

WPLYW NAWOŻENIA AZOTOWEGO, REJONU UPRAWY I ODMIANY
PSZENICY NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE POJEDYNCZYCH
ZIARNIAKÓW I ICH NIEJEDNORODNOŚĆ

A. Miś¹, S. Grundas¹, E. Klockiewicz-Kamińska²

¹Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

²Stacja Doświadczalna Oceny Odmian, Laboratorium Chemiczno-Technologiczne
63-022 Słupia Wielka

Streszczenie. Zmienność cech fizycznych ziarna odmian pszenicy ozimej (Kobra, Korweta) i jarej (Helia, Jasna), uprawianej w różnych rejonach klimatyczno-glebowych Polski i przy dwóch poziomach nawożenia azotowego, określono analizując pojedyncze ziarniaki pod kątem ich grubości, masy i indeksu twardości przy pomocy urządzenia SKCS. Ponadto, oceniono wpływ badanych czynników na stopień niejednorodności ziarniaków pod względem tych cech.

Słowa kluczowe: ziarno pszenicy, odmiany, nawożenie, rejon uprawy, grubość, MTZ, indeks twardości, SKCS.

WSTĘP

Fizyczne właściwości ziarna pszenicy są wypadkową oddziaływania wielu czynników podczas wegetacji roślin, a zwłaszcza w okresie rozwoju i dojrzwania ziarniaków. Spośród nich największą rolę odgrywa genotyp odmiany pszenicy. Z genotypu wynikają różnice między odmianami w budowie morfologicznej i anatomicznej ziarniaka, np. jego kształt i typ tekstury bielma. Również pośrednio genotyp wpływa, poprzez plenność danej odmiany, na wielkość (grubość i masę) ziarniaków oraz ich zróżnicowanie. Niejednorodność ziarniaków szczególnie pod względem twardości, jak sugerowali Huebner i Gaines [8], może wynikać ze zmienności w syntezie białka w zależności od położenia ich w kłosie, między kłosami tej samej rośliny oraz między biotypami w obrębie odmiany.

Geodecki i Grundas [4] stwierdzili, że w środkowej części kłosa występowały ziarniaki najgrubsze i najcięższe. Ziarniaki ze stref dolnych, w porównaniu do tych z górnych stref, miały nieznacznie mniejszą masę. Z kolei ich twardość, wyrażona indeksem twardości określonym przy użyciu analizatora pojedynczych ziarniaków (SKCS 4100), obniżała się od strefy dolnej ku górnej. Wyniki badań Misia i Geodeckiego [12] wykazują, że twardość ziarna wyraźnie zmieniała się w zależności od stadium dojrzałości ziarniaków, przy którym odbywał się zbiór pszenicy.

Wiele uwagi poświęcono badaniu różnic między odmianami pszenic zwyczajnych zaliczanych zgodnie z amerykańską klasyfikacją do miękkich lub twardych. Greenwell i Schofield [6] jako pierwsi odkryli, że wyłącznie u pszenic miękkich na powierzchni granul skrobiowych występowało białko o masie cząsteczkowej 15 kDa, warunkujące miękkość bielma ziarniaka. Późniejsze liczne badania [1,5,13] powiązały tę cechę ziarniaka z mutacją genów kodujących białka puroindoliny a i b.

W kształtowaniu się właściwości fizycznych ziarna pszenicy znaczną rolę odgrywa również środowisko w którym przebiega wegetacja roślin. Występowanie suszy glebowej w okresie formowania się ziarniaków wpływa na obniżenie ich dorodności. Zmniejsza się również stopień wypełnienia bielma, co przejawia się w tzw. pomarszczeniu ziarniaka [2]. W miarę opóźniania terminu zbioru pszenicy, w wyniku wielokrotnego nawilżania ziarniaków podczas deszczu, postępuje stopniowe zmniejszenie ich twardości [12].

Spśród czynników środowiskowych, nawożenie azotowe jest głównym czynnikiem plonotwórczym, a więc również wpływającym na fizyczne właściwości ziarna pszenicy. Obuchowski [14] badając wpływ nawożenia azotowego na kształtowanie się twardości ziarna pszenicy ocenianej w teście przemiału, zauważył szczególnie korzystny wpływ nawożenia przy wzroście dawki ze stosunkowo niskiego poziomu $40 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ do $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Dalsze zwiększanie nawożenia do $140 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ powodowało już niewielki przyrost twardości, a u niektórych odmian nawet jej spadek.

Dotychczas słabo zbadanym zagadnieniem jest wpływ powyżej omówionych czynników genotypowych i środowiskowych na kształtowanie się stopnia niejednorodności ziarniaków pod względem cech fizycznych. Jest to o tyle istotne, że wyższa jednorodność ziarna pszenicy jako surowca znacznie podnosi efektywność jego przetwarzania. Stąd też podjęto badania na temat kształtowania się niektórych cech fizycznych pojedynczych ziarniaków, powszechnie uznawanych za wyróżniki użytkowe pszenicy [7], takich jak: ich grubość, masa i indeks twardości, oraz stopnia niejednorodności ziarniaków pod względem tych cech.

