

BADANIA NIEKTÓRYCH WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH  
KORZENI BURAKÓW CUKROWYCH

Małgorzata Bzowska-Bakalarz

Instytut Mechanizacji Rolnictwa AR w Lublinie

Jan Szklarz

Instytut Uprawy Roli i Roślin AR w Lublinie

O plonie technologicznym buraka cukrowego decydują przede wszystkim właściwości fizyczne tej rośliny oraz sposób uprawy i zbioru. Znajomość cech fizycznych, a także źródła ich zmienności pozwoli na określenie postępowania z surowcem w czasie zbioru i przetwarzania.

Dotychczasowe badania prowadzono w dwu kierunkach: klasyfikacja uszkodzeń po zbiorze oraz wyznaczanie niektórych cech geometrycznych i wytrzymałościowych buraków cukrowych [1-5]. Cechy geometryczne korzeni spichrzowych są wskaźnikiem określającym potencjalne możliwości gromadzenia asymilatów, a także decydują o geometrii części roboczych maszyn do zbioru. Ostrowska [1] w wieloletnich badaniach 24 odmian buraków cukrowych określiła źródła i zakres zmienności wystawania korzeni nad powierzchnię gleby na tle zróżnicowanego nawożenia mineralnego i nawadniania. Badania te pozwoliły na sformułowanie zaleceń praktycznych mających na celu zmniejszenie strat podczas ogławiania. W czasie zbioru największą ilość energii zużywa się na wykopanie korzeni z gleby. Siwicki i inni

[3] wykonali pomiary siły wyciągania korzeni z gleby. Pewne dane charakteryzujące korzeń jako obiekt oddziaływania maszyn rolniczych podaje katalog właściwości roślin [5]. Jednak aktualny stan informacji o właściwościach fizycznych buraka cukrowego jest jeszcze wciąż niepełny. W ramach tematu badawczego koordynowanego

przez Zakład Agrofizyki PAN w Lublinie wykonano w Akademii Rolniczej w Lublinie badania zależności siły wyciągania nie podkopanego korzenia z gleby od wymiarów i kształtu korzenia przy uwzględnieniu poziomu nawożenia azotowego.

#### WARUNKI I PRZEDMIOT BADAŃ

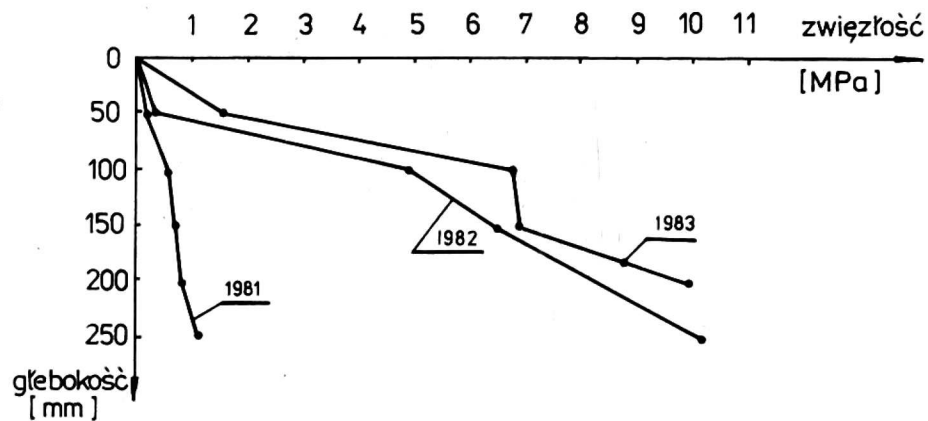
Obiektem badań były trzy odmiany buraków cukrowych: AJ 3, PN Mono 1, PS Mono 4 uprawianych na dwóch poziomach nawożenia azotowego (N1-160 kg/ha i N2-280 kg/ha przy stałej dawce nawozów fosforowych - 120 kg/ha i potasowych - 200 kg/ha). Doświadczenie polowe założono na zbielicowanym lessie w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Felinie k.Lublina w latach 1981-1983. Badania wykonano w okresie dojrzałości technologicznej w następujących terminach: 23 IX 1981 r., 15, 16 IX 1982 r., 14, 15 IX 1983 r.

