

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN — POLONIA

Vol. XXXI/XXXII, 5

Sectio AAA

1976/1977

Instytut Fizyki UMCS

Zakład Fizyki Ogólnej i Dydaktyki Fizyki

Kierownik: doc. dr hab. Danuta Stachórska

Jadwiga SKIERCZYŃSKA, Marek WIELUŃSKI,
Dorota WIELUŃSKA

Pomiary stałej dielektrycznej pojedynczych ziaren pszenicy *

Измерения электрической постоянной единичных зерен пшеницы

The Measurements of the Dielectric Constant of the Single Wheat Seed

Pomiary stałej dielektrycznej ziaren pszenicy w masie wykazały, że dla wilgotności w granicach od 7 do 30% stała dielektryczna zmienia się od 3,2 do 5 [5, 9]. Pomiary tego typu posłużyły za podstawę do konstrukcji przyrządów do określania wilgotności masy nasiennej [8].

O ile nam wiadomo, pomiary stałej dielektrycznej pojedynczych ziaren nie były dotychczas wykonywane, a wydaje się, że mogłyby odegrać bardzo istotną rolę, m.in. przy interpretacji wpływu pola elektrycznego na metabolizm ziarna [7, 10].

*Praca została wykonana w ramach problemu resortowego Nr 42 Polskiej Akademii Nauk pod tytułem: "Badanie cech fizycznych roślin i płodów rolnych istotnych dla ulepszenia hodowli, zbioru i przechowalnictwa" - koordynowanego przez Zakład Agrofizyki PAN w Lublinie.

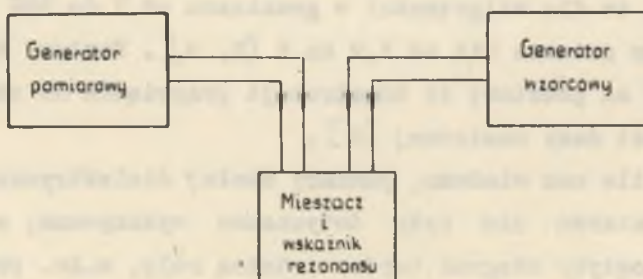
Jak bowiem wykazały obserwacje szeregu autorów, poddanie nasion przed ich wysiewem nawet krótkotrwałemu działaniu pola elektrycznego może silnie zwiększyć szybkość ich kiełkowania i wzrost rośliny [1, 2, 3, 4, 6].

Przedstawione w pracy pomiary stałej dielektrycznej pojedynczych ziaren pszenicy wykonane były - podobnie jak i cytowane wyżej pomiary stałej dielektrycznej masy ziaren [8] - przy stosowaniu pól elektromagnetycznych o częstotliwości 10 MHz.

Podstawowym celem pracy było określenie zależności stałej dielektrycznej od wilgotności dla ziaren odmian pszenicy: "Luna" i "Malwa".

METODA POMIARU

Pomiar stałej dielektrycznej ziarna przeprowadzono metodą rezonansową, której zasadę ilustruje ryc. 1. Drgania z generatora pomiarowego i wzorcowego doprowadzane były do układu mieszającego, który je sumował. Gdy oba generatory miały dokładnie

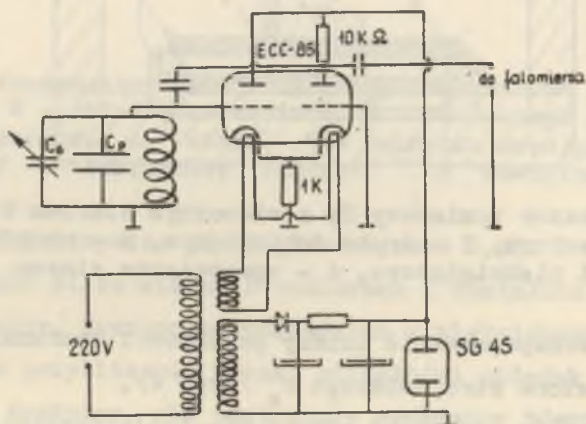


Ryc. 1. Schemat ilustrujący metodę rezonansową pomiaru stałej dielektrycznej

taką samą częstotliwość drgań, na wyjściu układu mieszającego otrzymano sygnał o amplitudzie niezmiennej w czasie /układ w rezonansie/. Gdy częstotliwość drgań generatora pomiarowego ulegała zmianie - np. na skutek zmiany pojemności wywołanej

