

## Moduł sprężystości podłużnej ziarniaka pszenicy

### Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu czynników fizycznych, chemicznych i geometrycznych na wartość modułu sprężystości poprzecznej ziarna pszenicy. Analiza statystyczna wykazała, że czynniki istotne to wskaźnik twardości PSI, szklistość ziarna oraz grubość okrywy owocowo- nasiennej i warstwy aleuronowej. Wszystkie zależności mają charakter liniowy.

**Słowa kluczowe:** ziarniak pszenicy, moduł sprężystości, twardość, szklistość ziarna, okrywa owocowo- nasienna.

### Wstęp

Jednym z głównych czynników fizycznych charakteryzujących właściwości wytrzymałościowe ziarna jest moduł sprężystości podłużnej. Można go wyznaczyć opierając się na teorii Bussinesq'a [Sitkej 1986] lub też bazując na założeniach teorii Hertza [Koper 1980, Frączek 1999].

Z badań Kopera [1980] wynika, że bardzo duży wpływ na wartość modułu ma wilgotność ziarna. Obciążając ziarno pszenicy *Grana* o wilgotności 11- 19% stwierdził, że wartość modułu wraz ze wzrostem wilgotności zmniejsza się liniowo od wartości 1080 MPa do 180 MPa. Podobnie duży wpływ wilgotności na moduł sprężystości zauważyli Kustermann i Kutzbach [1982] testując ziarno kukurydzy. Autorzy ci stwierdzili także, że wartość modułu nieznacznie rośnie wraz z prędkością zgniatania (stosowano prędkości w zakresie do  $2 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) i przyrost ten był wprost proporcjonalny.

Na wartość modułu ma także wpływ struktura wewnętrzna ziarniaka. Dla jej scharakteryzowania stosowane są dwa pojęcia: szklistość i twardość [Laskowski i in. 1999]. Badając ziarno pszenicy Romański i Pawlak [2002] stwierdzili korelację pomiędzy modułem i szklistością ziarna. Zależność opisali

równaniem regresji prostoliniowej o współczynniku determinacji  $R^2=0,52$  (przy 28-miu stopniach swobody).

Ważnym aspektem, który również wpływa na wytrzymałość ziarniaka w zakresie odkształceń sprężystych (równoważnych w przybliżeniu z wytrzymałością doraźną ziarna suchego) jest także grubość okrywy owocowo-nasiennej i warstwy aleuronowej. Warstwy te są bardzo ważnym elementem konstrukcji ziarna, gdyż chronią bielmo przed pękaniem. Interesującym jest czy i w jakim stopniu ich wymiary geometryczne wpływają na wartość modułu sprężystości poprzecznej ziarna.

## Cel pracy

Celem pracy było określenie dla wybranych odmian pszenicy ozimej zależności pomiędzy sprężystością ziarna a niektórymi czynnikami fizycznymi charakteryzującymi ziarno (gęstość usypowa, MTZ, twardość, szklistość), chemicznymi (białko ogólne, tłuszcz), jak i geometrycznymi związanymi z budową ziarna (sumaryczna grubość okrywy owocowo- nasiennej i warstwy aleuronowej)

## Material i metody

Przedmiotem badań było ziarno pszenicy ozimej, którego charakterystyka przedstawiona jest w tabeli 1. Zboże pochodziło z poletek ZDHAR Radzików i uprawiane było przy poziomie nawożenia 90 kg N/ha. Wilgotność badanego ziarna wynosiła 12,1%.

Tabela 1. Charakterystyka odmian badanych pszenic

Table 2. Characteristic of kind wheat grains using in experiment

Odmiana	Masa usypowa [kg·m <sup>-3</sup> ]	MTZ [mg]	Szklistość [%]	Białko [%]	Włókno [%]	Popiół [%]	Tłuszcz [%]
Roma	749,32	44,38	21,66	12,27	2,03	1,97	1,70
Elena	761,32	49,42	29,00	12,07	2,76	1,97	1,93
Wanda	781,72	48,01	37,30	13,07	2,93	1,97	1,73
Kobra	762,92	46,97	53,60	12,87	3,06	2,00	1,97
Korweta	747,24	49,51	71,20	13,17	2,84	1,97	1,90
Mewa	748,8	50,49	73,33	13,53	2,90	2,00	1,90
Almari	759,64	44,73	79,33	13,30	2,96	2,00	1,80