T a b e l a 1

Wilgotność gleby na polu doświadczalnym

Głębokość cm	Wilgotność gleby w %		
	1981	1982	1983
0-6	9,22	4,31	1,51
6-12	10,74	6,0	3,86

W celu określenia warunków glebowych mających wpływ na wartość siły potrzebnej do wyciągnięcia korzenia zmierzono wilgotność (tab. 1) i zwięzłość gleby (rys. 1). Z wykresu zmian zwięzłości profilu glebowego wynika, że w 1981 r. zwięzłość gleby była najmniejsza (uśredniona do głębokości 25 cm wynosiła 0,675 MPa). Susza w okresie wegetacji i zbioru w 1982 r. i 1983 r. spowodowała, że zwięzłość gleby była bardzo wysoka i uśredniona do głębokości 15 cm wynosiła: w 1982 r. - 3,95 MPa, w 1983 r. - 5,072 MPa. Na głębokości 20 cm zwięzłość znacznie wzrastała (do 10 MPa), a na większej głębokości była tak wysoka, że przekraczała zakres zwięzłościomierza.



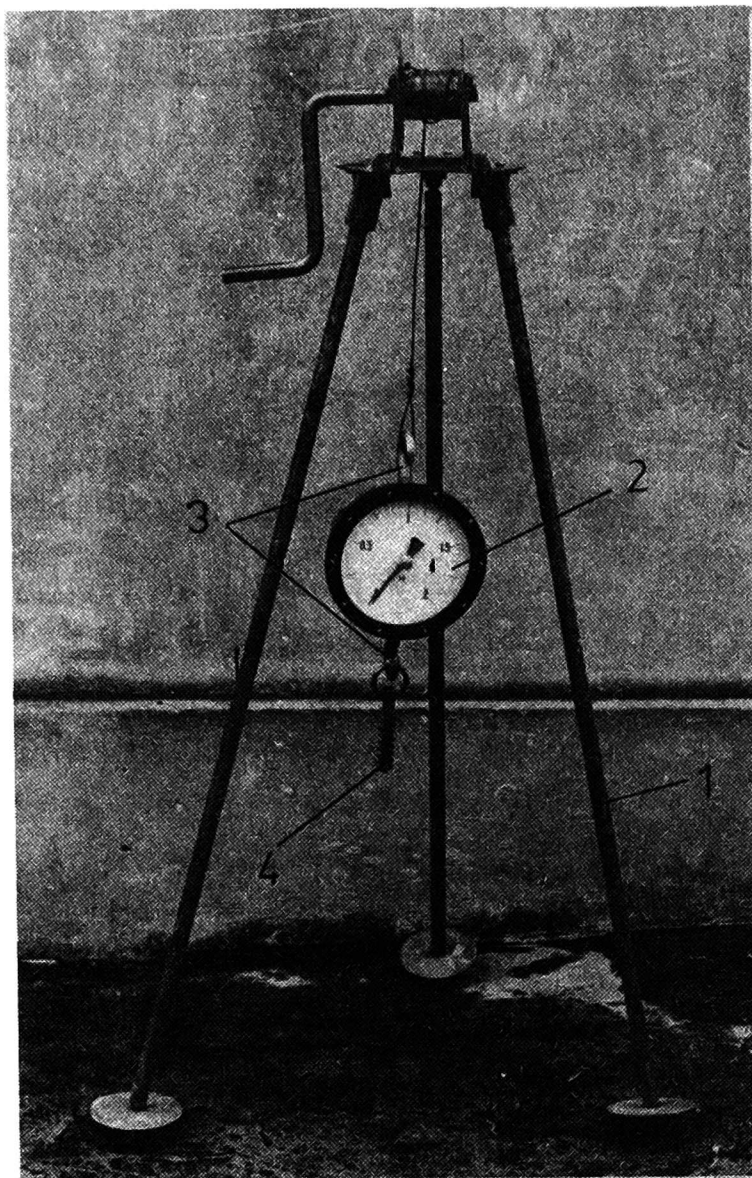
Rys.1. Wykres zmian zwięzłości gleby

Średnie miesięczne temperatury powietrza i sumy miesięczne opadów w okresie wegetacji i zbioru buraków w ciągu 3 lat badań były zawsze poniżej średnich wieloletnich. Jednak porównując w okresie trzyletnim warunki klimatyczne rok 1981 należałoby uznać za chłodniejszy i bardziej wilgotny, natomiast w 1983 r. występował największy niedostatek wody i panowała posucha.

