

ENERGIA OTWARCIA STRĄKÓW FASOLI PRZY ZRÓŻNICOWANYM NAWOŻENIU AZOTEM*

Piotr Kuźniar

Katedra Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej, Uniwersytet Rzeszowski

Streszczenie. Praca zawiera wyniki badań wpływu nawożenia azotowego na energię potrzebną do otwarcia strąków fasoli uprawianej na suche nasiona odmian Narew, Nida, Warta i Wawelska wykonane w latach 2008-2010. Zastosowano cztery dawki azotu: 0, 30, 60 i 90 kg·ha⁻¹. Najbardziej podatnymi na pękanie strąkami charakteryzowała się odmiana Nida (energia otwarcia 127,1mJ), a najmniej podatne na pękanie strąki odnotowano u odmiany Wawelska (energia otwarcia 273,9mJ). Zwiększenie dawki azotu od 0 do 90 kg·ha⁻¹ spowodowało prawie dwukrotny wzrost wartości energii otwarcia strąków fasoli odmian Nida i Warta, co można wytłumaczyć zmniejszeniem grubości warstwy włókien w ich łupinach.

Słowa kluczowe: strąk fasoli, energia otwarcia, nawożenie azotowe

Wstęp

Główną niekorzystną cechą roślin strączkowych jest skłonność do pęknięcia ich strąków i osypywania się nasion, przed jak i w trakcie zbioru [Furtak, Zaliwski 1986, Kuźniar, Sosnowski 2003, Szot, Tys 1979]. Podatność strąków na pękanie jest cechą odmianową i jest uwarunkowana przede wszystkim ich budową i kształtem w płaszczyźnie przekroju poprzecznego [Kuźniar, Sosnowski 2002, Szwed i in. 1997]. Z elementów budowy wewnętrznej strąków o ich podatności na pękanie decyduje m.in. zawartość i struktura włókna w ściankach ich łupin i szwach, na którą istotnie wpływają warunki meteorologiczne w okresie wegetacji oraz rodzaj i ilość zastosowanych nawozów [Dorna, Ducznal 1994, Hejnowicz 1985, Kuźniar, Strobel 2000, Strobel 2003, Tomaszewska 1954 i 1964].

Celem pracy była ocena wpływu zróżnicowanego nawożenia azotowego na wielkość energii potrzebnej do otwarcia strąków fasoli odmian uprawianych na suche nasiona.

Obiekt i metodyka badań

Badania wykonano w latach 2008-2010, których wybrane elementy meteorologiczne przedstawiono w tabeli 1. Fasolę uprawiano na polu doświadczalnym Katedry Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej w Rzeszowie. Doświadczenia założono w układzie bloków

* Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007-2010 realizowana była w ramach projektu badawczego N N310 2242 33.

losowanych w czterech powtórzeniach. Przedsięwzięcie zastosowano cztery dawki azotu: 0, 30, 60 i 90 kg·ha⁻¹, oraz stałą dawkę fosforu: 60 kg·ha⁻¹ i potasu: 120 kg·ha⁻¹.

Tabela 1. Średnie temperatury i wilgotności względne powietrza oraz sumy opadów dla okresu wegetacyjnego fasoli (maj-wrzesień)

Table 1. Average temperatures, relative air humidity and total precipitation for the bean growing season (from May to September)

| Lata | Średnia temperatura powietrza [°C] | Suma opadów [mm] | Średnia wilgotność względna powietrza [%] |
|------|------------------------------------|------------------|---|
| 2008 | 16,5 | 468,1 | 75,8 |
| 2009 | 16,8 | 424,3 | 73,7 |
| 2010 | 17,7 | 669,3 | 77,8 |

Źródło: Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Oddział w Krakowie

Badane odmiany fasoli charakteryzowały się zróżnicowaną wielkością strąków i liczbą nasion w nich zawartych (tab. 2).

