

WPLYW NAWOŻENIA AZOTEM I PRĘDKOŚCI ŚCISKANIA  
NA EMISJĘ AKUSTYCZNĄ ZIARNA  
WYBRANYCH ODMIAN PSZENICY JAREJ\*

*Ewa Gondek, Ewa Jakubczyk, Aleksandra Sułek, Grażyna Cacak-Pietrzak*

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
Wydział Nauk o Żywności, SSGW  
ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa  
e-mail:ewa\_gondek@sggw.pl

**Streszczenie.** Celem pracy była analiza emisji akustycznej ziarna trzech odmian pszenicy jarej uzyskanego z uprawy z zastosowaniem zróżnicowanego nawożenia azotem. Ziarno badano metodą kontaktową z użyciem sensora piezoelektrycznego typu 4381V firmy Bruel&Kjaer. Wyznaczono aktywność wody, zawartość popiołu i białka ogółem, wydajność glutenu oraz wybrane deskryptory emisji akustycznej, przy różnej prędkości zgniatania ziarniaków. Stwierdzono, że prędkość niszczenia wpływała na liczbę zdarzeń i całkowitą energię EA. W przypadku odmian Bryza i Zadra wraz ze wzrostem zawartości białka ogółem w ziarnie obserwowano spadek energii dźwięku w paśmie 1-5 kHz, wzrost współczynnika nachylenia charakterystyki mocy i spadek liczby zdarzeń emisji akustycznej.

**Słowa kluczowe:** emisja akustyczna, pszenica jara, białko

#### WSTĘP

Producenci przetworów zbożowych mają ściśle określone wymagania względem surowca, których spełnienie jest warunkiem koniecznym uzyskania produktu o dobrej jakości. Jakość ziarna pszenicy w dużym stopniu zależy od cech genetycznych (odmiany), a także od warunków siedliskowych (typu gleby, pogody, stosowanych zabiegów agrotechnicznych) oraz warunków zbioru, transportu i przechowywania (Geodecki i Grundas 1998, Praca zbiorowa 2004). Spośród czynników agrotechnicznych szczególną rolę przypisuje się nawożeniu azotem, które wpływa na ilość i jakość białka w ziarnie. Wielu autorów podkreśla, że białko stanowi podstawowe kryterium oceny wartości wypiekowej pszenicy.

---

\*Praca finansowana w ramach grantu nr N 312158834 MNiSW w latach 2008-2010.

Standardowa ocena jakości ziarna pszenicy obejmuje ocenę właściwości przemiałowych (wilgotność, szklistość, celność i wyrównanie, gęstość w stanie usypowym, zawartość zanieczyszczeń i popiołu) oraz właściwości wypiekowych (zawartość białka ogółem, ilość i jakość glutenu, liczba sedymentacji i opadania). W większości są to metody dość pracochłonne, niewygodne do rutynowych badań, które powinny być jednak przeprowadzone w warunkach skupu (Geodecki i Grundas 1998, Praca zbiorowa 2004). Wydaje się, że istnieje potrzeba poszukiwania, nowych, szybkich i wygodnych metod badawczych przydatnych do oceny jakościowej ziarna pszenicy.

W ostatnich latach nastąpił wzrost zainteresowania metodami akustycznymi. Są one stosowane zarówno do oceny tekstury gotowych produktów spożywczych (Marzec i in. 2005, Ranachowski i in. 2005), jak również do badania plodów rolnych (Zdunek i Konstankiewicz 2001, Zdunek i Ranachowski 2006). Hickling i Wei (1995) zastosowali technikę pomiaru transmisji dźwięku do wykrywania insektów w masie zbożowej. Stasiak i in. (2002) na podstawie pomiaru szybkości fali dźwiękowej obliczali moduł sprężystości złoża nasion rzepaku. Marzec i in. (2008) podjęli próbę zastosowania metody kontaktowej pomiaru EA do badania ziarna pszenicy, Gondek i in. (2009) analizowali wpływ cech odmianowych oraz warunków prowadzenia doświadczenia na takie deskryptory emisji akustycznej jak: energia (całkowita i średnia energia pojedynczego zdarzenia), liczba zdarzeń, amplituda i czas trwania impulsu. W dwóch ostatnich pracach wykorzystano kontaktową metodę pomiaru emisji akustycznej, w której dźwięk rejestrowany jest za pomocą sensora piezoelektrycznego przytwierdzonego do narzędzia obciążającego materiał. Wykazano, że ziarno zbóż nadaje się do badania tą techniką, jest materiałem twardym o niskiej odkształcalności, który podczas pęknięcia emituje słyszalny dźwięk (Marzec i in. 2008, Gondek i in. 2009). W niniejszej pracy podjęto próbę ustalenia, czy zmiany w zawartości białka ogółem spowodowane zastosowaniem w uprawie zróżnicowanego nawożenia azotem wpływają na deskryptory EA towarzyszące zgniataniu ziarna.

