

WPLYW WYBRANYCH CZYNNIKÓW NA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE TKANKI KORZENIA BURAKA CUKROWEGO

Józef Gorzelany, Stanisław Sosnowski

Wyższa Szkoła Inżynierjno-Ekonomiczna, ul. A. Mickiewicza 10, 39-100 Ropczyce
e-mail: info@wsie.ropczyce.pl

Streszczenie. W warunkach obciążeń statycznych, przy wykorzystaniu mikrozywarki ZWICK 1425 wykonano badania odporności tkanki korzeni buraków na uszkodzenia mechaniczne. Obiektem badań były korzenie 3 odmian buraków cukrowych pobrane z dwóch różnych pól produkcyjnych. Pomiar odporności tkanki korzenia na uszkodzenia przeprowadzono dla dwóch stref korzenia, w miejscach najbardziej narażonych na bezpośrednie oddziaływanie elementów roboczych maszyn zbierających.

Po zbiorze (świeże korzenie) średnie wartości siły niszczącej korzeni wynosiły od 589,5 N (odmiana Tamino, dolna część korzenia) do 850,3 N (odmiana Elan, środkowa część korzenia). Po 60 dniach składowania istotnie wzrosła odporność tkanki korzeni buraków cukrowych na obciążenia. Dla odmiany Sonja odnotowano najwyższy przyrost wartości z 752,5 N (korzenie świeże) do 1113,8 N w ostatnim terminie pomiaru.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, uszkodzenia mechaniczne, obciążenia statyczne

WSTĘP

Ocena surowca pod kątem jego wartości technologicznej opiera się nie tylko na analizach chemicznych ale i na badaniach właściwości mechanicznych [1,5,7,11,12]. Do podstawowych właściwości mechanicznych korzeni buraków cukrowych, według technologów i konstruktorów maszyn rolniczych, należą: odporność na uszkodzenia, wytrzymałość mechaniczna, opór krajania, twardość, sprężystość itp.

Zainteresowanie właściwościami mechanicznymi korzeni wynika głównie z konieczności ograniczenia strat podczas zbioru, transportu i składowania. Oddziaływanie dużych obciążeń na korzenie przez różne zespoły maszyn w procesie zbioru i transportu powoduje ich uszkodzenia mechaniczne. Uszkodzenia mechaniczne wpływają na wzrost intensywności oddychania, większą podatność na porażenie mikroorganizmami a tym samym straty cukru [1,5,7,13].

Do badań odporności korzeni na uszkodzenia stosowane są różne metody oraz różna aparatura pomiarowa. Są to zazwyczaj klasyczne metody używane w mechanice i wytrzymałości materiałów [2-4,6,14].

Najczęściej stosowaną metodą badań wytrzymałościowych jest statyczne jednoosiowe ściskanie, które pozwala określić naprężenia niszczące oraz granicę wytrzymałości biologicznej [2-4,9]. Pomiarów tego typu prowadzone w warunkach laboratoryjnych przy wykorzystaniu uniwersalnych urządzeń [2,8,10] pozwalają również określić wpływ różnych czynników na właściwości mechaniczne materiału biologicznego.

Celem badań było określenie wpływu odmiany, strefy pomiarowej, wielkości korzeni oraz czasu składowania na odporność tkanki korzeni na uszkodzenia mechaniczne.

MATERIAŁ I METODY

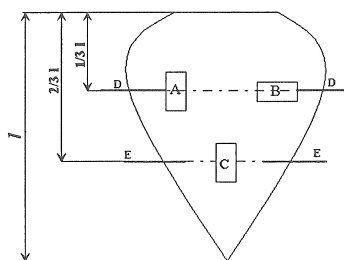
Obiektem badań były korzenie 3 odmian buraków cukrowych pobrane z dwóch różnych obiektów (pól produkcyjnych). Gospodarstwo Rolnicze Miłocin (obiekt I) i Stacja Hodowli Roślin w Ulhówku (obiekt II). Obiekty te charakteryzowały się następującymi parametrami:

- obiekt I – gleba brunatna, klasa II, kompleks pszenno-buraczany, przedplon pszenica jara, odmiany Elan i Sonja,
- obiekt II – czarnoziem zdegradowany wytworzony na lessach kl.II, kompleks pszenno-buraczany, przedplon jęczmień jary, odmiany Tamino i Sonja.

