

WPŁYW WILGOTNOŚCI ORAZ POZIOMU NAWOŻENIA AZOTOWEGO  
NA WŁAŚCIWOŚCI WYTRZYMAŁOŚCIOWE ZIARNA ŻYTA  
ODMIANY AMIŁO

*Janusz Laskowski, Adam Zdybel*

Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego, Akademia Rolnicza  
ul. Doświadczalna 44, 20-236 Lublin  
e-mail: kemps@faunus.ar.lublin.pl

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu wilgotności oraz nawożenia azotowego na właściwości wytrzymałościowe ziarna żyta odmiany Amilo. W trakcie doświadczenia rejestrowano krzywe testu jednoosiowego ściskania, na podstawie których wyznaczono wybrane właściwości wytrzymałościowe. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała istotne oddziaływanie wilgotności i nawożenia azotowego na badane wielkości.

**Słowa kluczowe:** żyto, wilgotność, nawożenie azotowe, właściwości wytrzymałościowe

WYKAZ OZNACZEŃ

- $\Delta h_1$  – odkształcenie do progu wytrzymałości doraźnej, mm;
- $\Delta h_2$  – odkształcenie do progu zgniecenia, mm;
- $F_1$  – siła dla progu wytrzymałości doraźnej, N;
- $F_2$  – siła dla progu zgniecenia, N;
- $L_1$  – praca do progu wytrzymałości doraźnej, mJ;
- $L_2$  – praca do progu zgniecenia, mJ;
- $L_{j1}$  – praca jednostkowa do progu wytrzymałości doraźnej, mJ·g<sup>-1</sup>;
- $L_{j2}$  – praca jednostkowa do progu zgniecenia, mJ·g<sup>-1</sup>;
- $w$  – wilgotność, %.

## WSTĘP

Straty powstające podczas zbioru, przechowywania oraz przetwarzania ziarna zbóż spowodowały szerokie zainteresowanie jego właściwościami wytrzymałościowymi. Poznanie tych cech pozwala na zastosowanie odpowiedniej metody zbioru oraz parametrów przetwarzania warunkujących uzyskanie wysokiej jakości produktu końcowego [3,5,8].

Zagadnienie wpływu wilgotności na odporność ziarna na powstawanie uszkodzeń mechanicznych stanowiło przedmiot wielu badań [1,4,6]. Wpływ wilgotności na cechy wytrzymałościowe ziarna żyta określany był według różnych metod pomiarowych.

Gąsiorowski i Kołodziejczyk [1] badali mikrotwardość bielma ziarna żyta. Stwierdzili oni znaczny wpływ wilgotności na badany parametr. Wzrost wilgotności ziarna od 10% do 18% powodował 3-krotny spadek mikrotwardości.

Również Szot i Stępniewski [7] dowodzą, iż głównym czynnikiem mającym wpływ na wytrzymałość ziarna jest wilgotność. Zauważyli ponadto, że ziarno żyta przy wilgotności 21% traci swą sprężystość ulegając odkształceniom plastycznym.

Doświadczenia dowiodły, iż na właściwości wytrzymałościowe mają wpływ czynniki, do których należą przede wszystkim: wilgotność ziarna, cechy genetyczne, rejonizacja upraw, agrotechnika, cechy geometryczne oraz nawożenie gleb [2,6].

W niniejszej pracy zajęto się określeniem wpływu wilgotności oraz nawożenia azotowego na właściwości wytrzymałościowe ziarna żyta odmiany Amilo.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło ziarno żyta odmiany Amilo pochodzące z doświadczeń Katedry Produkcji Roślinnej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego ze zbiorów z 2001 roku. Badania te dotyczyły wpływu dawki azotu na uzyskiwaną wysokość plonu i jakość technologiczną ziarna. Zastosowano cztery dawki nawożenia azotowego: 30, 60, 90 i 120 kg N·ha<sup>-1</sup>. Ziarno użyte do doświadczeń podzielono na klasy ziarnowe przy zastosowaniu sortownika Steineckera-Vogla i wybrano najbardziej liczną frakcję – 2,5-2,7 mm. W próbkach ziarna przeznaczonego do badań oznaczono zawartość wody (PN-93/A-74012), a następnie doprowadzono je do wilgotności 10, 12, 14, 16 i 18%.

