problemy agrofizyki

POLSKA AKADEMIA NAUK · ZAKŁAD AGROFIZYKI

Ossolineum zeszyt 5 rok 1972

ROZWÓJ BADAŃ WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH MATERIAŁÓW ROLNICZYCH

P O L S K A A K A D E M I A N A U K
ZAKŁAD AGROFIZYKI W LUBLINIE

PROBLEMY AGROFIZYKI

5

WROCŁAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

PROBLEMY AGROFIZYKI

5

BOGUSŁAW SZOT

ROZWÓJ BADAŃ WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH MATERIAŁÓW ROLNICZYCH

WROCŁAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK
1972

Okładkę projektował: ZYGMUNT ZIEMKA

Redaktor Wydawnictwa: MARIA STANISZEWSKA

Redaktor techniczny: MICHAŁ ŁYSSOWSKI

Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo. Wrocław 1973.
Nakład: 500 + 120 egz. Objętość: ark. wyd. 1,80, ark. druk. 2,50.
Papier offset. kl. III, 70 g, 61 × 86. Oddano do druku 25 I 1973.
Druk ukończono w lutym 1973. Wrocławska Drukarnia Naukowa.
Zam. 1546/73 — N-11. Cena zł 10.—

Zagadnieniem określania właściwości fizycznych roślin i płodów rolnych zajęto się stosunkowo od niedawna. W dynamicznym rozwoju rolnictwa ostatniego dwudziestolecia dała zauważyć się pewna luka, którą można by scharakteryzować jako brak znajomości tych cech materiałów rolniczych, jakie odgrywają bardzo istotną rolę zarówno przy maksymalnym wykorzystaniu powierzchni produkcyjnej, jak i uzyskaniu wysokiej jakości produktów końcowych.

Pod pojęciem właściwości fizycznych roślin i płodów rolnych należy rozumieć te parametry, które opisują zachowanie się badanego materiału /traktowanego – z uwagi na jego wielofazowość – jako określonego stanu skupienia/ w przypadku oddziaływań zewnętrznych w określonym czasie i przestrzeni. Pod uwagę brane są takie oddziaływania, które nie powodują istotnych zmian w składzie chemicznym. Ścisłe sprecyzowanie definicji całego zagadnienia lub wybranych parametrów będzie kryło pewien margines błędu, jeżeli pojęcia fizyczne i definicje klasyczne zostaną bezpośrednio odniesione do niejednorodnych materiałów rolniczych. Stąd też ścisła charakterystyka cech fizycznych roślin i płodów rolnych stwarza niejednokrotnie trudności zarówno natury teoretycznej, jak i doświadczalnej.

Trudno jeszcze dziś dokładnie wyliczyć wszystkie właściwości fizyczne, ustalić ich chronologiczną ważność dla każdego gatunku roślin i sprecyzować metodykę ich określania.

Według czechosłowackich autorów /24, 25/ właściwości fizyczne materiałów rolniczych należy podzielić na 6 podstawowych grup, a mianowicie:

- mechaniczne,
- elektryczne,

- akustyczne,
- optyczne,
- cieplne,
- dyfuzyjne.

Podział ten dotyczy produkcji roślinnej łącznie z sadownictwem i warzywnictwem , zwierzęcej przetwory mięsne, mleczne i pasza oraz nawozów i środków ochrony roślin ryc. 1

W grupie właściwości mechanicznych uwzględniono: parametry geometryczne, charakterystyki ciężarowe, ilościowe i objętościowe; sprężystość, plastyczność, lepkość, twardość, współczynniki tarcia.

Właściwości akustyczne wiążą się ściśle z właściwościami mechanicznymi i dotyczą głównie prędkości rozchodzenia się fal w badanym materiale oraz określenia współczynnika tłumienia fal, czyli tzw. dekrementu tłumienia.

Właściwości elektryczne to przede wszystkim przewodność i zdolność magnesowania się materiałów oraz stała dielektryczna.

Właściwości optyczne związane są z określeniem współczynników: absorpcji monochromatycznej, odbicia promieni, przepuszczalności i załamania światła.

Właściwości cieplne dotyczą: określenia ciepła właściwego, przewodności cieplnej, współczynników przenikalności cieplnej, rozszerzalności liniowej i objętościowej oraz promieniowania.

Właściwości dyfuzyjne określają: wilgotność równoważną materiału, izotermy sorpcji i desorpcji, współczynniki dyfuzji pary wodnej, stałej suszenia i rozpuszczalności w wodzie destylowanej.

W dostępnej literaturze autorzy najwięcej miejsca poświęcili właściwościom mechanicznym, których znajomość ma bardzo duże znaczenie dla praktyki. Dlatego też dla podbudowy teoretycznej prowadzonych badań do dyscyplin rolniczych adaptowano wiele pojęć z mechaniki klasycznej.

Zaproponowano wzory matematyczne oraz proste i złożone modele ciał /15, 17, 37, 51/ uwzględniające zależności między tak istotnymi parametra-

mi, jak: sprężystość, odkształcenia, lepkość, plastyczność, wytrzymałość, twardość.

Określanie pozostałych właściwości fizycznych stanowi w wielu przypadkach jak gdyby kolejny etap badań kompleksowych, po zapoznaniu się z podstawowymi cechami mechanicznymi zarówno roślin, płodów rolnych, jak i produktów przemysłu rolnego.

Różnorodność cech fizycznych materiałów rolniczych wiąże się z poszukiwaniami odpowiednich metod badawczych oraz konstrukcją właściwej aparatury. Dla określania niektórych właściwości mechanicznych Mohsenin /51/ zaproponował 24 układy mechaniczne, z tego 6 - najważniejszych praktycznie - odnosi się do badania wytrzymałości na ściskanie /ryc. 2/. Materiał podlega tu ściskaniu dwiema równoległymi płaszczyznami a, b, c, elementem o kształcie kulistym d, e i elementem o kształcie walca f.

Głównie na bazie tych układów skonstruowano wiele aparatów i przyrządów służących zarówno do statystycznego, jak i dynamicznego określania właściwości, stosując niejednokrotnie diametralnie różną metodykę pomiarów 2, 3, 11, 28, 31, 50, 51, 62, 65, 68, 70, 72.

Przy określaniu twardości niektórzy autorzy /68/ próbowali oprzeć się na metodzie Brinella, służącej do oznaczania twardości materiałów jednorodnych, np. metali, jednakże dla produktów rolniczych /materiały niejednorodne/ metoda ta okazała się zawodna. Mohsenin /51/ po przeprowadzeniu doświadczenia przedstawił graficznie wyniki badań twardości różnych materiałów rolniczych. Wyniki badania cech mechanicznych zbóż ilustruje ryc. 3.

Jako twardość Mohsenin rozumie obszar pola trójkąta o wierzchołkach ε_o, LL, ε_{spr}, przy czym wznosząca się linia ciągła odpowiada narastaniu siły przy nacisku płaszczyzny na ziarno aż do odkształcenia trwałego. Arnold i Mohsenin /2/ rejestrowali również przebieg odkształceń ziarn zbóż stosując metody nacisku dla jednoosiowego stanu naprężeń za pomocą elementów o różnym kształcie. Wyniki pozwoliły określić granice sprężystości i moment trwałego odkształcenia ziarna ulegającego uszkodzeniom. Przy podobnych próbach jako dodatkowe czynniki wprowadzono zmienną temperaturę

i wilgotność /65/. Zależność między odkształceniami a czasem trwania procesów zmiennych obciążeń, temperatury i wilgotności pozwoliła wyprowadzić praktyczne wnioski dla technologii zbiorów, suszarnictwa, przechowalnictwa i przetwórstwa /38, 72/. Według Hanzelika /40, 41/ najbardziej odporne na uszkodzenia mechaniczne są ziarna pszenicy w przedziale wilgotności 15-18%. Stwierdzono także, że w procesie młócenia liczba makrouszkodzeń ziarn pszenicy wzrasta w miarę obniżania wilgotności, natomiast liczba mikrouszkodzeń zwiększa się wraz z wilgotnością /56/. Z punktu widzenia mechanizacji zbiorów znajomość tych parametrów może w znacznym stopniu obniżyć zachodzące straty /67/.

Fridley i współprac. /32/ określając wytrzymałość owoców i warzyw omawiają możliwości zastosowania podstaw teorii sprężystości do analizy uzyskanych wyników. W oparciu o matematyczny model zweryfikowano wyniki przeprowadzonych pomiarów, wskazując na ich zgodność z obliczeniami teoretycznymi.

Wielkość naprężeń przy rozciąganiu i ścinaniu ziemniaków badał Huff /42, 43/ dochodząc do wniosku, że na te parametry wyraźny wpływ ma długość okresu przechowywania bulw. Potwierdził to Schmidt /61/ dowodząc, że istnieje odwrotna zależność między naprężeniem ścinającym a okresem przechowywania jabłek.

