

WYZNACZANIE PARAMETRÓW MECHANICZNYCH ŁODYG GROCHU

G. Skubisz¹, W. Świącicki², H. Łabuda³

¹Institut Agrofizyki PAN, Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

²Institut Genetyki Roślin PAN, Strzeszyńska 34, 60-479 Poznań

³Katedra Warzywnictwa i Roślin Leczniczych AR, Leszczyńskiego 58, 20-068 Lublin

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań parametrów mechanicznych wyznaczanych w procesie zginania odcinków łodyg grochu. Parametry mechaniczne określano za pomocą maszyny wytrzymałościowej firmy Instron. Wyznaczono: sztywność (EI), współczynniki sprężystości (E) i maksymalne naprężenia zginające (σ_{\max}). Badania wykonano dla rodu odpornego na wyleganie WTD 2996 oraz podatnego WTD 2795. Stwierdzono, że analizowane rody grochu różnią się wytrzymałością łodyg. Dowiedziono, że rody odporne na wyleganie charakteryzują się wyższymi wartościami parametrów mechanicznych. W wyniku przeprowadzonej analizy wariancji stwierdzono istotne różnice międzyodmianowe.

Słowa kluczowe: Ród grochu, sztywność, współczynnik sprężystości, maksymalne naprężenie zginające.

WSTĘP

W ostatnim 30-leciu zaznaczył się bardzo silny postęp w hodowli odmian grochu. Różnica między plonami odmian wynosi ponad 50%. W omawianym okresie opracowano nowe ideotypy odmian [6].

Zdolność niektórych genotypów roślin do plonowania na dobrym poziomie w różnych warunkach środowiska od dawna skupia uwagę hodowców. Badania prowadzone w celu oszacowania parametrów stabilności plonu nasion dla genotypów grochu wykazały bezpośredni związek plonu z poletka, między innymi, z odpornością na wyleganie [1].

Znany jest fakt, że odporność roślin na wyleganie ma ścisły związek z właściwościami mechanicznymi łodyg [3]. Dlatego też rozpoczęto badania zmierzające do określenia charakterystyki wytrzymałościowej łodyg grochu [4].

W niniejszej pracy wyznaczano parametry mechaniczne łodyg rodów: wylegającego oraz odpornego na wyleganie, w czasie całkowitego wypełnienia strąków, a także podczas dojrzałości pełnej. Dokonano oceny zmienności parametrów mechanicznych na długości łodygi oraz w fazach fenologicznych.

MATERIAŁ I METODYKA

Metodyka wyznaczania parametrów mechanicznych łodyg grochu została opracowana w zakresie badań statycznych [4]. Badania zostały przeprowadzone dla rodu WTD 2996 (odpornego na wyleganie) i rodu WTD 2795 (podatnego na wyleganie). Nasiona grochu pochodziły z doświadczeń hodowlanych Instytutu Genetyki Roślin PAN w Poznaniu, zaś rośliny uprawiane były na poletkach doświadczalnych w Akademii Rolniczej w Lublinie. Charakterystykę parametrów mechanicznych uzyskiwano w badaniach wykonywanych za pomocą maszyny wytrzymałościowej firmy „Instron”. Parametry mechaniczne wyznaczano w procesie zginania, dwustronnie podpartych czterocentymetrowej długości odcinków łodygi, za pomocą siły działającej w środku ich długości. W granicach działania siły odkształceń sprężystych wyznaczano sztywność (EI) i współczynniki sprężystości (E) oraz w miejscu działania maksymalnej siły zginającej maksymalne naprężenia zginające (σ_{\max}). Wyniki rejestrowano systemem komputerowym, stosując specjalnie do tego celu opracowany program. Wyznaczano moment bezwładności (I) dla przekroju cylindrycznego łodygi. W celu uzyskania zmienności właściwości mechanicznych wzdłuż łodygi pomiary wykonywano w pięciu miejscach na jej długości, w kierunku od korzenia do wierzchołka łodygi. Jednocześnie dokonano pomiaru średnicy zewnętrznej (Φ_z) i średnicy wewnętrznej (Φ_w) w miejscu działania siły zginającej, które są niezbędne do wyznaczenia momentu bezwładności (I) oraz wskaźnika wytrzymałości (W).