wprowadzeniem ziarna do kondensatora znajdującego się w jego układzie drgającym - na wyjściu mieszacza pojawiał się sygnał, którego amplituda ~~zmieniała~~ się z częstością równą różnicy częstości drgań obu generatorów. Określenie zmiany pojemności przeprowadzano metodą kompensacyjną, dostrajając układ ponownie do rezonansu za pomocą dodatkowego kondensatora, znajdującego się w generatorze pomiarowym.

Jako generatora pomiarowego użyto specjalnie skonstruowanego generatora /ryc. 2/ o częstości drgań 10 MHz. W generatorze o tak wysokiej częstości pojemność układu drgającego jest

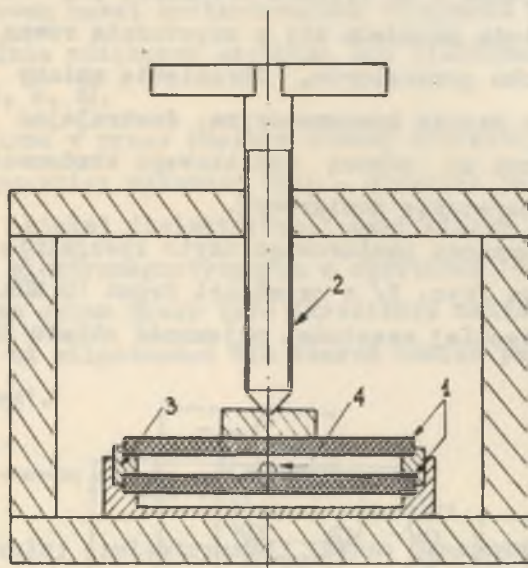


Ryc. 2. Schemat generatora pomiarowego; C_p - kondensator pomiarowy przedstawiony na ryc. 3; C_s - kondensator strojeniowy przedstawiony na ryc. 4

mała i porównywalna ze zmianą pojemności wywołaną wprowadzaniem pojedynczego ziarna między okładki kondensatora.

Generatorem wzorcowym, a jednocześnie wskaźnikiem rezonansu był falomierz interferencyjny /Prüz - Wellenmesser Typ 121/. Falomierz dostrajano do rezonansu z generatorem pomiarowym przed wprowadzeniem ziarna do kondensatora C_p widocznego na ryc. 3. Wprowadzone ziarno leżało na dolnej okładce kondensatora obrócone bruzdką do dołu, nie dotykając ~~dolnej~~ okładki. Umieszczenie ziarna w kondensatorze C_p powodowało zwiększenie

jego pojemności i w związku z tym zmianę częstości drgań o ok. 2 kHz. Ponowne dostrojenie generatora pomiarowego do rezonansu uży-

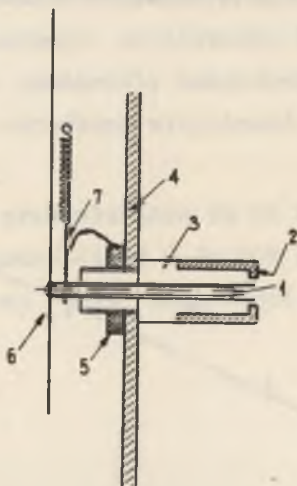


Ryc. 3. Kondensator pomiarowy C_p z widocznym ziarnem wewnątrz; 1 — okładki kondensatora, 2 — śruba dociskająca, 3 — rozpierające wkładki pleksyglasowe, 4 — wprowadzone ziarno

skiwano przez skompensowanie zmiany pojemności kondensatora C_p za pomocą kondensatora strojeniowego C_s /ryc. 4/.

