

NIEKTÓRE CECHY FIZYCZNE NASION STRĄCZKOWYCH ZALEŻNE OD ICH WILGOTNOŚCI

E. BIŁOWICKA — Polska

WSTĘP

Cechy fizyczne nasion charakterystyczne dla poszczególnych gatunków i odmian zależą także od warunków uprawy roślin, sposobu zbioru i przechowywania nasion. Znajomość tych cech ma znaczenie zarówno praktyczne, jak teoretyczne.

Oznaczenia wilgotności i gęstości usypnej są dokonywane powszechnie w obrocie ziarnem i nasionami. Wielkość i kształt nasion, gęstość usypna i właściwa, porowatość, własności zsypane itp. odgrywają istotną rolę przy projektowaniu urządzeń do transportu, suszenia i przechowywania ziarna.

Znajomość cech fizycznych i ich wzajemnych zależności odgrywa istotną rolę w badaniach aerodynamicznych oraz badaniach wymiany masy i ciepła w procesie suszenia nasion. Dla przykładu kształt i wielkość nasion wpływają na tworzenie się przestrzeni międzyziarnowych decydujących o przepływie czynnika suszącego i oporach tego przepływu przez warstwę.

Szereg własności fizycznych zależy od wilgotności nasion. Zawartość wody w nasionach ulega zmianom, począwszy od ukształtowania się i dojrzewania nasion, aż do zbioru i ustalenia się w określonych warunkach przechowywania.

W IMER podjęte zostały badania mające na celu określenie niektórych cech fizycznych nasion i ich zmian w zależności od zmian zawartości wody w nasionach. Badano cechy oznaczane powszechnie przy określaniu jakości nasion: masę tysiąca nasion i gęstość usypną, prowadząc obserwacje i pomiary na czterech gatunkach nasion roślin strączkowych różniących się wielkością i kształtem (bobik, fasola, groch i łubin). Oznaczono również gęstość właściwą, średnicę zastępczą i porowatość nasion (tabela).

MASA TYSIĄCA NASION

Masa tysiąca nasion M_{1000} charakteryzuje dorodność nasion i stopień ich wykształcenia. Na ogół im nasiona są większe i lepiej wykształcone, tym większą posiadają wartość jako materiał siewny, tym zdolniejsze są do wydania silnych i zdrowych roślin. Ta cecha fizyczna nasion jest pośrednim miernikiem ich właściwości fizjologicznych i wartości gospodarczej. Masa tysiąca nasion jest cechą gatunkową i odmianową. O jej wielkości w obrębie gatunku decydują przede wszystkim czynniki

klimatyczne, glebowe i agrotechniczne. Obserwuje się zmiany masy tysiąca nasion w dość znacznych granicach, zależnie od zmian ich wilgotności. Masa tysiąca nasion wilgotnych (M_{1000}) jest sumą masy suchej substancji tysiąca nasion (M_{s1000}) i masy wody ($u \cdot M_{s1000}$), gdzie u — zawartość wody w nasionach przy danym stanie wilgotności. Zależność masy tysiąca nasion (M_{1000}) od zawartości wody (u) w nasionach można wyrazić równaniem charakteryzującym zależność prostoliniową:

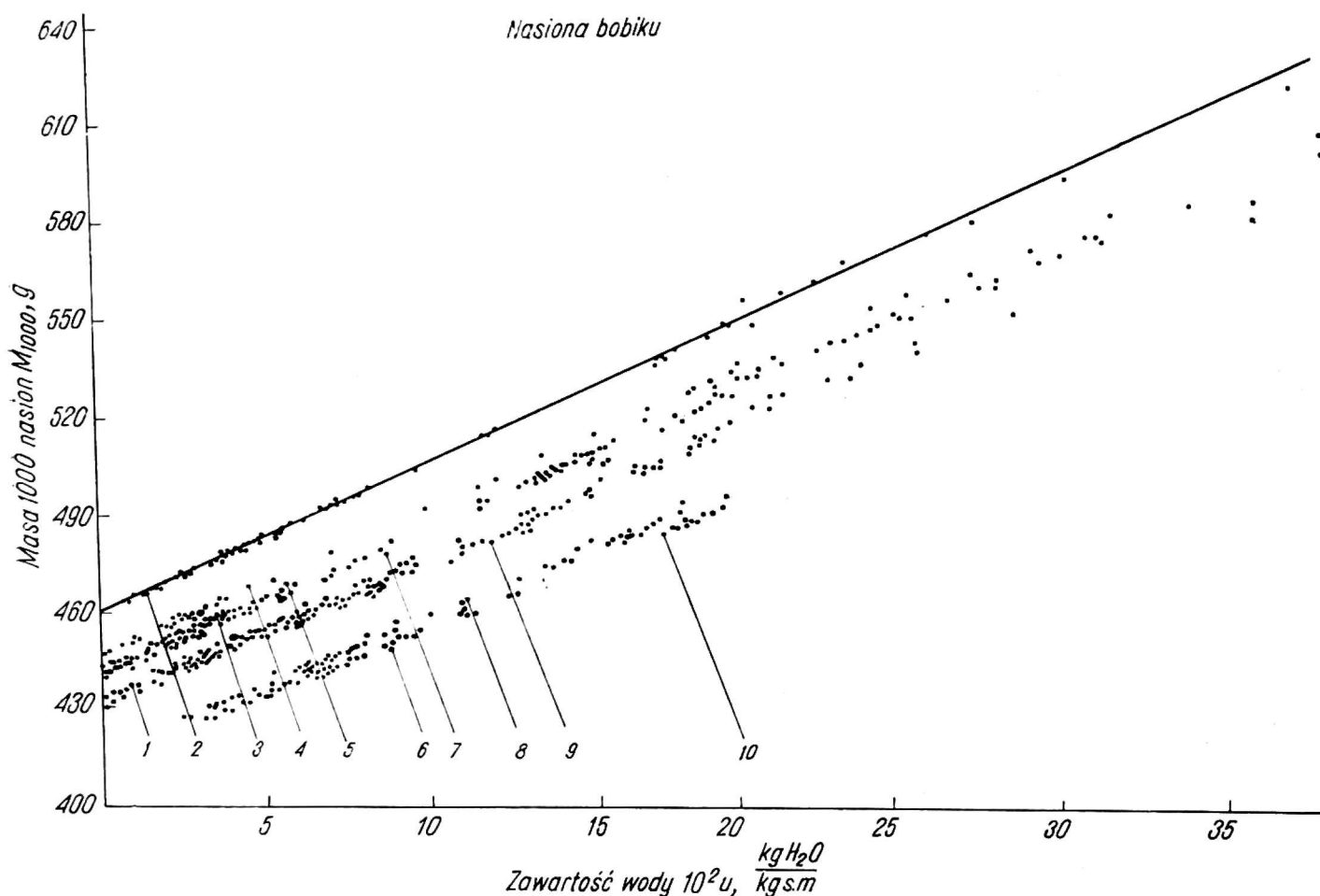
$$M_{1000} = M_{s1000} + u \cdot M_{s1000}$$

lub

$$M_{1000} = M_{s1000}(1+u) \quad (1)$$

Taka forma równania sugeruje, że liczbowa wartość współczynnika nachylenia prostej dla $M_{1000} = f(u)$ jest w przyjętym układzie współrzędnych: $M_{1000} - u$ równa masie suchej substancji M_{s1000} .