WYNIKI BADAŃ

Niniejsze badania przedstawiają charakterystykę parametrów mechanicznych łodyg dwóch rodzajów grochu wąsolistnych, w czasie całkowitego wypełnienia strąków oraz podczas dojrzałości pełnej.

W Tab. 1 i 2 zamieszczone zostały średnie wartości badanych parametrów, natomiast ich zmienność wzdłuż łodygi przedstawiono na Rys. 1-3.

Tabela 1. Średnie wartości parametrów mechanicznych łodyg rodzaju WTD 2996 (\bar{x} , mediana, W – współczynnik zmienności).

Table 1. Mean values of mechanical parameters of the WTD 2996 stems (\bar{x} , mediana, W – coefficient of variability).

		Parametry mechaniczne					
Punkty pomiarowe na łodydze	Statystyczne parametry	EI (Nmm ²)	E (MPa)	σ_{\max} (MPa)	EI (Nmm ²)	E (MPa)	σ_{\max} (MPa)
		Fazy fenologiczne		Całkowite wypełnienie strąków		Dojrzałość pełna	
		$\times 10^3$	$\times 10^2$		$\times 10^3$	$\times 10^2$	
1	\bar{x}	10,83	9,39	12,88	8,58	12,75	12,59
	mediana	10,43	9,23	13,02	8,66	9,31	12,83
	W(%)	33	24	21	45	75	25
2	\bar{x}	16,54	8,93	12,43	13,52	8,33	11,05
	mediana	16,57	8,73	12,75	13,74	7,49	11,13
	W(%)	27	36	19	37	57	14
3	\bar{x}	14,52	6,09	10,90	14,10	7,38	9,37
	mediana	14,94	6,19	11,34	14,81	6,16	9,78
	W(%)	27	53	34	35	76	24
4	\bar{x}	12,61	9,41	13,32	11,88	8,76	10,34
	mediana	12,83	8,99	13,69	12,43	8,03	10,25
	W(%)	26	32	22	36	60	28
5	\bar{x}	7,37	9,21	12,12	8,69	17,29	13,33
	mediana	7,17	8,36	11,99	8,79	13,98	12,75
	W(%)	35	36	23	30	73	28

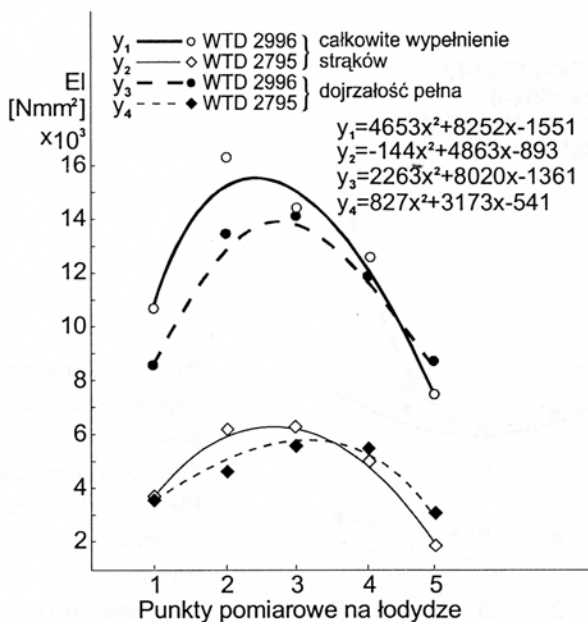
Tabela 2. Średnie wartości parametrów mechanicznych łodyg rodu WTD 2795 (\bar{x} , mediana, W – współczynnik zmienności).

Table 2. Mean values of mechanical parameters of the WTD 2795 stems (\bar{x} , mediana, W - coefficient of variability).

