

ANNALES  
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA  
LUBLIN — POLONIA

Vol. XXXI/XXXII, 3

Sectio AAA

1976/1977

Institut Fizyki UMCS

Zakład Fizyki Ogólnej i Dydaktyki Fizyki

Kierownik: doc. dr hab. Danuta Stachórska

Jadwiga SKIERCZYŃSKA, Roman OKOŃ,  
Stanisław STACHURA, Dorota WIELUŃSKA,  
Marek WIELUŃSKI, Wojciech ZARĘBSKI

**Opór elektryczny i wilgotność ziarna pszenicy \***

Электрическое сопротивление и влажность зерна пшеницы

The Electrical Resistance and the Humidity of the Wheat Seed

Badania fizycznych właściwości ziaren - jak to podkreślają autorzy szeregu prac [2, 3, 4] - mają duże znaczenie zarówno naukowo-poznawcze, jak i praktyczne. Przypuszcza się, że mogą one okazać się bardzo pożyteczne między innymi przy określe-  
niu aktywności przeżyciowej ziarna [4]. Przegląd monograficznych opracowań i bieżącej literatury wykazuje, że jest bardzo mało danych dotyczących tych właściwości [1, 2, 3].

---

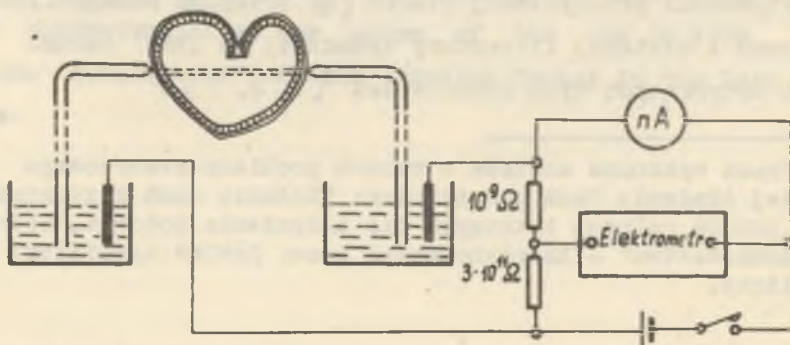
Praca wykonana została w ramach problemu resortowego Nr 42 Polskiej Akademii Nauk pod tytułem: "Badanie cech fizycznych roślin i produktów rolnych istotnych dla ulepszenia hodowli, zbioru i przechowalnictwa" - koordynowanego przez Zakład Agrofizyki PAN w Lublinie.

Celem referowanych w niniejszej pracy badań było określenie wartości oporu poszczególnych strukturalnych części ziarna pszenicy. Pomiaru wstępne wykazały, że opór elektryczny próbek wycinanych z bielma ziaren zależy od ich wilgotności i bywa przy tym różny dla próbek branych z różnych części ziarna. W związku z tym postanowiono - równolegle z pomiarami oporu - dokładnie przebadać rozkład wilgotności w poszczególnych częściach ziarna.

#### MATERIAŁ I METODA BADAŃ

Pomiary przeprowadzono w listopadzie i grudniu 1974 r. oraz w styczniu 1975 r. Ziarna pochodziły z ostatnich zbiorów. Przebadano ziarna czterech odmian pszenicy: "Eros", "Luna", "Malwa" oraz odmiany nieznaney. Do badań wybierano ziarna możliwie jednakowych rozmiarów: średnia wartość masy pojedynczego ziarna wynosiła 45 mg.

