

WPŁYW ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA AZOTEM  
NA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE ZIARNA  
ODMIAN PSZENICY JAREJ\*

*Ewa Jakubczyk, Ewa Gondek*

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, SGGW  
ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa  
e-mail: ewa\_jakubczyk@sggw.pl

**Streszczenie.** Celem pracy było określenie wpływu odmiany oraz zastosowania zróżnicowanego nawożenia azotowego w uprawie pszenicy jarej na cechy mechaniczne ziarna. Zastosowano trzy poziomy nawożenia azotem: 0, 120 i 240 kg N·ha<sup>-1</sup>. Właściwości mechaniczne pszenicy odmian: Bryza, Cytra i Zadra badano w teście jednoosiowego ściskania. Wyznaczono aktywność i zawartość wody, oraz wybrane parametry mechaniczne. Siła i odkształcenie dla wytrzymałości doraźnej oraz praca ściskania wykazywały tendencję wzrostową wraz ze zwiększaniem nawożenia do 240 kg N·ha<sup>-1</sup>. Odmiana Zadra charakteryzowała się wyższymi wartościami wskaźników wytrzymałości mechanicznej od odmian Bryza i Cytra.

**Słowa kluczowe:** nawożenie azotem, właściwości mechaniczne, pszenica jara

WSTĘP

Najszerzej i najpowszechniej uprawianym oraz wykorzystywanym gatunkiem zboża jest pszenica zwyczajna mająca formy ozime i jare. Pszenice jare zawierają więcej białka i tłuszczu, a mniej błonnika niż odmiany ozime (Grzesiuk i Kulka 1988). O przetwórczej wartości ziarna decydują zarówno jego cechy fizyczne jak i mechaniczne. Twardość pszenicy jest jednym z ważniejszych wskaźników cech strukturalno-mechanicznych ziarna, gdyż cecha ta decyduje o podatności ziarna na obróbkę i jego wartość przemiałową (Gąsiorowski i in. 1999). Tekstura ziarna pszenicy ma wpływ na parametry mąki takie jak, rozkład wielkości cząstek, stopień uszkodzenia skrobi oraz wodochłonność (Weightman i in. 2008).

---

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

Poznanie cech mechanicznych ziarna, a szczególnie jego wytrzymałości, podatności na uszkodzenie umożliwia dobór metod zbioru, transportu i obróbki technologicznej (Ślipek i Złobecki 1992, Łysiak i Skonecki 1996). Ponadto znajomość właściwości mechanicznych ziarna jest wykorzystywana w projektowaniu maszyn i urządzeń stosowanych w produkcji i przetwórstwie zbóż (Goździewska i in. 2007).

Jakość ziarna pszenicy w dużym stopniu zależy od odmiany, czynników pogodowych i agrotechnicznych (Podolska, 2008) oraz warunków zbioru, transportu i przechowywania (Geodecki i Grundas 1998, Praca zbiorowa 2004). Jednym z ważniejszych czynników agrotechnicznych wpływającym na ilość i jakość białka w ziarnie jest nawożenie azotem. Zawartość białka jest jednym z parametrów umożliwiających ocenę wypiekową pszenicy. Wysokie nawożenie azotowe wpływa korzystnie na niektóre parametry jakościowe pszenicy takie jak, zawartość glutenu i szklistość (Ciołek i Makarska 2004). Zbyt intensywne nawożenie azotowe może jednak prowadzić do obniżenia plonów i jakości ziarna (Sułek i Cacak-Pietrzak 2008).

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu odmiany oraz zastosowania zróżnicowanego nawożenia azotowego w uprawie pszenicy jarej na cechy mechaniczne 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 podbłoków losowanych w trzech powtórzeniach na glebie zaliczanej 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),  $\text{N}_2$ :  $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ,  $\text{N}_3$ :  $240 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Nawóz azotowy aplikowano w trzech równych dawkach: przed siewem, w fazie strzelania w źdźbło i w fazie kłoszenia. Zawartość białka ogółem metodą Kjeldahla ( $\text{Nx5,83}$ ) (PN-75/A-04018) podaną w tabeli 1 wyznaczono w pracy (Gondek i in. 2009).

### **Właściwości fizyczne i chemiczne ziarna**

Zmierzono aktywność wody w aparacie Rotronic-Hygroscop DT, wyznaczono zawartość wody (PN-93/A-74012).