Dla każdego z ziarniaków wyznaczono cechy wytrzymałościowe na podstawie testu jednoosiowego ściskania [2]. Badania przeprowadzono przy użyciu maszyny wytrzymałościowej Zwick Z020/TN2S i głowicy pomiarowej o zakresie obciążeń 0-2,5 kN. Pojedyncze ziarna żyta, po uprzednim zważeniu z dokładnością 10<sup>-4</sup> g

umieszczano na nieruchomym stoliku bruzdką do dołu i zgniatano przy pomocy poruszającej się ze stałą prędkością  $10 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  głowicy pomiarowej. Pomiar prowadzono do momentu osiągnięcia odległości między płytami równej  $0,5 \text{ mm}$ . Otrzymane krzywe zgniatania ziarna poddano analizie i zaznaczono na nich punkty charakterystyczne (próg wytrzymałości doraźnej i próg zgniecenia), dla których wyznaczono: odkształcenia ( $\Delta h$ ), siły ( $F$ ), prace ( $L$ ) oraz prace jednostkowe ( $L_j$ ) jako iloraz pracy odkształcenia i masy pojedynczego ziarniaka. Analizę statystyczną uzyskanych wyników badań przeprowadzono na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

## WYNIKI

Uzyskane zależności pomiędzy parametrami wytrzymałościowymi a wilgotnością dla różnych poziomów nawożenia azotowego przedstawiono na rysunkach 1-8. Natomiast zależności regresyjne zestawiono w tabelach 1-8.

**Tabela 1.** Równania regresji opisujące zależność odkształcenia do progu wytrzymałości doraźnej ( $\Delta h_1$ ) od wilgotności ( $w$ ) dla różnych poziomów nawożenia azotowego

**Table 1.** Regression equations describing relationship between displacement up to the rupture point ( $\Delta h_1$ ) and moisture ( $w$ ) for various nitrogen fertilization levels

Lp.	Nawożenie azotowe ( $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) Nitrogen fertilization level	Równanie regresji Regression equation	$R^2$
1	0	$\Delta h_1 = 0,0007w^2 + 0,0184w - 0,0291$	0,996
2	30	$\Delta h_1 = 0,0018w^2 - 0,0062w + 0,1383$	0,996
3	60	$\Delta h_1 = 0,0031w^2 - 0,0444w + 0,4298$	0,997
4	90	$\Delta h_1 = 0,0042w^2 - 0,0784w + 0,6938$	0,998
5	120	$\Delta h_1 = 0,0033w^2 - 0,0495w + 0,4689$	0,996

**Tabela 2.** Równania regresji opisujące zależność odkształcenia do progu zgniecenia ( $\Delta h_2$ ) od wilgotności ( $w$ ) dla różnych poziomów nawożenia azotowego

**Table 2.** Regression equations describing relationship between displacement up to the collapse point ( $\Delta h_2$ ) and moisture ( $w$ ) for various nitrogen fertilization levels

Lp.	Nawożenie azotowe ( $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) Nitrogen fertilization level	Równanie regresji Regression equation	$R^2$
1	0	$\Delta h_2 = -0,00020w^2 + 0,0098w + 1,9414$	0,996
2	30	$\Delta h_2 = -0,00002w^2 + 0,0041w + 1,9908$	0,988
3	60	$\Delta h_2 = -0,00009w^2 + 0,0043w + 2,0337$	1,000
4	90	$\Delta h_2 = -0,00002w^2 + 0,0023w + 2,0546$	0,979
5	120	$\Delta h_2 = 0,00010w^2 - 0,0015w + 2,0627$	0,999

**Tabela 3.** Równania regresji opisujące zależność siły dla progu wytrzymałości doraźnej ( $F_1$ ) od wilgotności ( $w$ ) dla różnych poziomów nawożenia azotowego

**Table 3.** Regression equations describing relationship between force for the rapture point ( $F_1$ ) and moisture ( $w$ ) for various nitrogen fertilization levels

Lp.	Nawożenie azotowe (kg N·ha <sup>-1</sup> ) Nitrogen fertilization level	Równanie regresji Regression equation	R <sup>2</sup>
1	0	$F_1 = -0,0441w^2 - 1,7337w + 121,57$	0,935
2	30	$F_1 = -0,0751w^2 - 0,9674w + 114,97$	0,938
3	60	$F_1 = -0,0393w^2 - 1,8262w + 120,10$	0,938
4	90	$F_1 = 0,0631w^2 - 4,6941w + 138,78$	0,952
5	120	$F_1 = -0,0560w^2 - 1,6172w + 123,20$	0,937

