

ANNA KOCON

Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

NAWOŻENIE JAKOŚCIOWEJ PSZENICY JAREJ I OZIMEJ A PLON I JAKOŚĆ ZIARNA

Fertilization of quality spring and winter wheat and its impact on yield and grain quality

ABSTRAKT: Praca dotyczy nawożenia dwu form pszenicy jakościowej: jarej i ozimej oraz jego wpływu na plon i jakość ziarna. Ziarno przeznaczone na cele konsumpcyjne musi charakteryzować się wysoką wartością technologiczną, określaną przez wartość przemiałową ziarna i wartość wypiekową mąki. Opracowanie ma charakter pracy przeglądowej, syntetycznej, nie wnika szczegółowo w nawożenie poszczególnych odmian pszenicy. Z praktycznego punktu widzenia największe efekty plonotwórcze oraz poprawę wyróżników jakościowych ziarna uzyskuje się pod wpływem racjonalnego nawożenia pszenicy azotem. Jednak jest to możliwe tylko w przypadku właściwego i zrównoważonego nawożenia pszenicy wszystkimi innymi niezbędnymi składnikami odżywczymi. Niedobór któregoś ze składników odżywczych obniża plon ziarna, a często także pogarsza jego wartość technologiczną czy odżywczą. W nowoczesnym podejściu do produkcji pszenicy jakościowej nawożenie rozpatrywane jest jako zbilansowany i zrównoważony system, uwzględniający potrzeby pokarmowe i nawozowe roślin, gdyż tylko wtedy możliwe jest uzyskanie wysokiego plonu ziarna o jakości odpowiadającej normom przyjętym na rynku.

słowa kluczowe: *key words:*

zbilansowane nawożenie – *balanced fertilization*, pszenica jara i ozima – *spring and winter wheat*, plon ziarna – *grain yield*, jakość ziarna – *grain quality*

WSTĘP

Wartość technologiczna ziarna jakościowej pszenicy jarej i ozimej zależy przede wszystkim od cech genetycznych odmiany. Poza uwarunkowaniami genetycznymi na cechy jakościowe ziarna pszenicy znaczący wpływ mają także zabiegi agrotechniczne, m.in. nawożenie. Podstawową zasadą w nowoczesnym nawożeniu roślin, w tym także pszenicy jakościowej, jest nawożenie ściśle według potrzeb. Potrzeby pokarmowe odpowiadają ilości składnika, jaką roślina musi pobrać w rozwoju ontogenetycznym dla wydania optymalnego plonu ziarna odpowiedniej jakości. Potrzeby nawozowe

odpowiadają ilości składnika, jaką należy dostarczyć w formie nawozów, aby zapewnić roślinie zaspokojenie wymagań pokarmowych. Potrzeby pokarmowe roślin w racjonalnym nawożeniu, w zależności od zasobności gleby i od jej żyzności, pokrywane są częściowo, a w przypadku mikroelementów niekiedy nawet w całości, z naturalnych zasobów glebowych, a dopiero w drugiej kolejności z nawozów naturalnych czy mineralnych (5, 12).

Ziarno przeznaczone na cele konsumpcyjne powinno charakteryzować się wysoką wartością technologiczną (wartością przemiałową i wypiekową), określaną przez parametry jakościowe ziarna i mąki, m.in.: zawartość białka, ilość i rozplýwalność glutenu, wskaźnik sedymentacji, liczbę opadania, wyrównanie ziarna, wodochłonność mąki, objętość pieczywa (3, 31-33). W literaturze naukowej wiele miejsca poświęca się zagadnieniu nawożenia azotem pszenicy jakościowej oraz jego wpływu na plon i wartość technologiczną surowca (3, 10, 11, 16, 21, 22, 27, 33, 34, 39, 41, 42), natomiast znacznie mniejszy nacisk kładzie się na nawożenie pozostałymi składnikami mineralnymi (1, 14, 15, 26, 43). A jak wiadomo, wysokość, a także jakość plonu, zgodnie ze znanym prawem minimum, uzależniona jest od składnika pokarmowego, który występuje w ilościach najmniejszych w stosunku do potrzeb rośliny.