W materiałach pochodzenia rolniczego występują często duże odkształcenia objętościowe. Wykorzystując zasadę cylindrycznej komory hydraulicznej, we wnętrzu której umieszczono badaną próbkę, obliczono moduł sprężystości objętościowej /52, 73/. Finney i Hall /26, 30/ w wieloczynnikowych doświadczeniach nad wytrzymałością ziemniaków przy obciążeniach quasi-statycznych określili wartości modułu sprężystości objętościowej charakteryzując ich przydatność dla praktyki, odkształcenia objętościowe wpływają bowiem wyraźnie na jakość produktów. Reeve /59/ dowodzi, że wartość modułu sprężystości objętościowej świadczy o ilości przestworów powietrznych w badanym materiale i z tym wiąże odkształcenia. Według tego autora np. dojrzałe jabłka posiadają ok. 25% przestworów, ziemniaki

natomiast zaledwie ok. 2%. Badania stopnia odporności ziemniaków na uszkodzenia dynamiczne wykazały, że wraz ze wzrostem prędkości elementu uderzającego o bulwę zmniejsza się wskaźnik odporności /4/. Jak wynika z badań Finneya /29/ oraz Chappela i Hamanna /14/, ważną informacją dla techniki i terminu zbioru, a także transportu owoców jest znajomość ich modułu Younga, gdyż wartości tego współczynnika wyraźnie maleją wraz z dojrzewaniem. Ma to niemałe znaczenie w związku z rozwojem mechanizacji prac sadowniczych i ze skutecznym zapobieganiem strat w czasie wykonywania tych czynności /15/. Możliwościami zastosowania mechanicznego zbioru brzoskwiń, gruszek i moreli zajmowali się Fidley i Adrian /33/, określając odporność tych owoców ma ściskanie statyczne i dynamiczne w różnych fazach dojrzałości. Dowiedli większą odporność na uszkodzenia gruszek w porównaniu z pozostałymi owocami.

Herdenberg /39/ badał siłę związania owoców z drzewem i krzewem, stosując drgania o różnej częstotliwości i amplitudzie. Opierając się na uzyskanych wynikach przedstawił wartości optymalne, które powinno się wykorzystywać przy mechanicznym zbiorze. Ciekawe wyniki uzyskano w pracach nad określeniem niektórych cech płodów rolnych za pomocą metod akustycznych /1, 20, 27, 53-55, 64, 69/. Wykorzystując różne pasma fal, ich pochłanianie, odbicia i rezonans stwierdzono, że istnieje możliwość oznaczania struktury, twardości, kształtu, stopnia dojrzałości i jakości badanych próbek, a także cech reologicznych.

Produkty przemysłu mleczarskiego, jak masło i sery, poddawane są również badaniom dla uchwycenia granicznych cech fizycznych, wpływających na jakość towarów w różnych warunkach transportu i składowania /16, 18, 19, 62, 63, 65/. Szczególnie istotne są tu zależności między twardością, lepkością, sprężystością i odkształceniami.

Dynamiczny rozwój badań właściwości fizycznych materiałów rolniczych objął szczególnie placówki naukowe w Stanach Zjednoczonych oraz w krajach Europy zachodniej. Ostatnio wiele uwagi poświęca się tym zagadnieniom w Czechosłowacji /24, 25, 40, 41, 58, 60, 67/. W naszym kraju badania

tego typu stanowią - jak dotychczas - jedynie znikome i fragmentaryczne uzupełnienie niektórych prac związanych z hodowlą roślin, uprawą czy mechanizacją rolnictwa. Podejmowane próby rozwinięcia tej tematyki /5-9, 12, 13, 34-37, 44, 45, 48, 56, 57, 66, 71/ są wycinkowe, a brak odpowiednich przyrządów i aparatury z zasady uniemożliwia dobór właściwej metodyki i przeprowadzenia choćby podstawowych pomiarów i doświadczeń. Wspomniane publikacje dostarczają już pierwszych ciekawych wyników i sygnalizują potrzebę szybkiego rozszerzenia tego typu badań. Nie ulega bowiem wątpliwości, że dokładna znajomość fizycznych właściwości materiałów rolniczych i ich cech granicznych - z uwagi na zachodzące nieraz poważne straty gospodarcze - staje się koniecznością dla projektowania techniki produkcji, technologii zbiorów, transportu, przetwórstwa i przechowalnictwa. Uzyskane wyniki mogą stanowić również cenną informację dla hodowców roślin i konstruktorów maszyn rolniczych. Wystarczy choćby wspomnieć, że ukierunkowany rozwój hodowli zbóż pod kątem fizycznych właściwości ziarna i mąki pozwolił, np. we Francji, na dokładną rejonizację i rozdział poszczególnych odmian dla celów właściwego przemysłowego wykorzystania i uzyskania w efekcie wysokiej jakości wyrobów i przetworów /10, 21, 22, 46, 47, 49/.

Zakład Agrofizyki PAN w Lublinie przystąpił ostatnio do badań niektórych właściwości fizycznych zbóż. Z uwagi na brak odpowiedniej aparatury skonstruowano prototypy kilku przyrządów /ryc. 4-11/, pozwalające na określanie następujących właściwości:

1 - wymiarów geometrycznych ziarna, a więc grubości, szerokości, długości i wzajemnej zależności między tymi parametrami,
2 - twardości ziarna przy różnym poziomie wilgotności w zależności od charakterystyk geometrycznych,
3 - siły potrzebnej do uwolnienia ziarna z kłosa w różnych fazach dojrzałości,
4 - podatności zbóż na osypywanie ziarna,
5 - porowatości masy ziarna,
6 - siły powodującej wyleganie zbóż w powiązaniu z oceną cech anatomicznych źdźbła w różnych fazach dojrzałości.

Badaniami objęto kilkanaście odmian czterech podstawowych zbóż uprawianych na różnych glebach przy jednakowym poziomie nawożenia. Pierwsze wyniki upoważniają do stwierdzenia, że wykonana aparatura i przyjęta metodyka pozwoli scharakteryzować badane cechy fizyczne. Przedstawione przykładowe wyniki, chociaż stanowią jedynie fragmentaryczną ilustrację prowadzonych prac, oparte są na bogatym materiale dowodowym.

Pomiary grubości, szerokości i długości ziarn dokonywane były z dokładnością 0,1 mm, uzyskane zaś średnie wartości przedstawiono graficznie /ryc. 13-16/według przyjętego modelowego rozkładu tych wielkości /ryc. 12/. Analiza wykresów umożliwia ocenę celności ziarna, procentowego udziału poszczególnych frakcji i zależności między podstawowymi wymiarami zarówno dla każdej odmiany, jak i między odmianami.

Twardość ziarna badana na rejestratorze odkształceń ziarna ilustrowana jest wykresami przedstawiającymi narastanie siły przy ściskaniu, aż do granicy sprężystości i trwałego odkształcenia /ryc. 17-19/. Biorąc pod uwagę jednakowe wymiary geometryczne ziarn poszczególnych gatunków zbóż, dają się zauważyć wyraźne różnice odmianowe. Ziarna o dużej wilgotności 30% już przy bardzo małej sile nacisku odkształcają się plastycznie. Ziarna owsa bez względu na zawartość wody zachowują się podobnie, nie wykazując cech sprężystości.

Podatność zbóż na osypywanie się ziarna z kłosa określono metodą wibracji, stosując jednakową częstotliwość, amplitudę i czas drgania kłosa. Jako pierwszy termin prób przyjęto dojrzałość pełną, dwa następne - w odstępach tygodniowych. Średnie wartości z wielu pomiarów charakteryzują różnice odmianowe i zależność osypywania się ziarn od terminu zbioru /tab. 1/.

Porowatość masy ziarna badano za pomocą poromierza. Uzyskane wyniki świadczą o znacznym zróżnicowaniu nie tylko między gatunkami, ale i między odmianami w obrębie tego samego gatunku /tab. 2, 3/.

Tabela 1. Podatność zbóż na osypywanie ziarna

Gatunek	Odmiana	Procent osypanych ziarn		
		dojrzałość pełna	7 dni po dojrzałości pełnej	14 dni po dojrzałości pełnej
Pszenica ozima	Kaukaz	-	2,9	3,3
	Helenka	13,1	4,5	10,3
	Dana	3,8	10,5	11,2
	Eka Nowa	2,9	6,6	25,1
	Balta	-	-	1,1
	Poros	-	5,1	6,3
	Promesse	-	-	-
Jęczmień jary	Lubuski	12,8	8,1	6,1
	Piast	6,8	8,8	10,0
	Bomi	15,2	12,4	9,8
	Elgina	7,5	3,1	7,4
Żyto	Pancerne	-	1,1	1,0
	Dańkowskie	-	7,4	2,4
	Selekcyjne	-	-	-

Tabela 2. Średnia porowatość masy ziarna zbóż

Gatunek	Odmiana	Średnia porowatość w %
Pszenica ozima	Dana	44,3
	Mironowskaja 808	43,0
	Eros	45,8
	Eka Nowa	43,6
	Grana	42,0
	Malwa	41,0

c.d.