Próbki korzeni do badań laboratoryjnych były pobrane w identyczny sposób dla każdego obiektu i odmiany. Wybrano po 20 sztuk zdrowych korzeni każdej frakcji, o cechach charakterystycznych dla danej odmiany: korzenie małe – średnica 7-9 cm, korzenie średnie – średnica 9-12 cm, korzenie duże – średnica 12-15 cm. Korzenie po ręcznym wykopaniu umyto, oznaczono i złożono w jednym miejscu na workach jutowych w warunkach naturalnych pod zadaszeniem. Czas składowania od momentu zbioru i pierwszego pomiaru do ostatniego pomiaru wynosił 60 dni. Z każdej strefy korzenia wycinano – przy użyciu cylinderka – po 3 próbki o średnicy i wysokości 20 mm. Seria pomiarów składała się z 5 korzeni każdej frakcji i odmiany. Pomiarów przeprowadzono w charakterystycznych miejscach najbardziej narażonych na uszkodzenia mechaniczne w czasie zbioru.

Pomiary odporności tkanki korzenia na uszkodzenia mechaniczne wykonano na mikrozrywarce Zwick 1425 dla ustalonych parametrów pomiarowych:

- wstępne obciążenie próbki – 5 N
- prędkość przemieszczania głowicy w czasie testu – $0,83 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$



Rys. 1. Miejsca pobierania próbek z korzenia

A – w najszerszej części korzenia, równoległe do osi podłużnej, B – w najszerszej części korzenia, prostopadłe do osi podłużnej, C – wzdłuż osi podłużnej na 2/3 wysokości korzenia

Fig. 1. Places of shaped samples from root

A – broadest part of the root parallel to the longitudinal roots axis, B – broadest part of the root, perpendicular to the longitudinal roots axis, C – longitudinal root axis on 75% root length

Wartości siły F powodującej naprężenie niszczące próbkę oraz jej odkształcenie L do momentu zniszczenia były automatycznie rejestrowane na drukarce współpracującej z mikrozywarką. Średnio co 20 dni, przy temperaturze 20°C i wilgotności powietrza 45-50%, wykonywano serię pomiarów dla każdej odmiany, frakcji i badanej strefy korzeni buraków cukrowych.

WYNIKI BADAŃ

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów na badanych obiektach, obliczono obsadę roślin na 1 ha, teoretyczny plon korzeni z 1 ha oraz wybrano korzenie o cechach geometrycznych charakterystycznych dla danego obiektu (tab. 1).

Tabela 1. Ocena biometryczna korzeni buraków cukrowych na badanych obiektach

Table 1. Biometrical assessment of sugar beet roots for two tested objects

Obiekt Object	Odmiana Variety	Obsada Planting (density) tys. szt.·ha ⁻¹ 10 ³ roots ha ⁻¹	Plon korzeni Root yield t·ha ⁻¹	Wielkość korzeni Size of roots					
				Małe Small		Średnie Medium		Duże Large	
				długość lengh	średnica diameter	długość lengh	średnica diameter	długość lengh	średnica diameter
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Obiekt I	Elan	53,2	47,2	145	79	191	110	227	146
Object I	Sonja	54,1	48,9	142	77	184	127	225	144
Obiekt II	Tamino	67,3	57,7	190	79	243	110	272	139
Object II	Sonja	63,4	55,4	184	79	236	110	255	144

Podczas statycznej próby ściskania wartość odkształcenia próbki korzenia wzrastała ze zwiększaniem się siły obciążającej (naprężeń), aż do osiągnięcia granicy płynności biologicznej (punkt pęknięcia). Wartości te przedstawiono w tabeli 2. Granicę wytrzymałości biologicznej na ściskanie określają naprężenia niszczące. Średnie wartości sił niszczących u świeżych korzeni buraków cukrowych mieściły się w zakresie od 589,5 N (odmiana Tamino, obiekt II, strefa C) do 850,3 N (odmiana Elan, obiekt I, strefa B).