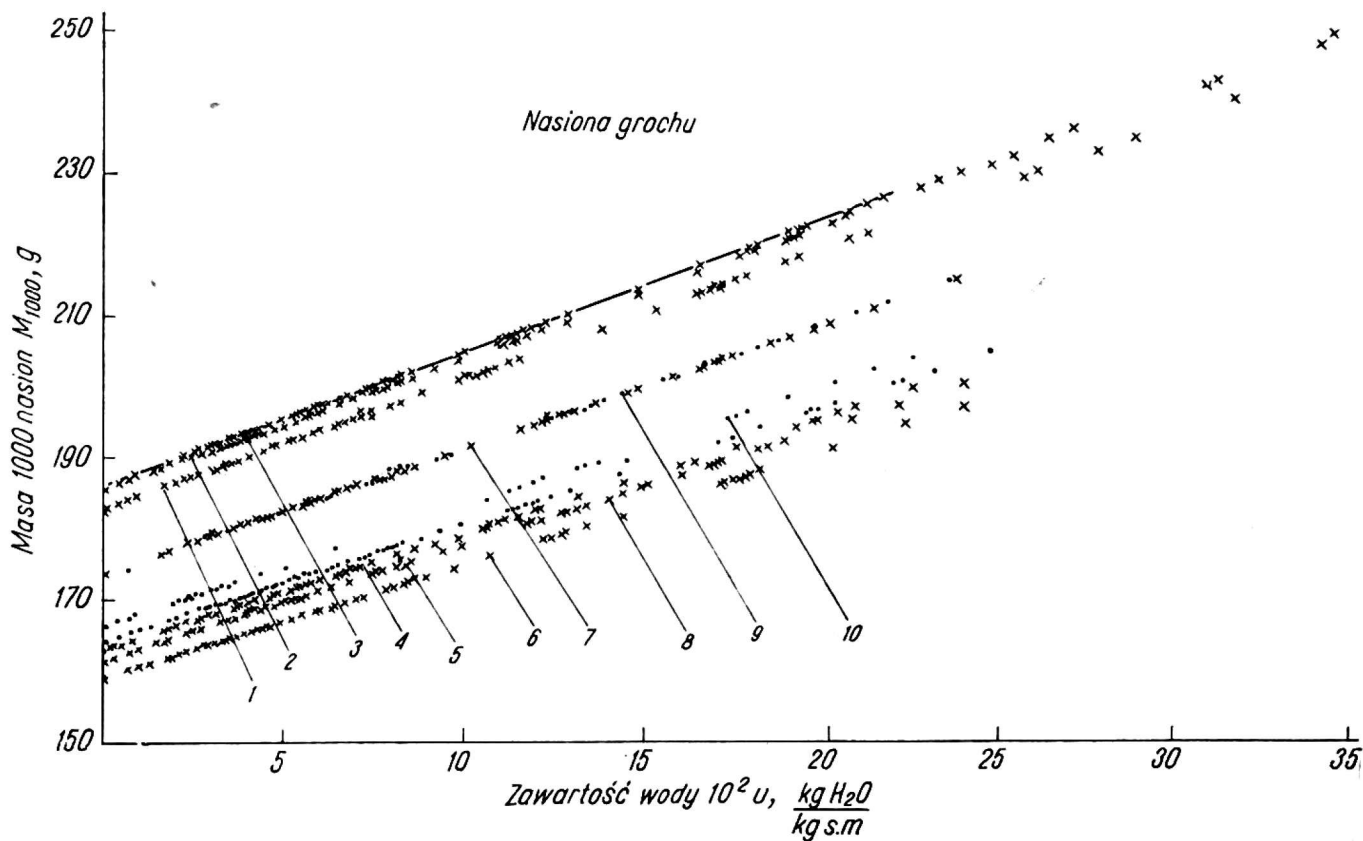
W pracy starano się sprawdzić oczekiwany przebieg zależności masy tysiąca nasion od ich wilgotności dla nasion różniących się wielkością i kształtem. Do doświadczeń używano nasiona dojrzałe, lecz jeszcze o wysokiej zawartości wody. Odliczano tysiąc nasion, ważąc je z dokładnością 0,01 g i umieszczano w muślino-



Rys. 1. Zależność masy 1000 nasion od zawartości wody

W_1	M_{s1000}	γ_{us}	W_1	M_{s1000}	γ_{us}
1 — 30,67	434,60	811,1	6 — 21,8	432,60	798,0
2 — 28,86	460,64	819,0	7 — 21,6	441,60	798,0
3 — 29,5	442,78	784,0	8 — 16,5	417,36	808,0
4 — 29,5	447,56	788,0	9 — 16,5	432,34	807,0
5 — 29,4	443,00	801,0	10 — 16,5	414,10	810,0

wym woreczku. Woreczek z nasionami zawieszano w kontrolowanych warunkach temperatury i wilgotności. Przygotowaną w ten sposób próbkę ważono co 24 godz. W miarę upływu czasu szybkość wysychania malała, aż do ustalenia się masy próbki. Po osiągnięciu przez nasiona ustalonej masy w temperaturze około 20°C, przenoszono próbkę do termostatu o temperaturze 30, 40, 50, 60, 70 i 105°C. Ustaloną masę w temperaturze 105°C przyjęto jako masę suchej substancji tysiąca nasion



