

*Tomasz Hebda **, *Piotr Micek ***

**Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki*

***Katedra Żywienia Zwierząt*

Akademia Rolnicza w Krakowie

ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY WŁAŚCIWOŚCIAMI GEOMETRYCZNYMI ZIARNA ZBÓŻ

Streszczenie

Celem pracy było określenie zależności pomiędzy właściwościami geometrycznymi ziarna zbóż. Zakres pracy obejmował pomiar podstawowych wymiarów ziarna (szerokość, grubość i długość), obliczenie objętości, powierzchni zewnętrznej oraz współczynnika sferyczności. Do badań wykorzystano ziarno trzech gatunków zbóż (łącznie siedemnaście odmian): żyta (Dańkowskie Złote, Warko i Fernando), pszenicy (Kontesta, Symfonia, Mewa, Elena, Kokska, Sakwa, Helia i Korweta) oraz pszenżyta (Wanad, Magnat, Woltario, Disco, Lamberto i Migo). Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że dla ziarna żyta jako cechę rozdzielczą należy przyjąć ich grubość lub szerokość, natomiast dla pszenic i pszenżyta ich długość. Uzyskane wyniki badań oraz przeprowadzona analiza statystyczna wykazały dużą zależność pomiędzy podstawowymi wymiarami ziarna, co potwierdzają wysokie wartości współczynników korelacji (powyżej 0,95). Natomiast wyniki testu Duncana świadczą o dużym wyrównaniu właściwości geometrycznych ziarna, będącym niewątpliwie wynikiem zabiegów hodowlanych.

Słowa kluczowe: właściwości geometryczne, grubość, szerokość, powierzchnia zewnętrzna, współczynnik sferyczności, ziarna zbóż

Wstęp

Zmienność wielkości, kształtu, ciężaru, zabarwienia, wilgotności oraz właściwości fizycznych ziarna występująca pomiędzy odmianami, nawet w obrębie jednego gatunku, wynika przede wszystkim z różnic biologicznych (odmianowych) oraz w mniejszym lub większym stopniu od miejsca dojrzewania na roślinie macierzystej,

warunków glebowo-klimatycznych i zabiegów agrotechnicznych [Fornal, Kubiak 1995; Brzeziński, Klockiewicz-Kamińska 1997, Sułek 2004].

Dynamiczny rozwój przemysłu zbożowo-młynarskiego wymusił na hodowcach konieczność ujednoczenia surowca pod względem wielkości ziarna oraz wprowadzenie do upraw odmian zbóż o wysokich wartościach użytkowych. Precyzyjne określenie optymalnych dla przetwórstwa właściwości geometrycznych ziarna zbóż umożliwia analizę związków pomiędzy wielkością ziarna a jego wyróżnikami jakościowymi wpływającymi na procesy technologiczne [Majewska i in. 2000].

Cel pracy

Celem pracy było określenie zależności pomiędzy właściwościami geometrycznymi wybranych odmian ziarna zbóż. Zakres pracy obejmował pomiar podstawowych wymiarów ziarna (szerokość, grubość i długość), obliczenie objętości, powierzchni zewnętrznej oraz współczynnika sferyczności.

Metoda badań

Materiał badawczy stanowiło ziarno siedemnastu odmian zbóż: pszenica (Korweta, Kontesta, Symfonia, Mewa, Elena, Sakwa, Koksa, Helia); żyto (Dańkowskie Złote, Warko, Fernando); pszenżyto (Wanad, Magnat, Woltario, Disco, Lamberto, Migo) o wilgotności powietrznie suchej. Badania przeprowadzono na 100 losowo pobranych ziarnach. Pomiary geometrii ziarna wykonano przy pomocy elektronicznej suwmiarki firmy Limit - mierząc ich wymiary z dokładnością do 0,01 mm. Nasiona mierzono w trzech płaszczyznach pomiarowych rejestrując wartości pomiędzy tymi płaszczyznami.

Objętość jednostkową pojedynczych nasion obliczono ze wzoru (2) po wcześniejszym wyznaczeniu gęstości badanych nasion. Pomiar gęstości wykonano przy pomocy elektronicznego zestawu do wyznaczania gęstości ciał stałych i cieczy w oparciu o prawo Archimedesusa (1). Nasiona zanurzano w oleju o gęstości 917 kg/m^3 a następnie ważono w oleju jak i w powietrzu z dokładnością do 0,001 g [Hebda 2003].

$$\rho = \frac{A}{A - B} \cdot \rho_o \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad (1)$$

$$V = \frac{m}{\rho} \quad [m^3] \quad (2)$$

gdzie:

- ρ – gęstość ziarniaka [kg/m^3],
- A – ciężar ziarniaka w powietrzu [N],
- B – ciężar ziarniaka w cieczy [N],
- ρ_o – gęstość cieczy [kg/m^3],
- V – objętość jednostkowa [m^3],
- m – masa ziarniaka [kg].

