

ANALIZA ZMIAN OBJĘTOŚCI MASY ZIARNOWEJ WYBRANYCH GATUNKÓW ZBÓŻ POD WPŁYWEM OBCIĄŻENIA*

Rafał Nadulski, Elżbieta Kusińska, Zbigniew Kobus, Tomasz Guz,
Zbigniew Oszczak

Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące wpływu gatunku, wilgotności, temperatury i wstępnego obciążenia ziarniaków na zmianę objętości masy ziarnowej pod wpływem stałego obciążenia. Stwierdzono, że zmiany objętości masy ziarnowej pod wpływem obciążenia istotnie zależą od gatunku i wilgotności ziarniaków, natomiast nie zależą od temperatury i obciążenia wstępnego ziarniaków.

Słowa kluczowe: masa ziarnowa, gatunek, wilgotność, temperatura, nacisk pionowy, zmiana objętości

Wprowadzenie

Głównym czynnikiem decydującym o właściwościach mechanicznych ziarniaków jest woda [Szot 1983]. Ziarniaki wykazują cechy lepko-sprężyste. Duża wilgotność ziarniaków powoduje, że są one podatne na odkształcenia plastyczne. Może to powodować powstawanie uszkodzeń wewnętrznych i mikrouszkodzeń okrywy owocowo-nasiennej. Przy niskiej wilgotności ziarniaki są kruche i mogą pojawiać się makrouszkodzenia struktur zewnętrznych.

Obecnie stosuje się wiele metod przechowywania ziarna zbóż. Zebrane ziarno musi spełniać określone wymogi jakościowe. Utrzymanie wysokiej jakości surowca w silosie możliwe jest poprzez aktywne wietrzenia masy ziarnowej. Przy wymuszonym ruchu powietrza występują opory przepływu związane z porowatością materiału. Zwiększenie gabarytów silosów oraz długi czas jego przechowywania powodują znaczne obciążenia dolnych warstw ziarna. Stalowe silosy osiągają wysokość kilkunastu metrów i pozwalają na przechowywanie kilkudziesięciu ton ziarna. Zjawiska samosortowania i wzrostu ciśnienia słupa ziarna podczas napełniania zbiorników powodują zagęszczenie masy ziarnowej, zmianę właściwości trybologicznych, co w efekcie prowadzi do zmniejszenia zdolności materiału do odzyskiwania pierwotnego kształtu po usunięciu obciążenia [Frączek i in. 2003]. Decydujący wpływ na opór przepływu powietrza mają przestrzenie międzyziarnowe [Bujak 1972]. Przy dużej gęstości materiału opory przepływu powietrza mogą wzrosnąć kilkakrotnie [Stephens i Foster 1976]. Z analizy piśmiennictwa wynika, że zachowanie masy ziarnowej pod wpływem dużych obciążeń podczas długotrwałego przechowywania w silosach jest poznane w sposób niewystarczający.

* Praca zrealizowana w ramach projektu badawczego nr N N313 013336.

Cel i zakres pracy

Celem niniejszej pracy było wyznaczenie w warunkach laboratoryjnych zakresu zmian objętości masy ziarnowej wybranych gatunków zbóż pod wpływem założonego obciążenia. Jako czynniki mogące istotnie wpływać na zmiany objętości masy ziarnowej przyjęto nacisk pionowy oraz wilgotność i temperaturę ziarniaków.

Metodyka badań

Badania prowadzono w laboratorium Katedry Inżynierii i Maszyn Spożywczych Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Do badań przyjęto ziarno pszenicy ozimej odmiany Tonacja, żyta ozimego odmiany Słowiańskie, owsa odmiany Sławko, pszenżyta ozimego odmiany Pawo i jęczmienia jarego odmiany Stratus. Wilgotność wyjściowa ziarna wynosiła ok. 13%. Ziarno dowilżano w pojemnikach, dodając wodę w postaci mgły z rozpylacza. Po zakończeniu dowilżania naczynia zamykano szczelnie, a następnie ziarno intensywnie mieszano. W efekcie uzyskano trzy poziomy wilgotności 14%, 18% i 24%. Wilgotność ziarna oznaczano zgodnie z PN79/R-69950.

