

WPLYW WILGOTNOŚCI STRĄKÓW FASOLI I WIELOKROTNEGO NAWILŻANIA NA SIŁĘ POTRZEBNĄ DO ICH OTWARCIA

Piotr Kuźniar, Stanisław Sosnowski

Zakład Mechanizacji Rolnictwa, Uniwersytet Rzeszowski
ul. Ćwiklińskiej 2, 35-601 Rzeszów
e-mail: pkuzniar@univ.rzeszow.pl, ssos@univ.rzeszow.pl

Streszczenie. Praca dotyczy badań wpływu wilgotności strąków fasoli i wielokrotnego nawilżania na wielkość siły potrzebnej do ich otwarcia. Pomiary wykonano na strąkach pięciu odmian fasoli (Aura, Bor, Igołomska, Nida, Proсна), przy pięciu poziomach wilgotności oraz po 2, 4 i 6-krotnym nawilżaniu. Dla wszystkich badanych odmian odnotowano wzrost siły potrzebnej do otwarcia strąków, wraz ze zwiększaniem ich wilgotności. Oznacza to, że naprężenia wewnętrzne w sklerenchymie dążące do otwarcia strąka wzrastają w miarę jego wysychania, więc zmniejsza się siła potrzebna do jego otwarcia. Wraz ze zwiększaniem liczby nawilżeń nastąpił spadek wartości siły rozrywającej strąki wszystkich badanych odmian fasoli. Jednak spadek ten był statystycznie istotny, w stosunku do strąków nie nawilżanych, dopiero po czwartym nawilżeniu u odmiany Proсна i po sześciu nawilżeniach u pozostałych odmian.

Słowa kluczowe: strąk fasoli, podatność na pęknięcie, wilgotność, krotność nawilżeń

WSTĘP

Termin zbioru fasoli uprawianej na suche nasiona przypada w Polsce w latach cieplejszych na trzecią dekadę sierpnia, zaś w latach chłodniejszych i dżdżystych na pierwszą dekadę września, a czasem nawet później. Przy opóźnionym zbiorze, kiedy strąki są już przejrzałe, zwiększa się ilość nasion osypanych w wyniku dużej wrażliwości strąków na uderzenia. Osypywanie się nasion może znacznie wzrosnąć w okresie zmiennych warunków atmosferycznych, tj. występujących na przemian opadów i nasłonecznienia. Powoduje to powstanie w strąku sił dążących do jego otwarcia, co jest szczególnie istotne w przypadku zbioru fasoli odmian o łatwo pękających strąkach [1,7]. Podatność strąków na pęknięcie jest cechą odmianową, ale zależy również od ich wilgotności, im strąki są bardziej suche tym łatwiej pękają [2,12].

MATERIAŁ I METODY

Badania wykonano na strąkach pięciu odmian fasoli uprawianej na suche nasiona, przy pięciu poziomach wilgotności (tab. 1) i po 2, 4 i 6-krotnym nawilżaniu. W celu uzyskania odpowiednich wilgotności badanych prób, strąki nawilżano w tunelu foliowym do wilgotności ok. 28-30%, a następnie przesuszono w temperaturze ok. 20° C do otrzymania żądanej wartości. Podobnie postępowano ze strąkami dla osiągnięcia odpowiednich krotności nawilżeń. Liczebność próby wynosiła 100 strąków dla każdej badanej kombinacji.

Tabela 1. Średnie wartości wilgotności strąków badanych odmian fasoli (%)
Table 1. Average moisture content (%) of pods of studied bean varieties

Odmiana Variety	Poziom wilgotności Moisture content level				
	I	II	III	IV	V
Aura	11,0	14,0	18,1	20,0	26,8
Bor	10,2	14,2	17,7	21,5	25,1
Igołomska	12,2	13,9	17,3	20,3	26,7
Nida	11,7	14,0	17,9	21,9	25,0
Prosna	12,5	14,9	17,7	20,9	26,1
Średnia Average	11,5	14,2	17,7	20,9	25,9

Podatność strąków na pękanie wyznaczono za pomocą metody ciśnieniowej polegającej na określaniu wartości siły potrzebnej do ich otwarcia [5,9].