Kondensator C_s posiadał płynną regulację pojemności, polegającą na zmianie czynnej powierzchni okładek. Zmiana tej powierzchni następowała poprzez wkręcanie lub wykręcanie środkowej okładki, wykonanej w postaci nagwintowanego pręta /1/ połączonego ze wskazówką /6/. Wskazówkę obracano na tle tarczy ze skalą /4/. Zmiana pojemności kondensatora C_s , w wyniku której uzyskiwano ponownie rezonans, była równa zmianie pojemności kondensatora C_p , a zatem była funkcją stałej dielektrycznej ziarna, przy założeniu, że badane ziarna miały identyczne wymiary.

W celu wycechowania opisanego przyrządu do pomiaru stałej dielektrycznej ziaren pszenicy korzystano z materiału o znacznej i stosunkowo wysokiej stałej dielektrycznej: pleksyglasu.



Ryc. 4. Kondensator strojeniowy C_g ; 1 - ruchoma okładka wewnętrzna, 2 - okładka zewnętrzna, 3 - dielektryk /teflon/, 4 - płytka osłowa ze skałą, 5 - nakrętka mocująca, 6 - wskaźka, 7 - sprężynowy kontakt z wewnętrzną okładką

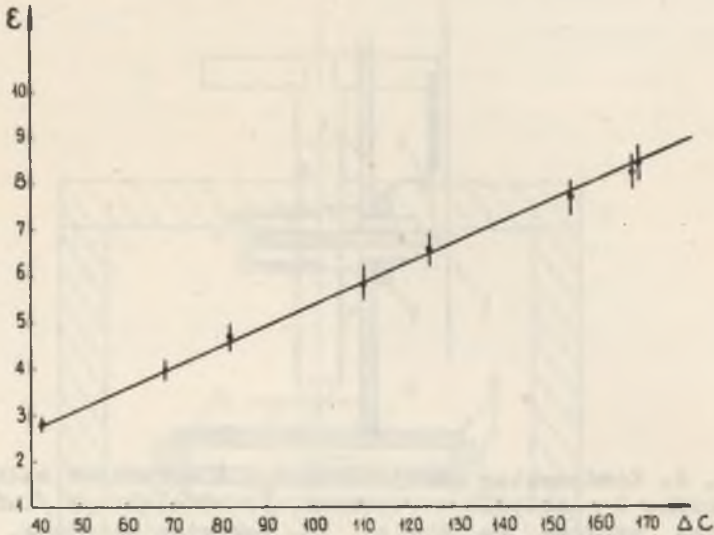
Stała dielektryczna pleksiglasu wynosi 2,85. Z materiału tego wykonano kilka ziaren o wymiarach i kształcie badanych ziaren pszenicy. Następnie sporządzono z pleksiglasu walce o wysokości w przybliżeniu równej odległości okładek /3,98 mm/ i o takiej średnicy, aby odstrajały generator identycznie jak ziarna z pleksiglasu. Łatwo wyliczyć, że wprowadzenie kilku takich walców do kondensatora odpowiada wprowadzeniu ziarna o stałej dielektrycznej ϵ_x :

$$\epsilon_x = \epsilon_n - (n-1)$$

gdzie: ϵ_n - stała dielektryczna pleksiglasu; n - liczba wprowadzonych walców.

Wprowadzenie do kondensatora układu złożonego z kilku walców i przeliczenie, jakiej to odpowiada stałej dielektrycznej wprowadzonego ziarna, pozwoliło wyznaczyć zależność między stałą dielektryczną ziarna a zmianą pojemności kondensatora.

Wyniki cechowania przyrządu przedstawione są na ryc. 5. Jak



Ryc. 5. Wykres cechowania generatora: zależność stałej dielektrycznej ziarna ϵ od zmiany pojemności ΔC .

widać z zawartego na niej wykresu, zmiana pojemności kondensatora jest wprost proporcjonalna do stałej dielektrycznej ziarna.