Terminem „pszenica jakościowa” w pracy objęto całą grupę pszenic konsumpcyjnych, tj. pszenice z klasy: elitarnej (E), jakościowej (A) i chlebowej (B), nie wnikając szczegółowo w nawożenie poszczególnych klas jakości czy odmian.

Celem niniejszej pracy było zebranie literatury i wiedzy naukowej dotyczącej nawożenia oraz jego wpływu na plon i jakość ziarna pszenicy jakościowej jarej i ozimej.

NAWOŻENIE

W nowoczesnym podejściu do nawożenia pszenicy jakościowej powinno być ono rozpatrywane jako zbilansowany system oparty na bilansie składników pokarmowych, uwzględniającym ich pobranie z gleby przez roślinę oraz dopływ z nawozów mineralnych, organicznych i naturalnych (12, 45). Optymalizacja nawożenia na danym polu możliwa jest dzięki analizie składu chemicznego gleby na zawartość podstawowych makro- i mikroelementów oraz znajomości pH gleby.

WAPNOWANIE

Podstawową zasadą racjonalnego nawożenia pszenicy jakościowej jest uregulowanie odczynu gleby. Dolna granica optimum pH gleby dla pszenicy ozimej wynosi 6,0, a dla jarej od 5,5 na glebach lekkich oraz odpowiednio 6,5 i 6,0 na glebach ciężkich (23, 30). Rośliny pszenicy są bardzo wrażliwe na niskie pH gleby i silnie reagują spadkiem plonu ziarna na jej zakwaszenie (7, 26). Przyjmuje się, że wapnowanie jest niezbędne na glebach o pH poniżej dolnej granicy optimum. W warunkach nie-

właściwego odczynu gleby składniki pokarmowe są gorzej wykorzystywane, i często dochodzi do zakłóceń w ich pobieraniu (7, 13, 26), obniża się nie tylko plon ziarna, ale pogarsza się również jego wartość technologiczna. W szczególności dotyczy to azotu, który w największym stopniu wpływa na wielkość i jakość plonu ziarna, ale także fosforu, który w warunkach niskiego pH gleby ulega uwstecznieniu.

Nawożenie azotem

Azot zaliczany jest do najważniejszych pierwiastków plonotwórczych, mających niewątpliwie największy wpływ, nie tylko na wielkość plonu, ale także na parametry jakościowe ziarna i mąki m.in. zawartość białka i glutenu mokrego, rozplywalność glutenu, liczbę sedymentacji, wodochłonność mąki czy objętość pieczywa (1, 3, 10, 16-18, 21, 22, 32-34, 42). W nawożeniu pszenicy azotem ważne jest nie tylko określenie wielkości całkowitej optymalnej dawki azotu, ale także sposób i termin jego aplikacji (12, 17, 18, 21, 22, 39, 41). Precyzyjne określenie potrzeb nawożenia azotem ma kluczowe znaczenie, nie tylko ze względu na możliwość przenawożenia roślin tym składnikiem (1, 40), ale również z uwagi na ujemne konsekwencje środowiskowe (1, 45). Azot należy do składników pokarmowych pobieranym przez pszenicę w największych ilościach, lecz jest podatny na wymywanie. Stąd koncepcja zrównoważonego gospodarowania tym składnikiem zakłada jego maksymalne wykorzystanie przez rośliny, a dzielenie dawki azotu uzależnione jest od tempa jego pobierania.

Z badań nad efektywnością wykorzystania azotu przez pszenicę jakościowe wynika, że najlepiej i najkorzystniej pod pszenicę tej grupy podawać azot w 3 dawkach dzielonych odpowiednio do rytmu wzrostu i rozwoju oraz potrzeb roślin (10, 11, 16, 19, 31, 32, 37). Wielkość całkowitej dawki azotu pod pszenicę jarą i ozimą określa się z iloczynu plonu osiągalnego w warunkach konkretnego pola i pobrania składnika na jednostkę plonu głównego – ziarna wraz z odpowiednią ilością plonu ubocznego – słomy, z uwzględnieniem zawartości N_{min} na danym polu (12).

