

problemy agrofizyki

POLSKA AKADEMIA NAUK • INSTYTUT AGROFIZYKI



Ossolineum

zeszyt 65

rok 1991

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

PROBLEMY AGROFIZYKI 65

JAN GLIŃSKI, KRYSTYNA KONSTANKIEWICZ

METODY I APARATURA DO BADAŃ AGROFIZYCZNYCH II. MATERIAŁ ROŚLINNY

METHODS AND EQUIPMENT FOR AGROPHYSICAL INVESTIGATIONS II. PLANT MATERIAL

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

1991

Komitety redakcyjne
prof. dr JAN GLIŃSKI (redaktor naczelny)
prof. dr IGNACY DECHNIK, prof. dr hab. BOGUSŁAW SZOT
doc. dr hab. RYSZARD WALCZAK

Okładkę projektował Zygmunt Ziemka

Wykonano ze składopisu dostarczonego przez Instytut Agrofizyki

© Copyright by Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo. Wrocław 1991
Printed in Poland

PL ISSN 0137-6586
ISBN 83-04-03938-9

Zakład Narodowy im. Ossolińskich-Wydawnictwo. Wrocław
Zakład Graficzny Politechniki Wrocławskiej
zam. 929/91

SPIS TREŚCI

Przedmowa	5
Preface	
1. Metody pomiaru parametrów mechanicznych źdźbła zbóż	7
Methods of measuring mechanic parameters of culm of cereals	
2. Metoda określania gęstości źdźbła	16
Method for description density of culm	
3. Metoda oceny podatności zbóż na osypywanie	18
Method for evaluation of susceptibility of cereals to shedding of grain	
4. Metoda określania siły wiążącej ziarno z kłosem i szyszek chmielu z pędem	21
Method for determining the force binding grain with the ear	
5. Metoda określania podstawowych wymiarów geometrycznych ziarna	24
Method for determining the geometrical properties of grain	
6. Metoda określania doraźnej odporności ziarna na obciążenia statyczne	27
Method for determining temporary resistance of grain to static loadings	
7. Metoda pomiaru prędkości propagacji fali rozluźnienia w ośrodku ziarnistym	30

8. Metoda przygotowania próbki ośrodka ziarnowego o żądanej orientacji przestrzennej niesferycznych ziaren 33
 Method of preparation of a sample coming from a grain medium having a distinguished spatial orientation of grains
9. Zastosowanie metody bezpośredniego ścinania do wyznaczania kąta tarcia wewnętrznego nasion roślin uprawnych 35
 Utilization of the method of direct shearing in order to establish the angle of internal friction of grains coming from cultivated plants
10. Metoda pomiaru siły tarcia zewnętrznego materiałów sypkich 37
 Method of measuring the power of internal friction of loose materials
11. Metoda pomiaru siły tarcia dwóch ziarn o płaską płytkę 41
 Method of measuring frictional force of two grains against a flat plate
12. Metoda pomiaru rzeczywistej powierzchni kontaktu ziarna z płaską powierzchnią 44
 Method of measurement of the real surface of contact of a grain with a flat surface
13. Metoda porometryczna określania porowatości masy ziarna zbóż 48
 Porometric method of determination of porosity of the bulk of grain
14. Sposób nastawiania nasion na kiełkowanie oraz zestaw kaset do nastawiania nasion 51
 Method of preparation of seed for germination and set of cassettes serving this purpose
15. Metoda wibracyjna badania gęstości usypnej materiałów sypkich 54
 Vibration method used for estimation of bulk density of a heap for med by loose materials
16. Metoda bezpośredniego pomiaru odkształcenia względnego nasion oraz polowy miernik odkształcenia względnego 60
 Method of the direct measurement of strain of seeds and field strain meter of the mechanical resistance

17. Metoda wyznaczania parametrów mechanicznych materiałów roślinnych w kształcie walcowym	64
Method for determining mechanical properties of cylindrical shape plant material	
18. Metoda oceny odporności owoców roślin strączkowych na pękanie	69
Method for determining the resistance of pods to dehiscence	
19. Metoda testowania cech mechanicznych korzeni marchwi	72
Method for testing mechanical properties of carrot root	
20. Pomiar modułu sprężystości tkanek korzenia buraka cukrowego	77
Measurement of the modulus of elasticity of sugar beet root tissue	
21. Charakterystyka wymiarów ziarna pszenicy ozimej rozkładem normalnym-sklejonym	79
Characterization of the geometrical properties of winter wheat grain by the spline-normal distribution	
22. Metoda spektrofotometrycznego pomiaru wybarwienia owoców truskawki	81
Spectrophotometrical method of the measurement of strawberry fruit colouring	
23. Charakterystyka jędnosci owoców truskawki	83
Characteristics of strawberry fruit firmness	
24. Metoda badań nietrwałych produktów rolnych w warunkach próżniowego schładzania	85
Method of studying perishable agricultural products in the conditions of vacuum cooling	

PRZEDMOWA

Zeszyt przedstawia zestaw metod i aparatów do pomiaru właściwości fizycznych roślin i materiałów roślinnych opracowanych lub zmodyfikowanych z innych dyscyplin i stosowanych w Instytucie Agrofizyki Polskiej Akademii Nauk w Lublinie. Wszystkie omówione metody i aparaty były już publikowane w odrębnych pracach i dlatego są omówione skrótowo z odnośnikami do oryginalnych publikacji.

W opracowaniu materiałów udział wzięli:

Dobrzański B. (14, 15, 16), Gołacki K. (17, 19), Grundas S. (3), Horabik J. (7, 8, 12), Kuczyński A. (20, 21, 22, 23, 24), Molenda M. (9, 10, 11), Skubisz G. (1, 2, 4, 5, 6), Tys J. (18), Woźniak W. (13).

PREFACE

The volume presents a collection of research methods and instruments for measuring physical properties of plants and plant materials which have been developed or modified from other disciplines, and used at the Institute of Agrophysics of the Polish Academy of Sciences in Lublin. All the methods and instruments presented here have already been published separately elsewhere, therefore they are discussed briefly with reference to original papers.

The following persons took part in elaboration of this volume:

Dobrzański B. (14, 15, 16), Gołacki K. (17, 19), Grundas S. (3), Horabik J. (7, 8, 12), Kuczyński A. (20, 21, 22, 23, 24), Molenda M. (9, 10, 11), Skubisz G. (1, 2, 4, 5, 6), Tys J. (18), Woźniak W. (13).

1. METODY POMIARU PARAMETRÓW MECHANICZNYCH ŻDŹBŁA ZBÓŻ

Aktualny ciągle problem wylegania zbóż, jak również powodowane tym niekorzystnym zjawiskiem duże straty zbóż skłoniły do poszukiwań, które przybliżyłyby poznanie zagadnień wiążących się ze zmiennością właściwości fizycznych roślin zbożowych. Dlatego też opracowano metodę oceny parametrów mechanicznych żdźbła zbóż opartą na prototypowym zestawie przyrządów, a następnie kontynuowano na maszynie wytrzymałościowej firmy "Instron".

W skład zestawu pomiarowego wchodzi:

- elektrodynamometr polowy służący do pomiaru siły zginającej żdźbło w warunkach polowych [1],
- mikrozyrywarka elektromagnetyczna przystosowana do pomiaru siły zginającej dowolny odcinek żdźbła [2],
- miernik przekroju łodygi służący do pomiaru średnicy zewnętrznej i wewnętrznej żdźbła [3].

Elektrodynamometr polowy /rys. 1/ składa się z elektronicznego dynamometru, przewodnicy i uzupełniającego wyposażenia. Elektrodynamometr działa na zasadzie przetwornika pojemnościowego, w którym mierzona siła powoduje zmianę pojemności kondensatora, a jej wielkość jest odczytywana na mierniku wyskalowanym w jednostkach siły. W celu wykonania pomiaru wartości siły zginającej żdźbło w warunkach polowych przewodnicę elektrodynamometru umieszcza się naprzeciw żdźbła w odległości ok. 10 % mniejszej od jego wysokości. Zginanie żdźbła polega na ręcznym przesuwaniu dynamometru po przewodnicy. Wartość siły odczytuje się na mierniku. Współczynnik zmienności wynosi 7,38 %. Umieszczony tuż za żdźbłem wyskalowany ekran (11) umożliwia pomiar wysokości rośliny oraz kąta działania siły i strzałki ugięcia.

Chcąc wyeliminować tzw. "wyleganie korzeniowe" w czasie pomiarów, dolną część żdźbła (tuż nad węzłem krzewienia) usztywnia się za pomocą specjalnych krążków (12). Działanie siły nie obejmuje wtedy systemu korzeniowego w trakcie zginania żdźbła (1).

Mikrozrywarka elektromagnetyczna /rys. 2/ składa się ze statywu pomiarowego, zespołu sterującego oraz przystawki służącej do ustalania strzałki ugięcia.

Zasada działania mikrozrywarki polega na stopniowym wzroście prądu elektrycznego w obwodzie elektromagnesu, co tym samym powoduje narastanie siły oddziałującej na umieszczony w cewce ruchomy rdzeń. Wartość prądu zasilającego główną cewkę elektromagnesu jest wskazywana na mierniku wycechowanym w jednostkach siły.

Zakres pomiarowy przyrządu wynosi od 0 do 4 N z możliwością jego zwiększenia do 12 N poprzez obciążenie rdzenia. Współczynnik zmienności wynosi 2,87 %. Przystępując do pomiarów żdbło umieszcza się w zaczepach listwy, rozstawionych w stałej odległości i zakłada się uchwyt w połowie długości zginanego odcinka. W momencie odkształcenia żdbła o ustaloną strzałkę ugięcia następuje aretowanie wskaźnika siły. Po włączeniu przystawki aparat może służyć do pomiaru maksymalnej siły zginającej żdbło. W późniejszym okresie mikrozrywarkę zastąpiła maszyna wytrzymałościowa "Instron", gdzie jest możliwość ciągłego rejestrowania siły zginającej i strzałki ugięcia.

Miernik przekroju łodygi /rys. 3/ składa się ze statywu i stożka pomiarowego. Zakres pomiarowy przyrządu wynosi od 0 do 10 mm, a dokładność odczytu 0,01 mm.

Stawiając ostrze przyrządu na krawędzi przeciętego żdbła odczytuje się wartość średnicy zewnętrznej /rys. 3a/, natomiast wykonując pomiar na stożku tuż przy żdbłu otrzymuje się wartość średnicy wewnętrznej /rys. 3b/. Współczynnik zmienności w przypadku pomiaru średnicy zewnętrznej wynosi 3,41 %, a dla średnicy wewnętrznej 5,35 %.

Uzyskane z pomiarów dane charakteryzują przede wszystkim wartości siły zginającej oraz podstawowe cechy geometryczne żdbła. Ocena właściwości mechanicznych żdbła otrzymuje się poprzez wyznaczenie współczynnika sprężystości, sztywności i naprężeń zginających.

W celu wyznaczenia współczynnika sprężystości dla odcinków żdbła zastosowano - najbardziej zbliżoną do oceny tego typu materiału - teorię zginania belki sprężystej o przekroju kołowym, podpartej na dwóch końcach. Współczynnik sprężystości (E) wyraża się zatem wzorem:

$$E = \frac{Pl^3}{48yJ} \quad (1)$$

gdzie: P - siła zginająca odcinek żdźbła,
 l - długość odcinka żdźbła między zaczepami,
 y - strzałka ugięcia,
 J - moment bezwładności wyrażony wzorem:

$$J = \frac{\pi}{64} (\Phi_z^4 - \Phi_w^4) \quad (2)$$

gdzie: Φ_z - średnica zewnętrzna odcinka żdźbła,
 Φ_w - średnica wewnętrzna odcinka żdźbła.

Wielkości geometryczne (średnice) mierzono w punkcie przyłożenia siły zginającej, tj. w środku długości odcinka. Wielkości te pozwoliły jednocześnie wyznaczyć grubość ścianki żdźbła:

$$G = \frac{\Phi_z - \Phi_w}{2} \quad (3)$$

Sztywność (EJ) dla poszczególnych odcinków żdźbła wyznaczono z przekształconego wzoru (1) uzyskując następujące wyrażenie:

$$EJ = \frac{Pl^3}{48y} \quad (4)$$

Naprężenie zginające (σ) obliczono natomiast według wzoru:

$$\sigma = \frac{M_g}{W} \quad (5)$$

gdzie: $M_g = \frac{Pkl}{4}$; $W = \frac{(R^4 - r^4)}{4R}$

gdzie: M_g - moment gnący,

W - wskaźnik wytrzymałości przekroju na zginanie,

P_k - maksymalna siła zginająca odcinek żdźbła,

l - długość odcinka żdźbła,

$$R = \frac{\Phi_z}{2} \quad r = \frac{\Phi_w}{2}$$

Do opisu teoretycznego procesu zginania całego żdźbła w warunkach połowych zastosowano teorię dla belek zginanych o małe kąty, podpartych na jednym końcu. Według niej współczynnik sprężystości wyraża się następująco:

$$E = \frac{p' l^3}{3yJ'} \quad (6)$$

gdzie: $p' = p \cos \alpha$,

p - wartość siły zginającej żdźbło,

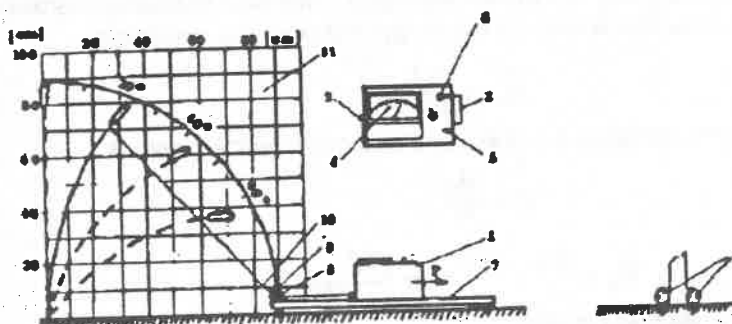
α - kąt działania siły,

l - długość,

y - strzałka ugięcia,

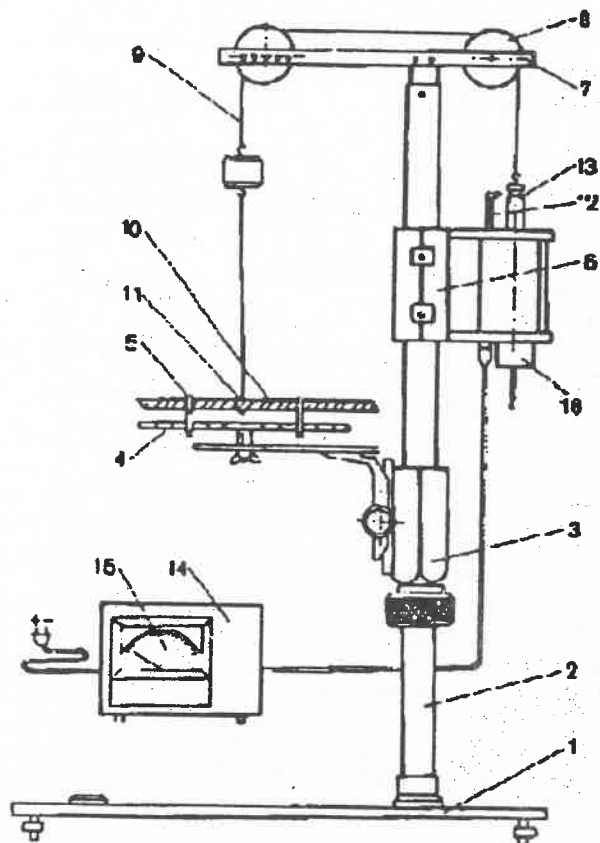
J' - średni moment bezwładności (wyznaczony na podstawie wartości charakteryzujących odcinki żdźbła).

Stosując przedstawioną aparaturę pomiarową i rozważania teoretyczne przeprowadzono wieloletnie badania właściwości mechanicznych żdźbła zbóż [4, 5, 6, 7].



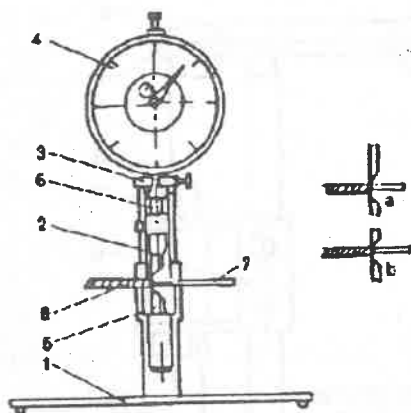
Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego z elektrodynamometrem połowym: 1 - elektroniczny dynamometr; 2 - zaczep do linki odkształcającej żdźbło; 3 - uchwyt do ręcznego przesuwu; 4 - miernik wyskalowany w jednostkach siły; 5, 6 - dwa zakresy pomiarowe (0-0,25 N i 0-0,5 N); 7 - prowadnica; 8 - krążek pomiarowy; 9 - kątomierz; 10 - linka dynamometru; 11 - ekran; 12 - krążki

Fig. 1. Scheme of measuring set including field electro-dynamometer: 1 - electro-dynamometer; 2 - bending rope holder; 3 - manual shifting holder; 4 - force meter (scaled in the force units); 5, 6 - measuring range adjusters (0-0.25 N and 0-0.5 N); 7 - guide bar; 8 - measuring circle; 9 - angle-meter; 10 - bending rope; 11 - screen; 12 - circles



Rys. 2. Schemat mikrozywarki elektromagnetycznej: 1 - podstawa; 2 - kolumna; 3 - ruchomy stolik pomiarowy; 4 - listwa; 5 - zaczepy do żdźbła; 6 - korpus mocujący obudowę elektromagnesu; 7 - poprzeczny wysięgnik; 8 - układ krążków; 9 - linie; 10 - próbka żdźbła; 11 - uchwyty; 12 - wskaźnik położenia rdzenia; 13 - rdzeń; 14 - układ elektroniczny zespołu sterującego; 15 - miernik siły; 16 - przystawka z podziałką milimetrową

Fig. 2. Scheme of electromagnetic micropicker: 1 - stand; 2 - column; 3 - movable measuring table; 4 - slat; 5 - culm holder; 6 - electromagnet casing; 7 - cross outrigger; 8 - system of circles; 9 - rope; 10 - culm sample; 11 - holder; 12 - core position indicator; 13 - core; 14 - steering system; 15 - force-meter; 16 - side dish with millimeter gauge



Rys. 3. Schemat miernika przekroju lodygi: 1 - podstawa; 2 - kolumna; 3 - jarzmo; 4 - czujnik zegarowy; 5 - kowadełko; 6 - czujnik; 7 - stożek pomiarowy; 8 - odcinek źdźbła

Fig. 3. Stem thickness meter scheme: 1 - stand; 2 - column; 3 - bridge plate; 4 - dial gauge; 5 - anvil; 6 - gauge; 7 - measuring cone; 8 - cut culm

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Szot B., Demidziuk W.: Aparat do pomiaru sprężystości i wytrzymałości źdźbła w warunkach polowych, w szczególności źdźbła zbóż w okresie wegetacji. Patent nr 84087, 1977.
2. Szot B., Grundas St., Grochowicz M.: Urządzenie do pomiaru siły w badaniach agrofizycznych, a zwłaszcza do pomiaru siły osadzania ziarna w kłosie. Patent nr 84060, 1977.
3. Szot B., Skubisz G.: Zestaw do pomiaru przekroju poprzecznego lodygi wewnątrz pustej, zwłaszcza lodygi zboża. Wzór użytkowy nr 27453, 1977.
4. Skubisz G.: The determination of the Young's modulus of a stalk of winter wheat on the basis of field and laboratory measurements. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 1978, 203, 215-224.
5. Szot B., Skubisz G.: Zastosowanie zestawu pomiarowego do określania parametrów mechanicznych źdźbła pszenicy ozimej. Wyd. IHAR 1979, 135, 85-98.
6. Szot B., Skubisz G.: Characterization of winter wheat stalk elasticity on the basis of measurements in field conditions. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 1984, 245, 175-186.
7. Skubisz G.: Zagadnienie sprężystości źdźbła zbóż. Problemy Agrofizyki 1982, 39.

1. METHODS OF MEASURING MECHANIC PARAMETERS OF CULM OF CEREALS

Constantly actual problem of lodging, along with the caused by this unfavourable phenomenon loss of cereals provoked investigations which in turn made the matters connected with variability of physical properties

of cereal plants well known. That is why the method of estimation of mechanic parameters of cereal culm which is based on prototypic set of tools was worked out, and it was being continued on a resistance-strength testing apparatus of the firm "Instron".

To the measuring set belong the following:

- field electrodyndometer used for the purpose of measuring force bending culm in the field conditions [1],
- electromagnetic micropicker adopted for measuring the force bending in any chosen section [2],
- stem thickness meter used for estimation inner and outer diameter of the blade [3].

Field electrodyndometer /Fig. 1/ consists of electronic dynamometer, guide bar and supplementary equipment. Electrodyndometer functions using the principle of capacitance in which measured force cause changes in the capacity of the capacitor and the readings of its values are taken from the calibrated in the units of force meter. In order to take measurement of the values of the force bending culm in the field conditions - one has to place the guide bar opposite the culm in the distance of about 10 % smaller than its height. Bending of the culm consists of manual shifting of dynamometer along the guide bar. The value of the force is taken from the meter. The coefficient of variability is 7.38 %. Placed just behind the blade graduated (11) screen it makes measuring the height of the plant and the angle of activity of the force and the deflection arrows possible.

In order to eliminate so called "root lodging" during the measurement, the lower part of culm (just above the node of growth) is being made stiff with the help of special blocks (12). The influence of forces does not cover then the root system during the process of culm bending (1).

Electromagnetic micropicker /Fig. 2/ consists of a measuring stand, control unit along with the countershaft used for determination of the deflection arrow.

The principle of work of micropicker is based on gradual increase of electric current in the circuit of electromagnet which at the same time causes increase of force influencing placed in a coil movable core. The value of electric current feeding the main electromagnet coil is shown on a meter calibrated in the units of power.

The measuring range of the instrument comes from 0 to 4 N with the possibility of its enlargement to 12 N, by loading the core. Coefficient of variability is 2.87 %. While starting measurements the cereal culm is placed in catches of the rail which are fixed in a constant distance and the grip is arranged in the half of the bent section. In the moment of deformation of the cereal culm to the established values shown by the deflection arrow, there has the place areting of the indicator of force. After switching on the countershaft, the instrument can serve the purpose of measuring the maximum force bending a cereal culm. Later on, micropicker was replaced by tensile testing machine "Instron" in which there is possibility of constant registration of bending force and the deflection arrow.

Stem thickness meter /Fig. 3/ consists of a stand and a meter cone. The measuring range of this instrument is from 0 to 10 mm, precision of readings is 0.01 mm.