Moduł umownej sprężystości podłużnej ziarna pszenicy wyznaczano bazując na klasycznym wzorze

$$E_H = \frac{\sigma}{S}$$

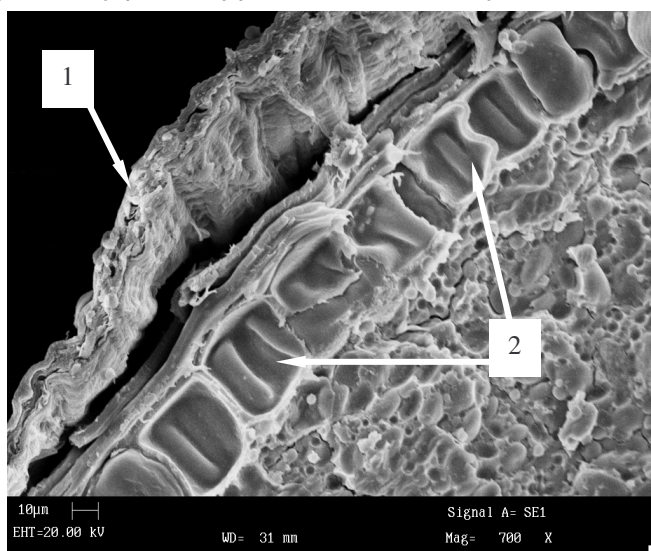
Naprężenie  $\sigma$  i pole powierzchni  $S$  kontaktu ziarna z płytą obciążającą wyznaczono zgodnie z metodyką zaproponowaną w pracy Romańskiego i Pawlaka [2002]. W myśl tej metodyki siłą potrzebną do wyznaczenia naprężenia była ta wartość obciążenia, która charakteryzowała pierwszy pik na wykresie wytrzymałościowym zgniatania ziarna.

Pomiaru twardości metodą PSI (Particle Size Index) wykonano według obowiązującej normy AACC 1980 (Laskowski i in. 1999). Każdorazowo, przy użyciu laboratoryjnego młynka cztero-walcowego *Brabender Junior* typu 279002 o szczelinie roboczej 0,45 mm rozdrabniano 20 g ziarna. Uzyskaną śrutę przesiewano na przesiewaczu mechanicznym wyposażonym w sito o oczkach 75  $\mu\text{m}$  przez 10 minut. Jako wskaźnik twardości przyjmowano stosunek masy przesiewu do masy wyjściowej próbki. Wynik wyrażano w procentach.

Badania wytrzymałościowe wykonano na 25 ziarniakach każdej odmiany w 3 powtórzeniach. Zawartość białka jak i tłuszczu w ziarnie oznaczano wykorzystując urządzenie *Infratec 1241*. Dla sprawdzenia poprawności uzyskanych wyników w losowo wybranych próbkach zawartość białka określono standardową, czasochłonną metodą Kieldahla.

Szklistość ziarna oceniano zgodnie z PN-70/R-74008. Gęstość w stanie zsypanym określono opierając się na normie PN-73/R-74007. Masę tysiąca sztuk ziaren (MTZ) zgodnie z normą PN-68/R-74017.

Pomiaru grubości okrywy owocowo-nasiennej i wielkości komórek warstwy aleuronowej dokonywano na obrazach przekroji poprzecznych ziarniaków pszenicy, uzyskanych za pomocą mikroskopu skaningowego *LEO 435 VP*. Przykładowy przekrój przedstawiono na rysunku 1.



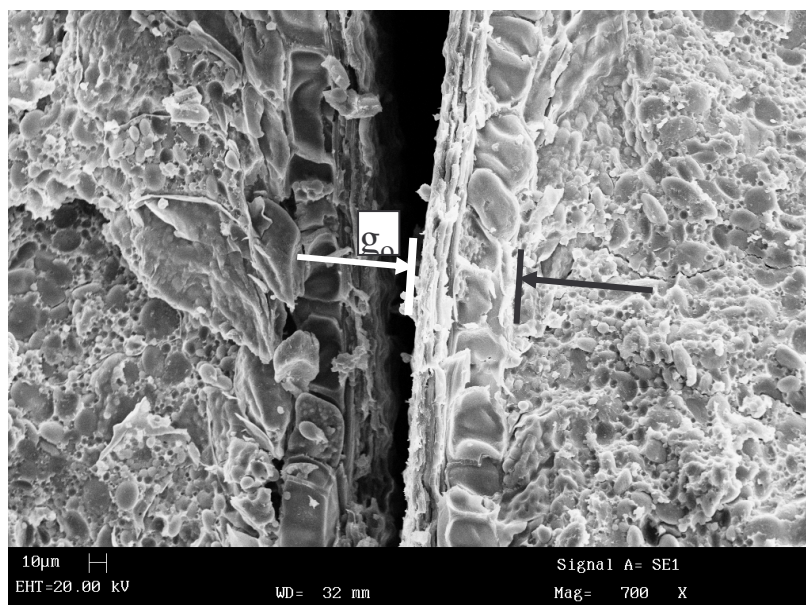
Rys.1. Okrywa owocowo- nasienna (1) i warstwa aleuronowa (2) ziarniaka pszenicy Kobra; powiększenie 700x