Charakterystyka zmienności tych cech oraz wskaźników niejednorodności pod wpływem badanych poziomów nawożenia azotowego, rejonów uprawy i odmian pszenicy jarej i ozimej jest przedmiotem niniejszego artykułu.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach wykorzystano próby ziarna pszenicy ozimej i jarej pochodzące z jednorocznych doświadczeń polowych założonych w sezonie wegetacyjnym 1999/2000 w siedmiu stacjach oceny odmian (SDOO) rozmieszczonych w różnych rejonach klimatyczno-glebowych Polski (Rys. 1). Próby pszenicy ozimej dwóch odmian: Kobra i Korweta wzięto z 4 miejscowości: Kościelna Wieś (**K**), Lubinicko (**L**), Tarnów Śląski (**T**) i Tomaszów Bolesławiecki (**To**), znajdujących się w dwóch rejonach, III i V. Zaś próby pszenicy jarej reprezentowanej przez odmiany Helia i Jasna pochodziły z 4 miejscowości: Radostowo (**R**), Śrem (**Ś**), Tarnów Śląski (**T**) i Pawłowice (**P**), rozmieszczonych w czterech różnych rejonach klimatyczno-glebowych, I, III, V i VI.



Rys. 1. Rozmieszczenie miejscowości (SDOO), z których pochodziły badane próbki ziarna pszenicy, na tle rejonów klimatyczno-glebowych Polski.

Fig. 1. The position of localities (SDOO), from which studied wheat grain samples were taken, within the Polish climatic-soil regions.

W doświadczeniach polowych warunki wzrostu roślin były różnicowane jedynie poprzez stosowanie dwóch poziomów mineralnego nawożenia azotowego (Tab. 1). Wyższy poziom nawożenia uzyskiwano poprzez zwiększenie dawki azotu o $40 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ w stosunku do niższego poziomu. Poziom nawożenia fosforowo-potasowego nie podlegał zmianom w obrębie tej samej miejscowości. Jak wynika z Tabeli 1, poziomy nawożenia składnikami NPK różniły się nominalnie między poszczególnymi miejscowościami.

Tabela 1. Zastosowane dawki mineralnego nawożenia w $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ **Table 1.** Applied doses of mineral fertilisation in kg N ha^{-1}

Rodzaj dawki	Pszenica ozima				Pszenica jara			
	K*	L	T	To	R	Ś	T	P
N – niższa	80	100	110	120	80	50	100	70
N – wyższa	120	140	150	160	120	90	140	110
P	60	60	64	60	40	91	60	80
K	90	90	104	90	78	131	90	120

* - skróty od nazw miejscowości

Oznaczenia cech fizycznych ziarna badanych prób wykonano wyłącznie na ziarniakach całych, bez widocznych ubytków, i po wcześniejszym usunięciu zanieczyszczeń. Ziarno miało wyrównaną wilgotność na poziomie $13,5\pm 0,5\%$. Oznaczenia grubości ziarniaków (G) oraz ich masy (M) i indeksu twardości (HI) wykonano stosując zautomatyzowany aparat do charakterystyki pojedynczych ziarniaków, typ SKCS 4100, firmy Perten Instruments AB [16]. Aparat ten pobiera losowo i ocenia każdy ziarniak pod kątem jego grubości, masy, twardości i wilgotności. Indeks twardości jest wyznaczany na podstawie testu rozdrabniania pojedynczego ziarniaka [11,15]. Umożliwia to wyznaczenie nie tylko wartości średnich dla badanych cech ale również ocenić stopień niejednorodności ziarniaków w badanej próbie ziarna.

Stopień niejednorodności ziarniaków pod względem ich grubości (N_G), masy (N_M) i indeksu twardości (N_{HI}) wyrażano wartością odchylenia standardowego, będącego obiektywną miarą rozproszenia (rozrzutu) wyników pomiarowych. Wynik pomiaru badanych cech i stopnia niejednorodności wyznaczano na podstawie oceny 100 ziarniaków, a pomiary wykonywano w trzech powtórzeniach.

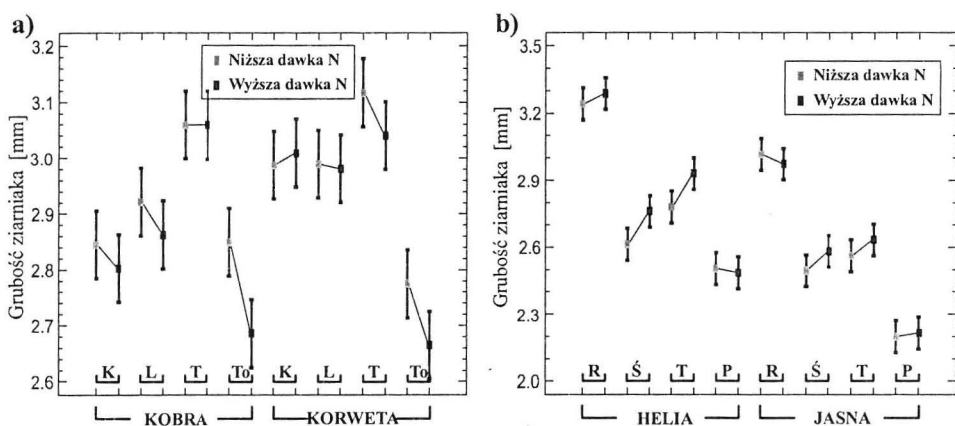
Dla ułatwienia oceny wpływu badanych czynników, nawożenia azotowego miejscowości i odmian pszenicy, na kształtowanie się cech fizycznych ziarniaków i ich zróżnicowania wykonano trójczynnikiowe analizy wariancji oddzielnie dla pszenicy ozimej i jarej. Ponadto określono współczynniki korelacji liniowej i poziomy ich istotności dla zbadania siły związków występujących między badanymi cechami i wskaźnikami.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zmienność cech fizycznych ziarna pszenicy