Azot podany w początkowym okresie wzrostu i rozwoju wpływa głównie na wielkość plonu, natomiast podany w późniejszych fazach rozwoju pszenicy (po wykłoszeniu) oddziałuje szczególnie korzystnie na jakość plonu, czyli wyróżniki technologiczne jakości ziarna (11, 21, 22, 32, 41). Liczne wyniki badań nad nawożeniem pszenicy jakościowej azotem są dość jednoznaczne i świadczą o tym, że w miarę wzrostu ilości azotu w podłożu (w zakresie dawek do 160 do 180 kg N·ha⁻¹) następuje zwiększenie plonu ziarna, zawartości białka i glutenu w ziarnie oraz poprawia się wartość wypiekowa mąki (tab. 1, 2); (3, 6, 11, 21, 22, 27, 33, 42). Ralcewicz i Knapowski (33) stwierdzili ponadto istotną dodatnią korelację prostą pomiędzy nawożeniem azotem a zawartością białka ogólnego oraz zawartością białka ogólnego w ziarnie pszenicy a zawartością glutenu i wskaźnikiem sedymentacji. W badaniach Mazurka i Sułek (22), przy zwiększaniu dawki N w podłożu do 80 kg·ha⁻¹ uzyskiwano wzrost m.in. zawartości białka w ziarnie o 2%, natomiast u Wróbla i Szemplińskiego (42) przy zwiększeniu nawożenia azotem od 0 do 160 kg N·ha⁻¹ zawartość białka wzrosła o

Tabela 1

Wpływ nawożenia azotem na plon ziarna oraz wartość technologiczną pszenicy ozimej
 Wartości średnie dla odmian (42)
 Effect of nitrogen fertilization on grain yield and technological parameters of winter wheat
 Mean value for varieties (42)

Parametr Parameter	Dawka N; N dose (kg N·ha ⁻¹)			
	0	80	120	160
Plon ziarna; Grain yield (dt·ha ⁻¹)	48,2	71,3	73,7	78,8
Zawartość białka w ziarnie; Protein content in grain (%)	10,5	11,3	12,7	13,8
Zawartość glutenu mokrego; Content of wet gluten (%)	21,2		32,0	34,2
Liczba sedymentacji; Sedimentation number (ml)	24,6	nie	33,8	36,4
Wodochłonność mąki; Water capacity of flour (%)	59,6	nie	62,8	64,9
Objętość chleba ze 100 g mąki; Loaf volume from 100 g of flour (cm ³)	436	nie	470	501

Tabela 2

Wpływ techniki i dawki nawożenia azotem na plon i jakość ziarna pszenicy jarej (21)
 Effect of nitrogen fertilization technique on yield and quality of spring wheat grain (21)

Cechy Traits	Technika; Technique*				
	I	II	III	IV	NIR; LSD
Plon ziarna; Grain yield (t·ha ⁻¹)	4,71	4,92	4,81	5,00	0,079
Liczba opadania; Falling number (s)	567	589	586	609	r.n.
Zawartość glutenu; Gluten content (%)	28,9	29,8	31,7	32,4	2,63
Rozpływalność glutenu; Flowness of gluten (mm)	4,17	5,00	5,50	5,33	r.n.
Liczba sedymentacji; Sedimentation value (ml)	51,5	52,7	54,7	54,8	3,04
Wodochłonność mąki; Water absorption (%)	64,4	64,0	64,5	64,4	r.n.
Objętość pieczywa; Bread volume (100 g)	528	530	545	544	14,1

* I – 40 kg N·ha⁻¹; II – 40 kg N·ha⁻¹ + mikroelementy, microelements; III – 80 kg N·ha⁻¹; IV – 80 kg N·ha⁻¹ + mikroelementy, microelements

3%, a glutenu mokrego o 13% (tab. 1). W badaniach większości cytowanych autorów zwiększenie ilości azotu w podłożu wpływało także na wzrost liczby sedymentacji, objętości pieczywa i wartości walorymetrycznej, a liczba opadania i wodochłonność mąki nie zależały od poziomu nawożenia azotem. Według Cacak-Pietrzak i in. (3) oraz Wróbla i Szemplińskiego (42) podwyższone nawożenie azotem ma korzystny wpływ na wodochłonność mąki.

