenicy jarej, cechy jakościowe mąki oraz parametry wypiekowe ciasta.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie prowadzono na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego Rolniczego Zakładu Doświadczalnego IUNG-PIB w Grabowie (woj. mazowieckie), w latach 2000–2002. Pszenicę jarą odmiany Sigma uprawiano w zmianowaniu czteropolowym po kukurydzy. W kolejnych latach badań siew odbywał się w dniach 13, 7 i 8 kwietnia. Obsada roślin wynosiła w każdym roku  $5 \text{ mln} \cdot \text{ha}^{-1}$ , a rozstawa rzędów 12 cm. Doświadczenie założono w układzie równoważnych podbloków (split-block). Pierwszym czynnikiem doświadczenia było nawożenie siarką, a drugim – nawożenie azotem (tab. 1). W obiekcie bez siarki (-S) stosowano superfosfat potrójny i sól potasową, a w obiekcie z siarką superfosfat prosty i siarczan potasu. Gleba, na której ulokowano doświadczenie, zawierała  $0,18 \text{ mg S-SO}_4/100 \text{ g}$  gleby. Dawka siarki w doświadczeniu wynikała z dawek nawozów PK i w trzech latach badań wynosiła  $50 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Siarki z innych źródeł nie wprowadzano. W doświadczeniu obejmującym zmianowanie czteropolowe nawożenie azotem zróżnicowano na 6 poziomów. W przypadku pszenicy jarej dawki N wynosiły: 0 – obiekt kontrolny, 25, 50, 75, 100 i  $125 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Nawozy azotowe w postaci saletry amonowej stosowano stopniowo w dawkach po  $25 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  w fazach przedstawionych w tabeli 1.

Przed wysiewem nasiona zaprawiano preparatami: Vincit 050 FS, SUMI-8 020 FS i Baytan Universal 19,5 DS, odpowiednio dla kolejnych lat prowadzenia doświadczenia. W okresie wegetacji pszenica była chroniona fungycydami Juwel (w dawce  $1,0 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) w okresie strzelania w źdźbło oraz Tango ( $0,8 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) w fazie kłoszenia. Rośliny były także opryskiwane insektycydem Karate ( $0,2 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) i herbicydem Linter ( $150 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Zbiór pszenicy dokonano w fazie dojrzałości pełnej oznaczając przy tym plon ziarna oraz pobierając z poszczególnych obiektów próbki do dalszych analiz.

Tabela 1

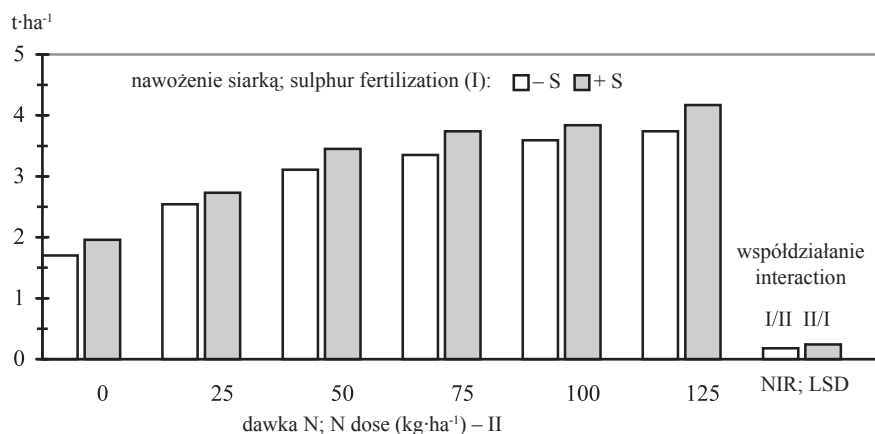
Schemat doświadczenia  
Scheme of experiment

Nawożenie siarką Sulphur fertilization (I)	Poziomy nawożenia azotem i terminy jego stosowania Nitrogen fertilization levels and terms of its application (kg N·ha <sup>-1</sup> ) (II)					
	kontrola control					
		125				
		100				
		75				
		50				
		25				
		wschody emergence	krzewienie tillering	strzelanie w źdźbło shooting	kłoszenie heading	kwitnienie flowering
-S (0 S·ha <sup>-1</sup> )	0	25	25	25	25	25
+S (50 kg S·ha <sup>-1</sup> )	0	25	25	25	25	25