Wpływ badanych czynników genotypowych (odmian i form) oraz środowiskowych (nawożenia i miejscowości) na zmienność grubości, masy i indeksu twardości ziarniaków pszenicy przedstawiono odpowiednio na Rys. 2, 3 i 4.

Pszenica ozima odznaczała się średnio o 0,2 mm grubszymi ziarniakami oraz kilkakrotnie mniejszą wariancją tej cechy powodowaną przez badane czynniki (Rys 2a i b). Grubość ziarniaków obu form pszenicy była w największym stopniu uzależniona od rejonu uprawy (miejscowości). Natomiast nawożenie azotowe wpływało na zmianę grubości w najmniejszym stopniu.



Rys. 2. Wpływ poziomów nawożenia azotowego, miejscowości oraz odmian pszenicy ozimej (a) i jarej (b) na zmiany grubości ziarniaka.

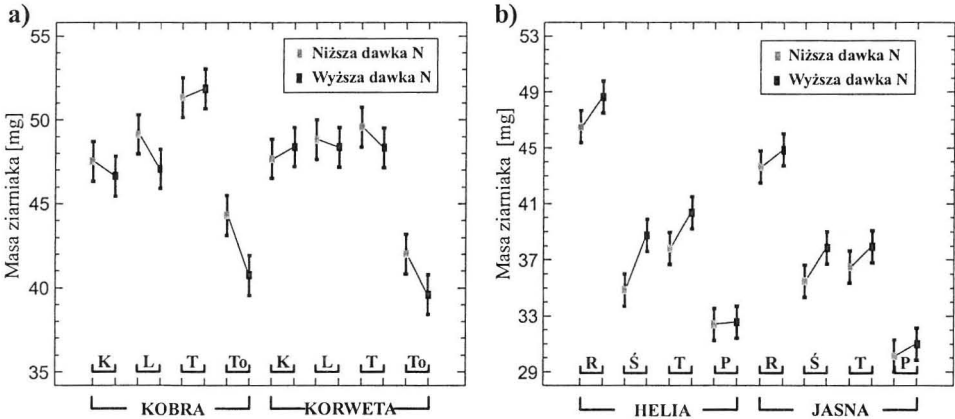
Fig. 2. Effect of nitrogen fertilisation levels, localities and cultivars of winter (a) and spring (b) wheat on changes in kernel thickness.

Pszenica ozima uprawiana w Tarnowie Śląskim miała najgrubsze ziarniaki (3,1 mm), zaś w Tomaszowie Bolesławieckim – najdrobniejsze (2,7 mm). Należy zauważyć, że te miejscowości są położone w tym samym rejonie (V). Grubość ziarniaków pszenicy jarej w zależności od miejscowości różnicowała się w szerszych przedziałach od 2,4 mm (Pawłowice) do 3,1 mm (Radostowo). Spośród odmian, Jasna charakteryzowała się najdrobniejszymi ziarniakami (2,6 mm). Zwiększenie poziomu nawożenia azotowego o $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodowało u pszenicy ozimej zmniejszenie grubości ziarniaków, średnio o 0,03 mm, zaś u jarej – jej wzrost, średnio o 0,05 mm.

Analiza wariancji wykazała istotne interakcje dwuczynnikowe między odmianą a miejscowością, szczególnie mocne u pszenicy ozimej, oraz między miejscowością i poziomem nawożenia. Korzystne oddziaływanie wystąpiło w interakcji miejscowości Radostowa z odmianą Helia, dając maksymalną grubość ziarna (3,3 mm), natomiast niekorzystne - w interakcji miejscowości Pawłowice z odmianą Jasna (2,2 mm). W miejscowości Tomaszów Bolesławiecki nawożenie istotnie wpływało na zmniejszenie grubości ziarniaków pszenicy ozimej. W przypadku pszenicy jarej w dwóch miejscowościach, Śrem i Tarnów Śląski, wyższy poziom nawożenia przyczynił się do istotnego wzrostu grubości ziarniaków.

Analiza wariancji drugiej badanej cechy ziarniaków, ich masy, wykazała podobny wpływ badanych czynników i ich współdziałania jak w przypadku cechy grubości (Rys. 3a i b). Jedynie u pszenicy ozimej uwidocznił się większy wpływ nawożenia azotowego niż odmian.

