

## ZAGADNIENIE ZMIENNOŚCI NIEKTÓRYCH CECH FIZYCZNYCH ZIARNA ZBÓŻ

*Bogusław Szot, Stanisław Grundas*

Zakład Agrofizyki PAN, Lublin

### WSTĘP

Właściwości fizyczne roślin i płodów rolnych są w ostatnim okresie przedmiotem szczególnego zainteresowania specjalistów wielu dziedzin związanych zarówno z hodowlą roślin, jak i z całym cyklem produkcyjnym. Problem ograniczenia do minimum strat ilościowych i jakościowych powstających w czasie wegetacji, zbioru i przechowywania jest szczególnie istotny w dobie deficytu niektórych produktów roślinnych. Stąd też intensyfikacja rolnictwa zmierza do maksymalnego wykorzystania powierzchni produkcyjnej zmniejszającej się systematycznie na korzyść przemysłu i budownictwa.

Jedną z dróg prowadzących do uniknięcia poważnych strat ziarna zbóż jest znajomość zmienności jego cech fizycznych i umiejętność wykorzystania zdobytych informacji przy hodowli nowych odmian o korzystnych cechach i optymalizacji wszelkich procesów związanych cyklem produkcyjnym.

Badania cech fizycznych zbóż zyskują coraz większą rangę w wielu krajach świata [1-3, 6, 8, 9, 21, 22]. Widoczny rozwój tej tematyki w Polsce nastąpił w ciągu kilku ostatnich lat [4, 7, 12, 19, 20], jednakże brak odpowiednich metod badawczych i aparatury pomiarowej z zasady poważnie ogranicza zakres badań. Dodatkową trudność stanowi sam obiekt, którego anizotropowość nie pozwala na bezpośrednią adaptację klasycznych pojęć fizycznych, stosowanych powszechnie w naukach technicznych. Poszukiwania zatem wielu rozwiązań oparte są często na intuicyjnych założeniach, co z kolei — w wielu przypadkach — stosowane metody czyni nieporównywalnymi.

Na podstawie dotychczasowych badań można jednak stwierdzić, że zakres zmienności cech fizycznych ziarna zbóż jest bardzo znaczny i uza-

leżniony od wielu czynników wewnętrznych i zewnętrznych [5, 10, 13, 18]. W dostępnej literaturze najwięcej miejsca poświęcono właściwościom mechanicznym, których znajomość ma bodajże największe znaczenie dla praktyki.

Badania niektórych właściwości fizycznych ziarna zbóż na szerszą skalę prowadzi obecnie Zakład Agrofizyki PAN w Lublinie, gdzie opracowano nowe metody i skonstruowano niezbędną do pomiarów aparaturę prototypową.

Podstawowym celem niniejszej pracy jest przedstawienie wyników badań mniej znanych cech fizycznych ziarna zbóż i ich zakresu zmienności uwarunkowanej wpływem różnych czynników.

Kierując się najpilniejszymi potrzebami z punktu widzenia hodowli roślin, mechanizacji zbioru, suszarnictwa i przechowalnictwa, w pierwszej kolejności przystąpiono do określania następujących cech:

- 1) siła związania ziarna z kłosem,
- 2) podstawowe geometryczne wymiary ziarna,
- 3) porowatość warstwy ziarna,
- 4) porowatość wewnętrzna ziarna,
- 5) odporność ziarna na obciążenia statyczne wraz z wyznaczeniem wielkości odkształceń i energii powodującej trwałe uszkodzenia.

Na podstawie wyników badań przeprowadzonych w latach 1972-1974 stwierdzono znaczną zmienność badanych właściwości w zależności od cech odmianowych, warunków glebowych, czynników agrotechnicznych, wilgotności materiału i in. Kłosa oraz próbki ziarna pochodziły z doświadczeń SDOO i z mikropoletek o zróżnicowanych glebach.

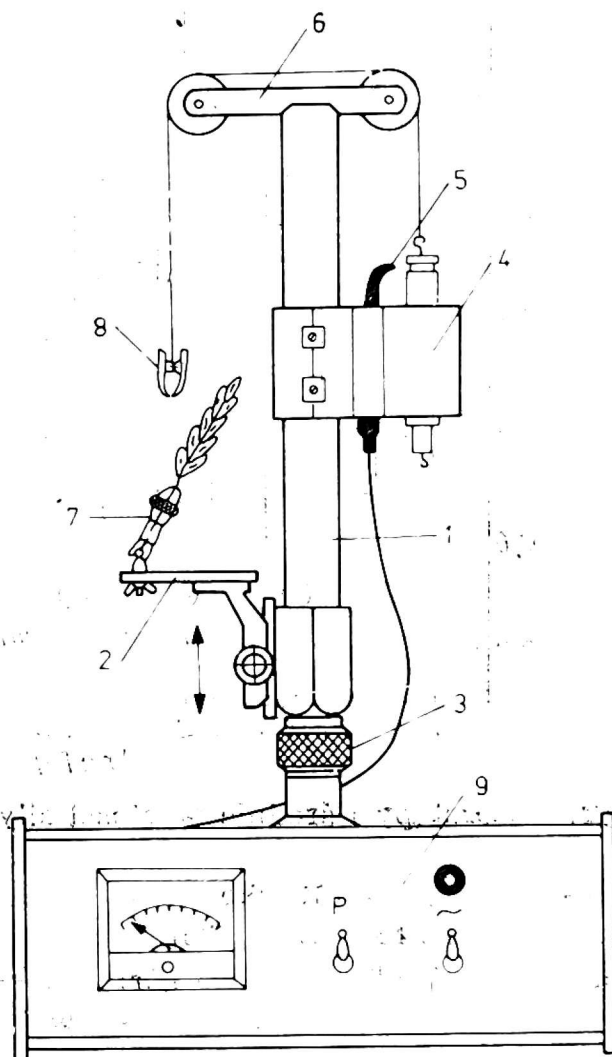
#### SILA ZWIĄZANIA ZIARNA Z KŁOSEM

Maksymalne ograniczenie strat powstających na skutek osypywania się ziarna zbóż, niedomłotów lub mechanicznych uszkodzeń, stanowi istotny problem zarówno z punktu widzenia hodowli, mechanizacji zbioru, jak i efektów ekonomicznych. Znajomość zatem tej ważnej cechy jaką jest wartość siły związania ziarna z kłosem, może w znacznym stopniu przyczynić się do optymalizacji wszelkich procesów związanych z technologią zbioru może stanowić także cenną informację dla hodowców. Określając tę cechę posłużono się metodą bezpośrednią, polegającą na pomiarach siły wiążącej pojedyncze ziarniaki z osadką kłosową [16]. Badania przeprowadzono za pomocą mikrozrywarki elektromagnetycznej, skonstruowanej specjalnie do badań tego typu (rys. 1). Zakres pomiarowy (do 5 N) pozwolił na dokładne określenie wartości siły, a konstrukcja aparatu umożliwiała takie umocowanie kłosa i uchwycenie ziarna, aby siła działająca skierowana była wzdłuż jego najdłuższej osi.

Zakładając zmienność wartości siły na długość kłosa, pomiary przeprowadzono w trzech jego strefach (dolna, środkowa, górna). W każdej strefie pomiarami objęto 3 kłoski. Z każdego zaś kłoska usuwano po jed-

Rys. 1. Schemat mikrozyrywarki elektromagnetycznej

1 — kolumna pionowa, 2 — stolik pomiarowy, 3 — nakrętka zaciskowa, 4 — elektromagnes, 5 — wskaźnik wyjściowego położenia rdzenia, 6 — poprzeczny wysięgnik z wielokrążkami, 7 — przegubowy uchwyt samozaciskowy, 8 — szczypce, 9 — zespół sterujący

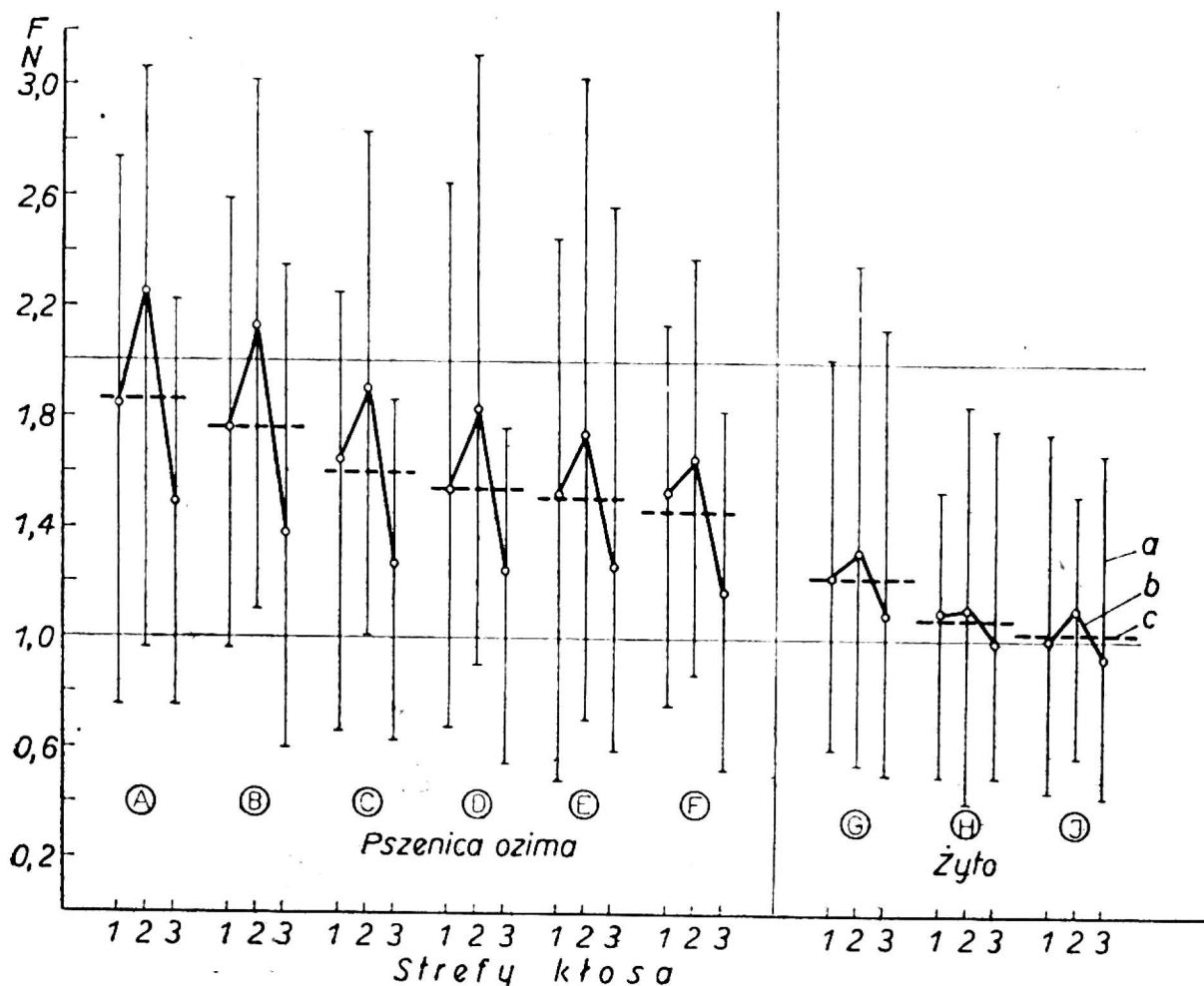


nym ziarniaku, uwzględniając środkowe i boczne. Dla charakterystyki jednej odmiany lub terminu zbioru wykonano po 270 pomiarów.

Na rysunku 2 przedstawiono uzyskane wyniki dla kilku odmian pszenicy ozimej i żyta, zebranych w okresie dojrzałości pełnej, a pochodzących z doświadczeń rejonizacyjnych.

Pszenica ozima oprócz zmienności międzyodmianowej charakteryzuje się bardzo znacznym zróżnicowaniem w wartości siły między strefami kłosa. Najsiłniej związane są ziarna w strefie środkowej, a najslabiej w górnej. Pośrednie wartości występują w dolnej części kłosa. Wartości skrajne siły związania ziarna z kłosem obejmują bardzo szeroki zakres zmienności i dla badanych odmian pszenicy i żyta zawierają się w granicach od 0,4 N do 3,1 N.

Najwyższe średnie wartości siły dla całego kłosa stwierdzono u odmian: Aurora (1,88 N) i Kaukaz (1,78 N), najniższe zaś u odmiany Helenka (1,48 N). Pozostałe odmiany zajmują pośrednie miejsce.



