

# Budowa i właściwości fizyczne korzeni buraka cukrowego

W. BYSZEWSKI, M. KIEŁBASKA

*Instytut Genetyki i Hodowli Roślin SGGW*

Budowa korzeni buraka cukrowego jest znacznie zróżnicowana przy czym jest ona wypadkową dwóch grup czynników: cech dziedzicznych oraz procesu przystosowania się roślin do warunków środowiska. Odnośnie właściwości korzeni buraków, wpływ środowiska jest przeważnie znacznie silniejszy. Stwierdzono np., że pod wpływem czynników środowiskowych uzyskuje się różnice większe niż różnice między odmianami — w zawartości cukru czterokrotnie, w plonie cukru sześciokrotnie, w ilości korzeni drobnych 60-krotnie.

W przypadku niektórych właściwości, jak np. ilości korzeni rozwidlonych i drobnych, siły potrzebnej do wydobywania korzeni z gleby itp., prawie wyłącznie decydują czynniki środowiskowe. Ilość korzeni rozwidlonych wyraźnie wzrasta, gdy popełniono jakieś błędy uprawowe zmniejszające homogenizację gleby, w szczególności gdy powstała tzw. podeszwa płużna.

W naszych badaniach ugniatanie gleby, zwłaszcza nadmiernie wilgotnej, powoduje wyraźny wzrost ilości korzeni rozwidlonych (tab. 1).

Tabela 1

Procent korzeni rozwidlonych w zależności od ugniecenia gleby

Gleba	Średnia za cztery lata			
	1963	1964	1965	1966
Ugniatana	17,0	25,3	13,1	23,6
Nieugniatana	14,9	22,4	13,8	20,6

Procentowy udział części korzenia wyrastającego ponad glebę zależy w znacznym stopniu od warunków środowiskowych. Jest on modyfikowany między innymi przez wilgotność gleby, jej zagęszczenie, sposób rozmieszczenia roślin na polu oraz poziom nawożenia. Wyniki naszych badań w tym zakresie ilustruje tabela 2.

Z drugiej strony im bardziej korzeń buraka jest zagłębiony w glebę i im silniej rozbudowany, tym większej siły potrzeba, aby wydobyć go z gleby. Stwierdzono, że potrzebne są większe siły w przypadkach rzadszego rozmiesz-

Tabela 2

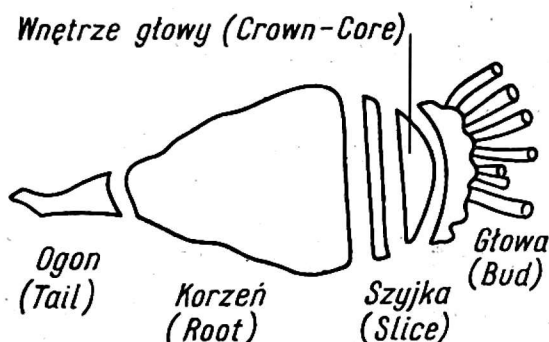
Wpływ różnych czynników na wyrastanie z gleby głowy buraka (średnie z trzech lat)

Badane czynniki	Wyrastanie buraków w cm
Nawadnianie — 0	4,0
Nawadnianie — 100 mm H <sub>2</sub> O	4,4
Uprawa konna	3,9
Uprawa mechaniczna	4,7
Rozstawa roślin 40 × 30	3,3
Rozstawa roślin 60 × 20	3,8
Nawożenie doglebowe N-110 kg/ha	3,4
Nawożenie doglebowe N-220 kg/ha	3,5
Nawożenie dolistne:	
O	3,7
H <sub>2</sub> O	4,2
N	3,9
P	4,1
K	4,2
NPK	3,9
Wuchsałem	4,2
PK	4,0
Dzielenie dawki azotu:	
jednorazowo 160 kg/ha	5,1
100 + 60	4,7
100 + 30 + 30	4,4

czenia w rzędzie, deszczowania i słabszego nawożenia azotem (tab. 3). To znaczy, że wszystkie czynniki powodujące większe zagłębienie korzeni powodują, że są one silniej umiejscowione w glebie. I przeciwnie, gdy bardziej wyrastają ponad powierzchnię, wówczas mniejsza siła jest potrzebna aby wydobyć je z gleby.

Do typowych cech genetycznych należy zaliczyć proces magazynowania cukru w korzeniu.

Pomimo dużej ilości zjawisk zacierających typową budowę korzeni buraka cukrowego, badania zapoczątkowane przez F. Haberlandta w 1875 r., E.v. Proskovetza (1887-1888), I. Zlebińskiego (1902) doprowadziły do ustalenia schematu składowania cukru w korzeniu. Ostateczną wersję tego schematu zapro-



Rys. 1. Podział korzenia wg B. Tolmana

ponował Stehlik (1923). Wreszcie zaprojektowany przez B. Tolmana (1963) schemat podziału korzenia dodaje do schematu Stehlika właściwości technologiczne poszczególnych części korzenia, które ilustruje rys. 1 i tabela 4.