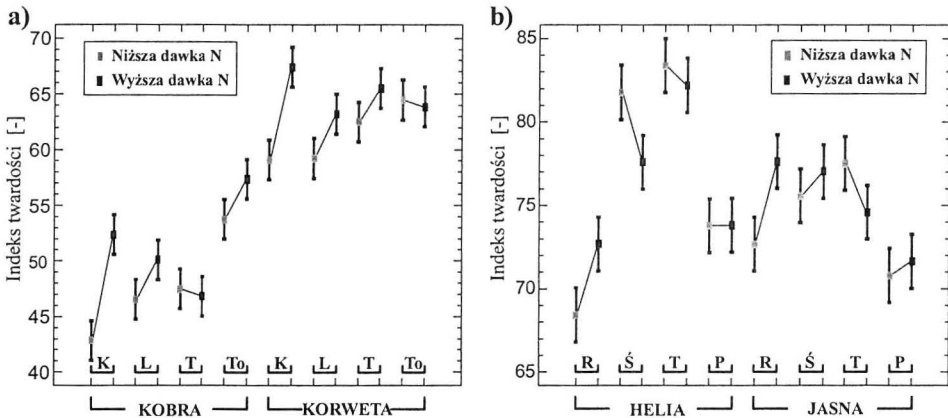
Zbieżność zmian grubości i masy ziarniaków pokazana na Rys. 2 i 3 została również potwierdzona wysokim współczynnikiem korelacji tych cech, wynoszącym ok. 0,90 (Tab. 2). Wskazuje to na bardzo mocne powiązanie rozmiarów ziarniaka z jego masą, oraz że badane czynniki nie wpływały w sposób znaczący na różnicowanie się proporcji między grubością a masą ziarniaka.



Rys. 3. Wpływ poziomów nawożenia azotowego, miejscowości oraz odmian pszenicy ozimej (a) i jarej (b) na zmiany masy ziarniaka.

Fig. 3. Effect of nitrogen fertilisation levels, localities and cultivars of winter (a) and spring (b) wheat on changes in kernel weight.

Ponadto, otrzymane wyniki pokazują odmienną reakcję odmian pszenicy ozimej i jarej na wzrastające nawożenie azotowe. Pszenica ozima pod wpływem zwiększonego nawożenia formowała ziarniaki o mniejszej masie, średnio o 1,2 mg, i grubości o 0,05 mm. Zaś pszenica jara wykorzystywała wyższe dawki azotu z pożytkiem zwiększając masę ziarniaków, średnio o 1,8 mg, i grubość o 0,05 mm. Taka niekorzystna reakcja pszenicy ozimej ujawniła się również w badaniach COBORU prowadzonych w latach 1972-1982 [9]. Wykazały one, że wzrost dawki azotu z 40 do 90 kg·ha⁻¹ powodował obniżenie masy ziarniaka średnio o 0,6 mg, a wzrost z 40 do 140 kg·ha⁻¹ – aż o 1,3 mg. Może to wynikać z faktu, że pszenica ozima w porównaniu z jarą ma większą zdolność do krzewienia się pod wpływem zwiększonego nawożenia. Z kolei wyższy współczynnik krzewienia wpływa na formowanie się mniej dorodnych i o mniejszej masie ziarniaków.



Rys. 4. Wpływ poziomów nawożenia azotowego, miejscowości oraz odmian pszenicy ozimej (a) i jarej (b) na zmiany indeksu twardości.

Fig. 4. Effect of nitrogen fertilisation levels, localities and cultivars of winter (a) and spring (b) wheat on changes in hardness index.

Indeks twardości (Rys. 4) jest cechą ziarniaka, odrębną od dwóch poprzednich, charakteryzującą odporność jego bielma na rozdrabnianie. Analiza wariancji wykazała, że indeks twardości ziarna pszenicy ozimej jest uwarunkowany przede wszystkim przez czynnik genotypowy. Ziarno odmiany Korweta odznaczało się wyraźnie wyższymi wartościami HI w obrębie każdej z badanych miejscowości, średnio o 13,5. W kilkakrotnie mniejszym stopniu na tę cechę wpływał poziom nawożenia azotowego. Wzrost nawożenia przyczyniał się do wzrostu indeksu twardości, średnio o 3,8. Największy wzrost wartości HI (o 8,9) pod wpływem

nawożenia odnotowano u obu odmian pszenicy ozimej w miejscowości Kościelna Wieś (rejon III). Pszenica ozima uprawiana w Tomaszowie Bolesławieckim, w odróżnieniu do pozostałych miejscowości, formowała ziarniaki istotnie twardsze.

Badane czynniki w odmienny sposób wpływały na kształtowanie się twardości ziarna pszenicy jarej. Badane odmiany różniły się nieznacznie między sobą, a ich średnie wartości HI były bardzo wysokie, w porównaniu z tymi dla odmian pszenicy ozimej, i wynosiły 76,7 (Helia) i 74,7 (Jasna).