## MATERIAŁ I METODY

### **Materiał badawczy**

Obiektem badań było ziarno trzech odmian pszenicy jarej: Bryza, Cytra i Zadra pochodzące z doświadczenia polowego prowadzonego w roku 2007 w Stacji Doświadczalnej Osiny, należącej do Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach. Badania polowe prowadzono metodą podbloków losowanych w trzech powtórzeniach na glebie zalicza-

nej do kompleksu pszennego dobrego. Przed siewem zastosowano nawożenie fosforem ( $55 \text{ kg P}_2\text{O}_5\cdot\text{ha}^{-1}$ ) oraz potasem ( $78 \text{ kg K}_2\text{O}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Azot podawano w postaci saletry amonowej  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (34%). Zastosowano następujące dawki azotu:  $\text{N}_0$ : 0 bez azotu (próba kontrolna),  $\text{N}_2$ :  $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $\text{N}_3$ :  $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $\text{N}_4$ :  $180 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $\text{N}_5$ :  $240 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Nawóz azotowy aplikowano w trzech równych dawkach: przed siewem, w fazie strzelania w źdźbło i w fazie kłoszenia.

### Właściwości fizyczne i chemiczne ziarna

Zmierzono aktywność wody w aparacie Rotronic-Hygroscop DT, wyznaczono szklistość i mączystość ziarna (PN-70/R-74008), zawartość popiołu całkowitego (PN-ISO 2171:1994), zawartość białka ogółem metodą Kjeldahla ( $\text{Nx5,83}$ ) (PN-75/A-04018) oraz ilość glutenu w systemie Glutomatic (PN-93/A-74042/03).

### Właściwości akustyczne ziarna

Pojedyncze ziarna układano bruzdką w dół na dolnej, nieruchomej płycie maszyny wytrzymałościowej Zwick 1445 (Zwick GmbH) i ściskano do stałej odległości między płytami wynoszącej 1 mm, ze stałą prędkością z zakresu: 10, 20, 30 i  $40 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ . Aparatura pomiarowa EA składała się z akcelerometru piezoelektrycznego typu 4381V firmy Bruel&Kjaer, zamontowanego między głowicą maszyny wytrzymałościowej a elementem obciążającym próbkę. Sygnał emisji akustycznej wzmacniano w liniowym wzmacniaczu niskoszumowym. Emisję akustyczną towarzyszącą zgniataniu ziarna rejestrowano za pomocą karty przetwarzania analogowo-cyfrowego firmy Adlink (typ 9112, częstość próbkowania  $44,1 \text{ kHz}$ ). Rejestrowany sygnał EA zawierał się w paśmie częstotliwości od 0,1 do  $15 \text{ kHz}$ . Wykonano po 20 powtórzeń dla każdego rodzaju materiału.

Obliczenia przeprowadzono przy użyciu programów: TableCurve 2D v3, oraz programów do analizy dźwięku (Ranachowski 2009): Widmo\_i\_wspnachyl., Calculate\_01ms\_44, Akustogr44\_60 s.

Obliczono: Energię sygnału akustycznego, j.u.(jednostki umowne):

$$E = \sum_{m=1}^N V (m \cdot \tau_1) \quad (1)$$

gdzie:  $V(\tau)$  – przebieg czasowy sygnału,  $(m \tau_1)$  – zbiór próbek amplitud zarejestrowanych przez sensor,  $m$  – zmienna reprezentująca bieżący numer próbki,  $N$  – liczba próbek sygnału,  $\tau_1$  – odstęp czasu między pomiarami wynoszący  $22 \mu\text{s}$ .

