

## WPLYW WILGOTNOŚCI NA OPORY I PRACĘ PRZECINANIA NASION WYBRANYCH ROŚLIN

*A. Figiel, J. Frontczak*

Instytut Inżynierii Rolniczej AR, ul. Chelmońskiego 37/41, 51-630 Wrocław

**Streszczenie:** Badaniom poddano nasiona bobiku, fasoli, grochu, soi, kukurydzy i pszenżyta o wilgotności od ok. 10% do ponad 30% uzyskanej w wyniku nawilżania. Wyznaczono opory i pracę przecinania, a także prace towarzyszące zgniataniu krawędzią ostrza, cięciu właściwemu oraz docinaniu. Do przecinania użyto noża o grubości 1,75 mm i kącie ostrza 20°. Wpływ wilgotności na opory przecinania nasion przedstawiono przy użyciu malejących funkcji wykładniczych. Największe opory występowały podczas przecinania nasion bobiku oraz grochu, a najmniejsze podczas przecinania ziaren pszenżyta. Podobnie zmieniała się praca przecinania i prace towarzyszące zgniataniu krawędzią ostrza oraz cięciu właściwemu. Zależność prac docinania od wilgotności nasion przedstawiono przy użyciu funkcji liniowych: malejących dla fasoli i kukurydzy oraz rosnących dla bobiku i pszenżyta.

**Słowa kluczowe:** nasiona, wilgotność, przecinanie, opory, praca.

### WSTĘP

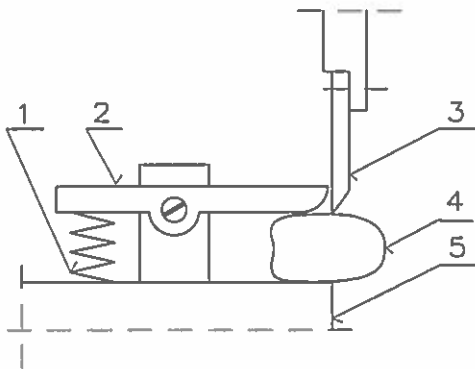
Znajomość oporów oraz pracy przecinania nasion jest ważna nie tylko z uwagi na uszkodzenia zachodzące podczas zbioru i transportu [7] ale także w związku z koniecznością rozdrabniania surowca dla pozyskania określonego produktu lub półproduktu o cechach sprzyjających dalszym procesom technologicznym [2,9]. Cięcie materiałów rolniczych takich jak kolby kukurydzy [6], łodygi [5], czy też owoce [8] nie jest zagadnieniem nowym. Jednak niewiele prac dotyczy przecinania samych nasion [10]. Nasiona poszczególnych gatunków różnią się między sobą zarówno kształtem i wymiarami [4] jak i wytrzymałością na ściskanie [3]. Różnice te sprawiają, że opór i energia przecinania nasion mogą

przyjmować skrajnie różne wartości często trudne do przewidzenia. Ponadto istotnym czynnikiem kształtującym cechy mechaniczne nasion jest ich wilgotność, która ulega zmianie nie tylko podczas suszenia ale także w wyniku nawilżania [1].

Celem podjętych badań było wyznaczenie oporów oraz pracy przecinania nasion wybranych roślin w funkcji ich wilgotności.

#### MATERIAŁ I METODY

Badaniom wpływu wilgotności na pracę i opory przecinania poddano nasiona pszenżyta, kukurydzy, soi, bobiku, grochu i fasoli. Badany materiał został nawilżony wodą destylowaną. Użyto przy tym mieszarki z obracającymi się pojemnikami o pojemności 1 litra. Testy przecinania wykonywano na stanowisku (rys.1) współpracującym z maszyną wytrzymałościową INSTRON 5566, której głowica o zakresie pomiarowym do 1 kN wymuszała przemieszczenie noża z prędkością 1,2 mm/min.