Placing the edge of the instrument on the edge of a cut culm, the readings are taken of the outer diameter /Fig. 3a/. While taking measurements on the cone just by the culm, one receives the value of the inner diameter /Fig. 3b/. Coefficient of variability in the case of measuring the outer diameter is 3.41 % and for the inner diameter 5.35 %.

The data received from the measurements characterise first of all values of bending force along with the basic geometric features of culm. Estimation of the mechanical properties of culm is obtained from determination of the coefficients of elasticity, of stiffness and of bending stresses.

In order to establish the coefficient of elasticity for sections of culms there was used - the closest to estimation of this type of material - the theory of bending of an elastic rod having circular cross-section, supported at its two ends. The coefficient of elasticity (E) then is expressed by means of the formula:

$$E = \frac{Pl^3}{48yJ} \quad (1)$$

where: P - the force bending a section of culm,

l - the length of the section of culm within the catches,

y - the deflection arrow,

J - moment of inertia:

$$J = \frac{\pi}{64} (\Phi_z^4 - \Phi_w^4) \quad (2)$$

where: Φ_z - the outer diameter of culm section,
 Φ_w - the inner diameter of culm section.

Geometrical values (diameters) were measured in the point of application of bending force - it means in the middle of the section. These values allowed at the same time to establish thickness of the wall of culm.

$$G = \frac{\Phi_z - \Phi_w}{2} \quad (3)$$

Stiffness (EJ) for the individual segments of culm was established from the rewritten formula (1) thanks to which we got the following expression:

$$EJ = \frac{Pl^3}{48y} \quad (4)$$

Bending stress (σ) was calculated according to the following formula:

$$\sigma = \frac{M_g}{W} \quad (5)$$

where: $M_{\text{óó}} = \frac{P_k l}{4}$; $W = \frac{(R^4 - r^4)}{4R}$

where: M_g - the moment of bending,

W - section modulus of the intersection for bending,

P_k - maximal force bending section of culm,

l - length of the segment of culm

$$R = \frac{\Phi_z}{2} \quad r = \frac{\Phi_w}{2}$$

For the theoretical description of the process of bending the whole culm in the field conditions there was used the theory invented for rod bent to small angles and supported at one end. According to it the coefficient of elasticity is expressed by:

$$E = \frac{p' l^3}{3yJ} \quad (6)$$

where: $p' = p \cos \alpha$,

p - value of the force bending culm,

α - the angle of impact of force,

l - length,

y - deflection arrow,

J' - average moment of inertia (deduced on the basis of values characteristic for sections of culm).

Using presented here measuring apparatus and theoretical considerations there were carried on examinations of mechanical properties of cereals [4, 5, 6, 7] lasting many years.

2. METODA OKREŚLANIA GĘSTOŚCI ŻDZBŁA

Wysokość plonów uzyskiwanych z jednostki powierzchni zależy w dużym stopniu od wielkości strat powodowanych wyleganiem zbóż. Niezbędna jest więc ocena odporności żdźbła na działanie czynników zewnętrznych, poznanie jego właściwości mechanicznych, decydujących o cechach wytrzymałościowych. Niewątpliwie gęstość żdźbła ma wpływ na zmienność jego właściwości mechanicznych [1, 2]. Dlatego też opracowano metodę określania gęstości żdźbła, opartą na prototypowym przyrządzie, tzw. mierniku przekroju łodygi (opis zamieszczono w poprzedniej pracy), który służy do pomiaru średnicy zewnętrznej i wewnętrznej żdźbła [3].

W celu przeprowadzenia pomiaru należy postawić ostrze przyrządu na krawędzi przeciętego żdźbła i odczytać wartość średnicy zewnętrznej, natomiast wartość średnicy wewnętrznej otrzymuje się wykonując pomiar na stożku tuż przy żdźbłę. Współczynnik zmienności w przypadku pomiaru średnicy zewnętrznej wynosi 3,41 %, a dla średnicy wewnętrznej 5,35 %.

Gęstość (masę właściwą) ρ i tzw. gęstość liniową ρ_1 żdźbła o naturalnej wilgotności wyznaczano według następujących wzorów:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{\pi}{4} \cdot l (\Phi_z^2 - \Phi_w^2)} \quad , \quad \left[\frac{\text{mg}}{\text{mm}^3} \right] \quad (7)$$

$$i \quad \rho_1 = \frac{m}{l} \quad , \quad \left[\frac{\text{mg}}{\text{mm}} \right] \quad (8)$$

gdzie: m - masa odcinka żdźbła podczas okresu dojrzałości
lub sucha masa tego odcinka,

l - długość badanego odcinka źdźbła,

Φ_z - średnica zewnętrzna,

Φ_w - średnica wewnętrzna.

Dla porównania określono także gęstość i gęstość liniową suchej masy badanych odcinków źdźbła (po odparowaniu wody).

Stwierdzono wpływ gęstości na zmienność właściwości mechanicznych źdźbła pszenicy w czasie wzrostu i rozwoju roślin.

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Skubiaz G.: Zależność współczynnika sprężystości od gęstości źdźbła pszenicy ozimej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 1987, 316, 159-170.
2. Skubiaz G.: Determination of the effect of density on the variability of the mechanical properties of winter wheat stalk during plant vegetation. Physikalisches Gesellschaft der DDR 4 Tagung Agrophysik, Rostock 1987, 228-233.
3. Szot B., Kolemba G.: Zestaw do pomiaru przekroju poprzecznego łodygi wewnętrznej, zwłaszcza łodygi zboża. Wzór użytkowy nr 27453, 1977.

2. METHOD FOR DESCRIPTION DENSITY OF CULM

Amount of crops obtained from a unit of area to a considerable degree is conditioned by the amount of loss caused by lodging of cereals. That is why it is indispensable to estimate culm resistance to the influence of external factors, getting to know its mechanical properties deciding about its resistance features. Indubitably, density of culm has an influence upon variability of its mechanical properties [1, 2]. That is why the method for estimation of density of culm was worked out, and this method was based on a prototypic device, so called stem thickness meter (description of it can be found in the previous work) which was used for measuring outer diameter and inner diameter of culm [3].

In order to carry out measurements one has to place the edge of the device on the brim of the cut culm and read values of the outer diameter. To make reading of the inner diameter possible, one has to take measurement on the cone just by the culm. Coefficient of variability in the case of measurements of outer diameter is 3.41 % and for the inner diameter 5.35 %.

Density (ρ) and so called linear density ρ_1 of culm having natural humidity was established according to the following formula:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{\pi}{4} \cdot l (\Phi_z^2 - \Phi_w^2)} \cdot \left[\frac{\text{mg}}{\text{mm}^3} \right] \quad (7)$$

and

$$\rho_1 = \frac{m}{l} \cdot \left[\frac{\text{mg}}{\text{mm}} \right] \quad (8)$$

where: m - bulk of a segment of culm during the period of ripeness or dry bulk of this segment,

l - length of the examined segment of culm,

Φ_z - outer diameter,

Φ_w - inner diameter.

For comparison there was also made estimation of density and linear density of dry bulk of the examined sections of culm (after evaporation of water).

It was stated that density has its influence on variability of mechanical properties of wheat culm during the time of the growth and development of plants.

3. METODA OCENY PODATNOŚCI ZBÓŻ NA OSYPYWANIE

Metoda jest przeznaczona do użytku zarówno przez hodowców w stacjach oceny odmian, jak i producentów dla ograniczenia strat powstających na skutek osypywania się ziarna zbóż przed zbiorem [1].

Istotą metody jest symulacja wymuszonych drgań kłosa dla wydzielenia nasion dorodnych.

Symulator osypywania ziarna /rys. 4/ jest elektromechanicznym wibratorem drgań wymuszonych o częstotliwości 50 ± 5 Hz i regulowanej amplitudzie od 0,5 do 6 mm. Napęd z silnika elektrycznego (1) przekazywany jest poprzez tarczę mimośrodową (3) i korbowód z widełkami (4) na suwak (8) ułożyskowany w tulejkach głowicy (7).

Tą drogą uzyskano zamianą ruchu obrotowego na posuwisto-zwrotny. Wewnątrz suwaka o przekroju okrągłym znajduje się otwór, przez który wprowadza się odcinek dokłosa z kłosem (9) i mocuje u góry zaciskiem (5). Zbiornik na ziarno osypane (6) zakłada się u dołu głowicy, która jest przytwierdzona do kolumny pionowej (2). Kolumna mocowana jest na postawie (10), gdzie znajduje się również transformator napięcia z wyłącznikiem (11).

Jako optymalny czas pracy aparatu przyjęto 30 s przy amplitudzie 5 mm. Takie parametry pracy ustalono po przeprowadzeniu serii wstępnych pomiarów na dużej liczbie kłosów różnych odmian pszenicy, żyta i jęczmienia. Amplituda 5 mm zapewnia stałą częstotliwość drgań 50 ± 5 Hz, zaś po 30 sekundach pracy aparatu nie stwierdzono dalszego istotnego osypywania się ziarna.

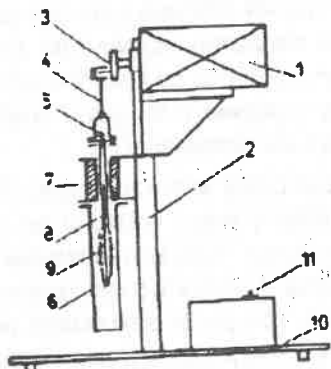
Kłosa przygotowywano wraz z odcinkiem dokłosa długości minimum 15 cm.

Dla zachowania podobnych warunków wilgotnościowych kłosa po ścięciu przenoszono do laboratorium w woreczkach foliowych i przeprowadzano pomiary.

Po zdjęciu zbiornika na ziarno osypane wprowadza się dokłose do otworu suwaka w ten sposób, aby osadka kłosowa oparła się o jego krawędź, a wystający u góry odcinek dokłosa umocowuje się zaciskiem. Po nałożeniu zbiornika uruchamia się aparat na okres 30 sekund. Z ilości i ciężaru ziarn oddzielonych w ten sposób od kłosa w porównaniu z pozostałymi w kłosie (po omłocie) obliczano procent ilościowy i wagowy ziarn osypanych. Każdy pomiar obejmował 25 kłosów danej odmiany, co pozwoliło na uzyskanie średniej reprezentatywnej wartości pomiaru.

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Szot B., Grundas S.: Próba zastosowania symulatora do oceny podatności zbóż na osypywanie. Biuletyn IHAR 1973, 3-4, 25-27.



Rys. 4. Schemat budowy symulatora osypywania ziarna: 1 - silnik elektryczny; 2 - kolumna pionowa; 3 - tarcza mimośrodowa; 4 - korbowód z widelkami; 5 - zacisk; 6 - zbiornik na osypane ziarna; 7 - głowica; 8 - suwak; 9 - kłos z dokłosem; 10 - podstawa; 11 - wyłącznik

Fig. 4. Scheme of grain shedding simulator: 1 - electric motor; 2 - vertical column; 3 - circular cam; 4 - connecting rod; 5 - clamp; 6 - shed grains container; 7 - head; 8 - slide block; 9 - ear; 10 - stand; 11 - step-down transformer

3. METHOD FOR EVALUATION OF SUSCEPTIBILITY OF CEREALS TO SHEDDING OF GRAIN

Method is destinated for breeders as well as for grain producers to describe yield losses resulted from shedding of grain before harvest.

The method consisted of applying simulated vibration of an ear to separate shapely grains.

It is an electromechanical vibrator of forced vibration with frequency of 50 ± 5 Hz and adjustable amplitude from 0.5 to 6.0 mm. Fig. 4. Power feed comes from electric motor (1) through circular cam (3), connecting-rod (4) on slide block (8) in slide bearing head (7). In this way rotation is transformed into reciprocating motion. Stalk with ear is inserted into aperture in slide block (9) and fastened

by clamp (5). Container for shed grain (6) is inserted under head (7), which is fixed to vertical column (2). This column is fixed to base (10) where is step-down transformer (11).

An amplitude 5 mm and test time of 30 seconds were optimal. This parameters were choosed after preliminary experiments carried out on large number of wheat, barley and rye ears. After 30 seconds of vibration there was no significant shedding.

4. METODA OKREŚLANIA SIŁY WIAŻĄCEJ ZIARNO Z KŁOSEM I SZYSZEK CHMIELU Z PĘDEM

Metoda opracowana przez Szota, Grundasa i Grochowicza polega na wyznaczaniu siły wiążącej ziarno z kłosem i uwzględnia nierównomierne dojrzewanie ziaren wzdłuż kłosa [1, 2, 3].

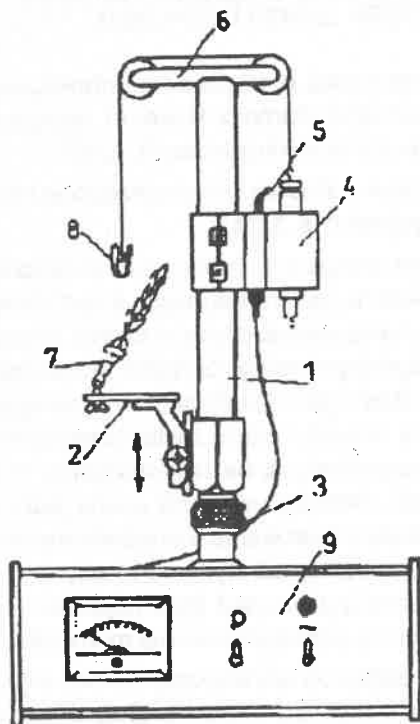
Pomiary siły wiążącej ziarno z kłosem przeprowadzono na mikrozrywarcie elektromagnetycznej /rys. 5/ [4].

Zasada działania aparatu polega na stopniowym zwiększaniu prądu elektrycznego w obwodzie elektromagnesu, a tym samym narastaniu siły oddziaływującej na umieszczony w cewce ruchomy rdzeń, połączony linką z precyzyjnymi szczypczykami, które umożliwiają uchwycenie ziarna osadzonego w kłosie bez naruszenia jego połączenia z osadką kłosową. Wartość prądu zasilającego główną cewkę elektromagnesu wskazywana jest na amperomierzu wycechowanym w jednostkach siły. Moment usunięcia ziarna jest rejestrowany przez impuls wywołujący aretowanie wskazówki miernika. Konstrukcja aparatu pozwala na takie uchwycenie kłosa, aby siła działająca na ziarno skierowana była wzdłuż jego najdłuższej osi /rys. 6/, co jest jedną z ważnych zasad opracowanej metodyki.

W celu przeprowadzenia pomiarów siły wiążącej ziarno z kłosem przede wszystkim w pierwszej kolejności mierzono długość każdego kłosa i podzielono go na 3 równe strefy (dolną, środkową i górną), zakładając zmienność rozkładu siły na długość kłosa. W każdej strefie pomiarami objęto 3 kłoski. Z każdego kłoska usuwano po jednym ziarniaku, uwzględniając środkowe i boczne /rys. 6/.

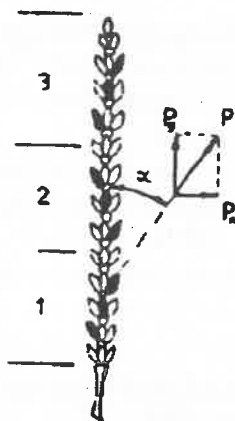
Dokładność metody wyrażona współczynnikiem zmienności wynosi 1,22 %.

Ponadto niniejszą aparaturę prototypową zastosowano do badania siły związania szyszek chmielu [5]. Stwierdzono, że zastosowana metoda pozwala na szybkie i dokładne pomiary siły wiążącej szyszkę chmielu z pędem, co ma szczególne znaczenie przy ocenie tej cechy materiału hodowlanego już w pierwszym etapie selekcji.



Rys. 5. Schemat mikro-zrzuwarki 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

Fig. 5. Scheme of electromagnetic micro device for grain stripping: 1 - vertical column; 2 - measuring table; 3 - clamp nut; 4 - electromagnet; 5 - initial core position indicator; 6 - cross outrigger with pulley block; 7 - turnbuckle self-fastener; 8 - pliers; 9 - steering system



Rys. 6. Schemat podziału kłosa na strefy i kierunek działania siły zrywającej wybrane ziarna: 1 - strefa dolna; 2 - środkowa, 3 - górna; P - maksymalna wartość siły (P_x , P_y - składowe); α - kąt działania siły P zgodny z osią symetrii ziarna

Fig. 6. Scheme of ear division onto zones and direction of stripping force for a given ear: 1 - lower zone; 2 - central zone; 3 - upper zone; P - maximal force value (P_x and P_y - components); α - force acting angle consistent with ear symmetry axis

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Haman J., Szot B.: Badanie sił wiążących ziarno z kłosem. Roczniki Nauk Rolniczych 1974, 71-C-2.
2. Szot B.: Metodyczne aspekty oceny cech fizycznych ziarna pszenicy. Roczniki Nauk Rolniczych 1976, 160-D-monografie.
3. Szot B., Grundas S., Grochowicz M.: Metoda określania siły wiążącej ziarno z kłosem. Roczniki Nauk Rolniczych 1974, 70-C-4.
4. Szot B., Grundas S., Grochowicz M.: Urządzenie do pomiaru siły w badaniach agrofizycznych, a zwłaszcza do pomiaru siły osadzania ziarna w kłosie. Patent nr 84060, 1977.
5. Milczak M., Szot B.: Próba zastosowania mikrozrywarki elektromagnetycznej do oceny pojedynków chmielu pod względem ich przydatności do zbioru mechanicznego. Roczniki Nauk Rolniczych 1976, 72-C-2.

4. METHOD FOR DETERMINING THE FORCE BINDING GRAIN WITH THE EAR

Method elaborated by Szot, Grundas and Grochowicz [1, 2, 3] consists of direct measurement of the force binding individual grain with ear. This method facilitates to include nonuniform rapening along the ear /Fig. 5/ [4].

Measurements were carried out on prototype electromagnetic microtensile testing machine. Increasing tensile force created by

increasing current in electromagnet is applied to grain through cord and very precise pliers. The maximum tensile force is recorded.

Construction of the apparatus facilitates the tensile force applied to grain to be directed along its long axis /Fig. 6/.

Measurements involved grains from three zones of the ear (bottom, medium and top). One grain was removed from each ear. Accuracy of method was estimated to be 1.22 %.

The testing machine was also used to measure the force binding hops with hop sprout [5].

5. METODA OKREŚLANIA PODSTAWOWYCH WYMIARÓW GEOMETRYCZNYCH ZIARNA

Metoda określania podstawowych wymiarów geometrycznych ziarna opracowana przez Szota, Grochowicza, Grundasa pozwala na określenie trzech podstawowych wymiarów ziarna: najmniejszy - grubość, największy - długość i pośredni - szerokość [1, 2, 3].

Zestaw pomiarowy stanowią:

- przesiewacz do ziarn z sitami o otworach podłużnych (szczelinowych),
- przesiewacz do ziarn z sitami o otworach okrągłych,
- optyczny miernik długości ziarn.

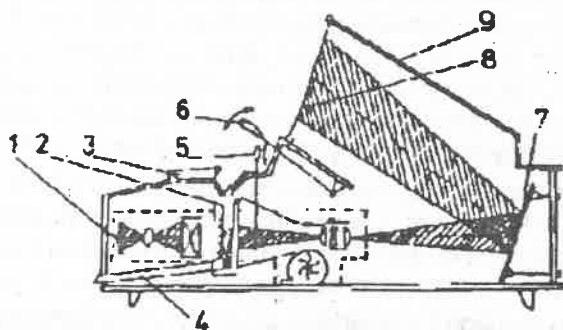
Sita o otworach podłużnych służą do określania grubości ziarn. Kolumna sortująca składa się z kompletu 22 sit, mieszczących się w przedziale wymiarowym od 1,4 do 3,5 mm z zachowaniem dokładności 0,1 mm między kolejnymi sitami. Ruchy poziome kolumny (260 na minutę przy amplitudzie 7 cm) uzyskuje się za pomocą zmodyfikowanej wytrząsarki typu Vogla. Próbkę ziarna o masie 250 g przesiewa się 15 min., otrzymując rozfrakcjonowany dokładnie materiał. Po zważeniu masy ziarna oddzielnie z każdej frakcji i obliczeniu procentu uzyskuje się rozkład wymiaru grubości.

Dokładność metody wyrażona współczynnikiem zmienności wynosi 3,42 %.

Sita o otworach okrągłych pozwalają określić szerokość ziarn (również z dokładnością do 0,1 mm). Kolumna składa się z 33 sit o zakresie od 1,4 do 4,6 mm. Wytrząsarka wykonuje ruchy pionowe (230 na minutę przy amplitudzie 3,5 cm) o charakterze wydłużonej litery O. Wielkości próbki i czas trwania pomiaru - jak przy oznaczaniu grubości.

Dokładność metody charakteryzuje się współczynnikiem zmienności wynoszącym 3,16 %.

Długość ziarn określa się za pomocą optycznego miernika [3], którego najistotniejszym elementem jest kareta pomiarowa wmontowana w zmodyfikowany rzutnik przeźroczy /rys. 7/. Konstrukcja karety umożliwia półautomatyczne ustawienie ziarna wzdłuż mierzonej osi i usunięcie go bezpośrednio po pomiarze. Podziałka umieszczona tuż przy ziarnie zapewnia odczyt z dokładnością do 0,1 mm na matowym ekranie odbierającym obraz ziarna z podziałką na zasadzie tylnej projekcji. Dokładność metody wynosi 1,23 %.



Rys. 7. Schemat budowy optycznego miernika długości ziarn: 1 - elementy typowego rzutnika przezroczystego; 2 - kaseta pomiarowa; 3 - zbiorniczek na ziarno; 4 - rynienka zsypowa; 5 - dźwignia do podawania i usuwania ziarna z kasety; 6 - regulacja ostrości obrazu; 7 - zwierciadło płaskie; 8 - matowy ekran; 9 - obudowa

Fig. 7. Scheme of optical grain length meter: 1 - elements of typical slide-projector; 2 - measuring backslide; 3 - grain container; 4 - grain chute; 5 - grain placing-replacing arm; 6 - image sharpness control; 7 - flat reflector; 8 - screen, 9 - casing

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Szot B., Grundas S.: Zastosowanie zestawu pomiarowego do dokładnego określania podstawowych wymiarów ziarna zbóż. *Hod. Rośl. Aklim.* 1974, 18, 1.
2. Szot B.: Metodyczne aspekty oceny cech fizycznych ziarna pszenicy. *Roczniki Nauk Rolniczych* 1976, 160-D-monografie.
3. Szot B., Grochowicz M., Grundas S.: Urządzenie optyczne do pomiaru parametrów geometrycznych nasion, a zwłaszcza do pomiaru długości nasion zbóż. Patent nr 83646, 1977.