Ocenę wartości technologicznej ziarna pszenicy (przemiałowej i wypiekowej) przeprowadzono w Zakładzie Technologii Zbóż SGGW w Warszawie. Przemiał ziarna wykonano w młynie laboratoryjnym Quadrumat Senior. Na podstawie uzyskanych wyników sporządzono bilans przemiałowy oraz wyliczono współczynniki efektywności przemiału K. W uzyskanych mąkach oznaczono: zawartość popiołu całkowitego, zawartość białka ogółem (analizator Infratec 1241 – Foss Tecator), ilość i jakość glutenu (wymiwanie ręczne, PN-93/A-74042/02) oraz wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego (PN-93/A-74013). Przeprowadzono również ocenę farinograficzną oraz wypiek laboratoryjny metodą bezpośrednią (12). Ze względu na brak różnic między latami prezentowane dane stanowią średnie z trzech lat badań. Wyniki zostały opracowane statystycznie metodą analizy wariancji.

## WYNIKI

We wszystkich trzech latach prowadzenia badań wystąpiła pozytywna reakcja pszenicy na nawożenie siarką (rys. 1). Na każdym poziomie zastosowanego azotu, gdzie podawano siarkę, stwierdzono wzrost plonu ziarna, który kształtował się od 7,5% do 18%. Średni przyrost plonu ziarna po zastosowaniu siarki nawozowej wynosił 0,3 t·ha<sup>-1</sup>. Natomiast użycie tego składnika w obiekcie z najwyższą dawką azotu dało zwiększenie plonu o 0,43 t·ha<sup>-1</sup> w stosunku do równoległego obiektu bez siarki. Przyrost plonu ziarna pszenicy następował regularnie aż do najwyższej dawki azotu.



Rys. 1. Plon ziarna pszenicy jarej w zależności od nawożenia  
Grain yield of spring wheat in dependence on fertilization

Wyniki przemiału laboratoryjnego przedstawiono w tabeli 2. Ze wszystkich badanych próbek ziarna uzyskano wysokie wyciągi mąki (średnio 74,4%). Ilość otrąb z pasazy śrutowych przekraczała ponad dwukrotnie ilość otrąb z pasazy wymiiałowych (wartości średnie odpowiednio: 17,7 i 7,1%). Nie stwierdzono wpływu nawożenia azotem i siarką na wyciąg mąki oraz procent otrąb śrutowych (grubych) i wy-

Tabela 2

Wyniki przemiału laboratoryjnego w zależności od nawożenia  
Milling results in dependence on fertilization

Nawożenie Fertilization	Wyciąg mąki Yield of flour (%)	Otręby grube Bran (%)	Otręby drobne Shorts (%)	Współczynnik efektywności przemiału K Milling efficiency factor K
Azot; Nitrogen (kg·ha <sup>-1</sup> ):				
0	74,4	17,6	7,0	108
25	74,0	17,8	7,4	115
50	74,9	17,2	7,2	109
75	74,6	17,8	7,1	119
100	73,8	18,0	7,0	121
125	74,6	17,7	7,0	127
NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )	r.n.	r.n.	r.n.	4,002
Siarka; Sulphur:				
-S	74,6	17,4	7,2	116
+S	74,1	17,9	7,0	117
NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnice nieistotne; non-significant differences

miałowych (drobnych). Wartości współczynników efektywności przemiału K wynosiły od 108 do 127 i na ogół istotnie wzrastały wraz ze wzrostem dawki azotu. Nawożenie siarką nie miało statystycznie istotnego wpływu na wartość omawianego wskaźnika.

Zawartość popiołu w uzyskanych mąkach wynosiła średnio 0,65% (tab. 3). Zastosowane nawożenie siarką spowodowało nieznaczne obniżenie zawartości popiołu w mące pszennej. Najmniej popiołu (0,59%) zawierała mąka pochodząca z ziarna pszenicy nawożonej maksymalną dawką azotu, a najwięcej mąka uzyskana z ziarna roślin uprawianych bez azotu mineralnego lub nawożonych niskimi dawkami tego składnika. Zwiększające się nawożenie azotem miało korzystny wpływ na cechy chemiczne uzyskanej mąki poprzez wzrost ogólnej zawartości białka, zawartości glutenu oraz wartości wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego. Natomiast zmiany rozplywalności glutenu w zależności od dawki nawozów azotowych były statystycznie istotne, ale nieregularne. Jednak można zauważyć, że najlepszą jakością charakteryzował się gluten pochodzący z ziarna nawożonego wyższymi dawkami azotu. Siarka mineralna wpłynęła korzystnie na ogólną zawartość białka oraz jakość glutenu (istotne zmniejszenie rozplywalności).