Parametry mechaniczne							
Punkty pomiarowe na łodydze	Statystyczne parametry	EI (Nmm ²)	E (MPa)	σ_{\max} (MPa)	EI (Nmm ²)	E (MPa)	σ_{\max} (MPa)
Fazy fenologiczne		Całkowite wypełnienie strąków			Dojrzałość pełna		
		x 10 ³	x 10 ²		x 10 ³	x 10 ²	
1	\bar{x}	3,70	4,49	9,21	3,67	4,79	7,80
	mediana	3,41	4,39	8,73	3,63	4,38	7,85
	W(%)	31	18	29	34	49	17
2	\bar{x}	6,18	4,22	8,20	4,59	3,94	7,80
	mediana	5,99	4,31	8,17	5,06	4,20	7,85
	W(%)	28	14	16	47	36	17
3	\bar{x}	6,32	3,79	7,49	5,49	4,32	6,30
	mediana	6,31	3,69	7,48	5,33	4,55	6,04
	W(%)	25	24	18	29	31	24
4	\bar{x}	4,94	3,76	7,66	5,28	4,74	6,46
	mediana	5,04	3,63	7,51	4,99	4,54	6,38
	W(%)	28	32	19	44	41	19
5	\bar{x}	1,86	3,74	7,69	2,97	4,88	7,00
	mediana	1,88	3,45	7,64	2,49	3,65	6,84
	W(%)	47	21	50	64	74	35

W badaniach tych dowiedziono, że sztywność (EI) osiąga maksimum w środku długości łodygi (Rys.1). Uzyskano następujące przedziały zmienności tego parametru: podczas całkowitego wypełnienia strąków dla rodu WTD 2996; 7,37-16,54x10³ Nmm², zaś dla rodu WTD 2795; 1,86-6,32x10³ Nmm². W czasie dojrzałości pełnej sztywność łodyg dla rodu 2996 wynosiła 8,58-14,10x10³ Nmm² oraz dla rodu 2795; 2,97-5,49x10³ Nmm². Współczynnik zmienności sztywności wzdłuż łodygi wynosi dla rodu WTD 2996: 26-35 – w czasie całkowitego

wypełnienia strąków i 30-45 – podczas dojrzałości pełnej, zaś dla rodu WTD 2795 w analogicznych terminach dojrzałości wielkość ta zawiera się w przedziałach 25-47 i 29-64. Stwierdzono, że sztywność łodyg grochu rodu WTD 2996 odpornego na wyleganie jest znacznie większa od sztywności łodyg rodu WTD 2795 podatnego na wyleganie. Badania te wykazały istotną korelację sztywności ze średnicą łodygi grochu ($r_{0,05}=0,42-0,69$).

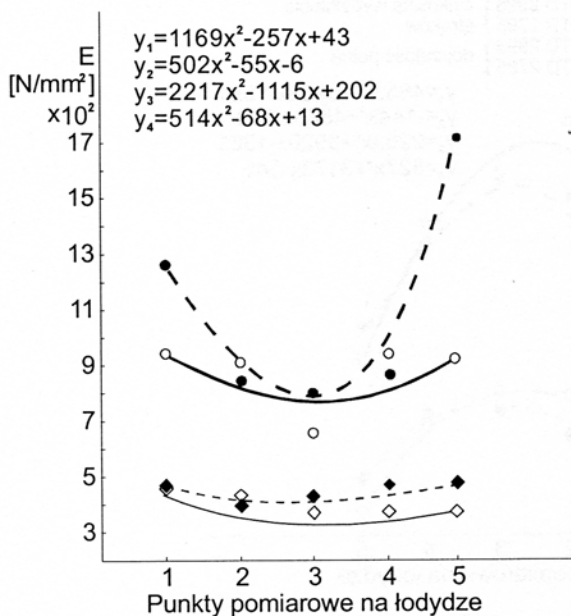


Rys. 1. Charakterystyka zmienności sztywności (EI) łodyg grochu, rodów WTD 2996 i WTD 2795. (1...5 eksperymentalne punkty na długości łodygi od korzenia do wierzchołka, \circ , \diamond - całkowite wypełnienie strąków, \bullet , \blacklozenge - dojrzałość pełna grochu).