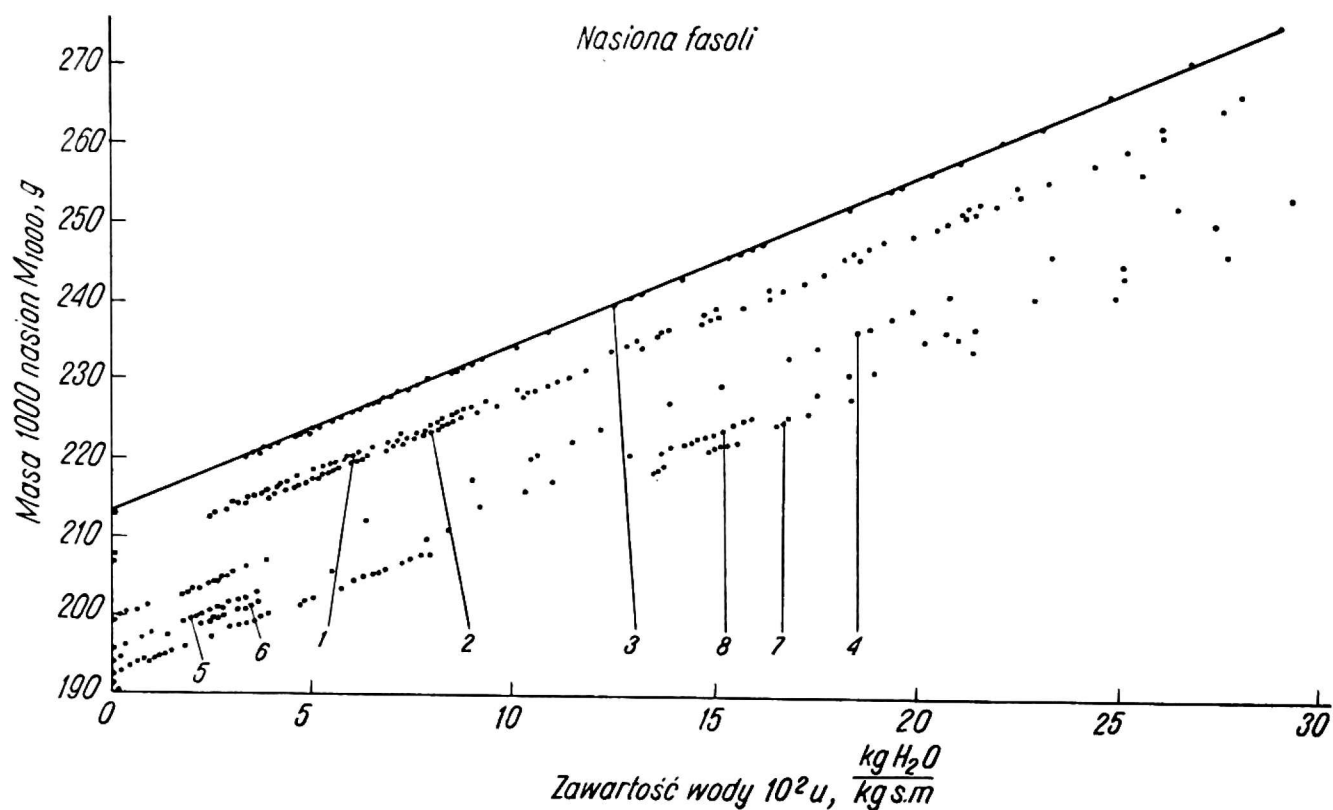
Rys. 2. Zależność masy 1000 nasion od zawartości wody

W_1	M_{s1000}	γ_{us}	W_1	M_{s1000}	γ_{us}
1 — 25,0	182,82	777,2	6 — 19,4	158,80	774,0
2 — 26,2	185,50	772,8	7 — 19,3	173,84	781,0
3 — 26,2	186,10	770,0	8 — 19,3	161,50	783,0
4 — 19,8	164,18	769,0	9 — 19,2	173,85	778,0
5 — 18,4	162,83	769,0	10 — 18,4	166,53	766,0

(M_{s1000}). Obliczano zawartość wody w próbce nasion dla każdego pomiaru ważenia masy M_{1000} . Otrzymane dane nanoszono na wykres.

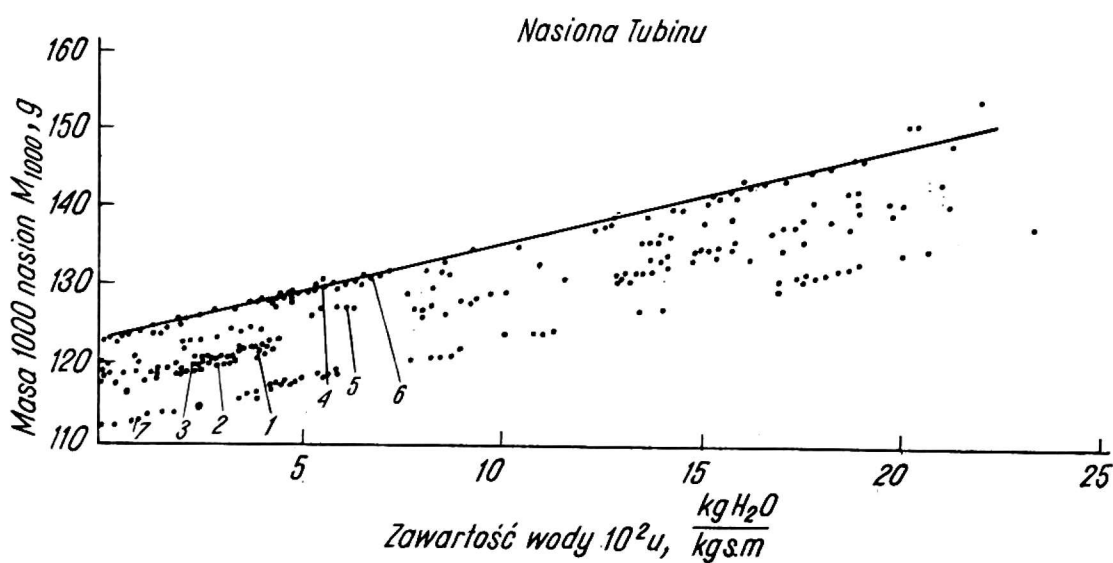
Przy pomiarze masy tysiąca nasion posługiwano się wagą laboratoryjno-techniczną o nośności 500 g, ważąc z dokładnością do 50 mg. Dla próbek o odliczonych tysiącach sztuk nasion błąd względny pomiaru wynosił od 0,011 do 0,045%. Wielkość błędu wskazuje na znaczną dokładność pomiarów.

Otrzymane z pomiarów dane naniesione na wykres dały układ punktów tworzących linie proste, nachylone pod kątem w stosunku do osi zawartości wody. Każdy punkt pomiarowy jest wynikiem ważenia próbki nasion w różnych stanach jej wilgotności. Rysunki 1-4 przedstawiają zależność masy tysiąca nasion od zawartości wody $M_{1000} = f(u)$ dla bobiku, grochu, fasoli, łubinu.



Rys. 3. Zależność masy 1000 nasion od zawartości wody

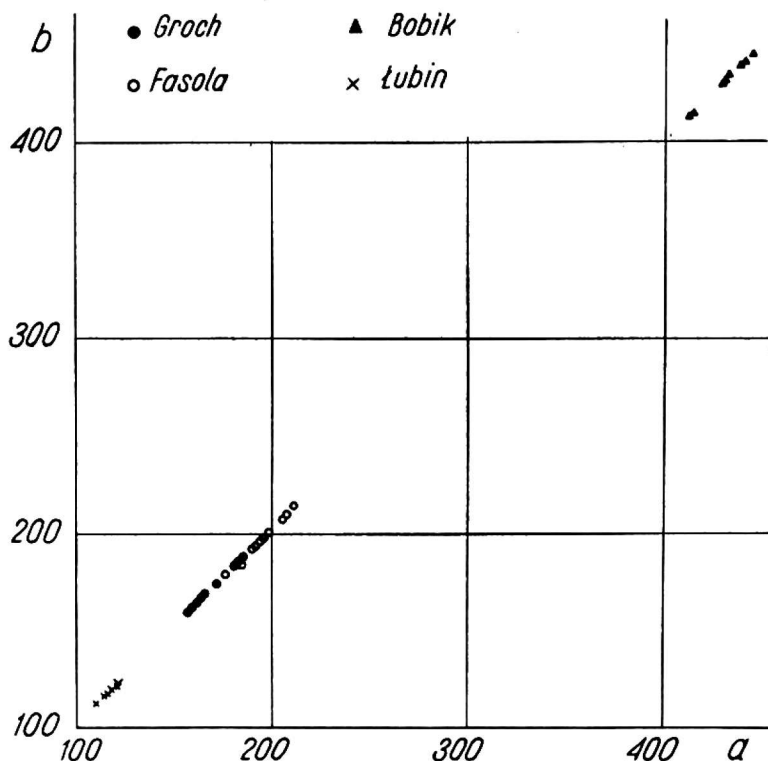
M_{s1000}	W_1	γ_{us}	M_{s1000}	W_1	γ_{us}
1 — 207,9	24,7	822	5 — 196,0	22,6	811
2 — 207,1	24,4	830	6 — 194,7	23,1	805
3 — 213,1	22,4	828	7 — 192,8	22,8	809
4 — 199,7	20,9	816	8 — 191,8	22,8	804