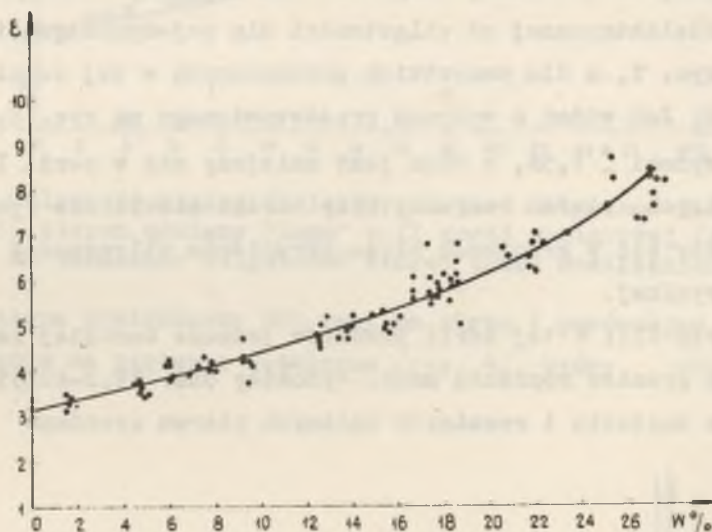
WYNIKI POMIARÓW

Pomiary przeprowadzono w trzech kolejnych seriach, w których różny był zarówno sposób zakwalifikowania ziaren do badań, jak i sposób ich nawilżania.

I seria: Pomiary wykonano dla ziarna spichrzowego odmiany "Eros". Ziarna były wybierane do pomiarów na podstawie wizualnego podobieństwa /kształtu i rozmiarów/. Ich masa wahała się od 36,8 do 40,2 mg przy wilgotności około 11%. Wyselekcjonowane w ten sposób ziarna zostały podzielone na kilka grup, po kilkanaście sztuk w grupie. W celu uzyskania ziaren o różnej wilgotności, każda z tych grup poddawana była nawilżeniu przez zanurzenie w wodzie na różny okres /od 2 min. do 2 godz./. Po wyjęciu z wody

osuszano ziarna liginą i zamykano w szczelnych próbkach na 4 doby w celu równomiernego nawilżenia. Po upływie tego czasu ziarna były poddawane pomiarowi; bezpośrednio po każdym pomiarze stałej dielektrycznej określano wilgotność badanego ziarna metodą wagową.

Wyniki pomiarów przedstawione są na ryc. 6. Jak z niej widać, w zakresie wilgotności od 0 do 30% stała dielektryczna zmienia się od 3 do 9, przy czym wilgotność, odpowiadająca danej



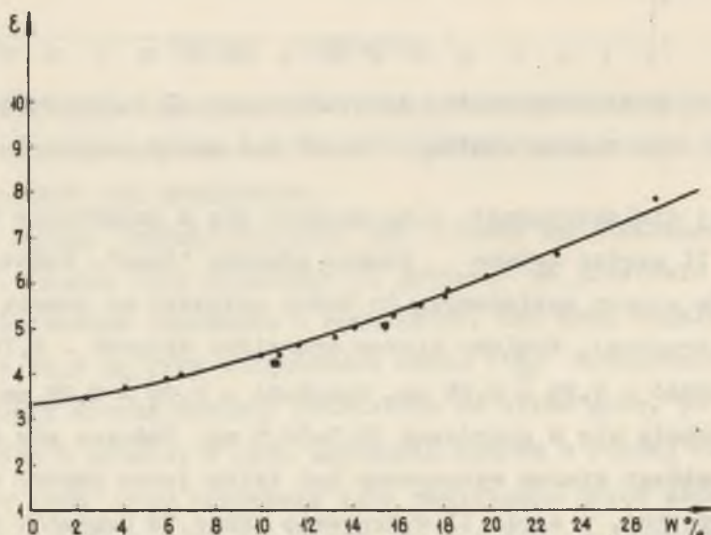
Ryc. 6. Zależność stałej dielektrycznej od wilgotności, określona dla ziaren odmiany "Eros" w I serii pomiarowej

stałej dielektrycznej, może mieścić się w przedziale 5%.