**Tabela 4.** Równania regresji opisujące zależność siły dla progu zgniecenia ( $F_2$ ) od wilgotności ( $w$ ) dla różnych poziomów nawożenia azotowego

**Table 4.** Regression equations describing relationship between force at the collapse point ( $F_2$ ) and moisture ( $w$ ) for various nitrogen fertilization levels

Lp.	Nawożenie azotowe (kg N·ha <sup>-1</sup> ) Nitrogen fertilization level	Równanie regresji Regression equation	R <sup>2</sup>
1	0	$F_2 = -1,3886w^2 + 38,355w + 698,32$	0,765
2	30	$F_2 = -1,4131w^2 + 39,322w + 701,73$	0,539
3	60	$F_2 = -0,5998w^2 + 18,106w + 844,44$	0,875
4	90	$F_2 = -0,6721w^2 + 17,985w + 871,89$	0,799
5	120	$F_2 = -0,6086w^2 + 16,179w + 886,36$	0,809

**Tabela 5.** Równania regresji opisujące zależność pracy do progu wytrzymałości doraźnej ( $L_1$ ) od wilgotności ( $w$ ) dla różnych poziomów nawożenia azotowego

**Table 5.** Regression equations describing relationship between work up to the rapture point ( $L_1$ ) and moisture ( $w$ ) for various nitrogen fertilization levels

Lp.	Nawożenie azotowe (kg N·ha <sup>-1</sup> ) Nitrogen fertilization level	Równanie regresji Regression equation	R <sup>2</sup>
1	0	$L_1 = -0,0361w^2 + 1,8500w + 2,3411$	0,993
2	30	$L_1 = 0,0213w^2 + 0,4626w + 10,9920$	0,999
3	60	$L_1 = -0,0190w^2 + 1,5279w + 5,9397$	0,980
4	90	$L_1 = -0,0391w^2 + 2,1085w + 2,4810$	0,818
5	120	$L_1 = -0,0964w^2 + 3,5383w - 4,9775$	0,779

**Tabela 6.** Równania regresji opisujące zależność pracy do progu zgniecenia ( $L_2$ ) od wilgotności ( $w$ ) dla różnych poziomów nawożenia azotowego**Table 6.** Regression equations describing relationship between work up to the collapse point ( $L_2$ ) and moisture ( $w$ ) for various nitrogen fertilization levels

Lp.	Nawożenie azotowe (kg N·ha <sup>-1</sup> ) Nitrogen fertilization level	Równanie regresji Regression equation	R <sup>2</sup>
1	0	$L_2 = -0,1798w^2 + 17,224w + 141,66$	0,991
2	30	$L_2 = -0,5557w^2 + 31,043w + 42,905$	0,959
3	60	$L_2 = -0,6312w^2 + 32,142w + 60,155$	0,957
4	90	$L_2 = 0,3330w^2 - 1,7353w + 348,00$	0,980
5	120	$L_2 = 0,3302w^2 + 0,1920w + 301,53$	0,952

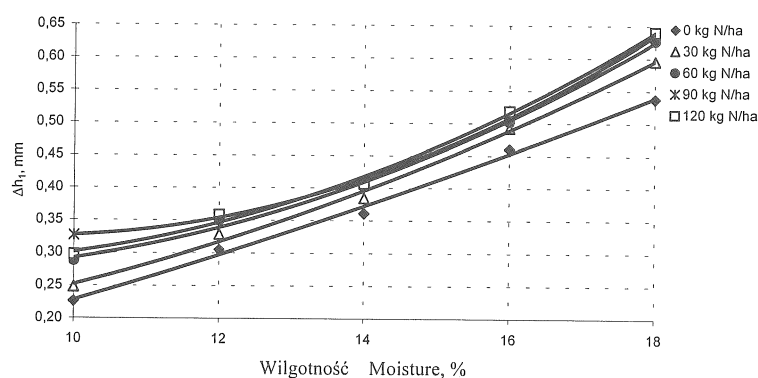
**Tabela 7.** Równania regresji opisujące zależność pracy jednostkowej do progu wytrzymałości doraźnej ( $L_{j1}$ ) od wilgotności ( $w$ ) dla różnych poziomów nawożenia azotowego**Table 7.** Regression equations describing relationship between specific work up to the rupture point ( $L_{j1}$ ) and moisture ( $w$ ) for various nitrogen fertilization levels