#### METODYKA BADAŃ

Pomiary siły potrzebnej do wyciągnięcia nie podkopanych korzeni buraka cukrowego z gleby wykonano przy pomocy przyrządu skonstruowanego w Instytucie Produkcji Roślinnej SGGW-AR w Warszawie [3]. Przyrząd ten składa się ze statywu (1) siłomierza (2) i uchwytów (3). Elementem wyciągającym korzeń jest śruba (4) wkręcana w główkę korzenia po uprzednim jego ręcznym ogłowieniu (rys. 2). Podczas pomiarów zadbano o zachowanie powolnego narastania siły wyciągającej korzeń. Siłę tę mierzono przy pomocy siłomierza typ 9001 produkcji NRD o zakresie pomiarowym 0-2 kN i klasie dokładności równej 1.

W celu zbadania zależności między wartością siły wyciągającej a wymiarami korzenia mierzono długość i średnicę korzeni, wysokość płaszczyzny ogłowienia od powierzchni gleby oraz określano kształt korzeni. Wyróżniono pięć rodzajów kształtów korzeni: stożkowy, podkasany, palowy, kulisty i selerowaty [4]. Badania polowe wykonano w 50 powtórzeniach dla każdej odmiany i poziomu nawożenia.



Rys.2. Przyrząd do pomiaru siły wyciągania korzenia z gleby  
1 - statyw, 2 - siłomierz, 3 - uchwyty, 4 - śruba

### ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Analizę wyników badań przeprowadzono na podstawie metod statystyki matematycznej. Wnioskowanie ilościowe przeprowadzono na podstawie przedziałów ufności Tukeya przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . W opracowaniu podano przedziały ufności tylko w przypadku występowania istotnych różnic między średnimi.

Dane charakteryzujące korzenie badanych odmian pod względem wymiarów i wysokości płaszczyzny ogłowienia zestawiono w tabeli 2. Analiza statystyczna wykazała, że poziom nawożenia azotowego nie miał wpływu na wymiary korzeni i wysokość płaszczyzny ogłowienia,

natomiast długość, średnica i wysokość wystawiania korzeni były istotnie różne między odmianami i latami badań. Potwierdzają ten wniosek obliczone przedziały ufności (tab. 3). W 1983 r. korzenie były najdłuższe, a w 1982 najkrótsze. Średnica i wysokość płaszczyny ogłowienia korzeni zebranych w 1982 r. były najmniejsze w stosunku do pozostałych lat (odpowiednio o 14,3% i 0,29%). Porównując wymiary korzeni z trzech lat badań należy uznać długość korzenia za cechę odmianową. Korzenie odmiany diploidalnej wielonasiennej AJ 3 były o 6,6% krótsze od korzeni odmian jednonasiennych PN Mono 1 i PS Mono 4. Średnica korzeni nie różniła się między poszczególnymi odmianami. Wysokość wystawiania główek korzeni ponad powierzchnię gleby dla odmiany wielonasiennej AJ 3 była o 10,8% większa niż u odmian jednonasiennych.

W zakresie badań podstawowych wykonano także określenie kształtu korzeni. W tabeli 4 podano ilość korzeni o określonym kształcie dla każdej odmiany. Korzenie badanych odmian miały kształt przeważnie stożkowy z jednostkowymi przypadkami korzeni podkasanych, palowych, kulistych i selerowatych. W celu zbadania wpływu kształtu korzeni na wartości siły wyciągającej nie podkopany korzeń z gleby wykonano obliczenia metodą analizy wariancji grupując wartości sił wyciągających odpowiednio do wyróżnionych kształtów. Dawka nawożenia azotowego nie wpływała istotnie na kształt korzeni. Jak wynika z obliczeń kształt korzenia w ciągu 3 lat badań nie miał istotnego wpływu na wielkość sił wyciągających. Wyjątek w 1983 r. stanowiła odmiana PS Mono 4 uprawiana na niższym poziomie nawożenia azotowego. Do wyciągnięcia korzeni selerowatych tej odmiany trzeba było największej siły (1083 N), mniejszej do wyciągnięcia korzeni stożkowych (659 N), a najmniejszej do wyciągnięcia korzeni palowych (381 N).