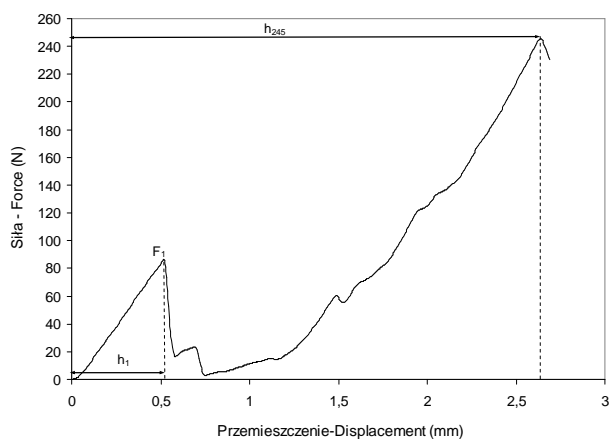
### Właściwości mechaniczne ziarna

Pojedyncze ziarna układano bruzdką w dół na dolnej nieruchomej płycie teksturometru TXT2i (Stable Micro Systems, UK) i ściskano tłokiem o średnicy 25 mm do momentu uzyskania siły 245 N. Pomiar przeprowadzano ze stałą prędkością przemieszczenia tłoka  $0,3 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ . Wykonano po 50 powtórzeniach testu jednoosiowego ściskania dla każdego rodzaju materiału. Na podstawie uzyskanych krzywych ściskania ziarna wyznaczono parametry proggu wytrzymałości doraźnej: siłę  $F_1$  oraz odkształcenie  $h_1$  (rys.1). Określono odkształcenie względne ziarna dla proggu wytrzymałości doraźnej ( $h\%$ ):

$$h\% = \frac{h_1}{h_o} \cdot 100 \quad (1)$$

gdzie:  $h_o$  – początkowa wysokość ziarna, mm.

Określono również wartość odkształcenia materiału ( $h_{245N}$ ) przy ściskaniu ziarna do siły 245 N.



**Rys. 1.** Krzywa ściskania ziarna pszenicy

**Fig. 1 .** Compression curve of wheat grain

Pracę ściskania  $P_1$  wyznaczono jako pole pod krzywą siła-przemieszczenie do uzyskania wartości siły  $F_1$ . Uzyskaną wartość odniesiono do masy ziarna, uzyskując pracę jednostkową ściskania  $P_2$  wyrażoną w  $\text{mJ}\cdot\text{g}^{-1}$ . Średnią masę ziarna wyliczono na podstawie masy 1000 ziaren.

Wskaźnik sprężystości ziarna określono zgodnie z metodyką zaproponowaną przez Frączka i in. (2003) korzystając ze wzoru:

$$WE_n = F \cdot \Delta l \quad (2)$$

gdzie:  $F$  – siła nacisku ( $F = 25$  N),  $\Delta l$  – odkształcenie przy sile 25 N, mm.

Przeprowadzono analizę wariancji i porównanie średnich testem Tukey'a przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ , z wykorzystaniem programu statystycznego Statgraphics Plus 4.1.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Wartości aktywności wody i zawartości białka ogółem dla trzech odmian pszenicy, przy trzech poziomach nawożenia przedstawiono w tabeli 1. Aktywność wody badanego materiału nie różniła się istotnie i średnio wynosiła 0,492. Badane odmiany pszenicy charakteryzowały się zbliżoną zawartością wody na poziomie 11%. Natomiast obserwowano istotne statystycznie różnice w zawartości białka w ziarnie w zależności od poziomu nawożenia azotem. Wraz ze wzrostem dawki azotu zwiększała się zawartość białka w materiale. Analogiczną zależność obserwowali Daniel i Triboi (2000) oraz Wang i in. (2008) dla pszenicy oraz Zdybel i in. (2009) dla żyta. Najwyższym poziomem białka w ziarnie (powyżej 17%) charakteryzowały się odmiany Bryza i Cytra przy dawce 240 kg N·ha<sup>-1</sup>. Odmiany te nie różniły się również zawartością białka przy mniejszych dawkach azotu. Pszenica odmiany Zadra wykazywała wyraźnie niższy poziom białka w ziarnie spośród badanych materiałów.

