

WPLYW NAWOŻENIA I WARUNKÓW PRZECHOWYWANIA  
NA ZMIANĘ GĘSTOŚCI I POROWATOŚCI  
WARSTWY ZIARNA PSZENICY

*G. Szwed, J. Tys*

Institut Agrofizyki im. Bohdana Bobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20- 290 Lublin 27  
e-mail: jtys@demeter.ipan.lublin.pl

**Streszczenie.** Praca przedstawia wyniki badań zachowania się ziarna pszenicy w magazynach. Eksperyment przeprowadzono na stanowisku laboratoryjnym odwzorującym warunki istniejące w silosie. Przechowywane ziarna posiadały dwa poziomy wilgotności (12% i 20%) oraz pochodziły z poletek o różnej wysokości nawożenia azotem. Zmiany gęstości i porowatości ziarna analizowano po 126 dniach przechowywania.

**Słowa kluczowe:** pszenica, przechowywanie, nawożenie, cechy fizyczne złoża.

WSTĘP

Nasiona jako biologicznie czynny ośrodek sypki ulegają podczas przechowywania w silosie zagęszczeniu pod wpływem własnego ciężaru, zmieniają swoją gęstość, a w następstwie również porowatość. Ma to bezpośredni wpływ na intensywność procesu suszenia, wietrzenia bądź schładzania materiału. Stopień zagęszczenia ma również istotny wpływ na procesy fizyczne, chemiczne oraz biologiczne zachodzące w składowanym materiale [3,11].

Gęstość i porowatość przechowywanego materiału, są głównymi czynnikami rozważanymi w projektowaniu systemów suszenia i napowietrzania, ponieważ te właściwości fizyczne wpływają na opór przepływu powietrza w przechowywanej masie [5,7,9]. Właściwości te ulegają ciągłym zmianom w czasie, w wyniku istniejących naprężeń w silosie oraz odkształceń przechowywanych nasion.

Gęstość upakowania złoza, a także zawartość wody w nasionach, ich kształt i rozmiar, gatunek, metody napełniania zbiornika oraz ilość i rozmiar zanieczyszczeń mają zasadniczy wpływ na wymuszoną migrację powietrza przez warstwę materiału sypkiego [4]. Jak wykazały badania również czynniki typowo rolnicze, a więc cechy odmianowe i wielkość nawożenia istotnie modyfikują właściwości przechowywanego surowca. Dotyczy to zarówno zmian w podstawowym składzie chemicznym jak i intensywności porażenia przechowywanego ziarna przez drobnoustroje [11].

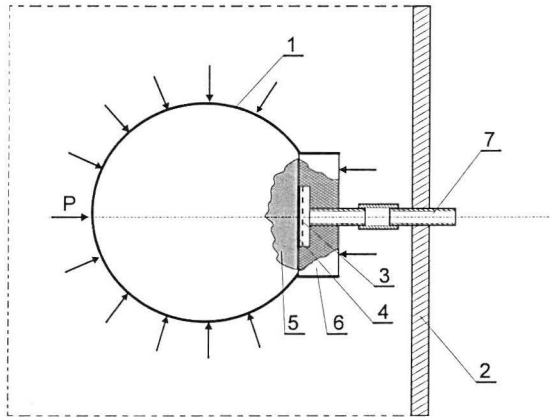
Celem pracy było poznanie wpływu warunków i czasu przechowywania na zmianę gęstości ośrodka, jako czynnika zmieniającego (utrudniającego) przepływ powietrza przez warstwę nasion. W szczególności szukano odpowiedzi na pytanie na ile zróżnicowane dawki nawożenia azotowego oraz zróżnicowanej wilgotności wpływają na gęstość i porowatość ziarna pszenicy jarej przechowywanej w warunkach symulujących silosy przemysłowe.

#### MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono na ziarnie trzech odmian pszenicy jarej: Kontesa, Banti i Torka pozyskanych z poletek doświadczalnych o zróżnicowanych dawkach nawozów azotowych: 50 i 150 kg·ha<sup>-1</sup> (materiał pochodził z doświadczeń AR w Lublinie, Katedra Uprawy Roślin). Próbkę nasion, z każdego poziomu nawożenia, podzielono następnie na dwie części doprowadzając je do wilgotności 12 i 20% (każda próbka w 3 powtórzeniach). Próbki ziarna każdej kombinacji (odmiana, nawożenie, wilgotność) umieszczone były w odpowiednich pojemnikach lateksowych w ilości po 2,5 kg (Rys.1).

Żądaną wilgotność masy ziarnowej uzyskiwano poprzez dodanie określonej ilości wody do partii 10 kg ziarna. Natychmiast po dodaniu wody próbki mieszano w mieszarce bębnowej w ciągu 2 godzin, a następnie umieszczono w plastikowych szczelnie zamkniętych torbach przez 48 godzin w celu równomiernego rozkładu wilgoci. Wilgotność każdej partii nasion określano przy pomocy suszarki firmy Brabender.

Pojemniki umieszczono w komorach pozwalających symulować warunki przechowywania (naprężeń między ziarniakami) odpowiadające silosom przemysłowym. Czynnikiem obciążającym było sprężone powietrze wtłaczane do komór ciśnieniowych do wartości 300 kPa. W komorach ciśnieniowych, w których przechowywano próbki utrzymywano temperaturę 30°C. W takich warunkach ziarno przechowywano przez 126 dni.



**Rys. 1.** Schemat stanowiska badawczego: 1- płaszcz lateksowy; 2- ścianka zbiornika, 3- siatka, 4 - tkanina przepuszczająca gaz, 5 - ziarna pszenicy, 6 - głowica zamykająca ziarna w powłoce lateksowej, 7 - dren łączący ziarna z atmosferą zewnętrzną komory,  $P$  - ciśnienie oddziaływujące na ziarna.

**Fig. 1.** Measurement stands scheme: 1 - latex container, 2 - pressure vessel, 3 - net, 4 - viscose fabric, 5 - wheat grain, 6 - head, 7 - pipe connecting seed sample with atmosphere outside chamber,  $P$  - pressure acting on grain.

Gęstość właściwą ziarna mierzono metodą piknometryczną. Objętość próbki ziaren, otoczonych powłoką lateksową, zmierzono na podstawie ilości wody wypartej z naczynia po jej zanurzeniu. Gęstość badanej próbki ziarna obliczano przez podzielenie masy próbki przez jej objętość. Porowatość obliczono ze wzoru:

$$P = \left( 1 - \frac{\rho_p}{\rho_z} \right) \cdot 100 \% \quad (1)$$

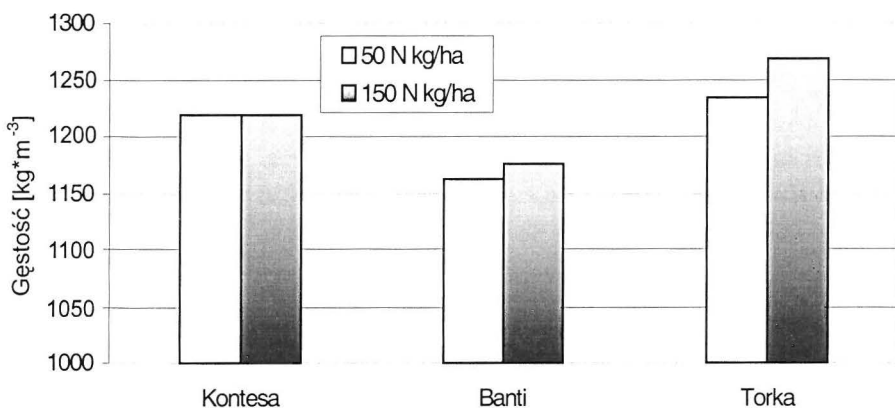
gdzie:  $\rho_p$  - gęstość przechowywanej próbki wywołana naciągnięciem gumy lateksowej,  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$

$\rho_z$  - gęstość właściwa ziarna,  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$

$P$  - porowatość, %

## WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań gęstości ziaren pszenicy w stanie powietrzno-suchym przedstawiono na Rys. 2. Widoczne są różnice odmianowe; ziarna pszenicy odmiany Banti mają najniższą gęstość, zaś ziarniaki odmiany Torka - najwyższą. Sporządzone diagramy wykazują, że oprócz cech odmianowych również wielkość nawożenia ma wpływ na gęstość ziarniaków. Dotyczy to w szczególności pszenicy odmiany Banti i Torka. Większa dawka nawożenia spowodowała wzrost gęstości ziaren. Na gęstość ziarniaków pszenicy Kontesa dawka nawożenia nie miała większego wpływu.



