

ALICJA SUŁEK¹, GRAŻYNA CACAK-PIETRZAK², ALICJA CEGLIŃSKA²

¹Zakład Uprawy Roślin Zbożowych IUNG-PIB – Puławy

²Zakład Technologii Zbóż Katedry Technologii Żywności SGGW – Warszawa

EFEKTYWNOŚĆ RÓŻNYCH SPOSOBÓW STOSOWANIA NAWOZÓW AZOTOWYCH W PRODUKCJI PSZENICY JAREJ NA CELE PIEKARSKIE

Effectiveness of different methods of nitrogen application in spring wheat cultivated
for baking purpose

ABSTRAKT: Na podstawie wyników trzyletnich doświadczeń polowych z różnymi sposobami nawożenia azotem pszenicy jarej oceniano parametry wypiekowe mąki oraz efektywność produkcyjno-ekonomiczną. Sposób nawożenia azotem nie miał większego wpływu na plonowanie pszenicy jarej. Najwyższą efektywność wykorzystania ziemi i kapitału zapewniło stosowanie dawki 90 kg azotu (saletra amonowa) podzielonej na trzy części. Sposób nawożenia pszenicy jarej azotem wywierał większy wpływ na parametry wypiekowe mąki, natomiast wpływ na efektywność ekonomiczną produkcji był relatywnie mniejszy.

słowa kluczowe – key words:

pszenica jara – *spring wheat*, plon ziarna – *grain yield*, wartość wypiekowa mąki – *baking value of flour*, wartość produkcji – *value of production*, nadwyżka bezpośrednia – *direct surplus*

WSTĘP

Pszenica jest podstawowym zbożem towarowym, zarówno w Polsce jak i na świecie, dlatego ziarno będące obiektem handlu musi charakteryzować się odpowiednimi cechami jakościowymi. Osiągnięcie wymaganych przez przemysł młynarski i piekarski parametrów jakościowych pszenicy zmusza producentów do szukania najbardziej optymalnych technologii uprawy (10). Zmiany w agrotechnice zmiernają z reguły w kierunku intensyfikacji produkcji, w tym zwiększania dawek nawozów – szczególnie azotowych, stosowania środków ochrony przed chorobami i szkodnikami, jak również dokarmiania roślin mikroelementami. Oprócz dawki azotu na cechy jakościowe ziarna wpływa również sposób jego aplikacji. Stosowanie azotu według techniki tzw. dawek podzielonych oddziałuje korzystniej na ogólną zawartość białka i glutenu oraz wartość wskaźnika sedymentacyjnego w porównaniu z taką samą dawką azotu zastosowaną jednorazowo. Dla osiągnięcia wysokiego plonu ziarna o dobrej wartości technologicznej niezbędna jest również chemiczna ochrona zasiewów (11).

W dostępnej literaturze z reguły pomija się zagadnienia związane z ekonomiczną oceną technologii uprawy, więcej uwagi poświęcając analizie elementów struktury plonu oraz ocenie cech jakościowych ziarna. Celem podjętych badań była ocena efektywności ekonomicznej różnych sposobów stosowania nawozów azotowych w produkcji wybranych odmian pszenicy na cele piekarskie.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe prowadzono w latach 1996–1998 w Stacji Doświadczalnej Osiny, na glebie kompleksu dobrego metodą podbłoków losowanych, w czterech powtórzeniach. Czynnikiem doświadczenia był termin i sposób aplikacji nawozów azotowych (tab. 1). W badaniach uwzględniono odmiany zaliczane do grupy odmian jakościowych – Sigma, Igna oraz chlebowych – Banti. Przedplonem pszenicy był rzepak ozimy. Nawożenie fosforem ($72 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$) i potasem ($72 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$) stosowano przed siewem. Po zbiorze określano wielkość plonu oraz z każdego obiektu pobierano próbki ziarna w celu oznaczenia cech jakościowych. Przemiał ziarna wykonano w młynie laboratoryjnym Quadrumat Senior. W uzyskanej mące oznaczono zawartość białka ogółem metodą Kjeldahla ($\text{N} \cdot 5,7$), ilość i rozpuszczalność glutenu, wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego oraz liczbę opadania metodą Hagberga-Perlena (5). Wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji i testu Tukeya.