Najmniej odporną na uszkodzenia mechaniczne była odmiana Tamino a najbardziej Elan (obiekt I). Generalnie, świeże korzenie z obiektu I były o 10,6% bardziej odporne na uszkodzenia mechaniczne. Podczas przechowywania wzrosła wytrzymałość na ściskanie korzeni w porównaniu z korzeniami świeżymi. Średnia wartość siły niszczącej u korzeni świeżych wynosiła 729,8 N i po dwóch miesiącach składowania zwiększyła się o 45,6% i wynosiła 1062,9 N. Odmienne ułożenie wiązek łykodrzewnych w poszczególnych strefach korzeni oraz różne kierunki działania siły w czasie wykonywania pomiarów wpłynęły na zróżnicowaną odporność mechaniczną tkanki. Najniższą wytrzymałość na ściskanie odnotowano w dolnej części korzenia – strefa C. Przebieg średnich wartości siły niszczącej F oraz odkształcenia próbki w momencie jej zniszczenia L z zaznaczeniem odchyłeń standartowych od ich średnich dla strefy C przedstawiają rysunki 2 i 3.

Dla badanych odmian średnia wartość siły niszczącej w strefie C wynosiła 661,3 N i była znacznie niższa w porównaniu ze średnimi wartościami dla stref A i B (A – 745,1 N i B – 782,9 N).

Średnia wartość odkształcenia L w procesie ściskania do momentu zniszczenia próbek wyciętych ze świeżych korzeni była w zakresie od 3,4 mm (odmiana Tamino, obiekt II – strefa C) do 5,4 mm (odmiana Elan, Sonja, obiekt I – strefa B).

Przebieg wielkości siły niszczącej próbkę korzenia buraków cukrowych oraz jej odkształcenie w zależności od czasu składowania korzeni opisuje następująca funkcja:

$$F = ax^2 + bx + c$$

$$L = ax^2 + bx + c$$

gdzie: F – maksymalna siła niszcząca próbkę, N;

L – maksymalne odkształcenie próbki do momentu jej zniszczenia, mm;

x – czas składowania, dni;

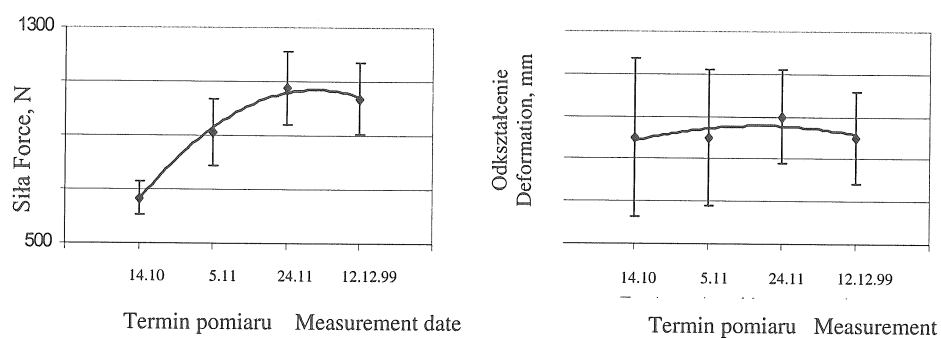
a, b, c – współczynniki.

Tabela 2. Średnie wartości siły niszczącej F (N) próbki korzenia oraz odkształcenie L (mm) badanych odmian bezpośrednio po zbiorze i w czasie składowania

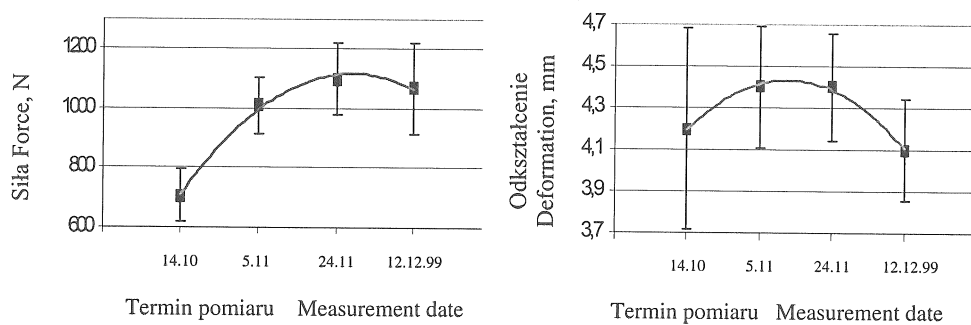
Table 2. Average values of breaking force F (N) of root sample and deformation L (mm) for tested varieties directly after harvest and storage