Tabela 3

Cechy chemiczne mąki w zależności od nawożenia  
Chemical features of flour in dependence on fertilization

Nawożenie Fertilization	Popiół Ash (% s.m.)	Białko ogółem Total protein (% s.m.)	Test Zeleny'ego Zeleny test (cm <sup>3</sup> )	Gluten Gluten (%)	Rozplywal- ność Softening of gluten (mm)
Azot; Nitrogen (kg·ha <sup>-1</sup> ):					
0	0,69	12,2	40	25,0	9,5
25	0,64	12,6	42	26,1	10,0
50	0,69	13,8	46	30,0	10,0
75	0,63	15,0	50	32,2	9,0
100	0,61	15,1	48	31,0	7,5
125	0,59	15,8	53	31,8	8,5
NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )	0,022	0,093	0,453	1,142	0,191
Siarka; Sulphur:					
-S	0,65	14,0	46	29,1	9,5
+S	0,64	14,1	46	29,6	8,5
NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )	0,010	0,052	r.n.	r.n.	0,110

r.n. – różnice nieistotne; non-significant differences

Zastosowane w doświadczeniu nawożenie siarką nie miało istotnego wpływu na wodochłonność mąki i cechy reologiczne ciasta (tab. 4). Natomiast wzrastający poziom nawożenia azotem spowodował wzrost wodochłonności mąki. Najlepszymi

Tabela 4

Cechy reologiczne ciasta w zależności od nawożenia  
Rheological features of dough in dependence on fertilization

Nawożenie Fertilization	Wodochłon- ność mąki Water absorption (%)	Rozwój ciasta Dough development (min.)	Stalność ciasta Dough stability (min.)	Rozmiękcze- nie ciasta Dough softening (FU)	Liczba jakości Quality number
Azot; Nitrogen (kg·ha <sup>-1</sup> ):					
0	58,4	4,6	4,7	54	74
25	58,8	5,2	5,4	41	85
50	59,2	5,4	5,2	36	90
75	60,1	5,8	6,2	27	106
100	60,5	6,2	7,2	22	116
125	61,4	5,8	5,8	27	104
NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )	1,963	1,464	1,854	16,37	17,71
Siarka; Sulphur:					
-S	60,1	5,4	5,7	36	96
+S	59,4	5,6	5,8	33	96
NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnice nieistotne; non-significant differences

Tabela 5

Wyniki wypieku laboratoryjnego w zależności od nawożenia  
Baking effects in dependence on fertilization

Nawożenie Fertilization	Strata piecowa całkowita Baking loss (%)	Wydajność pieczywa Yield of bread (%)	Objętość pie- czywa Bread volume (cm <sup>3</sup> )	Porowatość miękiszu Porosity of crumb (%)	Masa właściwa miękiszu Volume of crumb (g·cm <sup>-3</sup> )
Azotem; Nitrogen (kg·ha <sup>-1</sup> )					
0	16,8	133,0	401,4	75,9	0,27
25	16,6	133,4	393,1	75,0	0,29
50	16,7	133,3	431,6	76,4	0,27
75	17,2	132,5	421,2	76,8	0,26
100	18,3	130,7	419,1	76,8	0,25
125	18,6	130,3	439,9	77,8	0,24
NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )	0,894	1,411	22,05	1,312	0,042
Siarka; Sulphur:					
-S	17,4	132,2	410,4	75,8	0,26
+S	17,3	132,2	424,9	77,2	0,27
NIR; LSD ( $\alpha = 0,05$ )	r.n.	r.n.	12,73	0,763	r.n.

r.n. – różnice nieistotne; non-significant differences

cechami reologicznymi charakteryzowało się ciasto powstałe z mąki pszenicy nawożonej wysokimi dawkami azotu, o czym świadczy wydłużenie czasu rozwoju i stałości ciasta oraz zmniejszenie rozmiękczenia ciasta. W warunkach lepszego zaopatrzenia pszenicy w azot następowała także poprawa jakości ciasta poprzez wzrost liczby jakości mąki.