Oceniono również efektywność ekonomiczną produkcji. Za podstawę oceny przyjęto średnie plony ziarna pszenicy jarej uzyskane z doświadczeń z lat 1996–1998. Nakłady materiałowe uwzględniono zgodnie z instrukcją doświadczeń. Nakłady pra-

Tabela 1

Charakterystyka sposobów nawożenia azotem
Characteristics of nitrogen application methods

Sposób nawożenia N Method of nitrogen fertilization	Dawka ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) i forma nawożenia azotem Dose ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) and form of nitrogen application		
	przed siewem before sowing	strzelanie w źdźbło shooting	kłoszenie heading
I	45, sypka; granular*	45, sypka; granular	-
II	40, sypka; granular	30, sypka; granular	20, sypka; granular
III	40, sypka; granular	30, płynna; liquid**	20, płynna; liquid**
IV	40, sypka; granular	30, płynna; liquid***	20, płynna; liquid***
V	40, sypka; granular	30, płynna; liquid** + fungicyd	20, płynna; liquid** + fungicyd

* Saletra amonowa; Ammonium nitrate

** RSM

*** RSM + INSOL

cy i siły pociągowej na wykonanie poszczególnych czynności i zabiegów przyjęto według normatywów dla gospodarstw indywidualnych. Zastosowano uproszczony sposób oceny polegający na wyliczeniu nadwyżki bezpośredniej jako różnicy między wartością zebranego ziarna z 1 ha w zł a kosztami bezpośrednimi. Obliczenia wykonano w cenach z roku 2004. Takie założenie miało na celu aktualizację oceny, jej dostosowanie do współcześnie istniejących realiów cenowych. Efektywność produkcji pszenicy jarej, przy różnych sposobach nawożenia azotem, oceniono z punktu widzenia wykorzystania: ziemi – przyjmując jako miarę nadwyżkę bezpośrednią w zł·ha⁻¹; pracy ludzkiej – nadwyżkę bezpośrednią w zł na 1 roboczogodzinę (rbh); kapitału – nadwyżkę bezpośrednią na 1 zł kosztów bezpośrednich. Wybrane wskaźniki przedstawiono w ujęciu relatywnym w %, przyjmując za 100% dane dla pierwszego sposobu nawożenia azotem.

WYNIKI

Przedstawione w tabeli 2 średnie dla odmian i lat wartości parametrów oceny jakościowej wskazują, że sposób nawożenia azotem wywarł istotny wpływ na zawartość białka ogółem, ilość glutenu oraz wartość wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego. Najwyższą zawartością białka ogółem (12,29%) charakteryzowały się próbki uzyskane przy zastosowaniu V sposobu nawożenia azotem, polegającego na podziale dawki azotu na trzy części z dwukrotnym opryskiem przeciwko chorobom. Ten sposób nawożenia był również najkorzystniejszy ze względu na najwyższą ilość wymywanego glutenu. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w jakości glutenu określanej

Tabela 2

Wpływ różnych sposobów nawożenia azotem na wartość wypiekową mąki
The effect of nitrogen application method on baking value of flour

Wyszczególnienie Specification	Sposób nawożenia azotem Method of nitrogen fertilization					NIR; LSD
	I	II	III	IV	V	
Zawartość białka (% s.m.) Protein content (% s.m.)	11,53	11,89	11,76	11,78	12,29	0,423
Zawartość glutenu (%) Gluten content (%)	31,9	33,4	33,5	33,4	34,7	2,423
Rozpływalność glutenu (mm) Gluten weakening (mm)	3,8	3,8	4,8	3,7	4,0	r.n.
Wskaźnik sedymentacyjny (cm ³) Sedimentation index (cm ³)	45,7	47,8	50,0	50,4	49,2	4,175
Liczba opadania (s) Falling number (s)	271	266	279	285	287	r.n.