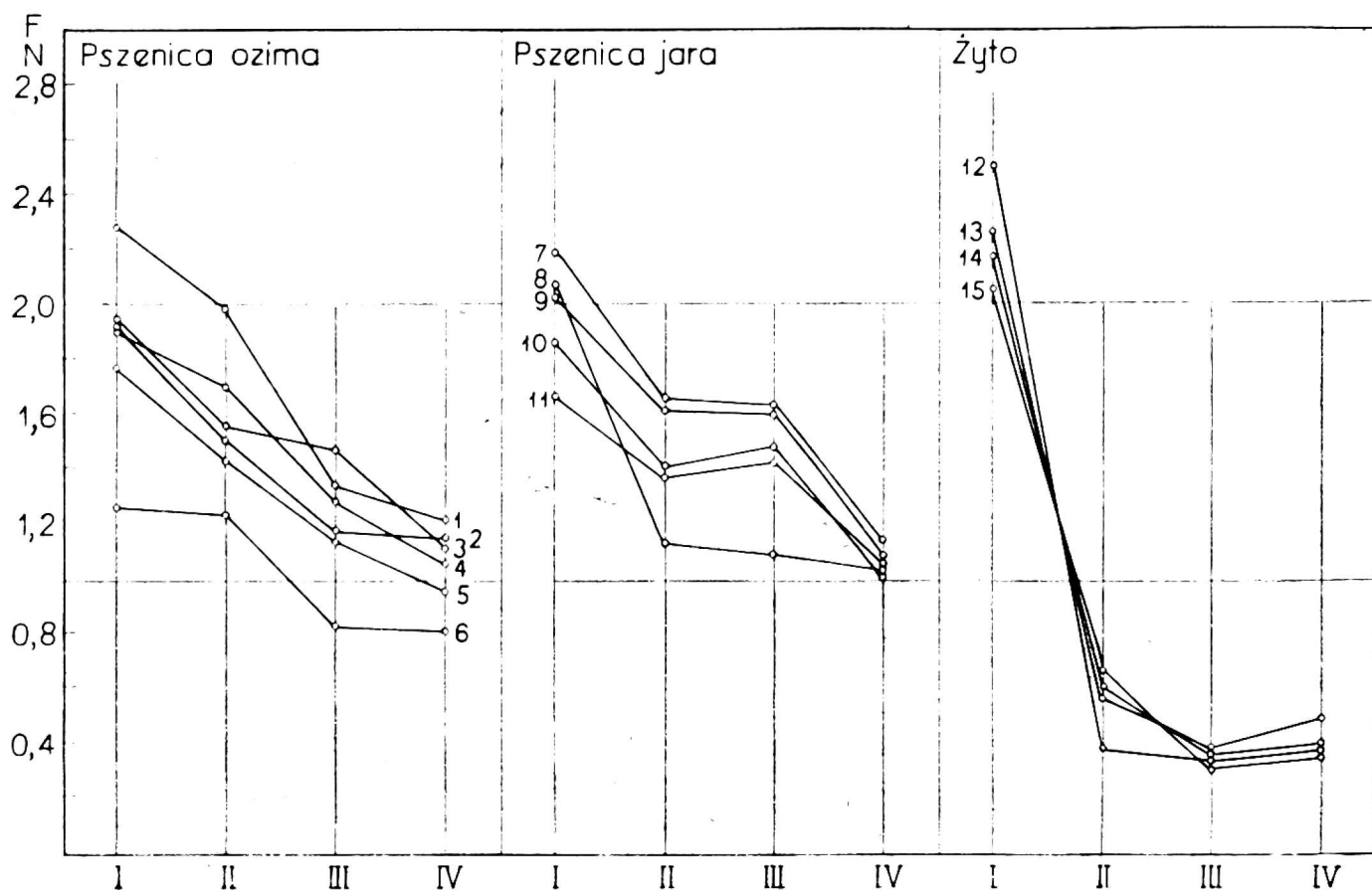
Rys. 2. Rozstępy i średnie wartości siły wiązania ziarna z kłosem u pszenicy ozimej i żyta

A — Aurora, B — Kaukaz, C — Grana, D — Luna, E — Balta, F — Helenka, G — Dańkowskie Złote, H — Dańkowskie Selekcyjne, I — Pancerne. Strefy kłosa: 1 — dolna, 2 — środkowa, 3 — górna, a — wartości skrajne, b — wartości średnie dla stref, c — wartości średnie dla kłosa

Ziarniaki żyta związane są z kłosem znacznie mniejszymi siłami (Dańkowskie Złote — 1,24 N, Dańkowskie Selekcyjne — 1,08 N, Pancerne — 1,02 N). W porównaniu z pszenicą ozimą różnice w wartościach siły między strefami kłosa są niewielkie.

Analizując wpływ terminu zbioru na zmienność siły wiązania ziarna z kłosem, przeprowadzono pomiary u 6 odmian pszenicy ozimej, 5 odmian pszenicy jarej i 4 odmian żyta (rys. 3). Jako pierwszy termin zbioru przyjęto dojrzałość woskową, drugi — dojrzałość pełną i następne z 1-tygodniowym i 2-tygodniowym opóźnieniem od chwili stwierdzenia dojrzałości pełnej.

U wszystkich odmian pszenicy ozimej zauważono systematyczny spadek wartości siły od pierwszego do czwartego terminu zbioru. Pszenice jare natomiast wykazują spadek wielkości siły między dojrzałością woskową i pełną oraz w okresie między 7 a 14 dniem po uzyskaniu dojrzałości pełnej. Pewna stabilność widoczna jest między drugim a trzecim terminem.



Rys. 3. Zmienność średnich wartości siły związania ziarna z kłosem w zależności od terminu zbioru

I — dojrzałość woskowa, II — dojrzałość pełna, III — 7 dni po dojrzałości pełnej, IV — 14 dni po dojrzałości pełnej. Pszenica ozima: 1 — Luna, 2 — Grana, 3 — Aurora, 4 — Balta, 5 — Kaukaz, 6 — Helenka. Pszenica jara: 7 — Kolibri, 8 — Kolyan Sona, 9 — Opolska, 10 — Carola, 11 — Ostka Popularna. Żyto: 12 — Chrobre, 13 — Pancerne, 14 — Dańkowskie Złote, 15 — Dańkowskie Selekcyjne

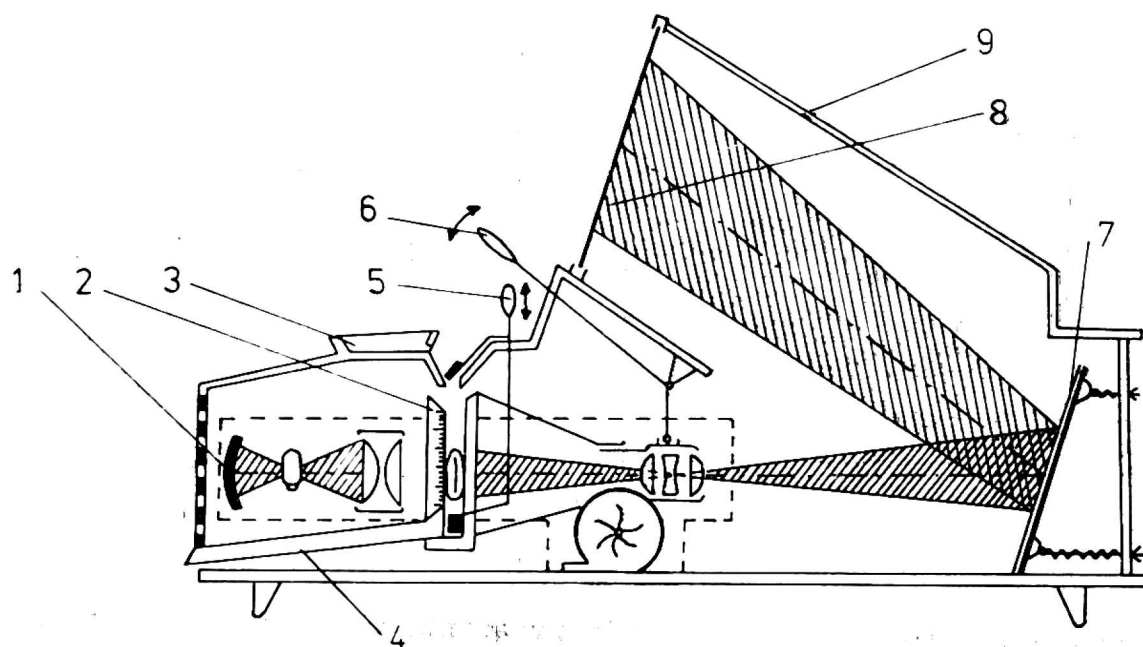
U żyta następuje bardzo gwałtowny spadek wartości siły wiążącej ziarno z kłosem między dojrzałością woskową a pełną. Po tym okresie należy spodziewać się znacznych strat spowodowanych osypywaniem się ziarna. Przypuszczalnie najmniej tolerancyjne na termin zbioru są wszystkie odmiany żyta.

#### PODSTAWOWE GEOMETRYCZNE WYMIARY ZIARNA

Wielkość ziarna jako cecha świadcząca o jego dorodności, odgrywa szczególną rolę w procesie czyszczenia i przechowywania. Jednakże dokładna charakterystyka wielkości sprawia poważne trudności z uwagi na znaczną zmienność kształtu ziarna tworzącego nieregularną bryłę. Stąd też cechę tę określono na podstawie trzech podstawowych wymiarów (grubość, szerokość, długość) — z dokładnością do 0,1 mm [14]. Grubość oznaczono za pomocą zestawu sit o otworach szczelinowych, szerokość

kość — stosując przesiewacze o otworach okrągłych, zaś długość na aparacie prototypowym (rys. 4).

Uzyskane wyniki przedstawiono w formie rozkładów grubości i szerokości, natomiast zmienność długości ziarna powiązано z poszczególnymi frakcjami grubości (rys. 5).



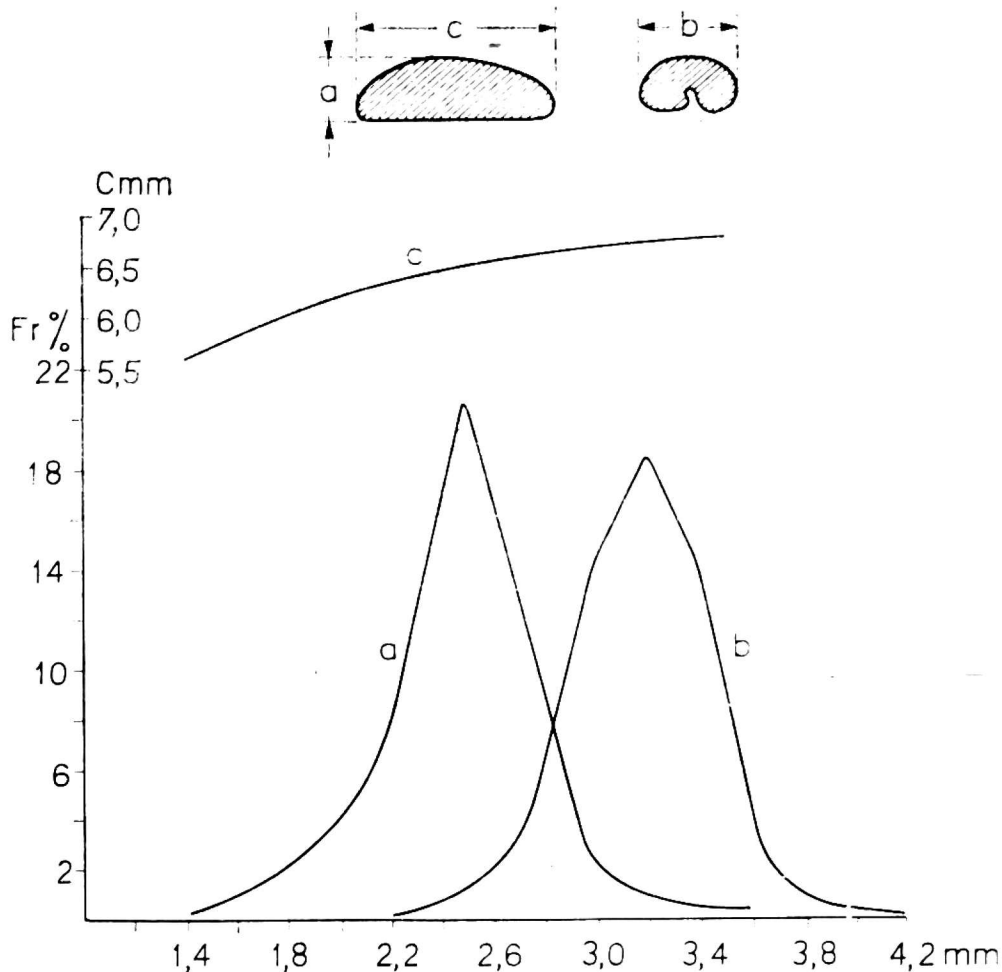
Rys. 4. Schemat budowy optycznego miernika długości ziarna

1 — elementy typowego rzutnika przeźroczy, 2 — kaseta pomiarowa, 3 — zbiorniczek do ziarna, 4 — rynienka zsypana, 5 — dźwignia do podawania i usuwania ziarna z kasety, 6 — regulacja ostrości obrazu, 7 — zwierciadło płaskie, 8 — matowy ekran, 9 — obudowa

Charakterystykę wielkości ziarna trzech odmian pszenicy ozimej przedstawiono na rysunku 6. Uzyskane rozkłady wskazują wyraźnie, że najmniej dorodne ziarna ma odmiana Dana, dla której krzywe charakteryzujące grubość i szerokość przesunięte są najbardziej w kierunku frakcji o najmniejszych wymiarach. Najgrubsze ziarna posiada odmiana Eka Nowa, a najszersze — Eros. Długość ziarna jest ściśle skorelowana z pozostałymi wymiarami. Im jest ono grubsze i szersze, tym dłuższe.