Współczynnik nachylenia charakterystyki widmowej ( $\beta$ ):

$$\beta = \frac{\sum_{n=2}^{n=12} c_n}{\sum_{n=2}^{n=14} c_n} \quad (2)$$

gdzie:  $c_n$  – gęstość widma obliczona na podstawie dyskretnej transformaty Fouriera.

Wnioskowanie statystyczne prowadzono przy poziomie istotności  $\alpha = 5\%$ , wykorzystano program statystyczny Statgraphics Plus 4.1, stosowano test Tukeya.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Nawożenie azotem wpłynęło korzystnie na szklistość oraz zawartość substancji białkowych w ziarnie pszenicy. Zarówno ogólna zawartość białka jak i ilość glutenu wymytego z ziarna wzrastały wraz ze wzrostem dawki azotu, przy czym za optymalną z punktu widzenia ilości substancji białkowych uznano dawkę w wysokości  $180 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Powyżej tej dawki nie obserwowano istotnego statystycznie przyrostu ilości substancji białkowych (tab. 1).

Przykładowe charakterystyki widmowe ziarna badanych odmian pszenicy przedstawiono na rysunku 1, wyznaczone w ramach pracy deskryptory dźwięku zebrano w tabeli 2. Uzyskane charakterystyki widmowe cechowały się występowaniem trzech pasm częstotliwości, na które przypadła zwiększona energia EA w zakresach 1-3 kHz, 5-6 kHz i 12-13 kHz (uśrednione charakterystyki z odchyleniami standardowymi przedstawiono na rysunku 2). Dźwięki o częstotliwościach niskich, do 1 kHz, nie były brane pod uwagę, gdyż w tym przedziale zawierało się tzw. tło akustyczne (głównie wibracje wynikające z pracy maszyny wytrzymałościowej). W charakterystykach tych dominowały dźwięki niskie o częstotliwościach z zakresu 1-3 kHz. Podobnie Marzec i in. (2008) stwierdzili, że trzy z czterech badanych odmian pszenicy generowały głównie dźwięki o niskich częstotliwościach, jedynie ziarno pszenicy jarej odmiany Jasna cechowało się występowaniem maksimum w zakresie 12-13 kHz. W badaniach (Gondek i in. 2009) widma ziarna czterech odmian pszenicy ozimej (Turnia, Mewa, Bogatka, Finezja) cechowały się występowaniem trzech maksimum energii przypadających na podobne zakresy częstotliwości, przy czym wyraźnie dominowały dźwięki o skrajnych częstotliwościach. Dźwięki o częstotliwościach niskich dominowały w charakterystykach widmowych wielu produktów kruchych i chrupkich pochodzenia zbożowego, takich jak np. płatki zbożowe (Lewicki i in. 2003, Gondek i in. 2009), pieczywo chrupkie (Marzec i in. 2005), krakersy (Marzec i in. 2006) oraz chipsy ziemniaczane (Gondek i Marzec 2009).

**Tabela 1.** Właściwości fizyczne i chemiczne ziarna badanych odmian pszenicy w zależności od zastosowanej dawki azotu  
**Table 1.** Physical and chemical properties of the investigated varieties of wheat grain at different nitrogen doses