5. METHOD FOR DETERMINING THE GEOMETRICAL PROPERTIES OF GRAIN

Method elaborated by Szot, Grochowicz and Grundas allows for determination of three basic dimensions of grain: the smallest - thickness, the biggest - length and intermediate - width [1, 2, 3].

Measuring set consists of:

- slotted screen,
- screen with circular holes,
- optical tester for grain length.

Slotted screen was used for measuring the grain thickness. Multideck slotted screen consists of 22 sieves in a range from 1.4 to 3.5 mm with a step of 0.1 mm. Horizontal vibrations (of a frequency of 260 per min.) and an amplitude of 7 cm were applied to the slotted screen for 15 minutes. Thickness distribution is obtained by weighing each fraction of grain. Accuracy of the method was 3.42 %.

Multideck screen with circular holes consisted of 33 sieves in a range from 1.4 to 4.6 mm with a step of 0.1 mm. Vertical vibration of a frequency of 230 per min. and an amplitude of 3.5 cm were applied to the screen for 15 minutes. Accuracy of the method was 3.16 %.

A measuring carriage mounted into a projector consists a basis of an optical tester for grain length [3]. Construction of the carriage enables form semiautomatical setting a grain along measured axis and removing a grain after measurement. Grain length is measured on focusing screen with accuracy of 0.1 mm /Fig.7/. Accuracy of the method was 1.23 %.

6. METODA OKREŚLANIA DORAŻNEJ ODPORNOŚCI ZIARNA NA OBCIĄŻENIA STATYCZNE

Metoda określania odporności ziarna na obciążenia statyczne, opracowana przez Szota, Grundasa i Grochowicza polega na określeniu przedziału zmienności wartości siły, jaka powoduje trwałe odkształcenia ziarna, czyli znane z praktyki uszkodzenia mechaniczne powstałe w czasie zbioru, transportu czy składowania.

Metoda ta wykorzystuje koncepcję układu mechanicznego ściskającego ziarno zbóż przy pomocy dwóch równoległych płaszczyczyn, zaproponowaną przez Mohsenina [1]. Na bazie tego układu skonstruowano aparat /rys. 8/ pozwalający na określenie doraźnej odporności ziarna na obciążenia statyczne wraz z ciągłą rejestracją narastającej siły w funkcji odkształceń [2, 3, 4].

Rejestrator odkształceń ziarna działa na zasadzie dźwigni dwuramiennej. Równolegle do jej osi przesuwają się obciążniki powodujący liniowe narastanie siły ściskającej ziarno umieszczone między płytkami. Jednocześnie pisak aparatu rejestruje przebieg całego pomiaru. Uzyskany wykres pozwala na odczyt wartości doraźnej siły z dokładnością do 1 N oraz wielkości odkształcenia z dokładnością do 0,05 mm.

Sposób określania doraźnych odkształceń ziarna przedstawiono na rysunku 9.

Analizując wykres uzyskano, że odcinek AB przedstawia przebieg liniowego narastania siły w funkcji odkształceń. Natomiast moment bardzo wyraźnego przegięcia krzywej pozwala na dokładne wyznaczenie maksymalnej wartości siły - po przekroczeniu której następuje zniszczenie struktury ziarna - oznaczono go punktem B. Łącząc punkt B prostopadłe do osi odkształceń otrzymujemy punkt C wyznaczający doraźne odkształcenie dla badanego ziarna. Wartości pośrednie między punktami A i C przyjęto umownie za odkształcenie sprężyste.

Na podstawie uzyskanych wykresów określano wartość energii doraźnych odkształceń L . Przy użyciu planimetru obliczano obszar pola zamkniętego między punktami ABC, zaś wielkość energii wyznaczano z zależności:

$$L = kS \quad (9)$$

gdzie: L - energia (J),

S - powierzchnia pola ABC (mm^2),

k - współczynnik przeliczeniowy zależny od stałej planimetru i skali wykresu (J/mm^2).

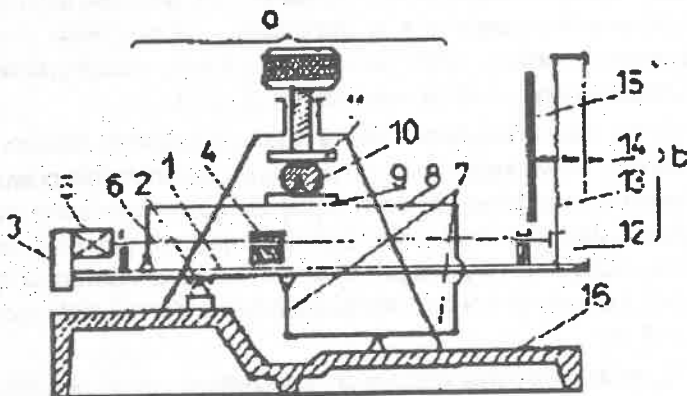
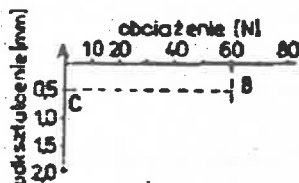


Fig. 8. Schemat rejestratora odkształceń ziarna: a - układ pomiarowy; b - układ rejestrujący; 1 - dźwignia dwuramienna; 2 - pryzmat; 3 - regulacja równowagi; 4 - obciążnik; 5 - silnik elektryczny; 6 - śruba prowadząca obciążnik; 7 - układ dźwigni; 8 - stolik pomiarowy; 9 - płytka dolna; 10 - ziarno; 11 - płytka górna; 12 - przekładnia stożkowa; 13 - śruba prowadząca piasek; 14 - piasek rejestratora; 15 - papier rejestracyjny; 16 - podstawa aparatu

Fig. 8. Scheme of grain strain recorder: a - measuring system; b - recording system; 1 - double arm lever; 2 - prism; 3 - balance control; 4 - ballast; 5 - electric motor; 6 - ballast guidebar; 7 - levers system; 8 - measuring table; 9 - lower plate; 10 - grain; 11 - upper plate; 12 - conical gear; 13 - pencil managing screw; 14 - pencil; 15 - recording paper; 16 - apparatus stand



Rys. 9. Sposób określania doraźnych odkształceń ziarna na podstawie uzyskanych wykresów: A - początek układu współrzędnych; B - umowna granica doraźnej odporności ziarna; C - wielkość doraźnego odkształcenia

Fig. 9. Manner of temporary strain of grains estimation basing on the graphs obtained: A - zero of coordinates; B - point of grain destruction; C - temporary strain of grain value

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Mohsenin N.N.: Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publishers 1970.
2. Szot B., Grundas S., Grochowicz M.: Metoda określania siły wiążącej ziarno z kłosem. Roczniki Nauk Rolniczych 1973, 70-C-3.
3. Grochowicz M., Grundas S., Szot B.: Urządzenie do rejestracji obciążeń nasion uprawnych, zwłaszcza ziarna. Patent nr 85471, 1977.
4. Szot B.: Metodyczne aspekty oceny cech fizycznych ziarna pszenicy. Roczniki Nauk Rolniczych 1976, 160-D-monografia.

6. METHOD FOR DETERMINING TEMPORARY RESISTANCE OF GRAIN TO STATIC LOADINGS

Method elaborated by Szot, Grundas and Grochowicz consists of measurement of force causing stable strain of grain (i.e., known from practice grain damages created during harvest, transport and storing).

Grain is compressed between two parallel planes according to method proposed by Mohsenin [1]. A prototype apparatus working according to this method allows to determine temporary resistance of grain to static loading /Fig. 8/. Grain loading increasing with a constant rate is recorded versus grain strain [2, 3, 4]. Accuracy of measured force is 1 N, while accuracy of measured displacement is 0.05 mm. Accuracy of the method is 3.4 %.

Figure 9 presents method of determining temporary strain of grain. Loading force increases linearly versus strain in the interval AB. Point B represents the moment of destruction of grain. Strain at the moment of destruction of grain is called temporary strain of grain (point C in Fig. 9). An elastic behaviour of grain was assumed between points A and C.

Energy of temporary strain L was determined from obtained plot of force versus strain according to following relationship:

$$L = kS \quad (9)$$

where: L - energy (J),

S - surface of a triangle ABC (mm^2),

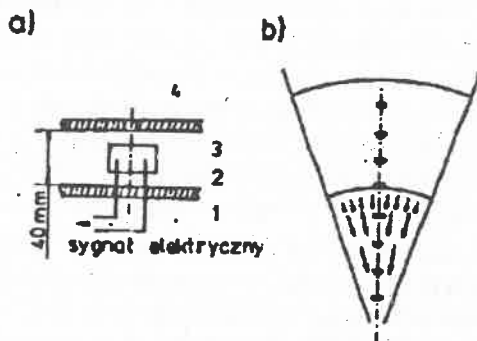
k - constant coefficient dependent on scale of a plot (J/mm^2).

7. METODA POMIARU PRĘDKOŚCI PROPAGACJI FALI ROZŁUŻNIENIA W OŚRODKU ZIARNISTYM

Metoda polega na pomiarze odstępów czasu, jakie upływają między otwarciem wylotu zbiornika a chwilami rozpoczęcia ruchu przez kolejne warstwy ośrodka [1]. Układ pomiarowy /rys. 10/ składa się z modelowego zbiornika materiału sypkiego w kształcie klina o wysokości 80 cm, grubości 4 cm i szerokości otworu wylotowego 5 cm. Przednie i tylne pionowe ściany zbiornika wykonane zostały ze szkła organicznego. Ściany boczne, nachylone pod kątem 15° , wykonano z drewna. W czołowej pionowej ścianie zbiornika (1) umieszczono poziomo, prostopadle do płyty, szklane poziłacane pręty (2) długości 20 mm, grubości 0,3 mm i wysokości 2 mm. Pręty te umieszczono parami w odległości 20 mm od siebie, symetrycznie względem osi zbiornika. Bezpośrednio poniżej pary prętów umieszczono metalową płytkę, która dotykając prętów zwierzała obwód elektryczny. Minimalne przemieszczenie ośrodka w dół powoduje rozwarcie obwodu elektrycznego. Wzdłuż osi symetrii zbiornika umieszczono 7 par styków w odległości 100 mm od siebie.

Ponieważ w miarę dosypywania materiału dolne jego warstwy osiadały powodując rozwarcie styków, zapewniono możliwość prze-

mieszczania prętów o ok. 2 mm. Wylot zbiornika zamykany jest zworą podtrzymywaną przez dwa elektromagnesy. W momencie otwarcia zbiornika kolejne warstwy materiału rozpoczynają wypływ grawitacyjny i rozwieranie kolejnych styków. Do pomiaru odstępów czasu wykorzystano czasomierze cyfrowe typu PEL-21 lub - w przypadku większych odstępów czasu - oscylograf pętlicowy. Zbiornik jest napełniony materiałem zawsze w jednakowy sposób. Na wysokości 50 cm powyżej górnej krawędzi zbiornika zainstalowano dodatkowy pojemnik, w którego dnie znajduje się szczelina o regulowanych wymiarach. Wypływający przez tę szczelinę materiał napełnia badany zbiornik klinowy strumieniem równomiernym na całym przekroju.



Rys. 10. Schemat układu do wyznaczania prędkości propagacji fali rozluźnienia ośrodka w kanale klinowym: a) czujnik przemieszczania: 1 - płyta czołowa; 2 - sztywne pręty; 3 - płyta; 4 - otwór w płycie; b) rozmieszczenie czujników wzdłuż wysokości zbiornika

Fig. 10. Scheme of the system measuring the loosening wave speed of propagation in wedge channel: a) displacement gauge: 1 - front wall; 2 - stiff rods; 3 - plate; 4 - opening in back wall; b) gauges placement along container length

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Horabik J.: A method of measurement of the bilutation wave velocity in granular material. Zesz. Probl. Post. Nauk Poln. 1985, 304, 123-130.

7. METHOD OF MEASURING SPEED OF PROPAGATION IN THE CASE OF LOOSENING WAVE IN THE GRANULAR CENTRE

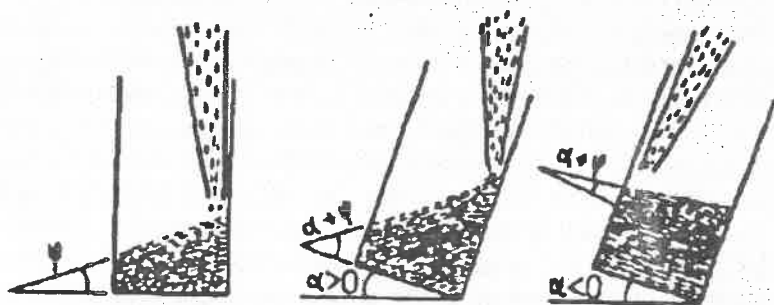
This method consists of taking down the time which passes between opening of the outlet of container and the moments in which movement of individual layers starts [1]. Measuring system /Fig. 1/ consists of a model container of granular material having the shape of a wedge - 80 cm high and 4 cm thick with 5 cm outlet. Front and back vertical walls of the container were made of organic glass. Side walls, with the angle of inclination of 15° , were made of wood. In the front vertical wall of the container (1) there were horizontally placed perpendicular glass rods covered with gold (2). They were 20 cm long, 0.3 mm thick and 2 mm high. The above mentioned rods were placed in twos - 20 mm apart from each other, symmetrically to the axis of the container. Just below the pair of bars there was put a metal plate, which by touching the bars was closing electric circuit. Minimal displacement of the centre down resulted in opening the circuit. Along the axis of symmetry of the container there were placed 7 pairs of contactors in the distance of 100 mm from each other.

Since with addition of the material, the lower layers of it were getting contracted causing this way opening of contractors, possibility of displacement of bars to about 2 mm was secured. The outlet of the container was closed by means of a clamp-hold by two electromagnets. In the moment of opening the container the successive layers of material were beginning their gravitational discharge by opening successive contactors. In order to measure lapses of time there were used digital time meters of PEL-21 type or in the case of bigger lapses of time there was used looping oscilloscope. The container was always filled with the material in the same way. At the height of 50 cm above the upper ridge of the container there was placed an additional container in which bottom there was a slit having regulated dimensions. Material coming through this slit was filling the investigated wedged container with a stream-even on its whole section.

8. METODA PRZYGOTOWANIA PRÓBKI OŚRODKA ZIARNOWEGO O ŻĄDANEJ ORIENTACJI PRZESTRZENNEJ NIESFERYCZNYCH ZIAREN

Metoda służy do przygotowania próbki materiału o żądanej orientacji przestrzennej ziaren. Tak przygotowane próbki stosowane są w badaniach wpływu struktury geometrycznej próbki na proces tarcia wewnętrznego materiału [1, 2, 3]. Metoda wykorzystuje kąt naturalnego usypu i zjawisko układania się ziarn dłuższą osią w kierunku tworzącej stożka usypu dla uzyskania żądanej orientacji przestrzennej ziarn próbki. Sposób przygotowania próbki dla testu trójosioowego ściskania przedstawiono na rysunku 11.

Ziarna zasypywane są z pojemnika do gumowej membrany rozpiętej na cylindrycznej formie przez prostokątny otwór wylotowy o wymiarach 10 x 50 mm. Wylot zbiornika usytuowany jest w pobliżu ściany formy i przesuwany w górę tak, by jego wysokość nad powierzchnią ziarna wynosiła stale ok. 20 mm. Kąt pomiędzy powierzchnią ziarna próbki a podstawą formy może być ustalany przez zmianę kąta nachylenia podstawy formy do poziomu /rys. 11/. Ziarno dąży do układania się dłuższą osią wzdłuż powierzchni powstającego stożka, zatem każda zmiana nachylenia formy do poziomu powoduje zmianę orientacji ziarna względem układu odniesienia związanego z próbką.



Rys. 11. Sposób przygotowania próbki o żądanej orientacji ziaren: ϕ - kąt naturalnego usypu; α - kąt nachylenia dna formy

Fig. 11. Manner of grain medium sample preparation of a distinguished spatial orientation of grains: ϕ - angle of natural repose; α - angle of inclination of the base of the form

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Szot B., Horabik J., Molenda M.: The effect of the spatial orientation of cereal grain in bulk on its mechanical behaviour. Collection of Papers, Faculty of Mechanization, Prague 1985, 873-878.
2. Oda M., Konishi J.: Soils and Foundations 1974, 14.
3. Oda M.: Fabrics and their effects on the deformation behaviours of sand. Dep. Found. Engng Fac. Engng Saitama Univ., Wydanie specjalne, 1976.

8. METHOD OF PREPARATION OF A SAMPLE COMING FROM A GRAIN MEDIUM HAVING A DISTINGUISHED SPATIAL ORIENTATION OF GRAINS

This method is used in order to prepare samples of material having a distinguished spatial orientation of grain. Samples prepared according to this method are used in investigations concerning the influence of geometric structure of the sample on the process of internal friction of material [1, 2, 3]. This method uses the angle of natural repose and the phenomenon of grains arranging themselves so that the longer axis is along the line of a created cone, in order to get the distinguished spatial orientation of grains of the sample. Figure 11 presents the method of preparation of the sample for the triaxial compression test.

Grains are being spilled from a container through a rectangular opening of the following dimensions 10 x 50 mm to a rubber membrane, which is stretched on a cylindric form. The outlet of the container is placed close to the wall of the form and moved upwards so the distance between it and the surface of grain was always 20 mm. The angle between the surface of the sample and the base of the form can be fixed by changing the angle of inclination of the base of the form towards the level /Fig. 11/. Grain has the tendency to arrange itself so that the longer axis is placed along the surface of the created cone, this way any change of inclination of the form to the level causes change in the orientation of grain as far as the reference system related to the sample is concerned.

9. ZASTOSOWANIE METODY BEZPOŚREDNIEGO ŚCINANIA DO WYZNACZANIA KĄTA TARCIA WEWNĘTRZNEGO NASION ROŚLIN UPRAWNYCH

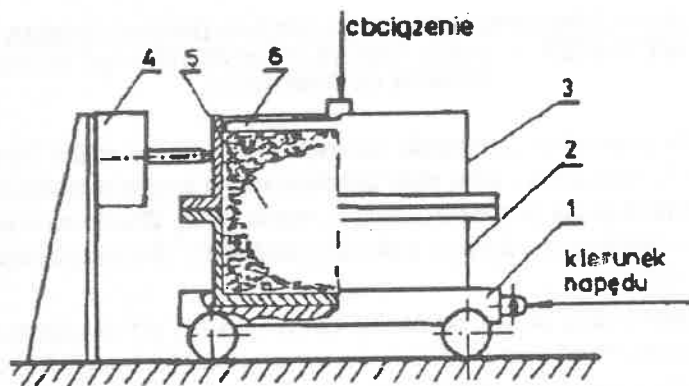
Do pomiarów kąta tarcia wewnętrznego nasion roślin uprawnych, a zwłaszcza ziarna zbóż zaadaptowano znaną w mechanice gruntów metodę bezpośredniego ścinania [1, 2]. Zbudowano aparat pomiarowy o komorze walcowej złożonej z dwóch pierścieni /rys. 12/.

Zasadniczą cechą odróżniającą ten aparat od powszechnie stosowanych są stosunkowo duże wymiary próbki: średnica równa 200 cm i wysokość równa 150 mm. Dolny pierścień (2) aparatu umieszczony jest na wózku (1) napędzanym silnikiem przez przekładnię śrubową. Wózek porusza się z prędkością 1 mm/s. Górny pierścień (3) opiera się w czasie pomiaru o przetwornik siły (4) włączony do elektronicznego układu pomiarowego. Próbkę (5) zasypała do cylindra przykrywana jest pokrywą (6) i obciążana grawitacyjnie przez obciążniki umieszczane w koszu poniżej bieżni wózka. Nacisk przenoszony jest przez pokrywę na ziarno znajdujące się w cylindrze.

Metodę zastosowano w badaniach wpływu anizotropii próbki na wytrzymałości ziarna zbóż w masie. Stwierdzono, że omawiana metoda pozwala mierzyć kąt tarcia wewnętrznego z dokładnością $1/2^\circ$ przy zastosowaniu pięciu poziomów obciążenia w trzech powtórzeniach.

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Balassy Z., Horabik J., Molenda M.: On friction properties of wheat grain. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 1987, 378, 11-20.
2. Szot B., Horabik J., Molenda M.: The effect of the spatial orientation of cereal grain in bulk on its mechanical behaviour. Zbiór artykułów Wydziału Mechanizacji Wyższej Szkoły Rolniczej w Pradze, 1985, 873-878.



Rys. 12. Schemat aparatu bezpośredniego ścinania: 1 - wózek; 2 - dolny pierścień; 3 - górny pierścień; 4 - przetwornik siły; 5 - próbka ziarna; 6 - pokrywa

Fig. 12. Direct shearing apparatus scheme: 1 - cart; 2 - lower ring; 3 - upper ring; 4 - force transducer; 5 - grain sample; 6 - cover

9. UTILIZATION OF THE METHOD OF DIRECT SHEARING IN ORDER TO ESTABLISH THE ANGLE OF INTERNAL FRICTION OF GRAINS COMING FROM CULTIVATED PLANTS

In order to measure the angle of internal friction of grains of cultivated plants there was adapted, known in the soil mechanics, method of direct shearing test [1, 2]. There was constructed a measuring apparatus having a cylindrical chamber consisting of two rings /Fig. 12/.

Big size of a sample: diameter equalling 200 cm and with height which comes to 150 mm, is the basic feature distinguishing this apparatus from the other generally used ones. The lower ring (2) of the apparatus is placed on a cart (1) moved by an engine with a screw gear. The cart moves with the speed of 1 mm/s. The upper ring (3) is supported during measurements on a force transducer (4) which is connected to the electric circuit. Sample (5) pored into the cylinder is covered by a cover (6) and gravitationally loaded by

dead-weights, placed in a basket below the trace of the cart. Pressure is transmitted by the cover on the grain present in the cylinder.

This method was used in the studies of the influence of anisotropy of grain on the resistance of the sample of small grains in bulk. It was stated that the discussed here method allows to measure the angle of internal friction with the accuracy coming to $1/2^\circ$, while using five levels of loading in three repetitions.

10. METODA POMIARU SIŁY TARCIA ZEWNĘTRZNEGO MATERIAŁÓW SYPKICH

Metoda i urządzenie pomiarowe przeznaczone są do pomiaru siły tarcia zewnętrznego materiałów sypkich, a zwłaszcza ziarna zbóż o powierzchnię cylindryczną z materiałów konstrukcyjnych używanych na elementy urządzeń czyszczących, sortujących i transportujących. Pomiar siły tarcia odbywa się przy równomiernym rozkładzie prędkości poślizgu badanego materiału w kontakcie z powierzchnią trącą. Prędkość poślizgu jest zmienna w sposób ciągły w stosowanym przedziale wielkości [1, 2, 3, 4].