Obiekt/ Odmiana Object/ Variety	Strefa pomiarowa Measurement zone	Daty pomiarów Date of measurements															
		14.10.99				5.11.99				24.11.99				12.12.99			
		bepośrednio po zbiorze directly after harvest		bepośrednio po zbiorze directly after harvest		bepośrednio po zbiorze directly after harvest		bepośrednio po zbiorze directly after harvest		bepośrednio po zbiorze directly after harvest		bepośrednio po zbiorze directly after harvest		bepośrednio po zbiorze directly after harvest		bepośrednio po zbiorze directly after harvest	
F	L	F	L	F	L	F	L	F	L	F	L	F	L	F	L		
Obiekt I	A	797,8	4,7	1014,6	4,6	1162,6	4,7	1157,6	4,5	1176,6	4,5	1146,9	4,5	1157,6	4,5	1146,9	4,5
Object II/	B	850,3	5,4	1105,1	5,1	1168,6	4,9	1146,9	4,5	1168,6	4,9	1146,9	4,5	1168,6	4,9	1146,9	4,5
Elan	C	706,6	4,2	1010,3	4,4	1100,2	4,4	1069,4	4,1	1100,2	4,4	1069,4	4,1	1100,2	4,4	1069,4	4,1
	x	784,9	4,8	1043,3	4,7	1143,8	4,7	1124,6	4,4	1143,8	4,7	1124,6	4,4	1143,8	4,7	1124,6	4,4
Obiekt I	A	791,5	4,7	956,9	4,5	1111,1	4,5	1066,7	4,6	1111,1	4,5	1066,7	4,6	1111,1	4,5	1066,7	4,6
Object I/	B	831,9	5,4	1024,7	5,0	1168,8	4,7	1167,0	4,6	1168,8	4,7	1167,0	4,6	1168,8	4,7	1167,0	4,6
Sonja	C	666,4	4,2	910,7	4,2	1978,1	4,3	1037,3	4,2	1978,1	4,3	1037,3	4,2	1978,1	4,3	1037,3	4,2
	x	763,3	4,7	964,1	4,6	1119,3	4,5	1090,3	4,5	1119,3	4,5	1090,3	4,5	1119,3	4,5	1090,3	4,5
Obiekt II	A	636,5	3,9	794,5	3,9	965,2	4,0	927,1	4,3	965,2	4,0	927,1	4,3	965,2	4,0	927,1	4,3
Object II/	B	699,2	4,7	856,5	4,7	965,0	4,5	937,0	4,5	965,0	4,5	937,0	4,5	965,0	4,5	937,0	4,5
Tamino	C	589,5	3,4	751,1	3,5	910,9	3,7	931,1	4,0	910,9	3,7	931,1	4,0	910,9	3,7	931,1	4,0
	x	641,7	4,0	800,7	4,0	947,0	4,1	931,7	4,3	947,0	4,1	931,7	4,3	947,0	4,1	931,7	4,3
Obiekt II	A	754,9	4,2	905,4	4,4	1086,6	4,4	1107,2	4,3	1086,6	4,4	1107,2	4,3	1086,6	4,4	1107,2	4,3
Object II/	B	790,4	4,8	955,3	4,8	1146,4	4,8	1140,9	4,7	1146,4	4,8	1140,9	4,7	1146,4	4,8	1140,9	4,7
Sonja	C	682,6	3,6	830,1	3,9	1094,3	4,2	1066,5	4,2	1094,3	4,2	1066,5	4,2	1094,3	4,2	1066,5	4,2
	x	742,6	4,2	897,0	4,3	1109,1	4,5	1153,7	4,4	1109,1	4,5	1153,7	4,4	1109,1	4,5	1153,7	4,4
-	A	745,1	4,4	917,8	4,4	1081,4	4,4	1064,6	4,4	1081,4	4,4	1064,6	4,4	1081,4	4,4	1064,6	4,4
-	B	782,9	5,1	985,4	4,9	1112,2	4,7	1097,9	4,6	1112,2	4,7	1097,9	4,6	1112,2	4,7	1097,9	4,6
-	C	661,3	3,9	975,6	4,0	1045,9	4,2	1026,1	4,1	1045,9	4,2	1026,1	4,1	1045,9	4,2	1026,1	4,1
	x	729,8	4,5	926,3	4,4	1079,8	4,4	1062,9	4,4	1079,8	4,4	1062,9	4,4	1079,8	4,4	1062,9	4,4