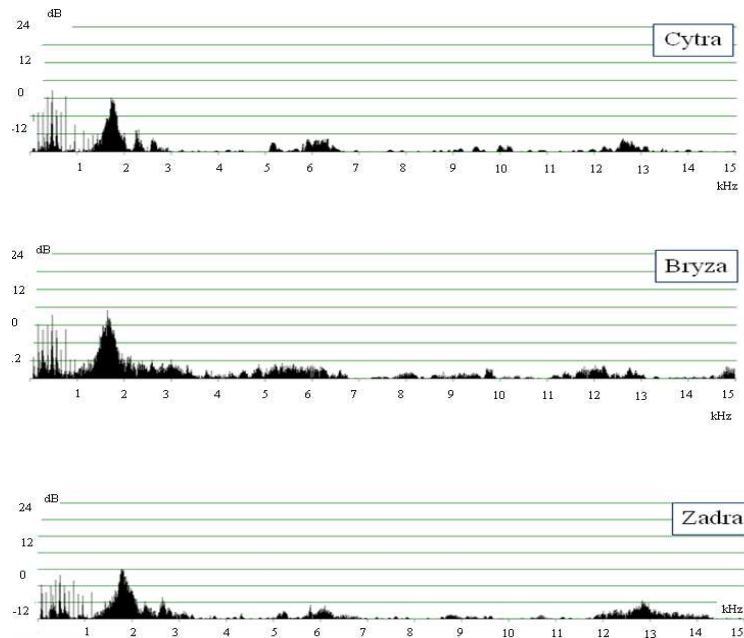
Odmiana Variety	Dawka azotu Nitrogen dose (kg·ha <sup>-1</sup> )	Aktywność wody Water activity	Szklistość Glassiness (%)	Popiół (% s.m.) Ash (% d.m.)	Zawartość białka ogółem (% s.m.) Total protein (% d.m.)	Ilość glutenu Gluten content (%)
Bryza	0	0,442a	89a	1,84a	13,91a	31,6a
	60	0,444a	92ab	2,02b	15,28b	36,9b
	120	0,436ab	96ab	2,09b	16,99c	44,9c
	180	0,439ab	97ab	2,06b	17,56 cd	47,8d
	240	0,435ab	98b	2,02b	17,90d	46,3d
Cytra	0	0,446a	88a	2,09a	13,81a	29,8a
	60	0,448a	91ab	1,95b	15,33ab	34,3b
	120	0,451a	94ab	2,12a	16,70bc	36,4c
	180	0,438ab	96ab	2,11a	17,67c	41,1d
	240	0,445a	98b	2,13a	17,96c	40,8d
Zadra	0	0,443a	86a	2,03a	13,40a	31,3a
	60	0,444a	87ab	1,99a	14,36ab	33,2b
	120	0,440a	93abc	2,05a	15,79b	39,1c
	180	0,448a	94bc	2,05a	16,13bc	40,1d
	240	0,439ab	98c	2,08a	16,64c	40,9d

a,b,c,d – grupy jednorodne w obrębie odmiany – a,b,c,d – homogeneous groups for the same variety.

**Tabela 2.** Wybrane deskryptory EA ziarna badanych odmian pszenicy w zależności od dawki azotu  
**Table 2.** Selected acoustic descriptors of the investigated varieties of wheat grain at different nitrogen doses

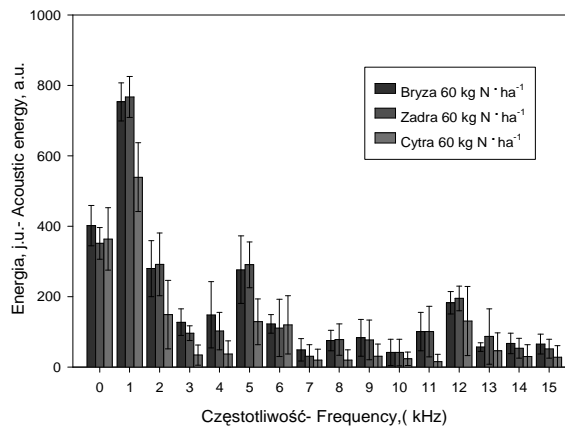
Odmiana Variety	Dawka azotu Nitrogen dose (kg·ha <sup>-1</sup> )	Średnia energia pojedynczego zdarzenia EA (mV) Average energy of single acoustic event (mV)	Całkowita energia EA (j.u.) Total acoustic energy (a.u.)	Energia w paśmie 1-5 kHz (j.u.) Acoustic energy in range of 1-5 kHz (a.u.)	Współczynnik nachylenia charakterystyki mocy Power partition slope, $\beta$	Liczba zdarzeń EA Number of acoustic events (s <sup>-1</sup> )
Bryza	0	473,6a	2856,7a	326,5a	0,23a	510,9a
	60	475,2a	3026,4a	276,3ab	0,18a	526,4a
	120	471,0a	2748,5a	282,3b	0,21a	442,0ab
	180	469,0a	2649,9ab	253,2c	0,19a	411,5b
	240	457,8a	2375,9b	222,2d	0,16a	359,8c
Cytra	0	410,0a	2112,4a	163,5a	0,21a	286,8a
	60	414,8a	1817,7ab	161,0a	0,16a	256,2a
	120	421,7a	2376,8a	163,2a	0,23a	289,8a
	180	431,9a	2216,1a	155,3ab	0,22a	253,0ab
	240	423,6a	2232,0a	163,2a	0,19a	242,5b
Zadra	0	480,0a	2702,9a	298,3a	0,15a	466,3a
	60	493,1a	2957,3a	295,6a	0,19a	513,5a
	120	502,2a	3472,3a	259,3b	0,21a	528,8a
	180	496,2a	2573,0a	271,1ab	0,23a	401,3ab
	240	514,8a	2358,7a	200,3c	0,24a	345,0b

Objaśnienia jak w tabeli 1 – Explanations, see Table 1.