Fig.1. Seed fruit- coat (1) and layer aleuronic (2) of *Kobra* wheat kernel, enlargement 700x

Realizacja pomiaru była możliwa dzięki zastosowaniu programu graficznego *Photoshop 5.0*, przy wykorzystaniu jednego z jego narzędzi -*miarki*. Grubości okrywy ziarniaka danej odmiany była średnią z 15 obszarów pomiarowych. Sposób pomiaru przedstawiono na rysunku 2.

## Wyniki badań

Dla określenia istotności wpływu niektórych czynników fizycznych charakteryzujących ziarno (gęstość usypowa, MTZ, twardość, szklistość), chemicznych (białko ogólne, tłuszcz) jak i geometrycznych związanych z

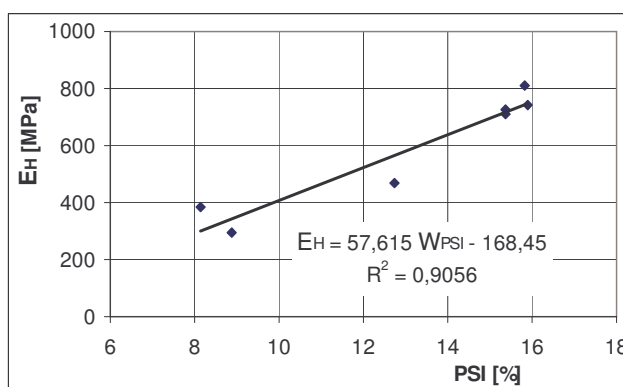


Rys.2. Sposób pomiaru grubości okrywy owocowo- nasiennej i warstwy aleuronowej

Fig.2. Method of measuring the thickness of seed fruit- coat and layer aleuronic

z budową ziarna (sumaryczna grubość okrywy owocowo- nasiennej i warstwy aleuronowej) na wartość modułu sprężystości zastosowano analizę wariacji wieloczynnikowej. Testowanie przeprowadzono na poziomie istotności  $\alpha=0,05$ . Uzyskane wyniki pozwoliły na przyjęcie hipotezy o istotności wpływu jedynie wskaźnika twardości PSI, szklistości i grubości okrywy ziarna na jego umowny moduł sztywności podłużnej.

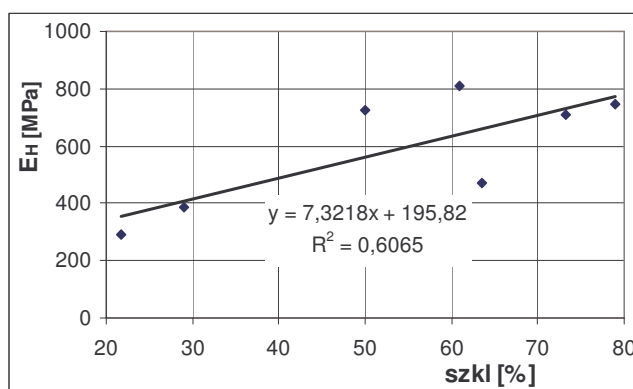
Na rysunku 3 przedstawiono zależność umownego modułu sprężystości ziarna od wskaźnika twardości PSI. Opisana jest ona równaniem regresji prostoliniowej o stosunkowo wysokim współczynniku determinacji  $R^2=0,906$ . Nie stwierdzono natomiast istotności wpływu twardości określonej zmodyfikowaną metodą Vickersa [Romański, Pawlak 2002] na moduł sprężystości. W tym przypadku współczynnik  $R^2$  był mniejszy od 0,1. Zauważono jednocześnie, że brak jest wzajemnej korelacji pomiędzy twardością określoną metodą Vickers'a [Romański, Niemiec 2002], a wskaźnikiem twardości PSI.



Rys.3. Zależność pomiędzy umownym modułem sprężystości poprzecznej ziarna a wskaźnikiem twardości PSI

Fig.3. Relationship between module of elasticity and hardness index PSI for a wheat kernel

Zależność umownego modułu sprężystości od szklistości ziarna przedstawia natomiast rysunek 4. Również i w tym przypadku jest to zależność liniowa. Jednak dla tej zależności współczynnik determinacji jest zdecydowanie niższy i wynosi około 0,606. Dlatego też w przypadku wykorzystywania modułów do dokładnych obliczeń przykładowo: energochłonności, jego wartość powinna być dla różnych odmian ustalana w wyniku pomiarów.