Fig. 1. Characterization of the variability of the rigidity (EI) of the stems for the strain WTD 2996 and WTD 2795 of the pea. (1...5 experimental points on the length of the stems from the root to the top, \circ , \diamond - full poding, \bullet , \blacklozenge - full ripeness).

Stwierdzono, że współczynniki sprężystości (E) łodyg rodu 2996 niewylegającego w porównaniu z rodem WTD 2795 wylegającym są większe. Sprężystość łodyg grochu jest największa w pobliżu korzenia oraz przy wierzchołku i osiąga minimum w środkowej części łodygi (Rys.2). Wartości tego parametru zmieniały się następująco: podczas całkowitego wypełnienia strąków, dla rodu WTD 2996: $8,93-9,39 \times 10^2$ MPa, natomiast dla rodu WTD 2795; $3,74-4,49 \times 10^2$ oraz w czasie dojrzałości pełnej dla łodyg rodu 2996; $7,38-17,29 \times 10^2$ MPa, zaś

dla rodu 2795; $3,94-4,88 \times 10^2$ MPa. Wartości współczynnika zmienności analizowanego parametru mechanicznego dla rodu WTD 2996 zawierają się w przedziale 24-36 i 57-75 w czasie całkowitego wypełnienia strąków oraz podczas dojrzałości pełnej, zaś dla rodu WTD 2795 odpowiednio; 14-24 i 31-74. Stwierdzono istotną ujemną korelację współczynników sprężystości ze średnicą zewnętrzną łodygi grochu podczas całkowitego wypełnienia strąków ($r_{0,05} = -0,46$ - $-0,66$).

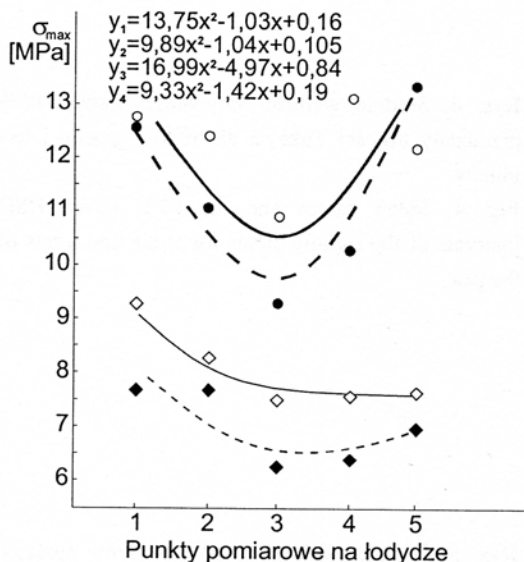


Rys. 2. Charakterystyka zmienności współczynnika sprężystości (E) łodyg grochu, rodów WTD 2996 i WTD 2795 (objaśnienia jak na Rys.1).

Fig. 2. Characterization of the variability of the elasticity coefficient (E) of the stems for the strain WTD 2996 and WTD 2795 of the pea (explanation as Fig. 1.)

W niniejszych badaniach stwierdzono, że maksymalne naprężenia zginające (σ_{max}) wykazały minimum wartości w środkowej części łodygi (Rys. 3). Maksymalne naprężenia zginające łodyg rodu odpornego na wyleganie WTD 2996 są większe niż rodu podatnego WTD 2795. Przedziały zmienności tego parametru są następujące: podczas całkowitego wypełnienia strąków dla rodu WTD 2996; 10,90-13,32 MPa, zaś dla rodu WTD 2795; 7,49-9,21 MPa. W czasie dojrzałości pełnej maksymalne naprężenia zginające łodyg rodu WTD 2996 zawierały się w granicach 9,37-13,33 MPa, zaś dla rodu 2795; 6,30-7,80 MPa. Współczynnik zmienności maksymalnych naprężeń zginających wzdłuż łodygi wynosi dla rodu WTD 2996: 19-34 – w czasie całkowitego wypełnienia strąków

i 14-28 – podczas dojrzałości pełnej strąków, zaś dla rodu WTD 2795 w analogicznych terminach dojrzałości wielkość ta zawiera się w przedziałach 16-50 i 17-35.