**Rys. 1.** Charakterystyki widmowe ziarna badanych odmian pszenicy (oś pozioma – częstotliwość dźwięku (kHz), oś pionowa – natężenie dźwięku (dB))

**Fig. 1.** Acoustic emission signal spectral characteristics of the investigated varieties of wheat grain (horizontal axis – frequency (kHz), vertical axis – sound intensity (dB))



**Rys. 2.** Charakterystyki widmowe ziarna badanych odmian pszenicy (na wykresie podano wartości średnie wraz z odchyleniami standardowymi)

**Fig. 2.** Spectral characteristics of the investigated varieties of wheat grain (average with standard deviation bars)

Widma ziarna odmian Bryza i Zadra nie różniły się istotnie statystycznie, widmo ziarna odmiany Cytra wyraźnie od nich odbiegało prawie w całym zakresie rejestrowanych częstotliwości. Ziarno odmiany Cytra cechowało się też niższą niż dla pozostałych odmian całkowitą energią sygnału EA (średnio 2134 j.u.) i istotnie statystycznie niższą niż u pozostałych odmian pszenicy liczbą zdarzeń EA (tab. 2). Średnia energia pojedynczego zdarzenia EA ziarna odmian Bryza i Zadra nie różniła się istotnie (i wynosiła średnio 475 j.u.), podobnie jak liczba zdarzeń EA (średnio 520 s<sup>-1</sup>) (porównanie dotyczy próbek kontrolnych).

Według Marzec i in. (2008) jare odmiany pszenicy cechowała wyższa niż ozime energia dźwięku i liczba zdarzeń EA.

Ze wzrostem prędkości niszczenia ziarna wzrastała amplituda emitowanego dźwięku. Charakterystyki amplitudowo-czasowe uzyskane przy różnych prędkościach niszczenia przedstawiono na rysunku 3. Ze wzrostem prędkości zgniatania ziarna rosła również liczba zdarzeń EA oraz całkowita energia emitowanego dźwięku (tab. 3). Podobne zależności wystąpiły podczas badania pszenicy ozimej (Gondek i in. 2009), co wynikało z faktu, że źródłem zdarzeń EA były pęknięcia poszczególnych elementów strukturalnych badanego materiału jeśli pęknięcia następowały po sobie szybciej wzrastała liczba zdarzeń EA, a jednocześnie ich jednostkowa energia.

**Tabela 3.** Deskryptory EA ziarna pszenicy odmiany Bryza przy różnych prędkościach zgniatania  
**Table 3.** Descriptors of AE of grain of wheat cv. Bryza at different compression speeds

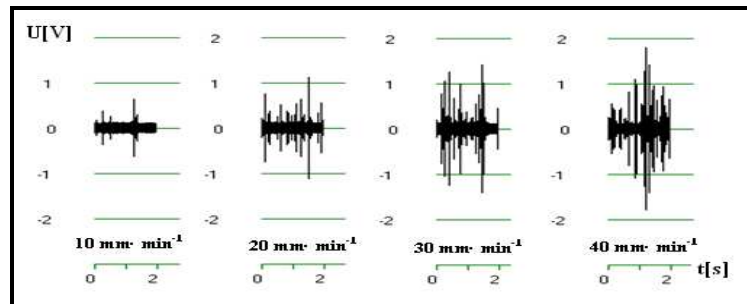
Prędkość ściskania Compression speed	10 mm·min <sup>-1</sup>	20 mm·min <sup>-1</sup>	30 mm·min <sup>-1</sup>	40 mm·min <sup>-1</sup>
Liczba zdarzeń EA Number of acoustic events (s <sup>-1</sup> )	171,6 a	442,0 b	637,5c	678,8 c
Średnia energia pojedynczego zdarzenia EA Average energy of single acoustic event (mV)	471,5 a	470,0 a	475,2 a	504,7 ab

Objaśnienia jak w tabeli 1 – Explanations, see Table 1.

