

Tomasz Hebda, Jarosław Frączek

Akademia Rolnicza w Krakowie

Wydział Agrotechnologii

Wpływ wybranych czynników na wartość wskaźnika odkształcenia nasienia

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu wybranych czynników na sprężystość nasion (oceniającą poprzez wskaźnik sprężystości WE_n). Za najważniejsze czynniki determinujące wybrane parametry wytrzymałościowe uznano zawartość wody, cechy gatunkowe oraz grubość i budowę anatomiczno-morfologiczną okrywy owocowo-nasiennej. Dodatkowo uwzględniono objętość pojedynczego nasienia (objętość jednostkową). Badania przeprowadzono na siedmiu różnych gatunkach (dwanaście odmian) ziarnistych materiałach roślinnych dla pięciu zawartości wody w badanym materiale (0,11; 0,15; 0,19; 0,23; 0,33 kg/kg s.s.). Przeprowadzona analiza wyników wykazała, że na sprężystość nasion w sposób statystycznie istotny wpływa zawartość wody, grubość okrywy i objętość jednostkowa nasienia. Stwierdzono również, że sprężystość nasion maleje nieznacznie wraz ze wzrostem zawartości wody do poziomu 0,19 kg/kg s.s., natomiast powyżej tej wartości gwałtownie maleje.

Słowa kluczowe: nasiona, sprężystość, zawartość wody, okrywa nasienna, objętość jednostkowa

Wstęp

Jedną z ważniejszych cech wytrzymałościowych roślinnych materiałów ziarnistych, decydującą o odporności nasion na odkształcenia mechaniczne jest sprężystość. Określenie sprężystości nasion odbywa się zazwyczaj podczas próby ściskania. Pod działaniem sił zewnętrznych, zależnie od budowy, składu chemicznego, wilgotności i wielkości obciążenia, nasiona zachowują się jak ciało sprężyste lub lepko-sprężyste [Bormuth 1994, Dobrzański 1998, Laskowski, Janiak 1996]. W zakresie odkształceń lepko-sprężystych występuje płynięcie materiału, co związane jest ze zniszczeniem mikrostruktury, a następnie makrostruktury nasiona. Odkształcenia są w tego typu materiałach ściśle ze sobą związane a budowa wielowarstwowa nasion powoduje, że podczas odkształceń niektóre obszary ulegają odkształceniu sprężystemu podczas gdy inne - w tym samym czasie - ulegają zniszczeniu [Frączek 1996, Szwed 2000].

Cel pracy

Celem pracy było określenie wpływu wybranych czynników na sprężystość nasion (oceniającą poprzez wskaźnik sprężystości WE_n). Za najważniejsze czynniki determinujące wybrane parametry wytrzymałościowe uznano zawartość wody, cechy gatunkowe oraz grubość i budowę anatomiczno-morfologiczną okrywy owocowo-nasiennej. Dodatkowo uwzględniono objętość pojedynczego nasienia (objętość jednostkową).

Metodyka

Pomiar modułu Younga ziarnistych materiałów roślinnych pomiędzy dwiema równoległymi płytkami, jest według Frączka i in. [2003] bardzo zawodny. Powodów tej sytuacji autorzy doszukują się w stosowaniu prawa Hooke'a w odniesieniu do materiałów roślinnych. Prawo to obowiązuje bowiem tylko w zakresie odkształceń sprężystych, a w przypadku nasion mamy do czynienia z sytuacją, w której trudno rozgraniczyć odkształcenia sprężyste i plastyczne, występujące pod wpływem danego naprężenia.

W związku z powyższym – dla wyraźnego uwypuklenia różnic w fizycznej interpretacji wyników próby ściskania nasion i materiałów konstrukcyjnych – autorzy proponują [za Frączek i in. 2003] w miejsce modułu Younga, określanie wskaźnika podatności na odkształcenie nasienia WE_n .

Wskaźnik ten został zdefiniowany jako podwojona wartość pracy W_n [J] włożonej w odkształcenie pojedynczego nasienia (jednostkowa praca odkształcenia):

$$WE_n = 2 \cdot W_n \quad [J] \quad [1]$$

gdzie: WE_n – wskaźnik podatności nasienia [J], W_n – praca włożona w odkształcenie [J].