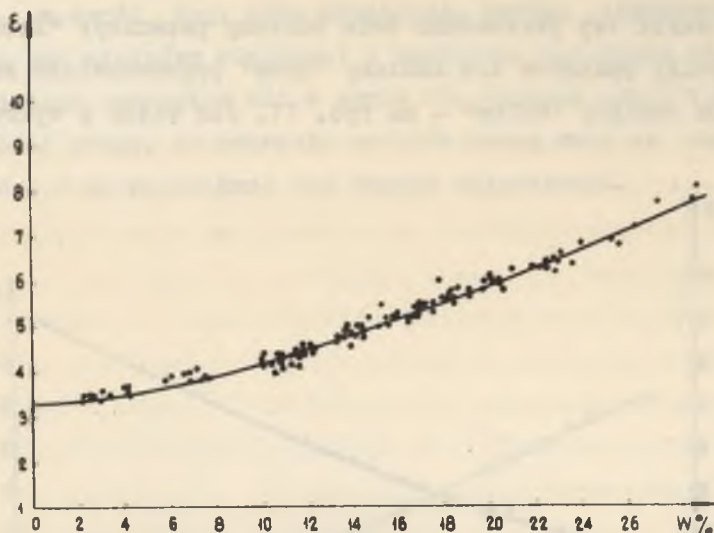
II seria: Badano ziarna odmiany "Luna". Podobieństwo rozmiarów ziaren wybieranych do badań ustalano za pomocą śruby mikrometrycznej. Wymiary ziaren wynosiły: długość - $6,76 \pm 0,25$ mm, szerokość - $3,25 \pm 0,25$ mm, wysokość - $2,76 \pm 0,25$ mm; masa ziaren wahała się w granicach 36,7-38,5 mg. Podczas gdy w serii I dla każdego ziarna wykonywany był tylko jeden pomiar stałej dielektrycznej, w serii II wykonywano około 18 pomiarów przy różnych wilgotnościach.

Przebieg eksperymentu wyglądał następująco: Ziarna nawilżano do mniej więcej jednakowej wilgotności, rzędu 25%, a następnie każde ziarno było kolejno poddawane pomiarowi w generatorze, ważeniu, częściowemu osuszeniu, znów pomiarowi w generatorze, ważeniu itd. /Przed każdorazowym pomiarem ziarno było zamykane na 24 godz. w szczelnej próbówce w celu wyrównania się jego wilgotności./ W ten sposób każde z ziaren było przeprowadzane przez cały zakres wilgotności i dla każdego uzyskano przebieg zależności stałej dielektrycznej od aktualnej wilgotności. Otrzymany wykres zależności stałej dielektrycznej od wilgotności dla pojedynczego ziarna ilustruje ryc. 7, a dla wszystkich przebadanych w tej serii ziaren - ryc. 8. Jak widać z wykresu przedstawionego na ryc. 8, rozrzut wyników wynosi $\pm 1,5\%$, a więc jest mniejszy niż w serii I; dla poszczególnych ziaren rozrzuty były bardzo niewielkie /patrz ryc. 7/ i mieściły się w granicach błędu określenia wilgotności i stałej dielektrycznej.

Seria III: W tej serii pomiarów jeszcze bardziej zawężono dopuszczalne granice rozrzutu masy. Wynosiły one: 39,2-40,55 mg. Podobieństwo kształtu i rozmiarów badanych ziaren oceniano rzucając