Istota metody polega na wyposażeniu urządzenia w obrotowy pierścień (2) z nakładką cierną osadzony na poziomym wale łożyskowanym w łożyskach (1) napędzanym silnikiem prądu stałego (3) /rys. 13/. Nad pierścieniem ustalony jest za pomocą płaskich sprężyn (4) pojemnik (5) z próbką badanego materiału sypkiego, tworzący między powierzchnią nakładki cierniej a dolną krawędzią pojemnika szczelinę odpowiednią do granulacji badanego materiału sypkiego. Próbką obciążana jest grawitacyjnie poprzez obciążniki ustawiane na płytce położonej na powierzchni materiału sypkiego. Prędkość poślizgu ustawia się w sposób ciągły przez regulację prędkości obrotowej pierścienia pomiarowego za pomocą elektronicznego układu zadawania prędkości, sprzężonego z silnikiem prądu stałego. Silnik ten napędza wał pierścienia pomiarowego poprzez przekładnię pasową. Do pomiaru siły tarcia służy tensometryczny zestaw pomiarowy z tensometrami naklejonymi na spręży-

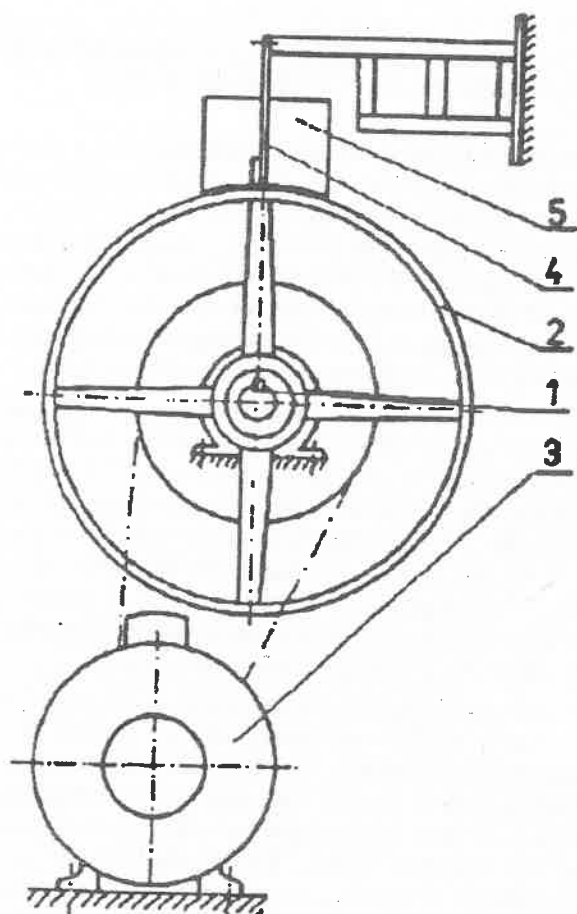
nach (4). Zmiana wartości siły w funkcji czasu zapisywana jest przy pomocy rejestratora. Aktualna prędkość obrotowa pierścienia pomiarowego przetwarzana jest na sygnał elektryczny napięcia i obserwowana na wskaźniku tablicowym. Zmiana prędkości poślizgu może być rejestrowana równocześnie ze zmianą siły tarcia na drugim kanale rejestratora.

Metoda własna opatentowana przez Urząd Patentowy PRL za nr 120183 z mocą od dnia 12.11.79.

W celu przeprowadzenia pomiaru przygotowuje się ziarno o określonej wilgotności i granulacji. Ustawia właściwą dla danej granulacji wielkość szczeliny między pojemnikiem a pierścieniem pomiarowym. Powierzchnię pierścienia pomiarowego należy wyczyścić rozpuszczalnikiem i wytrzeć suchą, czystą ścierką. Z próby ziarna pobiera się próbkę za pomocą pojemnika będącego w wyposażeniu urządzenia i poprzez lejek zasypuje do pojemnika próbki. Na powierzchni próbki układa się płytkę dociskową i obciąża założonym obciążeniem. Następnie włącza się przełączniki aparatury rejestrującej i napęd pierścienia pomiarowego z założoną prędkością. Próbkę obciąża się stopniowo do zakładanego obciążenia maksymalnego. Po każdym pomiarze należy oczyścić powierzchnię pierścienia, gdyż pokrywa się ona drobnymi cząstkami badanego materiału. Pomiar należy powtórzyć dziesięciokrotnie, a otrzymane wyniki opracować statystycznie.

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Brubaker J.E., Pos J.: Determining static coefficients of friction of grains on structural surfaces. *Trans. ASAE* 1985, 8, 1.
2. Fiala J.: Freni zemedelskich materialu. *Zemedelska Technika* 1965, 4.
3. Grochowicz M., Grundas S., Molenda M.: A device for investigation of the external friction of a grain medium. *Proc. II Int. Conf. on Physical Properties of Agricultural Materials*, Gödöllő, Hungary 1980.
4. Lawton P.J.: Coefficients of friction between cereal grain and various silo wall materials. *J. Agric. Engng Res.* 1980, 25, 75-86.



Rys. 13. Schemat układu pomiarowego: 1 - wał; 2 - pierścień pomiarowy; 3 - silnik;
4 - sprężyny; 5 - pojemnik próbk

Fig. 13. Scheme of measuring system: 1 - shaft; 2 - revolving ring; 3 - motor; 4 - springs;
5 - sample container

10. METHOD OF MEASURING THE POWER OF INTERNAL FRICTION OF LOOSE MATERIALS

The method and the measuring apparatus were assigned form measuring the power of internal friction of loose materials, especially of small grains touching cylindrical surface made of constructional materials used for elements of cleaning, sorting, and transporting devices. Measurement of the power of friction takes part with even distribution of sliding velocity of the studied material in the contact with a surface causing friction. The sliding velocity is variable in the continuous way within the used interval of dimensions [1, 2, 3, 4].

The essence of this method is based on providing the apparatus with a revolving ring (2) with friction-fish-plate placed on a ball-bearing-shaft in bearings (1) and driven by a direct current engine (3) /Fig. 13/. Above the ring there is fixed by flat springs (4) a container (5) with a sample of the investigated loose material, forming between the surface of the friction-fish-plate and the lower ridge of the container a slit satisfactory for the granulation of tested loose material. The sample is gravitationally loaded by dead-weights placed on a plate put on the surface of the loose material.

The velocity of sliding is fixed in a continuous way by regulation of rotary velocity of the measuring ring by means of electronic system assignation of velocity, which is linked with the direct current engine. This engine is driving the shaft of the measuring ring by means of a belt gear. Strain gauge unit meter was used form measuring the power of friction, it had tensometers glued on the springs (4). Change in the value of power in the function of time was recorded by a recording instrument. The actual revolving velocity of the measuring rings is transmitted to the form of electric signal of voltage and is observed on the board indicator. Change of sliding velocity can be registered at the same time with change of power of friction on the other channel of the recorder. This method is our own registered by the Patent Office of Poland No 120183 - in force from 12.11.79.

In order to carry out this experiment it is necessary to prepare grain having definite humidity and granulation. The proper for the given granulation size of the gap between the container and the measuring ring is fixed. The surface of the measuring ring should be cleaned by means of solvent and then wiped with a dry, clean cloth. From a choice of grain a sample is taken by means of a container belonging to the apparatus and it is being pored through a funnel to the sample container. On the surface of the sample there is placed a tightening plate and it is loaded with a fixed weight. After this the switches of the registering apparatus and the drive of the measuring ring with established velocity are switched on. The sample is gradually loaded up to the established maximal load. After each measurement the surface of the ring should be cleaned for it is being covered by particles of the examined material. The measurement should be repeated 10 times and the received results should be worked out statistically.

11. METODA POMIARU SIŁY TARCIA DWÓCH ZIARN O PŁASKĄ PŁYTKĘ

Metoda i aparat przeznaczone są do pomiaru siły tarcia dwóch ziarn materiału granularnego o przesuwaną między nimi płytkę z materiału konstrukcyjnego. Pomiar wykonywany jest w zakresie nacisku normalnego od 0,03 N do 4 N na jedno ziarno.

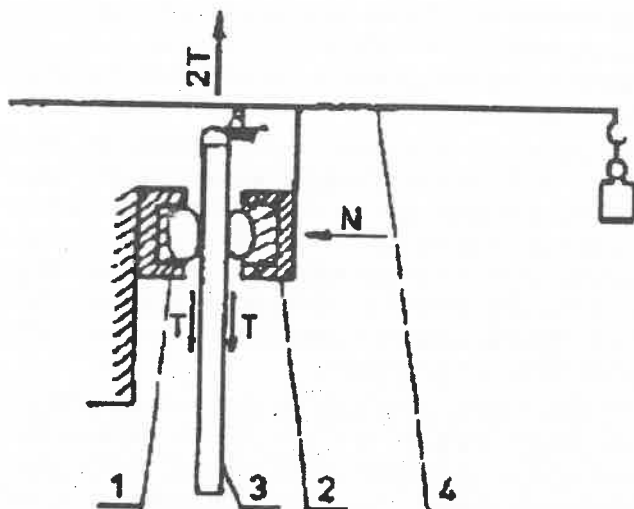
Badane ziarna umieszczone są w cylindrycznych pojemnikach, zanurzone do połowy w szybkooschnącym cemencie dentystycznym. Jeden z pojemników umieszczony jest w uchwycie stałym (1) /rys. 14/, zaś drugi w uchwycie ruchomym (2). Między ziarnami umieszczona jest płytka pomiarowa (3) wykonana z badanego materiału. Uchwyt (2) zamocowany jest do dźwigni dwustronnej (4), obciążany grawitacyjnie przez zawieszanie obciążników na końcu dźwigni. Płytkę (3) zawieszona jest na głowicy tensometrycznej zamocowanej do ruchomej belki maszyny wytrzymałościowej. Po włączeniu napędu belki płytka rozpoczyna ruch ku górze i równocześnie rejestrowany jest przebieg siły tarcia.

Przedstawiona metoda jest opracowaniem własnym, z jej zastosowaniem przeprowadzono pomiary zależności siły tarcia ziarna pszenicy o płytkę szklaną. Otrzymane wyniki badań pozwalają stwierdzić, że metoda jest właściwa do celów, do jakich została zaprojektowana. Przewiduje się jej użycie do badań wpływu innych czynników na proces tarcia (np. chropowatość powierzchni, rodzaj materiału płytki, prędkość poślizgu, droga tarcia i in.).

W celu przeprowadzenia pomiaru dwa pojemniki napełnia się płynnym cementem dentystycznym do ok. 3/4 objętości. Z przygotowanej próby ziarn o określonej wilgotności wybiera się losowo dwa ziarna i za pomocą pęsety umieszcza w pojemnikach tak, by około połowy przekroju ziarniaka znajdowało się ponad powierzchnią cementu. Czynność ta jest powtarzana do otrzymania zakładanej ilości par ziarna równej ilości powtórzeń pomiaru. Dla pomiarów z ziarnem zbóż zaleca się wykonanie 10 powtórzeń. Po stwardnieniu cementu pojemniki z ziarnami umieszcza się w atmosferze o wilgotności równoważnej z wilgotnością ziarna dla zapobieżenia jej zmianom. Do pomiaru siły tarcia pobiera się parę ziarn w pojemnikach, smaruje dna pojemników klejem szybkoschnącym i umieszcza pojemniki w uchwytach aparatu. Pomiedzy ziarna wprowadza się płytkę pomiarową, obciąża koniec dźwigni najniższym zakładanym obciążeniem i uruchamia napęd płytki z zakładaną prędkością. W czasie poślizgu płytki między ziarnami zwiększa się obciążenie dźwigni do maksymalnego żadanego przez zawieszenie obciążników na końcu ramienia dźwigni. Pomiar powtarzany jest dziesięciokrotnie i z jego wyników wyliczana jest prosta regresja opisująca zależność siły tarcia od siły nacisku.

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Kutzbach H.D., Scherer R.: Das Reibverhalten von Körnerfrüchten - Eine Schnittumsübersicht. *Grundl. Landtechnik* 1977, 27, 6, 213-219.
2. Molenda M.: A method of determining friction coefficients of wheat grains on metal surfaces. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 1985, 304, 139-145.
3. Procter D.C., Barton R.R.: Measurements of the angle of interparticle friction. *Geotechnique* 1974, 24, 4, 581-604.



Rys. 14. Schemat układu pomiarowego: 1 - uchwyt stały; 2 - uchwyt ruchomy; 3 - płytka pomiarowa; 4 - dźwignia dwustronna

Fig. 14. Scheme of measuring system: 1 - fixed holder; 2 - movable holder; 3 - measuring plate; 4 - two-side lever

11. METHOD OF MEASURING FRICTIONAL FORCE OF TWO GRAINS AGAINST A FLAT PLATE

This method and the apparatus are assigned to measure the friction force of two grains of a granulated material against, a moving between them, flat plate made of constructional material. Measurement is made in the range of the normal load from 0.03 N to 4 N per each grain.

The examined grain were placed in cylindric containers and they were immersed up to their half in fast setting dental cement. One of the containers was put into a fixed holder (1) /Fig. 14/, the other was put into a movable holder (2). Between the two grains there was placed a measuring plate (3) made of the examined material. The holder (2) was fixed to a two-sided lever (4), which was gravitationally loaded by placing dead-weights at the end of the lever.

Plate (3) was put at the load cell attached to the crosshead of the testing machine. After switching on the drive of the crosshead, the plate starts movement up and at the same time the course of the frictional force is registered.

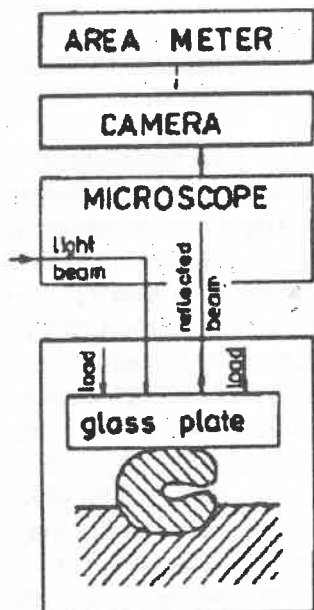
The presented here method is our own elaboration and there has already been carried out experiments concerning dependence of friction force of grain against a glass plate. The received results allow us to state that this method is proper for the aims for which it was planned. One can foresee utilisation of this method for investigation of the influence of other factors upon the process of friction (e.g., surface roughness, the kind of material used for plate, sliding velocity, the way of friction and other).

In order to carry out the experiment one has to fill two containers with liquid dental cement up to the $3/4$ of the capacity. Two grains are chosen at random from a prepared choice of grains and with the usage of tweezers are put into the containers in such a way that half of the cross-section of the grain is above the surface of cement. This action is repeated up to the time of receiving the needed number of pairs of grains which is the same as the number of repetitions of measurements. It is suggested that for the purpose of carrying out measurements with grains of cereals it is advisable to make 10 repetitions. After setting a cement, the containers with grains are left in the atmosphere of humidity equal with the humidity of grain, this is to prevent changes of it. In order to measure the friction force some grains are chosen from the containers, the bottoms of these containers are covered with quickly drying glue and the containers are put into the holders of the apparatus. Between the grains there is inserted a measuring plate and the end of the lever is burdened with the smallest dead-weight, movement of the plate is stated - it moves with the desired velocity. In the time of slide of the plate between the grains the load of the lever is increased to the demanded maximal one by adding more dead-weights to the end of the arm of the lever. Measurement is repeated ten times and the results of these experiments serve calculation of the line of regression describing dependence of the friction force on the force of pressure.

12. METODA POMIARU RZECZYWISTEJ POWIERZCHNI KONTAKTU ZIARNA Z PŁASKĄ POWIERZCHNIĄ

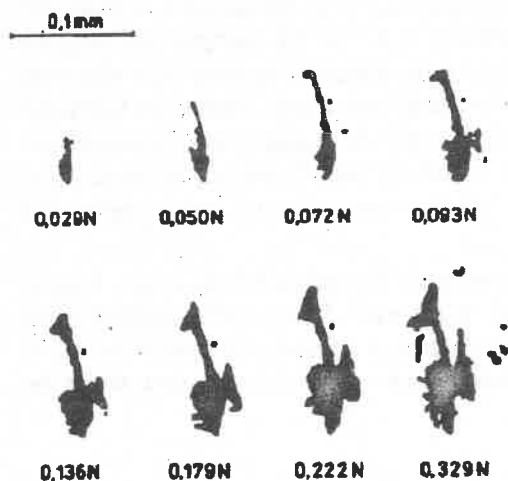
Metoda służy do pomiaru rzeczywistego pola powierzchni kontaktu pojedynczego ziarna z płaską powierzchnią. Wykorzystuje fotografię mikroskopową ziarna wykonaną w świetle odbitym oraz standardowy przyrząd do pomiaru pola powierzchni płaskich obiektów (T Area Meter). Pomiar polega na umieszczeniu badanego ziarna na stoliku pomiarowym standardowego mikroskopu pracującego w świetle odbitym, nakryciu ziarna płytą szklaną oraz obciążeniu płyty żądanym naciskiem. Powierzchnia kontaktu ziarna z płytą szklaną oświetlona jest równoległą wiązką światła poprzez obiektyw mikroskopu (powiększenie $\times 5$ lub $\times 10$), a promienie światła odbite od płyty szklanej lub od powierzchni ziarna tworzą na matówce aparatu fotograficznego powiększony obraz powierzchni kontaktu /rys. 15/. Promienie światła, które przeszły przez płytę szklaną i odbiły się od jej dolnej gładkiej powierzchni, tworzą jasne pole widzenia, zaś promienie, które po przejściu przez płytę szklaną odbiły się od powierzchni ziarna będącego w bezpośrednim kontakcie ze szkłem, ulegają rozproszeniu i tworzą ciemny obraz powierzchni kontaktu ziarna z płytą szklaną. Rzeczywisty obraz powierzchni kontaktu (powiększony 40-80 razy) zostaje następnie utrwalony na kliszy fotograficznej, a następnie powiększony i przeniesiony na papier fotograficzny /rys. 16/. Tak otrzymana fotografia zostaje następnie umieszczona w polu widzenia kamery miernika pola powierzchni (T Area Meter). Teraz obraz badanego obiektu zostaje przeniesiony na ekran monitora telewizyjnego, zaś plamka świetlna przebiegając kolejno wszystkie linie ekranu sumuje ciemne obrazy ekranu, dając w efekcie - po wcześniejszym wyskalowaniu - wartość pola powierzchni badanego obiektu.

Metoda pozwala wyznaczyć pole powierzchni obszaru kontaktu z płaską płytką w zakresie od $0,001 \text{ mm}^2$ do $0,5 \text{ mm}^2$ z dokładnością $\pm 5 \%$. Stosowano nacisk płyty na ziarno w zakresie od $0,03 \text{ N}$ do $4,3 \text{ N}$, co odpowiada w przybliżeniu efektywnemu ciśnieniu w masie ziarna od $0,001 \text{ MPa}$ do $0,2 \text{ MPa}$.



Rys. 15. Schemat układu pomiarowego

Fig. 15. Scheme of measuring system



Rys. 16. Obraz obszaru kontaktu ziarna z płaską powierzchnią dla kilku wartości nacisku normalnego

Fig. 16. Picture of the surface of contact of the grain with flat surface at different values of normal stress

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Horabik J., Molenda M.: The true contact area between wheat grain and flat surface. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. (w druku).
2. Horabik J., Molenda M.: Force and contact area of wheat grain in friction. J. Agric. Engng Res. 1987 (praca przyjęta do druku).

12. METHOD OF MEASUREMENT OF THE REAL SURFACE OF CONTACT OF A GRAIN WITH A FLAT SURFACE

This method is used in order to measure the real field of contact of a single grain with a flat surface. In this method there is used the microphotography of the grain made in the reflected light along with the standard device serving estimation of the field of the flat surfaces of objects (T Area Meter). Measurement consists of placing an examined grain on the special table of the standard microscope working in the reflected light, the grain is covered by a glass plate and the plate is loaded by a desired weight. The surface of contact of the grain with the glass plate is illuminated by a parallel light beam by the lens of the microscope (blow-up to 5-times or 10-times) and the rays of light reflected from the glass plate form on the focussing screen of the camera an enlarged picture of the contact /Fig. 15/. The rays of light which went through glass plate and were reflected by its lower smooth surface form a clear field of vision, whereas the rays which after passing through the glass plate were reflected by the surface of the grain being in the direct contact with the glass shall be scattered and will form a dark picture of the surface of the contact of the grain with the plate. The real picture of the surface of contact of the grain with the glass plate (40-80 times enlarged) there will be after it registered of a photo-plate, after it enlarged and transferred to the printing paper /Fig. 16/. Thus received photo is then place in the field of vision of the camera of the meter of the area of surface (T Area Meter). Now the picture of the examined object is transferred to the TV monitor, the light spot going through the all lines of the screen sums up dark pictures of the screen, giving in the effect - after the previous scaling - the value of the area of the surface of the examined object.

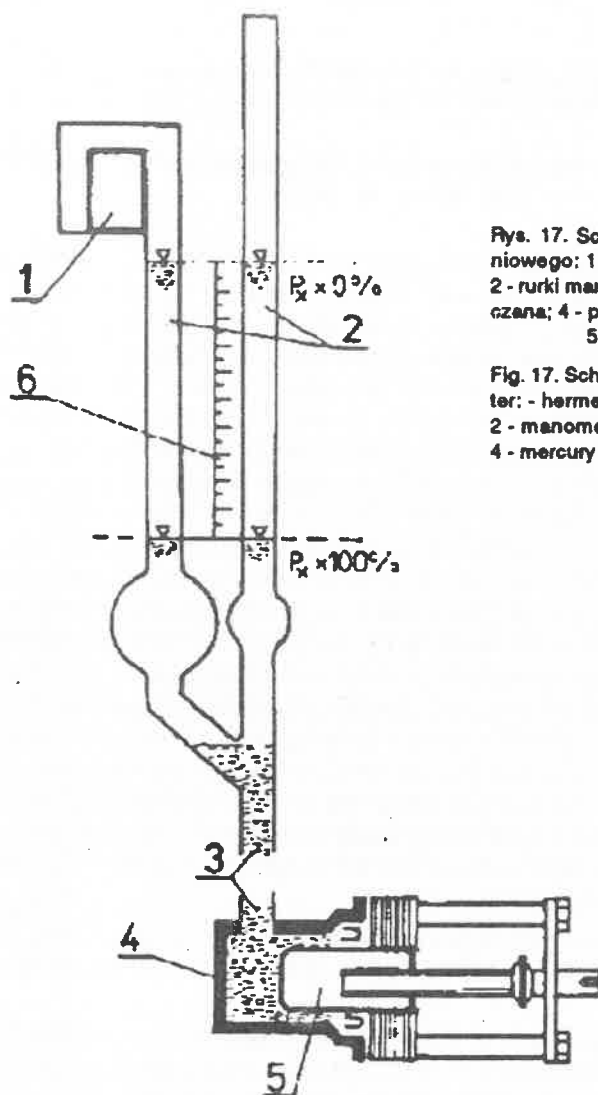
This method allows estimation of the area of the surface of the field of contact with a flat plate in the range from 0.001 mm^2 to 0.5 mm^2 with accuracy to $\pm 5 \%$. There was used the load of the plate on the grain from 0.03 N to 4.3 N - which more or less equals the effective pressure in the bulk of grain from 0.001 to 0.2 MPa .