Podobną zmienność stwierdzono porównując trzy odmiany pszenicy jarej (rys. 7). Ziarna Ostki Popularnej są zdecydowanie bardziej dorodne niż ziarna odmian Ramses i Kleiber. Dotyczy to zarówno grubości, szerokości jak i długości. Najkrótsze ziarno ma odmiana Kleiber. Dodatnia korelacja między długością a pozostałymi wymiarami występuje podobnie jak u pszenicy ozimej.

Uzyskane rozkłady dla ziarn żyta (rys. 8) wskazują, że udział poszczególnych frakcji grubości i szerokości obejmuje o wiele mniejszy przedział niż u pszenicy. Wynika to z faktu, że ziarna żyta w przekroju



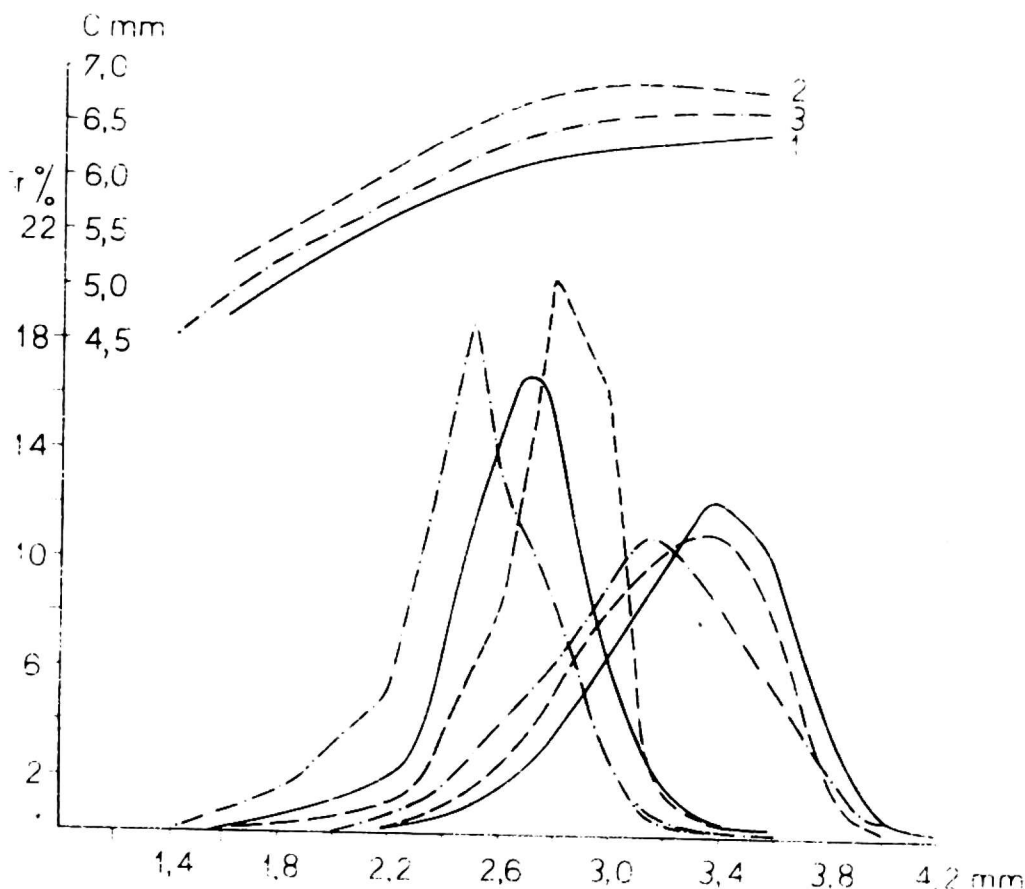
Rys. 5. Modelowy rozkład podstawowych wymiarów geometrycznych ziarna zbóż  
 a — grubość, b — szerokość, c — długość

są niemal okrągłe. Nieco większe różnice między tymi wymiarami występują u odmiany Chrobre, która posiada ziarna najszersze, zaś grubość w ramach frakcji 1,3-2,1 mm obejmuje znacznie większy procent nasion niż u odmiany Pancerne. Długość nasion — podobnie jak u pszenic — wzrasta wraz z grubością.

Ziarna jęczmienia (rys. 9) są najbardziej „spłaszczone” ze wszystkich gatunków zbóż, czego dowodzą wyraźnie odbiegające od siebie krzywe charakteryzujące grubość i szerokość. Różnice międzyodmianowe są tu nadzwyczaj uwydatnione, a długość nasion jest dominującą cechą odmianową. Najdłuższe ziarna ma odmiana Bomi Abed (ok. 9,5 mm), najkrótsze — Elgina (ok. 7,5 mm). Spośród analizowanych gatunków zbóż, ziarna jęczmienia cechują się niemal zupełnie stałą długością w stosunku do pozostałych wymiarów geometrycznych.

Zakładając, że inne czynniki poza cechami odmianowymi mogą mieć wpływ na parametry geometryczne ziarna, przeanalizowano materiał pochodzący z różnych gleb. Przykładowe wyniki (rys. 10 i 11) dowodzą, że

zróżnicowane warunki glebowe w bardzo istotny sposób determinują wzrost wielkości ziarna. W przypadku pszenicy ozimej (odm. Dana) najkorzystniej na dorodność nasion wpływają gleby płowe, ujemnie natomiast brunatne wyługowane. Ziarno pochodzące z czarnoziemów wykazuje pośrednie wartości charakteryzujące grubość i szerokość. Długość ziarna nie ulega większym zmianom.



Rys. 6. Rozkłady podstawowych wymiarów geometrycznych ziarna trzech odmian pszenicy ozimej  
1 — Eros, 2 — Eka Nowa, 3 — Dana

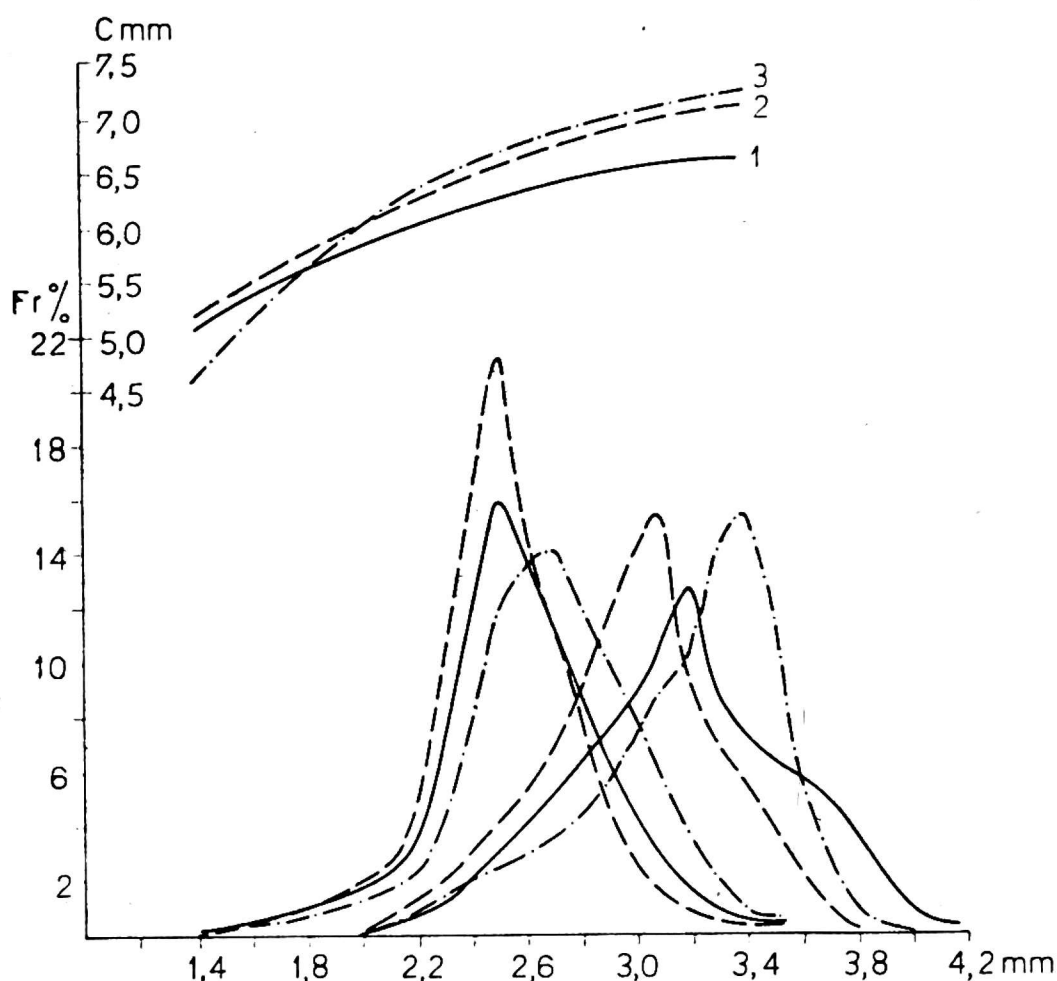
Pszenica jara (odm. Kolibri) jest jeszcze bardziej wrażliwa na zmienność glebową. Uzyskane rozkłady grubości i szerokości wykazują większe zróżnicowanie niż przy ocenie zmienności międzyodmianowej. Dodatni wpływ na grubość i szerokość nasion wykazały gleby brunatne właściwe. Z czarnych ziem natomiast zebrano ziarna najdrobniejsze.

Przeprowadzając doświadczenia z pszenicą ozimą (odm. Grana) na glebie płowej, stwierdzono również wpływ zróżnicowanych zabiegów agrotechnicznych na zmienność cech geometrycznych nasion (rys. 12). Ziarna pochodzące z kombinacji, gdzie zastosowano niższy poziom nawożenia (N-47, P-18, K-50 kg/ha) i nawadnianie gleby (gdy jej wilgotność spadała poniżej 70% wilgotności polowej) okazały się najbardziej dorodne. Z kolei wysokie nawożenie (N-125, P-37, K-102 kg/ha) i wapnowanie gleby do 1 kwasowości hydrolitycznej spowodowało uzyskanie ziar-



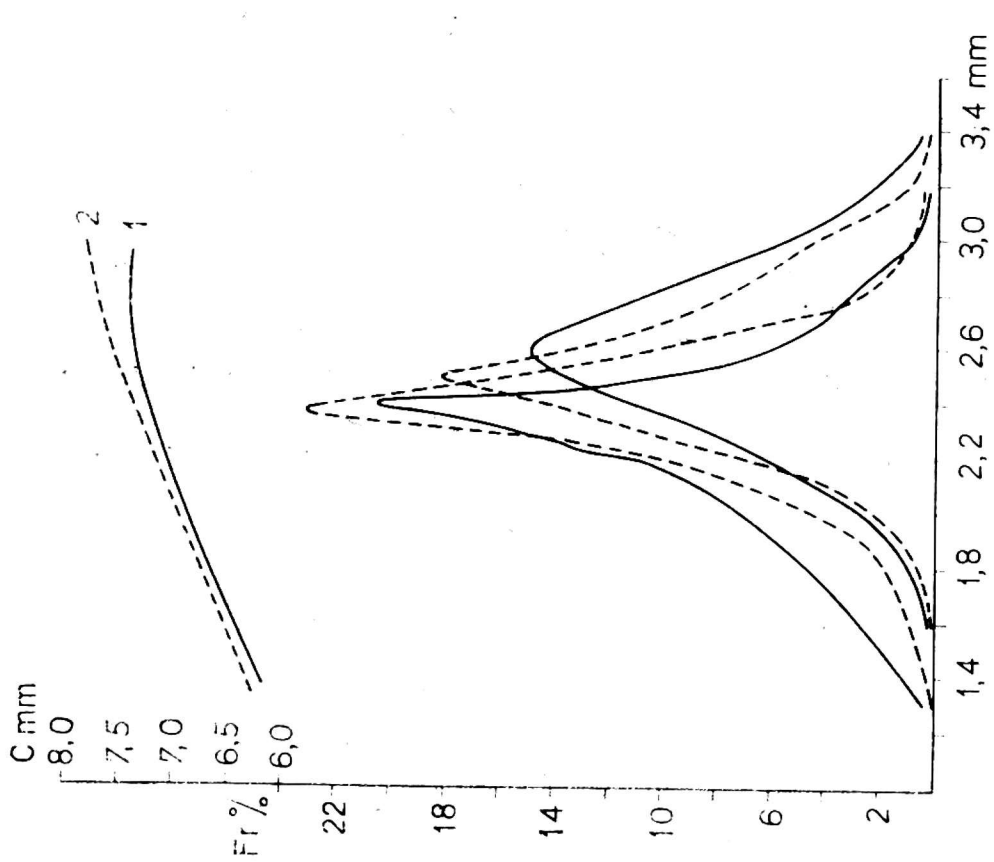
na o mniejszych wymiarach grubości i szerokości. Te ostatnie czynniki wpłynęły jedynie minimalnie na zwiększenie długości nasion.

