

*Franciszek Molendowski
Instytut Inżynierii Rolniczej
Akademia Rolnicza we Wrocławiu*

WARTOŚCI WZGLĘDNEGO MODUŁU SPRĘŻYSTOŚCI RDZENIA KOLBY WYBRANYCH MIESZAŃCÓW KUKURYDZY

Streszczenie

Wiedza na temat związku pomiędzy względnym modułem sprężystości rdzenia kolby, a mieszańcem kukurydzy odgrywa istotną rolę przy projektowaniu procesów zbioru kukurydzy i parametrów pracy maszyn. Wyniki przeprowadzonego testu Tukey'a wykazały, że nie ma statystycznie istotnej różnicy w średniej wartości względnego modułu sprężystości, pomiędzy częścią dolną, centralną i górną rdzenia kolby mieszańca Prosna i Elektra. U pozostałych mieszańców, spośród badanych, stwierdzono zróżnicowanie wartości względnego modułu sprężystości w obrębie rdzenia. Uzyskane wyniki badań potwierdziły istotne zróżnicowanie wartości względnego modułu sprężystości rdzenia kolb badanych mieszańców kukurydzy. Średnia wartość modułu sprężystości rdzenia waha się od 22,7 MPa (mieszaniec Tenet) do 45,3 MPa (mieszaniec Nimba).

Słowa kluczowe: rdzeń kolby kukurydzy, odmiana, względny moduł sprężystości

Wstęp i cel badań

Istotnym problemem w technologii produkcji pasz z kukurydzy w procesie rozdrabniania kolb, jest wielkość energii niezbędnej do ich rozdrobnienia. Energia ta może osiągnąć wartość nawet do 35% całości nakładów energii na produkcję pasz w formie rozdrobnionych kolb [Bogdanowicz i in. 1984; Szewczyk 1995]. Energochłonność proces rozdrabniania nie zależnie od typu rozdrabniacza uzależniona jest od właściwości fizyczne rozdrabnianego materiału [Grochowicz 1995].

Dlatego jedną z ważniejszych informacji, dla technologii produkcji pasz z kolb kukurydzy, jest znajomość właściwości fizycznych, a szczególnie cech wytrzymałościowych rdzenia kolby kukurydzy [Anazodo 1983, 1984; Frontczak, Molendowski 1990; Molendowski 1998, 1999, 2001, 2002].

Na energochłonność procesu mają wpływ między innymi takie parametry mechaniczne rozdrabnianego materiału jak: wytrzymałość na ściskanie oraz względny moduł sprężystości [Brach 1964; Skołowski 1990]. Wyższa wartość modułu sprężystości materiału wpływa na zmniejszenie nakładów energii niezbędnej do jego rozdrobnienia [Brach 1964; Skołowski 1990]. W technologii produkcji pasz w formie rozdrobnionych kolb kukurydzy mieszaniec charakteryzujący się wysoką wartością względnego modułu sprężystości, będzie bardziej podatny na rozdrobnienie. Można więc stwierdzić, że poznanie wartości względnego modułu sprężystości rdzenia kolby, nowych mieszańców kukurydzy może posłużyć do oceny ich przydatności do stosowania w poszczególnych kierunkach uprawy kukurydzy i stanowić punkt wyjścia do projektowania parametrów pracy maszyn. Dlatego też wiedza na temat zróżnicowania wartości względnego modułu sprężystości rdzenia kolby kukurydzy nowych mieszańców ma znaczenie nie tylko poznawcze ale również praktyczne.

Celem pracy jest określenie różnic pomiędzy wartościami względnego modułu sprężystości rdzeni kolb kukurydzy wybranych mieszańców kukurydzy. Przyjęto założenie, że względny moduł sprężystości rdzenia kolby jest cechą odmianową kukurydzy.

Obiekt i metoda badań

Wartość modułu wyznaczono zgodnie z koncepcją umownego modułu siecznego [Bzowska-Bakalarz 1994] dla sił ściskających wyznaczonych doświadczalnie i określonych wartością górną tej siły. Umowny moduł sprężystości E_r obliczono z pochylenia krzywej „siła-odkształcenie” w zakresie sił, przy których nie przejawia się nieliniowość tej krzywej, występująca w pobliżu granicy wytrzymałości biologicznej (punkt pęknięcia).

Względny moduł sprężystości obliczono ze wzoru:

$$E_r = \frac{4l_p}{\pi \cdot d_p^2} \cdot \frac{F_g}{\Delta l} \text{ [MPa]} \quad (1)$$

gdzie:

- F_g – górna wartość siły ściskającej, [MN],
- d_p – średnica próbki, [m],
- l_p – długość próbki, [m],
- Δl – odkształcenie wzdłużne, [m].