Analiza wariancji nie potwierdziła istotnego wpływu nawożenia azotowego na zmianę twardości ziarna pszenicy jarej. Jedynie w miejscowości Radostowo pod wpływem nawożenia wystąpił istotny wzrost indeksu twardości u obu odmian pszenicy jarej, średnio o 4,8. Natomiast w miejscowości Śrem odmiana Helia na wzrost nawożenia zareagowała istotnym spadkiem wartości HI, o 4,8. Na twardość najmocniej wpływały warunki związane z rejonem uprawy. Miejscowości Śrem i Tarnów Śląski miały sprzyjające warunki do formowania się wyjątkowo twardych ziarniaków.

W omówionym kształtowaniu się cechy twardości największy wpływ wywierały formy pszenicy i dobór odmian. Badane odmiany pszenicy jarej cechowały się wyraźnie wyższą twardością a zarazem mniejszą stabilnością pod względem tej cechy w poszczególnych miejscowościach. W zależności od miejscowości, wykazywały one również zróżnicowaną reakcję na wzrastający poziom nawożenia azotowego.

Taką zróżnicowaną reakcją odmian również zaobserwował również Obuchowski [14]. Stwierdził on, że przyrost zawartości białka w ziarnie, w wyniku wzrostu nawożenia, wpływa na lepsze wypełnienie przestrzeni między granulami skrobi w bielmie, a zarazem na znaczny przyrost jego twardości. Jednakże, poszczególne odmiany pszenicy mają określoną zdolność wykorzystywania dostarczonego azotu, powyżej której dalsze zwiększanie jego dawki w małym stopniu przyczynia się do wzrostu twardości, a czasem może spowodować jej obniżenie.

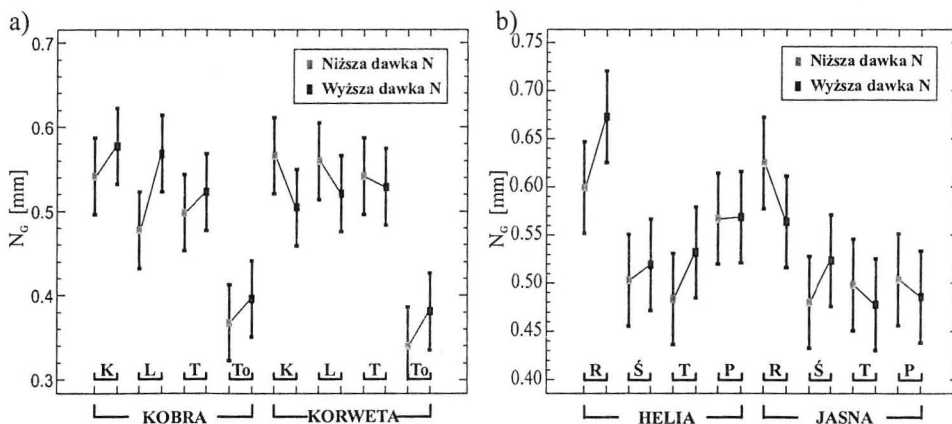
Dla podparcia tej tezy warto przytoczyć badania Lyon'a i Shelton'a [10] przeprowadzone przy użyciu tej samej techniki (SKCS). W dwóch latach, kiedy indeks twardości kształtował się na umiarkowanym poziomie, zwiększenie nawożenia o 45 kg N·ha⁻¹ powodowało jego wzrost z 46,0 do 55,2, a wartości HI były pozytywnie i wysoko skorelowane z zawartością białka w ziarnie. Zaś w jednym roku, kiedy wartości HI kształtowały się na bardzo wysokim poziomie (średnio 72,9), nie stwierdzono żadnego wpływu nawożenia azotowego na twardość, ani jej korelacji z białkiem.

Zmienność stopnia niejednorodności ziarniaków

Wpływ badanych czynników genotypowych i środowiskowych na zmienność stopnia niejednorodności ziarniaków pszenicy pod względem ich grubości (N_G), masy (N_M) i indeksu glutenu (N_{HI}) przedstawiono na Rys. 5, 6 i 7, odpowiednio.