**Tabela 1.** Aktywność wody i zawartość białka ogółem ziarna pszenicy

**Table 1.** Water activity and total protein content of wheat grain

Parametr Parameter	Odmiana pszenicy Wheat variety	Nitrogen dose – Dawka azotu (kg N·ha <sup>-1</sup> )		
		0	120	240
Aktywność wody Water activity	Zadra	0,490 <sup>Aa</sup>	0,502 <sup>Aa</sup>	0,492 <sup>Aa</sup>
	Bryza	0,488 <sup>Aa</sup>	0,500 <sup>Aa</sup>	0,491 <sup>Aa</sup>
	Cytra	0,485 <sup>Aa</sup>	0,487 <sup>Aa</sup>	0,489 <sup>Aa</sup>
Zawartość białka ogółem (% s.m.) Total protein (% d.m.)	Zadra	13,40 <sup>Aa</sup>	15,79 <sup>Ba</sup>	16,64 <sup>Ca</sup>
	Bryza	13,91 <sup>Aa</sup>	16,99 <sup>Bb</sup>	17,90 <sup>Cb</sup>
	Cytra	13,81 <sup>Aa</sup>	16,70 <sup>Bab</sup>	17,96 <sup>Bb</sup>

Wartości średnie oznaczone wielką literą w wierszach nie różnią się między sobą statystycznie istotnie przy  $\alpha = 0,05$  – Mean values followed by the same capital letter (in the lines) do not differ significantly at  $\alpha = 0.05$ .

Wartości średnie oznaczone małą literą (w kolumnach) nie różnią się między sobą statystycznie istotnie przy  $\alpha = 0,05$  – Mean values followed by the same small letter (in the columns) do not differ significantly at  $\alpha = 0.05$ .

Właściwości mechaniczne ziarna pszenicy badano za pomocą testu jednoosiowego ściskania. Typowy obraz krzywej ściskania zaprezentowano na rysunku 1. Analizie poddano wartości siły dla progu wytrzymałości doraźnej  $F_1$  (tab. 2). Przedstawione wyniki pozwalają stwierdzić, że uzyskane średnie wartości siły  $F_1$  zawierały się w przedziale od 101 do 114 N dla pszenicy odmian Bryza i Cytra, a dla odmiany Zadra obejmowały zakres 110,8-136,4 N. Zwiększenie poziomu nawożenia od 0 do 120 kg N·ha<sup>-1</sup> nie wpływało istotnie na wartość siły  $F_1$ , której wzrost obserwowano przy zastosowaniu wyższej dawki azotu – 240 kg N·ha<sup>-1</sup>. Laskowski i Zdybel (2003) obserwowali tendencję wzrostową siły dla progu wytrzymałości doraźnej ziaren żyta wraz ze zwiększeniem poziomu nawożenia od 90 do 120 kg N·ha<sup>-1</sup>. Dla pszenicy jarej badanych odmian dopiero zastosowanie bardzo wysokich dawek azotu wpływało na zwiększenie siły  $F_1$ .

**Tabela 2.** Siła (N) dla progu wytrzymałości doraźnej ziarna pszenicy

**Table 2.** Force (N) rapture point of wheat grain

Odmiana pszenicy Wheat variety	Nitrogen dose – Dawka azotu (kg N·ha <sup>-1</sup> )		
	0	120	240
Zadra	110,8 <sup>Aa</sup>	121,2 <sup>Aa</sup>	136,4 <sup>Ba</sup>
Bryza	101,0 <sup>Ab</sup>	109,8 <sup>ABb</sup>	114,0 <sup>Bb</sup>
Cytra	101,2 <sup>Aab</sup>	105,6 <sup>Ab</sup>	110,1 <sup>Ab</sup>

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

Odmiana Zadra przy wszystkich poziomach nawożenia azotem charakteryzowała się wyższymi wartościami siły dla progu wytrzymałości doraźnej w porównaniu do odmian Bryza i Cytra. Wyższy poziom białka w ziarnach odmian Bryza i Cytra wpływał na zmniejszenie wartości siły w teście ściskania. Wyższa zawartość białka w materiale związana jest na ogół ze wzrostem twardości pszenicy. Makowska i in. (2008) obserwowali zwiększenie zawartości białka i twardości pszenicy durum przy wzroście nawożenia azotem do 140 kg N·ha<sup>-1</sup>. Na twardość i wytrzymałość mechaniczną może mieć wpływ nie tylko zawartość białka, ale jego rodzaj i budowa, zawartość pentozanów, lipidów oraz form gliadyny. Pszenice zawierające w dużych ilościach białko friabilinę będą charakteryzowały się małą twardością, w odróżnieniu od twardych pszenic bogatych w inne polipeptydy (Mikulíková 2007).