13. METODA POROMETRYCZNA OKREŚLANIA POROWATOŚCI MASY ZIARNA ZBÓŻ

Zastosowana metoda pozwala na określenie porowatości masy ziarna zbóż, gwarantując prowadzenie badań nieniszczących. Metoda oznaczania porowatości masy ziarna (oparta na prawie Boyle'a-Mariotta, $pV = \text{const.}$) wykorzystuje porometr ciśnieniowy wykonany w Pracowni Gleboznawstwa Melioracyjnego IMUZ w Lublinie. Pod względem budowy zbliżony jest on do wersji opracowanej przez Frąckowiaka i Rogińskiego [1, 2]. Podstawowym elementem porometru /rys. 17/ jest manometr składający się z dwóch rurek (2) łączących się w dolnej części w jedną, wprowadzoną do cylindra pompy z rtęcią (4). U góry jedna z rurek jest zatopiona, druga zaś połączona elastycznym przewodem z hermetycznie zamykaną komorą (1), w której umieszcza się cylinder pomiarowy z próbką ziarna. Wtlaczana do rurek manometrycznych rtęć wyrównuje się w nich na określonej wysokości skali (6) zależnie od porowatości badanej próbki. Komora hermetyczna została przystosowana do oznaczania porowatości próbek w cylindrach o objętości 100 cm³. Aktualną porowatość masy ziarna P_z o tej objętości odczytuje się bezpośrednio na skali porometru zawartej w przedziale od 0 do 100 %. Wyrównanie poziomów rtęci na wysokości skali $P_z = 0$ % wskazuje na brak wolnych przestrzeni międzyziarnowych w materiale wypełniającym cylinder pomiarowy. Natomiast wyrównanie na wysokości skali $P_z = 100$ % wskazuje na brak materiału w cylindrze.

Zastosowana metoda pozwala na wykonanie badań nieniszczących, a uzyskane wyniki nie różnią się istotnie od otrzymanych innymi metodami [2].

Cylinder pomiarowy napelnia się w ten sposób, aby wsypane ziarno zajmowało całą jego objętość, tj. 100 cm³. Ewentualny nadmiar usuwa się za pomocą płytki przesuwanej po krawędzi cylindra. Z kolei cylinder umieszcza się w komorze hermetycznej, której zamknięcie następuje przez zaciśnięcie dźwigni. Następnie przez pokręcanie korbką uruchamia się pompę aż do momentu wyrównania poziomu rtęci w obu ramionach manometru i wtedy odczytuje się wartość porowatości badanej próbki (z dokładnością do 0,5 %).



Rys. 17. Schemat porometru ciśnieniowego: 1 - komora hermetyczna; 2 - rurki manometryczne; 3 - rtęć właściwa; 4 - pompa rtęciowo-ślukowa; 5 - tłok; 6 - skala.

Fig. 17. Scheme of pressure porometer: 1 - hermetically closed chamber; 2 - manometric pipes; 3 - mercury; 4 - mercury piston pump; 5 - piston; 6 - scale.

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Frąckowiak H., Rogliński S.: Porometr ciśnieniowy do oznaczania porowatości gleb. Gospodarka Wodna 1966, 11.

2. Szot B., Woźniak W.: Zastosowanie porometru ciśnieniowego do oznaczania porowatości warstwy ziarna zbóż. *Biuletyn IHAR* 1974, 1/2, 45-48.

13. POROMETRIC METHOD OF DETERMINATION OF POROSITY OF THE BULK OF GRAIN

Used here method allowed determination of porosity of the bulk of grain given the guarantee of non-destructive examinations. The method of determination of porosity of the bulk of grain (based of the law of Boyle-Mariott, $pV = \text{const.}$) uses pressure porometer constructed in the Institute of Grassland and Melioration IMUZ in Lublin. As far as its structure is concerned it is similar to the version worked out by Frąckowiak and Rogiński [1, 2]. The basic element of the porometer /Fig. 17/ is a manometer consisting of two pipes (2) which are connected in their lower part in one, inserted into a cylinder of a pump with mercury (4). One of the pipes is closed above and the other one is connected by means of elastic line with a hermetically closed chamber (1), in which there is placed a measuring cylinder with a sample of grain. Mercury forced into the pipes of the manometer reaches equal levels at the height of the scale (6), up to the porosity of the examined sample. Hermetic chamber was accommodated to the purpose of determination of porosity of samples in cylinders having the capacity of 100 cm³. The actual porosity of the bulk of the grain P_z having this capacity is taken directly from the scale of porometer within the range of 0 to 100 %. Levelling of the levels of mercury on the height of the scale $P_z = 0$ % shows lack of intergranular spaces in the material filling the measuring cylinder, when levelling at the height of the scale $P_z = 100$ % indicates lack of material in the cylinder.

The used here method allows examination without destruction of grain and received results do not differ from the ones received while using other methods [2].

The measuring cylinder is filled so that the pored in grain should take up all its capacity, it means 100 cm³. The eventual excess is removed by a plate moving on the rim of the cylinder. The cylinder itself is placed in the hermetic chamber which is closed by clasping a lever. After it by a turn of a handle the pump is put in motion until the time of levelling of the levels of mercury in both pipes of the manometer, then the porosity of the sample is determined (with the accuracy of 0.5 %).

14. SPOSÓB NASTAWIANIA NASION NA KIELKOWANIE ORAZ ZESTAW KASET DO NASTAWIANIA NASION

Sposób nastawiania nasion na kielkowanie przy wykorzystaniu zestawu kaset ma na celu ograniczenie czasu potrzebnego do przygotowania nasion na kielkowanie oraz wyeliminowanie wielu pracochłonnych czynności.

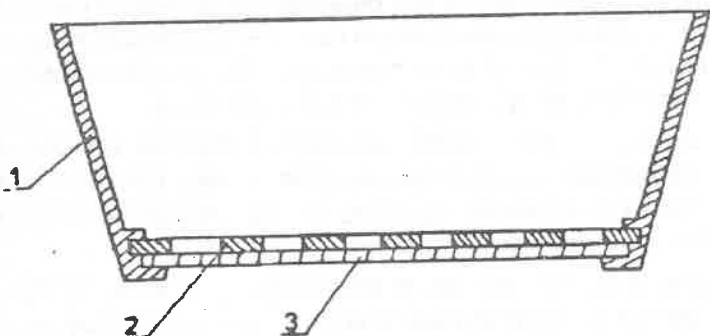
Do nastawiania nasion na kielkowanie zastosowano kasety z wymiennymi płytkami. Każda z płytek jest odpowiedniej grubości i posiada 100 otworów o średnicach dostosowanych do różnych wielkości nasion. Otwory w płytkach są równomiernie rozmieszczone, a wielkość płytek jest dostosowana do wielkości używanych szalek czy kuwet.

Urządzenie pozwala na szybkie nastawianie nasion na kielkowanie na szalkach z bibułą lub kuwetach z piaskiem bez konieczności wcześniejszego przygotowania odpowiedniej liczby nasion. Urządzenie to zapewnia również losowy wybór nasion z próbek.

Urządzenie zbudowane jest w postaci otwartej kasety (1) /rys. 18/, której podstawę stanowią wymienne płytki z otworami (2). Pod płytką (2) wbudowana jest przesuwana przesłona (3) z przezroczystego tworzywa. W kasecie (1) w ścianie tylnej wycięty jest prostokątny otwór o szerokości kasety umożliwiający wysypanie nadmiaru nasion. Otwory o odpowiedniej średnicy w płytce o odpowiedniej grubości dla danego gatunku nasion, przesłoniętej od dołu przesłoną, stanowią zagłębienia w płaszczyźnie, w które wpadają pojedyncze nasiona. Nasiona te utrzymują się w otworach przy przechylaniu kasety celem zsypania nadmiaru nasion. Przezroczysta przesuwna przesłona zapewnia kontrolę wypełnienia otworów. Zastosowanie tych kaset umożliwia losowy wybór 100 nasion w czasie kilku sekund bez konieczności ich liczenia i zapewnia ich równomierne rozmieszczenie na szalce po otwarciu przesłony. Zastosowano kasety konstrukcji autorów zgłoszone w Urzędzie Patentowym PRL (W-75881)[1].

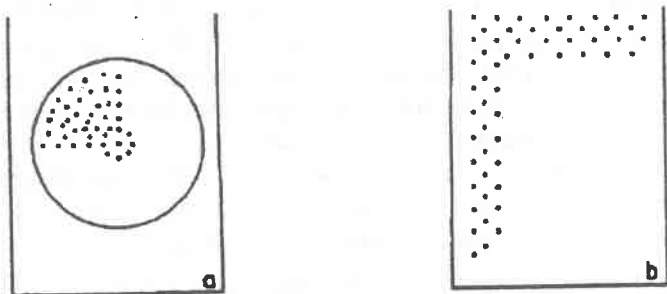
Sposób wykorzystania kaset do nastawiania nasion na kielkowanie opisano niżej. Wybiera się odpowiednią płytkę dostosowaną do wielkości nasion tak, aby w otworach nie mieściły się dwa nasiona, a jej grubość nie

pozwalala wysypywać się nasionom z otworów po przechyleniu płytki. Po umieszczeniu płytki w kasecie zasłania się przesłonę i nasypuje nasiona do kasety. Następnie potrząsa się kasetą tak, aby nasiona wpadały do wszystkich otworów i po ich wypełnieniu przechyla się kasetę i wysypuje nadmiar nasion leżących na płytce. Kasetę z nasionami ustawia się nad szalką z bibułą lub kufletą z piaskiem i odsuwa się przesłonę. Nasiona wypadają z poszczególnych otworów na bibułę lub piasek w miejscach po otworach i są podobnie rozmieszczone jak otwory w płytce /rys. 19/. Pozostałe czynności związane z kiełkowaniem nasion oraz oznaczenia zdolności kiełkowania należy wykonywać zgodnie z normą.



Rys. 18. Kasetka do nastawiania nasion na kiełkowanie: 1 - kasetka; 2 - wymienna płyta z otworami; 3 - przesuwana przesłona

Fig. 18. Cassette for preparation of seeds for germination: 1 - cassette, 2 - exchangeable plate with holes; 3 - slidable diaphragm



Rys. 19. Przykłady wymiennych płytek z otworami: a - do kiełkowania na szalkach z bibułą; b - do kiełkowania w kufletach z piaskiem

Fig. 19. Exemplary plates with holes: a - for germination in dishes with filter paper; b - for germination in cuvettes with sand

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Dobrzański B., Pawłowski Z.: Kasetta do nastawiania nasion na kiełkowanie. Urząd Patentowy PRL (W-75881).

14. METHOD OF PREPARATION OF SEED FOR GERMINATION AND SET OF CASSETTES SERVING THIS PURPOSE

The method of preparation of seed for germination while using the cassettes has the aim of limiting the time necessary for preparation of grain for germination and elimination many labour-consuming activities.

In order to set seed for germination there were used the cassettes with exchangeable plates. Each plate was of the proper thickness and has 100 holes of diameters up to the different sizes of seeds. The holes in the plates are regularly distributed and the size of the plates was adjusted to the size of Petri dishes or developing dishes used in the experiment.

This device allows quick setting the seeds for germination on Petri dishes with filter paper or on developing dishes with sand, without the need of preparation of the desired number of seeds, it also allows choice of grains from the samples at random.

This device is constructed in the form of an open cassette (1) /Fig. 1/, which basis is formed by exchangeable plates with holes (2). Under the plate (2) there is installed a diaphragm (3) made of transparent substance. In the cassette (1), in the back of it there is a rectangular opening allowing removal of excess of grain. The holes in the plate of the desired diameter (when the plate is of the proper thickness for the given kind of seed) are covered under by a diaphragm and form cavings in the surface, in which there fall individual seeds, these seeds are stuck in the holes when we tip the cassette in order to remove the excess of grain. The transparent slidable diaphragm allows control of the way the holes fill. Usage of these cassettes made possible choice of 100 seeds at random in the time of several seconds without the need of counting them and helps in their even placement on a dish after opening the diaphragm. There were used the cassettes made by authors [1] and registered in the Polish Patent Office (W-75881).

The possibility of usage of cassettes for setting the seeds for germination was described below. There is chosen a proper plate for the size of seeds in such a way that in the hole there should be only one grain and so that its thickness does not allow escaping of the seeds from the holes after tilting the plate. After placing the plate in the cassette the slidable diaphragm is inserted and the seeds are poured to the cassette. Then the cassette is shaken so that the seeds fall into all the holes and after they are all filled up, the cassette is tilted and the excess of the seeds lying on the plate is removed. The cassette with seeds is placed just under the Petri dish with filter paper or the developing dish with sand and the diaphragm is moved away. The seeds fall from the individual openings on the filter paper or sand under holes and are distributed in a similar way as holes in the plate /Fig. 19/. The rest of activities connected with germination of seeds and determination of germination power should be done according to the norm.

15. METODA WIBRACYJNA BADANIA GĘSTOŚCI USYPNEJ MATERIAŁÓW SYPKICH

Metoda oraz urządzenie pozwala na szybki i bardzo dokładny pomiar gęstości usypnej wszystkich nasion niezależnie od ich kształtu i wielkości oraz innych materiałów sypkich. Metoda eliminuje wpływ wielu czynników na wartość gęstości usypnej.

Dotychczas pomiar gęstości usypnej wykonuje się za pomocą zalegalizowanych gęstościomierzy opisanych w normie PN/R-74007, w których zasypuje się nasiona do pojemnika o znanej objętości i następnie waży je, a uzyskany odczyt masy pozwala na odszukanie w tablicach wartości wyrażonej w kg/l.

Opisane urządzenie ma wiele niedogodności. Przede wszystkim wymagane jest bardzo staranne nasypywanie nasion do napełniacza w określonym czasie, tak, aby spadały one z wysokości 3-4 cm strumieniem skierowanym na środek napełniacza. Urządzenie to wymaga odcięcia poziomej górnej w naczyniu pomiarowym nasion szybkim ruchem, uważając równocześnie, aby nie wywołać wstrząsu. Podobnie należy się zachowywać zwalniając nasiona z napełniacza do naczynia pomiarowego, co jest dość trudne do zrealizowania, a na pewno zależne jest od umiejętności wykonującego pomiar.

Znane są również badania w literaturze, gdzie sprawdzano wpływ różnych czynników na wartość gęstości usypnej i zauważono duże zmienności w wynikach zależnie od: wielkości naczynia pomiarowego, wysokości sypania nasion, sposobu wyrównywania powierzchni, nasypywania nasion i kierowania strumieniem nasion.

Istotą metody wibracyjnej jest zastosowanie drgającego naczynia pomiarowego, co zapewnia równoczesne drgania podajnika i naczynia pomiarowego przy równomiernym strumieniu zsypanych się nasion. Nasiona zostają usypane w całej objętości naczynia pomiarowego w warstwie o minimalnej porowatości, co całkowicie eliminuje wpływ czynników takich jak: wysokość sypania, kierowanie strumieniem, szybkość nasypywania, wielkość naczynia pomiarowego oraz umiejętności manualne wykonującego pomiar.

Miernik wibracyjny /rys. 20, 21/ jest wibratorem drgań składającym się z elektromagnesu (2) z rozwartą zworą (3). Zwora (3) umocowana jest uchwytnymi, a jej odległość od elektromagnesu (2) ustala się śrubami (12), co daje możliwość regulacji amplitudy drgań. Całość napędu elektromagnetycznego umieszczona jest w obudowie (1). Do zwory (3) zamocowano pojemnik (4), w którym umieszczono naczynie pomiarowe (5) mocowane śrubą (9). Do płyty górnej pojemnika (4) zamocowano listwy (7) podajnika (6) śrubą (9) i nakrętką (10). Podajnik (6) zbudowany jest w kształcie lejka zakończonego rurką przezroczystą o stałym przekroju. W podajniku (6) umieszczono pomiędzy częścią stożkową a rurką wymienne przesłony (8) umożliwiające płynną bądź skokową regulację natężenia strumienia nasion, dostosowane do różnych wielkości nasion. Podajnik w części poniżej przesłony, a powyżej listwy podajnika jest w kształcie rurki z przezroczystego materiału, co ułatwia obserwację przesuwu nasion. Podajnik zamocowany do drgającego pojemnika zapewnia stałe zsuwanie się nasion do naczynia pomiarowego. Ograniczenie naczynia pomiarowego górną płytą pojemnika eliminuje konieczność wyrównywania powierzchni nasion w naczyniu pomiarowym. Drgające naczynie pomiarowe zapewnia równomierne rozkładanie się nasion w naczyniu w możliwie jak najniższym położeniu, którymi zostaje całkowicie wypełnione bez tworzenia stożka usypowego, co równocześnie zapewnia dziesięciokrotnie wię-

kszą dokładność pomiaru niezależnie od wielkości naczynia pomiarowego.

Metoda wibracyjna pomiaru gęstości usypnej jest metodą oryginalną, w której zastosowano urządzenie konstrukcji autorów [1,2] zgłoszone w Urzędzie Patentowym PRL (P-257803).

Pomiar gęstości usypnej przy pomocy wibracyjnego miernika wykonuje się następująco: Po wprowadzeniu naczynia pomiarowego (5) do pojemnika (4) oraz zamocowaniu go śrubą (9), jak też zamocowaniu listwy (7) podajnika śrubą (9) i nakrętką (10) ustawiamy wybieraną odpowiednio do wielkości nasion przesłonę (8) lub też ustawiamy przesłonę (8) ciągłej regulacji w odpowiednim położeniu. Następnie nasiona przeznaczone do pomiaru zasypujemy do podajnika (6) i włączamy napęd wibracyjny. Nasiona przesypują się z podajnika (6) do naczynia pomiarowego (5) do momentu, aż ustali się słup nasion w przezroczystej części rurkowej podajnika (6). Następnie dosypujemy pojedynczo nasiona do podajnika (6) do momentu, aż słup nasion będzie sięgał swym poziomem przesłonę (8) i nie będzie się obniżał, co będzie świadczyć o całkowitym wypełnieniu naczynia pomiarowego (5). Stan taki pozwala na wyłączenie napędu, odkręcenie śruby (9) i poluzowanie nakrętki (10). Następnie przesuwamy listwę (7) wraz z podajnikiem (6) tak, aby zasłonić otwór wlotowy w górnej płycie pojemnika (4). Wyjmujemy naczynie pomiarowe (5) i ważymy je. Uzyskany wynik wstawiamy do wzoru:

$$G_u = \frac{m_w - m_p}{V_p} \cdot 10^3 \quad (10)$$

gdzie: G_u - gęstość usypna (kg/m^3),

m_w - masa naczynia z nasionami (g),

m_p - masa naczynia (g),

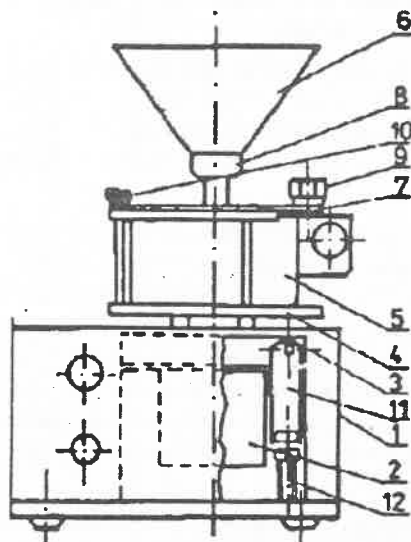
V_p - objętość naczynia pomiarowego (cm^3).

Uwzględniając objętość naczynia pomiarowego w mierniku wibracyjnym, która wynosi 250 cm^3 oraz jego masę, tarując uprzednio wagę, gęstość obliczamy:

$$G_u = 4m_n \quad (11)$$

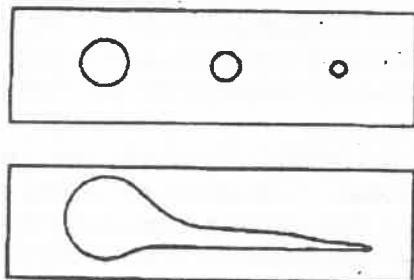
Wynik ten nie jest obciążony błędem wielkości naczynia pomiarowego i nie wymaga odczytu poprawek w tablicach.

Pozostałe w rurce podajnika (6) nasiona usuwamy przesuwając listwę poza krawędź listwy górnej pojemnika (4).



Rys. 20. Wibracyjny miernik gęstości usypnej: 1 - obudowa; 2 - elektromagnes; 3 - zwora; 4 - pojemnik; 5 - naczynie pomiarowe; 6 - podajnik; 7 - listwa; 8 - przesłona; 9 - śruba; 10 - nakrętka; 11 - listwa sprężysta; 12 - śruba regulacyjna

Fig. 20. Vibrational bulk density meter: 1 - casing; 2 - electromagnet; 3 - magnet keeper (anchor); 4 - container; 5 - measuring vessel; 6 - seed feeder; 7 - slot; 8 - diaphragm; 9 - screw; 10 - nut; 11 - elastic slot; 12 - vibrations regulator (screw)



Rys. 21. Przesłony dozujące strumienia nasion: a - przesłona regulacji skokowej; b - przesłona regulacji ciągłej

Fig. 21. Seeds stream dosing diaphragms: a - stepwise regulation diaphragm; b - continuous regulation diaphragm

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Dobrzański B., Pawłowski Z.: Urządzenie wibracyjne do badania gęstości usypnej nasion, a także materiałów sypkich. Urząd Patentowy PRL, P-257803.
2. Oznaczanie gęstości. Ziarno zbóż. Polski Komitet Normalizacyjny, PN/R-74007.

15. VIBRATION METHOD USED FOR ESTIMATION OF BULK DENSITY OF A HEAP FORMED BY LOOSE MATERIALS

This method along with the device allow quick and very exact measurement of bulk density of all seeds independently on their size and shape or measurement of other loose materials. This method eliminates influence of many factors upon the value of bulk density.