Rys. 2. Gęstość właściwa powietrznie suchego ziarna pszenicy.

Fig. 2. Specific density of air-dried wheat grain.

Większa gęstość ziaren jest cechą wskazującą, że ich zbiór nastąpił w okresie najlepszej dojrzałości fizjologicznej, czyli dojrzałości pełnej. Właściwość ta charakteryzuje również jakość konsumpcyjną nasion. Szkliste ziarna pszenicy posiadają większą gęstość niż mączystej [10].

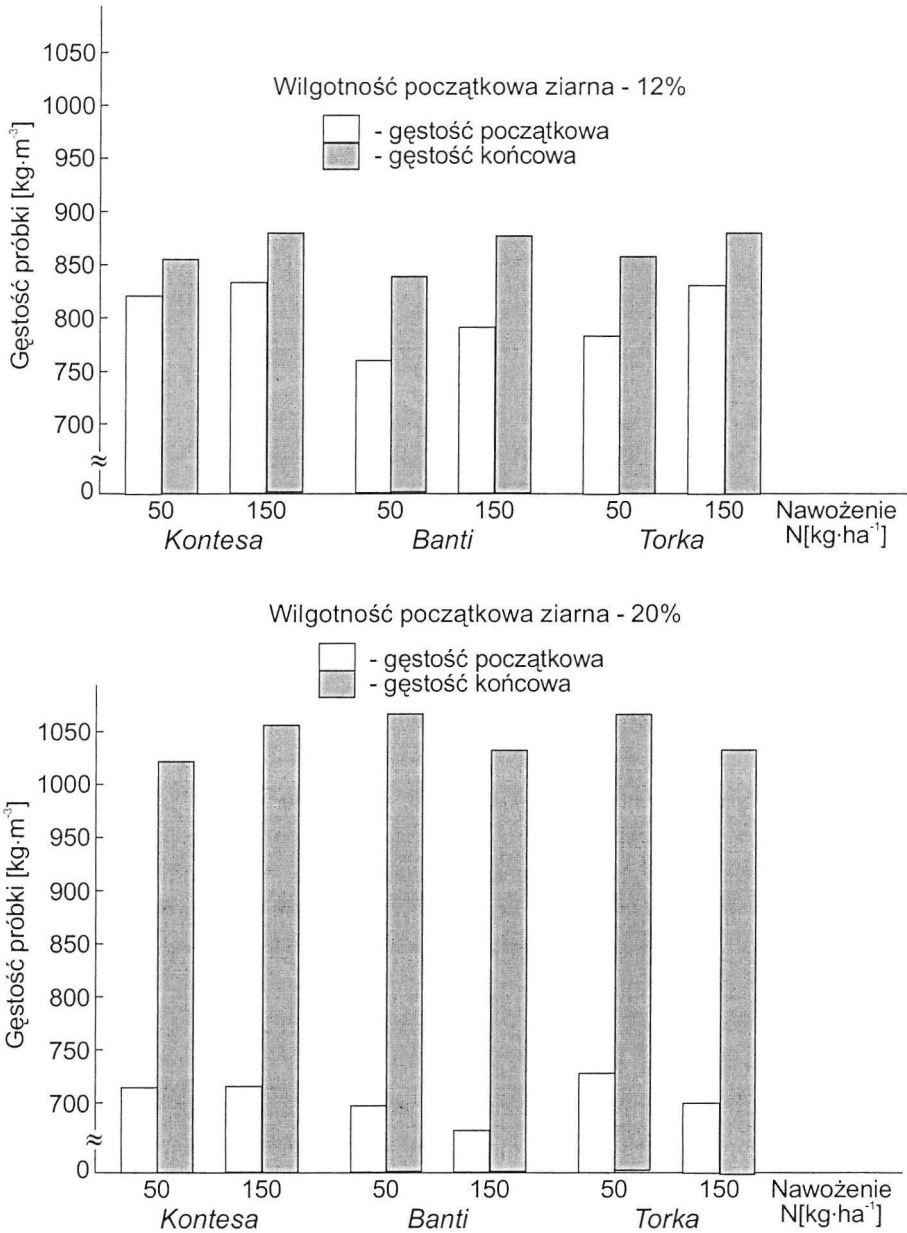
Ziarna pszenicy poddane procesowi przechowywania w warunkach symulujących silosy przemysłowe ulegały odkształceniu pod wpływem ciśnienia, które panowało w komorze. Na wartość tych odkształceń, ocenianych porowatością i gęstością próbki, ma wpływ:

- wzajemne przemieszczenie ziaren połączone ze zmianą ich orientacji,
- odkształcenie sprężyste ziarniaków,

- odkształcenie lepkosprężyste, czyli trwałe odkształcenie objętościowe próbki, uzależnione głównie od podatności na pęczanie ziarniaków w wyniku istniejących naprężeń.

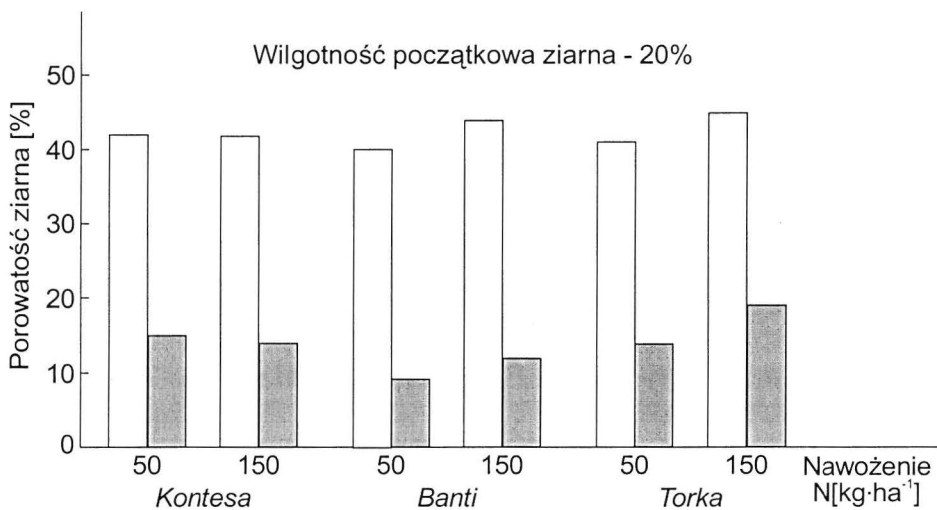
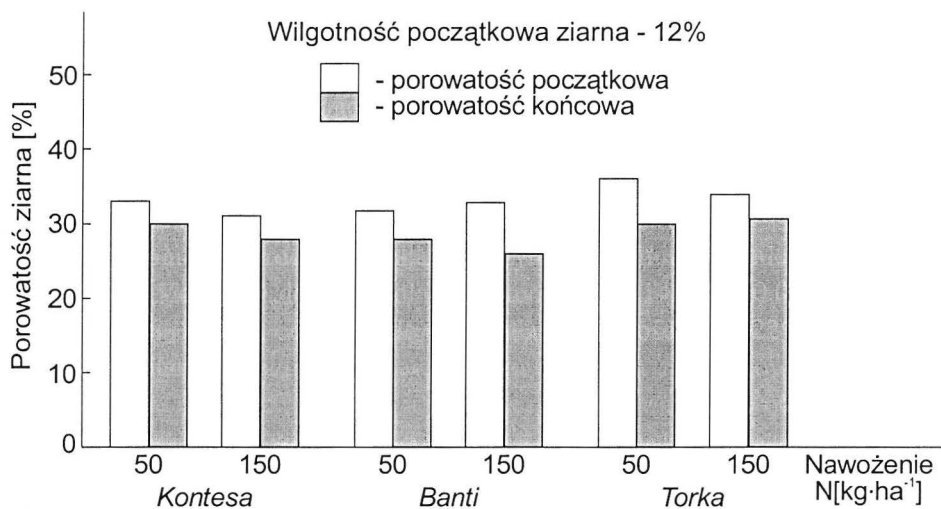
Gęstość i porowatość masy ziarna jest uzależniona od zawartości wody – im wilgotniejsze ziarno, tym mniejsza gęstość i większa porowatość swobodnie usypanej warstwy [1,10,12]. Dlatego wartości początkowe gęstości i porowatości wykazują różnice dla wilgotności ziaren 12 i 20 % (Rys. 3, 4). Wilgotność ziarna decyduje jednak o wielkości i charakterze trwałych odkształceń ziaren. Kilku-procentowy wzrost wilgotności ziarna powoduje zarówno wzrost całkowitego odkształcenia, jak również wzrost udziału trwałego odkształcenia zależnego od czasu [2,6]. Zagęszczanie próbki ziarna mniej wilgotnego (12%) jest wynikiem niewielkich odkształceń poszczególnych ziaren oraz ich względnych przesunięć. Posiadają one korzystniejsze właściwości mechaniczne i przy istniejących naprężeniach, wynikających z zadanego ciśnienia w komorze, wykazują znikomą odkształcalność, a więc zagęszczenie, w tym przypadku, jest głównie skutkiem przemieszczenia. Stąd też dla pszenicy o takiej wilgotności nastąpił mniejszy wzrost gęstości i mniejszy spadek porowatości (Rys. 3, 4). Ziarniaki pozyskane z poletek o większej dawce nawożenia ulegały większemu zagęszczeniu od ziarniaków pozyskiwanych z poletek o mniejszym nawożeniu. Dotyczyło to wszystkich badanych odmian pszenicy, a różnice w zmianie gęstości dochodziły do 4% (Rys. 3). Spadek porowatości również był większy u większości ziarniaków pozyskanych z poletek o większym nawożeniu (Rys. 4). Jedynie u ziarniaków pszenicy odmiany Torka wielkość nawożenia nie wpłynęła różnicująco na zmianę porowatości. Nieco odmiennie od ziarna o mniejszej wilgotności, zachowują się ziarna o wilgotności (20%) w analogicznych warunkach przechowywania. Wykazują one o wiele większe zagęszczenie. Z powodu dużej zawartości wody poszczególne ziarna zachowują się jak materiał lepkosprężysty. Dla ośrodka o większej wilgotności należy uwzględnić wszystkie wymienione mechanizmy odkształceń.