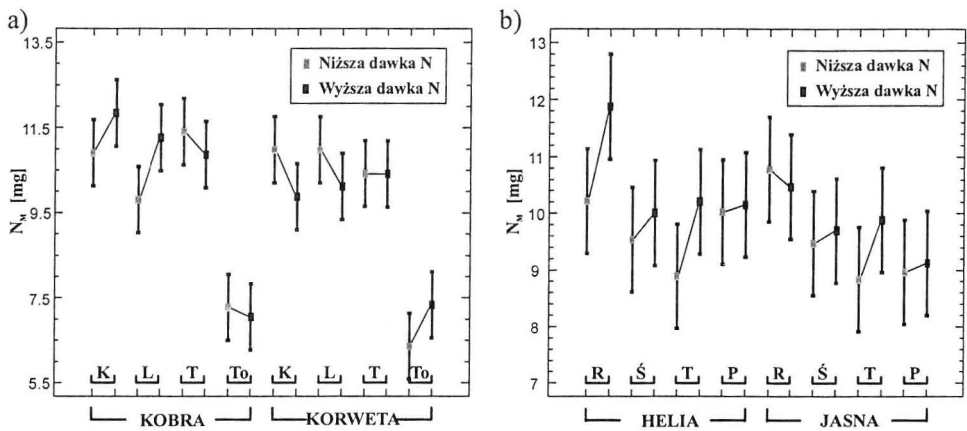
Zmiany wartości N_G i N_M były ze sobą skorelowane prawie tak samo mocno jak w przypadku zmian grubości i masy ziarniaków (Tab. 2). Zakres zmian N_G mieścił się w przedziale od 0,34 do 0,58 mm, u pszenicy ozimej, i od 0,48 do 0,67 mm, u pszenicy jarej (Rys. 5). Natomiast zakres zmian N_M kształtował się odpowiednio u pszenicy ozimej i jarej od 6,3 do 11,8 mg i od 8,8 do 11,9 mg (Rys. 6) Wskazuje to, że odmiany pszenicy ozimej odznaczały się większym wyrównaniem ziarniaków pod względem ich grubości i masy.

Największy wpływ na stopień niejednorodności ziarniaków pod względem tych cech miały miejscowości. Najbardziej jednordne ziarniaki pszenicy ozimej uzyskano w miejscowości Tomaszów Bolesławiecki, wartości N_G i N_M były istotnie niższe, średnio o 0,06 mm i o 3,7 mg, w odniesieniu do pozostałych miejscowości. W przypadku pszenicy jarej, w miejscowości Radostowo były formowane istotnie najbardziej niejednorodne ziarniaki pod względem masy i grubości.



Rys. 5. Wpływ poziomów nawożenia azotowego, miejscowości oraz odmian pszenicy ozimej (a) i jarej (b) na stopień niejednorodności ziarniaków pod względem ich grubości (N_G).

Fig. 5. Effect of nitrogen fertilisation levels, localities and cultivars of winter (a) and spring (b) wheat on the heterogeneity degree of kernels in regard to their diameter (N_G).



Rys. 6. Wpływ poziomów nawożenia azotowego, miejscowości oraz odmian pszenicy ozimej (a) i jarej (b) na stopień niejednorodności ziarniaków pod względem ich masy (N_M)

Fig. 6. Effect of nitrogen fertilisation levels, localities and cultivars of winter (a) and spring (b) wheat on the heterogeneity degree of kernels in regard to their weight (N_M)

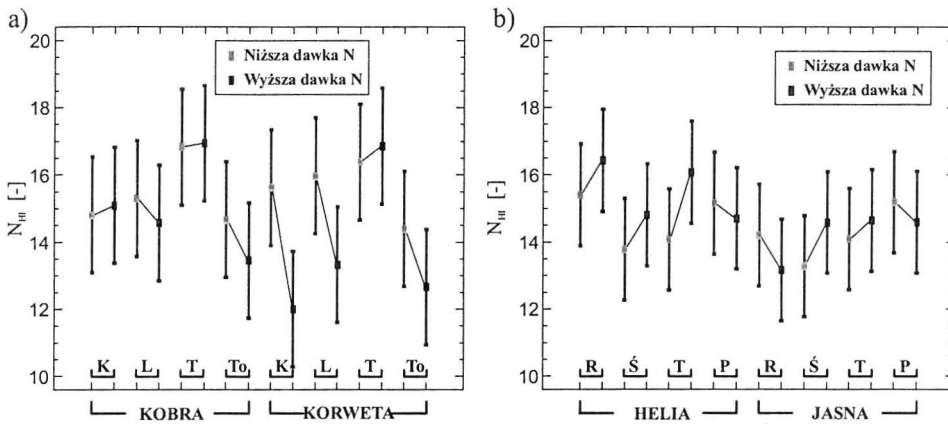
Pszenica ozima charakteryzowała się ogólnie niższym stopniem niejednorodności ziarniaków pod względem grubości. U obu form pszenicy, odmiany miały niewielki wpływ na ten wskaźnik. Odmiana Helia, w porównaniu z pozostałymi, charakteryzowała się istotnie wyższą niejednorodnością ziarniaków pod względem grubości.

Badane poziomy nawożenia azotowego nie różnicowały istotnie wartości N_G i N_M . Jedynie w interakcji z odmianą Kobra wystąpił istotny wzrost wartości N_G i pod wpływem zwiększonego nawożenia.

Jak pokazano na Rys. 7a i b, stopień niejednorodności ziarniaków pszenicy ozimej pod względem indeksu twardości (N_{HI}) kształtował się w nieznacznie szerszym przedziale (od 12,0 do 16,9) niż u pszenicy jarej (od 13,2 do 16,4).

Analiza wariancji wartości N_{HI} w obrębie pszenicy ozimej wykazała jedynie istotny wpływ na nie miejscowości i poziomów nawożenia azotowego (Rys. 7a). Pszenica uprawiana w Tarnowie Śląskim (rejon V), w porównaniu z pozostałymi miejscowościami, odznaczała się istotnie wyższą niejednorodnością ziarniaków pod względem twardości. Zwiększone nawożenie sprzyjało spadkowi wartości N_{HI} , średnio o 1,1. Zaś największy spadek tego wskaźnika, odnotowany u odmiany Korweta uprawianej w miejscowości Kościelna Wieś, wyniósł 2,6.