1	2	3
Pszenica jara	Ostka Popularna	42,5
	Lubuska	43,0
	Opolska	42,7
	Nagradowicka	46,8
	Urbanka	41,0
	Carola	41,2
	K - 60	43,3
Żyto	Dańkowskie Selekcyjne	47,8
	Dańkowskie Złote	45,3
	Pancerne	48,5
Jęczmień ozimy	Dunja	55,0
	Brenstedt Atlas	57,0
	Śląski I	56,0
	Kostek	52,0
	Kujawiak	53,0
	Xenia	50,5
Jęczmień jary	Piast	52,8
	Damazy	48,0
	Bomi	49,3
	Elgina	48,8
	Lubuski	50,6
Owies	Diadem	63,7
	Romulus	65,7
	Udycz Żółty	65,0
	Flamingsweiss	65,7

Tabela 3. Średnia porowatość masy ziarna różnych zbóż

Gatunek	Porowatość w %
Pszenica ozima	43,7
Pszenica jara	42,8
Żyto	47,2
Jęczmień ozimy	53,9
Jęczmień jary	49,9
Owies	64,9

Wymiary przekroju źdźbła zboża /średnica zewnętrzna, wewnętrzna i grubość ścianki źdźbła/ określono za pomocą miernika przekroju łodygi z dokładnością 0,01 mm, natomiast wytrzymałość poszczególnych międzywęźli na elektronicznej mikrozrywarce z dokładnością do 1 g. Wstępne wyniki wskazują na pewne zależności między geometrią źdźbła a jego wytrzymałością /tab. 4/.

Przedstawione fragmentaryczne wstępne wyniki potwierdzają potrzebę rozwinięcia tego typu badań dla uzyskania cennych informacji o istotnych dla praktyki i teorii właściwościach fizycznych roślin i płodów rolnych.

Tabela 4. Wymiary geometryczne źdźbeł pszenicy ozimej odmiany "Grana" w powiązaniu z wytrzymałością poszczególnych międzywęźli rośliny z doświadczeń nawozowych w lizymetrach

Nawożenie[x]	Długość źdźbła mm	Długość kolejnych międzywęźli mm	Średnica zewnętrzna źdźbła mm	Średnica wewnętrzna źdźbła mm	Grubość ścianki źdźbła mm	Granica wytrzymałości kolejnych międzywęźli g
		31	3,75	2,30	1,45	-
		103	4,13	2,90	1,23	375
B, C, E	881	146	4,00	3,18	0,82	323
		221	4,24	3,28	0,96	310
		382	3,35	2,65	0,70	198
		13	-	-	-	-
		104	3,63	2,63	1,00	259
A, C, E	818	146	3,81	3,00	0,81	239
		225	4,73	7,08	0,65	247
		330	3,13	2,55	0,58	198
		94	3,47	2,71	0,76	-
A, D, E	935	152	3,40	2,92	0,48	190
		245	3,56	3,10	0,46	166
		365	2,72	2,35	0,37	122
		15	-	-	-	-
		142	3,62	2,93	0,69	203
B, C	933	146	3,95	3,24	0,71	207
		237	3,84	3,30	0,54	195
		307	2,81	2,58	0,23	110

[x] A - nawożenie: N-45 kg, P_2O_5 - 50 kg, K_2O - 60 kg; C - bez wapnowania; E - dodatkowe nawadnianie

B - nawożenie: N-120 kg, P2O5 - 100 kg, K2O - 120 kg; D - z wapnowaniem 22 q;

LITERATURA

1. Abott J.A., Bachman G.S., Childers N.F., Fitzgerald J.V., Matusik F.J.: Sonic techniques for meoasuring texture of fruits and vegetables, Extension Report U.S.D.A. Nametre Co. Edison, New Jork 1967.
2. Arnold P.C., Mohsenin N.N.: Proposed techniqves for axial compression tests on intact agricultural products of convex shape, Trans. ASAE, 1971, 14.
3. Arnold P.C., Roberts A.W.: Stres distributions in loaded wheat grains, J. Agric. Engng. Res., 1966, 11, 1.
4. Bieluga B.: Odporność ziemniaka na uszkodzenia mechaniczne, Roczn. N.R., 1969, 68, 2.
5. Bieluga B.: Biologiczne skutki mechanizacji na podstawie światowej literatury /ziemniaki/, Studia i materiały do perspektywicznego planu rozwoju nauki polskiej, z. 42, PAN, Warszawa 1969.
6. Biłowicka E.: Cechy fizyczne nasion roślin strączkowych. Cz. I. Masa tysiąca nasion roślin strączkowych, Biul. Inf. IMER, 1971, 7 /80/.
7. Biłowicka E.: Cechy fizyczne nasion roślin strączkowych. Cz. II. Gęstość usypna nasion roślin strączkowych. Cz. III. Gęstość lub masa właściwa, średnica zastępcza nasion, porowatość, Biul. Inf. IMER, 1971, 7 /80/.
8. Biłowicka E.: Określenie zależności niektórych cech fizycznych nasion roślin strączkowych od zawartości wody w nasionach. Zeszyty problemowe Post. Nauk Roln., z. 135, PWN, Warszawa 1972.

9. Broniewski St., Łuczyńska J.: Wstępna analiza cech nasion wyki ozimej /Vicia villosa Roth/ decydujących o ich celności, Hod. Rośl. Akl. i Nasien., 1967, t. II, z. 5.

10. Buré J.: Le problème rhéologique des industries des céréales, Ann. Technol., 1958.

11. Burmistrowa M.F. i inni: Fiziko-miechaniczeskije swojstwa sielskochoziajstwiennych rastienij, Moskwa 1956.

12. Byszewski W.: Wartości graniczne cech roślin korzeniowych, Zeszyty Problemowe Post. Nauk Roln., z. 135, PWN, Warszawa 1972.

13. Byszewski W., Kiełbaska M.: Budowa i właściwości fizyczne korzeni buraka cukrowego, Zeszyty Problemowe Post. Nauk Roln., z. 135, PWN, Warszawa 1972.

14. Chappel T.W., Hamann D.D.: Poissons ratio and Young's modulus for apple flesh under compressive loading, Trans. ASAE, 1968, 11, 5.

15. Clevenger J.T., Hamann D.D.: The behavior of apple skin under tensile loading, Trans. ASAE, 1968, 11, 1.

16. Davis J.G.: The rheology of chees, butter and other milk products, J. Dairy Res., 1937, 8.

17. Derski W., Ziemba S.: Analiza modeli reologicznych, PWN, Warszawa 1968.

18. Diener R.G., Heldman D.R.: Methods for determining rheological properties of butter, Trans. ASAE, 1968, 11.

19. Dolby R.M.: The rheology of butter. II. The relationship between rate of shear and shearing stres. The effect of temperature and reworkingon on hardness and structural viscosity, J. Dairy Res., 1941, 12.

20. Drake B.: Automatic recording of vibrational properties of foodstvffs., J. Food Sci., 1962, 27.

21. Feillet P.: La qualité des blés durs, Techn. ind. céréal., 1971, 134.

22. Feillet P.: Méthodes de controle de la qualité industrielle des blés durs appliquées á la selection, Ind. Alimentaires Agric., 1970, 11.

23. Ferry F.J.: Viscoelastic properties of polymers, John Wiley and Sons, New York 1961.

24. Fiala J.: Właściwości fizyczne materiałów rolniczych, Zeszyty Problemowe Post. Nauk Roln., z. 135, PWN, Warszawa 1972.

25. Fiala J., Jelinek A.: Fizikalni vlastnosti zemědělskych materialů, Zemědělska Technika, 1971, 17, 5.

26. Finney E.E.: The viscoelastic behavior of the potato under quasi - static loading, Ph.D. Thesis, Michigan St. Univ., 1963.

27. Finney E.E.: To define texture in fruits and vegetables, Agric. Engng. 1969, 50.

28. Finney E.E., Norris K.H.: Instrumentation for investigating dynamic mechanical properties of fruits and vegetables, ASAE Paper, 1967, 67, 325.

29. Finney E.E.: Dynamic elastic properties of some fruits during, J. Agric. Engng. Res., 1967, 12, 4.

30. Finney E.E., Hall C.W.: Elastic properties of potatoes, Trans. ASAE, 1967, 10, 1.

31. Fiziko-miechaniczeskije swojstwa rastienij, poczw i udobrienij /praca zbiorowa/, Moskwa 1970.

32. Fridley R.B. i inni: Some aspects of elastic behavior of selected fruits, Trans. ASAE, 1968, 11, 1.

33. Fridley R.B., Adrian P.A.: Mechanical properties of peaches, pears, apricots and apples, Fruchtsaflinaustrie, 1965, 10, 6.