Średnie wartości siły potrzebnej do wyciągnięcia nie podkopanych korzeni z gleby zestawiono w tabeli 5. Niezależnie od roku badań, odmiany i poziomu nawożenia wartości sił potrzebnych do wyciągnięcia nie podkopanych korzeni zawierały się w przedziale: 272,5-794,25 N. W jednostkowych przypadkach zaobserwowano jednak występowanie sił przekraczających 1000 N (maks. siła 1450 N-1 w 1983 r.). Stwierdzono istotne różnice w wartościach sił wyciągają-



## Średnie wartości wymiarów korzeni badanych

Wymiary korzenia	Rok	AJ 3			PN Mono 1	
		poziom				
		N1	N2	y	N1	N2
Długość	1981	18,21	19,63	18,92	19,98	22,08
	1982	18,36	18,16	18,26	18,58	17,50
	1983	19,56	20,24	19,90	21,18	22,84
	y	18,71	19,34	19,02	19,91	20,28
Średnica	1981	10,25	9,23	9,74	9,14	9,74
	1982	9,15	7,96	8,55	8,78	7,72
	1983	9,66	9,18	9,42	9,94	10,44
	y	9,68	8,79	9,23	9,28	9,30
Wysokość płaszczyzny ogławiania	1981	4,34	3,82	4,08	3,28	4,35
	1982	3,22	4,32	3,77	2,80	2,89
	1983	4,14	4,12	4,13	4,16	3,90
	y	3,90	4,08	3,99	3,41	3,71

T a b e l a 2

odmian oraz wysokości płaszczyzny ogłowienia (cm)

PS Mono 4			Średnio			
nawożenia						
y	N1	N2	y	N1	N2	y
21,03	19,17	21,04	20,10	19,12	20,91	20,01
18,04	20,12	17,08	18,60	19,02	17,58	18,30
22,01	21,86	22,03	21,95	20,86	21,70	21,28
20,36	20,38	20,05	20,21	19,66	20,06	19,86
9,44	9,67	10,42	10,04	9,68	9,79	9,74
8,25	8,10	8,44	8,27	8,67	8,04	8,35
10,19	9,08	9,70	9,39	9,56	9,77	9,66
9,29	8,93	9,53	9,23	9,30	9,20	9,25
3,61	4,18	4,52	4,35	3,93	4,23	4,08
2,84	2,56	2,20	2,38	2,86	3,13	2,99
4,03	4,24	4,74	4,49	4,18	4,25	4,20
3,56	3,66	3,82	3,74	3,65	3,87	3,76

## Przedziały ufności Tukeya. Różnice między wymiarami korzeni

Porównywane wielkości		Przedziały ufności	
Rok 1981			
L PN Mono 1	L AJ 3	0,50	3,71
L przy N2	L przy N1	0,70	2,09
Rok 1982			
L przy N1	L przy N2	0,22	2,65
D przy N1	D przy N2	0,26	1,01
W AJ 3	W PN Mono 1	0,32	1,52
W AJ 3	W PS Mono 4	0,79	1,98
Rok 1983			
L PS Mono 4	L AJ 3	0,67	3,42
L PN Mono 1	L AJ 3	0,73	3,48
D PN Mono 1	D AJ 3	0,12	1,41
D PN Mono 1	D PS Mono 4	0,15	1,44
Różnice między latami			
L 1981	L 1982	0,79	2,63
L 1981	L 1983	2,18	0,34
L 1982	L 1983	3,90	2,06
L PN Mono 1	L AJ 3	0,41	2,25
L PS Mono 4	L AJ 3	0,27	2,11
D 1981	D 1982	1,01	1,74
D 1983	D 1982	0,94	1,67
W 1981	W 1982	0,69	1,47
W 1983	W 1981	0,82	1,61
W AJ 3	W PN Mono 1	0,03	0,82

L - długość korzenia, D - średnica, W - wysokość płaszczyzny ogłowienia.