Powyższy wskaźnik WE_n można wyznaczyć poprzez dokonanie próby ściskania nasienia między dwoma równoległymi płytkami. Zgodnie z definicją, praca odkształcenia to iloczyn działającej siły nacisku P [N] i powstałego odkształcenia Δl [m]:

$$WE_n = 2 \cdot W_n = P \cdot \Delta l \quad [J]$$

[2]

Próbę ściskania nasion przeprowadzono przy użyciu maszyny wytrzymałościowej Instron w zakresie obciążeń od 0 do 250 N. Siła obciążająca działała wzdłuż krótszej osi nasiona. Prędkość przemieszczenia wynosiła $1 \cdot 10^{-2} \text{ mmin}^{-1}$. Pomiar odkształcenia prowadzono do momentu pęknięcia nasienia. Zmiany siły obciążającej w zależności od odkształcenia ziarna rejestrowano przy pomocy specjalnego zestawu pomiarowego, w skład którego wchodził komputer oraz przetwornik analogowo-cyfrowy z odpowiednim oprogramowaniem. Przetwornik umożliwiał pomiar siły z częstotliwością 200 Hz, dzięki czemu możliwa była obserwacja i rejestracja nawet niewielkich jej zmian w krótkim okresie czasu. Po wykonaniu próby odczytywano wartość odkształcenia dla siły równej 25 N [Frączek i in. 2003].

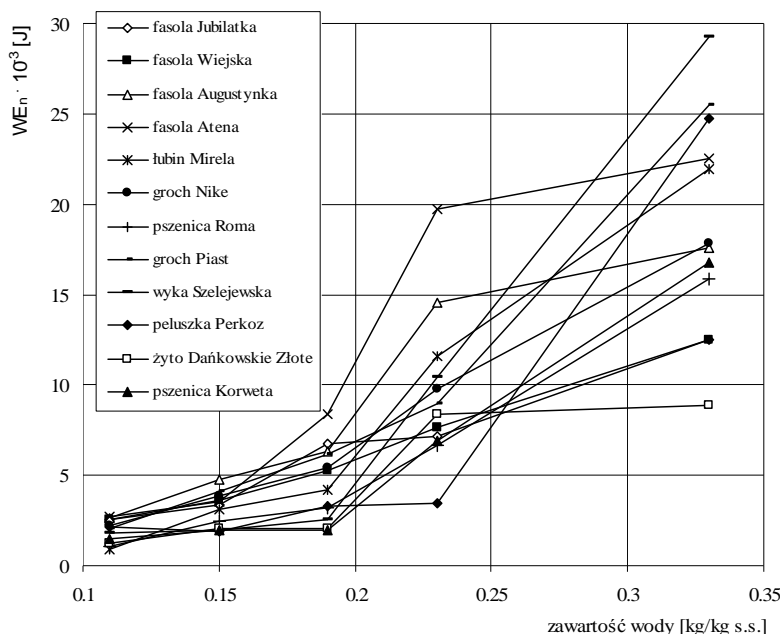
Materiał badawczy był zróżnicowany pod względem budowy anatomiczno-morfologicznej, kształtu i wymiarów. Stanowiły go nasiona dwunastu odmian: pszenica Korweta i Roma; żyto Dańkowskie Złote; łubin Mirela; wyka Szelejewska; peluszką Perkoz; fasola Wiejska, Jubilatka, Augustynka oraz Atena; groch Nike i Piast. Badania przeprowadzono dla pięciu poziomów zawartości wody w badanym materiale (0,11; 0,15; 0,19; 0,23; 0,33 kg/kg s.s.).

Objętość jednostkową pojedynczych nasion obliczono po wcześniejszym wyznaczeniu gęstości badanych nasion.

Pomiar gęstości wykonano przy pomocy elektronicznego zestawu do wyznaczania gęstości ciał stałych i cieczy w oparciu o prawo Archimedesusa. Nasiona zanurzano w oleju o gęstości 917 kg/m^3 a następnie ważono w oleju jak i w powietrzu z dokładnością do 0,001 g.

Wyniki

Zgodnie z metodyką wykonano próbę ściskania nasion pomiędzy dwoma płaskimi płytkami. Wartość wskaźnika nasienia WE_n obliczono z zależności [2]. Uzyskane wyniki przedstawiono graficznie na wykresie (rys.1).