Pieczywo uzyskane z próbnego wypieku laboratoryjnego charakteryzowało się odpowiednim wyglądem zewnętrznym, prawidłowym kształtem i barwą skórki oraz właściwym smakiem i zapachem. Strata wypiekowa całkowita wynosiła średnio 17,4%, a wydajność pieczywa 132,2% (tab. 5). Nawożenie siarką nie miało wpływu na wymienione parametry, ale oddziaływało korzystnie na objętość pieczywa oraz porowatość mięksizu. Wzrost dawki zastosowanego azotu miał niekorzystny wpływ na wielkość straty piecowej i wydajność pieczywa. Niezależnie od tych cech większa dostępność azotu powodowała wzrost objętości pieczywa oraz porowatości mięksizu przy jednoczesnym zmniejszeniu masy właściwej mięksizu.

## DYSKUSJA

Pozytywna reakcja pszenicy jarej na zastosowane nawożenie siarką wynika prawdopodobnie z jej potrzeb względem tego składnika, bowiem kierując się kryteriami przyjętymi przez Lipińskiego i in. (14) należy przyjąć, że gleba, na której prowadzono doświadczenie, miała bardzo niską zawartość siarki siarczanowej. Zatem zastosowane nawożenie siarką oraz wzrastające nawożenie azotem powodowały przyrost plonu ziarna pszenicy jarej Sigma, podobnie jak w doświadczeniu Mortensena i Eriksena (15) oraz w przypadku pszenicy ozimej (11, 19). Według Schnuga i in. (22) siarka nawozowa wpływa na efektywniejsze wykorzystanie azotu mineralnego, co jest przyczyną uzyskiwania wyższych plonów niż w równoległych obiektach bez siarki. Większe wykorzystanie azotu z nawozów przez pszenicę jarą i ozimą w warunkach nawożenia siarką stwierdziła również Fotyma (10). Natomiast wyniki kilkuletnich badań uzyskane przez Boreczek (5) świadczą o braku plonotwórczego efektu nawozowego siarki w stosunku do pszenicy jarej. Także w doświadczeniach prowadzonych przez Phillippsa i Mullinsa (17) nie stwierdzono wzrostu plonu pszenicy pod wpływem nawożenia siarką. Pomimo tego autorzy uważają, że w wielu glebach brak odpowiedniej ilości siarki, która jest niezbędna do uprawy pszenicy.

Podstawowym wyróżnikiem stosowanym przy ocenie wartości przemiałowej ziarna jest wyciąg mąki. Według Czubaszek i in. (8) wydajność mąki zależy od typu stosowanego młyna. Dużą wydajność (około 70%) uzyskuje się przemiałując ziarno w 6-pasażowym młynie, a mniejszą (około 50%) używając 2-pasażowego młyna Quadrumat Senior. Pomimo tego że przemiału ziarna badanej pszenicy Sigma dokonano w 2-pasażowym młynie, wydajność mąki w doświadczeniu przekraczała 74%. Wyniki wielu badań (1, 2, 21) wskazują, że nawożenie azotem nie ma wpływu na wyciąg mąki. Z kolei doświadczenia prowadzone przez Achremowicza i in. (3)



potwierdziły jedynie niewielki wzrost tej cechy pod wpływem wzrastających dawek azotu. W naszych badaniach wyciąg mąki również nie zależał od dawki azotu, nie stwierdzono także wpływu siarki mineralnej na tę cechę.

Właściwe rozpoznanie cech przemiałowych mąki jest ważne w aspekcie oczekiwań przemysłu młynarskiego, bowiem pojęcie to odnosi się do zespołu cech gwarantujących uzyskanie z przemiału ziarna jak największej masy mąki jasnej, tzn. zawierającej do 0,55% soli mineralnych, określanych zawartością tzw. popiołu (25). Jednocześnie charakterystyka technologiczna odmian pszenicy jarej wg COBORU przyjmuje za wzorzec odmianę Jasna, której mąka ma 0,58% popiołu. Należy zatem uznać, że badana odmiana Sigma dawała nieco mniej mąki jasnej w porównaniu z wzorcem, ponieważ charakteryzowała się wyższą zawartością popiołu (0,59–0,69%). Jednocześnie można zauważyć, że istotnie korzystny wpływ na tę cechę miało nawożenie azotowo-siarkowe, chociaż we wcześniejszych badaniach Achremowicza i in. (3) takiej zależności nie stwierdzono. W ocenie wartości przemiałowej bardzo przydatne jest wyliczenie wskaźników efektywności przemiału K, uwzględniających wyciąg mąki w obowiązkowym powiązaniu z jej popiołowością (25). W badaniach Cacak-Pietrzak i in. (6) oraz Sułek i in. (28) wystąpiły zależności pomiędzy poziomem nawożenia azotem a wartościami współczynnika efektywności przemiału K. W naszej pracy zwiększenie dawki azotu wpłynęło korzystnie na efektywność procesu przemiału ocenianą na podstawie tego wskaźnika.