Po 126 dniach przechowywania nastąpił wyraźny, kilkakrotny wzrost gęstości i spadek porowatości ziarna (Rys. 3, 4). Mniejsze zróżnicowanie gęstości i porowatości ośrodka wynikało z zastosowanej dawki nawozów azotowych. Ziarno pszenicy Banti i Torka o zwiększonej dawce nawożenia miały mniejszy przyrost gęstości i większą porowatość od ziarna o mniejszej dawce nawożenia. Wielkość dawki nawożenia pszenicy Kontesa wpływała akurat odwrotnie na wzrost gęstości i spadek porowatości od pozostałego ziarna badanych odmian.



**Rys. 3.** Gęstość przechowywanych próbek ziarna pszenicy o dwóch poziomach wilgotności i zróżnicowanej dawce nawożenia.

**Fig. 3.** Bulk density of stored wheat samples for different levels of moisture content and levels of N – fertilization.



**Rys. 4.** Porowatość przechowywanych próbek ziarna pszenicy o dwóch poziomach wilgotności i zróżnicowanej dawce nawożenia.

**Fig. 4.** Porosity of stored wheat samples for different levels of moisture content and levels of N – fertilization.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Intensyfikacja produkcji rolniczej wymusza na konstruktorach projektowania i budowania magazynów zbożowych o coraz większej objętości. Przechowywany w nich surowiec ma być dobrej jakości. Niektórzy eksperci dowodzą jednak, że straty jakościowe ziarna powstałe na skutek złego przechowywania mogą wynosić nawet 60% masy zbieranego ziarna [8]. Zapobiec temu można m.in. poprzez wcześniejsze zbadanie zachowania się danego surowca w modelowych warunkach przechowywania.