Tabela 2. Charakterystyka strąków (średnie z lat 2008-2010) badanych odmian fasoli

Table 2. Pod characteristics (average values from 2008-2010) of tested bean cultivars

| Wyszczególnienie | Jednostka | Narew | Nida | Warta | Wawelska |
|------------------------|-----------|--------|--------|---------|----------|
| Wymiary strąków: | | | | | |
| długość | [mm] | 93,3 a | 92,6 a | 108,0 b | 115,3 c |
| szerokość | [mm] | 10,0 b | 10,0 b | 9,6 a | 10,8 c |
| grubość | [mm] | 9,7 c | 9,0 b | 8,8 a | 9,3 c |
| Liczba nasion w strąku | [szt.] | 4,8 c | 4,2 b | 4,5 b | 3,9 a |

*różne litery w wierszach oznaczają istotność różnic przy poziomie $\alpha = 0,05$

*different letters in row signify significant differences for the significance level $\alpha = 0.05$

Źródło: obliczenia własne

Energię potrzebną do otwarcia strąka wyznaczono metodą ciśnieniową [Kuźniar, Sosnowski 2007, Szwed i in. 1999] polegającą na rozrywaniu strąka przez sprężone powietrze (rys. 1) z zależności:

$$E = \frac{3}{2} pV \quad [\text{J}] \quad (1)$$

gdzie:

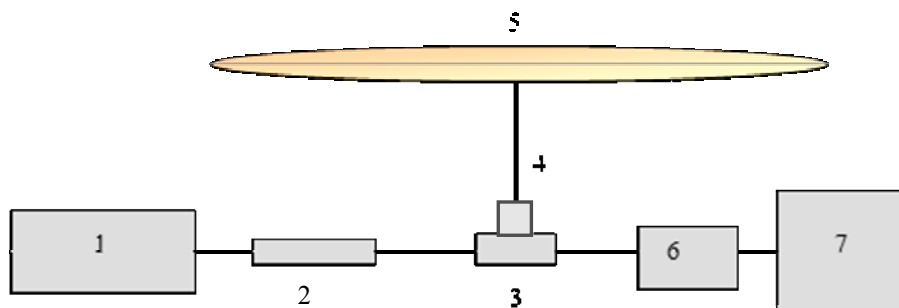
E – energia otwarcia strąka [J],

p – ciśnienie powietrza w strąku w momencie jego pęknięcia [Pa],

V – przybliżona objętość strąka [m³].

Objętość powietrza w strąku określono modyfikowaną metodą piknometryczną [Kuźniar, Sosnowski 2007, Kuźniar 2008].

Pomiary wykonano na 10 strąkach dla każdego badanego wariantu (powtórzenia), przy ich wilgotności mieszczącej się w przedziale 12,4-13,8%. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej za pomocą programu Statistica 9, którym wykonano analizę wariancji i test istotności NIR.

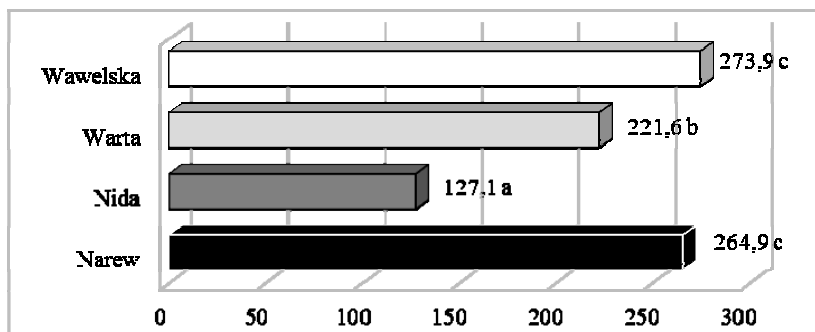


Rys. 1. Stanowisko pomiarowe do określania podatności strąków na pękanie za pomocą metody ciśnieniowej: 1 – zbiornik sprężonego powietrza, 2 – zawór odcinający i dławiący, 3 – trójnik, 4 – igła, 5 – badany strąk, 6 – czujnik ciśnienia, 7 – komputer

Fig. 1. Measurement stand for determining bean pods susceptibility for cracking with the use of the pressure method: 1 – compressed air tank, 2 – pressure gauge and cut-off valve, 3 – T-tube, 4 – needle, 5 – tested pod, 6 – pressure sensor, 7 – computer

Wyniki badań

Najbardziej podatnymi na pękanie strąkami charakteryzowała się odmiana Nida (rys. 2). Do ich otwarcia potrzebna była statystycznie istotnie najmniejsza energia wynosząca średnio 127,1 mJ). Strąki najbardziej odporne na pękanie odnotowano u odmian Wawelska i Narew, dla których energia otwarcia wyniosła odpowiednio 273,9 i 264,9 mJ.