Rys. 4. Zależność masy 1000 nasion od zawartości wody

M_{s1000}	W_1	γ_{us}	M_{s1000}	W_1	γ_{us}
1 — 117,78	17,5	800,0	5 — 120,02	15,7	814,0
2 — 116,47	17,5	792,0	6 — 123,20	19,4	812,0
3 — 117,47	16,8	796,5	7 — 112,50	20,2	812,0
4 — 122,72	17,6	808,0			

Przeprowadzono analizę korelacji liniowej między masą tysiąca nasion i zawartością wody w nasionach, stosując metodę najmniejszych kwadratów. Współczynnik b określający nachylenie prostej otrzymano różny dla różnych gatunków nasion. Stwierdzono, że zmienia się on także w obrębie tego samego gatunku. Wartość współczynnika b jest większa dla nasion o większej masie suchej substancji M_{s1000} .



Rys. 5. Zależność współczynnika b od masy suchej substancji 1000 nasion a

Spośród badanych gatunków najwyższą wartość współczynnika b otrzymano dla nasion bobiku, najniższą dla łubinu.

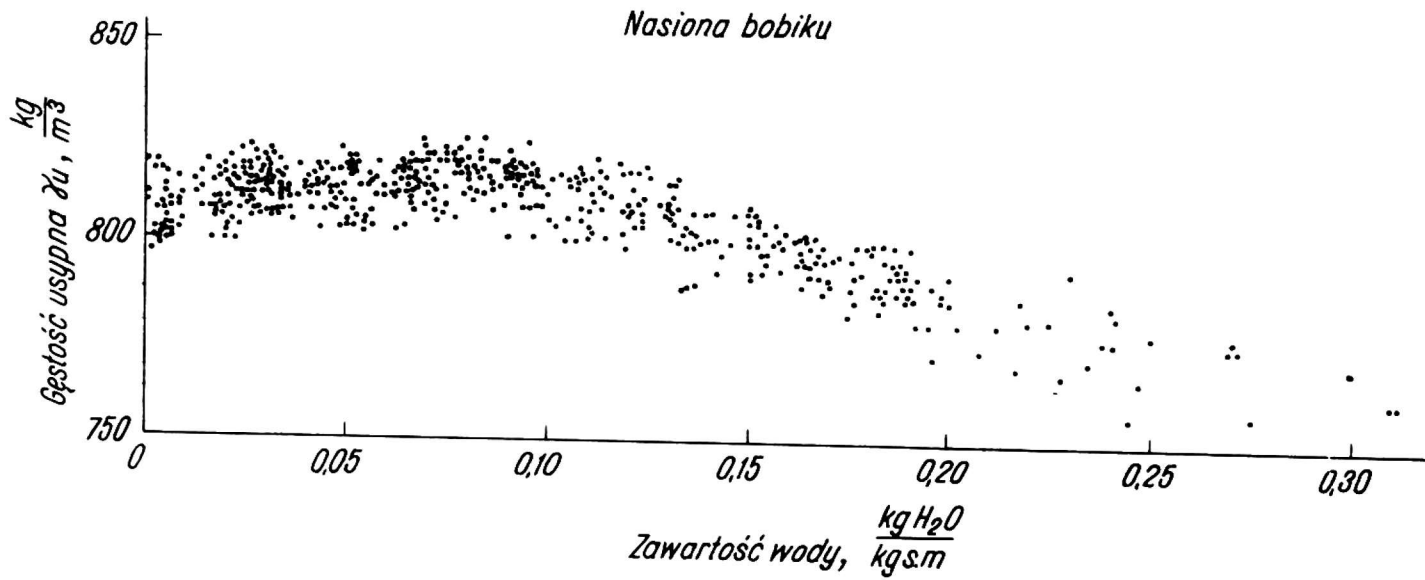
Zależność współczynnika b od masy suchej substancji tysiąca nasion grochu, bobiku, łubinu przedstawiono na rysunku 5. Zależność ta ma charakter prostoliniowy, a prosta korelacji przechodzi przez początek układu. Współczynnik nachylenia tej prostej jest równy jedności.

Wyniki pomiarów po opracowaniu metodą statystyczną potwierdzają słuszność koncepcji wyrażonej równaniem (1).