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

na podstawie jego rozplywalności. Wartość wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego wynosiła od 45,7 (I sposób) do 50,4 (IV sposób). Najmniej korzystny dla tej cechy był podział dawki azotu na dwie równe części podawane w formie sypkiej przed siewem oraz w fazie strzelania w źdźbło. Niezależnie od zastosowanego sposobu nawożenia azotem badane próbki mąki charakteryzowały się średnią aktywnością amylolytyczną. Uzyskane liczby opadania wynosiły od 266 s (II sposób) do 287 s (V sposób).

Stosowane sposoby nawożenia azotem pszenicy jarej nie wpłynęły zasadniczo na zróżnicowanie plonów i wartości produkcji z 1 ha (tab. 3). Uzyskany średni plon wynosił od 4,98 t·ha⁻¹ (I sposób) do 5,11 t·ha⁻¹ (II sposób). Stosowanie azotu w połączeniu z zabiegami ochrony roślin (V sposób) wymagało ponoszenia największych kosztów. Ze względu na relatywnie małe różnice w plonach i wartości produkcji z 1 ha, sposób ten charakteryzował się najniższą efektywnością wykorzystania podstawowych czynników produkcji zaangażowanych w uprawę pszenicy jarej. Najwyższą efektywność wykorzystania ziemi i kapitału zapewnił II sposób nawożenia azotem. Decydujące znaczenie miał w tym przypadku najwyższy spośród ocenianych wariantów (sposobów) plon ziarna pszenicy jarej. Najwyższą efektywność wykorzystania pracy zapewnił I sposób stosowania azotu, polegający na podziale dawki

Tabela 3

Ocena produkcyjno-ekonomiczna różnych sposobów nawożenia azotem pszenicy jarej
Productive and economic evaluation of nitrogen application method of spring wheat

Wyszczególnienie Specification	Sposoby nawożenia azotem Method of nitrogen fertilization				
	I	II	III	IV	V
Plon; Yield (t·ha ⁻¹)	4,98	5,11	4,96	5,03	5,05
Wartość produkcji (zł·ha ⁻¹) Value of production (zł·ha ⁻¹)	3062,8	3168,2	3075,2	3118,6	3131,0
Relatywnie; Relatively (%)	100,0	103,4	100,4	101,8	102,2
Koszty bezpośrednie (zł·ha ⁻¹) Direct costs					
– nasiona; seeds	233,6	233,6	233,6	233,6	233,6
– nawozy mineralne; mineral fertilizers	445,3	445,3	435,3	435,3	435,3
– środki ochrony roślin; crop protection agents	73,8	73,8	73,8	85,8	214,4
Razem koszty bezpośrednie (zł·ha ⁻¹) In total direct costs (zł·ha ⁻¹)	752,7	752,7	742,7	754,7	883,3
Relatywnie; Relatively (%)	100,0	100,0	98,7	99,9	117,3
Nadwyżka bezpośrednia (zł·ha ⁻¹) – Nb Direct surplus (zł·ha ⁻¹)					
– na 1 ha; per 1 ha	2310,1	2415,5	2332,5	2363,9	2247,7
– na 1 zł kosztów bezpośrednich; per 1 zł of direct costs	3,07	3,21	3,14	3,13	2,54
– na 1 rbh; per 1 man-hour	143,5	141,3	133,3	135,1	128,4
Plon równoważący koszty bezpośrednie (t·ha ⁻¹) Yield balancing direct costs (t·ha ⁻¹)	1,21	1,21	1,20	1,22	1,42

Tabela 4

Nakłady rbh, cnh i kmbh ponoszone w produkcji pszenicy jarej
Expenditures of man-hour, tractor-hour, combine harvester-hour in production of spring wheat