Określanie rozkładów cech geometrycznych ziarna zbóż przedstawionych na rysunkach 6-12 oparto na pomiarach przeprowadzonych na próbkach ziarna powietrznie suchych o wilgotności 11,4-12,6<sup>0</sup>/. Dokonano również pomiarów przy poziomach wilgotności 11,8, 23,5 i 34,0<sup>0</sup>/. Na rysunku 13 przedstawiono rozkłady charakteryzujące nawilżane próbki ziarna pszenicy ozimej odmiany Grana. Większa zawartość wody powodowała zarówno wzrost grubości jak i szerokości — co jest zjawiskiem

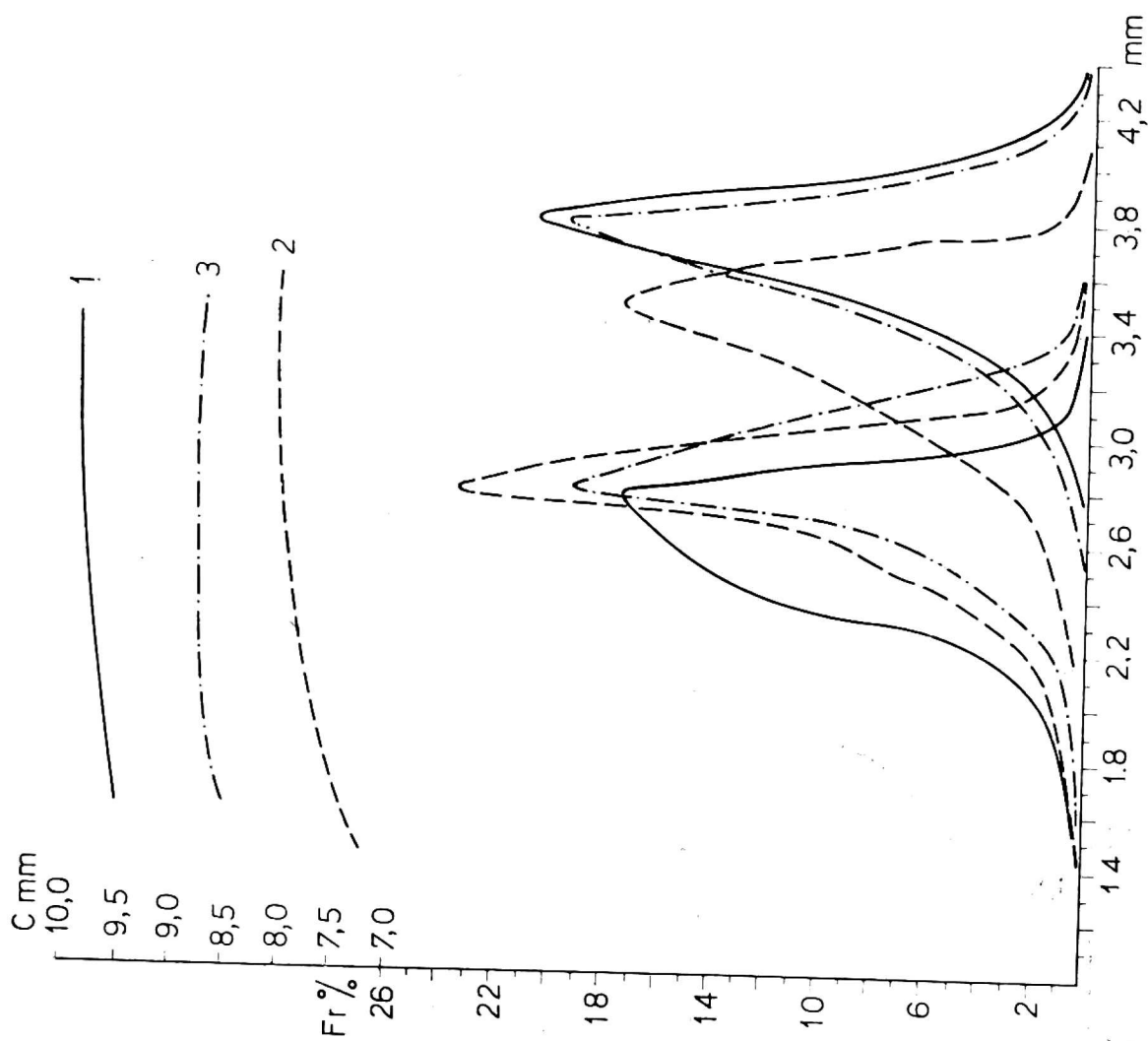


Rys. 7. Rozkłady podstawowych wymiarów geometrycznych ziarna trzech odmian pszenicy jarej  
1 — Ramses, 2 — Kleiber, 3 — Ostka Popularna

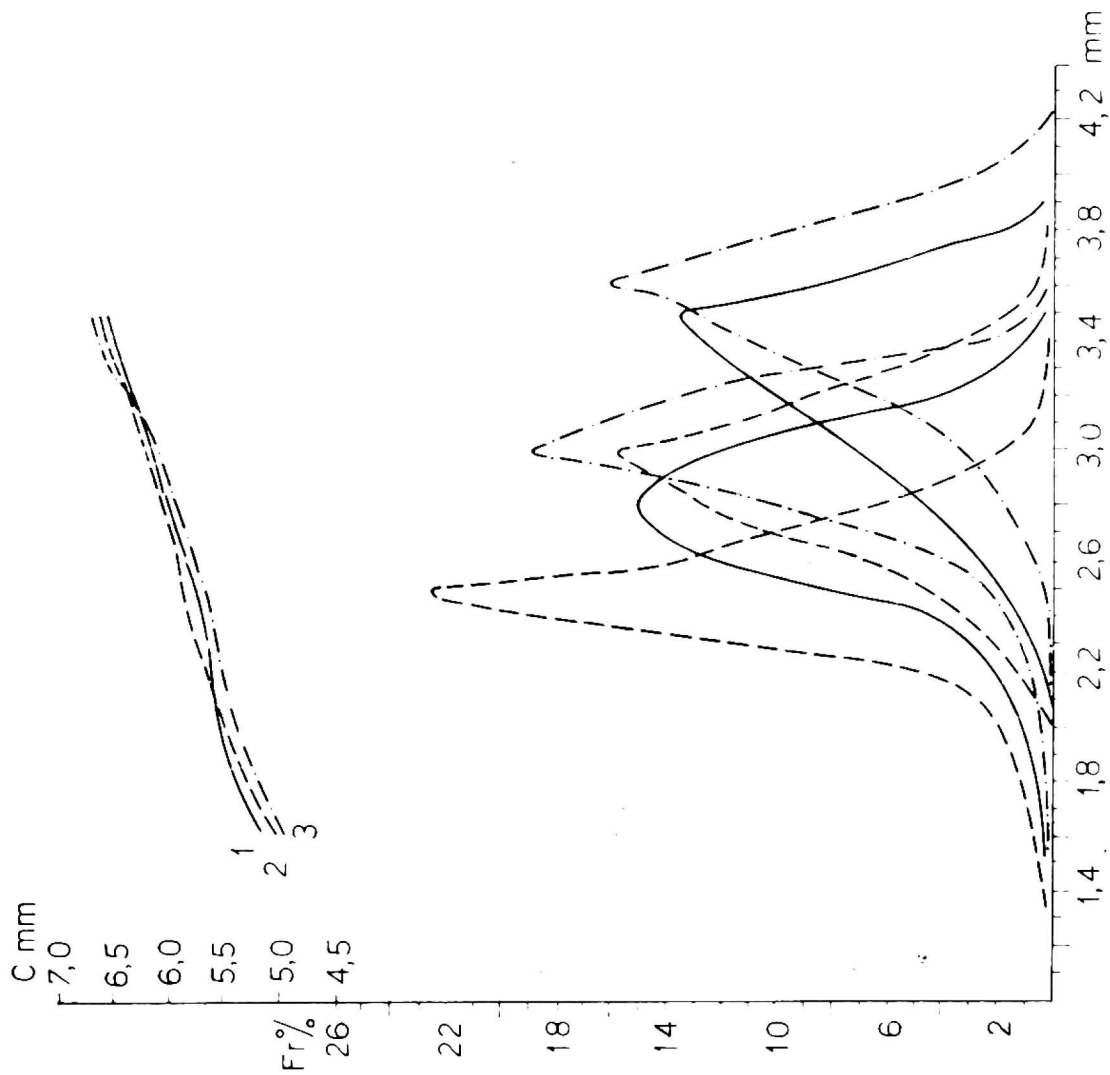
naturalnym — jednakże przy wilgotności 34,0<sup>0</sup>/o nastąpiła zaskakująca zmiana długości ziarniaków. Nasiona o najmniejszych wymiarach grubości (2,2-2,7 mm) wyraźnie „skróciły się”, a przy największych (3,2-3,8 mm) — wydłużyły. Zmiana wilgotności ziarna powoduje znaczną zmienność jego cech geometrycznych.



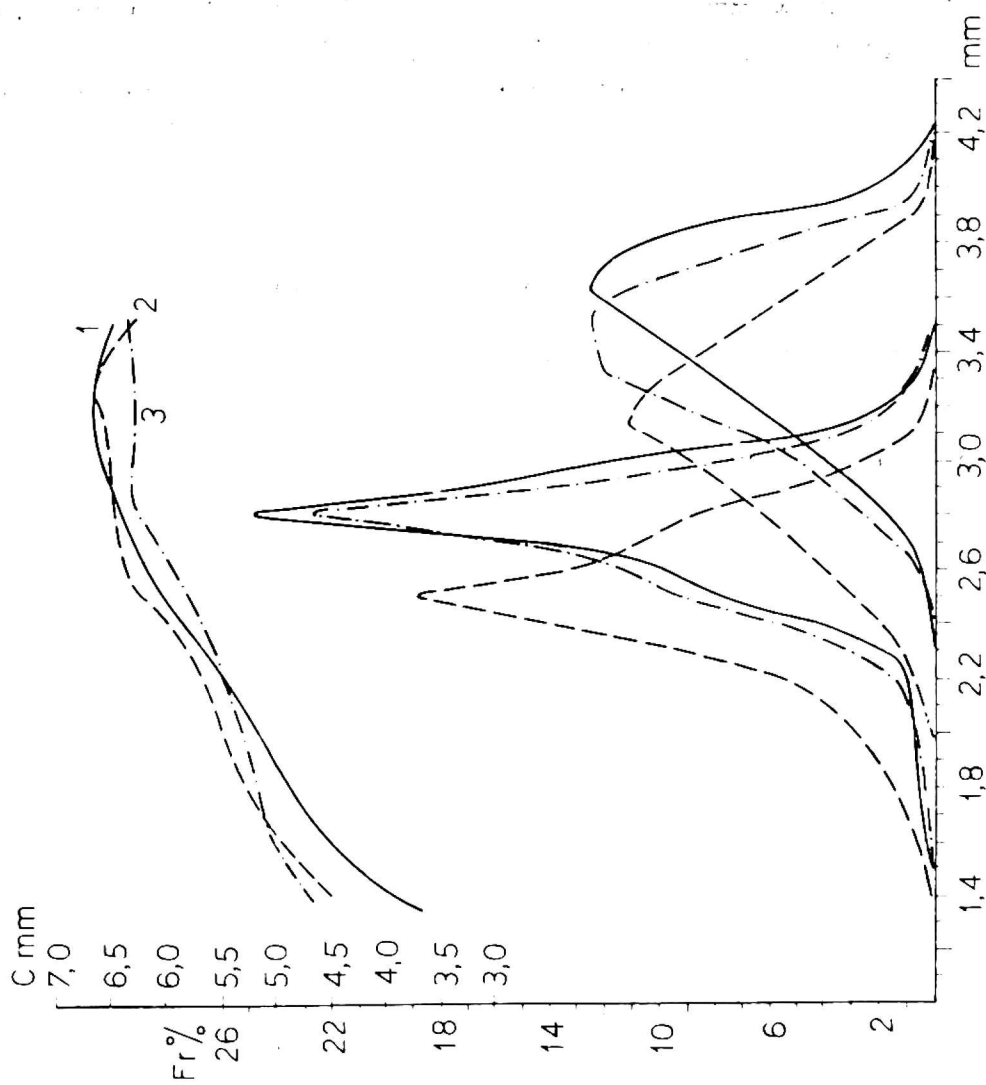
Rys. 8. Rozkłady podstawowych wymiarów geometrycznych ziarna dwóch odmian żyta  
1 — Chrobre, 2 — Pancerne