Rys.1. Zależność wskaźnika sprężystości nasienia od zawartości wody dla wybranych odmian roślinnych materiałów ziarnistych

Fig. 1. Seed elasticity index depending on the moisture content (dry basis) for selected plant cultivars.

Wpływ zawartości wody na WE_n

Analizując wykresy można zauważyć, że wszystkie badane odmiany uzyskały najniższą wartość WE_n przy najniższej zawartości wody. Nie przekroczyła ona wówczas 3 J. Jest to równoważne ze stwierdzeniem, że nasiona suche cechują się wyższą sprężystością. Różnice w wartości WE_n przy zawartości wody 0,11 kg/kg s.s., były stosunkowo duże i dochodziły do 240 %. Należy więc uznać, że wystąpiło wyraźne zróżnicowanie w sprężystości poszczególnych nasion. Wraz ze wzrostem zawartości wody do poziomu 0,19 kg/kg s.s., (a dla nasion peluszką Perkoz i grochu Nike do poziomu 0,23 kg/kg s.s.), wartość WE_n u większości badanych nasion

nieznacznie wzrasta. I tak na przykład dla pszenicy Korweta wzrost ten wyniósł 0,5 J, a dla fasoli Atena 5,68 J (rys. 1). Powyżej tego poziomu zawartości wody u wszystkich badanych odmian zauważono gwałtowny wzrost wartości WE_n . Wzrost ten trwał aż do poziomu zawartości wody (0,33 kg/kg s.s.) i był najbardziej widoczny dla ziarna pszenicy. Natomiast u ziarna żyta Dańkowskie Złote oraz nasion fasoli Ateny i Augustynki powyżej zawartości wody 0,23 kg/kg s.s. następuje stabilizowanie się wartości wskaźnika WE_n . Przy zawartości wody 0,33 kg/kg s.s. najwyższą wartość WE_n miały nasiona wyki Szelejewska ($WE_n = 29,250$), najniższą zaś ziarno żyta Dańkowskie ($WE_n = 8,892$).

Wpływ objętości jednostkowej V_j na WE_n

W prezentowanych badaniach przeprowadzono również analizę wpływu wielkości pojedynczych nasion - ocenianą poprzez objętość jednostkową (czyli objętość pojedynczego nasienia) - na wartość wskaźnika odkształcenia nasienia.

Nasiona pogrupowano na następujące klasy wymiarowe:

1. V_j poniżej $0,1 \text{ cm}^3$ - pszenica Korweta, Roma, żyto Dańkowskie Złote i wyka Szelejewska,
2. V_j od $0,1$ do $0,2 \text{ cm}^3$ - fasola Atena, peluszką Perkoz, groch Nike i łubin Mirela,
3. V_j od $0,2$ do $0,3 \text{ cm}^3$ - groch Piast i fasola Augustynka,
4. V_j od $0,3$ do $0,4 \text{ cm}^3$ - fasola Jubilatka i Wiejska,

Analiza wykresów zamieszczonych na rys. 1 wykazała, że o ile w niektórych przypadkach wystąpiły podobieństwa między wielkością nasion i ich odkształcalnością, o tyle pozostałe nasiona - o różnej wielkości - charakteryzowały się podobnym WE_n . Powyższe spostrzeżenia znalazły potwierdzenie w teście Duncana. Wykazał on istnienie grupy homogenicznej w przypadku nasion zdecydowanie różniących się objętością jednostkową V_j . Przykładowo do jednej grupy zaliczone zostały nasiona wyki Szelejewska o objętości jednostkowej 0,0417 oraz grochu Piast o objętości jednostkowej 0,2830.

Wpływ grubości okrywy na WE_n

Zgodnie z wyznaczonym celem badań przeprowadzono test analizy wariancji w klasyfikacji podwójnej z trzydziestoma powtórzeniami. Wykazał on statystyczną istotność wpływu przyjętych czynników głównych: *zawartości wody* i *grubości okrywy*. W związku z tym przeprowadzono test Duncana. W obu testach wykorzystano podział nasion na grupy wynikający z grubości okrywy. W przypadkach obu czynników głównych nie stwierdzono istnienia grup homogenicznych, a zatem należy uznać, że każda zmiana zawartości wody lub grubości okrywy powoduje zmianę wartości WE_n .