Opór okryw: owocowej i nasiennej, wyznaczano bezpośrednio z prawa Ohma poprzez pomiar napięć na poszczególnych okrywach podczas przepływu przez nie prądu elektrycznego. W tym celu zamocowywano wybrane ziarno w uchwytach z pleksiglasu i przytykano do niego dwie szklane mikroelektrody, tj. mikropitety wypełnione cieczą i połączone poprzez elektrody Ag/AgCl ze źródłem prądu /ryc. 1/. Mikropitety, zbiorniczki z elektrodami i rurki łączące wypeł-



Ryc. 1. Zestaw do pomiaru oporu elektrycznego okryw ziarna pszenicy /pokazano rozkład linii prądu w badanej próbce/

niane były dla każdej serii pomiarów tym samym elektrolitem: wodą o znanej zawartości podstawowych jonów Ca - 0,06332 g/l, Mg - 0,00671 g/l, Na - 0,004619 g/l, K - 0,008249 g/l, Cl - 0,008177 g/l lub roztworami chlorku potasu o stężeniach 3n, 0,3n, 0,03n i 0,003n.

Mikroelektrody doprowadzano do styku z powierzchnią ziarna za pomocą mikromanipulatorów. Powierzchnię kontaktu mikroelektrody z ziarnem określano przy użyciu mikroskopu; zawierała się ona w granicach  $0,18\text{mm}^2$  -  $0,24\text{mm}^2$ . Pomiar napięcia i natężenia prądu przeprowadzano odpowiednio elektrometrami typu 219 "Unipan", o oporze wejściowym  $10^{11}\Omega$ , oraz U 722 "Elpo". Na każdej próbce wykonywano pomiar trzykrotnie: mierzono opór wycinka ziarna z obydwoma okrywkami, następnie tylko z okrywą nasienną i w końcu opór samego bielma. Okrywę owocową zdejmowano pęsetkami, okrywą nasienną zeszkrobywano. Wszystkie pomiary przeprowadzano prądem o natężeniu 0,25 nA.

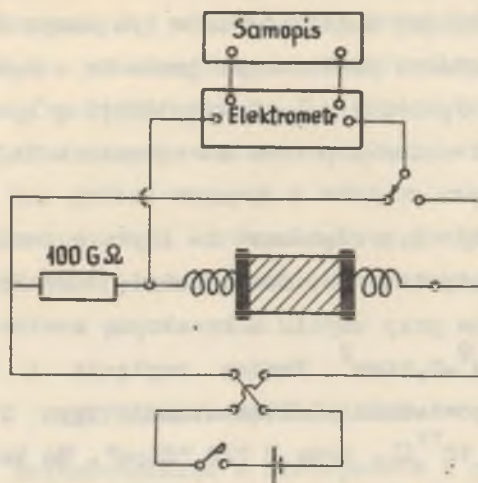
Opór jednostkowy okryw wyliczano ze wzoru:

$$r = \frac{(U_1 - U_2) \cdot S}{I} \quad [\Omega \text{ cm}^2]$$

gdzie:  $U_1$  i  $U_2$  - napięcie na badanej próbce odpowiednio przed i po zdjęciu okrywy;  $I$  - natężenie prądu;  $S$  - powierzchnia styku ziarna z cieczą.

Maksymalny błąd pomiaru - oszacowany na podstawie powyższego wzoru i dokładności pomiaru poszczególnych wielkości występujących w tym wzorze - wynosił 30 %.

Opór bielma wyznaczano z pomiaru dwu spadków napięć: na badanej próbce - zamocowanej pomiędzy dwiema sprężynującymi elektrodami Ag/AgCl - i na szeregowo połączonym z próbką oporze 100 G $\Omega$  /ryc. 2/. Próbkę w kształcie prostopadłościanu wycinano z bielma połówki ziarna rozciętego wzdłuż bruzdki. Wycinanie próbek wymagało dużej staranności, miały one na ogół wymiary 1 mm x 1 mm x 3,5 mm. Napięcie mierzono elektrometrem typu VA-I-51 /opór wejściowy  $10^{15}\Omega$ / sprzężonym z samopisem MKE.