Up till now the measurements of bulk density were done by means of legalised densimeters described in the norm PN/R-74007, to which the seeds are poured from a container having a known capacity and then they are weighted and the received readings of bulk allows finding in the tables values written in the form kg/l.

The described above device has many inconveniences. First of all it needs very accurate pouring of seeds to the container in the proper time, so that they should fall from the height of 3-4 cm in the form of a stream directed towards the centre of the container. This device needs also cutting off the upper level of seeds in the container by means of a quick movement, paying at the same time attention to not causing a shock. In the similar way one should free seeds from the container into the measuring vessel and this is quite difficult in performance or at least dependent on abilities of a person performing the measurement.

There are also known in bibliography studies in which there was an examination of the influence of different factors on the values of bulk density and there was observed big variability in results dependent on the size of the measuring vessel, the distance from which seeds were poured, the method of levelling of the surface of pouring seeds and the way of directing the stream of seeds.

The essence of the presented here vibration method is based on the usage of a vibrating measuring vessel which at the same time gives vibrations of the seed feeder and the measurement vessel with the same stream of falling seeds. These seeds are placed in the whole capacity of the measurement vessel in the layer of the minimal porosity, which completely eliminates the influence of such factors as the distance from which the seed is poured, directing of stream, velocity of pouring and manual abilities of a person performing this measurement.

Vibration meter /Figs. 20, 21/ is the vibrator consisting of an electro-magnet (2) with an obtuse magnet keeper (3). This magnet keeper is

secured by a fixing beam and its distance from the electromagnet (2) is stabilised by means of screws (12) which gives the possibility of regulation of the amplitude of vibrations. The complete electromagnetic drive is placed in a casing (1). The magnet keeper is fixed to a container (4), in which a measuring vessel (5) fixed by a screw (9) is placed. Slats (7) of the seed feeder (6) are fixed to the upper panel (4) by means of a screw (9) and a nut (10). The feeder (6) is constructed in the form of a funnel with one end in the form of a transparent pipe, having a constant section. In the feeder (6) exchangeable diaphragms (8) allowing continuous or stepwise regulation of intensification of the stream of seeds up to the different sizes of seeds were placed between the conical part and the pipe. The feeder in the part below the diaphragm and above the slat of the feeder is in the shape of a transparent pipe which allows observation of the way in which seeds slide. The feeder is fixed to the vibrating container and causes constant slipping down of seeds into the measuring vessel. Limitation of the measuring vessel with the upper panel of the container eliminates the necessity of making the surface of seeds even in this vessel. Vibrating measuring vessel secures equal placement of seeds in a vessel with the lowest possible position, with which it is completely filled without formation of a bulk cone, and this makes possible ten times bigger accuracy of measurements independently on the size of the measuring vessel.

Vibration method of measuring bulk density is an original method in which there were used devices constructed by the authors [1,2] and registered in the Polish Patent Office (P-257803).

The measurement of bulk density by means of the vibrating meter is done in the following way: After insertion of the measuring vessel (5) into the container (4) and fixing it with a screw (9) along with mounting a slat (7) of the seed feeder (6) with a screw (9) and a nut (10) we place chosen specially for this size of seeds diaphragm (8) or we place the diaphragm (8) of the constant regulation in a desired position. Then we pour seeds destined for measurement into the feeder (6) and switch on the electromagnetic vibration generator. Seeds fall from the feeder (6) to the measuring vessel (5) up to the moment when the column of seeds in the transparent part of the pipe of the feeder (6) is stabilised. Then we pour individual seeds to the feeder (6) up to the moment when the column of seeds reaches by its upper level the diaphragm (8) and shall not get any lower, which testifies complete filling of the measuring vessel (5). Such a

state allows switching off the drive and unscrewing the screw (9) and making the nut (10) loose. Later on we move the slat (7) along with the feeder (6) so that it covers the inlet in the upper panel of the container (4). We take out the measuring vessel (5), we take its weight and we introduce the received data into the following formula:

$$G_u = \frac{m_w - m_p}{V_p} \cdot 10^3 \quad (10)$$

where: G_u - bulk density (kg/m^3)

m_w - the mass of the vessel with seeds (g)

m_p - the mass of the vessel (g)

V_p - capacity of the measuring vessel (cm^3).

Taking under consideration capacity of the measuring vessel in the vibrative meter, which is 250 cm^3 along with its mass, taring weight beforehand, the density is calculated:

$$G_u = 4m_n \quad (11)$$

This result is not loaded by a mistake of the size of the measuring vessel and does not need reading corrections from the tables.

The seeds left in the pipe of the feeder (6) are removed by movement of a slat outside the rim of the slat belonging to the upper panel of container (4).

16. METODA BEZPOŚREDNIEGO POMIARU ODKSZTAŁCENIA WZGLĘDNEGO NASION ORAZ POŁOWY MIERNIK ODKSZTAŁCENIA WZGLĘDNEGO

Metoda umożliwia ocenę wytrzymałości mechanicznej nasion w warunkach polowych przy pomocy urządzenia nie posiadającego źródeł zasilania mechanizmu zgniatającego. W metodzie tej dokonuje się bezpośrednio pomiaru odkształcenia względnego nasion poddanych obciążeniom ściskającym. Siłę zgniatającą uzyskano stosując system śrubowy dokręcany ręcznie. W celu uniknięcia sił skręcających zastosowano ułożyskowany talerzyk oporowy, co jednocześnie poprawia obserwację zgniatanego nasiona.

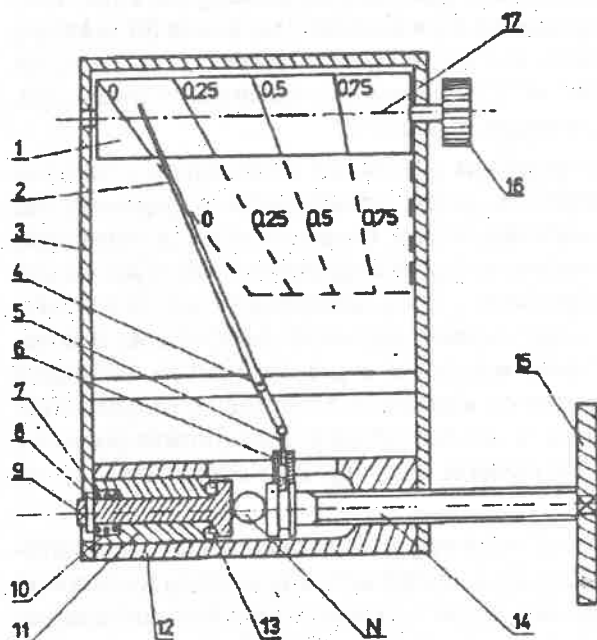
W metodzie tej zastosowano "połowy miernik odkształcenia względnego" /rys. 22/, składający się z komory zgniatania (12), w której śruba (14) dociska nasiona (N) do talerzyka oporowego (9) ułożyskowanego kulkami (13) w tulei (11), zapewniając ruch obrotowy współbieżny obu płaszczyzn

zgniatających oraz systemu skalowego współpracującego ze śrubą dociskającą (14) poprzez poruszający się w korpusie (12) suwak (6), w którym wodzik (5) zapewnia poruszanie się wskazówki wokół osi (4). Proporcje ramion wskazówki (2) zapewniają zwiększenie dokładności odczytu pomiaru odkształcenia względnego na skali (1).

Obrotowa skala proporcjonalna (1) /rys. 23/ o rozwinięciu w kształcie trapezu zapewnia bezpośredni odczyt odkształcenia względnego bez konieczności pomiaru wielkości nasion. Obrotowa skala w rozwinięciu przedstawia trapez nierównoramienny, którego jedno z ramion jest prostopadłe do podstawy i odpowiada pozycji wskaźnika w położeniu śruby ściskającej opartej o talerzyk oporowy, natomiast ukośne ramię skali trapezu jest linią do ustawienia wskazówki w położeniu śruby ściskającej odległej od talerzyka oporowego w zakresie obejmującym wielkość średnic badanych nasion. Skala ta jest podzielona proporcjonalnie pomiędzy ramionami trapezu od 0 dla ramienia ukośnego do 1 dla ramienia prostopadłego.

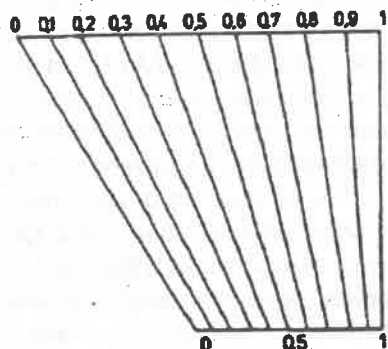
Metoda pomiaru odkształcenia względnego bezpośrednio bez konieczności pomiaru odkształcenia bezwzględnego oraz wymiaru zgniatanego nasiona jest metodą oryginalną i razem z połowym miernikiem odkształcenia względnego konstrukcji autorów [1,2] została zgłoszona w Urzędzie Patentowym PRL (P-256449).

Pomiar odkształcenia względnego nasion przy pomocy połowego miernika opisano niżej. Po wprowadzeniu nasiona (N) pomiędzy talerzyk oporowy (9) a śrubę ściskającą (14) dokręca się pokrętło (15) do momentu, gdy nasiono zostanie lekko ściśnięte tak, aby nie zostało odkształcone, ale też nie wpadało pomiędzy płaszczyznami zgniatającymi. Wtedy pokrętłem (16) ustawia się skalę obrotową (1) w położeniu, w którym ukośna krawędź trapezu oznaczona przez 0 przecinała się w jednym punkcie ze wskazówką (2) oraz linią odczytu (17). Następnie pokręca się równomiernie pokrętłem (15) zgniatając nasiono (N), które obracając się obserwujemy aż do momentu zauważenia pęknięcia okrywy nasiennej. W tym momencie przestaje się kręcić pokrętłem (15) i odczytuje się wskazania wskazówki ze stali (1) na linii odczytu (17). Wynik jest jednostką niemianowaną zawartą w przedziale 0-1 i jest stosunkiem odkształcenia bezwzględnego nasiona do jego poprzedniego wymiaru.



Rys. 22. Polowy miernik odkształcenia względniego: 1 - skala obrotowa; 2 - wskazówka; 3 - obudowa; 4 - oś; 5 - wodzik; 6 - suwak; 7 - podkładka; 8 - zabezpieczenie; 9 - talerzyk oporowy; 10 - sprężyna; 11 - tuleja; 12 - korpus; 13 - kulki łożyskujące; 14 - śruba dociskowa; 15 - pokrętko śruby; 16 - pokrętko skali; 17 - linia odczytu

Fig. 22. Field strain meter: 1 - rotary scale; 2 - hand; 3 - closing; 4 - axis; 5 - slipper; 6 - slide; 7 - padding; 8 - protector; 9 - back up plate; 10 - spring; 11 - sleeve; 12 - frame; 13 - ball bearings; 14 - tightening screw; 15 - screw turn; 16 - scale turn; 17 - line of reading



Rys. 23. Trapezoidalna skala obrotowa w rozwinięciu

Fig. 23. Trapezoid rotary scale, detailed

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Dobrzański B.: Wpływ wilgotności nasion grochu na ich właściwości mechaniczne. *Bul. IJAR* 1984, 153, 75-78.
2. Dobrzański B., Pawłowski Z.: Sposób badania wytrzymałości mechanicznej pojedynczych nasion oraz urządzenie do pomiaru odkształcenia względnego przy badaniach wytrzymałości pojedynczych nasion. Urząd Patentowy PRL (P-256449).

16. METHOD OF THE DIRECT MEASUREMENT OF STRAIN OF SEEDS AND FIELD STRAIN METER OF THE MECHANICAL RESISTANCE

This method makes estimation of the mechanical resistance possible in the field conditions by means of a device which has not a drive of a crushing mechanism. This method makes possible direct measurements of strain of seeds undergoing squeezing loads. Crushing force was received by using screw system turned manually. In order to avoid twisting forces there was used a ball bearing back-up plate what at the same time allows observation of the crushed seed.

In this method there was used "field strain meter" /Fig. 22/, consisting of the chamber of crushing (12) in which the screw (14) presses seeds (N) to the back-up plate (9) ball bearing (13) in a sleeve (11) allowing turning motion in the same direction of both crushing surfaces and the scaling system co-working with the squeezing screw (14) by moving in its frame (12) slide (6) in which a slipper (5) allows movement of a hand around an axis (4). Proportions of the hand (2) help accuracy of readings of measurement of the strain on the scale (1).

Rotary proportional scale (1) /Fig. 23/, which in developing view is in trapezoid shape, allows direct readings of the strain without the need of measuring the sizes of seeds. The rotary scale in development gives a nonisosceles trapezium, one side of which is parallel to the basis and is the same with the position of the hand in the situation of a contact squeezing screw and the back-up plate, whereas the diagonal hand of the scale of the trapezium is a line for placement the indicator in the position of the squeezing screw, distant from the back-up plate within the range covering the size of diameters of the examined seeds. This scale is proportionally divided among the arms of the trapezium from 0 for the diagonal arm to 1 form the perpendicular arm.

This method of measuring the strain directly without necessity of measuring strain and the size of the crushed seed is an original method [1,2].

17. METODA WYZNACZANIA PARAMETRÓW MECHANICZNYCH MATERIAŁÓW ROŚLINNYCH W KSZTAŁCIE WALCOWYM

Metoda pozwala na wyznaczenie z danych eksperymentalnych uzyskanych np. w wyniku eksperymentu relaksacji naprężeń w próbce parametrów modelu reologicznego, którym opisano badane ciało. Stanowi ona rozszerzenie metod opracowanych przez Chena i Fridleya [1] oraz Mohsenina [4]. Metoda ta dotyczy ciał opisanych modelami lepkosprężystymi i uwzględnia prędkość i kierunek zadawanego obciążenia oraz kształt próbki.

Istnieją opracowania wykazujące analogie opisu zachowania się ciał sprężystych i lepkosprężystych w warunkach obciążeń mechanicznych. Jeśli więc przypadek sprężysty opisuje równanie typu:

$$F = f(\varepsilon) E \quad (12)$$

gdzie: F - siła,

ε - odkształcenie,

E - moduł sprężystości,

$f(\varepsilon)$ - funkcja geometrii próbki i odkształcenia,

to odpowiednie równanie dla lepkosprężystości ma postać:

$$F = f(\varepsilon_0) E_r(t) \quad (13)$$

gdzie: $E_r(t)$ - moduł relaksacji założonego modelu reologicznego,

ε_0 - odkształcenie w postaci funkcji skoku.

Moduł relaksacji $E_r(t)$ został zdefiniowany przez Ferry'ego [2]. Odkształcenie ε_0 , zgodnie z definicją Heriside'a, musi być zadane w czasie równym 0. Praktyczna realizacja tej funkcji może się odbywać z określoną skończoną prędkością według zależności:

$$U_p(t) = \begin{cases} at & \text{dla } t_0 \leq t \leq t_x \\ at_x & \text{dla } t > t_x \end{cases} \quad (14)$$

gdzie: $U_p(t)$ - przybliżenie funkcji skoku,

a - współczynnik stały,

t_k - czas narastania.

Ponieważ w rzeczywistości odkształcenie jest także funkcją czasu, wzór (13) możemy zapisać:

$$F(t) = f(t) \operatorname{Er}(t) \quad (15)$$

Dla liniowego lepkosprężystego materiału możemy zastosować zasadę superpozycji Boltzmanna. Wzwiązku z tym dla dowolnej "historii deformacji" równanie (15) możemy zapisać w formie dyskretnej:

$$F(t) = f(t_0) \operatorname{Er}(t) + \sum_{j=1}^p [f(t_j) - f(t_{j-1})] \operatorname{Er}(t - t_j) \quad (16)$$

Przypadek walca sprężystego ściskanego promieniowo dobrze opisuje wzór podany przez Sherifa [5]:

$$F = \frac{\pi D}{8(1 - \nu^2)} z^2 E \quad (17)$$

gdzie z jest funkcją odkształcenia i średnicy próbki.

Aplikując wzór (17) do przypadku lepkosprężystego siłę reakcji próbki na zakłócenie opisane funkcją (14) możemy przedstawić [3] jako:

$$F(t) = \sum_{j=1}^m \frac{\pi D}{8(1 - \nu^2)} \left[\frac{1}{z^2(t_j)} - \frac{1}{z^2(t_{j-1})} \right] \operatorname{Er}(t - t_j) \quad (18)$$

Przykład:

W przypadku ciała, którego własności mechaniczne można opisać uogólnionym modelem Maxwella, we wzorze (18) w miejsce $\operatorname{Er}(t - t_j)$ zgodnie z definicją modułu relaksacji wstawiamy:

$$\sum_{j=1}^m E_i e^{-E_i / \eta_i (t - t_j)} \quad (19)$$

gdzie E_i, η_i — moduły sprężystości i współczynniki lepkości omawianego modelu.

Stosując konieczne przekształcenia, odpowiedź na deformację w postaci przybliżonej funkcji skoku $U_p(t)$ możemy zapisać jako:

$$F(t) = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^m \frac{\pi D}{8(1-\nu^2)} \left[\frac{1}{z^2(t_j)} - \frac{1}{z^2(t_{j-1})} \right] E_i e^{-E_i/\eta_i(t-t_j)} \right\} \quad (20)$$

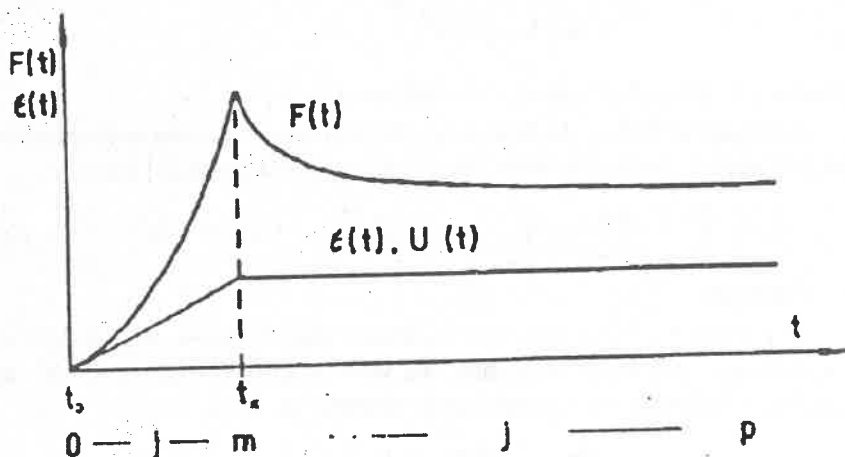
Opisując eksperymentalnie krzywą relaksacji naprężeń zależności typu:

$$F(t) = \sum_{i=1}^n C_i e^{-\alpha_i t} \quad (21)$$

uzyskujemy analogiczną postać [3], gdzie:

$$C_i = \sum_{j=1}^m \frac{\pi D}{8(1-\nu^2)} \left[\frac{1}{z^2(t_j)} - \frac{1}{z^2(t_{j-1})} \right] E_i e^{-E_i/\eta_i(t_k-t_j)}, \quad \alpha_i = \frac{E_i}{\eta_i} \quad (22)$$

Mając dane z eksperymentu współczynniki C_i i α_i , stałe lepkościowe E_i i η_i są łatwe do wyliczenia przy użyciu minikomputera.



Rys. 24. Przebieg funkcji wymuszającej $U_p(t)$ i odpowiedzi $F(t)$ oraz oznaczenie granicznych wartości wskaźnika "j" w zapisie dyskretnym, wzory (16) i (17)

Fig. 24. Course of deformation function $U_p(t)$ and reaction force $F(t)$ and estimation of boundary values of "j" coefficient in discrete notation formulas (16) and (17)

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Chen P., Fridley R.B.: An analytical method for determining viscoelastic constants of agricultural materials. Trans. ASAE 1972, 15.
2. Ferry J.D.: Viscoelastic properties of polymers. John Wiley and Sons Inc., New York, 1961.
3. Gołacki K.: Ocena zmienności cech mechanicznych korzeni marchwi. Praca doktorska [w przygotowaniu. AR Lublin, 1990].
4. Mohsenin N.N.: Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1970, 1.
5. Sherif S.M., Segerind L.J., Frame J.S.: An equation for the modulus of elasticity of radially compressed cylinder. Trans. ASAE 1976, 19, 4.

17. METHOD FOR DETERMINING MECHANICAL PROPERTIES OF CYLINDRICAL SHAPE PLANT MATERIAL

This method enables to calculate parameters of rheological model describing studied body from experimental data, e.g., from stress relaxation test. This method was developed on the basis of methods elaborated by Chen and Fridley [1] and by Mohsenin [4].

There are some studies indicating analogy between behaviours of elastic and viscoelastic body under mechanical loading. If elastic behaviour is described by the equation:

$$F = f(\varepsilon) E \quad (12)$$

where: F - force,

ε - strain,

E - modulus of elasticity,

$f(\varepsilon)$ - function of sample geometry and strain,

then corresponding equation for viscoelastic case is following:

$$F(t) = f(\varepsilon_0) E_r(t) \quad (13)$$

where: $E_r(t)$ - relaxation modulus of assumed rheological model

ε_0 - step function of strain.

Relaxation modulus $E_r(t)$ was defined by Ferry [2]. According to Heaviside's function the strain ε_0 must be applied at the time 0. Practical realization of this function can be carried out at the finite velocity according to dependance:

$$U_p(t) = \begin{cases} at & \text{for } t_0 \leq t \leq t_x \\ at_x & \text{for } t > t_x \end{cases} \quad (14)$$

where: $U_p(t)$ - approximation of the step function,

a - constant coefficient,

t_x - time of increase of deformation.

Because strain, in fact, is function of time then equation can be written as follows:

$$F(t) = f(t) \operatorname{Er}(t) \quad (15)$$

The Boltzman superposition principle can be applied for linear viscoelastic material. Then for any history of deformation equation (15) can be written in a discrete form:

$$F(t) = f(\epsilon_0) \operatorname{Er}(t) + \sum_{j=1}^p [f(t_j) - f(t_{j-1})] \operatorname{Er}(t - t_j) \quad (16)$$

Radial compression of elastic cylinder is described properly by equation given by Sherif [5]:

$$F = \frac{\pi D}{8(1 - \nu^2) z^2} E \quad (17)$$

where z is a function of strain and a sample diameter.

Using equation (6) for viscoelastic case the sample reaction force on disturbance described by function (14) can be presented as follows [3]:

$$F(t) = \sum_{j=1}^m \frac{\pi D}{8(1 - \nu^2)} \left[\frac{1}{z^2(t_j)} - \frac{1}{z^2(t_{j-1})} \right] \operatorname{Er}(t - t_j) \quad (18)$$

Example:

For generalized Maxwell model function $\operatorname{Er}(t - t_j)$ in equation (18) is replaced by:

$$\sum_{j=1}^m E_i e^{-E_i / \eta_i (t - t_j)} \quad (19)$$

where E_i and η_i - modulus of elasticity and viscosity coefficient of considered model.