WYNIKI

Na podstawie analizy wariancji stwierdzono istotny wpływ odmiany fasoli i wilgotności łupin strąków na wielkość jednostkowej siły rozrywającej F_j . W oparciu o uzyskane wyniki zamieszczone w tabeli 2 najniższą podatność na pękanie wykazały strąki odmiany Igołomska i Bor, które wymagały do ich otwarcia średniej siły jednostkowej wynoszącej odpowiednio 0,537 i 0,535 N·mm⁻¹. Najwyższą podatnością na pękanie charakteryzowały się strąki odmiany Prosna, które pękały przy sile wynoszącej średnio tylko 0,324 N·mm⁻¹.

Przeprowadzona analiza istotności różnic za pomocą testu NIR (tab. 2) wykazała, że jedynie między odmianami Igołomska i Bor nie wystąpiły istotne różnice ze względu na średnią wielkość jednostkowej siły rozrywającej. Jednak analizując wartości jednostkowej siły rozrywającej dla badanych odmian przy

poszczególnych poziomach wilgotności, zaobserwowano mniejsze zróżnicowanie między odmianami przy niższej wilgotności, a większe przy wzroście zawartości wilgoci w strąkach. Odmiany Nida i Prosna, Igołomska i Aura, oraz Aura i Bor przy pierwszym poziomie wilgotności (11,5%) nie różniły się statystycznie istotnie. Zwiększanie wilgotności strąków spowodowało zróżnicowanie się wartości siły rozrywającej dla odmian Nida i Prosna. Dla poziomu wilgotności 25,9% największą podatność na pęknięcie wykazały strąki odmiany Prosna ($F_j = 0,398 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$), a najmniejszą strąki odmian Bor i Igołomska (F_j odpowiednio 0,694 i 0,677 $\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$).

Uzyskane wyniki badań (tab. 2, rys. 1) wskazują, że do piątego poziomu wilgotności (25,9 %) jednostkowa siła rozrywająca strąki fasoli zwiększała się dla wszystkich badanych odmian, za wyjątkiem tylko odmiany Igołomska, dla której siła ta zmniejszyła się przy najwyższym poziomie wilgotności. Jednak, jak wykazał test NIR, zmiany wartości siły rozrywającej przy najwyższym poziomie wilgotności były statystycznie istotne jedynie dla odmiany Nida.

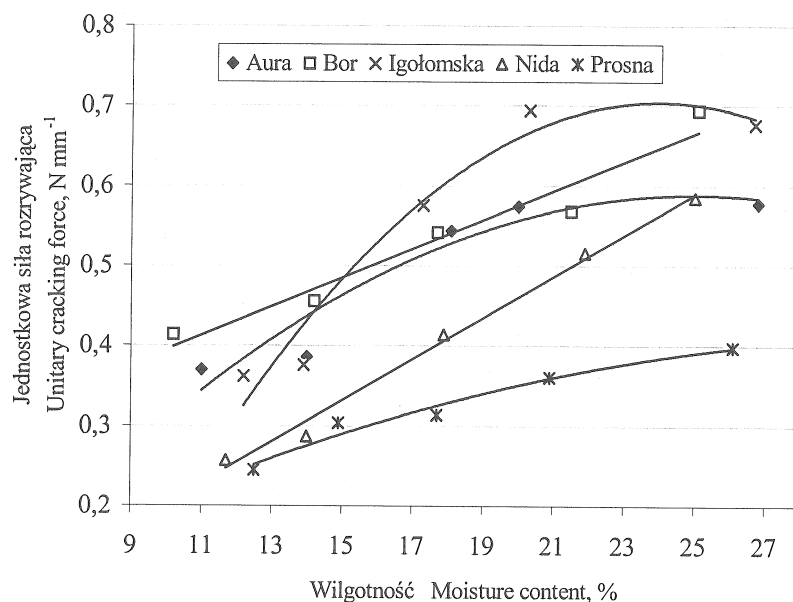
Tabela 2. Średnie wartości jednostkowej siły rozrywającej strąk F_j dla różnych wilgotności badanych odmian fasoli

Table 2. Average value of unitary pod cracking force F_j of studied bean varieties for different moisture content of the pod

Odmiana Variety	F_j ($\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$)					Średnie A Average A	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	Poziom wilgotności Moisture content level						
	I	II	III	IV	V		
Aura	0,370	0,386	0,544	0,574	0,578	0,490	0,072
Bor	0,414	0,456	0,542	0,568	0,694	0,535	0,055
Igołomska	0,362	0,376	0,576	0,694	0,677	0,537	0,083
Nida	0,257	0,287	0,414	0,516	0,585	0,412	0,044
Prosna	0,245	0,304	0,314	0,361	0,398	0,324	0,055
Średnie B Average B	0,330	0,362	0,478	0,543	0,586	0,460	0,021
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,046	0,052	0,069	0,067	0,076	0,022	

Dla odmian Aura, Igołomska i Prosna zależność między wilgotnością strąków fasoli a siłą potrzebną do ich otwarcia miała charakter funkcji II stopnia, a dla odmian Bor i Nida funkcji liniowej (rys. 1, tab. 3).