* różne litery oznaczają istotność różnic przy poziomie $\alpha = 0,05$

*different letters denote significance of differences for the level $\alpha = 0.05$

Rys. 2. Średnia trzyletnia energia otwarcia [mJ] strąków badanych odmian fasoli

Fig. 2. Three years average pods opening energy [mJ] of the tested bean cultivars

Wartości energii otwarcia strąków fasoli badanych odmian z lat 2008-2010 dla zastosowanych dawek azotu przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Energia otwarcia [mJ] strąków badanych odmian fasoli dla stosowanych dawek azotu
 Table 3. Pod opening energy [mJ] of the tested bean cultivars for the applied doses of nitrogen

| Odmiana | Lata | Dawka azotu [kg·ha ⁻¹] | | | | Średnia |
|----------|------|---------------------------------------|----------|----------|---------|------------|
| | | 0 | 30 | 60 | 90 | |
| Narew | 2008 | 249,9 ab | 372,7 b | 325,9 ab | 215,0 a | 290,8 II |
| | 2009 | 187,0 a | 162,7 a | 180,8 a | 188,9 a | 179,8 I |
| | 2010 | 343,9 a | 330,0 a | 232,1 a | 390,3 a | 324,1 II |
| Nida | 2008 | 124,3 a | 164,0 a | 71,6 a | 194,6 a | 138,6 I |
| | 2009 | 81,3 a | 105,2 a | 147,6 a | 123,5 a | 114,4 I |
| | 2010 | 77,6 a | 152,5 a | 84,9 a | 198,2 a | 128,3 I |
| Warta | 2008 | 178,0 a | 233,0 ab | 316,7 b | 316,8 b | 261,1 II |
| | 2009 | 114,5 a | 297,6 b | 197,2 ab | 253,0 b | 215,6 I-II |
| | 2010 | 141,3 a | 214,4 a | 147,5 a | 249,8 a | 188,2 I |
| Wawelska | 2008 | 227,8 a | 218,6 a | 417,4 b | 273,0 a | 284,2 I |
| | 2009 | 303,7 a | 297,0 a | 261,3 a | 236,8 a | 274,7 I |
| | 2010 | 238,3 a | 243,4 a | 284,6 a | 285,4 a | 262,9 I |

*różne litery w wierszach i cyfry rzymskie w kolumnie oznaczają istotność różnic przy poziomie $\alpha = 0,05$

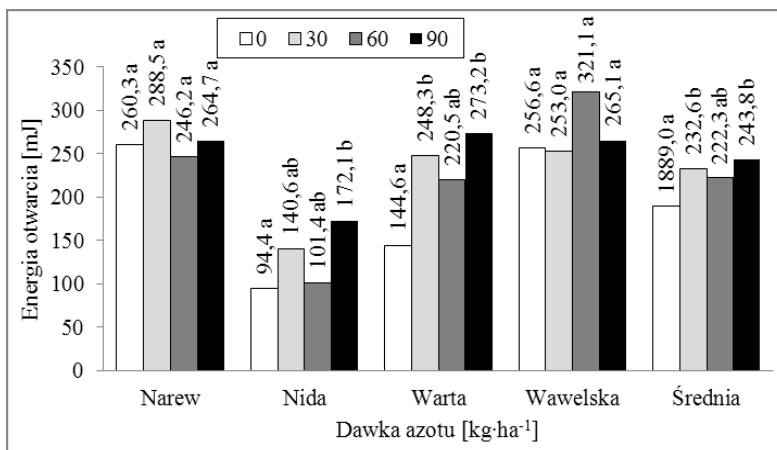
*different letters in row and Roman numerals in column signify significant differences for the significance level $\alpha = 0.05$)

Źródło: obliczenia własne

Analizując wyniki zamieszczone w tabeli 3 należy stwierdzić, że energia otwarcia strąków badanych odmian fasoli była zróżnicowana i zależała od dawki azotu i lat. Strąki Nidy, Warty i Wawelskiej zdecydowanie najmniejszą podatnością charakteryzowały się w roku 2008, a odmiany Narew w roku 2010. Najłatwiej pękały zaś strąki odmian Narew i Nida w roku 2009 a odmian Warta i Wawelska w roku 2010. Obliczone współczynniki korelacji średniej energii otwarcia strąków badanych odmian fasoli ze średnią temperaturą powietrza (-0,1212), sumą opadów (0,3072) i średnią wilgotnością względną powietrza (0,6234) wskazują, że w latach charakteryzujących się wyższą temperaturą i niższą wilgotnością względną powietrza, oraz niskimi opadami strąki fasoli wymagają do otwarcia mniejszej energii. Potwierdza to wnioski Dorny i Duczmala [1994], że gdy podczas wegetacji występują wysokie temperatury i mała wilgotność powietrza oraz niskie opady to włókna w strąkach jest nieco więcej. Zaś gdy w strąkach jest więcej włókna to łatwiej się one otwierają [Tomaszewska 1954 i 1964].