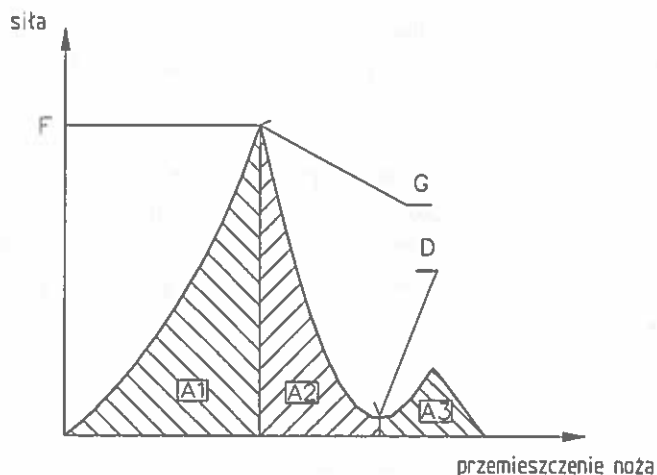


Rys. 1. Stanowisko do przecinania nasion. 1 - sprężyna, 2 - dźwignia, 3 - nóż, 4 - nasienie, 5 - podstawa.

Fig. 1. Stand for seed cutting. 1 - spring, 2 - lever, 3 - knife, 4 - seed, 5 - base.

Grubość noża była równa 1,75 mm, a kąt ostrza wynosił 20°. Przecinanie nasion roślin strączkowych odbywało się w kierunku prostopadłym do płaszczyzny przylegania liścieni. Początek cięcia ziaren pszenżyta następował od strony grzbietowej. Linia cięcia dla kukurydzy przebiegała równoległe do osi ziarniaka, a dla pozostałych gatunków prostopadle do osi nasion w połowie ich długości. Wykonano po trzy powtórzenia dla każdej z trzynastu wilgotności mieszczących się w przedziale od wartości początkowej (różnej dla poszczególnych gatunków) do około 35%. Wynikiem próby przecinania była krzywa

(rys.2), na której wyodrębniono punkt G odpowiadający maksymalnej wartości siły tnącej stanowiącej opór przecinania oraz punkt D odpowiadający lokalnej minimalnej wartości siły tnącej. Pole pod krzywą, ograniczone punktem G, w którym następował początek pęknięcia przecinanej próbki, określono jako praca A1 (zgniatanie krawędzią ostrza). Pole pod krzywą, wyznaczone punktami G i D, określono jako praca A2 (cięcie właściwe), a pozostałe pole jako praca A3 (docinanie). Całkowite pole pod krzywą określono jako praca A0 (przecinanie). Praca A0 była sumą prac A1, A2 oraz A3.



Rys.2. Przykład krzywej przecinania.

Fig.2. Example of cutting curve.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Wpływ wilgotności na opory przecinania nasion badanych gatunków przedstawiono przy użyciu malejących funkcji wykładniczych (rys.3). Największe opory towarzyszyły przecinaniu nasion bobiku oraz grochu (120 N oraz 113 N dla wilgotności 15%) i przybierały coraz mniejsze wartości kolejno dla kukurydzy (63 N), fasoli (49 N), soi (26 N) i pszenżyta (17 N). Największe różnice oporów przecinania dotyczyły nasion suchych, a najmniejsze nasion o dużej wilgotności.

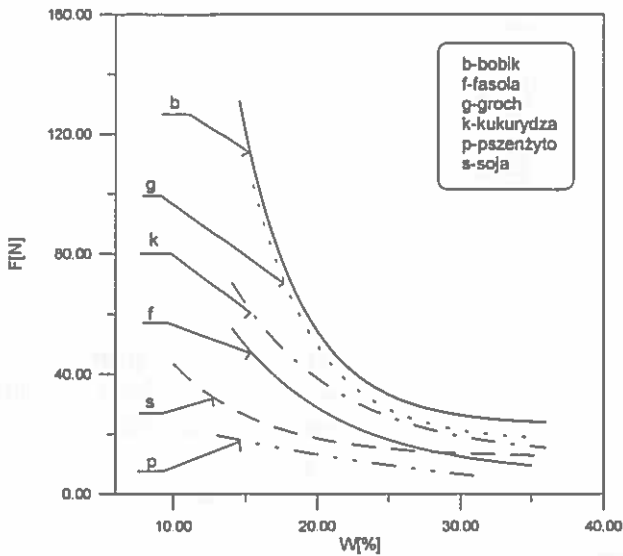
Praca przecinania także malała ze wzrostem wilgotności nasion, co można było przedstawić przy użyciu funkcji wykładniczych dla nasion roślin strączkowych i funkcji liniowej dla ziaren kukurydzy (rys.4). Wyjątkowo dla ziaren pszenżyta o wilgotności do 25% obserwowano wzrost wartości pracy przecinania.