Prace Stankowskiego i in. (39) oraz Cacak-Pietrzak i in. (3) wskazują, że sposób aplikacji nawozu azotowego, tj. forma zastosowanego nawozu (sypka czy płynna), nie ma istotnego wpływu na wielkość plonu i na kształtowanie się cech jakościowych ziarna pszenicy ozimej. Natomiast z badań autorki i współautorów (17, 18) oraz Skiby i in. (37) z zastosowaniem azotu znakowanego ¹⁵N wynika, iż azot jest efektywniej

wykorzystany w przypadku podawania go do gleby niż przy nawożeniu dolistnym. Ponadto dowiedziono, że azot aplikowany po wykłoszeniu roślin w największym stopniu przemieszczany jest do ziarna oraz że pszenica ozima wykorzystuje azot lepiej niż jara.

Nawożenie fosforem i potasem

Pszenica należy do roślin średnio wrażliwych na niedobór fosforu i potasu (14, 15, 24, 25, 36). Tym niemniej pierwiastki te należą do niezbędnych makroelementów w żywieniu roślin, które w zasadniczy sposób wpływają na wielkość i jakość plonu ziarna. Fosfor w roślinie wchodzi m.in. w skład kwasów nukleinowych oraz pełni kluczową rolę w reakcjach przenoszenia i akumulacji energii oraz fosforylacji. Natomiast potas jest aktywatorem około 50 enzymów, uczestniczy m.in. w osmoregulacji, transpiracji, utrzymywaniu równowagi jonowej, a także spełnia ważną rolę w wytwarzaniu przez rośliny węglowodanów, w tym głównie skrobi, w ziarnie (19).

Rośliny pszenicy pobierają fosfor i potas szczególnie intensywnie we wczesnych stadiach rozwoju, stąd ważne jest, aby od początku były dobrze zaopatrzone w te składniki. Wielkość dawek nawozów fosforowo-potasowych zależy od pobrania tych składników z przewidywanym plonem roślin oraz od zasobności gleb w przyswajalne formy tych makroelementów (12).

Potas i fosfor nie wpływają w tak zasadniczy sposób jak azot na wielkość plonu oraz wyróżniki jakościowe ziarna pszenicy, szczególnie przy dobrej i średniej zasobności gleb w te składniki, stąd badań nad tymi zależnościami jest znacznie mniej. Z badań Chrzanowskiej-Drożdż i Nowaka (4), Klupczyńskiego i in. (14, 15), Mercika i Stępnia (25), oraz Panka i in. (26) wynika, iż efektywność nawożenia fosforem oraz potasem pszenicy uzależniona jest od zasobności gleby w te składniki. Przy średniej i wysokiej zasobności gleb nie stwierdzono bezpośredniego pozytywnego wpływu nawożenia PK na wielkość plonu ziarna pszenicy jakościowej oraz na wyróżniki technologiczne ziarna i mąki, tj. zawartość białka ogólnego, zawartość i rozpuszczalność glutenu, wskaźnik sedymentacji, wodochłonność i objętość pieczywa (tab. 3). Również wg Schmidta (36) nawożenie pszenicy jarej potasem nie wpływało w zasadniczy sposób na wielkość i jakość ziarna.

Dodatni wpływ nawożenia PK na plon ziarna pszenicy oraz poprawę niektórych jego parametrów technologicznych, m.in. wzrost zawartości białka i glutenu, uzyskano na glebach o niskiej zasobności w te składniki (1, 4, 25, 26). Przy niedoborach fosforu i potasu w glebie oraz intensywnym nawożeniu azotem spada nie tylko plon ziarna, ale zmienia się jego skład chemiczny i obniża się zawartość białka i glutenu. Zostają w roślinach zaburzone m.in. procesy przemiany związków azotowych, zmniejsza się synteza białka i następuje nagromadzenie azotanów oraz wolnych aminokwasów (19, 40). Potas stosowany w optymalnych dawkach zwiększa ilość węglowodanów i obniża zawartość azotu niebiałkowego w ziarnie.