Ryc. 2. Zestaw do pomiaru oporu właściwego bielma

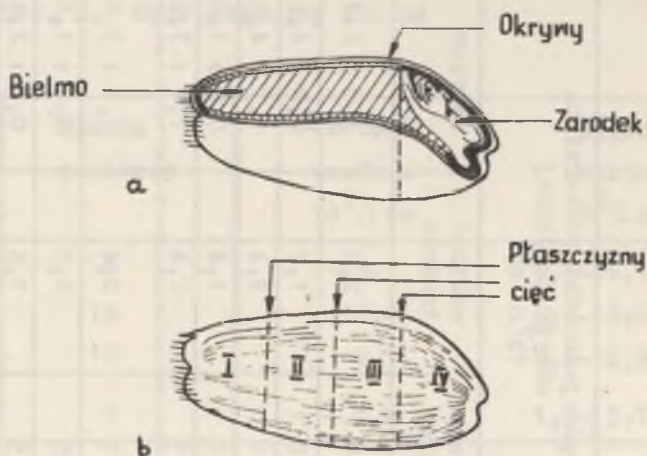
Opór właściwy bielma wyliczono ze wzoru:

$$\rho = \frac{U_1 \cdot S}{U_2 \cdot l} \cdot R \quad [\Omega \text{ cm}]$$

gdzie:  $U_1$  - napięcie na badanej próbce;  $U_2$  - napięcie na oporze  $R = 100 \Omega$ ;  $S$  - pole przekroju poprzecznego próbki;  $l$  - długość próbki.

Maksymalny błąd pomiaru wynosił 10%.

Pomiary wilgotności wykonywano metodą suszarkową [3]. Ziarna suszono w temperaturze  $130^{\circ}\text{C}$  przez okres 60 min., ważono badane próbki na wadze torsyjnej WT typ PRLT-T1. Dokładność ważenia wynosiła 0,02 mg. Maksymalny błąd pomiaru wilgotności nie przekraczał 0,3%. Dla każdej odmiany pszenicy przeprowadzono cztery serie pomiarów wilgotności ziaren: a/ obu połówek bez zarodka i bez okryw /połówki otrzymywano z przecięcia wzdłuż bruzdki/; b/ obu połówek bez zarodka: jednej z okrywkami, a drugiej bez okryw; c/ obu połówek bez zarodka z okrywkami; d/ czterech części bez okryw, otrzymanych z przecięcia ziarna w poprzek w sposób pokazany na ryc. 3b.



Ryc. 3. Ziarno pszenicy przekrojone wzdłuż bruzdki /a/  
i całe ziarno z zaznaczonym podziałem na cztery  
poprzeczne części /b/

#### WYNIKI POMIARÓW

Pomiary oporu elektrycznego okryw owocowej i nasiennej wykonano na 70 ziarnach. Otrzymane wartości średnie i granice rozrzutów podane są w tab. 1. Średnie wartości oporu okrywy owocowej i nasiennej nie zależą od rodzaju stosowanego elektrolitu i wynoszą dla odmiany "Eros" odpowiednio:  $7,4 \cdot 10^7 \Omega \text{ cm}^2$  i  $1,9 \cdot 10^7 \Omega \text{ cm}^2$ , a dla odmiany "Luna"  $5,6 \cdot 10^7 \Omega \text{ cm}^2$  i  $1,7 \cdot 10^7 \Omega \text{ cm}^2$ . Uwidocznione w tabeli rozrzuty wartości oporów są dość duże - mogą być spowodowane zarówno indywidualnym zróżnicowaniem struktury tych warstw, jak i niedokładnościami stosowanej metody pomiaru: stosunkowo szybkie nasiąkanie okryw - przede wszystkim okrywy owocowej - podczas pomiaru utrudnia dokładne określenie wielkości powierzchni, przez którą przepływa prąd.