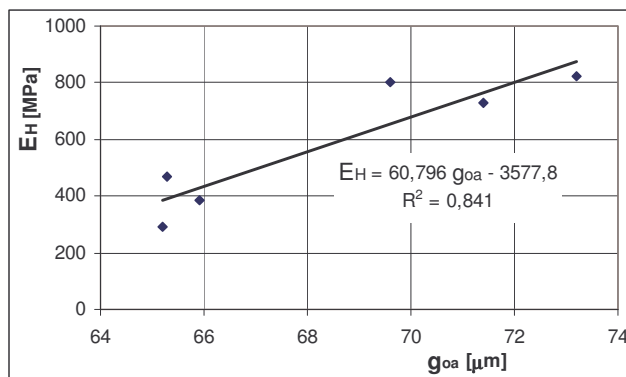


Rys.4. Zależność pomiędzy umownym modułem sprężystości poprzecznej ziarna pszenicy a jego szklistością.

Fig.4. Relationship between module of elasticity and vitreosity of wheat kernel

Wpływ jednej z cech geometrycznych charakteryzujących ziarno jako konstrukcję: grubość okrywy owocowo- nasiennej i warstwy aleuronowej na wartość umownego modułu sprężystości przedstawiono na rysunku 5. Zależność ma charakter liniowy i moduł rośnie proporcjonalnie do przyrostu grubości warstwy okrywającej bielmo ziarna pszenicy. Przyrost wartości modułu wraz z grubością okrywy owocowo- nasiennej i warstwy aleuronowej wydaje się oczywisty, gdyż z badań Girszona (1954) wynika, że wytrzymałość okrywy na rozrywanie jest kilkakrotnie większa niż samego bielma.

Przy małych obciążeniach i odkształceniach quasi sprężystych jej udział w wytrzymałości na zgniatanie ziarna jest bardzo istotny. Im grubsza ścianka ziarna tym ugięcie pod wpływem działającej siły będzie mniejsze.



Rys.5. Zależność pomiędzy umownym modułem sprężystości podłużnej ziarna a grubością okrywy owocowo-nasiennej i warstwy aleuronowej

Fig.5. Relationship between module of elasticity and seed fruit- coat and layer aleuronic

## Wnioski

1. Umowny moduł sprężystości podłużnej ziarna zależy w sposób istotny ( $R= 0,90$ ) od wskaźnika twardości PSI a nie zależy od twardości określonej metodą Vicersa. Zależność ma charakter liniowy. Podobny charakter ma zależność modułu od szklistości ziarna.
2. Umowny moduł sprężystości podłużnej ziarna zależy także w sposób istotny od parametru geometrycznego charakteryzującego budowę wewnętrzną ziarna: sumy grubości okrywy owocowo- nasiennej i warstwy aleuronowej ( $R= 0,84$ ). Zależność w tym przypadku ma także charakter liniowy.
3. Na wartość umownego modułu sprężystości nie wpływają podstawowe czynniki chemiczne, takie jak: białko, tłuszcz, włókno, popiół.

## Bibliografia

1. Frączek J. 1999. Tarcie ziarnistych materiałów roślinnych. Zesz. Nauk. AR. Kraków, z.252
2. Koper Roman. 1980. Właściwości mechaniczne ziarna i źdźbła pszenicy wyznaczone metodą interferometrii holograficznej i elastooptyki. Pr habil. Wyd. AR Lublin
3. Kupric J. 1957. Teoria i technologia przemiału zboża. WPLiS
4. Kustermann M. Kutzbach H. 1982. Young`s moduls dependent on deformation velocity. Presentation at summer meeting of ASAE, 82-3055: 1-25
5. Laskowski J., Janiak G., Dziki D. 1999. Badania twardości pszenic różnymi metodami pomiarowymi . Inż. Rol. 4; 83- 88
6. Romański L., Pawlak T.2002. Sprężystość i wartość naprężeń niszczących ziarno pszenicy. Inż. Rol. 5: 275-281
7. Romański L. ,Niemiec A. 2002. Metoda określania twardości ziarna. Inż. Rol. 5: 259-265



# Wheat kernel elasticity module

## Summary

Results of investigations on the influence of physical, chemical and geometrical factors on the value of transverse elasticity modulus of wheat grain were presented in this paper. Statistic analysis showed that the hardness index, vitreosity and thickness of seed coat and aleuronic layer were the most important factors. All relations are linear.

**Key words:** wheat kernel, module of elasticity, hardness, vitreosity of grain, seed coat