Materiał do badań pochodził z Centrali Nasiennej w Środzie Śląskiej. Badania w warunkach statycznego osiowego ściskania przeprowadzono na próbkach rdzeni kolb ośmiu mieszańców kukurydzy tj.: Baca, Dekapo, Elektra, Nimba, Oleńka, Prosna, San, Tenet.

Próbki pobierano z trzech stref rdzenia, dzieląc go na trzy równe części, wzdłuż jego długości, zaczynając od nasady (część dolna następnie centralna i górna). Wilgotność rdzeni określano metodą suszenia (wg. PN-86/A-74011). Wilgotność rdzeni badanych mieszańców była zbliżona i zawierała się w przedziale $16 \pm 1,5\%$. Wartość względnego modułu sprężystości określano na próbce liczącej 30 rdzeni kolb dla każdego mieszańca. Badania realizowano w laboratorium Instytutu Inżynierii Rolniczej AR we Wrocławiu na maszynie wytrzymałościowej Instron 5566, wyposażonej w głowicę pomiarową o zakresie 10 kN. Szybkość przemieszczania belki pomiarowej wynosiła $10 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$.

W celu stwierdzenia istotności różnic w wartościach względnego modułu sprężystości, pomiędzy próbkami pobranymi z poszczególnych stref rdzenia, jak również określenia które z badanych mieszańców różnią się istotnie między sobą średnią wartością względnego modułu sprężystości rdzenia kolby, zastosowano test Tukey'a [Volk 1970].

Omówienie wyników badań

Wyniki badań wartości względnego modułu sprężystości określonego w statycznej próbie ściskania, dla trzech stref rdzenia (dolnej, centralnej, górnej) badanych mieszańców kukurydzy, zestawiono w tabeli 1. W celu stwierdzenia istotności różnic w wartościach modułu sprężystości pomiędzy próbkami pobranymi z poszczególnych stref rdzenia zastosowano test Tukey'a, według którego wartości uporządkowano od najmniejszej do największej. Określono różnicę pomiędzy sąsiednimi wartościami modułu sprężystości, którą odniesiono do NIR.

Na podstawie uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że rdzeń mieszańców Tenet, Baca i Dekapo charakteryzuje się istotnie niższą wartością modułu sprężystości w jego części dolnej, niż w części centralnej i górnej. Uzyskane wyniki są zgodne z przedstawianymi dotychczas w literaturze [Anazodo 1983, 1984; Molendowski 2002]. Natomiast mieszańce San i Oleńka charakteryzuje się rdzeniem o istotnie wyższej wartości modułu części dolnej w porównaniu do centralnej i górnej. Część dolna rdzenia podczas zbioru kolb kombajnem jest poddawana największym siłom ściskającym. Należy w tym miejscu zauważyć, że wyższa wartość modułu sprężystości wpływa na większą podatność materiału na rozdrobnienie. Można wnioskować, że mieszańce charakteryzujące się większą wartością

modułu sprężystości, w części dolnej rdzenia, będą bardziej podatne na pęknięcia podczas zbioru kolb kombajnem. Rozkruszona część rdzenia podczas zbioru pozostaje nie zebrana przez kombajn, co wpływa na zwiększenie strat.

Tabela 1. Wartość względnego modułu sprężystości dla 3 stref rdzenia kolb ośmiu mieszańców kukurydzy

Table 1. Value apparent elastic modulus between to third of the sections corn cob pith for eight corn hybrids

Badany mieszaniec	Strefa rdzenia	Wartość średnia względnego modułu sprężystości [Mpa]	Różnica pomiędzy sąsiednimi wartościami odniesiona do NIR
Tenet	dolna	21,03	1,30 > 1,19
	centralna	22,33	2,47 > 1,19
	górna	24,8	
Baca	dolna	23,59	2,36 > 1,06
	centralna	25,95	0,76 < 1,06
	górna	26,71	
Dekapo	dolna	30,74	2,54 > 1,87
	centralna	33,19	3,44 > 1,87
	górna	36,63	
Prosna	dolna	28,01	0,15 < 1,87
	centralna	28,16	0,29 < 1,87
	górna	28,45	
San	górna	22,39	0,66 > 0,6
	centralna	23,05	1,77 > 0,6
	dolna	24,82	
Elektra	centralna	27,46	0,3 < 1,00
	górna	27,72	0,1 < 1,00
	dolna	27,82	
Oleńka	górna	29,12	0,63 < 1,00
	centralna	29,75	3,52 > 1,00
	dolna	33,27	
Nimba	dolna	44,18	1,1 < 1,76
	centralna	45,24	1,2 < 1,76
	górna	46,47	