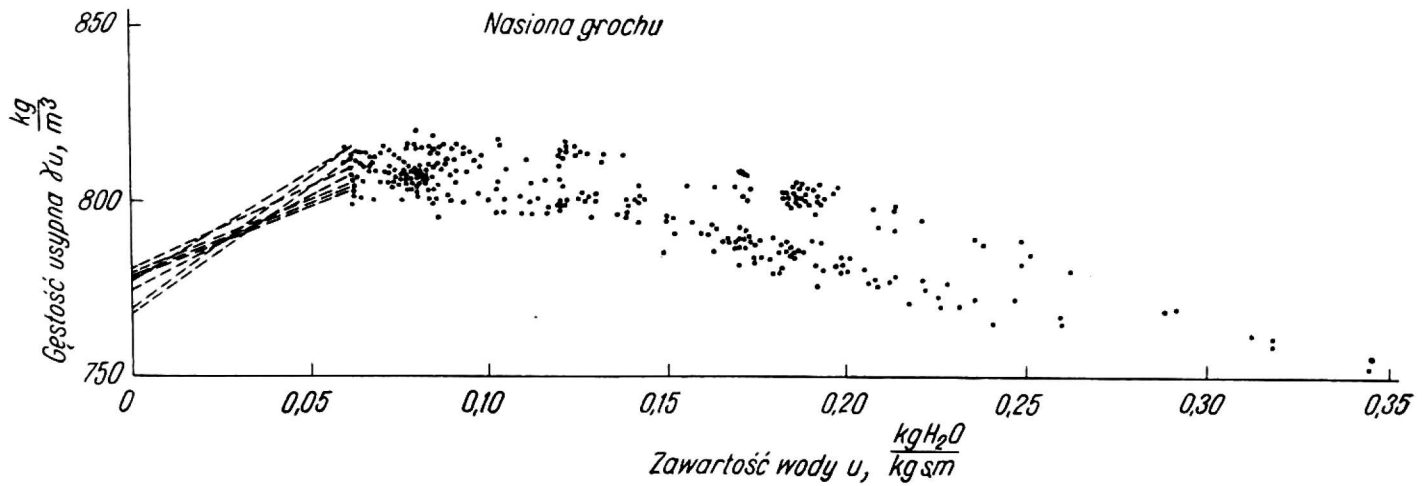
GĘSTOŚĆ USYPNA NASION

Gęstość usypna nasion, nazywana również ich ciężarem objętościowym, jest masą jednego metra sześciennego nasion. Ma ona szczególne znaczenie przy porównywaniu nasion różnych odmian, lecz po doprowadzeniu tych nasion do jednolitego stanu czystości, stopnia wysortowania i wilgotności. Na gęstość usypną nasion, niezależnie od gęstości właściwej i wilgotności, ma wpływ także kształt, rodzaj powierzchni i masa tysiąca nasion.

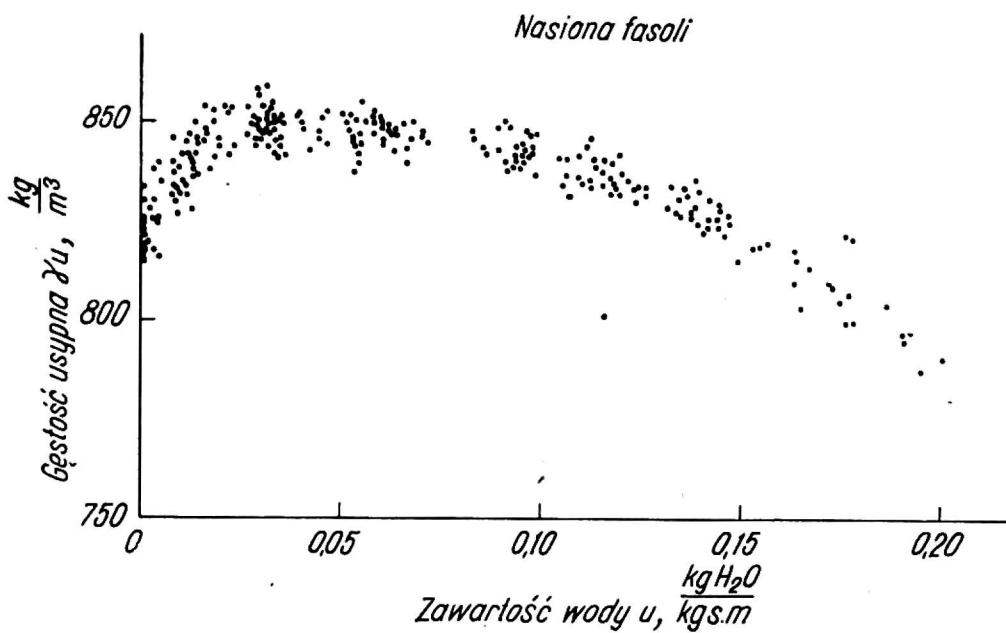
Zależność gęstości usypnej od zawartości wody w nasionach jest w literaturze na ogół przedstawiona w formie linii prostej, dla wilgotności w granicach od około 12 do 25%. Celem pracy było zbadanie tej zależności w szerszych granicach wilgot-



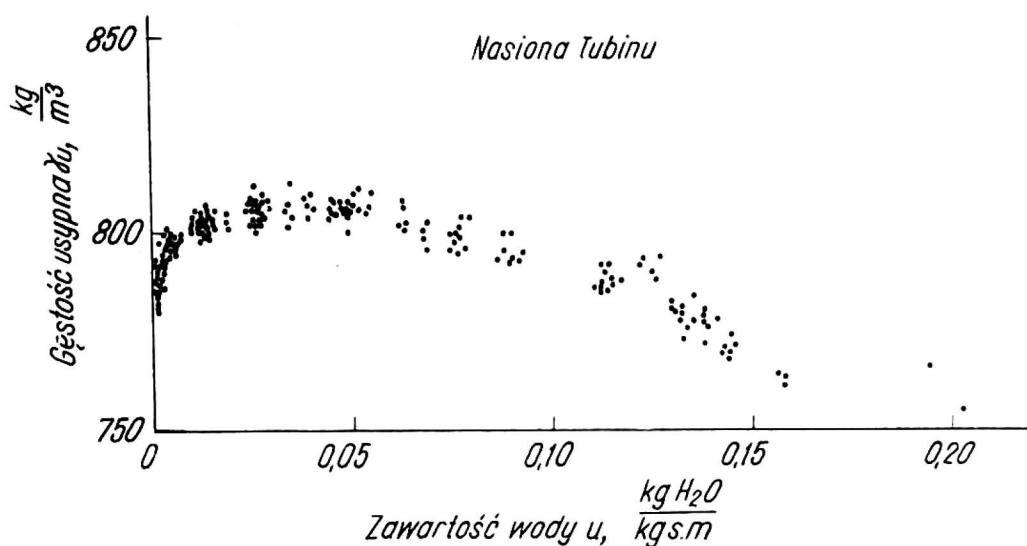
Rys. 6. Zależność gęstości usypnej γ_u od zawartości wody u



Rys. 7. Zależność gęstości γ_u od zawartości wody u



Rys. 8. Zależność gęstości usypnej γ_u od zawartości wody u

Rys. 9. Zależność gęstości γ_u od zawartości wody u

ności nasion (od 0 do około 30%) dla tych samych gatunków roślin strączkowych: bobiku, grochu, fasoli i łubinu.