W obrębie pszenicy jarej (Rys. 7b), analiza wariancji nie wykazała istotnego wpływu zarówno miejscowości, jak i poziomów nawożenia. Jedynie zaznaczyły się różnice między odmianami. Odmiana Jasna charakteryzowała się istotnie bardziej wyrównanymi ziarniakami pod względem twardości, w porównaniu z odmianą Helia.



Rys. 7. Wpływ poziomów nawożenia azotowego, miejscowości oraz odmian pszenicy ozimej (a) i jarej (b) na stopień niejednorodności ziarniaków pod względem ich indeksu twardości (N_{HI}).

Fig. 7. Effect of nitrogen fertilisation levels, localities and cultivars of winter (a) and spring (b) wheat on the heterogeneity degree of kernels in regard to their hardness index (N_{HI}).

Pomimo, że badane odmiany pszenicy ozimej pod względem indeksu twardości (HI) różniły się zdecydowanie (o 13,5), to jednak nie odznaczały się istotnym zróżnicowaniem między sobą stopnia niejednorodności ziarniaków pod względem tej cechy (N_{HI}). Oznacza to, że wskaźnik N_{HI} nie jest związany z wartością indeksu twardości, na co wskazuje również brak korelacji między nimi (Tab. 2). Natomiast wskaźnik N_{HI} pozytywnie koreluje ze zmianami grubości i masy ziarniaków oraz ich niejednorodnością pod względem tych cech. Wskazuje to, że przyrost grubości i masy ziarniaków oraz stopnia ich niejednorodności sprzyja równocześnie większej niejednorodności struktury ich bielma pod względem twardości.

Na omówienie zasługuje również fakt, że indeks twardości był jedynie skorelowany z masą ziarniaków, a nie z ich grubością (Tab. 2). Ujemny współczynnik korelacji między nimi oznacza, że ziarniaki o większej masie odznaczają się równocześnie mniejszą twardością. Istnienie tego typu zależności potwierdzają również wyniki wcześniejszych badań przeprowadzonych przy użyciu SKCS [3,4].

Tabela 2. Współczynniki korelacji (r) pomiędzy badanymi cechami pojedynczych ziarniaków pszenicy oraz poziomy istotności (α)

Table 2. Correlation coefficients (r) between studied features of wheat single-kernels, and significance levels (α)

Cechy		N_G	M	N_M	HI	N_{HI}
G	r	0,373	0,896	0,453	¹	0,361
	α	0,036	0,000	0,009		0,042
N_G	r			0,881		0,368
	α			0,000		0,038
M	r			0,449	-0,663	0,358
	α			0,010	0,000	0,044
N_M	r					0,486
	α					0,005
HI	r					
	α					

¹- Pusty obszar oznacza brak korelacji ($\alpha > 0,05$).

Podsumowując należy stwierdzić, że przedstawione wyniki wskazują na istotne zróżnicowanie przez czynniki środowiskowe stopnia niejednorodności ziarniaków pod kątem badanych cech fizycznych. Wskaźniki N_G , N_M i N_{HI} mogłyby wzbogacić ocenę właściwości fizycznych, rutynowo wykonywaną podczas określania przydatności technologicznej danej partii ziarna. Dlatego też istnieje potrzeba dalszych badań, które powiązałyby te wskaźniki z konkretnymi wyróżnikami technologicznymi. Dopiero na ich podstawie można byłoby określić rzeczywistą przydatność tych wskaźników do oceny potencjalnej wartości technologicznej ziarna pszenicy.

WNIOSKI

Wykorzystanie urządzenia SKCS 4100 do oceny wpływu badanych poziomów nawożenia azotowego, rejonów uprawy i odmian pszenicy na zmienność grubości, masy i twardości pojedynczych ziarniaków i ich niejednorodności pod względem tych cech pozwoliło na sformułowanie następujących wniosków:

1. Grubość i masa ziarniaka, jako cechy silnie skorelowane ze sobą podlegały znacznym wahaniom w zależności od rejonu uprawy i nawożenia. Najbardziej dorodne ziarniaki uzyskiwano kiedy odmiany pszenicy ozimej uprawiano w rejonie V, a jarej – w rejonie I. Na wzrastające nawożenie azotowe odmiany pszenicy ozimej reagowały istotnym spadkiem grubości i masy ziarniaków. Natomiast odmiany pszenicy jarej wyższy poziom nawożenia spożytkowały na formowanie istotnie grubszych i cięższych ziarniaków.
2. Indeks twardości był cechą warunkowaną przede wszystkim genotypem odmiany pszenicy. Spośród badanych odmian, Korweta wyróżniała się najniższą twardością, a Helia – najwyższą. Rejon V sprzyjał formowaniu się najbardziej twardego ziarna obu form pszenicy, a dla pszenicy jarej równie korzystny był rejon III. Wzrost nawożenia wpływał na osłabienie twardości ziarniaków pszenicy ozimej. U pszenicy jarej efekt nawożeniowy okazał się nie istotny.
3. Stopień niejednorodności ziarniaków pod względem ich grubości, masy i indeksu twardości był modyfikowany głównie przez te czynniki środowiskowe, które są związane z rejonem uprawy. W rejonie V uzyskiwano ziarniaki pszenicy ozimej najbardziej jednorodne pod względem badanych cech. Pszenica jara uprawiana w rejonie I wyróżniła się istotnie wyższym stopniem niejednorodności ziarniaków pod względem grubości i masy. Wzrost poziomu nawożenia azotowego oddziaływał jedynie na pszenicę ozimą, powodując wyczuwalny wzrost jednorodności ziarniaków pod względem ich twardości.