Rdzeń kolby mieszańca Baca, Oleńka i Nimba nie różni się istotnie wartością modułu sprężystości pomiędzy częścią górną, a centralną. Natomiast rdzenie mieszańca Tenet, Dekapo i San charakteryzują się istotnie wyższą wartością modułu sprężystości części górnej w porównaniu do centralnej i dolnej. Nie stwierdzono

statystycznie istotnej różnicy w średniej wartości modułu sprężystości pomiędzy częścią dolną, centralną i górną rdzenia kolby mieszańca Prosna i Elektra. Należy w tym miejscu zauważyć, że dotychczas w literaturze [Anazodo 1983, 1984; Molendowski 2002] wykazywano istotne zróżnicowanie wartości względnego modułu sprężystości pomiędzy poszczególnymi częściami rdzenia. Uzyskane wyniki badań wskazują, że możliwe jest wyhodowanie mieszańca kukurydzy o niezmienniej wartości względnego modułu sprężystości w obrębie rdzenia. Wyniki badań istotności różnic pomiędzy wartościami względnego modułu sprężystości dla rdzeni kolby 8 mieszańców kukurydzy zestawiono w tabeli 2 i 3.

Tabela 2. Średnia wartość względnego modułu sprężystości rdzenia kolby wybranych mieszańców kukurydzy

Table 2. The mean value apparent elastic modulus corn cob pith for selected corn hybrids

Badany mieszaniec	Wartość średnia względnego modułu sprężystości rdzenia [MPa]	Różnica pomiędzy sąsiednimi wartościami średnich odniesiona do NIR
Tenet	22,72	0,70 < 2,26
San	23,42	1,99 < 2,26
Baca	25,41	2,26 ≤ 2,26
Elektra	27,67	0,54 < 2,26
Prosna	28,21	2,50 > 2,26
Oleńka	30,71	2,81 > 2,26
Dekapo	33,52	11,78 > 2,26
Nimba	45,30	

W celu podziału mieszańców na grupy o istotnie różniących się średnich wartościach modułu sprężystości (test Tukey'a) uporządkowano wartości średnie analizowanego parametru od wartości najmniejszej do największej i zestawiono w tabeli 2. W tabeli 2 podano różnice pomiędzy sąsiednimi średnimi wartościami badanej cechy, którą odniesiono do NIR.

Aby stwierdzić, które z badanych mieszańców różnią się istotnie między sobą średnią wartością modułu sprężystości rdzenia kolby według testu Tukey'a, wyniki badań statystycznych przedstawiono w tabeli 3.

W tabeli przyjęto oznaczenia:

- jeżeli mieszańce nie różnią się statystycznie istotnie średnią wartością badanej cechy,
- + jeżeli mieszańce różnią się istotnie średnią wartością badanej cechy.

Tabela 3. Wyniki badań istotności różnic w wartościach względnego modułu sprężystości rdzenia kolby ośmiu mieszańców kukurydzy, według testu Tukey'a.

Table 3. The statement of result testing of the mean value apparent elastic modulus cob pith for eight corn hybrids, according to Tukey's test

	Tenet	Baca	Dekapo	Prosna	Elektra	San	Oleńka	Nimba
Tenet	x							
Baca	+	x						
Dekapo	+	+	x					
Prosna	+	+	+	x				
Elektra	+	-	+	-	x			
San	-	-	+	+	+	x		
Oleńka	+	+	+	+	+	+	x	
Nimba	+	+	+	+	+	+	+	x

Na podstawie testu Tukey'a (tab. 3) stwierdzono, że nie ma istotnej różnicy średniej wartości względnego modułu sprężystości, pomiędzy rdzeniem mieszańca: San, a Tenet i Baca oraz Elektra a Baca i Prosna. Pozostałe mieszańce wykazują istotne różnice w średnich wartościach względnego modułu sprężystości.

Na podstawie przedstawionych w tabeli 2 i 3 wyników badań, można stwierdzić, że istotnie wyższą wartością względnego modułu sprężystości, od pozostałych, charakteryzuje się rdzeń mieszańca Nimba wynoszącą 45,3 MPa. Średnia wartość względnego modułu sprężystości rdzenia mieszańca Nimba jest wyższa od rdzenia mieszańca: Dekapo o 35%, Oleńka o 47%, Prosna o 61%, Elektra o 64%, Baca o 78%, San o 93% i Tenet o 102%. Natomiast różnica w średniej wartości modułu sprężystości rdzenia pomiędzy pozostałymi mieszańcami przykładowo wynosi: Dekado, a Oleńka o 9%, Dekado, a Tenet o 48%; Oleńka, a Prosna o 9%; Oleńka, a Tenet o 35% i Baca a San o 9%. Podsumowując można przypuszczać, że tak istotne zróżnicowanie wartości modułu sprężystości rdzenia pomiędzy badanymi mieszańcami będzie miało wpływ na energochłonność procesu rozdrabniania w technologii produkcji pasz z kukurydzy.