Przeprowadzono również szeroką analizę interakcji drugiego rzędu, które okazały się statystycznie istotne. Zaobserwowano, że zarówno w przypadku interakcji *zawartość wody* * *objętość jednostkowa* jak i *zawartość wody* * *grubość okrywy* w miarę wzrostu zawartości wody w nasionach, następuje zróżnicowanie w ich sprężystości. Jest to tendencja odwrotna niż - jak wykazały to przeprowadzone badania - w przypadku twardości. Jak wykazał test Duncana nasiona suche wykazują wprawdzie dużą sprężystość ale równocześnie małe zróżnicowanie w wartości WE_n dla poszczególnych grup czynnika *grubość okrywy*. Można więc uznać, że oddziaływanie grubości okrywy jest w tym przypadku mniej istotne. Dopiero powyżej zawartości wody 0,19 kg/kg s.s. występuje wyraźny wzrost znaczenia grubości okrywy na wartość WE_n , czego dowodem jest powstawanie pojedynczych grup homogenicznych. Podsumowując należy uznać, że w ocenie podatności na odkształcenie nasion należy równocześnie uwzględnić grubość okrywy oraz zawartość wody.

Wydaje się, że opisana powyżej prawidłowość w pełni potwierdza hipotezę mówiącą o tym, że nasiona można traktować jako "naczynie cienkościennie wypełnione materiałem o pewnej lepkości". W przypadku ściskania nasion między dwoma równoległymi płytkami powstają naprężenia, które przenoszone są przez elastyczną okrywę owocowo-nasienną. Powstaje sytuacja, w której okrywa jest elementem odpowiedzialnym za "spojenie" bielma lub liścieni. Szczególnie jaskrawo jest to widoczne u nasion fasoli i grochu, w których na skutek nawilżania dochodziło do zerwania więzi pomiędzy okrywą a liścieniami. Okrywa owocowo-nasienna jako bardziej elastyczna, pod wpływem obciążenia, zmieniała swój kształt stosunkowo łatwo, natomiast ściskanie liścieni powodowało trwałą zmianę ich kształtu.

Z tych względów w dalszej części pracy przeprowadzono estymację nieliniową metodą najmniejszych kwadratów. Spośród testowanych funkcji najlepsze dopasowanie krzywej teoretycznej do wyników badań uzyskano dla funkcji postaci:

$$y = a \cdot g^b \cdot w^c \cdot V_j^d$$

gdzie: g – grubość nasion [m], w – zawartość wody [kg/kg s.s.],
 V_j – objętość jednostkowa [m^3], a, b, c, d – stałe modelu.

W tabeli 1 zamieszczono wyniki przeprowadzonego testu. W przypadku uwzględnienia wszystkich badanych nasion współczynnik determinacji R^2 wynosi jedynie 78.5 %. Z tego względu w celu zwiększenia dokładności prognozowania dokonano podziału nasion na grupy. Przyjętymi kryteriami podziału były:

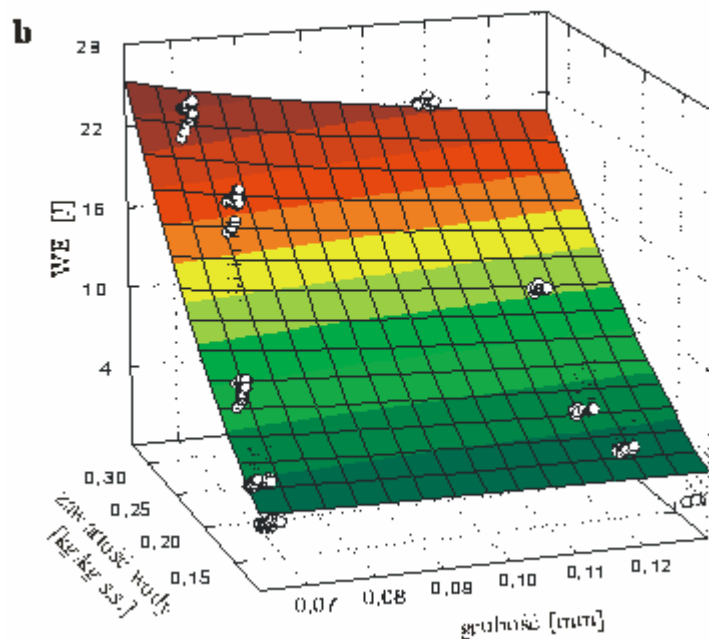
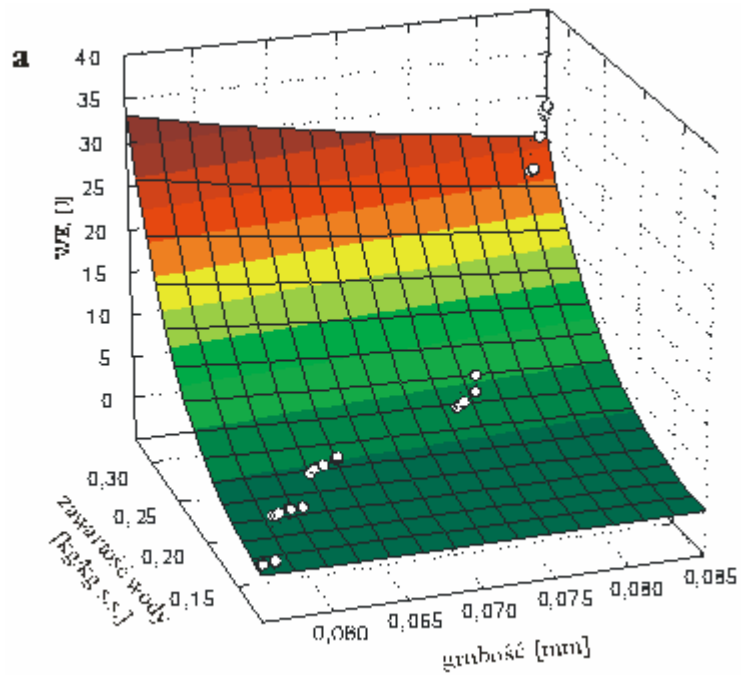
- typ nasion: nasiona roślin jedno i dwuliściennych,
- charakter zmian grubości okrywy w czasie nawilżania: nasiona o grubości rosnącej i malejącej wraz ze wzrostem zawartości wody,
- wielkość nasion: poniżej $0,1 \text{ cm}^3$ - pszenica Korweta i Roma, żyto Dańkowskie Złote i wyka Szelejewska,
 - od $0,1$ do $0,2 \text{ cm}^3$ - fasola Atena, peluszką Perkoz, groch Nike i łubin Mirela,
 - od $0,2$ do $0,3 \text{ cm}^3$ - groch Piast i fasola Augustynka,
 - od $0,3$ do $0,4 \text{ cm}^3$ - fasola Jubilatka i Wiejska,

Tabela 1. Wyniki estymacji krzywoliniowej

Table 1. Results of curvilinear estimation.

Grupa nasion	Stałe modelu				
	a	b	c	d	R^2 [%]
wszystkie nasiona	162,866	0,815	2,086	0,091	78,55
pszenica Korweta i Roma	0,341	-0,452	2,888	0,240	98,45
Żyto Dańkowskie Złote	0,031	-56,803	12,680	30,764	97,01
wyka Szelejewska	0,642	10,449	0,534	-5,591	99,13
peluszką Perkoz, groch Nike	0,305	0,826	1,913	-0,449	93,33
groch Piast	0,366	-3,376	4,012	1,982	99,71
łubin Mirela, fasola Atena	1,739	-0,617	1,116	0,726	91,46
fasola Augustynka	0,060	8,059	3,393	-5,210	90,33
Fasola Jubilatka i Wiejska	0,058	-0,202	1,375	0,133	98,40

Dla uzyskanych grup nasion powtórnie wykonano estymację nieliniową. Dzięki uwzględnieniu poszczególnych grup nasion uzyskano znacznie wyższe wartości współczynnika determinacji R^2 . Najmniejszą jego wartość uzyskano dla fasoli Augustynka ($R^2 = 90,33$ %), najwyższe zaś dla wyki Szelejewska ($R^2 = 99,30$ %).