Kształt ziarna pszenicy, pszenżyta czy żyta można w przybliżeniu porównać z kształtem elipsoidy obrotowej. Korzystając z tego uproszczenia pole powierzchni nasion badanych zbóż obliczono z następującego wzoru [Grochowicz 1994]:

$$F_z = \pi \cdot c \cdot \frac{a+b}{2} \quad (3)$$

gdzie:

- a – grubość ziarna [mm],
- b – szerokość ziarna [mm],
- c – długość ziarna [mm].

Współczynnik sferyczności (K_w) obliczono jako stosunek grubości i długości ziarna [Grochowicz 1994].

Wyniki

Zgodnie z przedstawioną metodyką zmierzono podstawowe właściwości geometryczne wybranych odmian zbóż. Spośród badanych zbóż największe wymiary miało ziarno żyta (tab. 1), ich długość mieściła się w przedziale od 6,57 do 9,85 mm, szerokość od 2,17 do 3,08 mm a grubość od 2,17 do 3,28 mm. Największe wymiary zewnętrzne wśród odmian żyta miała odmiana Warko, najmniejsze zaś Dańkowskie Złote. Natomiast w przypadku pszenicy wymiary długości ziarna mieściły się w granicach od 5,21 do 7,44 mm, szerokości od 2,14 do 3,92 mm i grubości od 2,51 do 4,18 mm. Wśród odmian pszenicy największe wymiary zewnętrzne miała odmiana Koksa, najmniejsze zaś Sakwa. Z kolei wśród odmian pszenżyta największą była odmiana Magnat najmniejszą natomiast Migo. Długość ziaren zawierała

się w przedziale od 6,44 do 9,04 mm, szerokość od 2,57 do 4,11 mm a grubość od 2,50 do 4,12 mm.

Tabela 1. Wielkość ziarna wybranych odmian zbóż

Table 1. Size of grain of selected cereal species

Odmiana	Długość	Szerokość	Grubość
Żyto Dańkowskie Złote	6,57 – 9,26	2,22 – 3,05	2,25 – 2,94
Żyto Warko	7,01 – 9,85	2,17 – 3,08	2,17 – 3,28
Żyto Fernando	7,59 – 9,61	2,55 – 3,03	2,45 – 3,05
Pszenica Kontesta	5,21 – 6,5	2,59 – 3,36	3,12 – 4,04
Pszenica Symfonia	5,91 – 7,34	2,79 – 3,91	3,08 – 4,31
Pszenica Mewa	5,57 – 7,28	2,67 – 3,54	2,93 – 4,22
Pszenica Elena	5,74 – 6,96	2,87 – 3,64	3,07 – 4,18
Pszenica Sakwa	6,07 – 7,44	2,79 – 3,52	3,09 – 3,88
Pszenica Koksa	5,42 – 7,16	2,14 – 3,38	2,77 – 3,80
Pszenica Helia	5,50 – 6,95	2,69 – 3,38	2,51 – 3,88
Pszenica Korweta	5,90 – 7,40	2,97 – 3,92	2,52 – 3,63
Pszenżyto Wanad	6,69 – 8,68	2,57 – 3,69	2,50 – 3,83
Pszenżyto Magnat	7,25 – 9,04	2,90 – 3,60	3,08 – 4,12
Pszenżyto Woltario	6,64 – 8,57	2,62 – 3,47	3,04 – 3,84
Pszenżyto Disco	7,11 – 8,81	3,02 – 4,11	2,96 – 3,75
Pszenżyto Lamberto	6,66 – 8,67	2,68 – 3,60	3,00 – 3,84
Pszenżyto Migo	6,44 – 8,40	2,57 – 3,35	2,62 – 3,65

W pracy przeprowadzono analizę zmienności wymiarów badanych ziaren zbóż. Wynika z niej, że długość ponad 85-ciu procent ziarna badanych odmian pszenżyta mieściła się w przedziale od 7 do 8 mm, również w tym samym przedziale zawiera się 80 % ziaren żyta, natomiast długość prawie 88% ziarniaków analizowanych odmian pszenicy wynosiła od 6 do 7 mm. Odpowiednio ponad 75% i 82% ziarniaków żyta miało szerokość i grubość w przedziale od 2,5 do 3 mm, natomiast szerokość ziaren pszenicy i pszenżyta była największa - od 3 do 3,5 mm (66%). Grubość 70% wszystkich ziaren pszenicy i prawie 65% pszenżyta zawierała się w przedziale od 3 do 3,5 mm. Jak podaje Grochowicz [1994] właściwości geometryczne ziarna są cechą odmianową niezależną od warunków klimatycznych i glebowych, których wzajemny stosunek wymiarów ma w przybliżeniu wartość stałą.