Wnioski

1. Analiza wyników przeprowadzona testem Tukey'a wykazała, że nie u wszystkich mieszańców występuje istotny wpływ strefy dolnej, centralnej i górnej rdzenia na wartość względnego modułu sprężystości. Przykładowo nie ma statystycznie istotnej różnicy w wartości względnego modułu sprężystości w obrębie rdzenia mieszańca Prosna i Elektra a pomiędzy poszczególnymi strefami rdzenia u mieszańca Baca, Oleńka i Nimba.

2. Uzyskane wyniki badań potwierdziły istotne zróżnicowanie wartości względnego modułu sprężystości rdzenia kolb aktualnie uprawianych mieszańców kukurydzy. Średnia wartość względnego modułu sprężystości rdzenia waha się od 22,72 MPa (mieszańiec Tenet) do 45,3 MPa (mieszańiec Nimba). Są to wartości o około 30% wyższe od podawanych w literaturze dla badanych wcześniej odmian kukurydzy.

Bibliografia

Anazodo U.G.N. 1983. Mechanical properties of the corn cob under quasi-static radial compression. Transactions of the ASAE, 1222-1229.

Anazodo U.G.N. 1984. Poisson's ratio and elastic modulus of radially compressed biomaterials-II: large deformation approximation. Transactions of the ASAE, 1563-1571.

Bogdanowicz J. i in. 1984. Badania technologii zbioru i konserwacji kolb kukurydzy z przeznaczeniem na pasze. Wydawnictwa IBMER Warszawa, 186.

Brach I. 1962. O teoriach rozdrabniania minerałów. Przegląd Mechanicznych 14, 421-426.

Grochowicz J. 1996. Technologia produkcji mieszanek paszowych. PWRiL, Warszawa.

Frontczak J. Molendowski F. 1990. Badanie sił i pracy przy przecinaniu kolb kukurydzy. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Mechanizacja Rolnictwa I, 183, 31-35.

Molendowski F. 1998. Ocena zmienności sił i naprężeń cięcia rdzeni kolb kukurydzy. Zesz.Probl. Post. Nauk Rol., 454, 243-248.

Molendowski F. 1999. Ocena istotności zmian wartości naprężenia niszczącego próbkę rdzenia kolby kukurydzy w próbie promieniowego ściskania. Inżynieria Rolnicza, 5, 191-198.

Molendowski F. 2001. Ocena zmienności jednostkowego oporu cięcia rdzeni kolb kukurydzy. Inżynieria Rolnicza, 12, 219-224.

Molendowski F. 2002. Wpływ wilgotności na właściwości mechaniczne rdzenia kolby kukurydzy. Inżynieria Rolnicza, 5, 131-138.

Franciszek Molendowski

Sokołowski M., 1990. Energetyczny opis rozdrabniania. Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, Warszawa.

Szewczyk A. 1995. Ocena energochłonności produkcji CCM. Problemy Inżynierii Rolniczej AR we Wrocławiu. Mechanizacji Rolnictwa 4, 123-129.

Volk W. 1973. Statystyka stosowana dla inżynierów. WNT, Warszawa.

STUDY ON APPARENT ELASTIC MODULUS CORN COB PITH FOR SELECTING HYBRIDS

Summary

The knowledge of the influence of corn variety on the mechanical properties of corn cob pith is also of importance in the design and performance of harvesting and processing machines. The objectives of this study were to characterizing of influence of corn variety and sample drowing of sections from the tip-end, mid-section and but-end cob core on the values of apparent elastic modulus for corn cob pith under static longitudinal stress. The data obtained in the tests were analyzed statistically using Tukey's test and were fond to be investigated properties significantly affected by corn variety. Between the hybrids Tenet and Nimba differences of mean value apparent elastic modulus were 22,72 MPa to 45,3 MPa. Sample drowing of sections cob core on the values of apparent elastic modulus is not influenced for hybrids Prosna and Elektra. Residual investigated hybrids are significantly affected by pleace sample drowing.

Key words: corn cob pith, hybrids, apparent elastic modulus