Wartość odkształcenia do progu wytrzymałości doraźnej  $h_1$  przy braku nawożenia azotowego nie różniła się dla badanych odmian pszenicy i wynosiła średnio 0,60 mm (tab. 3). Wzrost nawożenia wpływał na stopniowe zwiększanie wartości

odkształcenia  $h_1$ . Największe różnice w wartości badanego parametru obserwowano przy wzroście nawożenia azotowego z 0 do 240 kg N·ha<sup>-1</sup>. Laskowski i Zdybel (2003) obserwowali, że odkształcenie do progu wytrzymałości doraźnej ziarna żyta wzrastało dla wszystkich poziomów nawożenia azotowego od 0 do 120 kg N·ha<sup>-1</sup>.

Odkształcenie względne  $h\%$  było największe dla ziarna odmiany Zadra przy maksymalnej dawce azotu i wynosiło średnio 24%. Najniższym odkształceniem względnym (19,8%) charakteryzowała się odmiana Bryza.

Największe odkształcenie ziarna do siły 245 N zaobserwowano dla odmiany Bryza (tab. 3). Wzrost dawki azotu w uprawie pszenicy odmiany Zadra wpływał na zmniejszenie odkształcenia  $h_{245N}$ . W przypadku pszenicy odmiany Bryza i Cytra przy wzroście dawki nawozu do 120 kg N·ha<sup>-1</sup> odkształcenie ulegało zwiększeniu, a przy dalszym nawożeniu wartość parametru malała.

**Tabela 3.** Odkształcenia  $h_1$ ,  $h\%$  i  $h_{245N}$  uzyskane podczas testu ściskania ziarna pszenicy  
**Table 3.** Deformation  $h_1$ ,  $h\%$  and  $h_{245N}$  obtained during compression test of wheat grain

Odkształcenie – Deformation	Odmiana pszenicy Wheat variety	Dawka azotu – Nitrogen dose (kg N·ha <sup>-1</sup> )		
		0	120	240
Odkształcenie dla progu wytrzymałości doraźnej Deformation at rupture point $h_1$ (mm)	Zadra	0,62 <sup>Aa</sup>	0,67 <sup>Aa</sup>	0,72 <sup>Ba</sup>
	Bryza	0,59 <sup>Aa</sup>	0,61 <sup>Ab</sup>	0,63 <sup>Ab</sup>
	Cytra	0,60 <sup>Aa</sup>	0,65 <sup>ABab</sup>	0,70 <sup>Ba</sup>
Odkształcenie względne ziarna dla progu wytrzymałości doraźnej Relative deformation at rupture point $h\%$ (%)	Zadra	21,5 <sup>Aa</sup>	22,5 <sup>Aa</sup>	24,0 <sup>Ba</sup>
	Bryza	19,8 <sup>Ab</sup>	20,1 <sup>Ab</sup>	22,4 <sup>Bb</sup>
	Cytra	20,0 <sup>Aab</sup>	20,9 <sup>Aa</sup>	22,7 <sup>Bb</sup>
Odkształcenie dla siły 245 N Deformation at force of 245 N $h_{245N}$ (mm)	Zadra	2,60 <sup>Aa</sup>	2,46 <sup>Ba</sup>	2,48 <sup>Ba</sup>
	Bryza	2,51 <sup>Aab</sup>	2,71 <sup>Bb</sup>	2,51 <sup>Aa</sup>
	Cytra	2,40 <sup>Ab</sup>	2,62 <sup>Bb</sup>	2,55 <sup>Ca</sup>

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

Praca ściskania ziarna wyliczona, jako pole pod krzywą siła-przemieszczenie  $P_1$ , jak i przeliczona na masę ziarna  $P_2$ , zwiększała wraz z dawką nawozu azotowego (tab. 4). Największy wzrost pracy ściskania o 45% obserwowano dla pszenicy Zadra przy zwiększeniu dawki azotu z 0 do 240 kg N·ha<sup>-1</sup>. Wysokie wartości pracy ściskania wskazują na znaczny wydatek energii zużyty na odkształcenie ziarna pszenicy tej odmiany.