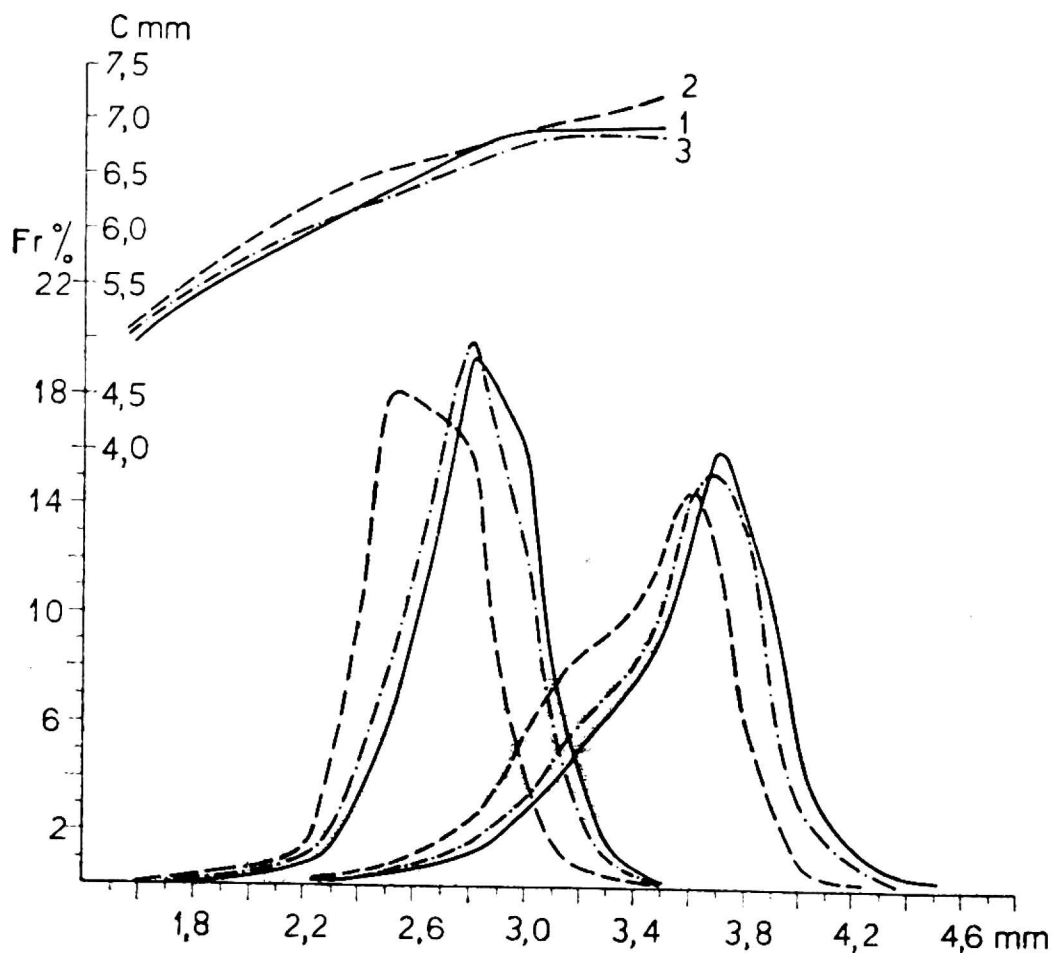
Rys. 9. Rozkłady podstawowych wymiarów geometrycznych ziarna trzech odmian jęczmienia jarego  
1 — Bomi Abeł, 2 — Elgina, 3 — Lubuski



Rys. 11. Rozkłady podstawowych wymiarów geometrycznych ziarna pszenicy jarej Kolibri, uprawianej na różnych glebach 1 — gleba brunatna wylugowana, 2 — czarna ziemia właściwa, 3 — gleba brunatna właściwa



Rys. 10. Rozkłady podstawowych wymiarów geometrycznych ziarna pszenicy ozimej Dana, uprawianej na różnych glebach 1 — gleba płowa właściwa, 2 — gleba brunatna wylugowana, 3 — czarnoziemy



Rys. 12. Rozkłady podstawowych wymiarów geometrycznych ziarna pszenicy ozimej Grana z doświadczeń agrotechnicznych

1 — niskie nawożenie NPK + nawadnianie, 2 — wysokie nawożenie NPK + wapnowanie, 3 — wysokie nawożenie NPK + nawadnianie

#### POROWATOŚĆ WARSTWY ZIARNA

Porowatość jako jedna z cech fizycznych odgrywa bardzo istotną rolę w czasie przechowywania, a szczególnie przy suszeniu ziarna zbóż, gdzie przepływ czynnika suszącego zależy od oporu jaki stawia porowata masa.

Pomiary porowatości warstwy ziarna w stanie zsypanym przeprowadzono na porometrze ciśnieniowym (rys. 14), przyjmując tę metodę jako bardzo szybką i wystarczająco dokładną [17]. Wyniki charakteryzujące zmienność tej cechy uzależnioną od wielu czynników przedstawiono w tabelach 1-3.

Stwierdzono, że porowatość warstwy ziarna pszenic ozimych waha się od 47,0% (odm. Kaukaz) do 53,1% (odm. Eros). Pszenice jare wykazują nieco mniejsze wartości, które zamykają się w przedziale od 45,9% (odm. Ostka Popularna) do 49,4% (odm. Kalyan Sona).

Porowatość w granicach 51,9-53,7% występuje u badanych odmian żyta. Różnice międzyodmianowe dla tego gatunku zboża są więc najmniejsze w porównaniu z pszenicą ozimą i jarą oraz jęczmieniem, u któ-

rego z kolei stwierdzono najwięcej wolnych przestrzeni międzyziarnowych (od 57,6<sup>0</sup>/o — odm. Elgina do 60,7<sup>0</sup>/o — odm. Piast).

Zróznicowany wpływ gleb na zmienność porowatości stwierdzono na przykładzie pszenicy jarej odmiany Ostka Popularna. Największe zagęszczenie ziarna stwierdzono w próbkach pochodzących z mady (42,9<sup>0</sup>/o), zaś najwyższą porowatość wykazała masa ziarna zebranego z gleby brunatnej wylugowanej (48,1<sup>0</sup>/o). Nieco mniejsze różnice wywołały czynniki agrotechniczne w doświadczeniu z pszenicą ozimą (odm. Grana), gdyż skrajne wartości zamykały się w granicach od 45,9<sup>0</sup>/o do 47,2<sup>0</sup>/o. Zwiększoną porowatość warstwy ziarna powodowało wapnowanie gleby.

Analizując wyniki pomiarów podstawowych parametrów geometrycznych ziarna oraz porowatości warstwy, stwierdzono istnienie ścisłej korelacji między tymi cechami.

Tabela 4

Zmiana porowatości warstwy ziarna w zależności od ich grubości u pszenicy ozimej odmiany Helenka

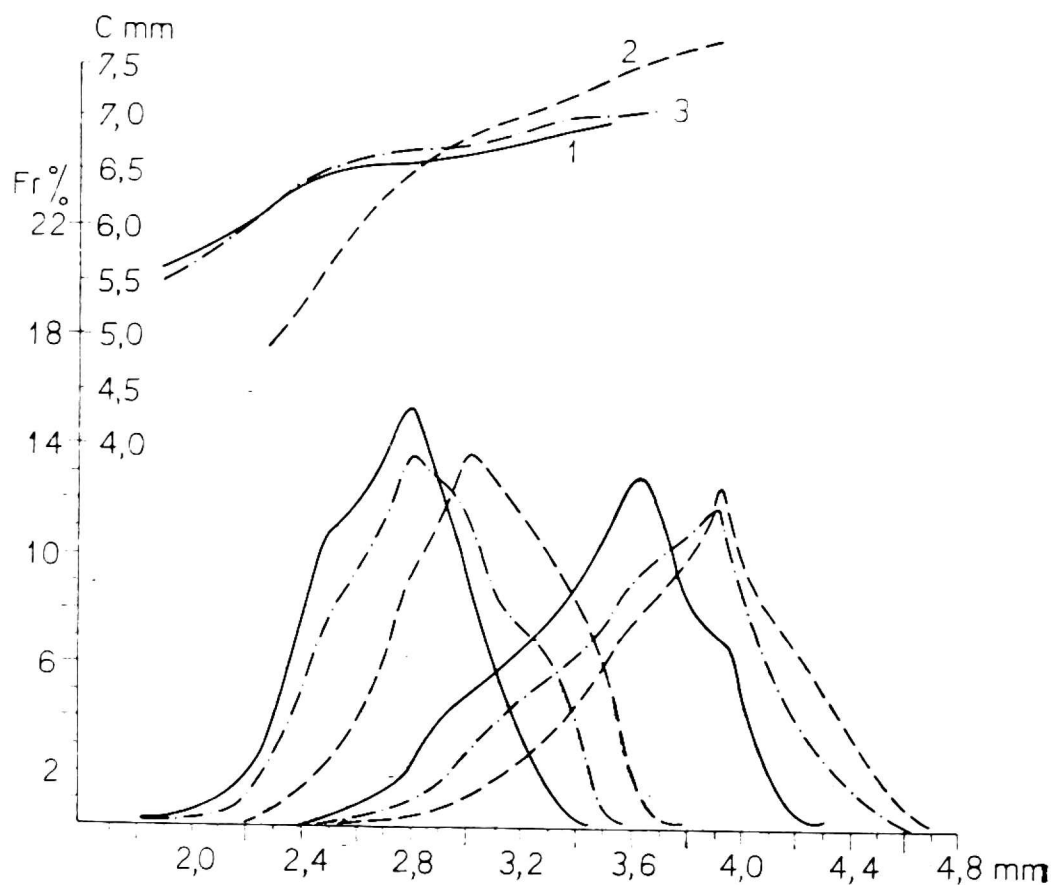
Fracje grubość ziarna, mm	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
Porowatość warstwy ziarna, %	44,70	44,30	43,50	42,85	42,55	41,65

W tabeli 4 przy kolejnych frakcjach grubości ziarna odmiany Helenka podano odpowiadającą warstwom tych ziarn, średnią zawartość przestrzeni międzyziarnowych. Wynika stąd wniosek, że im ziarna są grubsze, tym mniejsza jest ich porowatość w masie. Współczynnik korelacji pomiędzy tymi parametrami dla ziarna pszenicy ozimej wynosi 0,99.

#### POROWATOŚĆ WEWNĘTRZNA ZIARNA

Struktura ziarniaka zbóż wskazuje na istnienie wolnych przestrzeni między tkankami i komórkami. Ich rozmieszczenie, wielkość i ilość decyduje zapewne o kształtowaniu się innych cech fizycznych ważnych z praktycznego punktu widzenia. Należy przypuszczać, że znajomość porowatości wewnętrznej ziarna może mieć duże znaczenie szczególnie dla przechowalnictwa i suszarnictwa. Wszelkie procesy zachodzące w ziarnie, a przede wszystkim intensywność wymiany ciepła i masy determinowane są układem przestrzennym porów wewnątrz ziarna, nazywanych też kapilarami.