Tabela 3

Wpływ nawożenia fosforem i potasem na plon ziarna oraz na parametry wartości technologicznej pszenicy ozimej. Wartości średnie dla odmian (14)
Effect of potassium and phosphorus fertilization on grain yield and technological parameters of winter wheat. Mean value for varieties (14)

Parametr Parameter	Poziom nawożenia PK Level of PK fertilization		
	0	P ₁ K ₁	P ₂ K ₂
Plon ziarna; Grain yield (t·ha ⁻¹)	4,1	4,2	4,3
Zawartość białka w ziarnie; Protein content in grain (%)	11,9	12,0	12,2
Zawartość glutenu mokrego; Content of wet gluten (%)	33,6	33,9	34,1
Rozpływalność glutenu; Gluten ramolissement (mm)	6	6	7
Liczba sedimentacji; Sedimentation number (ml)	45,9	45,3	45,0
Wodochłonność mąki; Water capacity of flour (%)	61,9	61,6	61,8
Objętość chleba ze 100 g mąki Loaf volume from 100 g of flour (cm ³)	505	505	507

Nawożenie magnezem i siarką

W żywieniu roślin **magnez** zaliczany jest do pierwiastków niezbędnych, mających niewątpliwie duży wpływ na wielkość i jakość plonu. Magnez w roślinie odgrywa bardzo ważną rolę, m.in. wchodzi w skład chlorofilu oraz bierze udział w wielu procesach fizjologicznych: w fotosyntezie, w przemianach tłuszczów, białek i węglowodanów (19). Pierwiastek ten bierze czynny udział w utrzymaniu prawidłowej równowagi jonowej w roślinie między jonami K, Ca, Na (7, 13, 24, 26). Niedobór magnezu, szczególnie przy nadmiarze jonów potasowych, wpływa ujemnie na równowagę jonową w roślinie i stosunek pozostałych jonów. Potas w takich warunkach jest pobierany w nadmiarze, często dochodzi do zakłóceń w proporcjach pobieranych jonów i do rozszerzenia stosunku K:Mg i K:(Mg + Ca), co niekorzystnie odbija się na wielkości plonu i składzie chemicznym ziarna (24, 26).

Pszenica należy do roślin średnio wrażliwych na niedobór magnezu. Wymagania pszenicy odnośnie pobierania Mg są znacznie mniejsze niż w stosunku do NPK, jednak w przypadku niedoboru w glebie magnez jest czynnikiem limitującym przede wszystkim wielkość plonu ziarna (19, 24, 26). W dostępnej literaturze naukowej brak jest danych o wpływie nawożenia magnezem na wyróżniki technologiczne ziarna. Jednak wiadomo, że przy ostrych niedoborach tego składnika w glebie obniża się zawartość Mg w ziarnie, co pogarsza wartość odżywcza (19). Nawożenie pszenicy magnezem jest szczególnie efektywne i potrzebne na glebach lekkich, wykazujących kwaśny odczyn i małą zawartość tego składnika (7, 26).

W ostatnich latach na skutek zmniejszonej emisji SO₂ do atmosfery **siarka** stała się, w znacznej części gleb Polski, pierwiastkiem deficytowym w stosunku do potrzeb pokarmowych roślin (9, 29). Pomimo że pszenica należy do grupy roślin o stosunkowo niewielkim zapotrzebowaniu na ten składnik, to przy niedoborach siarki oraz wysokim

nawożeniu azotem ulega zakłóceniu stosunek N:S i w konsekwencji znacznie obniża się wykorzystanie azotu. Prowadzi to nie tylko do spadku plonu ziarna, ale również do pogorszenia jego jakości poprzez obniżenie m.in. zawartości białka i glutenu (2, 30, 43). Nawożenie pszenicy ozimej siarką, w dawce 60 kg S na hektar, w badaniach Podleśnej i in. (29) prowadziło do wzrostu plonu ziarna (o 11%), zawartości białka (o 1%) i glutenu w ziarnie (o 2%), a także wzrostu szklistości, liczby opadania i objętości pieczywa.