Lp.	Nawożenie azotowe (kg N·ha <sup>-1</sup> ) Nitrogen fertilization level	Równanie regresji Regression equation	R <sup>2</sup>
1	0	$L_{j1} = -0,9971w^2 + 51,139w + 64,716$	0,993
2	30	$L_{j1} = 0,5384w^2 + 9,0334w + 374,86$	0,997
3	60	$L_{j1} = -0,6250w^2 + 41,119w + 207,28$	0,926
4	90	$L_{j1} = -0,1921w^2 + 32,482w + 257,93$	0,832
5	120	$L_{j1} = -3,6749w^2 + 121,99w - 252,57$	0,751

**Tabela 8.** Równania regresji opisujące zależność pracy jednostkowej do progu zgniecenia ( $L_{j2}$ ) od wilgotności ( $w$ ) dla różnych poziomów nawożenia azotowego**Table 8.** Regression equations describing relationship between specific work up to the collapse point ( $L_{j2}$ ) and moisture ( $w$ ) for the different nitrogen fertilization levels

Lp.	Nawożenie azotowe (kg N·ha <sup>-1</sup> ) Nitrogen fertilization level	Równanie regresji Regression equation	R <sup>2</sup>
1	0	$L_{j2} = -25,305w^2 + 1010,5w + 577,18$	0,984
2	30	$L_{j2} = -15,401w^2 + 773,00w + 2526,8$	0,953
3	60	$L_{j2} = -18,391w^2 + 851,34w + 2494,9$	0,916
4	90	$L_{j2} = 24,1500w^2 - 486,07w + 12863$	0,995
5	120	$L_{j2} = -5,0094w^2 + 336,72w + 6846,3$	0,909

Analizując otrzymane wyniki stwierdzono, że wartość odkształcenia do progu wytrzymałości doraźnej zawierała się w przedziale od 0,226 mm do 0,640 mm (rys. 1). Najniższe odkształcenia stwierdzono dla próby kontrolnej o wilgotności ziarna 10% i zerowej dawce azotu. Najwyższe wartości tego parametru zaobserwowano przy największej wilgotności 18% dla dawki 120 kg N·ha<sup>-1</sup>. Na podstawie wyników można stwierdzić, że odkształcenie do progu wytrzymałości doraźnej wzrasta w całym badanym przedziale wilgotności od 10% do 18% oraz dla wszystkich zastosowanych poziomów nawożenia azotowego od 0 do 120 kg N·ha<sup>-1</sup>. Uzyskane zależności regresyjne zestawiono w tabeli 1.



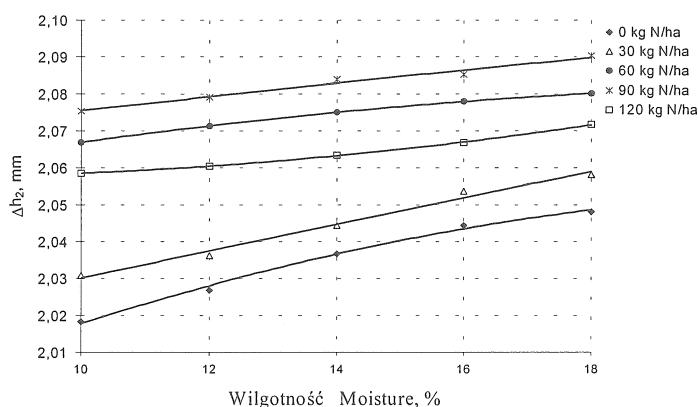
**Rys. 1.** Zależność odkształcenia do progu wytrzymałości doraźnej ( $\Delta h_1$ ) od wilgotności dla różnych poziomów nawożenia azotowego

**Fig. 1.** Relationship between displacement up to the rupture point ( $\Delta h_1$ ) and moisture for various nitrogen fertilization levels

Wartość odkształcenia do progu zgniecenia zawierała się w przedziale od 2,018 mm do 2,090 mm (rys. 2). Najniższe odkształcenia stwierdzono dla próby kontrolnej o wilgotności 10% i zerowej dawce azotu. Najwyższe wartości tego parametru zaobserwowano dla wilgotności 18% przy dawce 90 kg N·ha<sup>-1</sup>. We wszystkich przypadkach zauważono, że zwiększenie wilgotności powoduje wzrost wartości odkształcenia do progu zgniecenia. Dla zastosowanych poziomów nawożenia stwierdzono wzrost wartości badanego parametru do 90 kg N·ha<sup>-1</sup>, dalsze zwiększanie dawki azotu powodowało spadek wartości odkształcenia. Uzyskane zależności regresyjne zestawiono w tabeli 2.