Wilgotność strąków nie wpływała jednakowo na wartość siły rozrywającej badanych odmian fasoli. Największy wpływ wystąpił dla odmiany Nida, u której w zadanym przedziale wilgotności siła ta zwiększyła się prawie 230%, zaś najmniejszy wzrost siły rozrywającej miał miejsce dla strąków odmiany Prosna – tylko 160%.



Rys. 1. Zależność jednostkowej siły rozrywającej strąki fasoli od wilgotności

Fig. 1. Unitary pod cracking force of studied bean cultivars versus pod moisture content

Tabela 3. Wartości współczynników równania opisującego zależność jednostkowej siły rozrywającej F_j od wilgotności strąków W

Table 3. Values of coefficients of equation describing dependence of unitary cracking force F_j on pod moisture content W

Odmiana Variety	a	b	c	R ²
$F_j = aW^2 + bW + c$				
Aura	-0,0012	0,0621	-0,1894	0,910
Igołomska	-0,0027	0,1309	-0,8653	0,954
Prosna	-0,0004	0,0265	-0,0155	0,969
$F_j = aW + b$				
Bor	0,0181	0,2145		0,949
Nida	0,0258	-0,0553		0,993

Wzrost krotności nawilżeń powodował spadek wartości siły rozrywającej strąki wszystkich badanych odmian fasoli (tab. 4). Przeprowadzona analiza wariancji potwierdziła istotny wpływ krotności nawilżeń na wartość jednostkowej siły rozrywającej wszystkich badanych odmian. Jednak na podstawie testu NIR

stwierdzono, że statystycznie istotny spadek podatności strąków na pękanie, w stosunku do strąków nie nawilżanych, miał miejsce po czterech nawilżeniach dla odmiany Prosna i sześciu nawilżeniach dla pozostałych odmian.

Tabela 4. Średnie wartości jednostkowej siły rozrywającej strąk F_j w zależności od krotności nawilżeń K_n dla badanych odmian fasoli

Table 4. Average unitary pod cracking force F_j of studied bean varieties versus their pod number of moistening K_n

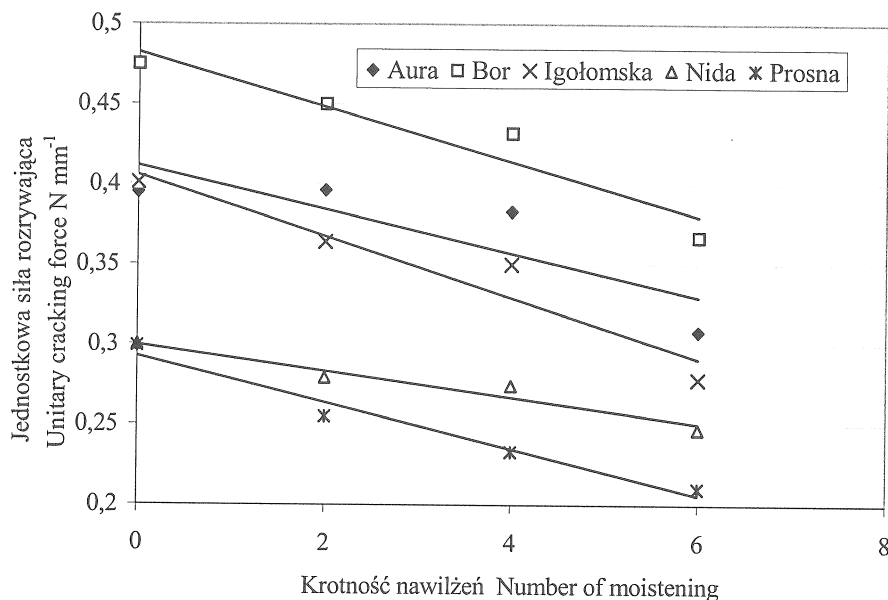
Odmiana Variety	F_j (N·mm ⁻¹)				Średnie A Average A	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	Krotność nawilżeń strąków Number of pod moistening					
	0	2	4	6		
Aura	0,395	0,392	0,383	0,308	0,371	0,060
Bor	0,475	0,450	0,432	0,367	0,431	0,067
Igołomska	0,401	0,364	0,351	0,278	0,348	0,076
Nida	0,300	0,279	0,274	0,247	0,275	0,040
Prosna	0,299	0,255	0,232	0,209	0,249	0,048
Średnie B Average B	0,374	0,349	0,334	0,282	0,335	0,029
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,064	0,055	0,061	0,030	0,030	