34. Grochowicz J., Haman J.: Badania wstępne modelu wibracyjnej czyszczalni nasion, Roczn. N.R., 1970, 68, 3.

35. Grochowicz J.: Niektóre zagadnienia odporności nasion na uszkodzenia mechaniczne, Zeszyty Problemowe Post. Nauk Roln., z. 112, PWN, Warszawa 1971.

36. Haman J., Byszewski W.: Referat wprowadzający na Konferencji Naukowej poświęconej właściwościom fizycznym gleby i roślin uprawnych, Zeszyty Problemowe Post. Nauk Roln., 135, PWN, Warszawa 1972.

37. Haman J., Zdanowicz A.: O potrzebie rozszerzenia studiów nad reologią materiałów w rolnictwie, Roczn. Nauk Roln., 1968, 68, 2.

38. Hamerle J.R., Mohsenin N.N.: Tensile relaxation modulus of corn horny endosperm as a function of time temperature and moisture content, Trans. ASAE, 1970, 13, 3.

39. Handenberg D.: Die mechanisierung der ernte stein und strauch beerenbst., Landtechnik, 1967, 115.

40. Hanzelík F.: Poznámka k deformacii rastlin při zatazení, Polnéhospodářství, 1968, 8.

41. Hanzelík F., Kelemen R., Tomovcík J.: Deformacia a tření zrn pšenice, Acta Technol.-Agricult., 1968, II.

42. Huff E.R.: Measuring time dependent mechanical properties of potato tubers equipment, procedure results, Trans. ASAE, 1967, 10 /414/.

43. Huff E.R.: Tensile properties of Kennebec potaoes, Trans. ASAE, 1967, 19, 3.

44. Jasińska Z.: Wartości graniczne cech roślin strączkowych, Zeszyty Problemowe Post. Nauk Roln., z. 135, PWN, Warszawa 1972.

45. Karwowski T.: Wartości graniczne cech roślin bulwiastych, Zeszyty Problemowe Post. Nauk Roln., z. 135, PWN, Warszawa 1972.

46. Launay B.: Étude de quelques propertiétés rhéologiques des pates de farine, Hydrotechn. liquid. industr., 1972.

47. Launay B., Buré J.: Alvéographe Chopin et Proprietés Rhéologiques des Pates, Lebénsm. Wiss. Technol., 1970, 3.

48. Lityński A.: Wartości graniczne cech rzepaku i rzepiku wiążące się z pracą narzędzi i maszyn rolniczych, Zeszyty Problemowe Post. Nauk Roln., z. 135, PWN, Warszawa 1972.

49. Matweef M.: Recherche sur l'utilisation des blés tendres pour la fabrication des pates alimentaires, INRA, 1963.

50. Mietodika izuczenija fiziko-miechaniczeskich swojstw sielskochoziajstwiennych rastienij /praca zbiorowa/, Moskwa 1960.

51. Mohsenin N.N.: Application of engineering techniques to evaluation of texture of solid food materials, J. Text. stud., 1970, 1.

52. Morrow C.T., Mohsenin N.N.: Consideration of selected agricultural products as viscoelastic materials, J. Food Sci., 1966, 31.

53. Morrow C.T., Mohsenin N.N.: Dynamic viscoelastic charakterization of solid food materials, J. Food Sci., 1968, 33, 6.

54. Nolle A.W.: Method for measuring dynamic mechanical properties of rubber - like materials, J. Appl. Physics., 1948, 19, 8.

55. Nybom M.: A new principle for measuring firmnes of fruits, Hort. Res., 1962, 2.

56. Orzechowski J.: Studia nad wpływem metod zbioru pszenicy na ziarno siewne, Annales UMCS, S. E, t. 18, Lublin 1963.

57. Pabis S.: Znaczenie znajomości niektórych właściwości roślin w technice suszarnictwa i przechowalnictwa, Zeszyty Problemowe Post. Nauk Roln., z. 135, PWN, Warszawa 1972.

58. Preiniger M., Maler J., Maškova H.: Pevnosť spojeni zrna s klasem u pěstovanych odrud pšenic, Zemědělska Technika, 1968, 14, 5.

59. Reeve R.M.: Histological investigation of texture in aples. II. Structure and intercellular spaces, Food Res., 1953, 18, 604.

60. Řezniček R., Patočka K., Kadrmas J.: Pevnosť vazby zrna v klasu u pšenice a žita, Zemědělska Technika, 1971, 17, 7.

61. Schmidt J.: Problem der sortienbedingten Festigkeit des Fruchtfleiches von Apfeln, Die Gartenbauwissenschaft, 1962, 27, 3.

62. Scott Blair G.W., Coppen F.M.V.: The subjective judhent of the elestic and plastic. Properties of soft bodies. The differential thresholos for viscosities and compression moduli, Proc. Roy, Soc. Biol., 1939, 128.

63. Scott Blair G.W., Reiner M.: Agricultural rheology, Routledge and Kegan Paul, London 1957.

64. Sharma M.G.: Testing of polymers, Interscience Publisher, London 1965.

65. Shelef L,, Mohsenin N.N.: Evaluation of the modulus of elasticity of wheat grain.

66. Styk B., Gieroba J., Wilczek M.: Wartości graniczne cech roślin zbożowych wpływające na kierunki mechanizacji, Zeszyty Problemowe Post. Nauk. Roln., z. 135, PWN, Warszawa 1972.

67. Tomovčik J., Duriš M., Pisár R., Korejtko J.: Výzkum Agrofizikalnych a mechanickych vlastnosti ozimných pšenic, Zemědělska Technika, 1963, 9, 2.

68. Vasic I., De Man L.M.: Efeects ef mechanical treatment on some rheological properties of butter. Rheology and texture of Foodstruffs Monograph. No. 27., Soc. Chem. nr 14, London 1968.

69. Virgin H.I.: A new method for the determination of the turgor of plant tissues, Physiol. Plant., 1955, 8.

70. Voisey P.W., Hunt J.R.: Relationship between applied force, deformation of eggshell and fracture force, J. Agric. Engng. Res., 1967, 12.

71. Wartości graniczne cech środowiska przyrodniczego wiążących się z pracą maszyn rolniczych /praca zbiorowa/, z. 1, PWN, Warszawa 1971.

72. Wen P.R., Mohsenin N.N.: Measurement of dynamics viscoelastic properties of corn horny endosperm, J. Mat., 1970, 5, 4.

73. White Z.K., Mohsenin N.N.: Apparatus for determination of bulk modulus and compressibility of materials, Trans. ASAE, 1967, 10, 5.

OPIS RYCIN

Ryc. 1. Stopień opracowania właściwości fizycznych materiałów rolniczych w Czechosłowacji, wg 24, 25 .

Ryc. 2. Podstawowe układy mechaniczne stosowane przy określaniu niektórych właściwości mechanicznych płodów rolnych, wg 51 .

Ryc. 3. Ilustracja wyników badań twardości ziarna zbóż, wg 51 .

Ryc. 4. Przesiewacz do ziarn typu Vogla składający się z wymiennych 22 sit, pozwalających na frakcjonowanie ziarna z dokładnością do 0,1 mm. Służy do określania grubości ziarna.

Ryc. 5. Przesiewacz do ziarna składający się z wymiennych 32 sit, pozwalających na frakcjonowanie ziarna z dokładnością do 0,1 mm. Służy do określania szerokości ziarna.

Ryc. 6. Optyczny miernik długości ziarna. Służy do szybkiego pomiaru długości ziarna zbóż z dokładnością do 0,1 mm.

Ryc. 7. Rejestrator odkształceń ziarna. Służy do badania zależności między siłą działającą na ziarno. a występującymi odkształceniami wywołanymi przez tę siłę.

Ryc. 8. Symulator osypywania ziarna. Służy do określania stopnia osypywania się ziarn z kłosów.

Ryc. 9. Elektroniczna mikrorozrywarka. Służy do określania siły wiążącej ziarno z kłosem, a po wymianie głowicy mocującej do badania odporności źdźbła na złamanie.