Nawożenie mikroelementami

Prawidłowa zawartość mikroelementów w ziarnie pszenicy jakościowej jest, z punktu widzenia konsumenta i wartości odżywczej surowca, ważną cechą jakościową. Niedobór mikroelementów zmienia zasadniczo cechy jakościowe plonu przy równoczesnym radykalnym jego obniżeniu (5, 8, 38). Pszenica jest najbardziej wrażliwa na niedobór: miedzi, manganu i cynku (20, 28, 44). Według Mercika i Stępnia (25) wieloletnie stosowanie średnich dawek nawozów makroelementowych przeważnie nie różnicowało zawartości zapasowych form mikroelementów w glebie. W badaniach Ruszkowskiej i in. (35) przy zwiększonych dawkach NPK Mg i dużych plonach występowało znaczne obniżenie zawartości mikroelementów w glebach i roślinach. Badania Mazurka i in. (21, 22) wykazały, że jakość ziarna pszenicy jarej nawożonej azotem z mikroelementami była wyższa niż nawożonej tylko azotem (tab. 2). Zdaniem Czuby (5), Gembarzewskiego (8) oraz Stanisławskiej-Głubiak i in. (38) prawie zawsze przy wysokich plonach istnieje potrzeba nawożenia pszenicy nawozami mikroelementowymi, szczególnie w gospodarstwach, gdzie stosuje się tylko nawożenie mineralne i to głównie NPK. Rośliny wraz z dużymi plonami pobierają znacznie większą ilość mikroelementów z gleby i w związku z tym ich potrzeby nawozowe są znacznie większe (8, 20, 28, 44). Na glebach o wysokim pH, nawet przy średniej zasobności gleb w mikroelementy, pierwiastki takie jak: Cu, Mn, Zn są gorzej pobierane przez system korzeniowy roślin i mogą być składnikami limitującymi wielkość i jakość plonu ziarna pszenicy (5, 20).

PODSUMOWANIE

Największe efekty plonotwórcze oraz poprawę wyróżników jakościowych ziarna pszenicy jakościowej uzyskuje się pod wpływem racjonalnego nawożenia pszenicy azotem. Jednak należy podkreślić, że jest to możliwe tylko w przypadku właściwego i zrównoważonego odżywienia roślin pszenicy wszystkimi pozostałymi niezbędnymi składnikami pokarmowymi. Niedobór któregoś z nich obniża bowiem plon ziarna, a także często pogarsza jego jakość rozumianą w sensie wartości technologicznej czy wartości odżywczej. Nowoczesna produkcja pszenicy jakościowej jarej i ozimej musi uwzględniać zbilansowane i zrównoważone nawożenie – stosowanie w zależności od potrzeb, w odpowiednich dawkach, proporcjach i terminach wszystkich niezbędnych

składników pokarmowych. Tylko wtedy możliwe jest uzyskanie wysokiego plonu ziarna o jakości odpowiadającej normom przyjętym na rynku.