Ziarno zasypywano do stalowych pojemników o średnicy 100 mm i wysokości 150 mm wyposażonych w ruchomą pokrywę umożliwiającą, poprzez układ czterech sprężyn, uzyskanie założonego obciążenia masy ziarnowej. Masę ziarna obciążano uzyskując stały nacisk pionowy wynoszący 35; 52 i 70 kPa, po czym przechowywano w temperaturze 10°C i 22°C przez 8 dni. Po odciążeniu masę ziarniaków o objętości ~30 cm³ zasypywano swobodnie do pojemnika o średnicy wewnętrznej 50 mm i wysokości 60 mm. Pojemnik umieszczano w maszynie wytrzymałościowej Instron 4302, a następnie ziarniaki obciążano ze stałą prędkością 0,83 mm·min⁻¹ przy pomocy cylindrycznego tłoka do uzyskania siły o wartości $F_n=1,5$ kN, po czym pomiar przerywano. W wyniku obciążenia masy ziarnowej następowała zmiana jej objętości związana z zagęszczaniem i deformacją materiału.

Zmiany objętości masy ziarnowej pod wpływem obciążenia wyznaczono według wzoru:

$$Z_{mz} = \frac{(V_p - V_k) \cdot 100}{V_p} \quad (1)$$

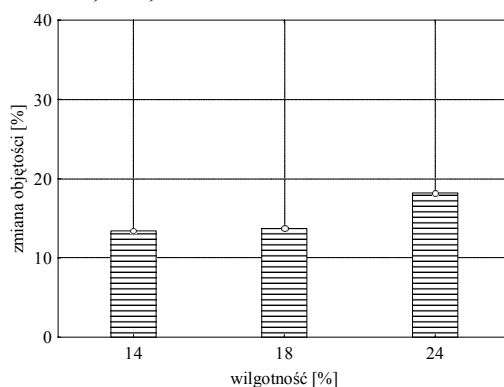
gdzie:

- Z_{mz} – zmiana objętości [%],
- V_k – objętość końcowa masy ziarnowej [cm³],
- V_p – objętość początkowa masy ziarnowej [cm³].

Wyniki badań poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu Statistica wersja 6 firmy StatSoft, Inc. [StatSoft, Inc. 2003]. Do oceny wpływu zmiennych (gatunek, wstępne obciążenie, wilgotność, temperatura) na zmiany objętości Z_{mz} masy ziarnowej wykorzystano moduł analizy wariancji ANOVA.

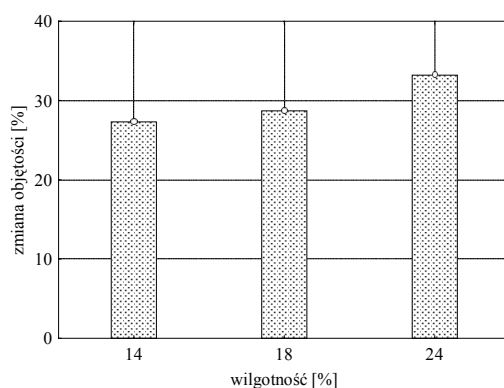
Wyniki badań

Przeprowadzone analizy statystyczne wykazały, że zmiana objętości Z_{mz} masy ziarnowej nie zależy od jej temperatury i nacisku pionowego, natomiast istotnie zależy od gatunku ziarna i jego wilgotności. Zmiany objętości Z_{mz} masy ziarnowej pod wpływem obciążenia F_n w zależności od wilgotności dla badanych gatunków zbóż przedstawiono na wykresach (rys. 1-5). Spośród badanych gatunków zbóż największą zmianę objętości Z_{mz} masy ziarnowej o wilgotności 14% uzyskano dla ziarniaków owsa – 27,3%, co związane jest z cechami morfologicznymi ziarniaków. W przypadku pozostałych gatunków różnice pomiędzy zmianami objętości Z_{mz} masy ziarnowej o wilgotności 14% są niewielkie i mieszczą się w przedziale 11,2-13,4%.