Najwięcej energii wymagało przecięcie nasion grochu i bobiku, a najmniej ziaren pszenżyta. Wartości prac przecinania nasion o wilgotności 15% wynosiły: 374 mJ dla grochu, 332 mJ dla bobiku i tylko 11,4 mJ dla pszenżyta. Podobnie przedstawiały się zmiany prac towarzyszących zgniataniu krawędzią ostrza (rys.5) oraz cięciu właściwemu (rys.6). Natomiast zależność prac docinania nasion od wilgotności opisano funkcjami liniowymi (rys.7), przy czym funkcje te były wyraźnie malejące dla nasion fasoli i ziaren kukurydzy oraz rosnące dla nasion bobiku i ziaren pszenżyta. Niewielkim zmianom w całym zakresie wilgotności ulegały wartości pracy docinania nasion soi (tendencja wzrastająca) i grochu (tendencja malejąca).

Zróznicowanie wartości prac przecinania A0 nasion poszczególnych gatunków, potwierdzone zróznicowaniem o podobnym charakterze wartości oporów przecinania, świadczy, że na energię potrzebną do przecięcia nasion bardziej wpływają cechy mechaniczne (twardość, wytrzymałość) niż geometryczne (grubość, szerokość). Na przykład mały opór przecinania nasion fasoli (49 N) w porównaniu z oporem stawianym przez nasiona grochu (113 N) zdecydował o mniejszej wartości pracy przecinania (127 mJ wobec 374 mJ) mimo, że wiązało się z nią większe przemieszczenie noża (większa grubość nasion). Natomiast różnica między oporem przecinania ziaren kukurydzy i nasion fasoli nie była już tak duża i dlatego większe przemieszczenie noża mogło sprawić, że praca przecinania nasion fasoli (127 mJ) była większa niż praca przecinania ziaren kukurydzy (92 mJ). Niewielki, mimo spadku oporów przecinania, wzrost wartości pracy przecinania ziaren pszenżyta (od 10,4 do 17,5 mJ) w początkowej fazie nawilżania (od 13 do 22%), prawdopodobnie był związany ze zwiększeniem objętości, a tym samym grubości ziaren.

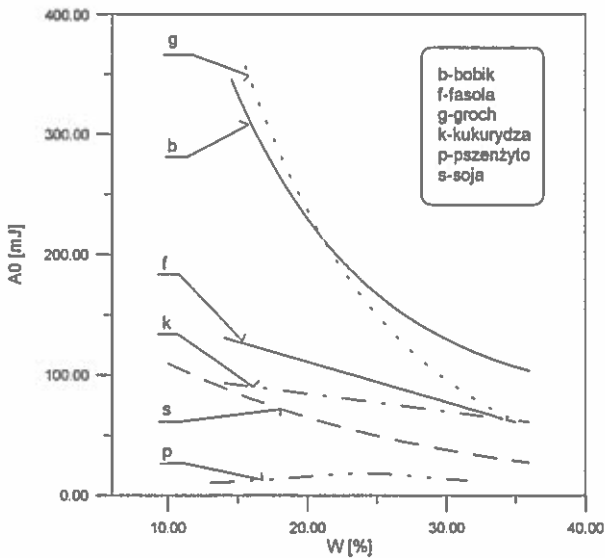
Na uwagę zasługuje fakt, że wartości prac przecinania nasion A0 są blisko dwukrotnie większe niż zbliżone do siebie wartości prac zgniatania krawędzią ostrza A1 i cięcia właściwego A2, wobec dużo mniejszych wartości prac docinania A3. Fakt ten potwierdzony był symetrią wykresów przecinania względem prostej prostopadłej do osi przemieszczenia noża i przechodzącej przez punkt odpowiadający maksymalnej wartości siły tnącej.