**Tabela 4.** Praca ściskania  $P_1$ , praca jednostkowa ściskania  $P_2$  i wskaźnik sprężystości  $WE_n$  ziarna pszenicy**Table 4.** Compression work  $P_1$ , unit work  $P_2$  and elasticity index  $WE_n$  of wheat grain

Parametr mechaniczny Mechanical parameter	Odmiana pszenicy Wheat variety	Dawka azotu – Nitrogen dose (kg N·ha <sup>-1</sup> )		
		0	120	240
$P_1$ (mJ)	Zadra	33,7 <sup>Aa</sup>	38,4 <sup>Aa</sup>	47,0 <sup>Ba</sup>
	Bryza	29,6 <sup>Aa</sup>	32,7 <sup>ABa</sup>	35,4 <sup>Bb</sup>
	Cytra	30,0 <sup>Aa</sup>	34,0 <sup>ABa</sup>	38,9 <sup>Bb</sup>
$P_2$ (mJ·g <sup>-1</sup> )	Zadra	930 <sup>Aa</sup>	1020 <sup>Aa</sup>	1360 <sup>Ba</sup>
	Bryza	774 <sup>Ab</sup>	790 <sup>Ab</sup>	1040 <sup>Bb</sup>
	Cytra	820 <sup>Aab</sup>	900 <sup>Aab</sup>	1090 <sup>Bb</sup>
$WE_n$ (mJ)	Zadra	4,43 <sup>Aa</sup>	4,20 <sup>Aa</sup>	4,21 <sup>Aa</sup>
	Bryza	4,18 <sup>Aa</sup>	4,09 <sup>Aa</sup>	3,97 <sup>Aa</sup>
	Cytra	4,51 <sup>Aa</sup>	4,41 <sup>Aab</sup>	4,11 <sup>Bb</sup>

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

Współczynnik sprężystości  $WE_n$  wykazywał tendencję spadkową wraz ze wzrostem nawożenia azotowego, aczkolwiek różnice między średnimi wartościami współczynnika były statystycznie istotne tylko dla pszenicy odmiany Cytra. Frączek i in. (2003) podają, że im materiał jest bardziej sprężysty tym mniejsza wartość współczynnika sprężystości. Wzrost nawożenia pszenicy odmiany Cytra wpływał na nieznaczny wzrost sprężystości ziarna.

#### WNIOSKI

1. Wraz ze wzrostem dawki nawozu zwiększała się zawartość białka w ziarnie pszenicy jarej. Najwyższym poziomem białka w ziarnie (powyżej 17%) charakteryzowały się odmiany Bryza i Cytra przy dawce azotu 240 kg N·ha<sup>-1</sup>.
2. Zwiększenie dawki azotu z 0 do 120 kg N·ha<sup>-1</sup> nie wpływało istotnie na siłę i odkształcenie dla progu wytrzymałości doraźnej, pracę ściskania oraz wskaźnik sprężystości. Większość parametrów mechanicznych różniła się istotnie przy zwiększeniu dawki azotu do 240 kg N·ha<sup>-1</sup>.
3. Odkształcenie ( $h_1$ ,  $h\%$ ) i siła do progu wytrzymałości doraźnej miały dla wszystkich badanych odmian tendencję wzrostową wraz ze wzrostem poziomu nawożenia. Największą wartość siły  $F_1$  – 36,4 N i odkształcenia względnego – 24% obserwowano dla ziarna odmiany Zadra przy maksymalnej dawce azotu.

4. Największy wzrost pracy ściskania o 45% obserwowano dla pszenicy Zadra przy zwiększeniu dawki azotu z 0 do 240 kg N·ha<sup>-1</sup>. Odmiany Bryza i Cytra charakteryzowały się wyraźnie mniejszymi wartościami pracy ściskania.

5. Jedynie dla pszenicy odmiany Cytra obserwowano istotny wpływ nawożenia na wartość współczynnika sprężystości, który malał wraz ze zwiększaniem dawki azotu.