Odmiana Sonja
Variety Sonja

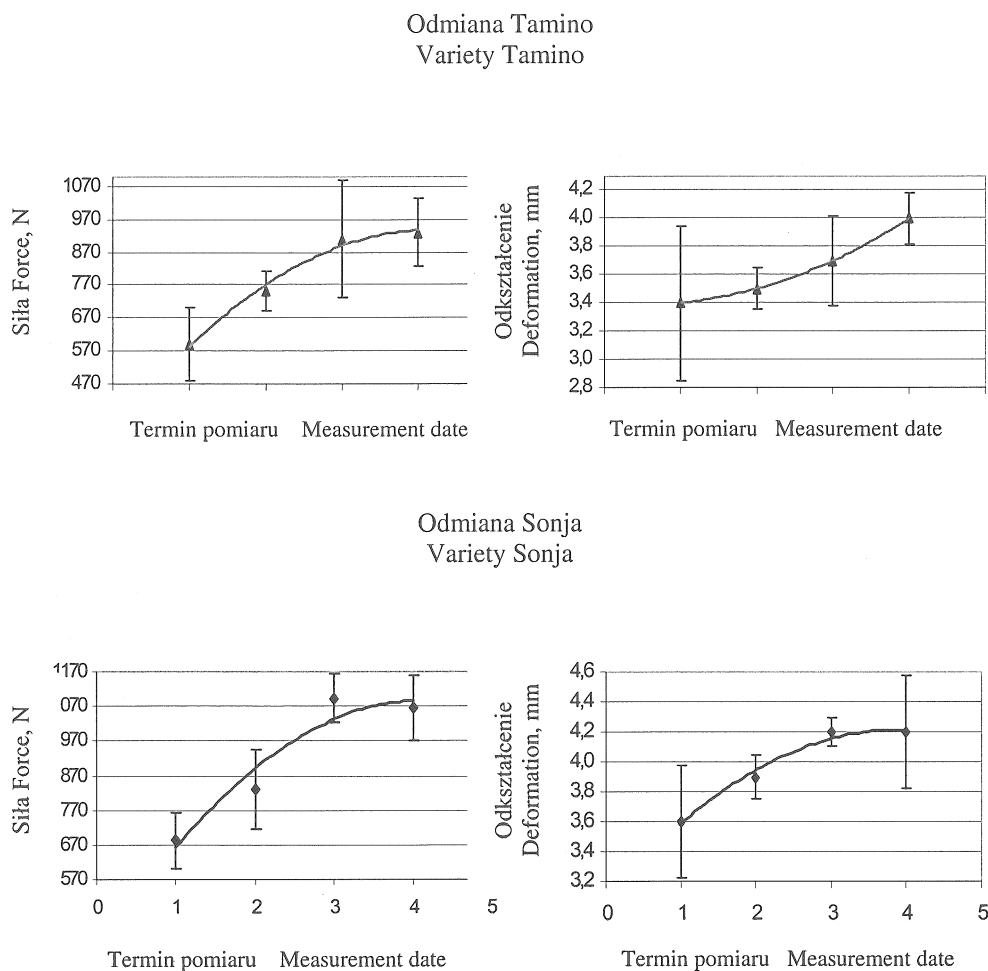


Odmiana Elan
Variety Elan



Rys. 2. Średnie wartości siły niszczącej próbkę korzenia oraz odkształcenie L badanych odmian bezpośrednio po zbiorze i w czasie składowania. Strefa pomiarowa C. Obiekt I