Ze wzrostem prędkości niszczenia ziarna pszenicy znacząco rosła energia dźwięku o niskich częstotliwościach (z zakresu 1-4 kHz) (rys. 4), co powodowało spadek współczynnika  $\beta$  (od 0,32 do 0,012 przy skrajnych prędkościach niszczenia). Na rysunku 5 przedstawiono uśrednione charakterystyki widmowe ziarna pszenicy odmiany Bryza uprawianego w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. Całkowita energia emisji akustycznej ziarna tej odmiany nie różniła się istotnie statystycznie w zależności od dawki azotu. W przypadku odmian Bryza

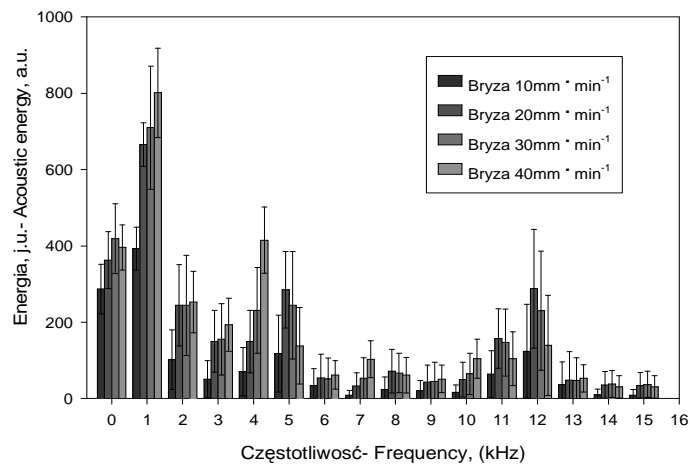


i Zadra zwiększenie poziomu nawożenia azotem spowodowało spadek energii dźwięku o niskich częstotliwościach. Jednocześnie w ziarnie nastąpiło zwiększenie ogólnej zawartości białka. Energia EA przypadająca na zakres 1-5 kHz malała ze wzrostem zawartości białka ogółem w ziarnie. W przypadku odmiany Cytra nie zaobserwowano takiej prawidłowości, co mogło być spowodowane dużym rozrzutem uzyskiwanych wyników. Konieczne więc wydaje się, zweryfikowanie



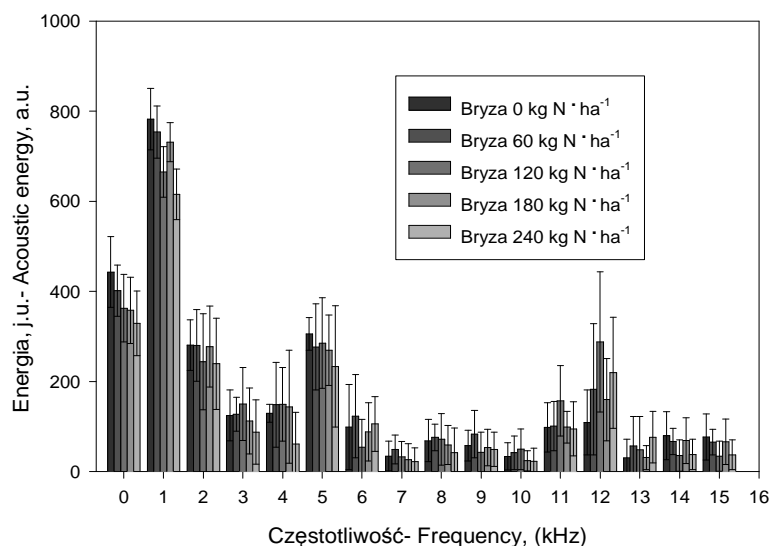
**Rys. 3.** Charakterystyki amplitudowo-czasowe EA ziarna pszenicy odmiany Bryza przy różnych prędkościach ściskania

**Fig. 3** Amplitude-time characteristics of AE of grain wheat cv. Bryza at different compression speeds



**Rys. 4.** Charakterystyka widmowa ziarna pszenicy odmiany Bryza w zależności od prędkości ściskania (na wykresie podano wartości średnie wraz z odchyleniami standardowymi)

**Fig. 4.** Spectral characteristics of grain of wheat cv. Bryza at different compression speed (average with standard deviation).