#### PIŚMIENNICTWO

- Ciołek A., Makarska E., 2004. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem i ochrony chemicznej na wybrane parametry jakościowe ziarna pszenicy twardej. *Annales UMCS, Sec. E*, 59(2), 777-784.
- Daniel C., Triboui E., 2000. Effects of temperature and nitrogen nutrition on the grain composition of winter wheat: effects on gliadin content and composition. *J. Cereal Sci.*, 32, 45-56.
- Frączek J., Kaczorowski J., Ślipek Z., Horabik J., Molenda M., 2003. Standaryzacja metod pomiaru właściwości fizyczno-mechanicznych roślinnych materiałów ziarnistych. Monografie. *Acta Agrophysica*, 92.
- Gąsiorowski H., Kołodziejczyk P., Obuchowski W., 1999. Twardość ziarna pszenicy. *Przeg. Zboż.-Młyn.*, 9, 6-8.
- Geodecki M., Grundas S., 1998. Ocena cech technologicznych pojedynczych ziarniaków pszenicy w zależności od ich położenia w kłosie. *Biuletyn Zakładu Fizycznych Podstaw Oceny i Ulepszenia Materiałów Roślinnych IA PAN w Lublinie*, 2, 25-26.
- Gondek E., Jakubczyk E., Sułek A., Cacak-Pietrzak G., 2009. Wpływ dawki nawozu azotowego na wybrane deskryptory emisji akustycznej ziarna pszenicy. *Acta Agrophysica*, 2009, 14(2), 323-334.
- Goździewska M., Piekarski D., Andrejko D., 2007. Wpływ wilgotności na wybrane właściwości mechaniczne ziarna pszenicy. *Inż. Rolnicza*, 5(93), 179-187.
- Grzesiuk S., Kulka K., 1988. *Biologia ziarniaków zbóż*. PWN, Warszawa.
- Laskowski J., Zdybel A., 2003. Wpływ wilgotności oraz poziomu nawożenia azotowego na właściwości wytrzymałościowe ziarna żyta odmiany Amilo. *Acta Agrophysica*, 2(4), 803-814.
- Łysiak G., Skonecki S., 1996. Badania cech wytrzymałościowych ziarna jęczmienia. *Zesz. Prob. Post. Nauk. Roln.*, 443, 209-215.
- Makowska A., Obuchowski W., Sulewska H., Koziara W., Paschke H., 2008. Effect of nitrogen fertilization of durum wheat varieties on some characteristics important for pasta production. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 7(1), 29-39.
- Mikulíková D., 2007. The effect of friabilin on wheat grain hardness. *Czech J. Genet. Plant Bredd.*, 43 (2), 35-43.
- Podolska G. 2008. Wpływ dawki i sposobu nawożenia azotem na plon i wartość technologiczną ziarna odmian pszenicy ozimej. *Acta Sci., Pol., Agricultura*, 7(1), 57-65.
- Praca zbiorowa, 2004. *Pszenica, chemia i technologia*. red. H. Gąsiorowski, PWRiL, Poznań.
- Sułek A., Cacak-Pietrzak G., 2008. Kształtowanie się cech jakościowych ziarna odmian pszenicy jarej w zależności od nawożenia azotem. *Fragmenta Agronomia*, 25, 1(97), 400-409.
- Ślipek Z., Złobecki A., 1992. Wpływ obciążeń wielokrotnych na uszkodzenia ziarna. *Zesz. Prob. Post. Nauk. Roln.*, 402, 197-203.
- Wang, X., He M., Li F., Liu Y., Zhang H., Liu C., 2008. Coupling effects of irrigation and nitrogen fertilization on grain protein and starch quality of strong-gluten winter wheat. *Frontiers of Agriculture in China*, 2(3), 274-280.



- Weightman R. M., Millar S., Alava J., Foulkes M. J., Fish L., Snape J. W., 2008. Effects of drought and the presence of the 1BL/1RS translocation on grain vitreosity, hardness and protein content in winter wheat. *J. Cereal Sci.*, 47, 457-468.
- Zdybel A., Dubis B., Laskowski J., 2009. Wpływ nawożenia azotowego na liczbę opadania oraz zawartość białka i popiołu w ziarnie i mące żytniej. *Acta Agrophysica*, 13(2), 543-553.

## EFFECT OF NITROGEN FERTILISATION LEVEL ON MECHANICAL PROPERTIES OF GRAIN OF SPRING WHEAT VARIETIES

*Ewa Jakubczyk, Ewa Gondek*

Department of Food Engineering and Process Management, Warsaw University of Life Sciences  
ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa  
e-mail: ewa\_jakubczyk@sggw.pl

**Abstract.** The aim of this work was to determine the effect of spring wheat variety and nitrogen fertilisation level on mechanical properties of grain. Three nitrogen fertilisation doses 0, 120, 240 kg N·ha<sup>-1</sup> were applied in this experiment. The mechanical properties of wheat varieties (Bryza, Cytra, Zadra) were measured during uniaxial compression of grain. Water activity, water content, and selected mechanical parameters were determined. It was shown that force and displacement at rupture point and compression work increased as the nitrogen dose increased up to 240 kg N·ha<sup>-1</sup>. The mechanical resistance parameters obtained for wheat v. Zadra were significantly higher than those observed for varieties Bryza and Cytra.

**Keywords:** nitrogen fertilisation, mechanical properties, spring wheat