W tabeli 2 przedstawiono wartość współczynników korelacji między poszczególnymi wymiarami ziarna. Wartości tych współczynników dla wszystkich przeprowadzonych testów były bardzo wysokie i mieściły się w przedziale od 0,958 do 0,997. Porównując uzyskane wyniki badań z wynikami Grochowicza [1994], w których podaje on wartości współczynnika korelacji między głównymi wymiarami nasion, zawierający się w przedziale od 0,44 do 0,81 można więc stwierdzić, że dokonał się duży postęp hodowlany w ujednoczeniu wymiarów zewnętrznych ziaren.

Tabela 2. Wyniki korelacji dla podstawowych wymiarów ziarna zbóż
Table 2. Correlation results for basic dimensions of cereal sizes

Odmiana	Cechy rozdzielcze		
	szerokość i grubość	szerokość i długość	długość i grubość
Żyto Dańkowskie Złote	0,995	0,984	0,985
Żyto Warko	0,986	0,958	0,976
Żyto Fernando	0,993	0,994	0,995
Pszenica Kontesta	0,989	0,992	0,991
Pszenica Symfonia	0,982	0,969	0,989
Pszenica Mewa	0,989	0,986	0,995
Pszenica Elena	0,989	0,990	0,983
Pszenica Sakwa	0,992	0,992	0,985
Pszenica Koksa	0,981	0,987	0,992
Pszenica Helia	0,978	0,991	0,991
Pszenica Korweta	0,976	0,987	0,984
Pszenżyto Wanad	0,976	0,993	0,978
Pszenżyto Magnat	0,984	0,986	0,969
Pszenżyto Woltario	0,993	0,997	0,991
Pszenżyto Disco	0,987	0,977	0,987
Pszenżyto Lamberto	0,973	0,991	0,989
Pszenżyto Migo	0,991	0,968	0,978

W przypadku odmian żyta największa zależność wystąpiła pomiędzy *szerokością* i *grubością*. Natomiast dla pszenic i pszenżyta wyższy współczynnik korelacji był pomiędzy *szerokość* i *długością*. Można więc stwierdzić, że dla żyta cechą rozdzielczą powinna być grubość lub szerokość, natomiast w przypadku pszenicy i pszenżyta długość.

Objętość pojedynczych nasion, pole powierzchni oraz współczynnik sferyczności został obliczony zgodnie z przedstawioną metodyką, wyniki jako wartości średnie zamieszczono w tabeli 3.

Tabela 3. Geometryczne charakterystyki ziarna wybranych odmian zbóż
Table 3. Geometrical characteristics of grain of selected cereal species

Odmiana	V [mm ³]	Odchyl. stand.	F [mm ²]	Odchyl. stand.	K _w	Odchyl. stand.
Żyto Dańkowskie Złote	28,02	3,52	62,23	5,20	0,347	0,028
Żyto Warko	31,00	4,92	68,94	9,99	0,340	0,007
Żyto Fernando	34,57	3,20	73,58	6,69	0,327	0,003
Pszenica Kontesta	36,55	5,10	61,38	6,39	0,509	0,007
Pszenica Symfonia	44,31	5,40	71,31	7,08	0,505	0,006
Pszenica Mewa	39,37	6,66	69,32	8,75	0,485	0,006
Pszenica Elena	43,30	5,03	69,68	6,58	0,515	0,006
Pszenica Sakwa	40,50	4,92	69,65	6,41	0,469	0,006
Pszenica Kokska	33,29	4,84	61,58	7,36	0,440	0,009
Pszenica Helia	33,92	4,40	61,24	6,51	0,484	0,004
Pszenica Korweta	41,09	5,96	70,01	6,31	0,503	0,007
Pszenżyto Wanad	44,10	5,90	75,56	8,93	0,401	0,007
Pszenżyto Magnat	50,34	6,08	88,97	7,62	0,397	0,003
Pszenżyto Woltario	43,4	5,60	80,99	8,43	0,396	0,005
Pszenżyto Disco	51,09	5,67	87,04	7,91	0,465	0,005
Pszenżyto Lamberto	42,29	5,28	79,15	8,10	0,400	0,003
Pszenżyto Migo	40,01	5,60	74,21	7,44	0,380	0,009