Dla odmiany Nida zmiany energii otwarcia ze wzrostem dawki azotu nie były istotne statystycznie w żadnym roku badań. W przypadku odmian Narew i Wawelska odnotowano występowanie istotnych zmian energii otwarcia tylko w roku 2008, zaś u odmiany Warta w latach 2008 i 2009.

Zamieszczone na rysunku 2 dane wskazują, że zastosowane dawki azotu nie miały istotnego wpływu na energię potrzebną do otwarcia strąków fasoli odmian Narew i Wawelska. Natomiast dla odmian Nida i Warta widoczna jest słaba tendencja wzrostowa energii potrzebnej do otwarcia strąków ze zwiększaniem dawki azotu. Energia potrzebna do otwarcia strąków tych odmian fasoli wzrosła prawie dwukrotnie ze zwiększeniem dawki azotu od 0 do 90 kg·ha⁻¹.



*różne litery oznaczają istotność różnic przy poziomie $\alpha = 0,05$

*different letters denote significant differences for the significance level $\alpha = 0.05$)

Rys. 3. Średnie trzyletnie wartości energii otwarcia strąków badanych odmian fasoli dla zastosowanych dawek azotu

Fig. 3. Three years average pods opening energy of the tested bean cultivars for the applied doses of nitrogen

Wzrost energii potrzebnej do otwarcia strąków fasoli odmian Nida i Warta ze zwiększeniem dawki azotu od 0 do 90 kg·ha⁻¹ jest skorelowany ujemnie z grubością warstwy włókien w łupinach ich strąków (tab. 4), czyli zmniejszenie grubości tego elementu budowy strąka powoduje wzrost wartości energii potrzebnej do jego otwarcia.

Tabela 4. Średnie trzyletnie grubości [μm] warstwy włókien łupin strąków badanych odmian fasoli dla zastosowanych dawek azotu i współczynniki korelacji z energią otwarcia

Table 3. Three years average pods opening energy of the tested bean cultivars for the applied doses of nitrogen and their correlation coefficients with the energy of the opening

| Dawka azotu [kg·ha ⁻¹] | Narew | Nida | Warta | Wawelska | Średnia |
|------------------------------------|---------|---------|---------|----------|---------|
| 0 | 82,2 b | 72,5 b | 89,4 c | 98,2 a | 85,5 b |
| 30 | 83,8 b | 58,6 b | 73,6 b | 88,5 a | 76,1 ab |
| 60 | 79,1 ab | 68,3 ab | 71,8 b | 95,8 a | 78,8 ab |
| 90 | 65,4 a | 69,5 ab | 54,4 a | 99,4 a | 72,2 a |
| Wsp. korelacji z energią otwarcia | 0,2242 | -0,3276 | -0,9219 | 0,1696 | -0,9916 |

*różne litery w kolumnach oznaczają istotność różnic przy poziomie $\alpha = 0,05$

*different letters in columns denote significant differences for the significance level $\alpha = 0.05$)

Źródło: obliczenia własne

Potwierdza to wniosek Tomaszewskiej [1954], że łatwiej pękają strąki w których łupinie warstwa włókien zbudowana z komórek sklerenchymatycznych jest grubsza, gdyż

podczas ich wysychania w łupinie powstają większe naprężenia dążące do otwarcia tego owocu. Dla strąków Narwi ze wzrostem dawki azotu grubość warstwy włókien również uległa istotnemu zmniejszeniu jednak dodatni współczynnik korelacji z energią otwarcia oznacza, że strąki tej odmiany charakteryzujące się grubszą warstwą włókien są mniej podatne na pęknięcie. Świadczy to, że o podatności na pęknięcie strąków tej odmiany w większym stopniu decydują inne elementy ich budowy niż grubość warstwy włókien.