Badania wykazały, że tak ważne cechy jak gęstość i porowatość materiału, w dłuższym okresie przechowywania, ulegają dość istotnym zmianom. Oprócz warunków przechowywania i wilgotności dochodzą też inne czynniki zmieniające stan ośrodka, takie jak odmiana czy poziom nawożenia.

Przeprowadzone badania mają charakter metodyczny i ograniczają się do trzech odmian pszenicy i skrajnych poziomów nawożenia.

Na podstawie przeprowadzonych badań wysunięto następujące wnioski:

1. Wilgotność przechowywanego ziarna ma decydujący wpływ na jego gęstość.
2. Wzrost wilgotności ziarna z 12 do 20% spowodował u niektórych odmian pszenicy spadek porowatości ośrodka o 70%.
3. Cechy odmianowe oraz dawki nawożenia różnicują zachowanie się przechowywanego ziarna względem badanych cech. Wzrost dawki nawozów spowodował wzrost gęstości u wszystkich przechowywanych próbek o wilgotności początkowej ziarna 12%.

## PIŚMIENNICTWO

1. **Bulsiewicz T., Matzke W., Smarzyński E., Świątek H.:** Magazynowanie ziarna zbóż nasion strączkowych i oleistych. WNT. Warszawa, 1975.
2. **Grundas S., Horabik J.:** Wpływ wilgotności na lepkosprężyste właściwości zboża. Biofizyka WSR-P, Siedlce, 299-316, 1980.
3. **Horabik J.:** Charakterystyka właściwości fizycznych roślinnych materiałów sypkich istotnych w procesach składowania. *Acta Agrophysica*, 54, 2001.
4. **Jayas D.S., Sokhansanj S., Sosulski F. W.:** Resistance of bulk canola seed to airflow in the presence of foreign material. *Can. Agric. Eng.*, 33, 47- 54, 1990.
5. **Jayas D. S., Sokhansanj S., White N. D. G.:** Bulk density and porosity of two canola species. *Trans. ASAE*, 32(1), 291-294, 1989.
6. **Molenda M., Horabik J., Grochowicz M., Szot B.:** Tarcie ziarna pszenicy. *Acta Agrophysica*, 4, 1995.



7. **Muir W.E., Sinha R.N.:** Physical properties of cereal and oilseed cultivars grown in western Canada. *Can. Agric. Eng.*, 30, 51-55, 1988.
8. **Praca zbiorowa:** Efektywne metody produkcji i zagospodarowania zbóż. Poradnik PZPRZ, Warszawa, 2000.
9. **Szwed G.:** Wpływ czasu przechowywania na zmianę oporu przepływu powietrza przez warstwę nasion rzepaku. *Acta Agrophysica*, 37, 225 - 235, 2000.
10. **Tomczyk St.:** Magazynowanie ziarna zbóż i innych nasion. PWR i L, 1970.
11. **Tys J., Szwed G., Dąbek-Szreniawska M.:** Wpływ nawożenia azotowego na jakość składowanej pszenicy. *Inżynieria Rolnicza*, 13, 496-501, 2001.
12. **Woźniak W.:** Wpływ wilgotności na zmienność porowatości warstwy ziarna zbóż. *Biofizyka, WSR-P, Siedlce*, 281-298, 1990.

EFFECT OF FERTILIZATION AND STORAGE CONDITIONS  
ON THE VARIABILITY OF WHEAT GRAIN BULK DENSITY  
AND POROSITY

*G. Szwed, J. Tys*

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20- 290 Lublin 27

Abstract. This work shows the results of wheat grain properties examination in storage conditions. The experiments were conducted in laboratory conditions simulation in industrial silos. The stored samples were divided by variety, moisture content and level of artificial fertilization. It was noted that the storage conditions and the level of fertilization influence the density and porosity of the stored layer of wheat grain.

Key words: wheat, storage, fertilization, physical characteristic of grain.