Wyszczególnienie Specification	Sposoby nawożenia azotem Method of nitrogen fertilization				
	I	II	III	IV	V
rbh; man-hour	16,1	17,1	17,5	17,5	17,5
cnh; tractor-hour	12,9	13,9	13,9	13,9	13,9
kmbh; combine harvester-hour	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

90 kg na dwie równe części (tab. 3). Badane sposoby stosowania nawozów azotowych nie spowodowały różnic w poziomie nakładów pracy i siły pociągowej na 1 ha (tab. 4).

DYSKUSJA

Wartość wypiekowa pszenicy zależy od składu chemicznego i właściwości fizykochemicznych jej poszczególnych składników. Jest ona w dużej mierze uwarunkowana genetycznie, ale wpływają na nią również warunki środowiska rolniczego, do których zalicza się przebieg pogody w okresie wzrostu i rozwoju roślin, warunki glebowe i stosowane zabiegi agrotechniczne (9). Główną rolę w kształtowaniu wartości wypiekowej mąki pszennej odgrywają białka. Spośród czynników agrotechnicznych największy wpływ na zawartość substancji białkowych wywiera nawożenie azotem. Wraz ze wzrostem dawki azotu następuje wzrost ogólnej zawartości białka (1, 2, 6, 7, 12-14) oraz ilości wymywanego glutenu (1, 6, 7, 14). Oprócz dawki azotu ważny jest również termin jego aplikacji. Azot stosowany wcześniej (wiosną po ruszeniu vegetacji lub w fazie strzelania w źdźbło) wpływa na wzrost i plonowanie pszenicy. Podanie azotu w fazie kłoszenia ma korzystny wpływ na jakość ziarna (3), co znalazło potwierdzenie w omawianej pracy. Najniższą zawartością białka ogółem oraz białek glutenowych charakteryzowały się próbki z obiektów z nawożeniem według sposobu I, w którym azot stosowano w formie sypkiej przed siewem oraz w fazie strzelania w źdźbło. Najwyższy przyrost ogólnej zawartości białka i glutenu (odpowiednio: 6,4 i 8,4%), podobnie jak w pracy Szemplińskiego i in. (13), uzyskano dzieląc dawkę azotu na trzy części. W badaniach Wróbla (14) najkorzystniej na zawartość białka wpłynęło nawożenie azotem w dawce 120 kgN·ha⁻¹ stosowane w dwóch terminach – 60 kg przed siewem oraz 60 kg na początku kwitnienia. Rutkowska (12) największe przyrosty procentowej zawartości białka uzyskała stosując dwukrotne nawożenie dawką 40 kg N·ha⁻¹ – w fazie kłoszenia i po kwitnieniu. Nawożenie azotem nie oddziałuje na jakość glutenu (6, 13), co wskazuje, że jest to cecha uwarunkowana genetycznie. W omawianej pracy, niezależnie od zastosowanego sposobu nawożenia azotem, gluten wymyty z badanych próbek mąki charakteryzował się dobrą jakością,