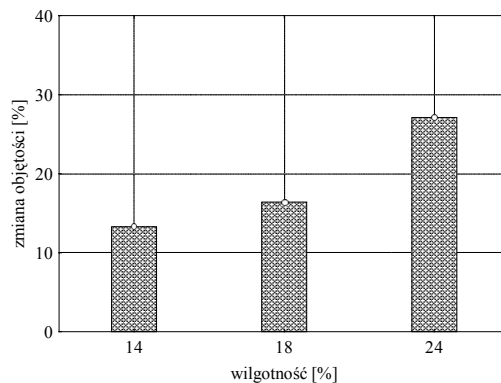
Rys. 1. Zmiana objętości Z_{mz} masy ziarnowej jęczmienia pod wpływem obciążenia w zależności od jej wilgotności

Fig. 1. Change in the volume Z_{mz} of the barley grain mass occurring under load, depending on its humidity



Rys. 2. Zmiana objętości Z_{mz} masy ziarnowej owsa pod wpływem obciążenia w zależności od jej wilgotności

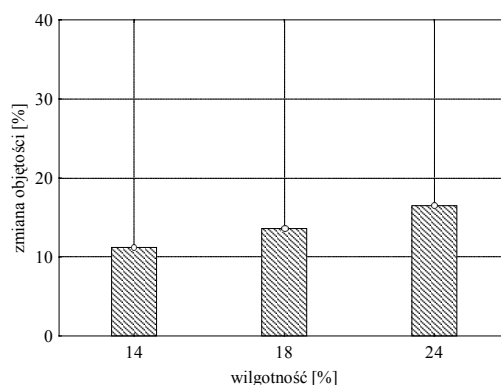
Fig. 2. Change in the volume Z_{mz} of the oats grain mass occurring under load, depending on its humidity



Rys. 3. Zmiana objętości Z_{mz} masy ziarnowej żyta pod wpływem obciążenia w zależności od jej wilgotności

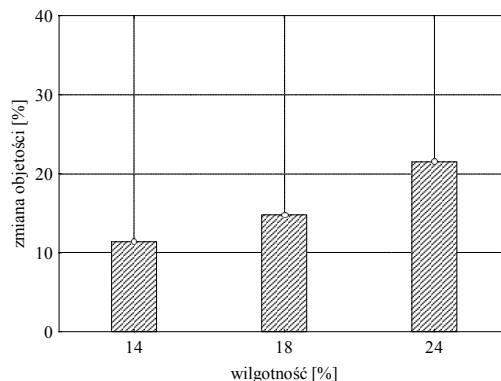
Fig. 3. Change in the volume Z_{mz} of the rye grain mass occurring under load, depending on its humidity

Dla ziarniaków o wilgotności 24% najwyższą wartość zmian objętości Z_{mz} otrzymano także dla owsa – 33,2%, a najniższą dla ziarniaków pszenicy – 16,5%. Zwiększenie wilgotności ziarniaków do 24% powoduje, że zmiany objętości Z_{mz} pod wpływem obciążenia pomiędzy poszczególnymi gatunkami są istotnie zróżnicowane. Związane jest to z właściwościami reologicznymi nawilżonych ziarniaków [Mohsenin 1986]. W tym przypadku nie tylko następuje zagęszczenie materiału, ale także jego trwała deformacja związana z uplastycznieniem ziarniaków. Wskazują na to badania Kolowcy [2006] dotyczące relaksacji naprężeń w masie ziarnowej.