Dotychczas nie natrafiono w literaturze fachowej na metody pozwalające wyznaczyć ilość i wielkość porów w ziarnie w stosunku do jego objętości. Zastosowany do tego celu porozymetr rtęciowy Carlo Erba — model 1500 umożliwił przeprowadzenie takich pomiarów [11].



Rys. 13. Rozkłady podstawowych wymiarów ziarna pszenicy ozimej Grana w zależności od ich wilgotności

1 — średnia wilgotność ziarna 11,8%, 2 — 34,0%, 3 — 23,5%

Tabela 1

Porowatość warstwy ziarna niektórych gatunków i odmian zbóż

Gatunek	Odmiana	Średnia %
Pszenica ozima	Kaukaz	47,0
	Aurora	47,2
	Helenka	49,1
	Grana	50,8
	Eka Nowa	51,9
	Eros	53,1
Pszenica jara	Ostka Popularna	45,9
	Carola	47,5
	Kalyan Sona	49,4
Żyto	Pancerne	51,9
	Dańkowskie Żłote	52,5
	Dańkowskie	
	Selekcyjne	53,7
Jęczmień	Elgina	57,6
	Bomi Abed	59,9
	Piast	60,7

Rys. 14. Schemat porometru ciśnieniowego:  
 1 — komora hermetyczna, 2 — rurki manometryczne, 3 — rtęć, 4 — pompa tłokowa, 5 — tłok, 6 — skala

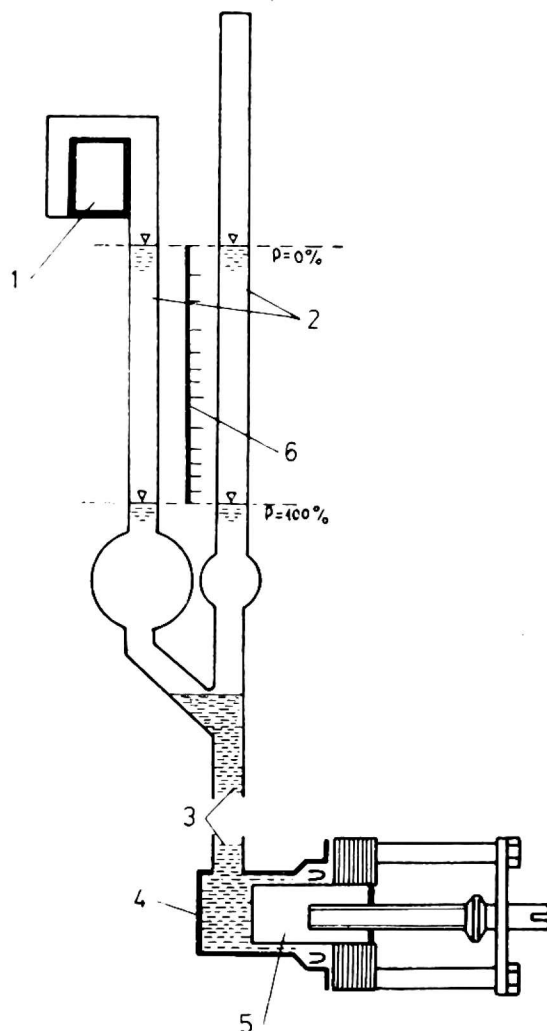


Tabela 2

Porowatość warstwy ziarna pszenicy jarej Ostka Popularna pochodzącej z różnych gleb (w %)

Gleba					
brunatna kwaśna	rędzina brunatna	mada brunatna	brunatna wyługowana	czarna ziemia	brunatna właściwa
45,5	45,6	42,9	48,1	47,8	46,0

Tabela 3

Porowatość warstwy ziarna pszenicy ozimej Grana pochodzącej z wieloczynnikowych doświadczeń agrotechnicznych (w %)

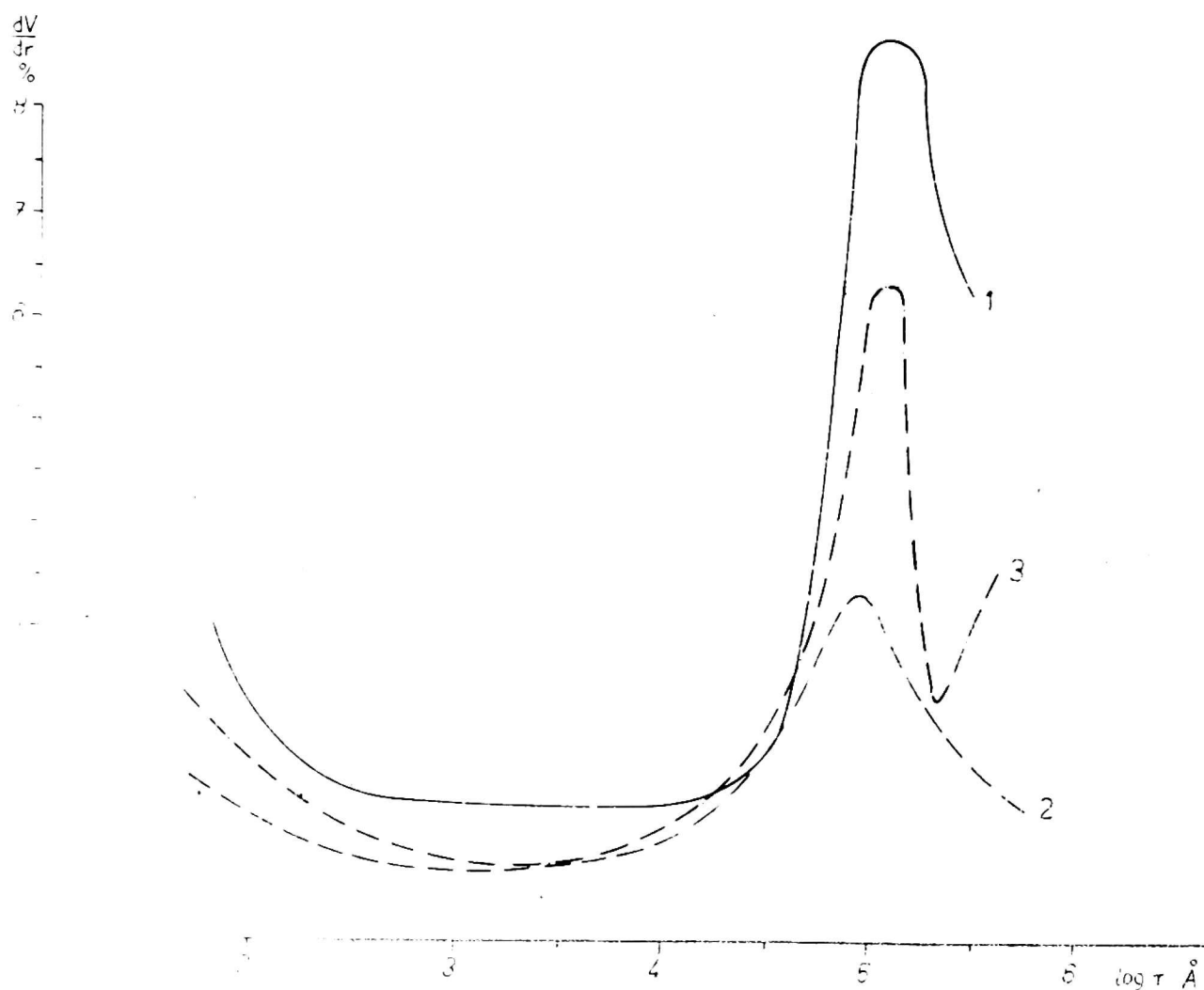
NPK		Ca		Nawadnianie	
I	II	—	+	—	+
46,2	47,0	45,9	47,2	47,0	46,1

NPK I — N-47, P-18, K-50 kg/ha.

NPK II — N-125, P-37, K-102 kg/ha.

Dla scharakteryzowania zmienności tej cechy dokonano takiego doboru materiału badawczego, aby uchwycić różnice międzyodmianowe oraz określić wpływ zróżnicowanych warunków glebowych i agrotechnicznych. Z uwagi na bardzo szeroki zakres pomiarowy uzyskane wartości wielkości porów (od  $40 \text{ \AA}$  do  $10^6 \text{ \AA}$ ) podano w formie ich logarytmów. W efekcie otrzymano charakterystyczne rozkłady: maksimum przy makroporach o promieniu  $10^5 \text{ \AA}$  a minimum na pograniczu mikro- i makroporów w przedziale  $10^3$ - $10^4 \text{ \AA}$ .

Zmienność międzyodmianową stwierdzono na podstawie badań trzech odmian pszenicy jarej (rys. 15). Odmianę Ramses cechowała największa ilość makroporów, których z kolei bardzo mało posiada odmiana Kleiber.



Rys. 15. Rozkłady wielkości porów wewnętrznych w ziarnie trzech odmian pszenicy jarej

1 — Ramses, 2 — Kleiber, 3 — Ostka Popularna

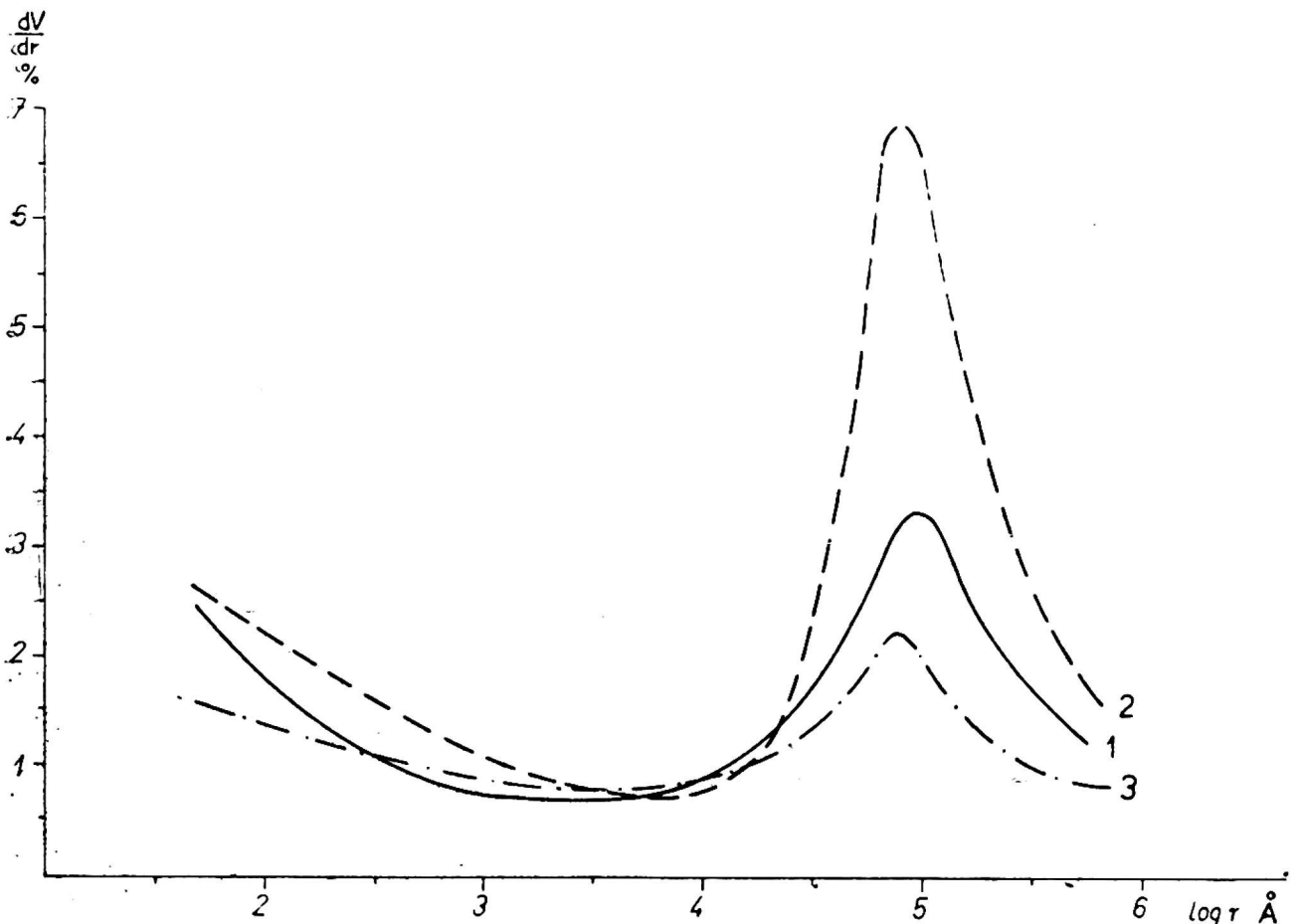
Najmniejsze różnice międzyodmianowe występują przy wielkości porów o promieniu  $10^3$ - $10^4 \text{ \AA}$ .