Ryc. 10. Elektrodynamometr polowy. Służy do pomiaru sprężystości i wytrzymałości źdźbła w warunkach polowych.

materiał rolniczy / właściwości	ziarno	zielonki	okopowe	prod. zwierzęce	nawozy
mechaniczne	o o o o o o o o o	+ + + + + + + + +			
akustyczne					
cieplne					
dyfuzyjne					
elektryczne					
optyczne					

– brak opracowań

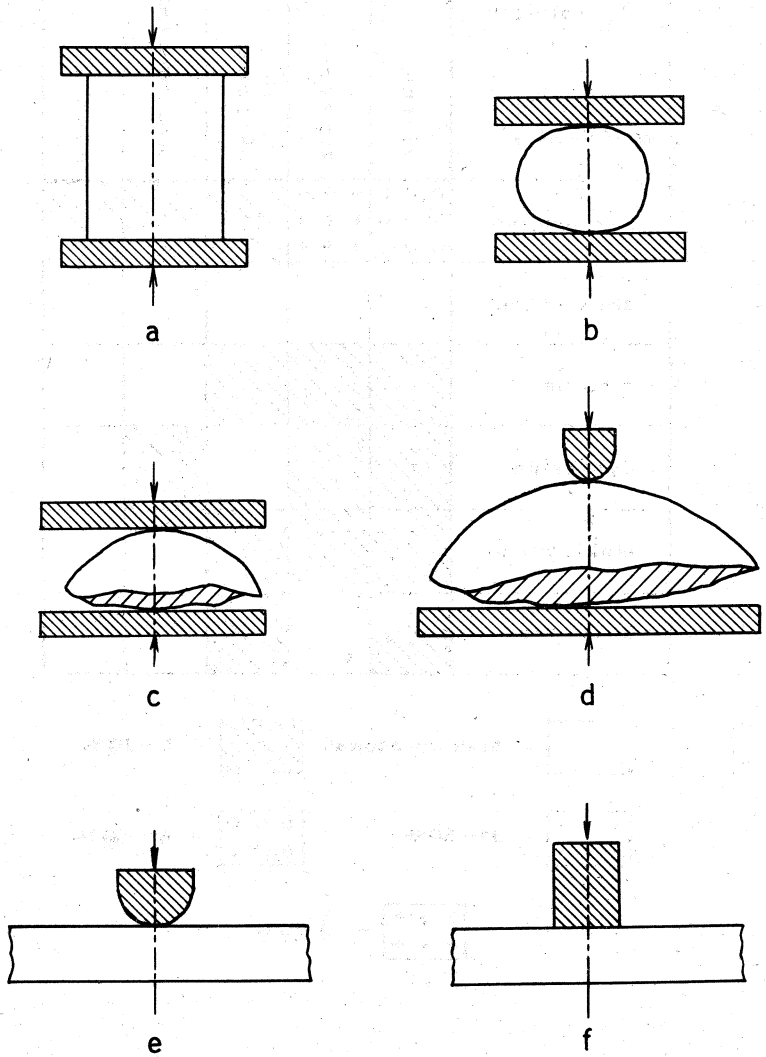
– 1 – 30 %

– 31 – 60 %

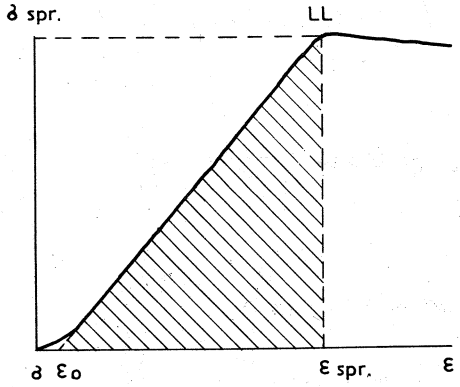
– 61 – 90 %

– > 90 %

Ryc. 1

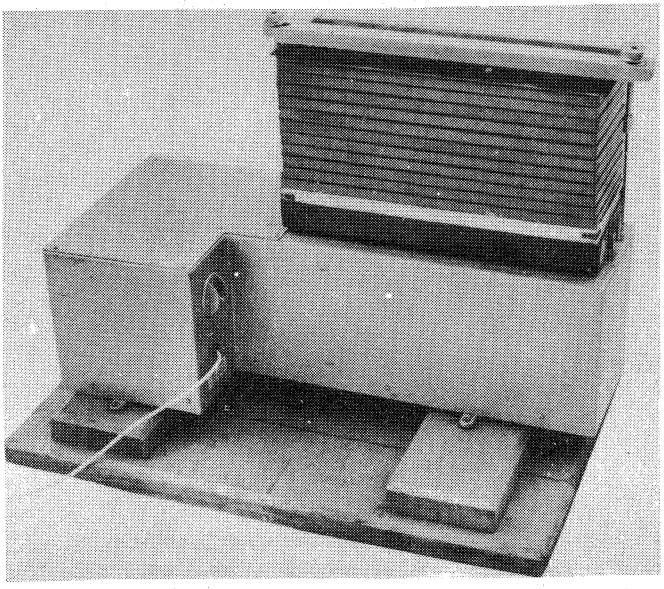


Ryc. 2



ε o — odkształcenie zerowe próbki
ε spr. — odkształcenie sprężyste
σ spr. — naprężenie sprężyste
LL — granica sprężystości liniowej