cych w poszczególnych latach badań (tab. 6). W 1981 r. wartości sił potrzebnych do wyciągnięcia korzeni były najmniejsze, a w 1983 r. największe. Zwiększenie wartości sił wyciągających w 1982 r. o 89,2%, a w 1983 r. o 123,1% w stosunku do 1981 r. spowodowane było większą zwięzłością gleby i drastycznym zmniejszeniem gleby wskutek suszy. Wykazano, że wartość siły wyciągającej korzeń z gleby jest cechą odmianową. Korzenie odmiany wielonasiennej AJ 3 wyciągano z siłą o 11,5% mniejszą niż korzenie odmian jednonasiennych. Między odmianami jednonasiennymi PN Mono 1 i PS Mono 4 nie stwierdzono istotnych różnic. Jednak w 1983 r., w którym w końcowej fazie wegetacji i zbioru wystąpiło największe przesuszenie gleby, a wartości sił wyciągających bardzo wzrosły, różnice między odmianami zacierały się i nie stwierdzono wpływu odmiany na wartość siły wyciągającej.

T a b e l a 4

Ilość korzeni buraków o różnym kształcie uprawianych przy dwóch poziomach nawożenia (N1 i N2)

Kształt korzenia	Rok badań	Odmiana					
		AJ 3		PN Mono 1		PS Mono 4	
		N1	N2	N1	N2	N1	N2
Stożkowy	1981	31	37	30	36	37	34
	1982	24	28	25	30	38	34
	1983	40	44	45	48	43	49
Podkasany	1981	2	5	10	4	3	7
	1982	17	11	13	7	5	7
	1983	8	-	3	-	2	-
Palowy	1981	3	4	-	5	1	4
	1982	1	4	1	2	-	1
	1983	1	-	1	-	2	-
Kulisty	1981	11	4	7	4	2	5
	1982	3	5	8	4	2	3
	1983	-	1	-	-	-	-
Selerowaty	1981	3	-	3	1	7	-
	1982	5	2	3	7	5	5
	1983	1	5	1	2	3	1

Średnie wartości siły potrzebnej do wyciągnięcia nie podkopanych korzeni z gleby (N).  
W nawiasach podano współczynnik zmienności w %

Odmiana	Poziom nawożenia	Siła potrzebna do wyciągnięcia korzenia			średnio
		1981	1982	1983	
AJ 3	N1	296,50 (34)	528,50 (46)	597,50 (36)	474,16
	N2	272,50 (50)	448,50 (40)	794,25 (35)	505,08
	y	284,50	488,50	695,87	489,62
PN Mono 1	N1	293,50 (38)	657,50 (53)	669,25 (32)	540,08
	N2	366,00 (38)	564,50 (49)	768,50 (21)	566,33
	y	329,75	611,00	718,87	553,20
PS Mono 4	N1	277,50 (41)	770,00 (50)	660,00 (41)	569,16
	N2	345,32 (42)	534,00 (49)	640,85 (37)	506,72
	y	311,41	652,00	650,42	537,94
Średnio	N1	289,16	652,00	642,25	527,80
	N2	327,94	515,66	734,53	526,04
	y	308,55	583,83	688,39	526,92

T a b e l a 6

Przedziały ufności Tukeya. Pomiary siły wyciągającej nie podkopany korzeń z gleby. Różnice między odmianami, poziomami nawożenia i latami badań

Porównywane wielkości		Przedziały ufności	
1981			
AJ 3	PN Mono 1	0,74	3,07
N2	N1	9,95	67,58
1982			
AJ 3	PN Mono 1	220,88	24,11
AJ 3	PS Mono 4	261,88	65,11
N2	N1	203,55	69,10
1983			
N2	N1	38,75	145,81
Różnice między latami			
1983	1982	60,34	148,77
1982	1981	231,06	319,49
1983	1981	335,62	424,05
AJ 3	PN Mono 1	107,79	19,36
AJ 3	PS Mono 4	82,53	4,10