Ziarna Ostki Popularnej, zebranej z trzech różnych gleb (przy identycznych warunkach klimatycznych) wykazują bardzo dużą zmienność



spowodowaną czynnikami glebowymi (rys. 16). Dotyczy to głównie makroporów (ok.  $10^5$  Å). Ich ilość — w stosunku do objętości ziarna — największa jest u nasion pochodzących z gleby brunatnej właściwej, zaś najmniejsza — z gleby brunatnej kwaśnej.

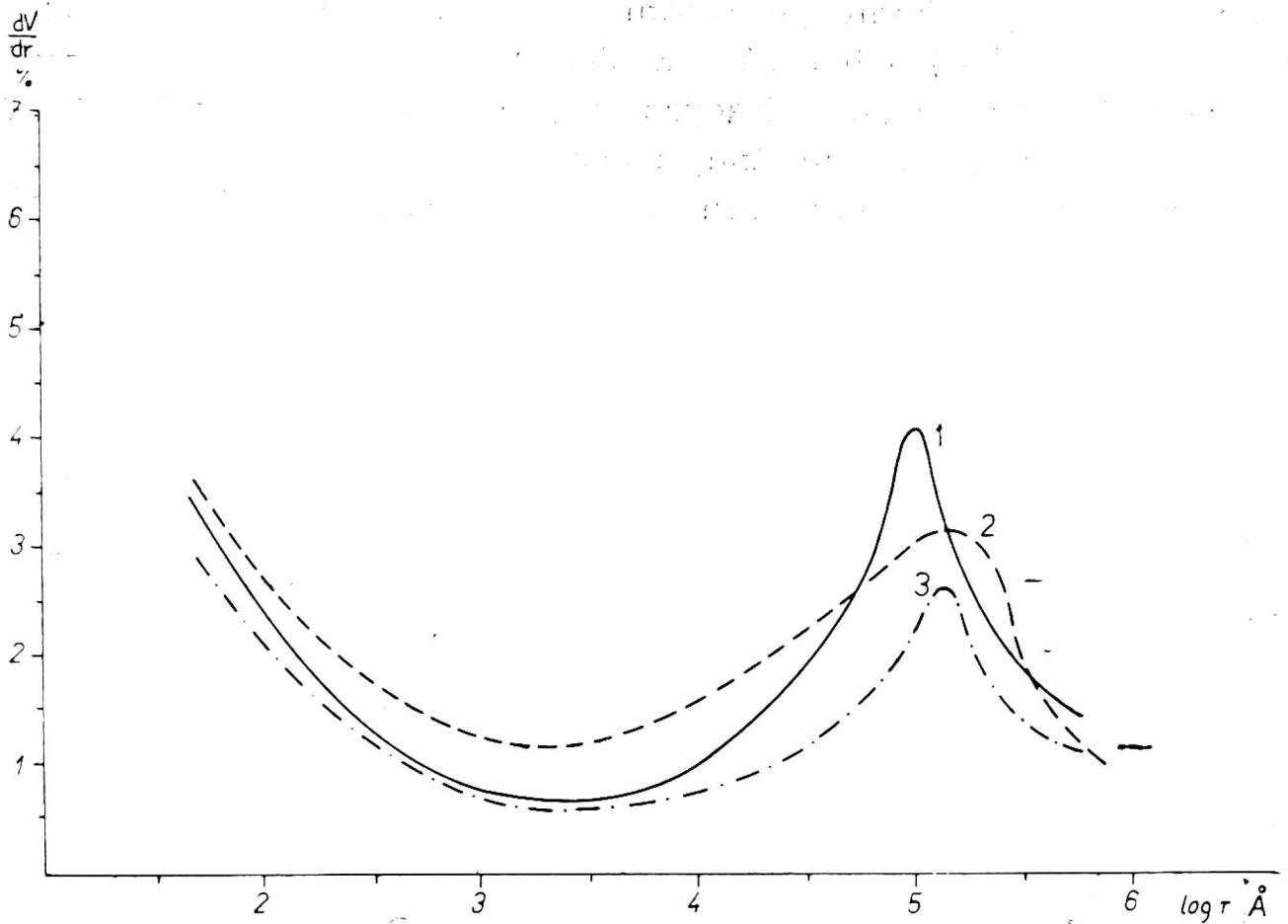
Pszenica ozima odmiany Grana wykazuje znacznie większą zawartość



Rys. 16. Rozkłady wielkości porów wewnętrznych w ziarnie pszenicy jarej Ostka Popularna, uprawianej na różnych glebach  
1 — gleba brunatna wylugowana, 2 — gleba brunatna właściwa, 3 — gleba brunatna kwaśna

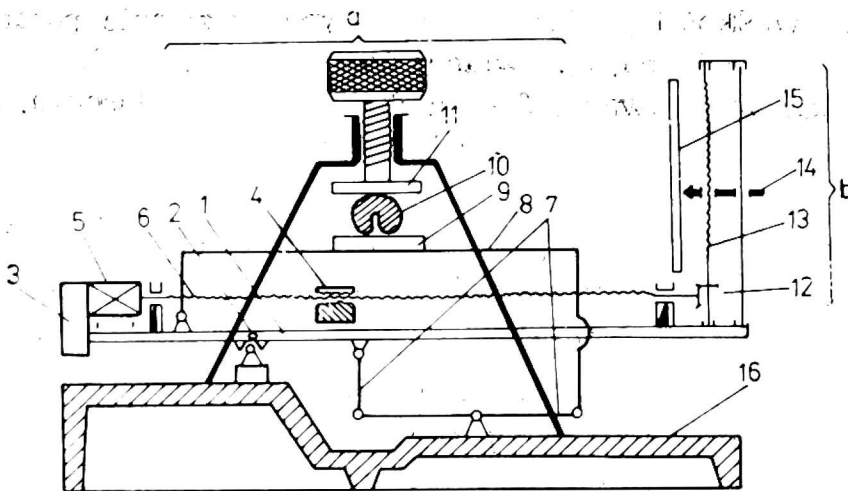
mikroporów (40-100 Å) i mniejszą makroporów ( $10^5$  Å) niż pszenica jara (rys. 17). Zróżnicowane rozkłady świadczą o wpływie czynników agrotechnicznych na zmienność tej cechy. Najwięcej mikroporów stwierdzono w ziarnie pochodzącym z kombinacji, w której zastosowano niskie nawożenie NPK z wapnowaniem gleby. Największą ilością makroporów charakteryzują się z kolei ziarna zebrane z poletek, na których zastosowano wysokie nawożenie NPK.

Zagadnienie porowatości wewnętrznej ziarna nie jest dotychczas dokładnie znane. Dlatego też trudno już mówić o wnioskach czy formułować daleko idące uogólnienia. Można jedynie stwierdzić, że na zmienność tej — prawdopodobnie — ważnej cechy fizycznej ma wpływ wiele czynników wewnętrznych i zewnętrznych.



Rys. 17. Rozkłady wielkości porów wewnętrznych w ziarnie pszenicy ozimej Grana z doświadczeń agrotechnicznych

1 — niskie nawożenie NPK + wapnowanie, 2 — wysokie nawożenie NPK + wapnowanie, 3 — wysokie nawożenie NPK



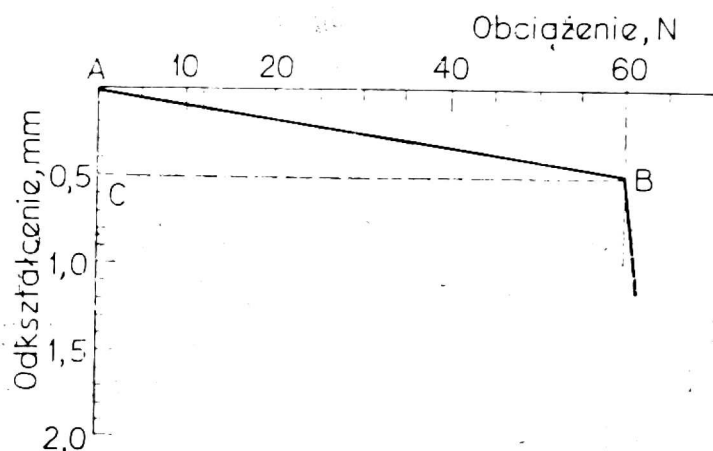
Rys. 18. Schemat rejestratora odkształceń

a — układ pomiarowy, b — układ rejestrujący, 1 — dźwignia dwuramienna, 2 — pryzmat, 3 — przeciwwaga, 4 — obciążnik, 5 — silnik elektryczny, 6 — śruba prowadząca obciążnik, 7 — układ dźwigni, 8 — stolik pomiarowy, 9 — płytki dolna, 10 — ziarno, 11 — płytki górna, 12 — przekładnia stożkowa, 13 — śruba prowadząca pisak, 14 — pisak rejestratora, 15 — papier rejestracyjny, 16 — podstawa aparatu

DORAŻNA ODPORNOŚĆ ZIARNA I JEGO ODKSZTAŁCENIA  
POWSTAŁE W PROCESIE OBCIĄŻEŃ STATYCZNYCH

Dorażna odporność ziarna na obciążenia wiąże się głównie z określeniem wartości siły, jaka powoduje trwałe odkształcenia ziarna, czyli znane z praktyki uszkodzenia mechaniczne, powstające przede wszystkim w czasie zbioru, czyszczenia, transportu i składowania.

Przy oznaczaniu tej cechy posłużono się aparatem prototypowym — rejestratorem odkształceń ziarna (rys. 18). Proces statycznego obciążenia ziarna odbywa się między dwoma równoległymi płytkami i jest rejestrowany w formie graficznej [15]. Siła ściskająca ziarno narasta z prędkością 6 N/sek. Z uzyskanych wykresów (rys. 19) można odczytać maksymalną wartość siły, po przekroczeniu której następuje zniszczenie struktury ziarna, oraz wielkość odkształcenia sprężystego, odpowiadającego umownej granicy sprężystości.



Rys. 19. Sposób określania dorażnych odkształceń ziarna na podstawie uzyskanych wykresów:

A — początek układu współrzędnych,  
B — umowna granica dorażnej odporności ziarna, C — wielkość dorażnego odkształcenia

Z obszaru zakreślonego krzywą ABC (rys. 19) można wyznaczyć przy pomocy planimetru biegunowego energię powodującą dorażne uszkodzenie ziarna. Średnie wartości dorażnej odporności i odkształceń dla badanych gatunków i odmian zbóż przedstawiono w tabeli 5.

Zmienność międzyodmianowa u pszenic ozimych obejmuje zakres od 51,0 N (odm. Eros) do 73,6 N (odm. Dana). Natomiast wielkość średnich odkształceń względnych nie ulega większym wahaniom. Spośród pszenic jarych, jedynie odmiana Urbanka charakteryzuje się mniejszą odpornością niż pszenice ozime (48,0 N). Odmiany: Kalyan Sona (59,8 N) i Ostka Popularna (52,3 N) mają znacznie większą odporność, przy czym ziarna tej ostatniej odmiany cechuje największe spośród pszenic odkształcenie względne (13,6%).

Żyto odmiany Pancerne jest bardziej odporne na obciążenia (130,5 N) niż Dańkowskie Złote (79,0 N). Wyraźne różnice występują też między wartościami odkształceń (17,9 i 19,5%).

Tabela 5

Zmienność międzyodmianowa doraźnej odporności i odkształceń ziarna zbóż przy obciążeniach statycznych

Gatunek	Odmiana	Odporność	Odkształcenie
		N	%
Pszenica ozima	Eros	51,0	11,4
	Malwa	53,9	11,8
	Eka Nowa	59,8	11,4
	Grana	62,8	11,4
	Mironowska 808	67,7	11,8
	Dana	73,6	11,8
Pszenica jara	Kalyan Sona	59,8	12,4
	Urbanka	48,0	13,2
	Ostka Popularna	52,3	13,6
Żyto	Dańkowskie Złote	79,0	17,9
	Pancerne	130,5	19,5
Jęczmień	Elgina	147,2	11,8
	Lubuski	173,6	13,2
	Bomi Abed	235,9	12,5

Ziarna jęczmienia jarego charakteryzują się kilkakrotnie większą odpornością na obciążenie niż pszenice. Bardzo wysoką średnią wartość siły stwierdzono u odmiany Bomi Abed (235,9 N). Należy przypuszczać, że u tej odmiany istotną rolę odegrała — odbiegająca od pozostałych odmian — długość ziarniaków.