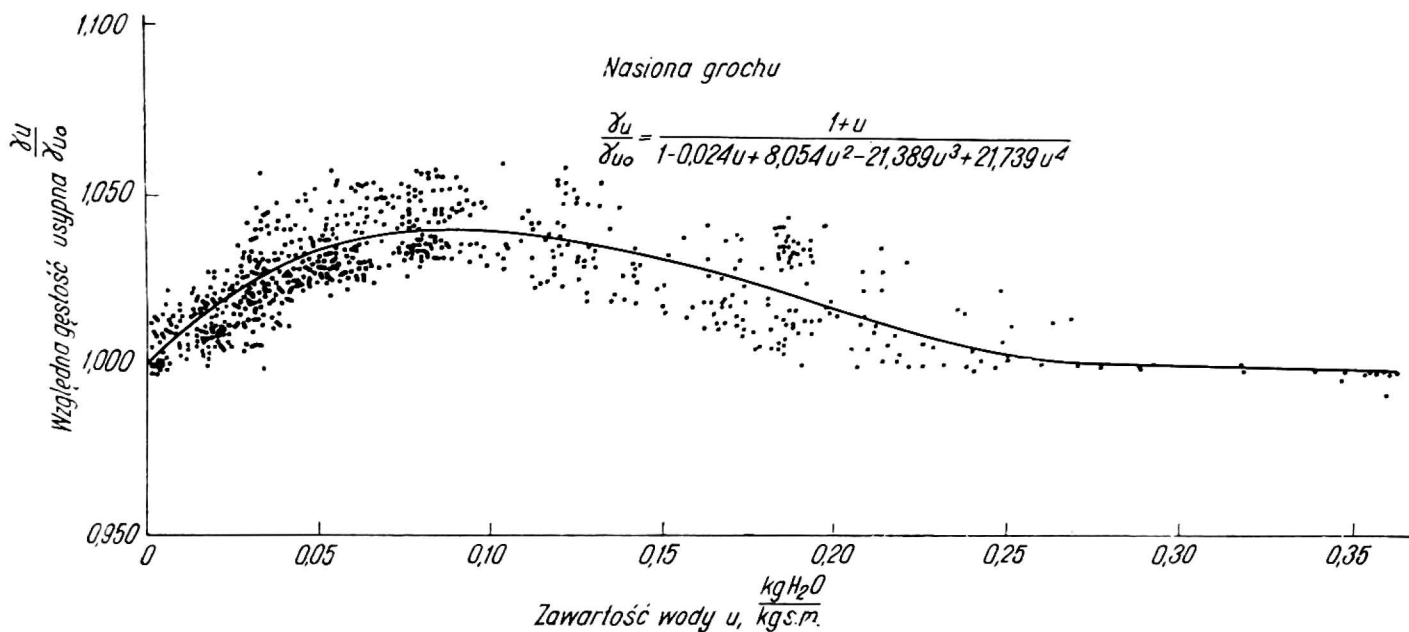
Do badań używano gęstościomierza zbożowego o objętości cylindra pomiarowego 1/4 l, a wyniki przeliczano prostą metodą rachunkową, wychodząc z założenia, że w prowadzonym doświadczeniu nie są najistotniejsze bezwzględne wartości badanych wielkości, lecz ich zmiany uzależnione zmianami zawartości wody. Odważano porcje nasion o masie około 400 g umieszczając je w oznaczonej torebce papierowej w kontrolowanych warunkach temperatury i wilgotności powietrza. Próbkę nasion ważono co określoną liczbę godzin, po czym bezpośrednio dokonywano pomiaru. Po wykonanym pomiarze nasiona ponownie przenoszono ilościowo do torebek. Próby umieszczano kolejno w temperaturach: 20, 30, 40, 50, 60, 70 i 105°C. Ustaloną masę nasion w tej ostatniej temperaturze przyjęto jako masę suchej substancji, a oznaczoną gęstość usypną przyjęto jako gęstość usypną masy suchej substancji nasion. Otrzymane wyniki pomiarów gęstości usypnej nasion i odpowiadające im zawartości wody naniesiono na wykres. Punkty pomiarowe ułożyły się z wyraźnym rozrzutem tworząc charakterystyczną linię krzywą (rys. 6-9). Rozrzutu punktów pomiarowych nie można wytłumaczyć względnym błędem pomiaru ($\delta = 0,3\%$), wynikającym z użycia wagi laboratoryjnej i gęstościomierza zbożowego, lecz raczej różnym układaniem się wzajemnym nasion w cylindrze pomiarowym, na co zwraca się uwagę w literaturze [4].

Utworzone z punktów pomiarowych krzywe dla nasion czterech gatunków mają podobny charakter. Gęstość nasion nie zmienia się jednakowo podczas wysychania. W pierwszym okresie, w miarę wysychania wilgotnych nasion, gęstość ich wzrasta. Można przypuszczać, że w tym okresie szybciej następuje zmiana objętości pojedynczych nasion, niż zmiana ich masy wywołana odparowaniem wody. Skutkiem tego w naczyniu pomiarowym prawdopodobnie mieści się coraz większa liczba nasion, a więc gęstość usypna jest większa niż przed podsuszeniem. W dalszym ciągu obserwuje się przegięcie krzywej, po którym w miarę dalszego wysychania gęstość nasion maleje, punkty pomiarowe układają się wzdłuż linii prostej. Nasiona w tym

zakresie wilgotności nie kurczą się już bardziej. Zmniejszanie się ich gęstości zależy wyłącznie od zmian zawartości wody.

Przebieg krzywych należy tłumaczyć różnym charakterem wiązania wody przez nasiona w różnych stanach wilgotności. Początkowo w wilgotnym nasieniu szybkim odparowaniu ulega woda wolna, która zwilża powierzchnię nasienia i wypełnia kapilary, a także część wody osmotycznej, utrzymywanej w komórkach nasienia małymi siłami osmotycznymi. Następnie odparowywana jest woda związana adsorpcyjnie: osmotyczna, higroskopowa, wakuolarna. Zachodzi wówczas wysychanie koloidów protoplazmy i błony komórkowej oraz substancji zapasowych. Wywołuje to intensywne zmniejszanie się wymiarów nasion. W ostatnim okresie, poniżej wilgotności 3-5%, wysycha całkowicie protoplazma. Dynamiczny charakter stosunków wodnych w nasieniu utrudnia określanie ścisłych granic występowania danego sposobu wiązania wody.

Rysunek 7, wykonany dla nasion grochu, jest również ilustracją wpływu suchej masy tysiąca nasion na gęstość usypną. Punkty pomiarowe tworzące krzywą przebiegającą wyżej pochodzą z pomiarów dla prób o wyższej masie tysiąca nasion suchych, niż punkty tworzące krzywą leżącą niżej. Wykreślony odcinek linii prostej w zakresie wilgotności od 0 do około 6% powstał z obliczenia wyników pomiarów metodą najmniejszych kwadratów. Zależność prostoliniowa w tym zakresie wilgot-