Na rysunku 3 zobrazowano wpływ wilgotności ziarna żyta na siłę dla progu wytrzymałości doraźnej przy różnych dawkach azotu. Przedstawione wyniki pozwalają stwierdzić, że uzyskane wartości siły dla progu wytrzymałości doraźnej zawierały się

w przedziale od 74,90 N do 100,45 N. Najwyższą siłę osiągnięto dla wilgotności 10% i przy dawce 120 kg N·ha<sup>-1</sup>, a najniższą w przypadku wilgotności 18% i nawożeniu 30 kg N·ha<sup>-1</sup>. Przebieg zmian siły dla progu wytrzymałości doraźnej wraz ze wzrostem wilgotności ziaren wykazywał tendencję spadkową, natomiast zwiększenie poziomu nawożenia tendencją wzrostową (jedynie w przedziale 0 do 30 kg N·ha<sup>-1</sup> nastąpił spadek wartości siły). Uzyskane zależności regresyjne zestawiono w tabeli 3.



Rys. 2. Zależność odkształcenia do progu zgniecenia ( $\Delta h_2$ ) od wilgotności dla różnych poziomów nawożenia azotowego

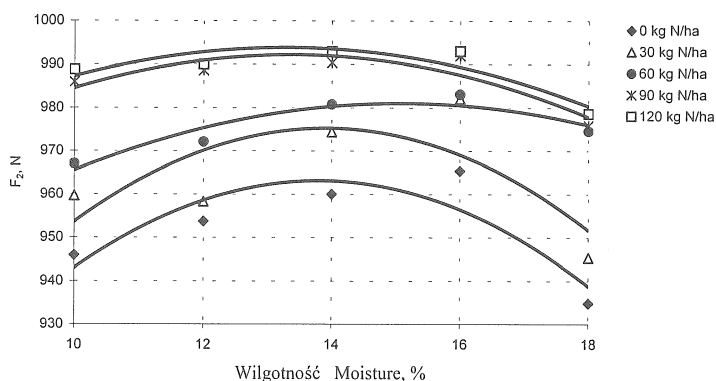
Fig. 2. Relationship between displacement up to the rupture point ( $\Delta h_1$ ) and moisture for various nitrogen fertilization levels



Rys. 3. Zależność siły dla progu wytrzymałości doraźnej ( $F_1$ ) od wilgotności dla różnych poziomów nawożenia azotowego

Fig. 3. Relationship between force at the rupture point ( $F_1$ ) and moisture for various nitrogen fertilization levels

Zależność siły dla progu zgniecenia ( $F_2$ ) od wilgotności i poziomu nawożenia przedstawiono na rysunku 4. Badany parametr zawierał się w przedziale od 934,84 N do 993,03 N. Dane te wskazują, że wartość siły dla progu zgniecenia we wszystkich przypadkach ma tendencję wzrostową (jedynie dla wilgotności 12% i dawki nawozu 30 kg N·ha<sup>-1</sup> zanotowano niewielki spadek) w przedziale od 10% do 16%. Dalszy wzrost wilgotności powodował zmniejszenie wartości badanego parametru. Natomiast wpływ nawożenia wykazywał tendencję wzrostową dla wszystkich zastosowanych poziomów. Uzyskane zależności regresyjne zestawiono w tabeli 4.