Przy ocenie wartości wypiekowej pszenicy zwraca się uwagę na zawartość białka ogółem. Johansson i Svensson (13) stwierdzili, że koncentracja białka w pszenicy zależy zarówno od pogody, różnic w nawożeniu, jak też od cech odmianowych. Achremowicz i in. (1, 3), Cacak-Pietrzak i in. (6), Sułek i in. (28) oraz Podleśna i in. (19) obserwowali wzrost zawartości białka ogólnego pod wpływem zwiększonego nawożenia azotem. Natomiast w przypadku pszenicy jarej Sigma zaobserwowano, że na ogólną zawartość białka korzystne oddziaływanie miało zarówno nawożenie azotem, jak i siarką. Wzrost ogólnej zawartości białka pod wpływem siarki mineralnej stwierdzono również w badaniach Hřivny i in. (11), Schnuga i in. (23) oraz w doświadczeniu z pszenicą ozimą (19). Zdaniem Castle'a i Randalla (7) przy dobrym zaopatrzeniu roślin w siarkę następują zmiany w początkowym okresie rozwoju nasienia, w wyniku których poziom akumulacji białka wzrasta. Siarka jako składnik aminokwasów siarkowych jest także niezbędna do tworzenia białka (22). Mortensen i Eriksen (15) stwierdzili, że w warunkach deficytu siarki następuje zmniejszenie koncentracji metioniny i cystyny w ziarniakach pszenicy. Z badań prowadzonych przez Stewarda i Portera (26) wynika, że w pszenicy bardzo deficytowej w siarkę azot białkowy stanowił mniej niż 25% całkowitej ilości azotu obecnego w roślinie, natomiast w warunkach odpowiedniego zaopatrzenia w siarkę około 75% azotu wbudowane było w białko. Z badań Uziak i Szymańskiej (29) wynika, że obfite zaopatrzenie roślin w jony siarkowe wpływa korzystnie na zawartość kwasu glutaminowego, który jest związkiem wyjściowym w syntezie innych aminokwasów, a w dalszym następstwie białek.



Przydatność ziarna do celów wypiekowych oceniać można na podstawie zawartości i jakości białka technologicznego, czyli m.in. ogólnej zawartości białka i ilości glutenu, który jest substancją białkową powstałą w wyniku uwodnienia białek (gliadyny i gluteniny) w mące. Białka te po zmieszaniu mąki z wodą pęcznieją i łącząc się tworzą siatkę glutenową (4). Ponadto od ilości i jakości glutenu zależy zdolność ciasta pszennego do zatrzymywania gazów ( $\text{CO}_2$ ) podczas fermentacji. Ilość glutenu w mące wzorcowej odmiany pszenicy jarej Jasna wynosi wg COBORU 28,5% (25), a Subda i in. (27) stwierdziły, że badane przez nie odmiany jare zawierały od 37,0 do 37,8% glutenu. Na wzrost zawartości glutenu korzystnie wpływa poziom nawożenia azotem, co potwierdziły prezentowane badania, a także wyniki uzyskane wcześniej przez Achremowicza i in. (1), Cacak-Pietrzak i in. (6) oraz Sułek i in. (28). Zdaniem Hřivny i in. (11) ilość glutenu wzrasta także pod wpływem siarki, co znalazło potwierdzenie w pracy z pszenicą ozimą (19). W omawianych badaniach z pszenicą jarą siarka wpływała korzystnie na ilość glutenu, ale obserwowane zmiany nie były statystycznie istotne. Stwierdzono również dodatnie oddziaływanie siarki i azotu na jakość glutenu, poprzez istotne obniżenie jego rozpląwalności. Wiadomo bowiem, że im wyższa ilość glutenu i lepsza jego jakość (tj. niższa rozpląwalność), tym ziarno stanowi lepszy surowiec na mąkę do wypieku chleba.