Fig. 2. Average values of breaking force of root sample and deformation L for tested varieties directly after harvest and storage. Measurement zone C. Object I



Rys. 3. Średnie wartości siły niszczącej próbkę korzenia oraz odkształcenie L badanych odmian bezpośrednio po zbiorze i w czasie składowania. Strefa pomiarowa C, obiekt II

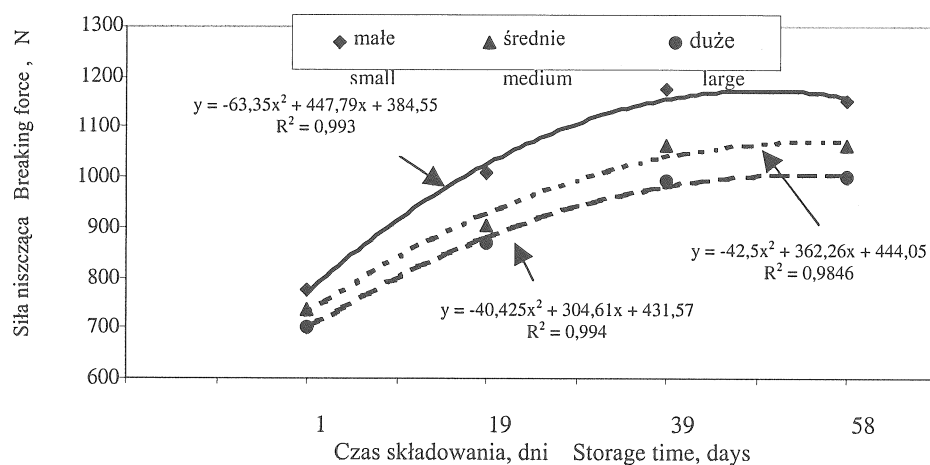
Fig. 3. Average values of breaking force of root sample and deformation L for tested varieties directly after harvest and storage. Measurement zone C, Object II

Wartości współczynników funkcji oraz współczynniki determinacji przedstawia tabela 3.

Wartość siły niszczącej F próbki korzeni była również uzależniona od wielkości korzeni oraz czasu ich składowania. Najbardziej odpornymi na uszkodzenia mechaniczne były korzenie małe, a najmniej korzenie duże (rys. 4).

Tabela 3. Wartości współczynników
Table 3. Values of coefficients

Obiekt/ Odmiana Object/ Variety	Strefa pomiarowa Measurement zone	Współczynniki Coefficients							
		F = $ax^2 + bx + c$				L = $ax^2 + bx + c$			
		a	b	c	R ²	a	b	c	R ²
I/Elan I/Sonja	A	-55,47	400,10	448,89	0,99	-0,03	0,08	4,63	0,65
	B	-69,13	440,95	483,38	0,99	-0,03	-0,17	5,58	0,98
	C	-83,63	535,95	258,93	0,99	-0,13	0,60	3,73	0,99
	A	-52,45	360,23	473,35	0,97	0,08	0,41	5,03	0,98
	B	-48,65	358,09	517,50	0,99	0,08	0,65	5,98	0,99
	C	-71,27	484,38	246,73	0,93	-0,03	0,14	4,75	0,60
II/ Tamino II/Sonja	A	-49,02	349,3	325,1	0,96	0,06	-0,17	4,01	0,99
	B	-46,32	313,8	427,3	0,99	0,02	-0,16	4,83	0,64
	C	-35,37	295,3	322,6	0,98	0,04	0,02	3,35	0,99
	A	-32,48	386,2	491,6	0,97	-0,05	0,31	3,96	0,99
	B	-42,58	337,2	404,7	0,97	-0,03	0,08	4,77	0,99
	C	-18,82	265,7	420,4	0,97	-0,05	0,47	3,20	0,96



Rys. 4. Odporność tkanki korzeni na uszkodzenia mechaniczne w zależności od wielkości korzeni
Fig. 4. Resistance of root tissue on mechanical damage versus root size