**Rys. 4.** Zależność siły dla progu zgniecenia ( $F_2$ ) od wilgotności dla różnych poziomów nawożenia azotowego

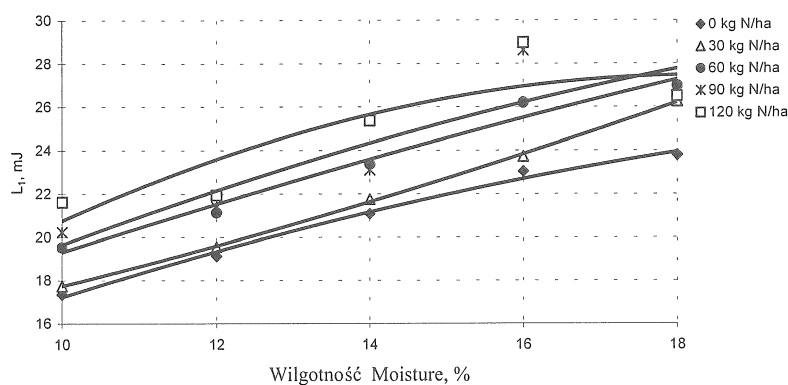
**Fig. 4.** Relationship between force at the collapse point ( $F_2$ ) and moisture for various nitrogen fertilization levels

Na rysunku 5 przedstawiono wpływ wilgotności oraz poziomu nawożenia na pracę do progu wytrzymałości doraźnej. Wartości tej pracy zawierały się w przedziale od 17,36 mJ (przy wilgotności 10%) do 28,97 mJ (przy 16%). Najniższą wartość tego parametru zanotowano dla wilgotności 10% przy wszystkich dawkach azotu. Natomiast najwyższą dla wilgotności 18% (z wyjątkiem nawożenia azotem 90 i 120 kg N·ha<sup>-1</sup> – wilgotność 16%). Dla wszystkich wilgotności i dawek nawożenia zaobserwowano ogólną tendencję wzrostową wartości badanego parametru. Uzyskane zależności regresyjne zestawiono w tabeli 5.

Wartość pracy do progu zgniecenia ziarna zawierała się w przedziale od 298,41 mJ do 429,80 mJ (rys. 6). Najniższą pracę stwierdzono przy wilgotności ziarna 10% dla próby kontrolnej o zerowej dawce azotu. Najwyższe wartości tego parametru zaobserwowano dla największej wilgotności 18% przy dawce 60 kg N·ha<sup>-1</sup>. We wszystkich przypadkach zauważono, że zwiększenie wilgotności powoduje

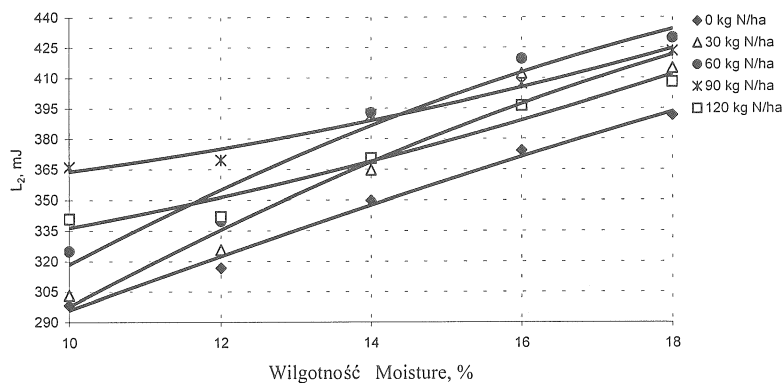


wzrost wartości pracy do progu zgniecenia. Natomiast zwiększenie poziomu nawożenia powoduje wzrost pracy jedynie w przedziale od 0 do 90 kg N·ha<sup>-1</sup> dla wilgotności poniżej 14%, powyżej tej granicy wartość pracy rośnie w przedziale od 0 do 60 kg N·ha<sup>-1</sup>. Uzyskane zależności regresyjne zestawiono w tabeli 6.



Rys. 5. Zależność pracy do progu wytrzymałości doraźnej ( $L_1$ ) od wilgotności dla różnych poziomów nawożenia azotowego

Fig. 5. Relationship between work up to the rupture point ( $L_1$ ) and moisture for various nitrogen fertilization levels