Przyjmuje się, że od ilości i jakości glutenu oraz stopnia uszkodzenia skrobi zależy wodochłonność mąki. Z badań prowadzonych przez Subdę i in. (27) wynika, że na tę cechę istotny i korzystny wpływ miało białko ogółem, glutenina wysokocząsteczkowa, pentozany oraz aktywność amylolityczna i proteolityczna. Średnia wartość wskaźnika wodochłonności mąki pszennej uzyskana przez cytowane autorki (27) z pszenicy Sigma wynosiła 63,7% i była nieco wyższa niż stwierdzona w prezentowanej pracy. Wodochłonność mąki wzrastała po zastosowaniu wyższych dawek azotu, chociaż w badaniach Cacak-Pietrzak i in. (6) oraz Sułek i in. (28) nawożenie azotem nie miało istotnego wpływu na tę cechę. Zastosowanie wyższych dawek azotu skutkowało również wydłużeniem czasu rozwoju i stałości ciasta oraz zmniejszeniem rozmiękczenia ciasta. Subda i in. (27) wywnioskowały, że wydłużenie czasu rozwoju i stałości ciasta spowodowane jest wzrostem zawartości białka ogółem. Według tych autorek ciasto o długim czasie rozwoju i stałości otrzymuje się z mąki zawierającej dużą ilość glutenu i gluteniny wysokocząsteczkowej. W prezentowanych badaniach najdłuższym czasem rozwoju i stałości oraz najmniejszym rozmiękczeniem charakteryzowało się ciasto z obiektów z nawożeniem  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Należy dodać, iż między dawką  $100$  i  $125 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  wystąpiły różnice nieistotne, natomiast istotne pomiędzy kontrolą i niższymi dawkami azotu a dawką  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Obniżenie tych wartości pod wpływem wysokiego nawożenia azotem świadczy o pogorszeniu właściwości reologicznych ciast. Natomiast nawożenie siarką nie miało wpływu na cechy reologiczne ciasta pszennego.

Bezpośrednią metodą określenia wartości wypiekowej mąki pszennej jest wypiek laboratoryjny i ocena uzyskanego pieczywa. W omawianej pracy, podobnie jak w badaniach z pszenicą ozimą (19), wystąpił korzystny wpływ nawożenia siarką

na objętość pieczywa oraz porowatość miękiszu, co można powiązać z niewielkim i nieistotnym wzrostem zawartości glutenu i poprawą jego jakości, jakie stwierdzono w mące z obiektów +S. Porowaty miękisz pieczywa tworzy się bowiem dzięki obecności i strukturze glutenu podczas fermentacji ciasta (4). Zdaniem Mossa i in. (16) ciasto uzyskane z pszenicy dostatecznie zaopatrzonej w siarkę charakteryzuje się zwiększoną rozciągliwością i elastycznością, co wpływa korzystnie na objętość pieczywa. Zdaniem Ewarta (9) korzystne działanie siarki można tłumaczyć tworzeniem mostków dwusiarczkowych pomiędzy grupami sulhydrylowymi cysteiny. W przypadku omawianych badań z pszenicą jarą nastąpił około 4% wzrost objętości pieczywa, a po zastosowaniu siarki w uprawie pszenicy ozimej (19) objętość pieczywa wzrosła o 14%. Z kolei Schnug i in. (23) otrzymali 6% wzrost objętości bochenka po zastosowaniu 46 kg S·ha<sup>-1</sup>. W badaniach Cacak-Pietrzak i in. (6) oraz Sułek i in. (28) nawożenie azotem nie wpływało na objętość pieczywa oraz porowatość miękiszu. W omawianej pracy, podobnie jak w badaniach z pszenicą ozimą (19), zwiększające się dawki azotu powodowały z jednej strony wzrost straty piecowej i zmniejszenie wydajności piecowej, a z drugiej korzystnie oddziaływały na wzrost porowatości miękiszu i zmniejszenie jego masy właściwej. Wzrastające nawożenie azotem istotnie obniżało także wydajność pieczywa, podczas gdy Achremowicz i in. (3) stwierdzili nieznaczny wzrost tej cechy pod wpływem wyższej dawki N.