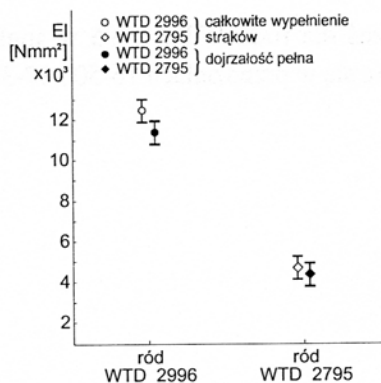


Rys. 3. Charakterystyka zmienności maksymalnego naprężenia zginającego (σ_{\max}) łodyg grochu, rodów WTD 2996 i WTD 2795 (objaśnienia jak na Rys.1).

Fig. 3. Characterization of the variability of the maximum bending stress (σ_{\max}) of the stems for the strain WTD 2996 and WTD 2795 of the pea (explanation as Fig. 1.)

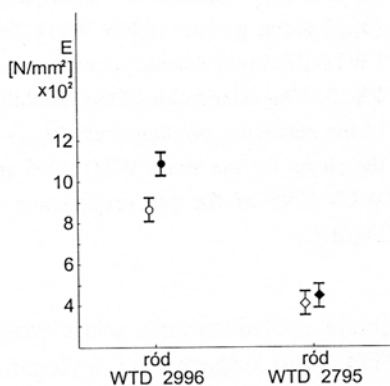
Przeprowadzone badania dowiodły, że istnieje zróżnicowanie właściwości mechanicznych łodyg rodów grochu. Ród WTD 2996 odporny na wyleganie charakteryzuje się znacznie większymi wartościami parametrów mechanicznych niż ród wylegający WTD 2795. Powyższe stwierdzenie uzyskano zarówno w badaniach prowadzonych w czasie całkowitego wypełnienia strąków jak i podczas dojrzałości pełnej. Dowiedziono, że zmiany parametrów mechanicznych wzdłuż łodygi grochu opisuje wielomian drugiego stopnia (Rys. 1-3).

W wyniku przeprowadzonej analizy wariancji stwierdzono istotne różnice między badanymi rodami (Rys. 4-6). Istotne różnice międzyodmianowe wykazały wszystkie badane parametry mechaniczne.



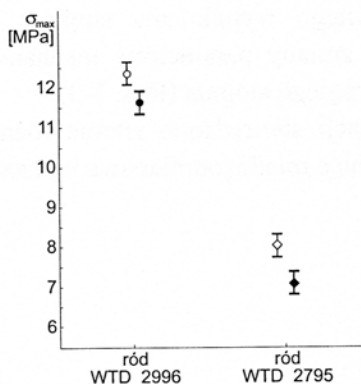
Rys. 4. Średnie wartości sztywności łodyg i 95% przedziały ufności Tukey'a dla rodów grochu i terminów

Fig. 4. Mean values and the 95% Tukey HSD intervals of the rigidity stems for strain and terms of the pea.



Rys. 5. Średnie wartości współczynników sprężystości i 95% przedziały ufności Tukey'a dla rodów grochu i terminów (oznaczenia jak na Rys.4).

Fig. 5. Mean values and the 95% Tukey HSD intervals of the elasticity coefficient of the stems for strain and terms of the pea (explanation as Fig. 4).



Rys. 6. Średnie wartości maksymalnych naprężeń zginających i 95% przedziały ufności Tukey'a dla rodów grochu i terminów (oznaczenia jak na Rys.4).

Fig. 6. Mean values and the 95% Tukey HSD intervals of the maximum bending stress of the stems for strain and terms of the pea (explanation as Fig. 4).