Applying necessary transformation the answer on deformation in the form approximated step function $U_p(t)$ can be written as:

$$F(t) = \sum_{i=1}^u \left\{ \sum_{j=1}^m \frac{x D}{8(1-\nu^2)} \left[\frac{1}{z^2(t_j)} - \frac{1}{z^2(t_{j-1})} \right] E_i e^{-E_i/\eta_i(t-t_j)} \right\} \quad (20)$$

Describing an experimental curve of stress relaxation by the following relation:

$$F(t) = \sum_{i=1}^u C_i e^{-a_i t} \quad (21)$$

obtain the same form [3] where:

$$C_i = \sum_{j=1}^m \frac{x D}{8(1-\nu^2)} \left[\frac{1}{z^2(t_j)} - \frac{1}{z^2(t_{j-1})} \right] E_i e^{-E_i/\eta_i(t-t_j)}, \quad a_i = \frac{E_i}{\eta_i} \quad (22)$$

Viscoelastic constants E_i and η_i are easy to calculate using microcomputer if coefficients C_i and a_i are given from experiment.

18. METODA OCENY ODPORNOŚCI OWOCÓW ROŚLIN STRĄCZKOWYCH NA PĘKANIE

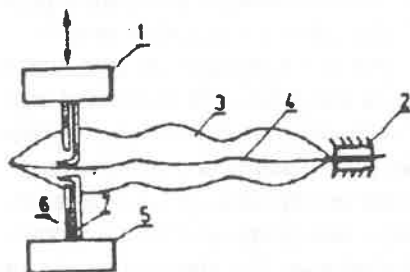
Znacznym utrudnieniem przy mechanicznym zbiorze niektórych roślin strączkowych jest łatwość pęknięcia ich owoców, co jest przyczyną znacznych strat nasion. Skrajnym efektem jest proces samopeknięcia. Występuje on pod koniec dojrzewania i jest wynikiem działania wewnętrznych naprężeń spowodowanych nierównomiernym wysychaniem łupin strąka [1].

Badania cech wytrzymałościowych owoców roślin strączkowych przeprowadza się na Instronie [2], stosując specjalnie do tego celu skonstruowaną przystawkę /rys. 25/. Zbudowana jest ona z uchwytu do mocowania strąka oraz z dwóch igieł zaczepowych ze sprężynowymi dociskami umożliwiającymi otwarcie łupin strąka, a następnie ich zamknięcie. Proces rozrywania oraz zamykania łupin strąka jest rejestrowany w rejestratorze aparatury /rys. 26/, co pozwala na określenie siły i energii otwarcia strąka w wyniku rozciągania jego łupin oraz siły i energii dążącej do samootwierania strąka, rejestrując proces jego zamykania. Przykładowe wyniki zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry charakteryzujące wytrzymałość na pękanie niektórych roślin strączkowych

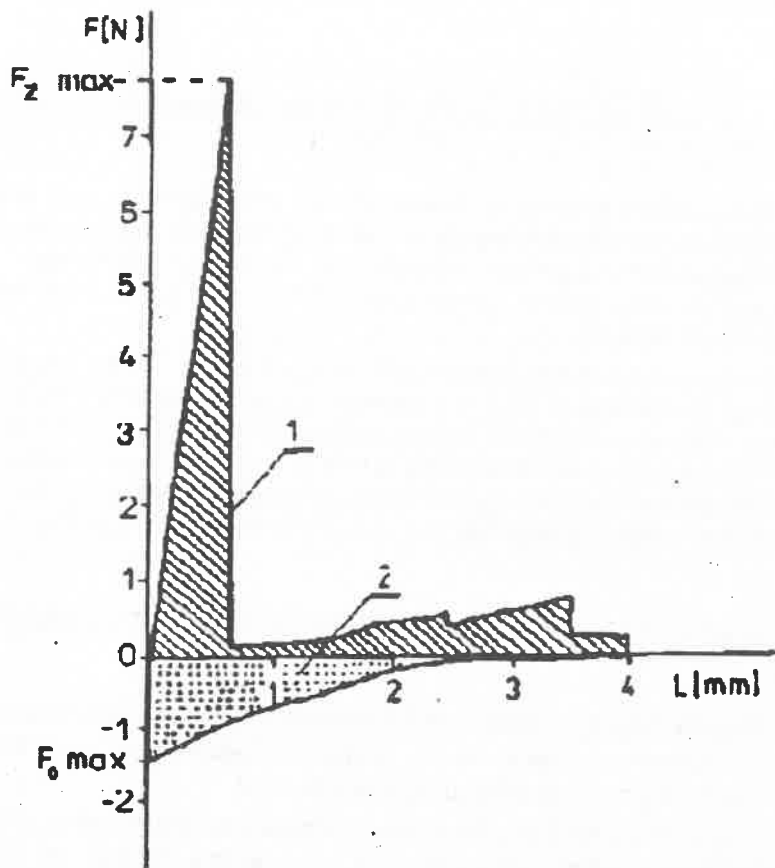
Table 1. Parameters characterizing resistance of some leguminous plants pods to dehise

Gatunek Odmiana Species Variety	Energia łupin strąka [mJ] Pressing energy	Max. siła tu- pin strąka F_0 max [N]	Energia strą- ka [mJ] Stretching energy	Max. siła strą- ka F_2 max [N]
Bobik Primus Horse-bean Primus	6.00	6.62	0.72	1.40
Groch Kałiski Pea Kałiski	4.40	4.76	0.32	1.23
Groch Nicosypajuszczil- sia Pea Nicosypajuszczaja	4.62	3.60	0.15	0.32
Groch 155-77 Pea 155-77	4.52	2.78	0.40	0.46
Fasola Atut Bean Atut	5.79	6.50	0.40	0.81
Łubin Wąskolistny Wiel- kopolski Lupine Wielkopolski	4.00	7.70	1.56	1.40
Łubin biały R-600 Lupine white A-600	18.80	15.50	1.60	1.80
Soja Koborowska Soya Koborowska	4.80	4.32	0.80	1.43
Soja Warszawska Soya Warszawska	5.80	3.70	0.80	1.53
Soja Smlena Soya Smiena	7.80	6.80	1.80	2.00
Soja Amurska Soya Amurska	5.71	5.94	1.44	1.98



Rys. 25. Schemat mocowania strąka w uchwycie igłowym: 1 - uchwyt górny ruchomy; 2 - mocowanie strąka; 3 - strąk; 4 - wewnętrzny szew strąka; 5 - uchwyt dolny nieruchomy; 6 - śruba dociskająca igły; 7 - igły zaczepowe

Fig. 25. Scheme of pod positioning in measuring apparatus: 1 - movable upper clamp; 2 - pod end clamp; 3 - pod; 4 - seam (raphe); 5 - immobile lower clamp; 6 - screw holding; 7 - pulling pins



Rys. 26. Ilustracja przebiegu procesu pęknięcia strąków roślin motylkowych grubonasiennych: $F_{2\max}$ - maksymalna siła wiązania łuszczyń strąka; $F_{0\max}$ - maksymalna siła otwarcia strąka; 1 - energia rozciągania (związania łuszczyń strąka); 2 - energia ściskania (otwarcia strąka)

Fig. 26. Illustration of coarse-grained papilionaceous pods dehiscing process: $F_{2\max}$ - maximal attachment force of siliques; $F_{0\max}$ - maximal force of pod opening; 1 - stretching energy (energy of siliques attachment); 2 - pressing energy (energy of pod opening)

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Szot B., Tys J.: Przyczyny osypywania się nasion roślin oleistych i strączkowych oraz metody oceny tego zjawiska. *Problemy Agrofizyki* 1979, 29.
2. Szot B., Tys J.: Metody oceny podstawowych cech mechanicznych owoców roślin oleistych i strączkowych. *Biofizyka, Wyższa Szkoła Rolniczo-Pedagogiczna, Siedlce*, 1980, 267-280.

18. METHOD FOR DETERMINING THE RESISTANCE OF PODS TO DEHISCENCE

Susceptibility of pods to dehiscence makes combine harvesting difficult and causes considerable losses of seeds [1]. Process of self-cracking of pods appears in the end of full ripening and is the most dangerous. This process of self-cracking results from internal stresses in pod due to nonuniform drying.

Investigations of the strength properties of pods were carried out on the Instron apparatus [2] instrumented in appropriate attachment consisted of pod end clamp and two pod pulling pins with spring holdings /Fig. 25/. This instrumentation enabled opening and next closing pods. The attachment force and energy of the seams were calculated from recorded process of closing the pod /Fig. 26/. Typical results are presented in Table 1.

19. METODA TESTOWANIA CECH MECHANICZNYCH KORZENI MARCHWI

Metoda dotyczy pomiaru podstawowych parametrów mechanicznych tkanek korzeni marchwi w celu ich poznania, a także oceny stanu korzeni świeżych, po przechowaniu i po gotowaniu [1-5].

W celu oceny struktury korzenia opracowano metodę cięcia specjalnie przygotowanej próbki wzdłuż średnicy korzenia /rys. 27, 28/. Próbka stosowana w tej metodzie wycinana była przy pomocy noża o dwóch równoległych ostrzach odległych o 5 mm. Sposób ten pozwala na wyznaczenie oporu cięcia:

- skórki (jako wynik przyjmuje się średnią z pierwszego i ostatniego pikę wykresu),
- kory (wartości między 1 i 2 oraz 3 i 4 pikami),
- włókna (średnia wartość 2 środkowych pików),
- rdzenia (wartości siły między dwoma środkowymi pikami).

W celu wyznaczenia modułów sprężystości oraz naprężeń niszczących obu tkanek korzenia marchwi opracowano metodę wyznaczania tych parametrów w próbie rozciągania. Próbkę stosowaną w tym teście mają przekrój kwadratowy przy zachowaniu stosunku między grubością a długością części przewężonej 1 : 5 /rys. 29/. Mocuje się je w specjalnych szczękach i poddaje rozciąganiu z prędkością 100 mm/min aż do zerwania.

W celu zobiektywizowania wyników pomiaru modułu sprężystości jako długość próbki można przyjąć wartość l' , która jest długością zredukowaną uwzględniającą pozostałe wymiary próbki oraz wstępną odległość szczęk.

W celu wyznaczenia modułu sprężystości korzenia jako całości opracowano metodę opartą na próbie zginania. Całe korzenie bez pęknięć i nacięć układa się na dwóch odległych o 70 mm podporach, po czym poddaje się je naciskowi z góry, rejestrując wykres charakterystyki siła-strzałka ugięcia do momentu pęknięcia /rys. 30/.

Wszystkie elementy oprzyrządowania bezpośrednio kontaktujące się z korzeniem posiadają zaokrąglenia o promieniu 15 mm. Moduł sprężystości wylicza się z nachylenia charakterystyki w jej początkowym sprężystym zakresie. Istotne jest, aby do kalkulacji omawianego modułu przyjmować średnicę korzenia mierzoną w miejscu jego pęknięcia. Pozwala to na pewne uproszczenie polegające na nieuwzględnianiu stożkowatości korzenia.

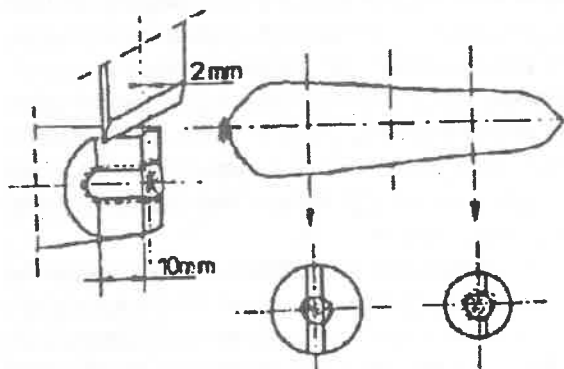
Oprócz wymienionych wcześniej zalet omawiane testy pozwalają także bardzo dobrze różnicować korzenie pod względem odmian.

Wyniki tych testów są wysoko skorelowane z pomiarami organoleptycznymi. Mimo że wymagają skomplikowanego przygotowania próbek i dużej liczby pomiarów, są szybsze w porównaniu z metodami chemicznymi.

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

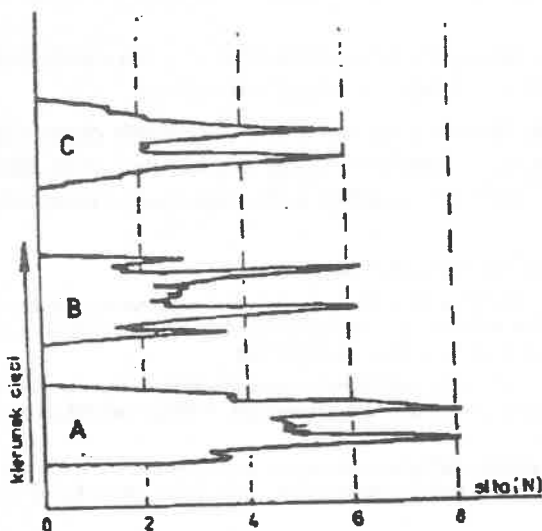
1. Szot B., Kęsik T., Gołacki K.: Badania zmienności właściwości mechanicznych korzeni marchwi w zależności od cech odmianowych, czynników agrotechnicznych i okresu przechowywania. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 1987, 316, 227-246.
2. Szot B., Gołacki K.: Voruntersuchungen zum Einfluss agrotechnischer Faktoren auf die Variabilität mechanischer Eigenschaften der Karottenwurzeln. 3. Wissenschaftlichen Tagung Agrophysik, NRD, 1984.
3. Szot B., Gołacki K.: Ocena właściwości mechanicznych korzeni marchwi w oparciu o pomiary podstawowych parametrów wytrzymałościowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 1987, 321, 175-184.

4. Aubert S., Duprat F., Szot B.: Mesures mecaniques directes de la texture fibreuse des carottes. *Sciences des Aliments* 1984, 4, 617-630.
5. Aubert S., Bonnet A., Szot B.: Mise au point d'indices rheologiques de texture en relation avec quelques caracteres biochimiques chez la carotte (*Daucus carota* L.). *Ann. Techn. Agric.* 1979, 28, 397-422.



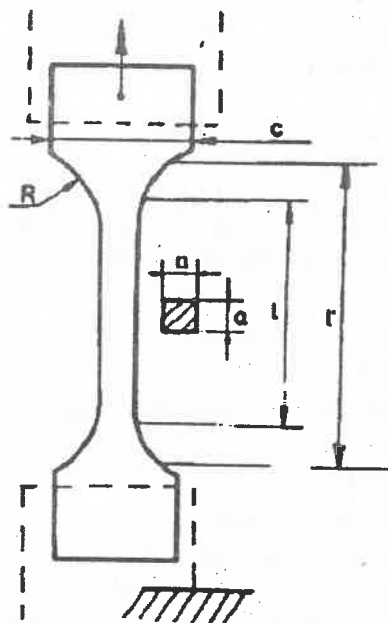
Rys. 27. Przygotowanie próbek oraz miejsca przeprowadzania cięcia na korzeniu marchwi

Fig. 27. Sample preparation and place of cutting of carrot root



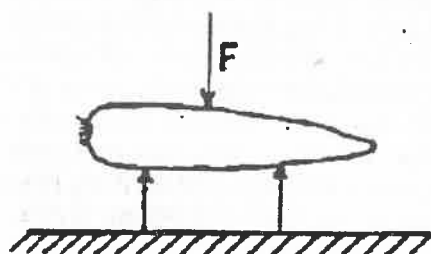
Rys. 28. Siła w funkcji zagłębienia noża w teście cięcia korzeni marchwi: A - marchew świeża; B - po przechowaniu; C - po gotowaniu

Fig. 28. Force versus knife displacement in carrot root cutting test: A - fresh carrot; B - after storage; C - after cooking



Rys. 29. Schemat testu zginania

Fig. 29. Scheme of deflection test



Rys. 30. Kształt próbki w teście rozciągania tkanek korzeni marchwi: a , c , l , l' - parametry geometryczne próbki

Fig. 30. Sample shape in test of carrot root tissues stretching: a , c , l , l' - geometric parameters of sample

19. METHOD FOR TESTING MECHANICAL PROPERTIES OF CARROT ROOT

Method concerns measurements of basic mechanical parameters of carrot root tissues after harvesting, storing and cooking.

The method of cutting of specially prepared sample along root diameter was elaborated to evaluate a structure of a carrot root /Figs. 27, 28/. A sample was cutted using knife of two parallel blades of 5 mm mutual distance.

This method allows to determine the following cutting resistances:

- skin (mean value of first and last peak),
- cortex (values between first and second as well as between third and fourth peak),
- fibrin (mean value of two middle peaks),
- core (values of a force between two middle peaks).

Method of tension of a carrot root sample was elaborated to determine modulus of elasticity of carrot root core and cortex. A tension test sample has square cross-section. A sample length is five time of its narrowing thickness /Fig. 29/. A sample is clamped in a special jaws and stretched with displacement rate of 100 mm/minute until rupture.

Method of bending was elaborated to determine modulus of elasticity of a whole carrot root. A carrot root without any cracks or damages was placed on two supports (distant of 70 mm) and was loaded till cracking /Fig. 30/. A force versus deflection was recorded. Each element of instrumentation, which is in contact with carrot root, was rounded (radius of 15 mm). Modulus of elasticity was calculated from the slope of recorded curve in its beginning, elastic range. Basing calculation of elasticity modulus on the diameter of the carrot root in the point of cracking allows to neglect conical shape of root.

Proposed tests are enough sensitive to differentiate carrot root according to variety. Obtained results are in very good correlation with organoleptic tests. Proposed tests are faster than chemical methods in spite of complicated procedure of sample preparation and necessity of performing many replications.

20. POMIAR MODUŁU SPRĘŻYSTOŚCI TKANEK KORZENIA BURAKA CUKROWEGO

Określono moduły sprężystości wybranych stref - warstwy łyka i mięsisku korzenia - buraka cukrowego [1]. Pomiaru wykonywano twardościomierzem do badań gumy typ kP 15012 produkcji polskiej firmy KABID-PRESS.

Schemat kinematyczny przyrządu przedstawiono na rysunku 31. Ustalone zostały następujące parametry: średnica kulowego wglębniaka pomiarowego 5 mm, obciążenie wstępne próbki 0,3 N, całkowite obciążenie pomiarowe 5,7 N. Moduł sprężystości materiału oblicza się dla przyjętych warunków pomiaru według wzoru:

$$E = 217,9 h^{-1,35} \text{ [Pa]} \quad (23)$$

gdzie h jest zagłębieniem wglębniaka (w metrach) pod wpływem ostatecznego obciążenia.

Aparat kP 15012 posiada wyjście komputerowe RS 232 dla wyników pomiaru. Umożliwia to przebadanie znacznej liczby próbek opracowaną metodą.

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Kuczyński A., Bzowska-Bakalarz M.: Moduł sprężystości tkanki korzenia buraka cukrowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 1987, 321, 90-104.

20. MEASUREMENT OF THE MODULUS OF ELASTICITY OF SUGAR BEET ROOT TISSUE

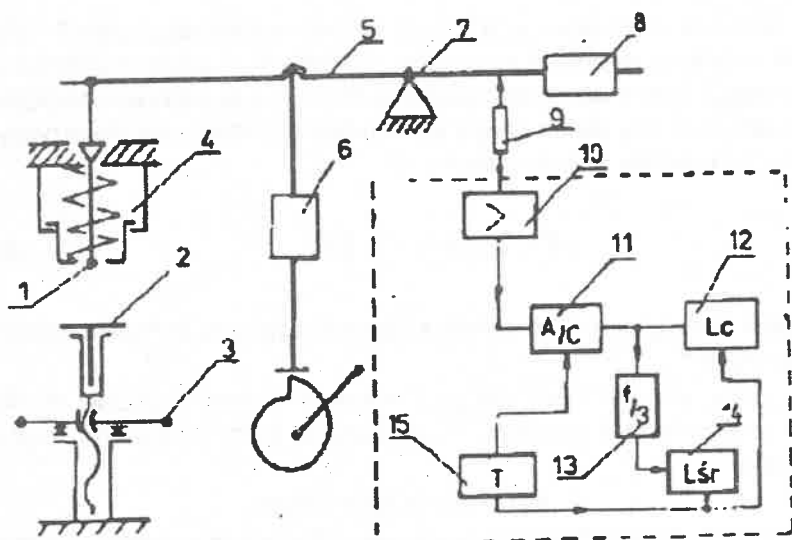
Modulus of elasticity of selected zones of sugar beet root (phloem and mesophyll) was determined [1]. The measurements were performed on a rugger hardness tester (Kabid-Press type kP 15012).

Schematic diagram of the tester is presented in Figure 31. Diameter of a spherical indenter was 5 mm, initial loading was 0.3 N and total loading during measurement was 5.7 N. The modulus of elasticity for that conditions of experiment was calculated according to the following formula:

$$E = 217,9 h^{-1,35} \text{ [Pa]} \quad (23)$$

where h is a displacement of the indenter [m] under total loading.

The kP 15012 tester has RS 232 interface which facilitates testing considerable amount of samples according to elaborated method.