Ryc. 3



Ryc. 4

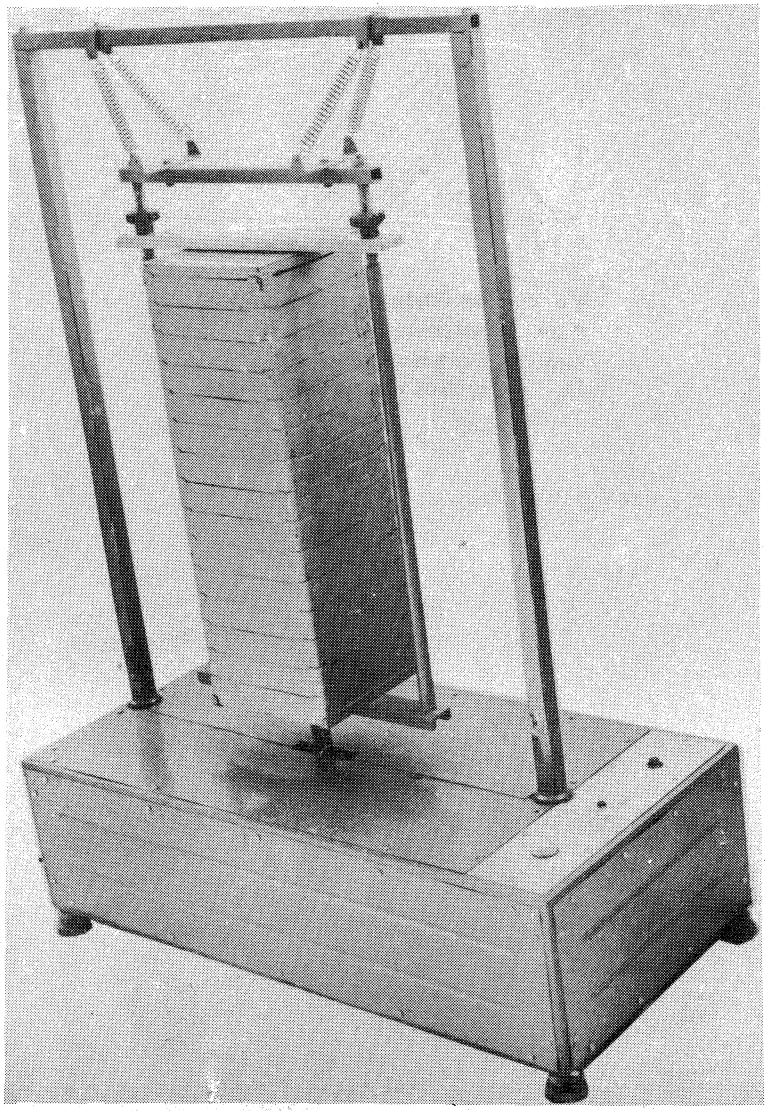


Рис. 5

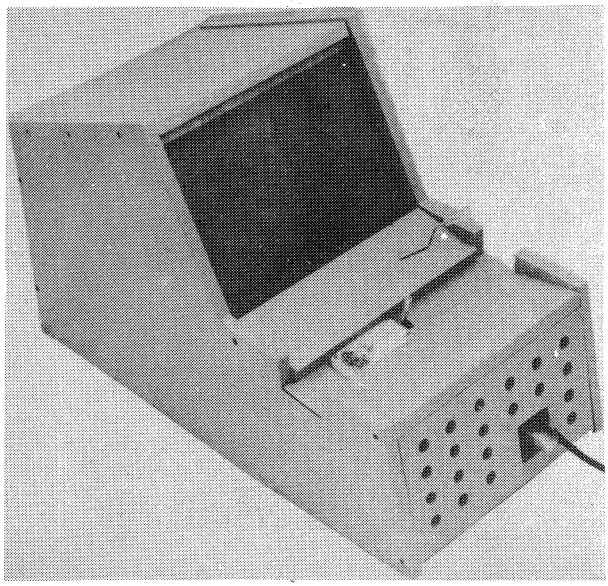


Рис. 6

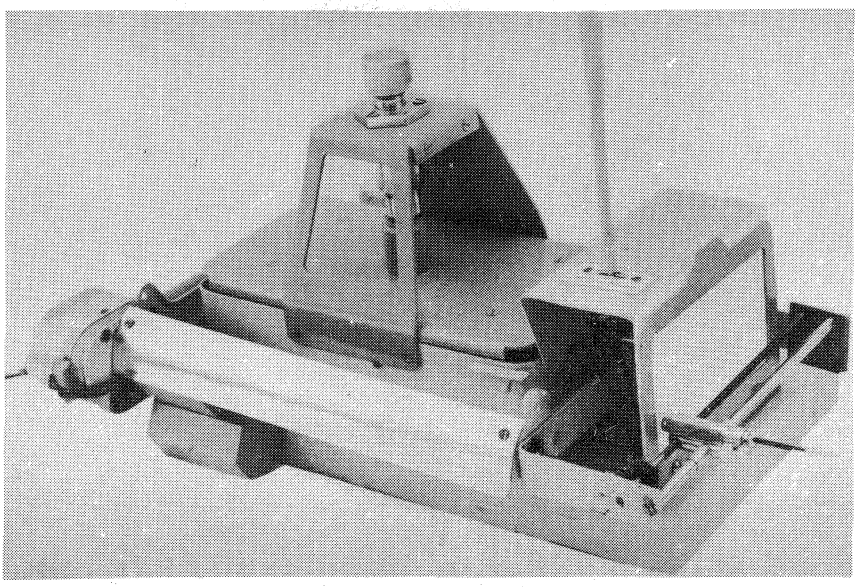


Рис. 7

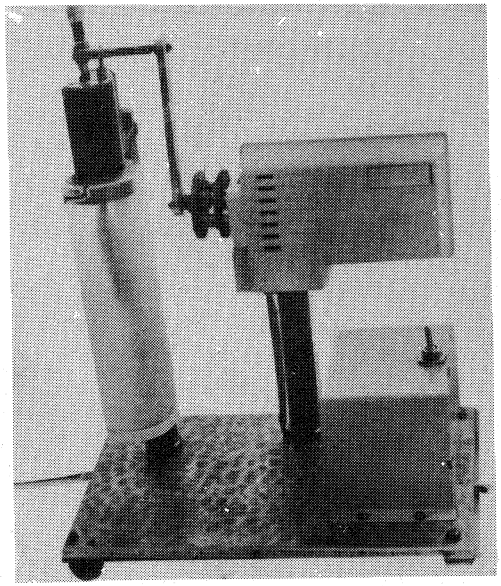