był elastyczny, zwięzły i nieciągliwy (rozpywalność od 3,7 do 4,8 mm). Wyższe nawożenie azotem wpływa korzystnie na wartości wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego (2, 7, 13). Szempliński i in. (13) najwyższe wartości wskaźnika sedymentacyjnego uzyskali stosując trzykrotne nawożenie azotem w łącznej dawce $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. W omawianej pracy najniższą wartością wskaźnika sedymentacji charakteryzowała się próbka z obiektu z nawożeniem według sposobu I (dwukrotne podanie azotu w formie sypkiej), natomiast najwyższą wartość uzyskano stosując sposób IV, w którym azot był podawany trzykrotnie: 40 kg przed siewem w formie sypkiej, 30 kg w fazie strzelania w źdźbło w formie płynnej z dodatkiem preparatu INSOL oraz 20 kg w formie płynnej w fazie kłoszenia. Aktywność enzymatyczna jest cechą odmianową, ale może podlegać zmianom w zależności od warunków pogodowych panujących w czasie wzrostu i zbioru ziarna, a zwłaszcza ilości opadów w okresie dojrzewania. Zdaniem Chrzanowskiej-Drożdż i in. (2) duże dawki azotu mogą powodować spadek aktywności enzymów amylolitycznych. W omawianej pracy, podobnie jak w badaniach Mazurka i in. (7) oraz Szemplińskiego i in. (13), nie wystąpiły istotne zależności pomiędzy zastosowaną techniką nawożenia azotem a aktywnością alfa-amylazy. Uzyskane wartości liczby opadania wskazują, że badane próbki mąki charakteryzowały się średnią – optymalną do wypieku, aktywnością enzymów amylolitycznych.

Sposób aplikacji azotu (dawki $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) nie miał większego wpływu na plon pszenicy jarej. Najwyższy plon uzyskano stosując azot trzykrotnie w formie sypkiej (II sposób). Wyniki badań prowadzonych przez Mazurka i in. (7) wskazują, że pszenica jara plonowała najwyżej przy zastosowaniu azotu w dwóch równych dawkach, przed siewem w formie sypkiej oraz w fazie strzelania w źdźbło w formie płynnej z dodatkiem INSOLU 3. Zdaniem Rutkowskiej (12) największe przyrosty plonu ziarna można uzyskać pod wpływem dwukrotnego dokarmiania pszenicy azotem w łącznej dawce $80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. W pracy Wróbla (14) najwyższe plony ziarna z 1 ha uzyskano stosując $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ w trzech terminach: 60 kg przed siewem, 30 kg w fazie strzelania w źdźbło oraz 30 kg na początku kłoszenia.

W ostatnim okresie dużą uwagę przywiązuje się do jakości ziarna zbóż i kształtowania parametrów technologicznych pożądanych przez przemysł. Ocena ekonomiczna stanowi ważne narzędzie weryfikacji technologii produkcji zbóż jakościowych. Badania przeprowadzone z pszenicą ozimą (9) wykazały korzystny wpływ zwiększonego nawożenia azotem na cechy technologiczne ziarna. Jednak ocena ekonomiczna pozwoliła jednoznacznie stwierdzić, że zwiększenie nawożenia azotem powyżej $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ jest nieuzasadnione. Nie powoduje bowiem istotnego wzrostu plonu ziarna i wartości produkcji z 1 ha, jednocześnie przyczynia się do wzrostu kosztów bezpośrednich.

Wzrost intensywności technologii jest uzasadniony ekonomicznie, gdy zapewnia uzyskanie wyższej nadwyżki bezpośredniej z 1 ha. W omawianych badaniach uprawa pszenicy jarej według II sposobu nawożenia azotem (trzykrotne podanie azotu w formie sypkiej) zapewniła uzyskanie najwyższej nadwyżki bezpośredniej

w porównaniu z innymi sposobami nawożenia. Według Harasima (4) w przypadku uprawy pszenicy ozimej największą efektywność krańcową produkcji pozwala uzyskać dawka azotu w wysokości $70 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ przy równocześnie zastosowanej pełnej ochronie roślin przed chwastami i chorobami grzybowymi (dwa zabiegi). We własnych badaniach z pszenicą jara, przy nieco wyższym poziomie nawożenia azotem ($90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) i oprysku przeciwko chorobom (V sposób), uzyskano najniższą efektywność wykorzystania podstawowych czynników produkcji zaangażowanych w uprawę pszenicy jarej. Ten sposób nawożenia był jednocześnie optymalny ze względu na wartość wypiekową mąki.

WNIOSKI

1. Sposób stosowania azotu (dawki $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) nie miał większego wpływu na plon pszenicy jarej. Najwyższy plon, jak również największą efektywność wykorzystania ziemi i kapitału, zapewnił podział dawki 90 kg azotu na trzy części (II sposób nawożenia).