#### WNIOSKI

1. Zastosowane nawożenie siarką powodowało zwiększenie plonu ziarna pszenicy jarej w porównaniu z obiektami bez siarki. Plon pszenicy jarej wzrastał do najwyższej zastosowanej dawki azotu.
2. Siarka mineralna nie miała wpływu na właściwości przemiałowe ziarna pszenicy, ale oddziaływała korzystnie na cechy wypiekowe mąki. Pod wpływem nawożenia siarką nastąpił wzrost ogólnej zawartości białka, poprawa jakości glutenu oraz zwiększenie objętości pieczywa i porowatości miękiszu.
3. Zwiększone dawki azotu wpływały na poprawę większości cech wypiekowych mąki oraz na wzrost objętości pieczywa i porowatości miękiszu. Ciasto pochodzące z ziarna pszenicy nawożonej dawką 100 kg N·ha<sup>-1</sup> charakteryzowało się najkorzystniejszymi cechami reologicznymi.

#### LITERATURA

1. Achremowicz B., Borkowska H., Styk B., Grundas S.: Wpływ nawożenia azotowego na jakość glutenu pszenicy jarej. Biul. IHAR, 1995, **193**: 29-34.
2. Achremowicz B., Dziamba Sz., Styk B.: Wpływ nawożenia mineralnego na jakość ziarna trzech odmian pszenicy ozimej. Biul. IHAR, 1998, **166**: 7-15.

3. Achremowicz B., Zajac J., Styk B.: Wpływ podwyższonego nawożenia azotem na wartość technologiczną niektórych odmian pszenicy jarej i ozimej. *Rocz. Nauk Rol.*, 1993, Ser. A, **110(1-2)**: 149-157.
4. Anonim: Surowce i materiały pomocnicze. Mąka. Google, 3.02.2006, [www.technolog.friko.pl/surowce/maka.htm](http://www.technolog.friko.pl/surowce/maka.htm) (14.02.2006).
5. Boreczek B.: Bilans siarki w zmianowaniu czteropolowym. *Nawozy i Nawożenie*, 2000, **4(5)**: 173-184.
6. Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T.: Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotowego. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 45-56.
7. Castle S.L., Randall P.J.: Effects of sulfur deficiency on the synthesis and accumulation of proteins in the developing wheat seed. *Aust. J. Plant Physiol.*, 1987, **14**: 503-516.
8. Czubaszek A., Subda H., Karolini-Skaradzińska Z.: Wartość przemiałowa i wypiekowa kilku odmian jęczmienia jarego i ozimego. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 2005, **4(1)**: 53-62.
9. Ewart J.A.D.: Glutamin and dough tenacity. *J. Sci. Food Agric.*, 1978, **29**: 551-556.
10. Fotyma E.: Wpływ nawożenia siarką na wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych przez rośliny uprawy polowej. *Nawozy i Nawożenie*, 2003, **4(17)**: 117-136.
11. Hřivna L., Richter R., Ryant P.: Possibilities of improving the technological quality of winter wheat after sulphur fertilization. *Zesz. Nauk. AR Kraków*, 1999, **64(349)**: 143-150.
12. Jakubczyk T., Haber T. (red.): *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*. Skrypty SGGW-AR, Warszawa, 1983.
13. Johansson E., Svensson G.: Influence of yearly variation and fertilizer rate on bread-making quality in Swedish grown wheats containing HMW glutenin subunits 2+12 or 5+10 cultivated during the period 1990-96. *J. Agric. Sci., Camb.*, 1999, **132**: 13-22.
14. Lipiński W., Terelak H., Motowicka-Terelak T.: Propozycja liczb granicznych zawartości siarki siarczanowej w glebach mineralnych na potrzeby doradztwa nawozowego. *Rocz. Gleb.*, 2003, **LIV**, **3**: 79-84.
15. Mortensen J., Eriksen J.: Effect of sulphur on amino acid composition. *Norwegian J. Agric. Sci.*, 1994, suppl. **15**: 135-142.
16. Moss H.J., Randall P.J., Wrigley C.W.: Alterations to grain, flour and dough quality in three wheat types with variation in soil sulfur supply. *J. Cereal Sci.*, 1983, **1**: 255-264.
17. Phillips S.B., Mullins G.L.: Foliar burn and wheat grain yield responses following top dress-applied nitrogen and sulfur fertilizers. *J. Plant Nutr.*, 2004, **27(5)**: 921-930.
18. Podleśna A.: Air pollution by sulfur dioxide in Poland – impact on agriculture. *Phyton*, 2002, **42(3)**: 157-163.
19. Podleśna A., Cacak-Pietrzak G., Sowiński M.: Reakcja pszenicy ozimej na nawożenie siarką w doświadczeniu polowym. *Nawozy i Nawożenie*, 2003, **4(17)**: 169-179.
20. Podolska G., Stypuła G.: Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej w zależności od sposobu ochrony przed chorobami i chwastami. *Pam. Puł.*, 2002, **130(II)**: 587-596.
21. Podolska G., Sułek A.: Główne elementy technologii produkcji decydujące o jakości ziarna pszenicy. *Pam. Puł.*, 2002, **130(II)**: 599-603.
22. Schnug E., Haneklaus S., Marphy D.: Impact of sulphur fertilization on fertilizer nitrogen efficiency. *Sulphur in Agriculture*. 1993, **17**: 8-12.
23. Schnug E., Haneklaus S., Marphy D.: Impact of sulphur supply on the baking quality of wheat. *Aspects Appl. Biol.*, 1993, **36**: 337-345.
24. Sitkowski T.: Ocena wartości przemiałowej ziarna pszenicy za pomocą wyników przemiału laboratoryjnego. *Przegl. Zboż-Młyn.*, 1994, **38(6)**: 23-24.
25. Sitkowski T.: Wymagania co do jakości zboża przeznaczonego na mąkę. *Zboże dla młynów*. IHAR Radzików, czerwiec 2005, [www.ihar.edu.pl/zboze\\_dla\\_mlynow.php](http://www.ihar.edu.pl/zboze_dla_mlynow.php) (9.03.2006)
26. Stewart B. A., Porter L. K.: Nitrogen-sulfur relationships in wheat (*Triticum aestivum* L.), corn (*Zea mays*) and beans (*Phaseolus vulgaris*). *Agron. J.*, 1969, **61**: 267-271.