Zależność między wartościami jednostkowej siły rozrywającej, a krotnością nawilżeń strąków miała charakter funkcji liniowej (rys. 2, tab. 5). Największy wpływ nawilżania i suszenia strąków na wzrost ich podatności na pękanie wystąpił u odmiany Igołomska, a najmniejszy u odmiany Bor. U tych odmian jednokrotne nawilżanie spowodowało średni spadek siły rozrywającej odpowiednio o 0,019 N·mm⁻¹ i 0,008 N·mm⁻¹.

Tabela 5. Wartości współczynników równania $F_j = aK_n + b$ opisującego zależność jednostkowej siły rozrywającej F_j od krotności nawilżeń strąków K_n

Table 5. Values of coefficients of equation $F_j = aK_n + b$ describing dependence of unitary cracking force F_j on pod number of moistening K_n

Odmiana Variety	a	b	R ²
Aura	-0,013	0,410	0,711
Bor	-0,017	0,482	0,914
Igołomska	-0,019	0,406	0,920
Nida	-0,008	0,299	0,943
Prosna	-0,014	0,293	0,968



Rys. 2. Zależność jednostkowej siły rozrywającej od krotności nawilżeń strąków fasoli
 Fig. 2. Unitary pod cracking force of studied bean varieties versus their pod number of moistening

DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały, że oprócz zróżnicowania odmianowego istnieje silny wpływ wilgotności łupin strąków na siłę potrzebną do ich otwarcia. U wszystkich badanych odmian fasoli odnotowano spadek wartości jednostkowej siły rozrywającej potrzebnej do otwarcia strąków wraz ze zmniejszaniem ich wilgotności. Zależność ta wynika z budowy endokarpium strąka, którego warstwy w trakcie wysychania kurczą się w różnych kierunkach i powstają naprężenia wewnętrzne dążące do otwarcia strąka [3,4,10]. Do otwarcia strąka dochodzi natomiast, gdy siła spójności szwu zostanie zrównoważona przez siłę wewnętrzną powstającą podczas jego wysychania i siłę zewnętrzną, potrzebną do rozerwania szwu [6,7]. Jeśli przyjąć, że siła spójności szwu jest stała, to gdy rosną naprężenia wewnętrzne w strąku - wraz ze spadkiem jego wilgotności - wówczas maleje również wartość siły zewnętrznej potrzebnej do rozerwania szwu owocu o mniejszej wilgotności.

Odnotowany, przy piątym poziomie wilgotności (26,7%), spadek siły rozrywającej potrzebnej do otwarcia strąków odmiany Igołomska w połączeniu ze

statystycznie istotnym wzrostem tej siły dla pozostałych odmian (za wyjątkiem odmiany Nida) może wskazywać, że przy dalszym zwiększaniu wilgotności strąków będą one łatwiej pękać. Na taką prawidłowość wskazują badania przeprowadzone na strąkach ciecierzycy [2], soi [12] i łuszczynach rzepaku [8,11], które wykazały, że przy bardzo dużej zawartości wilgoci wytrzymałość szwu strąka maleje.

Przeprowadzone badania potwierdziły wpływ wielokrotnego nawilżania i suszenia strąków fasoli na zwiększenie ich podatności na pękanie. Statystycznie istotne zmniejszenie siły potrzebnej do otwarcia strąków odmiany Prosna miało miejsce po czterech nawilżeniach, zaś u pozostałych odmian po sześciu.

WNIOSKI

1. Podatność na pękanie strąków badanych odmian fasoli była zróżnicowana i zależała od ich wilgotności.

2. Najbardziej podatnymi na pękanie strąkami charakteryzowała się odmiana Prosna. Otwierały się one przy jednostkowej sile rozrywającej, wynoszącej średnio $0,324 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$. Najbardziej odporne strąki na pękanie występowały u odmiany Igołomska i Bor. Siła potrzebna do ich otwarcia wynosiła odpowiednio $0,537$ i $0,535 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$.