2. Sposób nawożenia pszenicy jarej azotem wpłynął na zawartość białka ogółem, ilość glutenu oraz wartość wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego. Najlepszymi parametrami wypiekowymi cechowała się mąka uzyskana z obiektów, w których dawkę azotu dzielono na trzy części oraz stosowano dwukrotny oprysk przeciwko chorobom.

3. Wpływ sposobu aplikacji azotu na efektywność ekonomiczną produkcji był nieznaczny. Większy wpływ na opłacalność produkcji miały ceny i ich relacje niż zastosowane sposoby nawożenia. Zmienność cen i ich relacji zmusza do stałej aktualizacji oceny ekonomicznej produkcji.

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. Chrzanowska-Drożdż B., Jasińska Z., Gil Z.: Ocena jakościowa ziarna pszenicy jarej w siewach czystych i mieszkach odmian. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 67-75.
3. Czuba R.: Efekty produkcyjne dolistnego dokarmiania roztworem mocznika i mikroelementami zbóż, rzepaku, buraka cukrowego. W: *Dolistne dokarmianie i ochrona roślin w świetle badań i praktyki rolniczej*. Mat. Sem. Nauk. IUNG Puławy, 1988, 24-33.
4. Harasim A.: Efektywność produkcji pszenicy ozimej w różnych stanowiskach w zależności od poziomu nawożenia azotem i ochrony roślin. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 159-165.
5. Jakubczyk T., Haber T. (red.): *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*. Skrypt SGGW-AR, Warszawa, 1983.
6. Mazurek J., Sułek A.: Wpływ różnych dawek i technik nawożenia azotem na plon i cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej. *Pam. Puł.* 1999, **118**: 271-274.
7. Mazurek J., Jaśkiewicz B., Klupeczyński Z.: Plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej w zależności od techniki nawożenia azotem. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 257-261.

8. Krasowicz S., Nowacki W.: Wpływ intensywności i technologii na efektywność produkcji roślinnej. W: Efektywne i bezpieczne technologie produkcji roślinnej. Mat. IX Konf. Nauk. IUNG Puławy, 2005, 69-73.
9. Krasowicz S.: Znaczenie oceny ekonomicznej w badaniach rolniczych. Rocz. Nauk., 2004, **VI(5)**: 65-70.
10. Podolska G., Sułek A.: Główne elementy technologii produkcji decydujące o wysokiej jakości ziarna pszenicy. Pam. Puł., 2002, **130/II**: 597-605.
11. 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.
12. Rutkowska A.: Efektywność późnych dawek azotu w nawożeniu pszenicy jakościowej. Pam. Puł., 2002, **130/II**: 647-652.
13. Szempliński W., Budzyński W., Majewska K.: The effect of the method of nitrogen fertilization on yield and quality of breadmaking wheat. *Fragm. Agron.*, 1995, **2(46)**: 168-169.
14. Wróbel E.: Reakcja pszenicy jarej na dawkę i termin stosowania azotu. Pam. Puł., 2002, **118**: 447-453.

EFFECTIVENESS OF DIFFERENT METHODS OF NITROGEN APPLICATION IN SPRING
WHEAT CULTIVATED FOR BAKING PURPOSE

Summary

On the basis of the results of a three year's field experiment with different methods of spring wheat fertilization, yielding, grain quality parameters and economic effectiveness were evaluated. Different methods of nitrogen fertilizers application did not significantly influence grain yield. The highest effectiveness of soil and capital utilization was obtained under 90 kg N rate split into two equal rates. The method of N fertilization significantly influenced grain quality but its influence on economic efficiency was relatively low.

Effectiveness of different methods of nitrogen application under production technology of spring wheat for baking purpose

Praca wpłynęła do Redakcji 26 VII 2005 r.