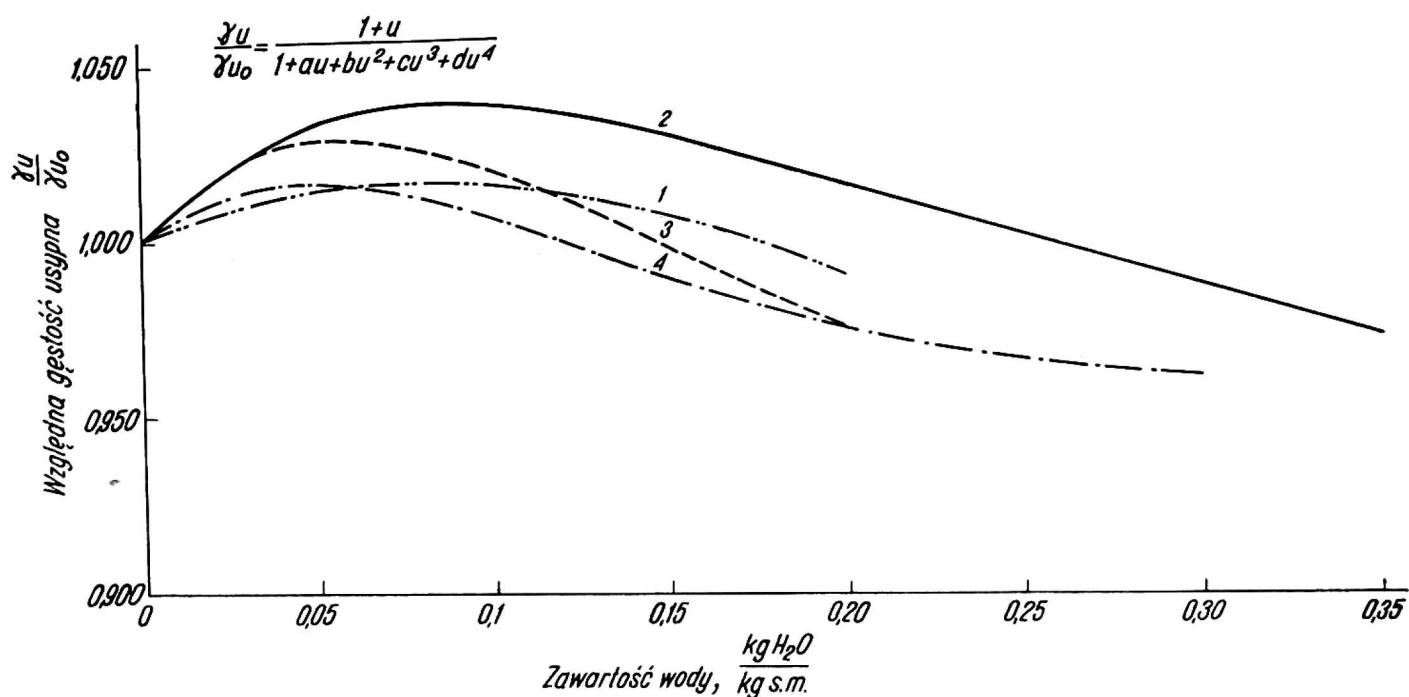


Rys. 10. Zależność względnej gęstości usypnej od zawartości wody

ności nasuwa przypuszczenie, że na zmianę gęstości ma wpływ jedynie zmiana zawartości wody. Omawiany zakres wilgotności jest różny dla badanych gatunków.

W matematycznym opisie zmian gęstości usypnej wywołanych zmianą zawartości wody, przedstawiono względną gęstość usypną, która jest stosunkiem gęstości usypnej wilgotnych nasion do gęstości usypnej ich suchej substancji, w postaci następującego równania empirycznego:

$$\frac{\gamma u}{\gamma u_0} = \frac{1+u}{1+a_1 u+a_2 u^2+a_3 u^3+a_4 u^4} \quad (2)$$



Rys. 11. Zależność względnej gęstości usypnej od zawartości wody; 1 — łubin, 2 — groch, 3 — fasola, 4 — bobik

Współczynniki $a_1 \dots a_4$ wyznaczano z danych doświadczalnych metodą najmniejszych kwadratów za pomocą maszyny cyfrowej. Według danych uzyskanych z obliczonego równania, które jest wielomianem czwartego stopnia, wykreślono na rysunku 10 krzywą dla nasion grochu. Na rysunek ten naniesiono także przeliczone dane z pomiarów. Na rysunku 11 wykreślono analogicznie obliczone krzywe dla nasion bobiku, grochu, fasoli i łubinu.

GĘSTOŚĆ LUB MASA WŁAŚCIWA, ŚREDNICA ZASTĘPCZA NASION, POROWATOŚĆ

Gęstość nasion podstawowych produktów rolnych uważa się praktycznie za niezależną od ich wilgotności.

Oznaczenie gęstości nasion dokonywano w cylindrze miarowym wypełnionym wodą destylowaną dla nasion absolutnie suchych oraz dla nasion o wilgotności około 14-16%. Otrzymano wyniki różniące się nieznacznie, wobec tego przyjęto wartości średnie dla nasion wilgotnych i suchych.

Średnicę zastępczą i porowatość warstwy nasion wyznaczono posługując się opisanymi wyżej cechami fizycznymi oraz odpowiednimi równaniami [6]. Wyniki oznaczeń załączono w tabeli.

Tabela

Zestawienie cech fizycznych nasion roślin strączkowych w stanie suchym

Nasiona	Masa tysiąca nasion	Gęstość usypna	Gęstość właściwa	Średnica zastępcza	Porowatość
	$M \cdot 1000(g)$	$\gamma u (kg/m^3)$	$\gamma (kg/m^3)$	$d_e \cdot 10^{-3} (m)$	$p (\%)$
Bobik	440,0	802,4	1311	8,63	38,5
Fasola	200,6	797,0	1324	6,64	39,7
Groch	171,8	764,0	1320	6,28	42,2
Łubin	119,8	787,5	1217	5,73	35,4

WNIOSKI

Masa nasion zmienia się proporcjonalnie do ich zawartości wody, co wyraża równanie (1). Współczynnik nachylenia prostej określonej równaniem (1) jest w przyjętym układzie współrzędnych równy liczbowej wartości masy suchej substancji 1000 nasion. Im wyższa jest wartość masy suchej substancji nasion, tym większy jest kąt nachylenia prostej.

Przeprowadzone badania wskazują na możliwość wyznaczania zależności pomiędzy masą 1000 nasion a ich wilgotnością na podstawie pomiarów wykonanych z partii nasion o jednakowej wilgotności, a także dla ich suchej substancji.

Oznaczanie masy 1000 nasion dla badanej partii nasion o określonej wilgotności musi być wykonane w wielu powtórzeniach z reprezentatywnie pobranych prób. Badania wykazały bowiem istnienie znacznego rozrzutu w obrębie jednej odmiany.

Zależność gęstości usypnej nasion roślin strączkowych od zawartości wody może być przedstawiona równaniem (2). Wartość współczynników $a_1 \dots a_4$ w tym równaniu jest różna dla różnych gatunków nasion. Na przebieg krzywej zależności gęstości usypnej nasion od zawartości wody w obrębie jednego gatunku ma wpływ masa tysiąca nasion ich suchej substancji. Im większa jest wartość tej masy, tym punkt przegięcia krzywej leży wyżej. W granicach wilgotności nasion od 0 do 3-5% szukana zależność ma charakter prostoliniowy, co pozwala przypuszczać, że na zmianę gęstości usypnej nasion (w tych granicach) ma wpływ jedynie zmiana ich zawartości wody.

Wyniki doświadczeń nie wykazały zależności gęstości nasion (masy właściwej) od ich zawartości wody.

LITERATURA

1. Biłowicka E.: Biuletyn Informacyjny IMER, 1971, t. X, nr 7, s. 12.
2. Biłowicka E.: Biuletyn Informacyjny IMER, 1971, t. X, nr 7, s. 13-20.
3. Dorrel D. G., Adams M. W.: Agronomy Journal, 1969, Vol. 61, No 5, s. 672-673.
4. Do Sup Chung, Converse H. H.: Transaction of the ASAE, 1971, Vol. 14, No 4, s. 612-620.
5. Ginzburg A. S.: Woda w ziarnie. Moskwa Izd. Kołos, 1969.
6. Pabis S.: Suszenie płodów rolnych. PWRiL, Warszawa 1964.