**Rys. 5.** Charakterystyka widmowa ziarna pszenicy odmiany Bryza w zależności od dawki azotu (na wykresie podano wartości średnie wraz z odchyleniami standardowymi)

**Fig. 5.** Spectral characteristics of grain of wheat cv. Bryza at different nitrogen doses (average with standard deviation)

tej obserwacji za pomocą innego urządzenia pomiarowego, o węższym zakresie rejestrowanych częstotliwości, ale o wyższej czułości. Pozwoliłoby to na szczegółową analizę tego zakresu częstotliwości, w którym wstępnie zaobserwowano zmiany. Pomimo zmniejszenia się energii EA w niskich częstotliwościach współczynniki nachylenia widma, które dla wszystkich badanych odmian pszenicy i poziomów nawożenia przyjmowały wartości poniżej 1 nie różniły się istotnie statystycznie. Liczba zdarzeń EA ziarna pszenicy odmian Bryza i Zadra nawożonej niskimi dawkami azotu (do  $120 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) nie zmieniała się istotnie statystycznie, a po przekroczeniu tego poziomu malała. Zmiany wartości niektórych deskryptorów EA ze wzrostem zawartości białka wynikają najprawdopodobniej ze zmian struktury wewnętrznej ziarna. Im większa zawartość białka tym bardziej zwarta matryca białkowa, a co za tym idzie inne warunki dla propagacji fali dźwiękowej. Zależność liczby zdarzeń EA od dawki azotu obliczona dla odmiany Cytra nie była istotna ze statystycznego punktu widzenia. Średnia energia zdarzenia EA, podobnie jak całkowita energia rejestrowanego dźwięku ziarna wszystkich badanych odmian pszenicy, nie zmieniała się istotnie statystycznie ze wzrostem poziomu nawożenia azotem.

Należy spodziewać się, że metoda EA, która jest uznawana za cenną technikę badania struktury materiałów kruchych, takich jak: beton, drewno, kompozyty pozwoli na rejestrację zmian struktury wewnętrznej ziarna zbóż spowodowaną wzrostem ogólnej zawartości białka. Z przeprowadzonych badań wynika, że konieczne jest przebadanie kolejnych odmian pszenicy oraz zwiększenie liczby prób ze względu na znaczny rozrzut wyników. Materiał badawczy powinien być w miarę możliwości wyrównany pod względem wymiarów, wskazane jest też, aby miał zbliżoną aktywność wody, gdyż wykazano, że ma ona bardzo duży wpływ na emisję akustyczną tak ziarna (Gondek i in. 2009), jak i produktów pochodzenia zbożowego (Marzec i in. 2005, Gondek i in. 2006).

#### WNIOSKI

1. Nawożenie azotem mineralnym wpłynęło korzystnie na szklistość ziarna oraz na ogólną zawartość białka i wydajność glutenu. Biorąc pod uwagę wartość technologiczną ziarna stwierdzono, że w przypadku badanych odmian pszenicy jarej optymalna dawka azotu wynosi  $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

2. Charakterystyki widmowe dźwięku emitowanego przez badane ziarno pszenicy, niezależnie od odmiany, cechowały się występowaniem trzech pasm częstotliwości o zwiększonej gęstości sygnału emisji akustycznej, które przypadały na zakresy 1-3 kHz, 5-6 kHz i 11-12 kHz.

3. Wzrost szybkości ściskania ziarna powodował wzrost liczby zdarzeń EA i wzrost energii dźwięku przypadającego na zakres częstotliwości 1-4 kHz, przy czym całkowita energia EA nie zmieniała się, podobnie jak średnia energia zdarzenia EA.

4. Wzrost zastosowanej w uprawie dawki azotu spowodował zmniejszenie liczby zdarzeń EA i spadek energii EA o niskich częstotliwościach w ziarnie dwóch badanych odmian pszenicy jarej.