PIŚMIENNICTWO

1. **Corona V., Gazza L., Boggini G., Pogna N.E.:** Variation in friabilin composition as determined by A-PAGE fraction and PCR amplification, and its relationship to grain hardness in bread wheat. *Journal of Cereal Science*, 34, 243-250, 2001.
2. **Gaines C.S., Finney P.L., Andrews L.C.:** Influence of kernel size and shriveling on soft wheat milling and baking quality. *Cereal Chem.*, 74, 700-704, 1997.
3. **Gaines C.S., Finney P.F., Fleege L.M., Andrews L.C.:** Predicting a hardness measurement using the Single-Kernel Characterization System. *Cereal Chem.*, 73, 278-283, 1996.
4. **Geodecki M., Grundas S.:** Ocena cech technologicznych pojedynczych ziarniaków pszenicy w zależności od ich położenia w kłosie. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 4, 25-26, 1999.
5. **Giroux M.J., Talbert L., Habernicht D.K., Lanning S., Hemphill A., Martin J.M.:** Association of puroindoline sequence type and grain hardness in hard red spring wheat. *Crop Sci.*, 40, 370-374, 2000.
6. **Greenwell P., Schofield J.D.:** A starch granule protein associated with endosperm softness in wheat. *Cereal Chem.*, 63, 379-380, 1986.

7. **Hoseney R.C.:** Wheat hardness. *Cereal Foods World*, 32, 320-322, 1987.
8. **Huebner F.R., Gaines C.S.:** Relation between wheat kernel hardness, environment, and gliadin composition. *Cereal Chem.*, 69, 148-151, 1992.
9. **Kaczyński L., Lewandowska B.:** Reakcja odmian pszenicy ozimej na zróżnicowane nawożenie azotowe w latach 1972-1982. *Wiadomości Odmianoznawcze, COBORU*, z. 25, 1-47, 1988.
10. **Lyon D.J., Shelton D.R.:** Fallow management and nitrogen fertilizer influence winter wheat kernel hardness *Crop Sci.*, 39, 448-452, 1999.
11. **Martin C.R., Rousser R., Brabec D.L.:** Development of a single - kernel characterization system. *Trans. ASAE* 36, 1399-1404, 1993.
12. **Miś A., Geodecki M.:** Zmiany twardości technologicznej ziarna pszenicy w okresie dojrzewania i zbioru. *Acta Agrophysica*, 37, 119-129, 2000.
13. **Morris C.F., King G.E., Allan R.E., Simeone M.C.:** Identification and characterization of near-isogenic hard and soft hexaploid wheats. *Crop Sci.*, 41, 211-217, 2001.
14. **Obuchowski W.:** Twardość ziarna pszenicy; znaczenie technologiczne i czynniki oddziałujące na tę cechę. *Roczniki AR Poznań, Rozprawy Naukowe*, z. 152, 1-52, 1985.
15. **Osborne B.G., Kotwal Z., Blakeney A.B., O'Brien L., Shah S., Tearn T.:** Application of the single-kernel characterization system to wheat Receiving testing and Quality Prediction. *Cereal Chem.*, 74, 467-470, 1997.
16. **Perten Instruments North America.:** SKCS 4100 Single Kernel Characterization System. Instruction Manual, Perten Instruments North America., Reno, NV, 1995.

INFLUENCE OF THE NITROGEN FERTILISATION, GROWING REGION AND WHEAT CULTIVAR ON PHYSICAL PROPERTIES OF SINGLE KERNELS AND THEIR HETEROGENEITY

A. Miś¹, S. Grundas¹, E. Klockiewicz-Kamińska²

¹Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin

²Experimental Station for Testing Cultivars, Technological Department of Laboratory
63-022 Słupia Wielka

Summary. The variability of grain physical features of winter (Kobra, Korweta) and spring (Helia, Jasna) wheat cultivars grown in various Polish climatic-soil regions and at two nitrogen fertilisation levels was determined by analysing single kernels with regards to their thickness, weight and hardness index by means of the SKCS 4100 technique. Additionally, the influence of the genotype and environmental factors on the heterogeneity degree of kernels with regards to these features was reported.

Key words: wheat cultivars, fertilisation, growing region, kernel thickness, weight, hardness, SKCS.