Wnioski

1. Najbardziej podatnymi na pęknięcie strąkami charakteryzowała się odmiana Nida, które otwierały się przy energii wynoszącej średnio 127,1 mJ. Strąki najmniej podatne na pęknięcie odnotowano zaś u odmiany Wawelska. Wymagały one do otwarcia istotnie większej energii wynoszącej 273,9 mJ.
2. W latach, w których występowała wyższa temperatura i mała wilgotność względna powietrza oraz niskie opady strąki wymagały do otwarcia mniejszej energii.
3. Zwiększenie dawki azotu od 0 do 90 kg·ha⁻¹ spowodowało istotny wzrost energii potrzebnej do otwarcia strąków fasoli odmian Nida i Warta, nie wpłynęło istotnie na energię otwarcia strąków Narwi i Wawelskiej.
4. Wzrost wartości energii potrzebnej do otwarcia strąków fasoli odmian Nida i Warta, ze zwiększaniem dawki azotu wynikał ze zmniejszenia grubości ich warstwy włókien.

Bibliografia

- Dorna H., Duczmal K. W.** 1994. Wpływ warunków klimatycznych na formowanie włókna w szwach strąków fasoli zwykłej (*Phaseolus vulgaris* L.). I Ogóln. Konf. Nak. Strączkowe Rośliny Białkowe. FASOLA, Lublin 25.11.1994. s. 135-138.
- Furtak J., Zaliwski A.** 1986. Badania nad zbiorem mechanicznym nasion fasoli. Roczniki. Nauk Rolniczych, ser. Technika Rolnicza. Nr 2. s. 127-140.
- Hejnowicz Z.** 1985. Anatomia i histogeneza roślin naczyniowych. PWN, Warszawa.
- Kuźniar P., Sosnowski S.** 2002. Relation between the bean pod shape factor and force required for pod opening. International Agrophysics. Nr 2(16). s. 129-132.
- Kuźniar P., Strobel W.** 2000. Określenie wpływu grubości sklerenchymy strąków fasoli na ich podatność na pęknięcie. Acta Agrophysica. Nr 37(14). s. 113-117.
- Kuźniar P., Sosnowski S.** 2003. Podatność strąków na pęknięcie a wielkość strat nasion fasoli podczas mechanicznego zbioru. Acta Agrophysica. Nr 1(2). s. 113-118.
- Kuźniar P., Sosnowski S.** 2007. The attempt of measuring the air volume in bean pods. TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. Nr 7A. s. 68-72.
- Kuźniar P.** 2008. The energy of bean-pod opening and the method of determining air volume therein. MOTROL- Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. Nr 10. s. 73-77.
- Szot B., Tys J.** 1979. Przyczyny osypywania się nasion roślin oleistych i strączkowych oraz metody oceny tego zjawiska. Problemy Agrofizyki. Nr 29.
- Szwed G., Strobel W., Tys J.** 1997. Mechanizmy rządzące procesami pęknięcia strąków łubinu. Mat. Konf. Łubin we współczesnym rolnictwie, Olsztyn 25-27.06.1997. s. 107-112.
- Szwed G., Tys J., Strobel W.** 1999. Pressurized methods for grading the vulnerability of pods splitting. International Agrophysics. Nr 3(13). s. 391-395.

- Tomaszewska Z.** 1954. Wstępne badania nad anatomią strąków łubinu. Acta Agrobotanica. Nr 2. s. 151-171.
- Tomaszewska Z.** 1964. Badania morfologiczne i anatomiczne łuszczyń kilku odmian rzepaku i rzepiku ozimego oraz przyczyny i mechanizm ich pęknięcia. Hodowla Roślin. Aklimatyzacja i Nasiennictwo. Nr 2. s. 147-180.

OPENING ENERGY OF BEAN PODS AT DIVERSIFIED NITROGEN FERTILIZATION

Abstract. The study presents results of the research on the influence of nitrogen fertilization on energy needed for opening the bean pods cultivated for dry seeds of Narew, Nida, Warta and Wawelska varieties, carried out in 2008-2010. The following four doses of nitrogen were applied: 0; 30; 60 and 90 kg·ha⁻¹. A Nida cultivar was characterized by the most cracking susceptible pods (opening energy 127.1 mJ), and Wawelska variety was the least susceptible to cracking (opening energy 273.9 mJ). Increasing a dose of nitrogen from 0 to 90 kg·ha⁻¹ caused a double growth of the opening energy value of bean pods for Nida and Warta varieties, what may be justified by decreasing the thickness of fibers layer in their husks.

Key words: bean pod, opening energy, nitrogen fertilization

Adres do korespondencji:

Piotr Kuźniar; e-mail: pkuzniar@univ.rzeszow.pl
Katedra Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej
Uniwersytet Rzeszowski
ul. Zelwerowicza 4
35-601 Rzeszów