Rys.2. Zależność wskaźnika sprężystości nasienia od zawartości wody i grubości okrywy
 a - groch Piaś, b - łubin Mirella i fasola Atena

Fig. 2. Seed elasticity index depending on the moisture content (dry basis) and seed-coat thickness: a – peas, Piaś cv., b – lupine, Mirella cv. and beans, Atena cv.

Na rysunku 2 przedstawiono w sposób graficzny zależność wskaźnika odkształcenia nasienia od grubości okrywy i zawartości wody dla wybranych grup nasion. Wykresy zostały utworzone dla trzydziestu powtórzeń. Widać na nich wyraźnie wzrost wartości WE_n pod wpływem zmian grubości okrywy owocowo-nasiennej i wzrostu zawartości wody w nasieniu. Na wykresach zaznaczony jest rozrzut wyników pomiarów. Przy zawartości wody 0,11 kg/kg s.s. jest on stosunkowo mały u większości badanych nasion. Wzrasta jednak ze wzrostem zawartości wody.

Wnioski

1. Stwierdzono, iż odkształcalność badanych nasion maleje nieznacznie wraz ze wzrostem zawartości wody do poziomu 0,19 kg/kg s.s. (mały wzrost wartości WE_n), natomiast powyżej tej wartości gwałtownie maleje (duży wzrost wartości WE_n).
2. Przeprowadzona szeroka analiza wyników wykazała, że na podatności na odkształcenie nasion w sposób statystycznie istotny wpływa zawartość wody, grubość okrywy i objętość jednostkowa nasienia.
3. Odkształcalność nasion ocenianą poprzez wskaźnik WE_n można opisać równaniem:

$$WE_n = a \cdot g^b \cdot w^c \cdot V^d$$

gdzie: WE_n – wskaźnik odkształcalności nasienia, g – grubość nasion [m], w – zawartość wody [kg/kg s.s.], V – objętość jednostkowa [m^3], a , b , c , d – stałe modelu.

Uzyskany współczynnik determinacji R^2 mieścił się w granicach od 90,33 % do 99,71 %.

Bibliografia

1. Bormuth C.D., 1994, Rheological and physiological properties of pea seeds (*Pisum Sativum* L.) of different moisture contents being stressed under quasi-static load. *Int. Agrophysics*, 8, 185 – 190.
2. Dobrzański B.jr, 1998, Mechanizmy powstawania uszkodzeń nasion roślin strączkowych. *Acta Agrophysica*, nr 13.
3. Frączek J., 1996, Wytrzymałość ziarna zbóż obciążonego w masie. *Zesz. Probl. POST. Nauk Roln.*, 443, 375-384,
4. Frączek J., Kaczorowski J., Ślipek Z., Horabik J., Molenda M., 2003, Standaryzacja metod pomiaru właściwości fizyczno-mechanicznych roślinnych materiałów ziarnistych. *Acta Agrophysica*, 92,
5. Laskowski J., Janiak G., 1996, Metodyka określania cech wytrzymałościowych ziarna dla potrzeb procesów przetwórczych. *Biul. Nauk. Przem. Pasz.*, 1, 45-58.
6. Szwed G., 2000, Kształtowanie fizycznych i technologicznych cech nasion rzepaku w modelowanych warunkach przechowywania. *Acta Agrophysica*, 27.

EFFECT OF SELECTED FACTORS ON SEED SLASTICITY INDEX

Summary

The aim of study was to evaluate the effect of selected factors on seed elasticity (determined as WE_n elasticity index). As the most important factors affecting selected strength, parameters of seeds the following were considered: moisture content, species characters, thickness and anatomic-morphological structure of seed coat. Moreover, the volume of single seed (unitary volume) was tested, too. The studies included seven different species (twelve cultivars) of plant seeds at five moisture contents (dry basis) in tested materials (0,11; 0,15; 0,19; 0,23; 0,33 kg/kg d.m.). Statistical analysis of the results showed that the elasticity of seeds significantly depended on the moisture content, seed coat thickness and the volume of single seed. It was also found that the elasticity of seeds slightly decreased along with rising moisture content up to the level of 0,19 kg/kg d.m., whereas above that value it dropped down rapidly.

Key words: seeds, elasticity, moisture content, seed-coat, volume of single seed.

Recenzent-Józef Horabik