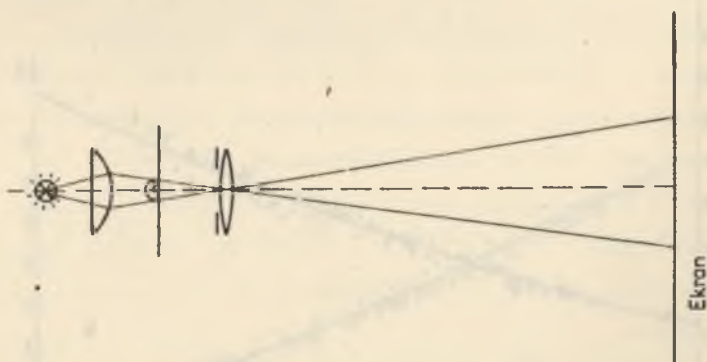


Ryc. 7. Zależność stałej dielektrycznej od wilgotności, określona dla jednego ziarna odmiany "Luna" w II serii pomiarowej



Ryc. 8. Zależność stałej dielektrycznej od wilgotności, określona dla 10 ziaren odmiany "Luna" w II serii pomiarowej /gwiazdka mi oznaczono wilgotność ziaren przed nawilżeniem/

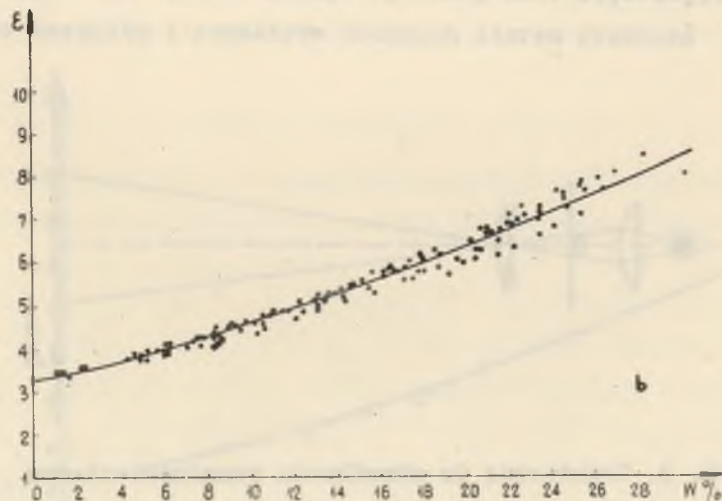
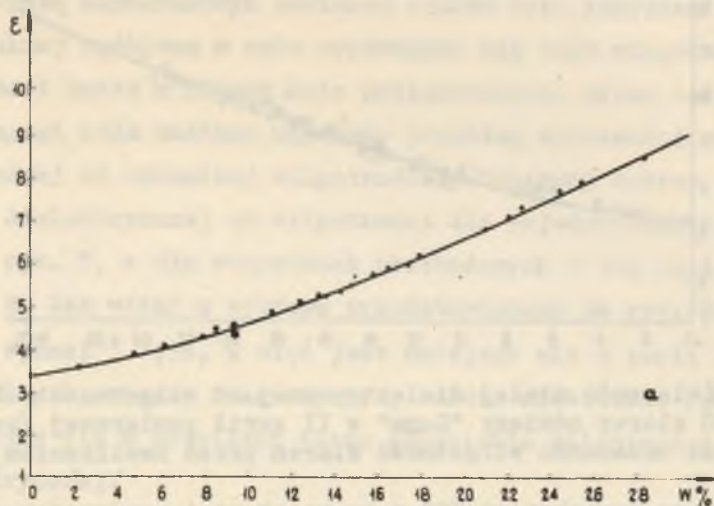
obraz ziarna powiększony 600 razy na ekran i porównując go z narysowanym na papierze szablonem /ryc. 9/, który odpowiadał