Pomiary oporu właściwego bielma wykonano na 34 próbkach, otrzymana średnia wartość  $\rho$  wynosiła  $7,6 \cdot 10^9 \Omega \text{ cm}$ . Zestawienie wyników podane jest w tab. 2. Różnice między wartościami oporu właściwego bielma ziaren poszczególnych odmian pszenicy

Tab. 1. Opór elektryczny okrywy owocowej i okrywy nasiennej

Odmiana	Rodzaj elektrolitu	Opór jednostki powierzchni okrywy owocowej 107 $\Omega$ cm <sup>2</sup>			Opór jednostki powierzchni okrywy nasiennej 107 $\Omega$ cm <sup>2</sup>		
		liczba pomiar.	wartość średnia	rozrzut	liczba pomiar.	wartość średnia	rozrzut
Eros	woda ba- gienna	8	8,0	6,0 : 8,5	8	2,0	1,8 : 2,2
	0,003n KCl	10	6,2	3,2 : 7,2	10	1,2	0,8 : 2,2
	0,03n KCl	10	7,9	4,5 : 12,0	10	2,4	1,7 : 4,0
	0,3n KCl	10	7,5	4,5 : 12,0	10	1,4	0,8 : 1,9
	3n KCl	10	7,2	4,6 : 11,2	9	2,4	1,0 : 3,2
Luna	woda ba- gienna	7	5,4	4,0 : 8,0	7	2,4	1,6 : 3,5
	0,003n KCl	5	4,5	3,1 : 5,0	5	1,2	1,0 : 1,6
	0,03n KCl	5	6,5	4,8 : 8,0	5	1,5	0,8 : 2,4
	0,3n KCl	5	6,0	3,5 : 7,4	5	1,7	0,9 : 2,3
	3n KCl	-	-	-	-	-	-

Tab. 2. Opór właściwy bielma

Odmiana	Liczba pomiarów	Wartość średnia $10^9 \Omega \text{ cm}$	Rozrzut wartości $10^9 \Omega \text{ cm}$
Eros	9	9,7	3,6-16,1
Luna	10	10,0	5,9-18,2
Malwa	10	7,7	4,9-12,9
Nieznana odmiana	5	3,0	1,5- 3,7
Wartość średnia	34	7,6	1,5-18,2

były znacznie mniejsze niż rozrzuty obserwowane w obrębie wartości próbek przygotowanych z ziaren tej samej odmiany. Przyczyną tak dużych rozrzutów wartości oporu właściwego bielma mogły być zarówno indywidualne zróżnicowania strukturalne bielma, jak i różnice wilgotności, wytworzone między innymi w wyniku różnic w strukturze okryw.

Pomiary wilgotności bielma obu połówek ziarna /seria a/ przeprowadzono na 23 ziarnach. Wyniki pomiarów na ziarnach odmiany "Malwa" ujęte zostały w tab. 3. W tab. 4 podane są wartości średnie otrzymane z czterech badanych odmian. Podane w tabelach wilgotności bielma całych ziaren zostały wyliczone na podstawie pomiarów wilgotności bielma połówek ziarna i wynoszą odpowiednio dla odmiany "Eros", "Luna", "Malwa" i nieznannej: 11,2%, 11,1% i 13,5%. Jak widać z danych przedstawionych w tab. 3 i 4, wilgotność bielma jest w zasadzie jednakowa w obu połówkach każdego ziarna, natomiast wilgotność bielma poszczególnych ziaren tej samej próby może się znacznie różnić. Obserwowane rozrzuty wilgotności bielma ziaren pobranych z tej samej próby wyraźnie przekraczają wartość maksymalnego błędu pomiaru. W tab. 5 podane są wilgotności połówek ziaren, w których tylko z jednej połówki usunięto

Tab. 3. Wilgotność bielma ziaren odmiany "Malwa"

Lp.	Całe ziarno %	Połówki %	
		I	II
1	11,1	11,3	11
2	10,7	10,8	10,7
3	10,9	10,9	11
4	10,7	10,7	10,7
5	10,9	11,2	10,6
6	11,1	11,1	11,1
7	11,5	11,2	11,4
8	11,6	11,7	11,6
Wartość średnia	11,1	11,1	11