WNIOSKI

1. Największą odporność na uszkodzenia mechaniczne korzeni buraków cukrowych stwierdzono dla odmiany Elan – obiekt I, a najmniejszą dla odmiany Tamino – obiekt II.
2. W statycznej próbie ściskania próbek świeżych korzeni buraków cukrowych średnia siła niszcząca wynosiła 729,8 N, a odkształcenie do momentu zniszczenia próbki było równe 4,5 mm.
3. Dolna część korzenia położona na 2/3 długości licząc od główki – strefa C, charakteryzowała się najmniejszą odpornością.
4. Składowanie korzeni w okresie 60 dni spowodowało wzrost odporności tkanki korzenia na obciążenie mechaniczne w granicach 40-60%.
5. Stwierdzono zależność między odpornością korzeni na uszkodzenia mechaniczne a ich wielkością. Korzenie o najmniejszej średnicy odznaczały się największą odpornością natomiast korzenie o największej średnicy najmniejszą odpornością na uszkodzenia.

PIŚMIENNICTWO

1. **Byszewski W., Ostrowska W., Pala J.:** Produkcja a jakość surowców roślinnych. PWN Warszawa, 1978.
2. **Bzowska-Bakalarz M.:** Badania właściwości mechanicznych korzeni buraków cukrowych statyczna próba ściskania. Roczn. Nauk Roln., 76-C-2, 33-46, 1986.
3. **Bzowska-Bakalarz M.:** The determination of the mechanical properties of sugar beet according to its variety, nitrogen fertilization, time of storage and measurement zone. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 389, 121-127, 1991.
4. **Bzowska-Bakalarz M.:** Determination of the mechanical properties of the roots of sugar beets directly after harvest. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 399, 13-18, 1993.
5. **Chelemskij M.Z.:** Technologiczeskije kaczestwa sacharnoj swiekly. Piszcz. Promysl. Moskwa, 1973.
6. **Derski W., Ziemia S.:** Analiza modeli reologicznych. PWN, Warszawa 1968.
7. **Dobrzycki J.:** Chemiczne podstawy technologii cukru. WNT, Warszawa, 1984.
8. **Gorzelański J., Rudy M.:** Wybrane właściwości mechaniczne korzeni buraków cukrowych bezpośrednio po zbiorze i w czasie składowania. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, z.54, 579-583, 1998.
9. **Horvath M.:** Mechanical and rheological properties of some agricultural materials. Materiały II Conference PPAM, Godollo, Hungary, August, 26-28, 1990.
10. **Kuczyński A., Bzowska-Bakalarz M.:** Moduł sprężystości korzenia buraka cukrowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 321, 97-104, 1987.
11. **Ostrowska D., Wzorek H.:** Właściwości fizyczne korzeni buraków cukrowych. Gazeta Cukr., 2, 218-221, 1980.

12. **Trzebiński J.:** O jakości technologicznej buraków cukrowych. *Gazeta Cukr.*, 11, 240-242, 1984.
13. **Vukov K., Patkai G.:** Straty cukru powodowane mechanicznymi uszkodzeniami buraków. *Gazeta Cukr.*, 2, 29-31, 1980.
14. **Walczak J.:** Wytrzymałość materiałów oraz podstawy teorii sprężystości i plastyczności. PWN, Warszawa-Kraków, t. I, II, 1978.

EFFECT OF SOME FACTORS ON MECHANICAL PROPERTIES OF TISSUE OF SUGAR BEET ROOTS

Józef Gorzelany, Stanisław Sosnowski

School of Engineering and Economics, ul. A. Mickiewicza 10, 39-100 Ropczyce, Poland
e-mail: info@wsie.ropczyce.pl

Abstract. The study of mechanical damage of sugar beet roots resistance was conducted in laboratory conditions using micro tensile tester ZWICK 1425. The objects of this study were 3 varieties of sugar beet roots taken from two different farms. Measurements with static loading were done for two zones of roots being susceptible to damage directly after harvest. After the harvest (fresh roots) average values of breaking forces were in the range of 589.5 N (for Tamino variety at bottom zones of roots) to 850.3 N (Elan variety, middle zones of roots). After 60 days of storage the resistance of tissue against static loading increased significantly. The highest increased from 752.5 N to 1113.8 N was observed for Sonja variety in last measurement date.

Key words: sugar beet, mechanical damages, mechanics loads