Ryc. 9. Urządzenie do określania rozmiarów ziarna

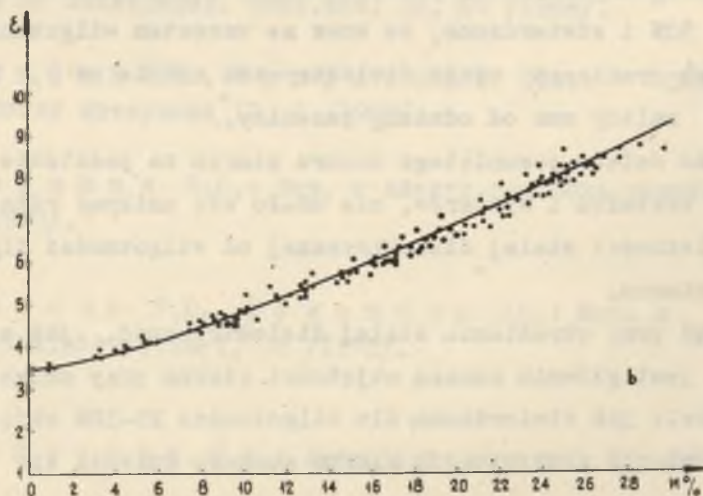
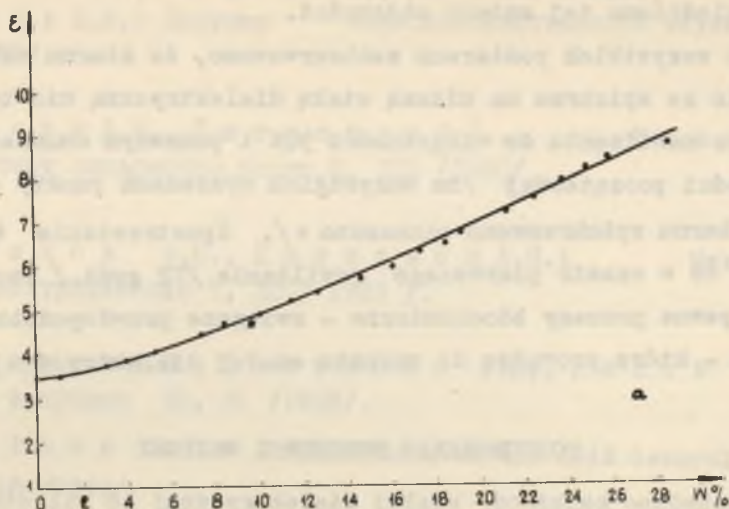
kształtem ziarnom najczęściej spotykanym. W III serii zmieniono także sposób nawilżania ziaren: poddawano je nawilżaniu nie przez zanurzenie w wodzie, lecz przez zamykanie na okres 72 godz. w atmosferze nasyconej pary wodnej.

W serii tej przebadano dwie odmiany pszenicy: "Eros" i "Malwa". Wyniki pomiarów dla odmiany "Eros" przedstawione są na ryc. 10; dla odmiany "Malwa" - na ryc. 11. Jak widać z wykresów na



Ryc. 10. Zależność stałej dielektrycznej od wilgotności, otrzymana w III. serii pomiarowej: a/ dla jednego ziarna, b/ dla wszystkich badanych ziaren odmiany "Eros"

rycinach, w serii tej, mimo stosowania bardzo starannego doboru ziaren pod względem wielkości i kształtu, nie udało się uzyskać mniejszych rozrzutów niż w serii II. Wynoszą one $\pm 1,5\%$. Należy zwrócić uwagę, że rozrzuty wyników rosną wraz ze wzrostem wilgotności i są największe dla dużych wilgotności.



Ryc. 11. Zależność stałej dielektrycznej od wilgotności, otrzymana w III serii pomiarowej: a/ dla jednego ziarna, b/ dla wszystkich badanych ziaren odmiany "Malwa"

Zaobserwowane rozrzuty wyników są prawdopodobnie wywołane niejednakową zmianą rozmiarów ziaren w miarę wzrostu wilgotności. Pomiarów rozmiarów ziaren wykazały, że dla wilgotności rzędu 25% objętość ziarna może wzrastać nawet o około 10% w porównaniu z objętością ziarna suchego, przy czym dla różnych ziaren obserwuje się różne zmiany objętości. W obliczeniach stałej dielektrycznej nie uwzględniano tej zmiany objętości.