Рис. 8

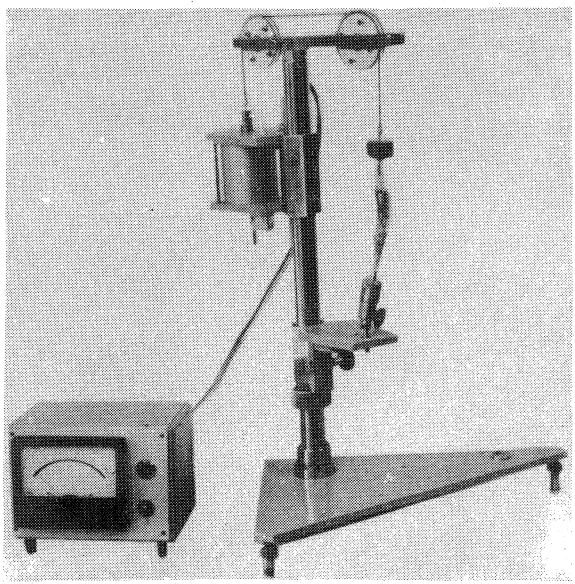


Рис. 9

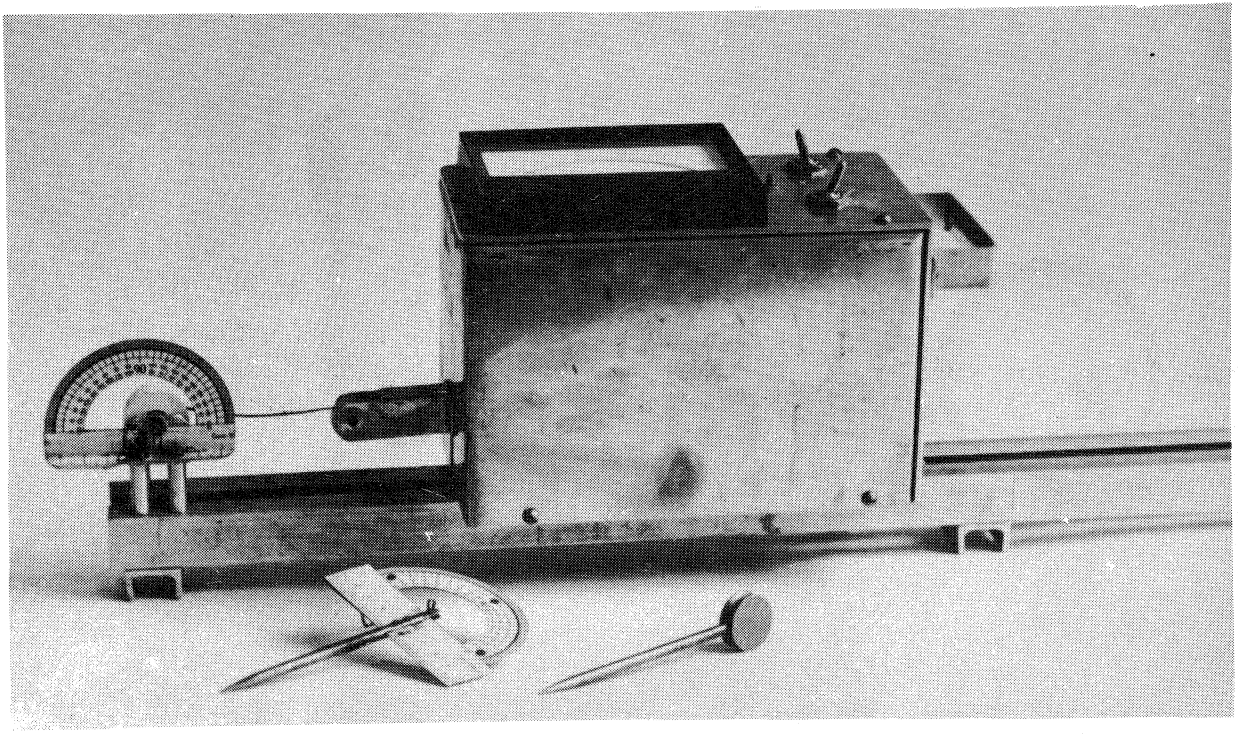


Рис. 10

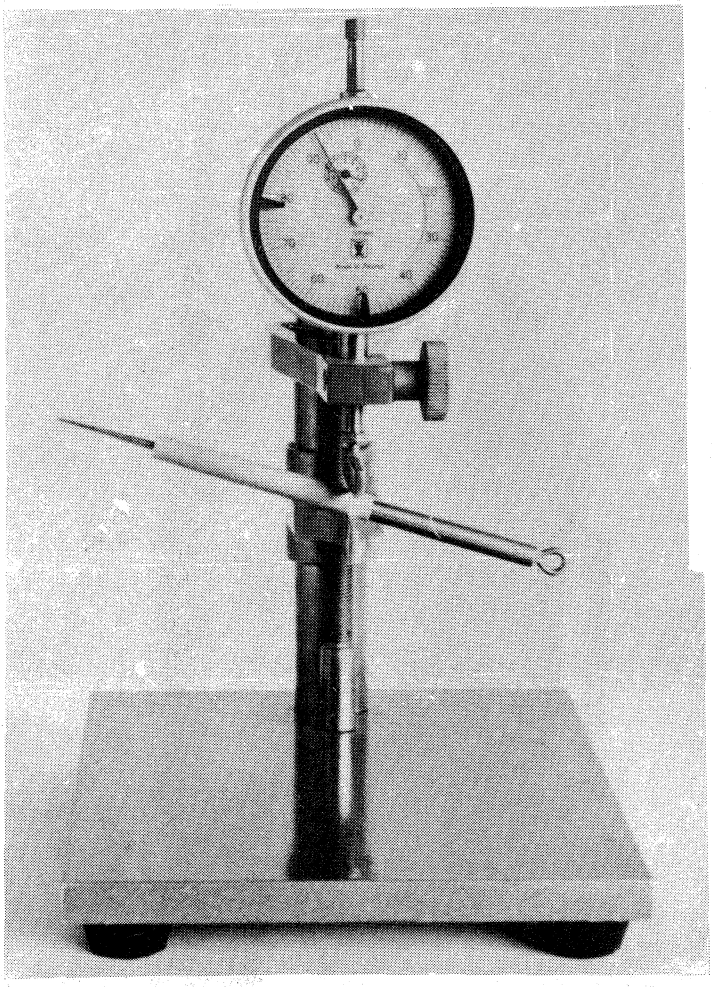
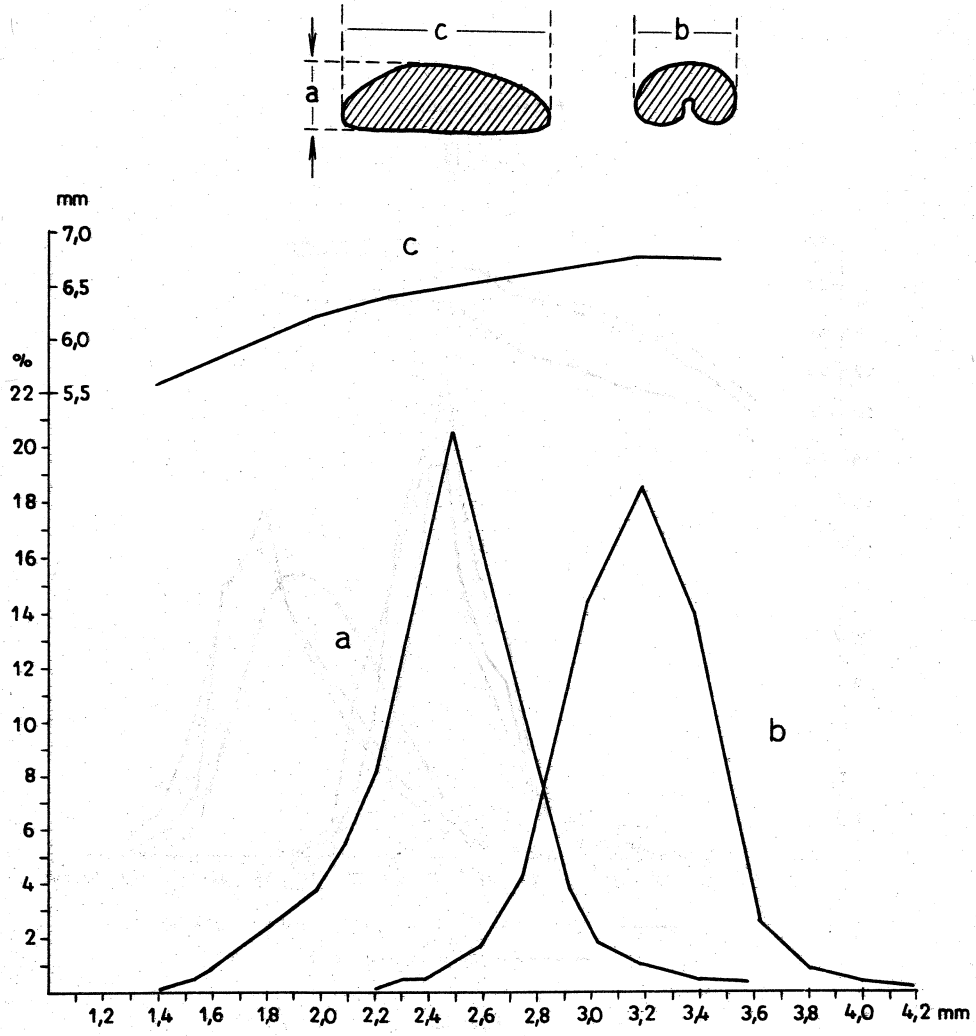