#### PIŚMIENNICTWO

- Geodecki M., Grundas S., 1998. Ocena cech technologicznych pojedynczych ziarniaków pszenicy w zależności od ich położenia w kłosie. Biuletyn Zakładu Fizycznych Podstaw Oceny i Ulepszania Materiałów Roślinnych IA PAN w Lublinie, 2, 25-26.
- Gondek E., Lewicki P.P., Ranachowski Z., 2006. Influence of water activity on the acoustic properties of breakfast cereals. *Journal of Texture Studies*, 37 (5), 497-515.
- Gondek E., Jakubczyk E., Cacak-Pietrzak G., 2009. Właściwości akustyczne wybranych odmian pszenicy ozimej. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* (w druku).
- Gondek E., Marzec A., 2009. Właściwości mechaniczne i akustyczne chipsów ziemniaczanych. *Inżynieria Rolnicza*, 2 (111), 43-48.
- Hickling R., Wei W., 1995. Sound transmission in stored grain. *Applied Acoustics*, 45, 1-8.
- Lewicki, P.P., Gondek, E., Ranachowski Z., 2003. Influence of water activity on acoustic emission of breakfast cereals, In *Proceedings of the AMAS Course on Nondestructive Testing of Materials and Structures*

- II. Deputat, J. and Ranachowski, Z. Eds. Centre of Excellence for Advanced Materials and Structure. Warszawa, 2003, 93-109.
- Marzec A., Borowiec M., Lewicki P.P., 2005. Badanie tekstury pieczywa chrupkiego Wasa metodą emisji akustycznej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. Supl.*, 4(45), 75-84.
- Marzec A., Lewicki P.P., Jakubczyk E., 2006. Badanie jakości krakersów metodą emisji akustycznej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 13(1), supl., 67-72.
- Marzec A., Jakubczyk E., Cacak-Pietrzak G., 2008. Próba zastosowania metody emisji akustycznej do badania wybranych odmian pszenicy jarej i ozimej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(59), 161-167.
- PN-ISO 2171. 1994. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie popiołu całkowitego.
- PN-93/A-74042.03. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie glutenu mokrego za pomocą urządzeń mechanicznych. Mąka pszenna.
- PN-75/A-04018. Produkty rolno-żywnościowe. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
- PN-70/R-74008. Ziarno zbóż. Oznaczanie szklistości.
- Praca zbiorowa, 2004. Pszenica, chemia i technologia. red. H. Gąsiorowski, PWRiL, Poznań.
- Ranachowski Z., 2009. Opis oprogramowania do rejestracji i analizy sygnałów EA generowanych w trakcie badania próbek żywności- instrukcja. Dostępne w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji.
- Ranachowski Z., Gondek E., Lewicki P.P., Marzec A., 2005. Investigation of acoustic properties of compressed wheat bran flakes. *Archives of Acoustics*, 30 (2), 255-265.
- Stasiak M., Molenda M., Lipiński M.J., 2002. Możliwość zastosowania pomiaru prędkości fal akustycznych do wyznaczania parametrów sprężystości materiałów sypkich. *Acta Scientiarum Polonorum, Technica Agraria* 1(2), 89-93.
- Zdunek A., Konstankiewicz K., 2001. Emisja akustyczna w badaniach procesów pękania tkanek roślinnych. *Acta Agrophysica*, 55, 1-102.
- Zdunek A., Ranachowski Z., 2006. Acoustic emission in puncture test of apples during shelf-life. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 9(4). Agricultural Engineering, [www.ejpau.media.pl](http://www.ejpau.media.pl).

## INFLUENCE OF DIFFERENT NITROGEN FERTILIZATION AND SPEED OF COMPRESSION ON SELECTED ACOUSTIC EMISSION DESCRIPTORS OF SPRING WHEAT GRAIN

*Ewa Gondek, Ewa Jakubczyk, Aleksandra Sułek, Grażyna Cacak-Pietrzak*

Faculty of Food Science, Warsaw University of Life Sciences  
ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa  
e-mail: [ewa\\_gondek@sggw.pl](mailto:ewa_gondek@sggw.pl)

**Abstract.** The aim of the work was to analyse the acoustic emission of three varieties of spring wheat at different levels of nitrogen fertilisation. Water activity, ash content, total protein and gluten were determined as well as the selected acoustic descriptors. The acoustic emission was measured using piezoelectric accelerometer 4381V Bruel&Kjaer. It was shown that the speed of compression influenced the total acoustic energy and the number of acoustic events. An increase of protein content of wheat variety Bryza and Zadra caused a decrease of energy in the range of 1-5kHz as well as in the number of acoustic events, and an increase of the power partition slope.

**Key words:** acoustic emission, spring wheat, protein