Wyraźny wzrost wartości pracy docinania A3 od 22,5 mJ do 40,5 mJ spowodowany wzrostem wilgotności nasion bobiku od 13 do 35%, związany z uelastycznieniem okrywy nasiennej, spowodował, że praca przecinania A0 wilgotnych nasion tego gatunku jest większa niż praca przecinania nasion grochu o takiej samej wilgotności (rys.4), dla których zaobserwowano większe opory przecinania (rys.3).



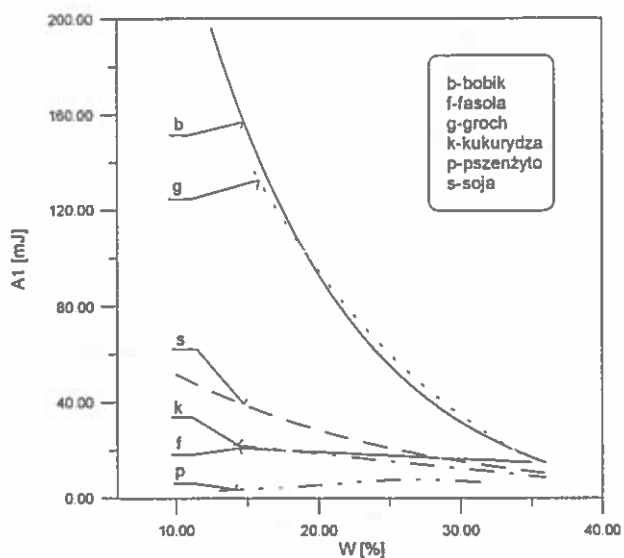
Rys. 3. Opory przycinania F nasion bobiku, fasoli, grochu, kukurydzy, pszenżyta i soi.

Fig. 3. The cutting resistance F of horse bean, bean, pea, maize, triticale and soya seeds



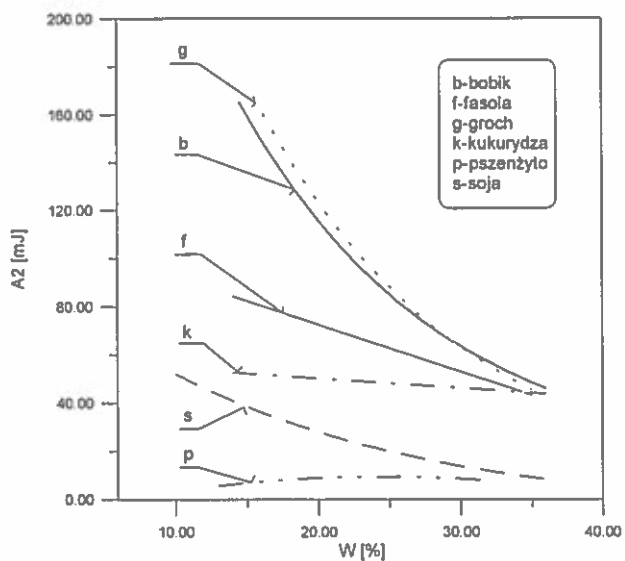
Rys. 4. Praca przycinania A0 nasion bobiku, fasoli, grochu, kukurydzy, pszenżyta i soi.

Fig. 4. The cutting work A0 of horse bean, bean, pea, maize, triticale and soya seeds.



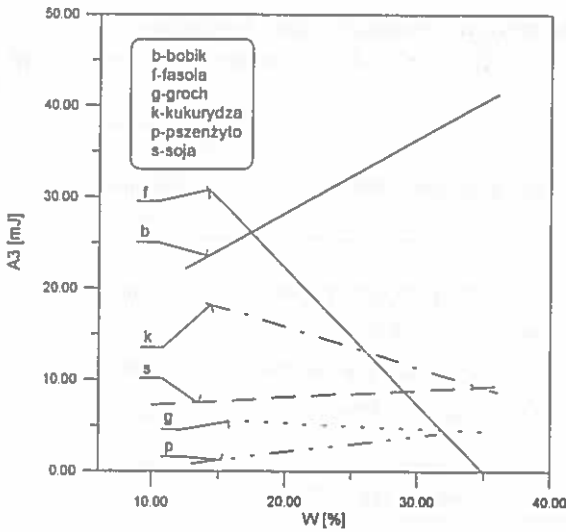
Rys. 5. Praca zgniatania A1 nasion bobiku, fasoli, grochu, kukurydzy, pszenżyta i soi.