Objętość jednostkowa (V) ziarna mieściła się w granicach od 19 do 45 mm³ dla żyta odmiany Warko, dla pszenicy od 21 mm³ (Mewa) do 59 mm³ (Korweta), natomiast pszenżyta miały objętość od 27 mm³ (Migo) do 69 mm³ (Disco). Pole powierzchni (F) obliczone dla ziarna żyta mieściło się w przedziale od 46,13 mm² (Dańkowskie Złote) do 98,40 mm² (Fernando), dla odmian pszenicy od 41,80 mm² (Kokska) do 94,77 mm² (Symfonia) a dla pszenżyta od 52,50 mm² (Migo) do 109,62 mm² (Magnat). Wartość współczynnika sferyczności (K_w) dla ziarna żyta mieściła się w granicy od 0,31 (Warko) do 0,39 (Dańkowskie Złote), dla pszenicy od 0,43 (Korweta) do 0,62 (Kontesta) a dla pszenżyta od 0,37 (Wanad) do 0,46 (Magnat). Uzyskane wyniki pomiarów opracowano statystycznie. Wykonano dwuczynnikowy test analizy wariancji ze stu powtórzeniami. Jako czynniki główne przyjęto: *odmianę* oraz *wielkość nasion*. Przeprowadzony test wykazał istotność wpływu obu czynników głównych na objętość, pole powierzchni oraz współczynnik

sferyczności badanych odmian zbóż. Istotne statystycznie okazały się również interakcje drugiego rzędu: *odmiana * objętość*, *odmiana * pole powierzchni*, *odmiana * współczynnik sferyczności*. W związku z powyższym w dalszej kolejności przeprowadzono testy Duncana, których wyniki zamieszczono w tabeli 4.

Tabela 4. Wyniki testu Duncana dla czynników głównych
Table 4. Duncan test results for major factors

Czynnik	Grupy homogeniczne																
	X ₁	X ₂	X ₉	X ₁₀	X ₃	X ₄	X ₆	X ₁₇	X ₈	X ₁₁	X ₁₆	X ₇	X ₁₁	X ₁₂	X ₅	X ₁₃	X ₁₅
V [mm ³]	<p>X₁ - 34,57 X₂ - 28,02 X₃ - 31,00 X₄ - 36,55 X₅ - 44,31 X₆ - 39,37 X₇ = 43,19 X₈ = 40,49 X₉ = 33,04 X₁₀ = 33,92 X₁₁ = 41,10 X₁₂ = 44,10 X₁₃ = 50,34 X₁₄ = 43,40 X₁₅ = 51,26 X₁₆ = 42,29 X₁₇ = 40,01</p>																
F [mm ²]	<p>X₁₀ X₄ X₉ X₁ X₂ X₆ X₇ X₈ X₁₁ X₅ X₃ X₁₇ X₁₂ X₁₆ X₁₄ X₁₅ X₁₃</p> <p>X₁ - 73,58 X₂ - 62,23 X₃ - 68,94 X₄ - 61,38 X₅ - 71,27 X₆ - 69,32 X₇ - 69,68 X₈ - 69,65 X₉ - 61,77 X₁₀ - 61,24 X₁₁ - 70,75 X₁₂ - 75,56 X₁₃ - 88,96 X₁₄ - 80,99 X₁₅ - 87,04 X₁₆ - 79,15 X₁₇ - 74,21</p>																
K _w	<p>X₃ X₂ X₁ X₁₄ X₁₃ X₁₇ X₁₆ X₁₂ X₉ X₁₅ X₈ X₁₀ X₆ X₁₁ X₅ X₄ X₇</p> <p>X₁ - 0,326 X₂ - 0,346 X₃ - 0,340 X₄ - 0,509 X₅ - 0,505 X₆ - 0,485 X₇ = 0,515 X₈ = 0,469 X₉ = 0,437 X₁₀ = 0,484 X₁₁ = 0,504 X₁₂ = 0,401 X₁₃ = 0,397 X₁₄ = 0,396 X₁₅ = 0,465 X₁₆ = 0,400 X₁₇ = 0,380</p>																
	<p>X₁ - żyto Dańkowskie Złote, X₂ - żyto Warko, X₃ - żyto Fernando. X₄ - pszenica Kontesta, X₅ - pszenica Symfonia, X₆ - pszenica Mewa, X₇ - pszenica Elena, X₈ - pszenica Sakwa, X₉ - pszenica Koksa, X₁₀ - pszenica Helią, X₁₁ - pszenica Korweta, X₁₂ - pszenżyto Wanad, X₁₃ - pszenżyto Magnat, X₁₄ - pszenżyto Woltario, X₁₅ - pszenżyto Disco, X₁₆ - pszenżyto Lamberto, X₁₇ - pszenżyto Migo.</p>																