LITERATURA

1. Achremowicz B., Podgórska E., Styk B.: Wpływ wysokich dawek NPK na fizyczne i technologiczne właściwości ziarna pszenicy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1989, **354**: 15-21.
2. Byers M., Franklin J., Smith S.J.: The nitrogen and sulphur nutrition of wheat and its effect on the composition and baking quality of the grain. Asp. Appl. Biol., 1987, **15**: 337-344.
3. Cacak-Pietrzak G., Ceglińska, Haber T.: Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotem. Pam. Puł., 1999, **118**: 45-56.
4. Chrzanowska-Drożdż B., Nowak W.: Wpływ stanowiska i nawożenia mineralnego na plonowanie pszenicy ozimej. Zesz. Nauk. AR Wrocław, 1995, **262**: 81-91.
5. Czuba R.: Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471**: 161-169.
6. El Hadal L., Aussenac T., Fabre J.L., Sarrafi H.: Relationship between polymeric glutenin and the characteristic for common wheat (*Triticum aestivum*) grown in the field and greenhouse. Cereal Chem., 1995, **72**: 598-601.
7. Filipek T.: Wpływ zakwaszenia na zawartość potasu i magnezu oraz stosunek K : Mg w glebach i roślinach zbożowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2001, **480**: 43-49.
8. Gembarzewski H.: Stan i tendencje zmian zawartości mikroelementów w glebach i roślinach z pól produkcyjnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471**: 171-179.
9. Grzebisz W., Przygocka-Cyna K.: Aktualne problemy gospodarowania siarką w rolnictwie polskim. Nawozy i Nawoż., 2003, **4**: 64-77.
10. Gooding M. J., Smith G.P.: The potential to use climate, variety and nitrogen relationships to optimize wheat quality. Short Communications Fifth ESA congress 28 June-2 July 1998: 229-230.
11. Hevia H., Fuenzalida P.J.: Effect of nitrogen fertilizers on bread-making quality and protein content of spring wheat cv. Onda. II. Timing of nitrogen application. Agro Ciencia, 1988, **4(1)**: 27-34.
12. Jadczyzyn T.: Podstawy naukowe doradztwa nawozowego. Nawozy i Nawoż., 2000, **4**: 185-205.
13. Jacobsen S.T.: Interaction between plant nutrients. III. Antagonism between potassium, magnesium and calcium. Acta Agric. Scandinav., 1993, B, **43**: 1-5.
14. Klupeczyński Z., Ralcewicz M., Knapowski T.: Wpływ nawożenia fosforowo-potasowego na plon ziarna i wartość wypiekową pszenicy ozimej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2001, **480**: 245-251.
15. Klupeczyński Z., Ralcewicz M., Knapowski T., Murawska B.: Ocena wartości wypiekowej chlebowych odmian pszenicy jarej pod wpływem zróżnicowanego nawożenia fosforem i potasem. Nawozy i Nawożenie, 2000, **3a**: 73-81.
16. Knapp J.S., Harms C.L.: Nitrogen fertilization and plant growth regulator effects on yield and quality of four wheat cultivars. J. Prod. Agric. 1988, **1(2)**: 94-98.
17. Kocoń A.: Efektywność wykorzystania azotu z mocznika (¹⁵N) stosowanego dolistnie lub doglebowo przez pszenicę ozimą i bobik. Acta Agrophys., 2003, **85**: 55-63.
18. Kocoń A., Skiba T., Sykut M., Próchniak A.: Wykorzystanie azotu stosowanego dolistnie lub doglebowo w plonie pszenicy jarej i ozimej. Fragm. Agron., 1999, **4**: 90-99.
19. Kopcewicz J., Lewak S. (red.): Gospodarka mineralna roślin. Podstawy fizjologii roślin. PWN, 1998, 188-228.
20. Łabętowicz J., Rutkowska B.: Próba wykorzystania składu chemicznego roztworu glebowego w diagnostyce nawożenia mikroelementami. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2000, **471**: 45-51.
21. Mazurek J., Jaśkiewicz B., Klupeczyński Z.: Plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej w zależności od techniki nawożenia azotem. Pam. Puł., 1999, **118**: 257-261.