27. Subda H., Prorok D., Gębura E., Zeler J.: Skład chemiczny i wartość wypiekowa mąki pszennej. Cz. II. Wartość wypiekowa. Biul. IHAR, 1997, **201**: 101-107.
28. Sułek A., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T.: Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy jarej w zależności od sposobu nawożenia azotem. Pam. Puł., 2002, **130(II)**: 709-718.
29. Uziak Z., Szymańska M.: Wpływ siarki na wykorzystanie azotu przez rośliny rzepaku. Ann. UMCS, Sectio E, XXIV, **13**: 187-201.

#### FORMATION OF SPRING WHEAT YIELD AS WELL AS ITS MILLING AND BAKING PARAMETERS BY NITROGEN AND SULPHUR FERTILIZATION

##### Summary

Technological value of wheat grain is to a high degree determined by genotype, however weather conditions and fertilization may also significantly influence it. It is a well known fact that nitrogen fertilization is an important factor influencing technological value of grain and recently much attention is also paid at the effect of sulphur fertilization, because of a significant decrease of sulphur deposit in atmospheric gaseous pollution. This last element in some countries is a significant factor decreasing yielding and quality of wheat grain. The aim of the research was the evaluation of the effect of differentiated sulphur and nitrogen fertilization on spring wheat yielding and quality features of flour and its baking parameters. A field experiment was carried out on soil of very good rye complex. The first experimental factor was sulphur fertilization (without sulphur or with 50 kg S·ha<sup>-1</sup>). The second factor was nitrogen fertilization differentiated on 6 levels: 0 – control, 25, 50, 75, 100 and 125 kg N·ha<sup>-1</sup>. Wheat was harvested at full maturity. The evaluation of milling and baking parameters of wheat grain was performed. It was found that sulphur fertilization increased grain yield and positively influenced baking parameters of dough. Moreover the increase of total protein content, improvement of gluten quality and increase of bread volume and porosity of crumb were observed in these samples. Whereas higher doses of nitrogen increased grain yield and improved most of flour features and rheological parameters of dough as well as obtained bread.

*Praca wpłynęła do Redakcji 5 VII 2005 r.*