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ЧЕРТЫ СЕМЯН СТРУЧКОВЫХ,
ЗАВИСЯЩИЕ ОТ ИХ ВЛАЖНОСТИ

Э. БИЛОВИЦКА — Польша

Резюме

Знание физических черт семян необходимо при проектировании устройств для их транспортировки, сушки и хранения. Оно необходимо также при теоретическом списании процессов сушки, выражаемых математическими уравнениями тепло- и массообмена.

Исследовалось влияние влажности на черты, характеризующие качество семян, то есть на массу тысячи семян, насыпную удельную плотность семян стручковых (вики, гороха, фасоли и люпина). Результаты опытов разработаны статистически. Найденная зависимость описана при помощи математических уравнений. Для расчётов применена цифровая машина.

Зависимость массы тысячи семян от их влагосодержания выражается уравнением прямой линии. Величина коэффициента наклона прямой равна величине массы сухой субстанции тысячи семян. С увеличением массы тысячи абсолютно сухих семян увеличивается угол наклона прямой. На основании определенной зависимости и данную массу тысячи семян в том же состоянии влажности можно рассчитать величину массы тысячи семян данной партии при разной их влажности, а также величину сухой массы тысячи семян.

Удельная плотность семян при влажности от 0 до 30% не зависит от влагосодержания.

Зависимость насыпной плотности от влагосодержания представлена при помощи эмпирического уравнения, которое является уравнением четвертой степени.

Обозначенные числовые величины коэффициентов, выступающих в уравнении, оказались разными для разных видов семян. На ход кривой зависимости насыпной плотности от влагосодержания в одном виде влияет масса сухой субстанции тысячи семян. Чем больше величина этой массы, тем точка перегиба кривой выше. В границах влажности семян от 0 до 3-5% зависимость имеет прямолинейный характер. Отсюда можно допустить, что на изменение насыпной плотности семян (в этих границах) имеет влияние только изменение их влажности.

На основе определенных данных рассчитан заменяющий диаметр семян и пористость слоя семян.

SOME PHYSICAL PROPERTIES OF LEGUMINOUS SEEDS DEPENDING ON THEIR MOISTURE CONTENT

E. BIŁOWICKA — Poland

S u m m a r y

The physical properties of seeds should be exactly known for correct designing of equipment for their transport, drying and storage. It is also necessary for the theoretical description of the drying process by means of mathematical equations of heat and mass transfer.

An effect of moisture content on the physical properties of leguminous seeds (pea, slamm bean, pea bean and lupine seeds) was investigated. Such properties determining the seeds quality as the weight of thousand seeds, bulk density and specific gravity were taken into consideration. The results of experiments were treated statistically. The found relations were described in form of mathematical equations using a computer for their formulation.

The relation between the weight of thousand seeds and their moisture content is described by a straight line equation. A coefficient of the straight line inclination is equal to a weight of dry matter of the thousand seeds. The angle of straight line inclination grows with the weight of dry matter of the thousand seeds. On the basis of determined relation and known weight of the thousand seeds at one state of their moisture content, the weight of the thousand seeds from that party of material can be calculated for other moisture contents; also for their dry matter.

In the range of moisture content from 0 up to 30 per cent w.b. the specific gravity is not affected by moisture content.

The relation between bulk density of seeds and their moisture content is described as an empirical equation of the fourth order. The determined numerical values of the coefficients in men-

tioned equation appeared to be different for the seeds of various species. In relation between the bulk density of seeds and their moisture content, within the same species, the shape of a curve depends on the weight of thousand seeds. The greater is the weight of thousand seeds, the higher is placed bend point of a curve. Within the range of seed moisture content from 0 up to 3 per cent w.b. a relation formed a straight line; it allows to suppose that the change of bulk density of seeds (in mentioned range) depends on the change of their moisture content only.

On the basis of determined data the equivalent diameter of seeds and porosity of the seed bed were calculated.

EINIGE PHYSISCHE KENNZEICHEN DER SAMEN DER SCHOTENGEWÄCHSE, WELCHE VON IHREN FEUCHTIGKEITEN ABHÄNGIG SIND

E. BIŁOWICKA — Polen

Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Kenntnis der physischen Kennzeichen der Samen ist durchaus nötig bei der Projektierung der Einrichtungen zum Transport, Trocknung und Lagerung. Es ist auch nötig bei der theoretischen Beschreibung der Trocknungsverfahren, die mit den mathematischen Gleichungen des Austausches von Wärme und Masse ausgedrückt sind.

Es war der Einfluss der Feuchtigkeit auf die Kennzeichen untersucht, welche die Qualität der Samen charakterisieren: die Masse von Tausend Samen, die abgeschüttete Dichtigkeit und die eigentümliche Dichtigkeit der Samen der Schotengewächse (die Pferdebohne, die Erbse, die Bohne, die Lupine). Die Resultate der Untersuchungen wurden statistisch bearbeitet. Die erfundenen Abhängigkeiten wurden mit den mathematischen Formeln beschrieben, zu den Berechnungen war die mathematische Maschine angewandt.

Die Anhängigkeit der Masse von Tausend Samen von dem Wassergehalt ist mit der Gleichung der geraden Linie ausgedrückt. Der Wert des Koeffizienten der Neigung der Linie ist gleich der trockenen Masse der Tausend Samen. Mit der Steigerung der Masse der Tausend absolut trockenen Samen vergrößert sich die Ecke der Neigung der geraden Linie. Auf Grund der bestimmten Abhängigkeit und bestimmter Masse der Tausend Samen in einem Stand der Feuchtigkeit kann man den Wert der Masse von Tausend Samen der gegebenen Partie bei verschiedener Feuchtigkeit und auch für ihre trockene Masse berechnen.

Die eigentümliche Dichtigkeit der Samen bei der Feuchtigkeit von 0 bis 30% ist unabhängig von dem Wassergehalt.

Die Abhängigkeit der abgeschütteten Dichtigkeit von dem Wassergehalt wurde mit einer empirischen Gleichung dargestellt.

Die errechneten Zahlenwerte der in der Gleichung sich befindeten Koeffizienten sind verschieden für die verschiedene Gattungen der Samen. Auf den Verlauf der Kurve der Abhängigkeit der abgeschütteten Dichtigkeit von dem Wassergehalt im Bereich der einer Gattung hat den Einfluss die Masse der trockenen Substanz der Tausend Samen. Je grösser ist der Wert dieser Masse, desto höher liegt der Punkt der Biegung der Kurve. In dem Bereich der Feuchtigkeit der Samen von 0 bis 3-5% die Abhängigkeit hat die geradlinige Gestalt, was erlaubt anzunehmen, dass auf die Veränderung der abgeschütteten Dichtigkeit der Samen (in diesem Bereich) nur die Veränderung der Feuchtigkeit den Einfluss übt.

Auf Grund der erhaltenen Angaben hat man den Äquivalentdurchmesser der Samen und Porosität der Samenschichte berechnet.