Tab. 4. Średnia wilgotność bielma ziaren pszenicy

Odmiana		Całe ziarno %	Połówki	
			I	II
Eros	wilg.średnia %	11,2	11	11,2
	rozrzut wilg. %	10-11,7	9,6-11,7	10,2-11,2
	liczba pomiarów	4	4	4
Luna	wilg.średnia %	11	11,1	11
	rozrzut wilg. %	10,7-11,2	10,6-11,7	10,7-11,3
	liczba pomiarów	5	5	5
Malwa	wilg.średnia %	11,1	11,1	11,1
	rozrzut wilg. %	10,7-11,6	10,7-11,7	10,6-11,6
	liczba pomiarów	9	9	9
Nieznana odmiana	wilg.średnia %	13,5	13,6	13,5
	rozrzut wilg. %	12,5-14,5	12,7-14,4	12,4-14,5
	liczba pomiarów	5	5	5



Tab. 5. Wilgotność połówek ziaren z okrywkami  
i bez okryw

Odmiana		Połówki	
		z okrywą	bez okrywy
Eros	wilg.średnia %	10,8	11,6
	rozrzut wilg. %	10,5-11,2	11,2-12
	liczba pomiarów	9	9
Luna	wilg.średnia %	10,3	11,4
	rozrzut wilg. %	9,4-10,9	10,8-11,8
	liczba pomiarów	10	10
Malwa	wilg.średnia %	10,6	11,6
	rozrzut wilg. %	9,6-11,3	11-12
	liczba pomiarów	9	8
Nie- znana odmia- na	wilg.średnia %	10	10,4
	rozrzut wilg. %	9,7-10,3	9,4-11,1
	liczba pomiarów	7	7

okrywy /seria b/. Otrzymane dane wykazują, że wilgotność bielma jest około 1% większa od średniej wilgotności bielma z okrywą, a zatem powierzchniowy obszar ziarna jest bardziej suchy od jego wnętrza. Wyniki pomiarów wilgotności ziaren z okrywkami, przeciętych wzdłuż bruzdki /seria c/, zawiera tab. 6. Wykazują one, że różnice wilgotności obu połówek mieszczą się w granicach błędu pomiaru. Pomiar wilgotności czterech części ziarna, otrzymanych z przecięć poprzecznych /seria d/, podane są w tab. 7. Wykazują one, zgodnie z wynikami przedstawionymi w tab. 3, że bielmo w całej objętości ma w zasadzie jednakową wilgotność, natomiast wilgotność zarodka /badana część IV w tab. 7/ jest o 1% mniejsza od wilgotności bielma.

Tab. 6. Wilgotność połówek ziaren z okrywkami

Odmiana		Całe ziarno	Badane części	
			I	II
Eros	wilg. średnia %	10,3	10,3	10,3
	rozrzut wilg.	9,7-10,8	9,7-10,7	9,7-10,8
	liczba pomiarów	10	9	10
Luna	wilg. średnia %	9,5	9,4	9,5
	rozrzut wilg.	8,9-9,9	9,1-10	8,6-10,2
	liczba pomiarów	10	10	10
Malwa	wilg. średnia %	9,8	9,8	9,8
	rozrzut wilg.	9,3-10,6	9,2-10,6	9,3-10,6
	liczba pomiarów	9	9	10
Nieznana odmiana	wilg. średnia %	10	9,6	9,7
	rozrzut wilg.	9,1-10,3	9-10,9	9,1-10,7
	liczba pomiarów	4	4	4

## PODSUMOWANIE WYNIKÓW

Otrzymane średnie wartości oporu elektrycznego okrywy owocowej wynoszą:  $7,4 \cdot 10^7 \Omega \text{ cm}^2$  dla pszenicy odmiany "Eros" i  $5,6 \cdot 10^7 \Omega \text{ cm}^2$  dla odmiany "Luna", a średnie wartości oporu okrywy nasiennej - odpowiednio:  $1,9 \cdot 10^7 \Omega \text{ cm}^2$  i  $1,7 \cdot 10^7 \Omega \text{ cm}^2$ . Wartości średnie tych wielkości, określone oddzielnie dla różnych odmian pszenicy, są zbliżone; obserwuje się natomiast znaczne rozrzuty w wartościach zarówno oporu okryw, jak i bielma w różnych ziarnach tego samego gatunku.