* różnice nieistotne podkreślono

Dla interakcji *odmiana * objętość* stwierdzono aż siedem grup homogenicznych, tylko żyto Dańkowskie Złote i Warko oraz pszenica Kontesta nie utworzyły grup jednorodnych z innymi odmianami. W przypadku pozostałych badanych materiałów należy uznać, że w utworzonych przedziałach mają statystycznie podobną objętość jednostkową. Przeprowadzono również test Duncana dla interakcji *odmiana * pole powierzchni*. Wykazał on istnienie kilku grup homogenicznych. Należy tutaj za-

znaczyć, że wszystkie badane zboża utworzyły grupy jednorodne z innymi odmianami.

W tabeli 4 przedstawiono również wyniki testu dla interakcji *odmiana * współczynnik sferyczności*. Stwierdzono istnienie czterech grup homogenicznej w przypadku pszenżyta Woltario i Magnat, pszenżyta Wanad i Lamberto, pszenicy Mewa i Helia oraz Symfonia i Korweta, świadczy to o tym, że różnice w wartości współczynnika sferyczności dla tych odmian są statystycznie nieistotne.

Wnioski

1. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że dla ziarna żyta jako cechę rozdzielczą należy przyjąć ich grubość lub szerokość, natomiast dla pszenic i pszenżyta ich długość.
2. Uzyskane wyniki badań oraz przeprowadzona analiza statystyczna wykazały wysoką zależność pomiędzy podstawowymi wymiarami ziarna, co potwierdzają wysokie wartości współczynników korelacji (powyżej 0,95).
3. Wyniki testu Duncana świadczą o dużym wyrównaniu właściwości geometrycznych ziarna, będącym niewątpliwie wynikiem zabiegów hodowlanych.

Bibliografia

Fornal Ł., Kubiak A. 1995. Wykorzystanie komputerowej analizy obrazu do pomiaru cech geometrycznych i oceny wyrównania ziarna pszenicy. Przegląd Zbożowo-Młynarski (6).

Brzeziński W. J., Klockiewicz-Kamińska E. 1997. Produkcja mąki wypiekowej w Polsce – utopia czy rzeczywistość rzeczywistość zasięgu ręki? Przegląd Zbożowo-Młynarski (8):15-18

Majewska K., Gudaczewski W., Fornal Ł. 2000. Wielkość ziarniaków pszenicy a cechy reologiczne ciasta. Inżynieria Rolnicza (5): 153-162.

Grochowicz J. 1994. Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Lublin.

Sulek A., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Wpływ różnych sposobów aplikacji azotu na plon, elementy jego struktury oraz wybrane cechy jakościowe ziarna odmian pszenicy jarej. Agrotechnika w kształtowaniu środowiska i jakości żywności. 27-28 września 2004. Lublin.

Hebda T. 2003. Ocena twardości i sprężystości roślinnych materiałów ziarnistych. Rozprawa doktorska. Akademia Rolnicza Kraków.

Praca wykonana w ramach grantu 2P06Z 001 27

DEPENDENCES BETWEEN GEOMETRICAL FEATURES OF CEREAL GRAINS

Summary

The paper is aimed at determining the dependences existing between geometrical features of cereal grains. The subject scope included measurement of basic grain dimensions (width, thickness and length), calculating the volume, outer area and sphericity coefficient. Grains of three cereals have been used for the study (seventeen species altogether): rye (Dańkowskie Złote, Warko and Fernando), wheat (Kontesta, Symfonia, Mewa, Elena, Koksa, Sakwa, Helia and Korweta) and triticale (Wanad, Magnat, Woltario, Disco, Lamberto and Migo). Based on the research carried out, it can be concluded that thickness and width are the indicators for rye, whereas length is that of wheat and triticale. The results obtained and statistical analysis carried out, revealed a considerable dependence between basic dimensions of the grain, which is proven by high values of correlation coefficients (above 0.95). The Duncan test results, however, prove good balance between the geometrical features of a grain, resulting undoubtedly from the planting operations of grain of selected cereal species

Key words: geometrical features, width, thickness, length, outer area and sphericity coefficient, cereal grains