Podsumowując trzyletnie wyniki badań nie stwierdzono istotnego wpływu poziomu nawożenia azotowego na wartości sił wyciągających korzeń z gleby. Jednak w wynikach z poszczególnych lat badań zaznacza się istotny wpływ poziomu nawożenia. W roku o największej ilości opadów, kiedy zwężłość gleby była najmniejsza, do wyciągnięcia korzeni uprawianych na wyższym poziomie nawożenia (N2) potrzeba istotnie większej siły (o 11,9%) niż do wyciągnięcia korzeni uprawianych na niższym poziomie nawożenia azotowego (N1). W roku o najmniejszej ilości opadów (1983) zachodzi podobna prawidłowość: do wyciągnięcia korzeni uprawianych przy wyższym poziomie nawożenia trzeba istotnie większej siły (o 12%) niż do wyciągnięcia korzeni

Współczynniki korelacji między siłą wyciągającą nie podkopany korzeń  
z gleby a wymiarami korzenia

Odmiana	Poziom nawoże- nia	Współczynnik korelacji między siłą wyciągającą korzeń a wymiarami korzenia:									
		długością	średnicą	wysokością płaszczyny ogławiania	1981	1982	1983	1981	1982	1983	1981
AJ 3	N1	0,4899	0,6293	0,35333	0,1655	0,5360	0,2378	0,6813	0,2706	0,0278	0,0278
	N2	0,5324	0,3494	0,5793	0,5822	0,1283	0,5158	0,0951	0,0360	0,0847	
PN Mono 1	N1	0,51,69	0,6099	0,5204	0,5275	0,4365	0,2841	0,1071	0,0392	0,2486	
	N2	0,3818	0,6923	0,4223	0,4245	0,3370	0,3394	0,0279	0,0669	0,0394	
PS Mono 4	N1	0,4973	0,5892	0,2362	0,5650	0,3416	0,2141	0,0205	0,2000	0,0479	
	N2	0,5323	0,4141	0,5610	0,5923	0,4451	0,5493	0,2073	0,4590	0,2303	

uprawianych na niższym poziomie nawożenia azotowego. Jedynie wyniki uzyskane w 1982 r. nie potwierdzają podobnej zależności. Wnioskowanie o prawidłowościach kierujących zależnością: poziom nawożenia azotowego - wartość siły wyciągającej powinno się opierać na wieloletnich badaniach.

W celu określenia wpływu wymiarów korzeni i wysokości płaszczyzny ogłowienia na siłę wyciągającą korzeń z gleby obliczono charakterystyki próby wielu zmiennych. Wartości współczynnika zmienności były największe dla wysokości płaszczyzny ogłowienia (od 31 do 51%) i dla wartości sił wyciągających nie podkopany korzeń z gleby (od 21 do 50%) (tab. 5). Tak duże względne rozproszenie wyników świadczy o znacznym zróżnicowaniu tych parametrów w ramach każdej odmiany i poziomu nawożenia. Największą zmienność w wartościach sił wyciągających zaobserwowano w 1982 r. (współczynnik zmienności 47,3%) i u odmiany PS Mono 4 (42%), a najmniejszą u odmiany PN Mono 1 (38%).

Miarą współzależności badanych cech jest współczynnik korelacji (tab. 7). Bezwzględna wartość współczynnika korelacji jest najwyższa przy zależności siła wyciągająca - długość korzenia i siła wyciągająca - średnica korzenia. Współczynniki korelacji dla tych zależności są dodatnie, a więc ze wzrostem długości i średnicy rośnie wartość siły wyciągającej korzeń z gleby. Obliczona istotność współczynnika korelacji wykazała, że korelacje między długością, średnicą a siłą wyciągającą są istotne. Wysokość płaszczyzny ogłowienia nie koreluje istotnie z wartością siły wyciągającej korzeń.

## WNIOSKI

1. Wartości sił potrzebnych do wyciągnięcia nie podkopanych korzeni z gleby były bardzo zróżnicowane (współczynnik zmienności od 21 do 50%) i zawierały się w przedziale: 272,5-794,25 N.

2. Stwierdzono istotne różnice między odmianami w wartościach siły wyciągających nie podkopane korzenie z gleby. Do wyciągnięcia korzeni odmiany wielonasiennej potrzeba o 11,5% mniejszej siły niż do wyciągnięcia korzeni odmian jednonasiennych. Jednak w skrajnie

niekorzystnych warunkach zbioru z powodu suszy różnice między odmianami zacierały się.