22. 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.
23. Mazurek J., Sułek A.: Zalecenia agrotechniczne. *Technologie uprawy roślin. Pszenica jara*, Puławy, 2000.
24. Mercik S., Panak H.: Wpływ współdziałania wapnia, magnezu, potasu i sodu w różnych proporcjach na pobieranie i skład chemiczny roślin. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1984, **285**: 151-166.
25. Mercik S., Stępień W.: Działanie potasu na rośliny w wieloletnich doświadczeniach nawozowych w Skierniewicach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2001, **480**: 291-298.
26. Panak H., Wojnowska T., Sienkiewicz S.: Wpływ nawożenia Ca, Mg, K i Na na plonowanie roślin zbożowych i ich skład chemiczny. *Mat. Sympozjum „Wpływ nawożenia na jakość plonów”*, Olsztyn, 24-25.06.1986, 170-178.
27. Peltonen J., Virtanen A.: Effect of nitrogen fertilizers differing in release characteristics on the quality of storage proteins in wheat. *Cereal Chem.*, 1994, **71**: 1-5.
28. Podleśna A.: Żywnienie pszenicy NPK a zawartość oraz pobranie żelaza i cynku w ontogenezie roślin. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 321-331.
29. Podleśna A., Cacak-Pietrzak G., Sowiński M.: Reakcja pszenicy ozimej na nawożenie siarką w doświadczeniu polowym. *Nawozy i Nawoż.*, 2003, **4**: 169-179.
30. Podolska G.: Zalecenia agrotechniczne. *Technologie uprawy roślin. Pszenica ozima*, Puławy, 2000.
31. Podolska G., Grabiński J.: Możliwości pogodzenia kryteriów jakościowych ziarna zbóż z zasadami dobrej praktyki rolniczej. *Mat. Szkol. 84/02 „Wdrażanie nowych proekologicznych technologii w zakresie produkcji roślin uprawnych”*, IUNG, Puławy, 2002, 167-182.
32. Podolska G., Sułek A.: Główne elementy technologii produkcji decydujące o wysokiej jakości ziarna pszenicy. *Pam. Puł.*, 2002, **130**: 597-605.
33. Ralcewicz M., Knapowski T.: Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na wysokość plonu i wartość technologiczną pszenicy jarej. *Annales UMCS, Sec. E*, 2004, **59(2)**: 969-978.
34. Rutkowska A.: Efektywność późnych dawek azotu w nawożeniu pszenicy jakościowej. *Pam. Puł.*, 2002, **130**: 647-652.
35. Ruskowska M., Sykut S., Kusio M.: Stan zaopatrzenia roślin w mikroelementy w warunkach zróżnicowanego nawożenia w wieloletnim doświadczeniu lizymetrycznym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1996, **434**: 43-47.
36. Schmidt L.: Effects of long-term potassium fertilization on crop yield and quality. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2001, **480**: 329-336.
37. Skiba T., Próchniak A., Sykut M.: Zastosowanie ¹⁵N w badaniach nad doglebowym i dolistnym nawożeniem roślin. *Mat. Międzynarodowej Konf. Nauk. „Nauki rolnicze w warunkach integracji europejskiej”*, ART Olsztyn, 1995, **II**: 140-146.
38. Stanisławska-Głubiak E., Strączyński S., Sienkiewicz-Cholewa U.: Wpływ zróżnicowanego poziomu plonów na zawartość mikroelementów w ziarnie pszenicy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1996, **434**: 77-81.
39. 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.
40. Stępień W.: Wpływ nawożenia na jakość na przykładzie wybranych gatunków roślin produkcji polowej. *Więś Jutra*, 1998, **5**: 38-41.
41. 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**: 709-718.
42. Wróbel E., Szempliński W.: Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 463-470.
43. Zhao F.J., Withers P.J.A., Evans E.J., Monaghan J., Salmon S.E., Shewry P.R., McGrath S.P.: Sulfur nutrition: An important factor for the quality of wheat and rapessed. *Plant nutrition-for sustainable food production and environment*. Red.: Ando T. i in., Kluwer Academic Publishers, 1997, 917-922.

44. Ziętecka M., Dynysiuk B.: Zawartość Cu, Mn i Zn w niektórych fazach rozwojowych trzech odmian pszenicy ozimej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1989, **325**: 79-86.
45. Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej. Wyd. Fundacja Programów Pomocy dla Rolnictwa, 2002.

FERTILIZATION OF QUALITY SPRING AND WINTER WHEAT AND ITS IMPACT ON YIELD AND GRAIN QUALITY

Summary

The paper is concerned with the fertilization of quality spring and winter wheat and with its influence on yield and grain quality. The grain destined for consumption has to be characterized by high technological value quality as defined by its milling quality and flour strength. This paper is a review and a synthetic description and does not address a question of how particular wheat varieties should be fertilized. From the practical point of view regarding size and quality of wheat and yield, of the plant nutrients under analysis the greatest yield-forming effects and improvement of grain qualitative characteristics are those obtained by the rational use of fertilizer nitrogen. However, it is worth emphasizing that it is possible only when nitrogen fertilization is well-balanced appropriate with all other necessary nutrients. The shortage of a nutrient decreases grain yield and often compromises its quality, technological or nutritive. In the modern approach to technological wheat fertilization – fertilization is considered as a balanced and equalized fertilization system which includes nutritive and fertilizer requirements of plants. In those conditions it is possible to obtain high grain yield and grain quality which meets the market standards.

Praca wpłynęła do Redakcji 24 VI 2004 r.