Fig. 5. The compressing work A1 of horse bean, bean, pea, maize, triticale and soya seeds.



Rys. 6. Praca cięcia właściwego A2 nasion bobiku, fasoli, grochu, kukurydzy, pszenżyta i soi.

Fig. 6. The real work A2 of horse bean, bean, pea, maize, triticale and soya seeds.



Rys. 7. Praca docinania A3 nasion bobiku, fasoli, grochu, kukurydzy, pszenżyta i soi.

Fig. 7. The finish cutting work A3 of horse bean, bean, pea, maize, triticale and soya seeds.

Tabela 1. Funkcje oporów F i prac przycinania A1, A2, A3 ziaren pszenżyta i kukurydzy  
Table 1. Functions of resistance and cutting works A1, A2, A3 of triticale and corn grains

Gatunek	Wielkość	Funkcje $A_i=f(W)$ , $F=f(W)$	Współczynnik determinacji $R^2$
PSZENŻYTO	PRACA	$A0=7,1+11,14/(1+((W-23,94)/7,07)^2)$	0,80
		$A1=1,15+6,57/(1+((W-26,87)/9,15)^2)$	0,71
		$A2=-38717+38726/(1+((W-24,3)/1133)^2)$	0,76
		$A3=-1,47+0,18*W$	0,80
	OPORY	$F=-7,20+44,48*EXP(-W/25,52)$	0,84
KUKURYDZA	PRACA	$A0=113,61-1,47*W$	0,69
		$A1=30,87-0,62*W$	0,79
		$A2=58,26-0,41*W$	0,29
		$A3=24,47-0,44*W$	0,51
	OPORY	$F=12,31+373,75*EXP(-W/7,52)$	0,96

**Tabela 2.** Funkcje oporów F i prac przecinania A1, A2, A3 nasion bobiku, grochu, fasoli i soi  
**Table 2.** Functions of resistance and cutting works A1, A2, A3 of horse bean, pea, bean and soya seeds

Gatunek	Wielkość	Funkcje $A_i=f(W)$ , $F=f(W)$	Współczynnik determinacji $R^2$
BOBIK	PRACA	$A0=71,493+1170,519*EXP(-W/9,977)$	0,90
		$A1=-8,004+657,182*EXP(-W/10,682)$	0,88
$A2=12,797+426,541*EXP(-W/14,086)$		0,88	
$A3=11,963+0,814*W$		0,26	
	OPORY	$F=23,057+2887,489*EXP(-W/4,413)$	0,98
GROCH	PRACA	$A0=5,725+1508*EXP(-W/10,634)$	0,89
		$A1=-37,065+445,832*EXP(-W/16,397)$	0,88
$A2=1,330+478,322*EXP(-W/14,667)$		0,92	
$A3=6,382-0,058*W$		0,25	
	OPORY	$F=17,691+2601,481*EXP(-W/4,535)$	0,98
FASOLA	PRACA	$A0=177,291-3,331*W$	0,80
		$A1=24,957-0,291*W$	0,36
$A2=111,823-1,964*W$		0,76	
$A3=51,978-1,489*W$		0,79	
	OPORY	$F=4,157+236,077*EXP(-W/8,989)$	0,97
SOJA	PRACA	$A0=-2,794+187,577*EXP(-W/19,574)$	0,94
		$A1=-1,816+94,394*EXP(-W/17,499)$	0,94
$A2=-6,631+99,974*EXP(-W/18,782)$		0,89	
$A3=6,461+0,079*W$		0,21	
	OPORY	$F=12,369+158,998*EXP(-W/6,127)$	0,88