Rys. 4. Zmiana objętości Z_{mz} masy ziarnowej pszenicy pod wpływem obciążenia w zależności od jej wilgotności

Fig. 4. Change in the volume Z_{mz} of the wheat grain mass occurring under load, depending on its humidity



Rys. 5. Zmiana objętości Z_{mz} masy ziarnowej pszenżyta pod wpływem obciążenia w zależności od jej wilgotności

Fig. 5. Change in the volume Z_{mz} of the triticale grain mass occurring under load, depending on its humidity

Ze zwiększaniem wilgotności ziarniaków występuje wyraźny wzrost zmian objętości Z_{mz} pod wpływem obciążeń. Dynamika tych zmian istotnie zależy od gatunku. Największy zakres zmian objętości Z_{mz} masy ziarnowej pod wpływem obciążenia zarejestrowano dla ziarniaków żyta. Zwiększenie wilgotności ziarniaków od 14% do 24% spowodowało przeszło dwukrotny wzrost zmian objętości Z_{mz} pod wpływem tego samego obciążenia. Najmniejszy zakres zmian objętości Z_{mz} masy ziarnowej pod wpływem obciążenia zarejestrowano dla ziarniaków pszenicy i jęczmienia. Z analizy wyników badań wynika, że w przypadku wilgotności ziarniaków wynoszącej 14% i 18% zmiany objętości pod wpływem obciążenia są stosunkowo niewielkie i nie przekraczają kilku procent. Dopiero zwiększenie wilgotności ziarniaków do 24% powoduje zasadniczą zmianę zachowania materiału pod wpływem obciążenia. Dotyczy to szczególności masy ziarnowej żyta i pszenżyta oraz w nieco mniejszym zakresie owsa.

Wnioski

Przeprowadzone badania pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Zmiany objętości masy ziarnowej zależą istotnie od badanego gatunku zbóż.
2. Istotny wpływ na przebieg zmian objętości masy ziarnowej pod wpływem obciążenia ma wilgotność ziarniaków.
3. Najwyższą dynamikę zmian ze wzrostem wilgotności zaobserwowano dla ziarniaków żyta i pszenżyta a najmniejszą dla ziarniaków pszenicy.
4. Zmiana objętości masy ziarnowej pod wpływem obciążenia nie zależy od jej temperatury i nacisku pionowego.

Bibliografia

- Bujak S.** 1972. Przechowalnictwo surowców rolnych. WAR. Lublin.
- Frączek J., Kaczorowski J., Ślipek Z., Horabik J., Molenda M.** 2003. Standaryzacja metod pomiaru właściwości fizyczno-mechanicznych roślinnych materiałów ziarnistych. Acta Agrophysica. Nr 92. Rozprawy i monografie. Lublin. ISSN 1234-4125.
- Kolowca J.** 2006. Wpływ wielokrotnych obciążeń statycznych na stopień zagęszczenia i właściwości reologiczne masy ziarna. Inżynieria Rolnicza. Nr 13(88). s. 193-199.
- Mohsenin N.N.** 1986. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publishers. New York. s. 891. ISBN 0-677-21370-0.
- Stephens L., Foster G.** 1976. Grain bulk properties as affected by mechanical grain spreaders. Trans. ASAE. Nr 19(20). s. 354-363.
- Szot B.** 1983. Czynniki kształtujące odporność ziarna pszenicy na obciążenia. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Nr 258. s. 437-447.
- StatSoft, Inc. 2003: STATISTICA (data analysis software system), version 6. www.statsoft.com.

ANALYSIS OF CHANGES IN THE GRAIN MASS VOLUME FOR THE SELECTED CROP SPECIES, OCCURRING UNDER LOAD

Abstract. The work presents results of the research on the impact of species, humidity, temperature and preloading of seeds on the change in the grain mass volume occurring due to steady load. It has been observed that grain mass volume changes occurring under load significantly depend on the seed species and humidity, and they are not dependent on the seeds temperature and preloading.

Key words: grain mass, species, humidity, temperature, vertical pressure, volume change

Adres do korespondencji:

Rafał Nadulski; Rafal.Nadulski@up.lublin.pl
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 44
20-280 Lublin