3. Wzrost wilgotności strąków fasoli w granicach 10,2-21,9% powodował przyrost wartości jednostkowej siły rozrywającej potrzebnej do otwarcia strąków wszystkich badanych odmian. Zwiększanie wilgotności strąków powyżej 26% spowodowało nieznaczny spadek siły rozrywającej u odmiany Igołomska, zaś dla pozostałych odmian nastąpił jej wzrost, ale statystycznie istotny jedynie u odmiany Nida.

4. Proces nawilżania i suszenia strąków badanych odmian fasoli wpływał na spadek wartości jednostkowej siły rozrywającej strąki. Statystycznie istotny wzrost podatności strąków na pękanie, w stosunku do strąków nie nawilżanych, wystąpił dopiero po czterech cyklach nawilżeniach dla odmiany Prosna i sześciu dla pozostałych odmian.

PIŚMIENNICTWO

1. **Bieganowski F., Bichta H.:** Zbiór i omłot fasoli na suche nasiona. I Ogóln. Konf. Nauk. „Strączkowe Rośliny Białkowe. FASOLA”, Lublin 25.11.1994, 81-91, 1994.
2. **Dutt B. K., Datta A. C.:** Dynamic and quasi-static force and energy requirement for detachment and breakage of chickpea pedicel and pod. Transaction of the ASAE, 2, 309-318, 1999.
3. **Esau K.:** Anatomia roślin. PWRiL, Warszawa, 1973.
4. **Hejnowicz Z.:** Anatomia i histogeneza roślin naczyniowych. PWN, Warszawa, 1985.

5. **Kuźniar P., Sosnowski S.:** Attempt to determine bean-pod susceptibility to cracking. *Int. Agrophysics*, 14, 197-20, 2000.
6. **Strobel W.:** Badanie wpływu grubości warstwy sklerenchymy strąków łubinu na ich podatność na pękanie. *Polskie Towarzystwo Agrofizyczne, I Zjazd Naukowy, Lublin, 19.09.1997*, 89-91, 1997.
7. **Szot B., Tys J.:** Przyczyny osypywania się nasion roślin oleistych i strączkowych oraz metody oceny tego zjawiska. *Problemy Agrofizyki*, 29, 1979.
8. **Szot B., Tys J., Szpryngiel M., Grochowicz M.:** Estimation of the influence of rape siliques moisture on their resistance properties and on the amount of losses at harvesting. *Proceedings of the 4 ICPP Agricultural Materials, Rostock, Niemcy, 810-814*, 1989.
9. **Szwed G., Fałęcki A., Tys J.:** Metoda oceny wytrzymałości strąków na pękanie. *Mat. Konf. „Łubin- kierunki badań i perspektywy użytkowe”*, Poznań, 331-337, 1996.
10. **Tomaszewska Z.:** Wstępne badania nad anatomią strąków łubinu. *Acta Agrobotanica*, 2, 151-171, 1954.
11. **Tys J.:** Czynniki kształtujące właściwości agrofizyczne rzepaku. *Acta Agrophysica*, 6, 1997.
12. **Weeks S. A., Wolford J. C., Kleis E. W.:** A Tensile Testing Method for Determining the Tendency of Soybean Pods to Dehisce. *Trans. ASAE*, 3, 471- 474, 1975.

INFLUENCE OF MOISTURE OF BEAN PODS AND REPEATED MOISTENING ON FORCE REQUIRED FOR THEIR OPENING

Piotr Kuźniar, Stanisław Sosnowski

Department of Agricultural Mechanization, University of Rzeszów, Poland
ul. Ćwiklińskiej 2, 35-601 Rzeszów
e-mail: pkuzniar@univ.rzeszow.pl, ssos@univ.rzeszow.pl

Abstract. The paper focuses the study of influence of moisture of bean pods and repeated moistening on force required to their opening. Measurements were done on pods of five varieties of bean (Aura, Bor, Igołomska, Nida, Prosna), at five moisture content levels and after repeated moistening of 2, 4 and 6 times. Result showed increasing force required to pods opening with an increase in pod moisture. It means, that inner stress in sklerenchyma, responsible for pod opening, increases with pod drying, causing decrease in force to pod opening. It was observed decreasing value of cracking force with increase of repeated moistening for all varieties. Decrease in force was significant after four times in moistening for Prosna and six times in moistening for all remaining varieties.

Key words: bean pod, susceptibility to cracking, moisture content, repeated moistening