## WNIOSKI

1. Wpływ wilgotności na opory przecinania nasion przebadanych gatunków można opisać funkcjami wykładniczymi, przy czym największe opory towarzyszą przecinaniu nasion bobiku oraz grochu i przybierają coraz mniejsze wartości kolejno dla kukurydzy, fasoli, soi i pszenżyta.
2. Praca przecinania nasion maleje ze wzrostem ich wilgotności, co można przedstawić przy użyciu funkcji wykładniczych dla nasion roślin strączkowych i funkcji liniowej dla ziaren kukurydzy. Najwięcej energii wymaga przecięcie nasion grochu i bobiku a najmniej ziaren pszenżyta.
3. Praca towarzysząca zgniataniu krawędzią ostrza oraz praca towarzysząca cięciu właściwemu nasion przebadanych gatunków posiadają zbliżone, blisko dwukrotnie mniejsze wartości od pracy przecinania.
4. Zależność prac docinania nasion przebadanych gatunków od ich wilgotności można opisać funkcjami liniowymi, przy czym funkcje te są malejące dla nasion fasoli i ziaren kukurydzy oraz rosnące dla nasion bobiku i ziaren pszenżyta.

## PIŚMIENNICTWO

1. Figiel A., Stępień B., Kramkowski R.: Strength properties of horse bean with the moisture obtained in effect of drying and rehydration processes. Xth Seminar. Properties of Water in Foods. 10-12 May. Muszyna-Zlockie. Warsaw Agricultural University Press, 79-85, 1999.
2. Flis M., Lewicki Cz., Mieszkalski L., Bednarska A.: Skład chemiczny, strawność i wartość pokarmowa obłuskanych lub frakcjonowanych nasion bobiku stosowanych w żywieniu świń. Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Zootechnica, 42, 1994.
3. Foutz T.L., Thompson S.A., Evans M.D.: Comparison of loading response of packed grains and individual kernels. Trans. of the ASAE, vol 36(2), 569-576, 1993.
4. Frontczak J., Metzger T.: The studies in slip angle and geometrical features of corn grain in the moisture function. Physical Properties of Agricultural Materials and Products. Editet by Reznicek. Hemisphere Publishing Corporation, Washington, New York, London, 435-440, 1988.
5. Frontczak J., Molendowski F.: Badania sił i pracy cięcia przy statycznym cięciu łodyg kukurydzy mieszańca BEKO-210. Celostatna konferencia so zahranicnou ucastou. Agromech, Bratislava, 119, 139-143, 1987.
6. Frontczak J., Molendowski F.: Badania sił i pracy przy przecinaniu kolb kukurydzy. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu. Mech. Rol., 183, 31-35, 1990.

7. **Gieroba J., Dreszer K.:** An analysis of the reasons for mechanical grain damage in working sets of agricultural machines. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 399, 69-76, 1993.
8. **Hahn F.:** Automatic mango cutter. ASAE Annual International Meeting, Orlando, Florida, USA, 12-16 July, 6, 1998.
9. **Koroł, W.K.:** Substancje antyżywniowe bobiku, grochu i peluski. Pasze przem., Rok II, 3, 6, 1993.
10. **Srivastava A.K., Floyd L. Herum, Stevens K.K.:** Impact Parameters Related to Corn Kernel. Transaction of the ASAE, 1147-1151, 1976.

## THE EFFECT OF MOISTURE CONTENT ON RESISTANCE AND WORK OF CUTTING OF CHOSEN PLANT SEEDS

*A. Figiel, J. Frontczak*

Institute of Agricultural Engineering, Agricultural University,  
ul. Chelmońskiego 37/41, 51-630 Wrocław

**Summary:** Tests were carried on horse bean, bean, pea, soya, maize and triticale seeds of moisture content from about 10% to over 30% obtained as a result of rewetting process. There were analysed resistance to cutting and work of cutting as well as work of edge compression and real cutting work and finished cutting work. A blade of specified geometry was used for seed cutting. The effect of moisture content on seeds cutting resistance was described by dropping exponential functions. The highest resistance appeared during cutting of horse bean and pea seeds and the lowest during cutting of triticale grain. The work of cutting, work of edge compression and real work were changed similarly. The dependence of finish cutting work on seed moisture content was described by linear functions: dropping for bean and maize and growing for horse bean and triticale.

**Key words:** seeds, moisture content, cutting process, resistance, work.