DYSKUSJA

W niniejszych badaniach łodyg rodów grochu wąsolistnych został potwierdzony charakter zmienności na długości łodygi sztywności, współczynników sprężystości i maksymalnych naprężeń zginających, który we wcześniejszych badaniach stwierdzono dla łodyg o morfologii liściastej (odmiana wylegająca Agra i niewylegająca Piast). Opracowana metodyka badań właściwości mechanicznych łodyg grochu wykazała istotne różnice międzyodmianowe [4]. Jednocześnie badania te potwierdziły istotne różnice rodów (odpornego na wyleganie i wylegającego) na podstawie analizy omawianych parametrów mechanicznych w czasie całkowitego wypełnienia strąków oraz podczas dojrzałości pełnej. Niewątpliwie należy stwierdzić, że uzyskane wyniki przyczynią się do rozszerzenia zakresu dotychczasowej wiedzy dotyczącej oceny właściwości mechanicznych łodyg roślin [2, 3, 6].

WNIOSKI

Uzyskane wyniki pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Analizowane rody grochu różnią się wytrzymałością łodyg.
2. Ród WTD 2996 odporny na wyleganie charakteryzuje się znacznie większą sztywnością, sprężystością łodyg i maksymalnymi naprężeniami zginającymi niż ród wylegający WTD 2795. Dotyczy to obydwu faz fenologicznych.
3. Stwierdzono wprost proporcjonalną zależność pomiędzy sztywnością łodyg rodów grochu a ich średnicą zewnętrzną oraz odwrotnie proporcjonalną zależność między sprężystością a średnicą zewnętrzną łodyg grochu.
4. Sztywność, współczynniki sprężystości i maksymalne naprężenie zginające można używać do testowania łodyg rodów grochu.

PIŚMIENNICTWO

1. **Boros L., Sawicki J.:** Ocena wybranych odmian i form w kolekcji grochu siewnego (*Pisum sativum* L.) cz.II. Stabilność plonowania i współzależność cech. Zesz. Probl. Nauk Roln., 446, 107-112, 1997.
2. **Skubisz G.:** Zagadnienie sprężystości źdźbła zbóż. Zeszyty Agrofizyki, 38, 1982.
3. **Skubisz G.:** Studies of the mechanical properties of winter rape stems. Zemledska Technika, 41(2), 65-68, 1995.

4. **Skubisz G.:** Method for the determination of the mechanical properties of peas. *Int. Agrophysics*, 16(1), 2002.
5. **Skubisz G.:** Development of studies on the mechanical properties of winter rape stems. *Int. Agrophysics*, 15(3), 197-200, 2001.
6. **Świącicki W., Świącicki W. K., Wiatr K.:** Historia, współczesne osiągnięcia i perspektywy hodowli roślin strączkowych w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 446, 15-32, 1997.

DETERMINATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF PEA STEMS

G. Skubisz¹, W. Świącicki², H. Łabuda³

¹Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

²Institute of Plant Genetics, Polish Academy of Sciences, Strzeszyńska 34, 60-479 Poznań

³Department of Vegetable Crops and Medicinal Plants, Agricultural University

Leszczyńskiego 58, 20-068 Lublin

Summary: In this paper to present the results of the mechanical parameters were determined in the process of bending of the pea stem sections. Characterisation of the mechanical parameters was obtained in tests performed on an Instron strength tester, by determining, the stem rigidity (EI) and the coefficients of elasticity (E) and the maximum bending stress (σ_{max}). The study involved strain WTD 2996 (resistant to lodging) and strain WTD 2795 (susceptible to lodging), during the full pods phase and at full ripeness. The study showed that the pea strains examined differ in the strength of their stems. It was found that strain resistant to lodging, is characterized by much higher of the mechanical parameters as compared to strain susceptible to lodging. This is true for both the phenological phases studied. Also, it was found significant differences between the strains (resistant and susceptible to lodging), basing on an variance analysis of stem rigidity and elasticity and maximum bending stress.

Key words: Strain of pea, rigidity, coefficient of elasticity, maximum bending stress.