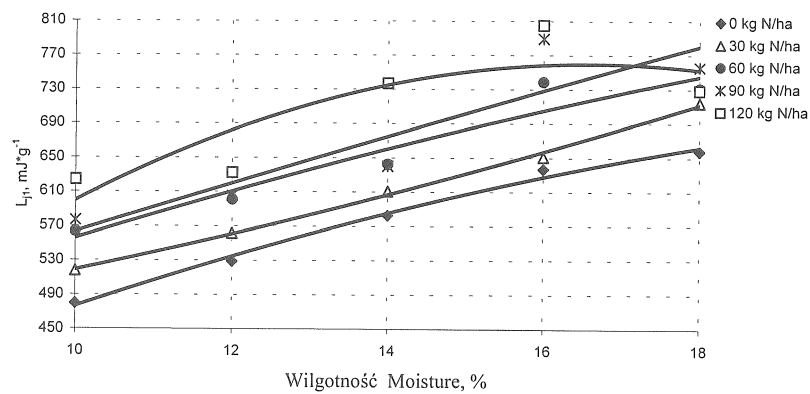


Rys. 6. Zależność pracy do progu zgniecenia ( $L_2$ ) od wilgotności dla różnych poziomów nawożenia azotowego

Fig. 6. Relationship between work up to the collapse point ( $\Delta h_1$ ) and moisture for various nitrogen fertilization levels

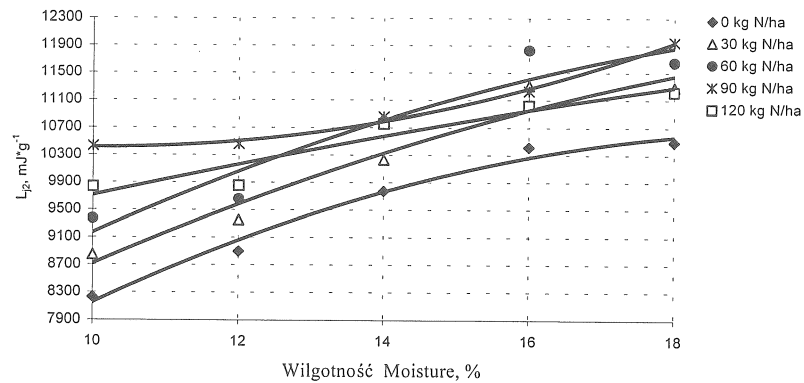
Zależność pracy jednostkowej do progu wytrzymałości doraźnej ( $L_{j1}$ ) od wilgotności przedstawiono na rysunku 7. Parametr zawierał się w przedziale od 479,77 mJ do 805,39 mJ. Dane te wskazują, że wartość pracy jednostkowej do progu wytrzymałości

doraźnej ma tendencję wzrostową w przedziale od 10 do 16% dla wszystkich poziomów nawożenia. Dalszy wzrost wilgotności powodował zwiększenie się wartości badanego parametru tylko dla próby kontrolnej i dawki nawożenia azotowego 30 kg N·ha<sup>-1</sup>. Uzyskane zależności regresyjne zestawiono w tabeli 7.



Rys. 7. Zależność pracy jednostkowej do progu wytrzymałości doraźnej ( $L_{j1}$ ) od wilgotności dla różnych poziomów nawożenia azotowego

Fig. 7. Relationship between specific work up to the rupture point ( $L_{j1}$ ) and moisture for various nitrogen fertilization levels



Rys. 8. Zależność pracy jednostkowej do progu zgniecenia ( $L_{j2}$ ) od wilgotności dla różnych poziomów nawożenia azotowego

Fig. 8. Relationship between specific work up to the collapse point ( $L_{j2}$ ) and moisture for various nitrogen fertilization levels

Wartość pracy jednostkowej do progu zgniecenia (rys. 8) zawierała się w przedziale od 8230,9 mJ do 11947,0 mJ. Najniższą pracę jednostkową stwierdzono przy wilgotności ziarna 10% dla próby kontrolnej o zerowej dawce azotu. Najwyższe wartości tego parametru zaobserwowano przy największej wilgotności 18% dla dawki 90 kg N·ha<sup>-1</sup>. We wszystkich przypadkach zauważono, że wzrost wilgotności powoduje wzrost wartości pracy jednostkowej do progu zgniecenia. Natomiast zwiększenie poziomu nawożenia powoduje wzrost pracy jednostkowej jedynie w przedziale od 0 do 90 kg N·ha<sup>-1</sup> dla wilgotności poniżej 16%, powyżej tej wartości praca jednostkowa rośnie w przedziale od 0 do 60 kg N·ha<sup>-1</sup>. Uzyskane zależności regresyjne zestawiono w tabeli 8.