3. W latach o wyraźnie niekorzystnych warunkach wegetacji i podczas zbioru z powodu występującej suszy i wzrostu zwięzłości gleby, siły wyciągające nie podkopane korzenie z gleby wzrastają osiągając w skrajnych przypadkach wartości powyżej 1000 N.

4. Wpływ poziomego nawożenia azotowego na wartości siły wyciągającej korzeni jest odmienny w poszczególnych latach badań. Na ogół przy wyższym poziomie nawożenia azotowego potrzeba istotnie większej siły do wyciągnięcia korzenia z gleby. Na podstawie wyników z 3 lat można stwierdzić, że zaciera się wpływ poziomego nawożenia azotowego na wartości sił wyciągających korzeni.

5. Wartość siły wyciągającej nie podkopane korzenie z gleby pozostaje w związku z maksymalną średnicą korzenia (współczynnik korelacji 0,4012) i jego długością (współczynnik korelacji: 0,4945). Większej średnicy i długości korzenia odpowiadała większa siła potrzebna do jego wyciągnięcia. Wysokość płaszczyzny ogłowienia nie miała istotnego wpływu na wartości tych sił.

6. Korzenie badanych odmian miały kształt głównie stożkowy z jednostkowymi przypadkami korzeni selerowatych, podkasanych, kulistych i palowych. Nie stwierdzono istotnego wpływu kształtu korzeni na siły wyciągające korzeni z gleby.

7. Wymienione cechy geometryczne korzeni determinują zmiany wartości siły wyciągającej korzeni z gleby, ale znacznie większe zmiany wahające się od 89 do 123% należy przypisać warunkom meteorologicznym i glebowym.

8. W świetle przedstawionych wyników wydaje się celowe podjęcie tego rodzaju badań na innych rodzajach gleb, z innymi odmianami buraków cukrowych i przy innych poziomach nawożenia.

#### PIŚMIENNICTWO

1. Ostrowska D.: Zmienność wystawiania korzeni buraka cukrowego (*Beta vulgaris* provar. *Altissima* Döll) nad powierzchnię gleby. Rozpr. Nauk. i Monogr. SGGW-AR, Warszawa 1981.
2. Ostrowska D., Wzorek H.: Właściwości fizyczne korzeni buraków cukrowych. Gaz. Cukr., 1980, nr 10.



3. Siwicki St., Kostka D., Żołnierczyk Cz.: Niektóre cechy morfologiczne buraków cukrowych i ich związek z konstrukcją i pracą maszyn do zbioru. Biul. Inst. Hod. i Aklim. Rośl., 1969, nr 5-6, s.169-181.
4. Wiśniewski F.: Straty i uszkodzenia korzeni buraków cukrowych w zależności od ich kształtu. Biul. Inf. PIMR, nr 1, Poznań 1969.
5. Zbiorowa: Ważniejsze właściwości roślin wiążące się z pracą maszyn rolniczych. PWN Warszawa 1975.

М. Бзовска-Бакаляк, Я. Шкляж

## ИССЛЕДОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОРНЕЙ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

### Р е з ю м е

В рамках исследовательской темы, координированной Агрофизическим Институтом ПАН в Люблине, выполнили 3-летние исследования зависимости силы извлечения неподкопанного корня из почвы от размеров и формы корней при учете уровня азотистого удобрения. Объектом исследований было 3 сорта сахарной свеклы: многосемянная А J 3 и односемянные РМ Моно I и PS Моно 4. На основе результатов исследований определили величины сил, нужные для извлечения неподкопанных корней из почвы (272,5-794,25 N) и исследовали качества корней и условия, детерминирующие изменения величин этих сил.

М. Bzowska-Bakalarz, J. Szklarz

## INVESTIGATION OF SOME PHYSICAL PROPERTIES OF SUGAR BEET ROOTS

### S u m m a r y

In the framework of a research project coordinated by The Institute of Agrophysics, PAN, in Lublin three year investigations of the dependence of the force needed to pull out sugar beet roots from the soil on such factors as root size, shape and different

nitrogen fertilization levels were performed. Three sugar beet varieties poligerm AJ 3 and monogerm PN Mono 1, and PS Mono 4 were studied.

The results obtained allowed to establish the value of the force needed to pull out sugar beet roots from the soil (272.5-294,5 N) and to identify root features and conditions influencing this force.