Pomiary wilgotności wykazały, że bielma ziaren pobranych z tej samej próby mogą wykazywać różnice wilgotności; są one jednak niewielkie, nie przekraczają na ogół 1% i nie mogą być przyczyną obserwowanych różnic w wartościach oporu właściwego bielma. Badania wilgotności pozwoliły stwierdzić ponadto, że wilgotność obszarów leżących w pobliżu powierzchni i wilgotność zarodka są niższe od wilgotności centralnej części bielma.

Tab. 7. Wilgotność części ziarna oznakowanych cyframi  
I-IV na ryc. 3

Odmiana		Badane części			
		I	II	III	IV
Eros	wilg.średnia %	12,1	12,3	12,3	11,8
	rozrzut wilg.%	11,7-13	11,8-12,8	10,4-13,8	11-12,4
	liczba pom.	9	9	10	10
Luna	wilg.średnia %	11,2	11,6	11,5	10,9
	rozrzut wilg.%	10,2-12,4	11,1-12,2	10,9-12,6	10-12,1
	liczba pom.	10	10	10	10
Malwa	wilg.średnia %	11,4	11	10,9	10,5
	rozrzut wilg.%	10,7-12	9,7-11,8	9,5-11,8	9,8-11,3
	liczba pom.	9	10	9	10
Niez- nana odmia- na	wilg.średnia %	10,8	11	10,7	9,8
	rozrzut wilg.%	11,8-9,9	12,1-10,6	11,5-10	10,3-8,8
	liczba pom.	11	10	11	9

## PISMIENICTWO

1. D o r y w a l s k i J., W o j c i e c h o w i c z M.: Metody-  
ka oceny nasion, PWRiL, Warszawa 1964.
2. G r z e s i u k S.: Fizjologia nasion, PWRiL, Warszawa 1967.
3. J o r g e n s o n J. L., E d i s o n A. R., N e l s o n S.  
D., S t e t s o n L. E.: Transactions of the ASAE 13,18 /1970/
4. С т р о н а Ю.Г.: Общее семеноведение полевых культур,  
Изд. Колос, Москва 1966.

## РЕЗЮМЕ

Были исследованы зерна четырех сортов пшеницы. Среднюю величину электрического сопротивления семенной кожуры получили равной  $6 \cdot 10^8 \Omega \text{ см}^2$ , и среднюю величину удельного сопротивления эндосперма -  $7,6 \cdot 10^9 \Omega \text{ см}$ . Средняя влажность исследуемых семян равнялась 11%. Измерения показали, что влажность так областей близких поверхности зерна как и зародыша ниже влажности центральной части эндосперма. Эндосперм семян одной пробы может быть различной влажности. Эти различия однако не больше 1% и они не могут объяснять наблюдаемых различий в удельных сопротивлениях эндосперма.

## SUMMARY

The investigations of the seeds of the four species of wheat were carried out. The mean value of the electrical resistance of the fruit skin and seed coat were equal to  $6.5 \cdot 10^7 \Omega \text{ cm}^2$  and  $1.8 \cdot 10^7 \Omega \cdot \text{cm}^2$  respectively, and the specific resistance of the endosperm equaled  $7.6 \cdot 10^9 \Omega \text{ cm}$ . The mean humidity of the investigated seeds was equal to 11%. The measurements showed that the humidity both of the space close to the seed surface and of the embryo are lower than the humidity of the central part of the endosperm. The humidity of the endosperm of the seeds taken from the same sample be different. This differences, however, do not exceed 1% and can not be taken for the explanation of the observed differences in the specific resistance of the endosperm.