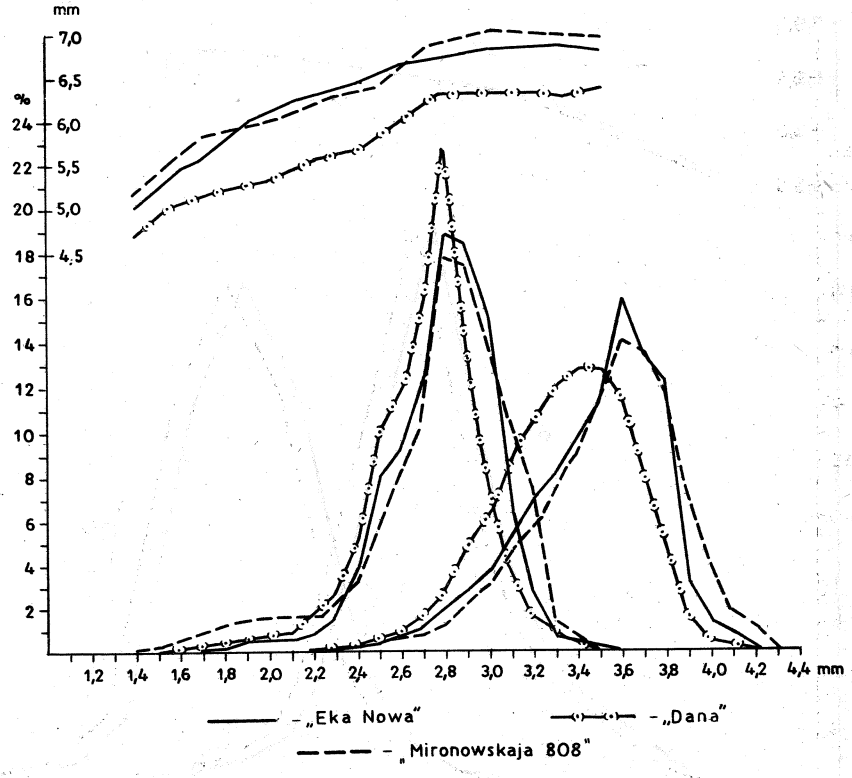
Рис. 11



a – grubość b – szerokość c – długość

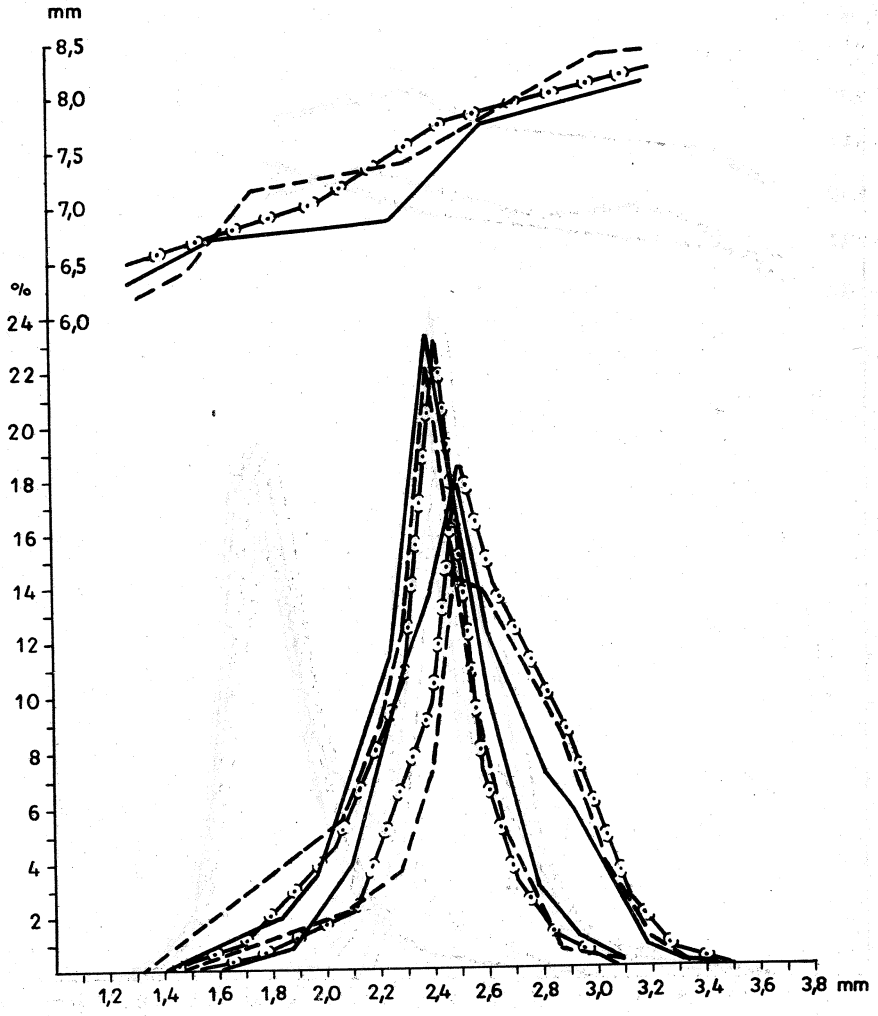
Ryc. 12

Pszenica ozima



Ryc. 13

Żyto

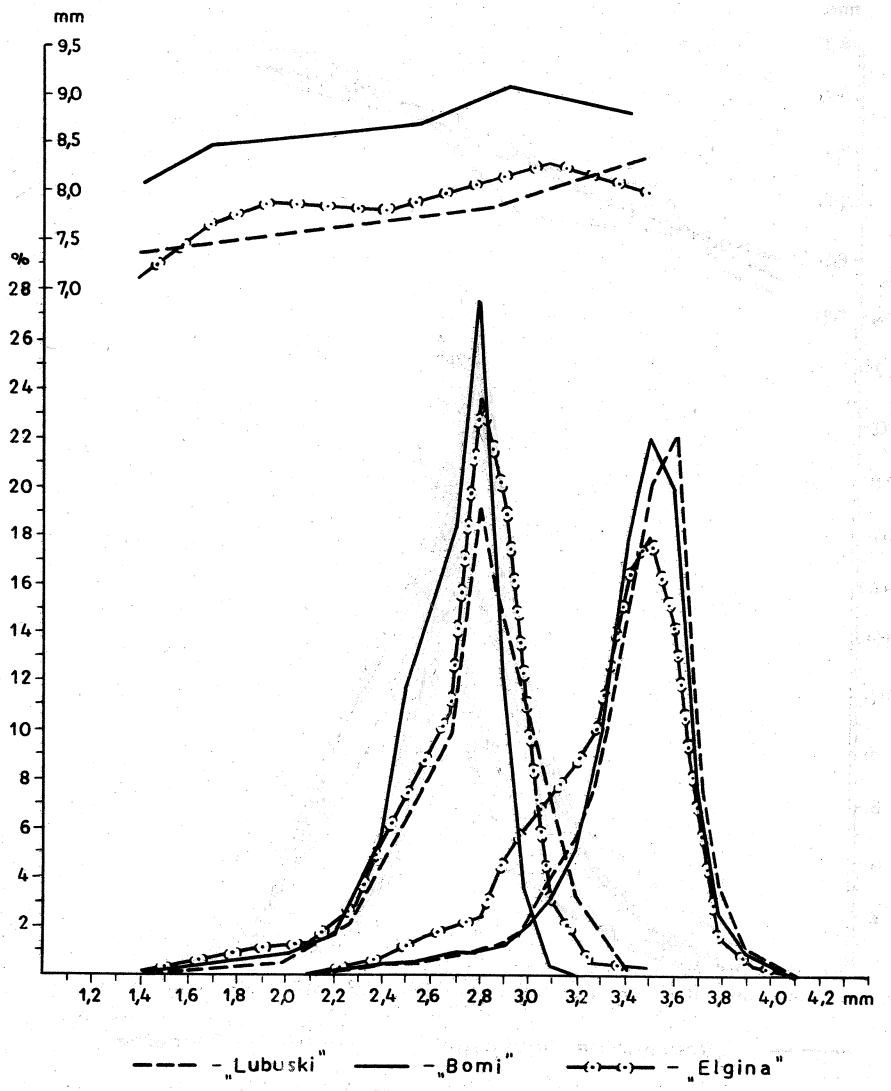


— — — - „Dańkowskie Selekcyjne" ——— - „Pancerne"

—(·)—(·)— - „Dańkowskie Złote"

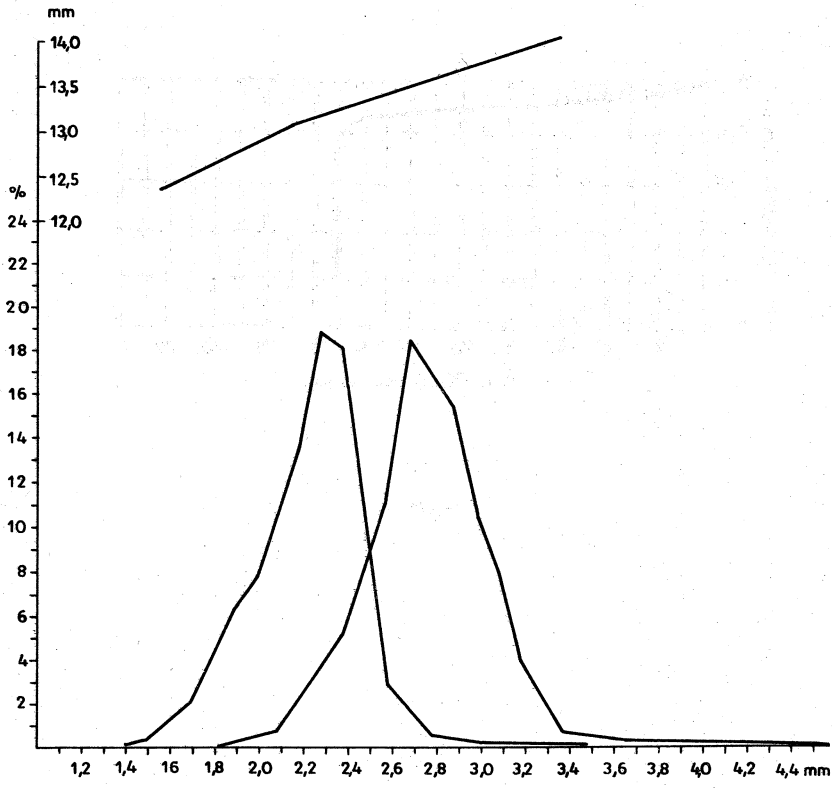
Ryc. 14

Jęczmień

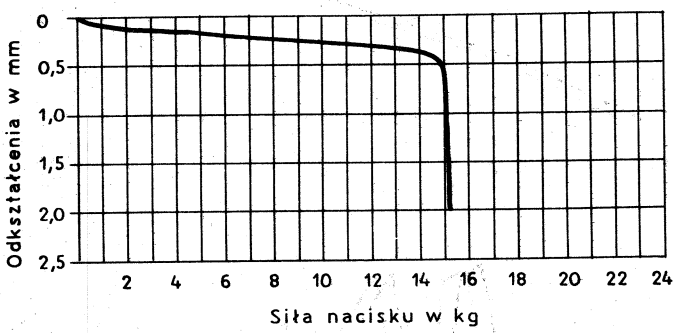


Ryc. 15

Owies


mm
14,0
13,5
13,0
12,5
12,0
%
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
1,2
1,4
16
1,8
2,0
2,2
2,4
2,6
2,8
3,0
3,2
3,4
3,6
3,8
4,0
4,2
4,4 mm

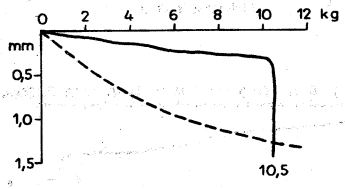
Ryc. 16


Odkształcenia w mm
0
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
Siła nacisku w kg

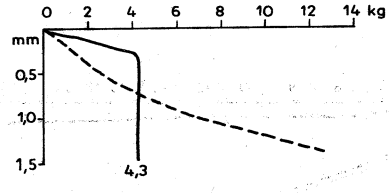
Ryc. 17

Pszenica ozima

„Eka Nowa"



„Dana"

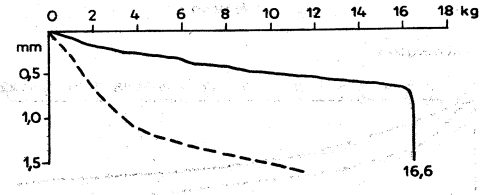


Poziomy wilgotności

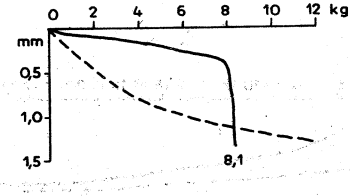
——— - 10 %
– – – - 30 %

Żyto

„Pancerne"



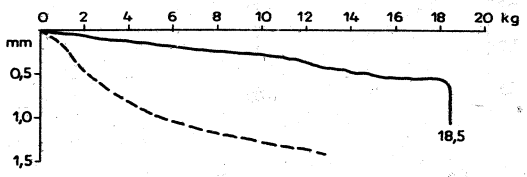
„Dańkowskie Złote"



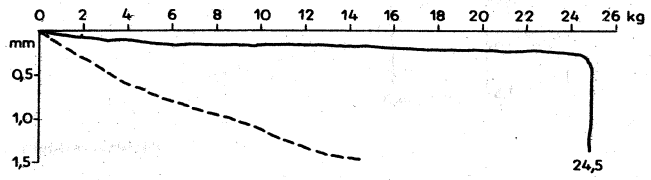
Ryc. 18

Jęczmień

„Lubuski"

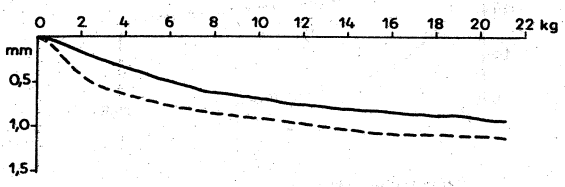


„Bomi"

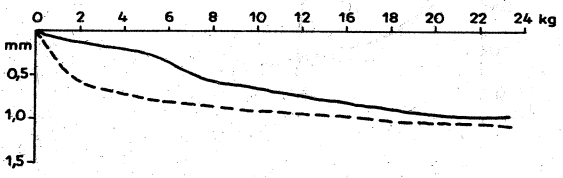


Owies

„Romulus"



„Diadem"



Ryc. 19