### WNIOSKI

Uzyskane wyniki badań pozwalają przedstawić następujące wnioski:

1. Zmiana poziomu wilgotności oraz dawki azotu wpływa na wartość odkształcenia do progu wytrzymałości doraźnej. Zwiększenie wartości obu czynników przyczynia się do wzrostu odkształcenia.
2. Wilgotność oraz poziom nawożenia wpływa na odkształcenie do progu zgniecenia ziarna. Wzrost wilgotności powoduje zwiększenie wartości badanego parametru. Zwiększenie poziomu nawożenia od 0 do 90 kg N·ha<sup>-1</sup> wpływa na wzrost wartości odkształcenia.
3. Różne poziomy wilgotności i nawożenia wywołują zmianę wartości siły dla progu wytrzymałości doraźnej. Wraz ze wzrostem wilgotności wartość badanego parametru spada. Zwiększenie poziomu nawożenia od 0 do 90 kg N·ha<sup>-1</sup> powoduje spadek siły.
4. Wartość siły dla progu zgniecenia ma we wszystkich przypadkach tendencję wzrostową wraz ze zwiększaniem wilgotności ziarna od 10% do 16% (jedynie dla wilgotności 12% i dawki nawozu 30 kg N·ha<sup>-1</sup> zanotowano niewielki spadek). Dalszy wzrost wilgotności powodował zmniejszenie wartości badanego parametru. Wzrost dawki azotu w całym badanym przedziale powodował zwiększenie siły do progu zgniecenia.
5. Zwiększenie poziomu wilgotności i dawki azotu wpływa na wartość pracy i pracy jednostkowej do progu wytrzymałości doraźnej. W badanym zakresie zaobserwowano tendencję wzrostową dla tych parametrów.
6. Wilgotność i poziom nawożenia wpływają na pracę i pracę jednostkową do progu zgniecenia. Wartości tych prac wykazują tendencję wzrostową dla wszystkich poziomów wilgotności. Natomiast zwiększenie poziomu nawożenia powoduje wzrost obu badanych parametrów jedynie w przedziale od 0 do 90 kg N·ha<sup>-1</sup> dla wilgotności poniżej 14%.

## PIŚMIENNICTWO

1. **Gąsiorowski H., Kołodziejczyk P.:** Mikrotwardość ziarna żyta. Przegląd Zbożowo-Młynarski, nr 5-6, 9-19, 1990.
2. **Janiak G., Laskowski J.:** Metodyka określania cech wytrzymałościowych ziarna dla potrzeb procesów przetwórczych. Biuletyn Naukowy Przemysłu Paszowego, nr 1, 45-58, 1996.
3. **Klockiewicz-Kamińska E.:** Wartość technologiczna ziarna odmian zbóż chlebowych w Polsce. Przegląd Zbożowo-Młynarski, nr 9, 21-22, 1992.
4. **Kolowca J.:** Badanie odporności ziarna pszenicy na powstawanie mechanicznych uszkodzeń. Roczniki Nauk Rolniczych, t. 71-C-3, 67-70, 1974.
5. **Łysiak G., Skonecki S.:** Badania cech wytrzymałościowych ziarna jęczmienia. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 443, 209-215, 1996.
6. **Szot B.:** Development of investigation of physical properties of plant material in the Institute of Agrophysics. Acta Agrophysica, nr 60, 177-196, 2002.
7. **Szot B., Stępniewski A.:** Wytrzymałość ziarna wybranych zbóż na obciążenia statyczne. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, z. 389, 118, 1991.
8. **Ślipek Z., Złobecki A.:** Wpływ obciążeń wielokrotnych na uszkodzenia ziarna. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 402, 197-203, 1992.

INFLUENCE OF MOISTURE CONTENT AND NITROGEN FERTILIZATION  
LEVEL ON GRAIN RESISTANCE PROPERTIES  
OF RYE CULTIVAR AMILO

*Janusz Laskowski, Adam Zdybel*

Department of Machine Operation in Food Industry, University of Agriculture  
ul. Doświadczalna 44, 20-236 Lublin  
e-mail: kemps@faunus.ar.lublin.pl

**Abstract.** An impact of humidity and nitrogen fertilization level on the resistance properties of a rye cultivar Amilo were presented. During the experiment, curves of the kernel compression test were recorded. On the basis on the curves obtained, some chosen resistant properties were evaluated. Statistic analysis showed that moisture content and nitrogen fertilization exert a significant influence on the parameters described.

**Key words:** rye, humidity, nitrogen fertilization, resistance properties