Rozpatrując wpływ gleb oraz trzech wymiarów grubości ziarna na zmienność odporności, odkształceń i energii (tab. 6) stwierdzono bardzo

Tabela 6

Zmienność doraźnej odporności (N), odkształceń (%) i energii odkształceń (mj) ziarna pszenicy jarej Urbanka uprawianych na różnych glebach

Gleba	Mierzona wielkość	Grubość ziarna, mm			Średnia
		2,0	2,5	3,0	
Rędzina	odporność	63,7	66,7	74,6	68,7
	odkształcenie	21,5	12,4	13,0	15,2
	energia	11,7	12,9	10,2	11,6
Czarna ziemia	odporność	25,5	45,1	58,8	43,1
	odkształcenie	9,5	12,4	12,0	11,6
	energia	2,7	8,7	10,8	7,4
Mada	odporność	25,5	34,3	47,1	35,3
	odkształcenie	12,5	13,6	11,0	12,4
	energia	4,5	5,1	10,8	6,8

Tabela 7

Zmienność doraźnej odporności (N), odkształceń (%) i energii odkształceń (mj) ziarna pszenicy ozimej Grana w zależności od zróżnicowanych czynników agrotechnicznych

Wymiary ziarna (grubość × szerokość) mm	Mierzona wielkość	Czynniki agrotechniczne		
		I	II	III
2,6 × 3,1	odporność	61,9	66,6	71,0
	odkształcenie	9,6	11,2	10,8
	energia	15,3	10,2	13,2
2,9 × 3,6	odporność	66,4	68,9	73,7
	odkształcenie	7,6	11,4	8,6
	energia	10,2	14,1	14,1

I — wysokie nawożenie NPK + nawadnianie, II — niskie nawożenie NPK + wapnowanie, III — niskie nawożenie NPK + wapnowanie + nawadnianie.

znaczne różnice w występujących wartościach, charakteryzujących nasiona pszenicy jarej odmiany Urbanka. Ziarna grubsze wykazują większą odporność, a najkorzystniej na tę cechę wpływają rędziny. Niemal o połowę mniejsze wartości zarejestrowano dla ziarna pochodzącego z mad. Wielkości doraźnych odkształceń i ich energii nie zawsze wzrastają wraz z siłą, chociaż zauważalne są takie tendencje.

Stwierdzono także, że na zmienność badanych parametrów wpływają zróżnicowane czynniki agrotechniczne. Na przykładzie pszenicy ozimej odmiany Grana (tab. 7) udowodniono, że korzystniej na zwiększenie odporności ziarna na obciążenia statyczne (w grupach jednowymiarowych) wpływa niskie nawożenie NPK wraz z wapnowaniem i nawadnia-

Tabela 8

Zmienność doraźnej odporności, odkształceń i energii odkształceń ziarna o grubości 2,5 mm i zmiennej szerokości u pszenicy ozimej Grana

Szerokość mm	Odporność N	Odkształcenie %	Energia mJ
2,9	66,8	12,4	8,7
3,0	63,4	11,2	12,5
3,1	62,4	10,0	10,2
3,2	58,3	13,2	10,7
3,3	58,2	11,2	9,3
3,4	53,8	10,0	7,9
3,5	58,7	10,0	8,1
3,6	55,6	10,0	6,3
3,7	55,8	7,6	8,7

niem gleby. Ziarna grubsze są bardziej odporne podobnie jak u pszenicy jarej.

Po przeprowadzeniu dokładnej charakterystyki geometrycznej ziarna pszenicy ozimej odmiany Grana, stwierdzono dużą zmienność szerokości nasion w ramach jednej frakcji grubości i zmienność grubości w obrębie jednego wymiaru szerokości. Uzyskane wyniki powiązано z parametrami wytrzymałościowymi ziarna (tab. 8 i 9). Okazało się, że przy stałej grubości ziarna (2,5 mm) i wzrastającej szerokości (2,9-3,7 mm) wyraźnie maleje jego odporność na obciążenia (66,8-55,8 N). Widoczna jest również tendencja zmniejszania się wielkości względnych odkształceń i energii. Odwrotna sytuacja występuje przy badaniach ziarna o stałej szerokości (3,5 mm) i wzrastającej grubości (2,5-3,0 mm). Wraz z grubością, wartości siły — odpowiadające doraźnej odporności na obciążenia — wzrastają (58,7-77,2 N). Istnieje też nieznaczna tendencja wzrostu energii. Należy zatem przypuszczać, że większe „spłaszczenie” ziarna pszenicy obniża jego odporność na uszkodzenia mechaniczne, a zbliżanie się wartości obu wymiarów do siebie (grubości i szerokości) czyni ziarno zdecydowanie odporniejszym.

Tabela 9

Zmienność doraźnej odporności, odkształceń i energii odkształceń ziarna o szerokości 3,5 mm i zmiennej grubości u pszenicy ozimej Grana

Grubość mm	Odporność N	Odkształcenia %	Energia mJ
2,5	58,7	10,0	8,1
2,6	60,7	12,7	11,5
2,7	62,9	10,0	12,3
2,8	75,1	7,9	7,7
2,9	67,7	9,7	10,5
3,0	77,2	7,3	12,0

#### PODSUMOWANIE

Wyniki badań mało znanych właściwości fizycznych ziarna zbóż dostarczają informacji ważnych z punktu widzenia hodowli i mechanizacji. Mamy tu bowiem do czynienia z żywym materiałem roślinnym, który po uzyskaniu dojrzałości pełnej poddawany jest procesom technologicznym zbioru, transportu, suszenia, przechowywania i przetwórstwa.

W dotychczasowej ocenie plodów rolnych analiza cech fizycznych obejmowała fragmentaryczne pomiary niektórych właściwości, nie uwzględniające przeważnie przyczyn powodujących ich zmienność. Wy-

daje się więc, że rozszerzenie tego typu badań o charakterze kompleksowym może wypełnić istniejącą jeszcze lukę w dokładnym poznaniu specyficznych cech materiału roślinnego.

Wynika stąd potrzeba ujednoczenia metod badawczych, aby uzyskane wyniki były porównywalne i prowadziły do wyznaczenia nie tylko zakresu zmienności cech fizycznych ziarna, ale i do ustalenia granicznych wartości — uwzględniających różne stany fizyczne ziarna — dla znalezienia najbardziej optymalnych warunków do maksymalnego wykorzystania rolniczej przestrzeni produkcyjnej i uzyskania w końcowym efekcie wysokiej jakości materiału siewnego i konsumpcyjnego.

#### LITERATURA

1. Arnold P. C., Mohsenin N. N.: Proposed techniques for axial compression tests on intact agricultural products of convex shape. *Trans. ASAE*, 1971, 14, 1, s. 78-85.
2. Arnold P. C., Roberts A. W.: Fundamental aspects of load — deformation behavior of wheat grains. *Trans. ASAE*, 1969, 12, 1, s. 104-108.
3. Fiala J., Jelinek A.: Fizikalni vlastnosti zemědělských materialu. *Zemědělska Technika* 1971, 17, 5, s. 291-304.
4. Grochowicz J.: Odporność nasion na uszkodzenia mechaniczne. *Zesz. probl. Post. Nauk rol.*, 1971, z. 112, s. 115-129.
5. Hanzelik F., Keleman R., Tomovčik J.: Deformacia a trenie zrn pšenice. *Acta Technologica Agriculturae II*, Nitra, 1968, s. 31-43.
6. Huizing J. A.: Korrelhardheidsmeter. *Jaarveslag*, Wageningen 1969.
7. Kolowca J.: Badania nad wytrzymałością ziarna zbóż. *Zesz. nauk. WSR, Rolnictwo*, Kraków 1972, 77, s. 49-59.
8. Metodika izuczenia fizyko-mechaniczeskich svojstw sielskochozajstwiennych rastienij. *WISCHOM*, Moskwa, 1960.
9. Mohsenin N. N.: Application of engineering techniques to evaluation of texture of solid food materials. *Journal of Texture Studies*, 1970, 1, s. 133-154.
10. Mohsenin N. N.: Physical properties of plant and animal materials. t. I Gordon and Breach, Nowy Jork, 1970.
11. Stawiński J., Szot B.: Zastosowanie porozymetru rtęciowego do oznaczania porowatości wewnętrznej ziarna pszenicy. *Hod. Rośl. Aklim. Nas.*, 1976, 20, 3, 321-327.
12. Szot B.: Rozwój badań właściwości fizycznych materiałów rolniczych. *Problemy Agrofizyki* 1972, 5, s. 40.
13. Szot B.: Wstępna ocena wpływu gleby na dorodność ziarna zbóż. *Post. Nauk rol.*, 1973, 5, s. 53-62.
14. Szot B., Grundas S.: Zastosowanie zestawu pomiarowego do dokładnego określania podstawowych wymiarów ziarna zbóż. *Hod. Rośl. Aklim. Nas.*, 1974, 18, 1, s. 103-112.
15. Szot B., Grundas S., Grochowicz M.: Metodyka określania odporności ziarna zbóż na odkształcenia mechaniczne. *Rocz. Nauk. rol.*, 1973, ser. C, t. 70, z. 3, s. 129-141.
16. Szot B., Grundas S., Grochowicz M.: Metoda określania siły wiążącej ziarno z kłosem. *Rocz. Nauk rol.*, 1974, ser. C, t. 70, z. 4, s. 95-103.

17. Szot B., Woźniak W.: Zastosowanie porometru ciśnieniowego do oznaczania porowatości warstwy ziarna zbóż. Biuletyn IHAR, 1974, 1-2, s. 45-48.
18. Tomovčik J., Duriš M., Pisar E., Korejtko J.: Výskum agrofyzikálnych a mechanických vlastnosti ozimných pšeníc. Zemědělská Technika, 1963, 9, 2, s. 65-86.
19. Trzecki S.: Niektóre właściwości fizyczne nasion różnych gatunków roślin uprawnych. Roczn. Nauk rol., 1973, ser. A, t. 99 z. 4, s. 23-37.
20. Wartości graniczne cech środowiska przyrodniczego, wiążących się z pracą maszyn rolniczych (praca zbiorowa). PWN, Warszawa 1971, z. 1, s. 76.
21. Wunderlich G.: Der Stand unserer heutigen Kenntnisse über die Ursachen und die Größe des Kornausfalles. Z. Pfl.- Zücht., 1954, 33, s. 285-312.
22. Zoerb G. C.: Instrumentation and measurement techniques for determining physical properties of farm products. Trans. ASAE, 1967, 10, 3, s. 100-109.

*Богуслав Шот, Станислав Грундас*

## ВОПРОС ИЗМЕНЧИВОСТИ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕРНА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

### Резюме

В работе затронут изменчивости некоторых физических свойств зерна зерновых культур. На основе примерных результатов, касающихся силы связывания зерна с колосом, основных геометрических размеров зерна, пороватости слоя зерна, расположения величины внутри зерна, а также быстрой стойкости зерновок и их деформаций, образовавшихся в процессе статических нагрузок, констатирован широкий диапазон изменчивости физических параметров. Исследования охватили несколько сортов озимой пшеницы, яровой пшеницы, ржи и ярового ячменя. Характер экспериментов позволил также определить изменчивость физических свойств зерна, предопределяемую дифференцированными почвенными и агротехническими условиями, влажностью материала и разными фазами спелости.

Авторы полагают, что констатированный диапазон изменчивости может расшириться при принятии во внимание дальнейших внешних факторов (обработка почвы, срок и густота посева, болезни растений, дифференцированные атмосферные условия и т.д.) и постулируют расширение этого типа комплексных исследований при унифицированных исследовательских методах.

*Bogusław Szot, Stanisław Grundas*

## PROBLEM OF VARIABILITY OF SOME PHYSICAL FEATURES OF THE CEREAL GRAIN

### Summary

The problem of variability of some physical features of the cereal grain is discussed in the article. On the basis of exemplary results concerning the power connecting grain with ear, principal geometric dimensions of grain, pore size distribution inside the grain and a temporary resistance of grains and their deforma-



tions occurring in the process static loads — a wide range of variability of physical features has been found. The investigations comprised several varieties of winter and summer wheat, rye and summer barley. The character of experiments allowed also to estimate the variability of physical features of grain determined by differentiated soil and agronomic conditions as well as by the moisture of seed and its different maturity stages.

The authors are of the opinion that the found variability range can widen when take into consideration further outer factors (soil cultivation, date and density of sowing, plant diseases, differentiated weather conditions, etc.) and put forward the demand to widen this type of complex investigations at unified investigation methods.