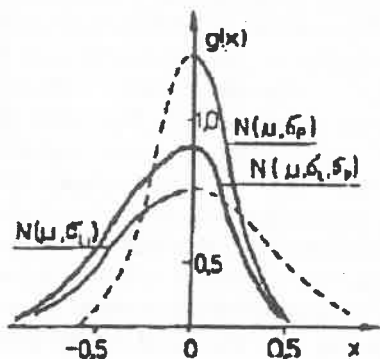


Rys. 31. Schemat kinematyczny twardościomierza laboratoryjnego typ kP 15012: 1 - wglębnik pomiarowy; 2 - stolik; 3 - pokrętło do podnoszenia i opuszczania stolika; 5 - dźwignia; 6 - obciążenie ostateczne; 7 - ułożyskowanie dźwigni; 8 - obciążenie wstępne; 9 - czujnik przesunięcia; 10 - wzmacniacz; 11 - przetwornik A-C; 12 - licznik impulsów i wyświetlacz; 13 - dzielnik częstotliwości; 14 - licznik dla średniej arytmetycznej; 15 - układ sterowania czasem pomiaru

Fig. 31. Kinematic scheme of rugger hardness tester: 1 - measuring indenter; 2 - table; 3 - upward-downward table regulator; 5 - lever; 6 - final ballast; 7 - lever bearing; 8 - initial ballast; 9 - displacement gauge; 10 - amplifier; 11 - A-C converter; 12 - impulse counter; 13 - frequency selector; 14 - counter for arithmetic mean; 15 - measuring time steering system

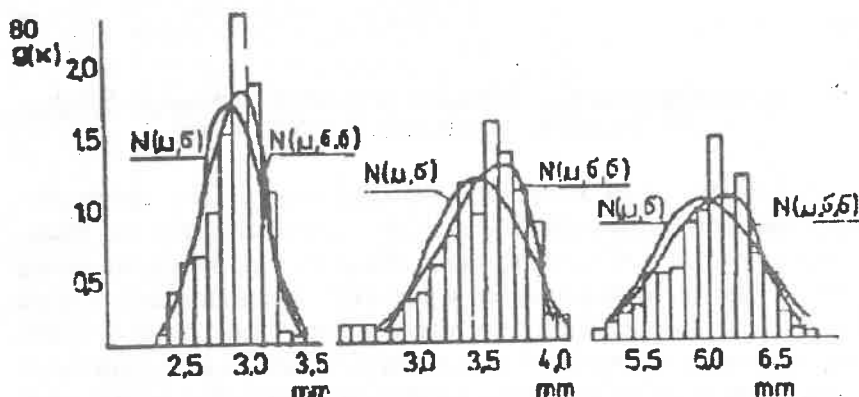
21. CHARAKTERYSTYKA WYMIARÓW ZIARNA PSZENICY OZIMEJ ROZKŁADEM NORMALNYM-SKLEJONYM

Procentowy udział ziarn różnej wielkości w populacji przedstawiany jest z zasady w formie rozkładów grubości, szerokości i długości. Stwierdzono jednakże, iż rozkłady te są asymetryczne i odbiegają od normalnych, a więc interpretacja wyników jest znacznie utrudniona i niepełna. Dlatego też zaproponowano nowy trójparametrowy rozkład zmiennej losowej, nazwany przez autorów [1] rozkładem normalnym-sklejonym i oznaczony przez $N(\mu, \delta_1, \delta_p)$. Istotę konstrukcji takiej funkcji gęstości $g(x)$, otrzymanej w postaci analitycznej, przedstawiono na rysunku 32. Uzyskane tą metodą estymatory wartości modalnej i wartości oczekiwanej, a także miary rozproszenia umożliwiają proste testowanie hipotez statystycznych i rozszerzają znacznie zakres użytecznej informacji o zmienności badanych cech. Skonstruowano mechaniczny miernik trzech wymiarów ziarna i opracowany model sprawdzono [2] dla rozkładów podstawowych wymiarów ziarna pięciu odmian pszenicy ozimej pochodzącego z czterech doświadczeń rejonizacyjnych /rys. 33/. Stwierdzono, że nowy model może być bardziej przydatny niż stosowany dotychczas rozkład normalny. Umożliwia szczegółową analizę badanych cech, pozwala na zastosowanie modelu statystycznego do charakterystyki dorodności ziarna i określania granic pośladu, a także może służyć ulepszeniu pracy maszyn czyszczących.



Rys. 32. Konstrukcja funkcji gęstości $g(x)$ rozkładu s-normalnego

Fig. 32. Construction of spline-normal distribution function



Rys. 33. Rozkłady wymiarów grubości, szerokości i długości ziarna pszenicy ozimej Jana opisane funkcją gęstości rozkładu normalnego i s-normalnego

Fig. 33. Thickness, width and length distributions of winter wheat fitted to normal and spline-normal distribution functions

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Szot B., Kuczyński A., Grzegórski St.: Charakterystyka podstawowych cech geometrycznych ziarna pszenicy ozimej rozkładem normalnym-sklejonym. Roczn. Nauk Roln. 1980, C-74-4, 81-88.
2. Szot B., Kuczyński A.: The application of a new statistical model for the evaluation of the geometrical properties of winter wheat grain. Int. Conf. in Gödöllő, Hungary, 1980, 160, 1-9.

21. CHARACTERIZATION OF THE GEOMETRICAL PROPERTIES OF WINTER WHEAT GRAIN BY THE SPLINE-NORMAL DISTRIBUTION

Grain size distribution is commonly presented as a histogram of thickness, width and length. However, these basic properties of grains have asymmetrical distribution, which makes their description difficult. A new three-parameters distribution function of a random variable, called spline-normal distribution $N(\mu, \delta_l, \delta_p)$ was proposed [1]. This new density distribution function $g(x)$ obtained in analytical form is presented in Figure 32. Obtained estimators of the model and expected values and the measure of dispersion facilitate simple testing of a statistical hypothesis and extend considerably information about tested properties. Measurements were carried out on individual grains of winter wheat of five varieties from four different field conditions using constructed tester of three dimensions of grain /Fig. 33/. It was stated that the new statistical model describes

better the asymmetrical distribution than the normal distribution used so far. This spline-normal distribution makes possible detailed analyses of studied properties, improves the evaluation of the crops obtained and forms the basis for the design of cleaning and sorting machines.

22. METODA SPEKTROFOTOMETRYCZNEGO POMIARU WYBARWIENIA OWOCÓW TRUSKAWKI

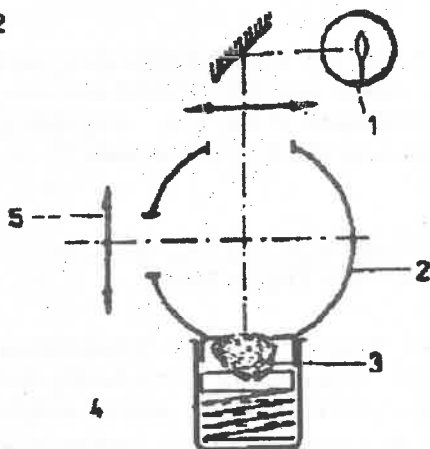
Do pomiaru wybarwienia skórki owoców truskawki przystosowano spektrofotometr optyczny produkcji NRD Spekol 10 z przystawką Rd- Φ . Przystawka wyposażona jest w kulę Ulbrichta, która oświetla światłem rozproszonym powierzchnię truskawki o średnicy 18 mm. Umożliwia ona dokładny pomiar współczynnika luminancji nierównej powierzchni owocu. Pomiary, po ich przeliczeniu, wykonywane są w odniesieniu do 100 % wzorca bieli. W przystawce Rd- Φ zmieniono zamocowanie próbki, aby nie uszkadzać owoców /rys. 34/. Aparat wyjściem rejestracyjnym, przez przetwornik sygnału, połączono z mikrokomputerem Amstrad 6128, który kontroluje ustalanie się wskazań przyrządu, zapisuje wyniki, znacznie przyspiesza i poprawia dokładność pomiarów.

Dla metody pomiaru wytypowano dwie linie monochromatyczne 550 i 590 nm /rys. 35/, które wykorzystane zostały do utworzenia indeksu wybarwienia skórki - IWS owoców truskawki.

Wykazane zostało [1], że parametr IWS dobrze koreluje z parametrami układów barwometrycznych CIE i CIELab, a także, że zachodzi związek funkcyjny pomiędzy zawartością barwników antocyjanowych w dojrzewającym owocu i wartością parametru IWS. Przydatność parametru IWS pozytywnie oceniono [2] w badaniach różnic odmianowych, różnic wybarwienia wywołanych czasem i warunkami chłodniczego przechowywania truskawek.

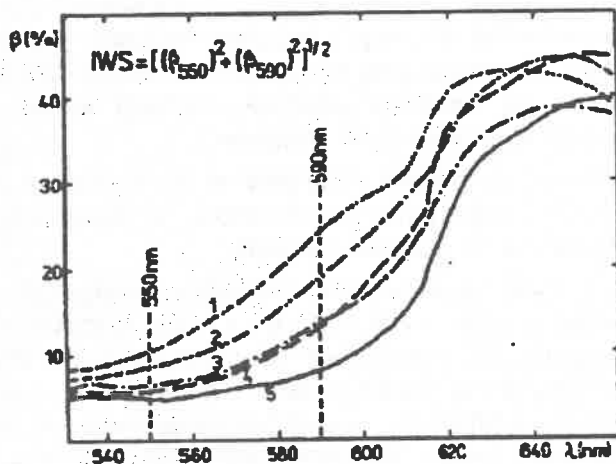
BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Kuczyński A.: Analyse des durch Reifen der Erdbeere hervorgerufenen Farbenwechsels. Physik und Landwirtschaft. 3. Wiss. Tagung Agrophysik DDR 1984, 359-362.
2. Kuczyński A.: Metodyczne aspekty badań właściwości fizycznych owoców truskawki. Praca doktorska, AR Lublin, 1988.



Rys. 34. Schemat układu optycznego przystawki Rd/Φ-Specol 10 po jej zastosowaniu do pomiaru monochromatycznego współczynnika luminancji powierzchniowej truskawki: 1 - fotokomórka; 2 - kula Ulbrichta; 3 - truskawka; 4 - wy czerniony pojemnik; 5 - monochromator

Fig. 34. Scheme of optical system of Rd/Φ-Specol 10 pannels after its adopting for monochromatic colouring index of strawberry skin measurements: 1 - fotocell; 2 - Ulbricht sphere; 3 - strawberry; 4 - black-wall container; 5 - monochromator



Rys. 35. Rozkład luminancji β powierzchni owoców truskawki Senga-S różnych klas wybarwienia i formuła wyznaczania indeksu wybarwienia skórki IWS

Fig. 35. Distribution of strawberry skin colouring β (Senga-S fruit of different colouring classes) and mode of estimation of skin colouring index, IWS

22. SPECTROPHOTOMETRICAL METHOD OF THE MEASUREMENT OF STRAWBERRY FRUIT COLOURING

The East German optical spectrophotometer Specol 10 with Rd- Φ attachment was adapted for the measurement of colouring of strawberry fruit skin. The attachment is equipped with an Ulbricht sphere, which illuminates the surface of a strawberry of 18 mm diameter with the diffuse light. It enables accurate measurement of a rough fruit surface. The measurement, after having been calculated, is made in allusion to 100 % white reference standard. The fixing of a sample was changed in Rd- Φ attachment in order not to spoil fruit /Fig. 34/. The apparatus, by means of a recording output, was connected through a signal converter with the microcomputer Amstrad 6128, which controls fixing the indications of the apparatus, records the results, greatly accelerates and corrects the accuracy of measurements.

Form the measurement method two monochromatic lines 550 and 590 nm /Fig. 35/ were selected and they were used to create fruit skin colour index - IWS of strawberry. It was stated [1] that IWS parameter correlates well with the parameters of CIE and CIELab colour system, and also, that there exists the functional relation between the anthocyanin dye content in a ripening fruit and the IWS parameter value. The usability of IWS parameter was estimated positively [2] in the studies of variety differences, colouring differences caused by time and conditions of cold storage of strawberries.

23. CHARAKTERYSTYKA JĘDRNOŚCI OWOCÓW TRUSKAWKI

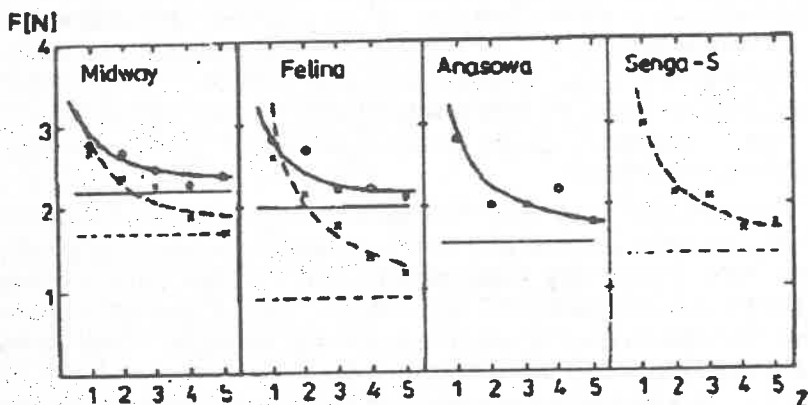
Wykazano, że do charakterystyki jędrności owoców różnych odmian truskawki można zastosować hiperboliczną zależność siły przebiccia skórki F od indeksu dojrzałości owocu Z /rys.36/:

$$F = a + b Z^{-1} \quad (24)$$

Nowo wprowadzony indeks Z zdefiniowany został w oparciu o procentową skalę wybarwienia powierzchni owocu i standaryzowany sposób podziału próbki na 5 klas [1].

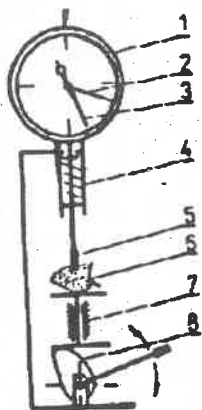
Otrzymane z regresji dla funkcji hiperbolicznej stałe a , b pozwalają nie tylko na porównanie jedności ogólnej owoców różnych odmian, lecz także umożliwiają ocenę zróżnicowanego wpływu dojrzałości na spadek jedności owoców.

Nowa metoda badań jedności owoców truskawek może być używana w pracach hodowlanych przy wykorzystaniu połowego miernika siły przebicia /rys. 37/ wykonanego w Zakładzie Fizyki Materiałów Rolniczych I.A PAN w Lublinie.



Rys. 36. Zależność siły przebicia skórki owoców truskawki F od indeksu dojrzałości Z otrzymana dla 4 odmian w 2 terminach zbioru: o - okres suszy; x - po opadach deszczu

Fig. 36. Strawberry fruit skin puncture force, F , dependence on maturity index, Z , for 4 fruit varieties at two cropping times: o - at drought; x - after rainfall



Rys. 37. Schemat miernika odporności skórki owocu truskawki: 1 - czujnik zegarowy przemieszczenia; 2 - wskazówka; 3 - wskazówka krańcowa; 4 - dynamometr; 5 - pręt przebijający owoc; 6 - owoc truskawki; 7 - prowadnica stolika; 8 - krzywka

Fig. 37. Scheme of strawberry fruit skin firmness measuring apparatus: 1 - displacement dial gauge; 2 - hand; 3 - extreme hand; 4 - dynamometer; 5 - fruit puncturing rod; 6 - strawberry fruit; 7 - table slide; 8 - cam

BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Kuczyński A: Maturity vs puncture force in predicting the varietal differences of strawberry fruit. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 1985, 304, 131-138.

23. CHARACTERISTICS OF STRAWBERRY FRUIT FIRMNESS

It was stated that for the characteristics of firmness of different varieties of strawberries, a hyperbolic dependence of skin puncture force F upon the index of fruit maturity Z may be applied /Fig. 36/:

$$F = a + b Z^{-1} \quad (24)$$

The newly introduced index Z was defined on the basis of the proportional scale of fruit surface colouring and the standard method of sample division into 5 classes [1].

The hiperbolical function constants a , b , derived from regression, allow for not only the comparison of total firmness of fruit of different varieties, but also enable the evaluation of the differentiated influence of firmness on the decrease in fruit maturity.

The new method of studying strawberry fruit firmness may be used in cultivation research, with the utilization of a field meter of puncture force /Fig. 37/ done in the Laboratory of Physics of Agricultural Materials IA PAN in Lublin.

24. METODA BADAŃ NIETRWAŁYCH PŁODÓW ROLNYCH W WARUNKACH PRÓŻNIOWEGO SCHŁADZANIA

Duże uznanie posiada w USA i w krajach Europy Zachodniej metoda schładzania w próżni [1]. Celem dotychczasowych prac [2] było zbadanie zakresu przydatności tej metody do schładzania różnych płodów rolnych i określenie ich podstawowych parametrów chłodniczych.

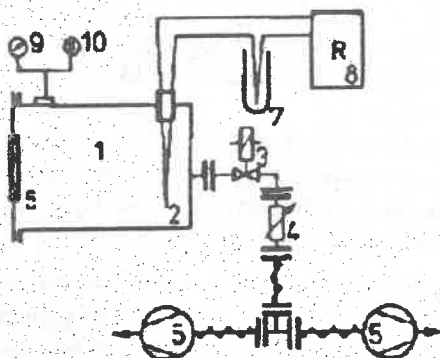
Schemat prototypowej komory schładzania próżniowego zbudowanej w Zakładzie Fizyki Materiałów Rolniczych IA PAN w Lublinie przedstawiono na rysunku 38. Składa się ona ze zbiornika próżniowego (1) o wymiarach 270 x 370 x 450 mm, przewodów o średnicy 45 mm, zaworu elektromagnetycznego (4), dwóch próżniowych pomp olejowych (5) o łącznej szybkości pompowania 60 m³/h powietrza i około 700 g/h pary. Do zbiornika podłą-

czono dwa próżniomierze: membranowy (9) o zakresie 0-40 tor (ok. 0-5,4 kPa) i barometryczny olejowy (10) o zakresie 0-10 tor (ok. 0-1,3 kPa). Do pomiaru temperatury materiału służą cztery sondy - mikrotermopary miedź-konstantan (2), które przez przepusty prądowe wyprowadzono z komory i połączono z rejestratorem kompensacyjnym (8) typ MKV produkcji NRD o zakresie 1 mV. Złącza odniesienia umieszczono w lodzie. Zbiornik ma szczelne zamknięcie z wziernikiem (6) i podświetleniem.

Charakterystyki prawidłowego schładzania główek sałaty i owoców truskawki przedstawiono na rysunkach 39 i 40. Pomyślne wyniki chłodniczego przechowywania produktów schłodzonych próżniowo przemawiają za stwierdzeniem, że uzasadnione byłoby prowadzenie dalszych badań nad zastosowaniem metody i urządzeń w przypadku bardzo nietrwałych owoców, warzyw, grzybów i kwiatów, zwłaszcza w jednostkowych opakowaniach, które uniemożliwiają szybkie i wydajne schłodzenie dużej masy towaru.

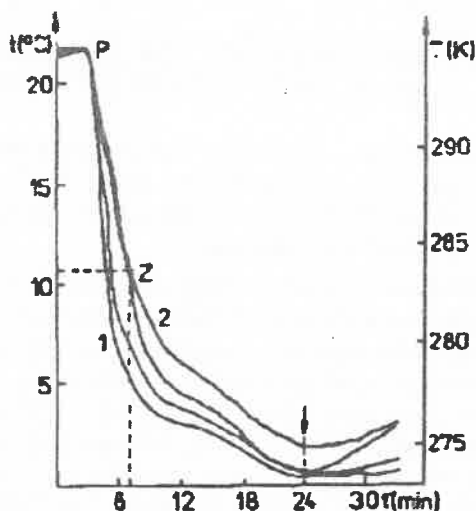
BIBLIOGRAFIA (REFERENCES)

1. Kuczyński A.: Szybkie schładzanie próżniowe nietrwałych płodów rolnych. Post. Nauk Roln. 1981, 6, 115-123.
2. Kuczyński A.: Wstępne badania laboratoryjnej komory próżniowej do szybkiego schładzania nietrwałych płodów rolnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 1986, 297, 363-369.



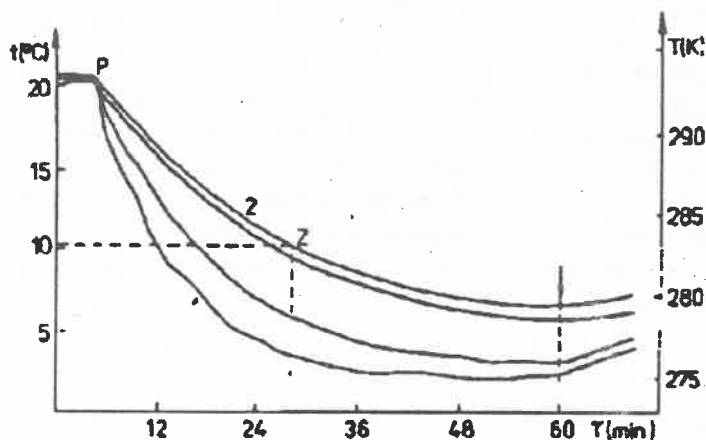
Rys. 38. Schemat laboratoryjnej komory schładzania próżniowego: 1 - zbiornik schładzania; 2 - termopara; 3 - zawór odcinający; 4 - zawór o regulowanym przelewie; 5 - pompa próżniowa; 6 - wziernik; 7 - termopara odniesienia; 8 - rejestrator kompensacyjny; 9 - próżniomierz membranowy; 10 - próżniomierz barometryczny

Fig. 38. Scheme of laboratory vacuum cooling chamber: 1 - cooling container; 2 - thermocouple; 3 - cut-off valve; 4 - regulated flow valve; 5 - vacuum pump; 6 - peeping window; 7 - reference thermocouple; 8 - recorder; 9 - membrane vacuum-meter; 10 - barometric vacuum-meter



Rys. 39. Zmiany temperatury sałaty w czasie schładzania próżniowego: 1 - temperatura liścia; 2 - temperatura łodygi; Z - punkt półschłodzenia; P - początek schładzania

Fig. 39. Changes of temperature of salad during vacuum cooling: 1 - leaf temperature; 2 - stem temperature; Z - point of halfcooling; P - starting point of cooling



Rys. 40. Zmiany temperatury truskawki w czasie schładzania próżniowego: 1 - temperatura powierzchni; 2 - najniższa temperatura rdzenia; Z - punkt półschłodzenia; P - początek schładzania

Fig. 40. Strawberry fruit temperature changes during vacuum cooling: 1 - surface temperature; 2 - lowest temperature of core; Z - point of halfcooling; P - starting point of cooling

24. METHOD OF STUDYING PERISHABLE AGRICULTURAL PRODUCTS IN THE CONDITIONS OF VACUUM COOLING

The method of cooling in vacuum [1] is highly appreciated in the USA and Western Europe. The aim of the research done hitherto [2] was to study the scope of usability of this method for cooling various agricultural products and stating their basic cooling parameters.

The scheme of the prototype vacuum cooling chamber built in the Laboratory of Physics of Agricultural Materials IAPAN in Lublin is shown in Figure 38. It consists of a vacuum container (1) of dimensions 270 x 370 x 450 mm, conduits of 45 mm in diameter, an electromagnetic valve (4), two vacuum oil pumps (5), having the total speed of pumping 60 m³/h of air and about 700 g/h of steam. Two vacuum-meters: tympanic (9) with the range of 0-40 torr (about 0-5,4 kPa) and oil barometrical (10) with the range 0-10 torr (about 0-1,3 kPa) were attached to the main. Four probes - copper-constantan microthermoelements (2) attached to a compensatory recorder (8), made in East Germany, having the range of 1 mV, serve the temperature measurement. The container has a hermetic fastener with a peep-hole (6) and light.

The characteristics of proper cooling of lettuce heads and strawberry fruit are shown in Figure 39 and 40. The good results of refrigerating storage of vacuum cooled products favour the statement, that the further studies on the utilization of the method and the equipment would be justifiable in the case of highly perishable fruit, vegetables and mushrooms, particularly in separate wrappings, which prevent from quick and efficient cooling great masses of products.