We wszystkich pomiarach zaobserwowano, że ziarno wzięte bezpośrednio ze spichrza ma niższą stałą dielektryczną niż to samo ziarno po nawilżeniu do wilgotności 30% i ponownym osuszeniu do wilgotności początkowej /na wszystkich wykresach punkty odpowiadające ziarnu spichrzowemu oznaczono */. Spostrzeżenie to nasuwa wniosek, że w czasie pierwszego nawilżania /72 godz./ zachodzą w ziarnie pewne procesy biochemiczne - związane prawdopodobnie z kiełkowaniem - które prowadzą do wzrostu stałej dielektrycznej.

PODSUMOWANIE WYNIKÓW I WNIOSKI

Przebadano zależność stałej dielektrycznej od wilgotności dla ziaren trzech odmian pszenicy: "Eros", "Malwa" i "Luna". Badania dla poszczególnych odmian przeprowadzono w przedziale wilgotności od 0% do 30% i stwierdzono, że wraz ze wzrostem wilgotności w wymienionych granicach stała dielektryczna rośnie od 3,2 do 9, przy czym nie zależy ona od odmiany pszenicy.

Mimo daleko posuniętego doboru ziaren na podstawie podobieństwa ich kształtu i wymiarów, nie udało się uniknąć różnic w przebiegu zależności stałej dielektrycznej od wilgotności dla poszczególnych ziaren.

Błąd przy określaniu stałej dielektrycznej, jak się wydaje, wywołany jest głównie zmianą objętości ziarna przy zmianie jego wilgotności; jak stwierdzono, dla wilgotności 25-30% objętość ziarna w porównaniu z objętością ziarna suchego zmienia się o kilka procent.

Jak wynika z przeprowadzonych w tej pracy badań, metodą pomiaru stałej dielektrycznej można określać wilgotność pojedynczego ziarna z dokładnością nie większą niż $\pm 1,5\%$.

PISMIENNICTWO

1. А з и н Л.А., Б а с о в А.М., И з а к о в Ф.Ю., Ш м и г е л ь В.Н.: Вестник сельскохозяйственной науки 6, 109 /1961/.
2. Б а с о в А.М., П о т а н и н а Н.Д., Я с н о в Г.А.: Вестник сельхоз.науки 5, 113 /1960/.
3. И з а к о в Ф.Ю., Б л о н с к а я А.П.: Механизация и электрификация 3, 22 / 1965 /.
4. И з а к о в Ф.Ю., Л о г о н о в а Т.Ю., Б а с о в А.М.: Сад и огород 96, 21 /1958/.
5. N e l s o n S. O.: Transactions of the ASAE General Edition 8, 38 /1965/.
6. С м и р н о в а Ю.С., Т р о т ю н н и к о в а Б.А., К о ж е в н и к о в а Н.Ф., К о т л я р о в а М.Б.: Научные труды по электрифик. сельхоз. 22, 67 /1968/.
7. Ш а т и л о в Ф.В., Т р и ф о н о в а М.Ф.: Электронная обработка материала 19, 1 /1968/.
8. Т а р у ш к и н В.Ю.: Мех. и электр.соц.сель.хозяйства 7, 52 /1973/.
9. Т о р о с я н Р.Ю., К о н о х о в а О.Ю.: Мех. и электр. соц.сель.хозяйства 1, 39 /1972/.
10. Т р и ф о н о в а М.Ф.: Физиология растения 17, 103 /1970/.

РЕЗЮМЕ

Исследования показали, что измерения диэлектрической постоянной могут служить индикатором влажности единичных зерен: с возрастанием влажности зерна в пределах от 0% до 30%, а величина его диэлектрической постоянной возрастает от 3,2 до 9,0.

Изменения диэлектрической постоянной для всех исследуемых нами сортов пшеницы /"Ерос", "Луна", "Мальва"/ были очень похожие.

SUMMARY

The investigations show that the measurements of the dielectric constant can be used as an indicator of the humidity of a single wheat seed: with humidity growing from 0% to 30%, the dielectric constant grows from 3.2 to 9.0. These changes of the dielectric constant for all the investigated wheat species /"Eros", "Luna", "Malwa"/ are very similar.

Złożono w Redakcji 31 VII 1975 roku.