Omawiając te właściwości bliżej należy stwierdzić, że górną część głowy charakteryzuje najniższa zawartość cukru, natomiast najwyższą zawartość inwertu i znaczną ilość soli mineralnych i azotu. Dlatego też od dawna zrezygnowano z tej części buraka w procesach fabrycznych. Dolna część głowy i szyjka, cho-

Tabela 3

Wpływ różnych czynników na wielkość siły potrzebnej dla wydobycia z gleby korzeni buraka (średnia za trzy lata)

Badane czynniki	Siła w kg na jedną roślinę
Nawadnianie — O	37,4
Nawadnianie — 100 mm H <sub>2</sub> O	40,5
Uprawa konna	46,0
Uprawa mechaniczna	43,3
Rozstawa roślin 40 × 30	39,1
Rozstawa roślin 60 × 20	38,8
Nawożenie doglebowe N-110 kg/ha	39,4
Nawożenie doglebowe N-220 kg/ha	38,3
Nawożenie dolistne:	36,8
O	36,8
H <sub>2</sub> O	33,0
N	36,1
P	36,0
K	35,5
NPK	36,7
Wuchsałem	39,3
PK	33,7

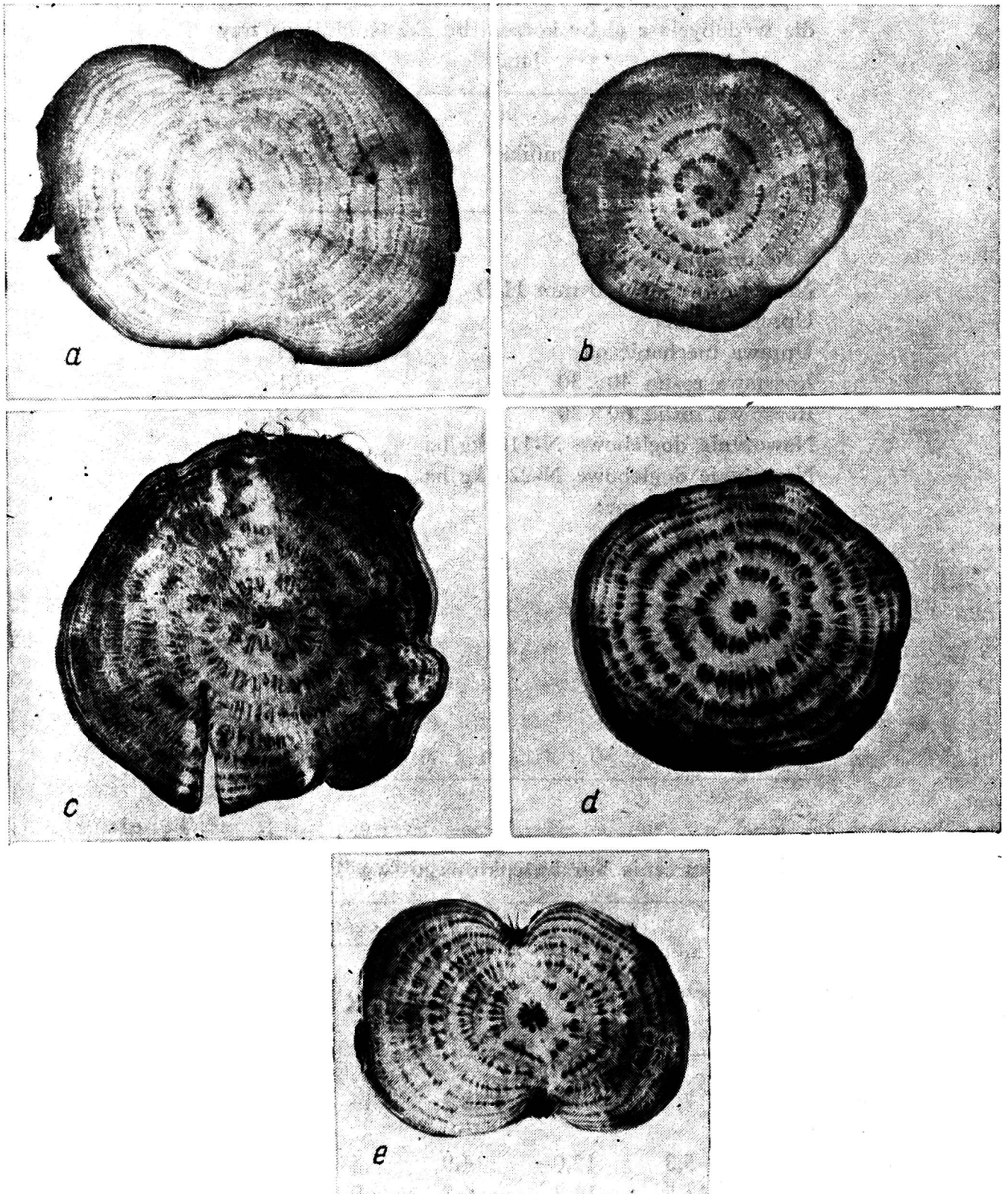
Tabela 4

Podział korzenia buraka cukrowego (wg Tolmana)

Część	% ciężaru	% cukru	% ogólnej zawartości			
			inwertu	K	Na	szkodliwość azotu
Głowa (Bud)	7,2	7,5	48,2	14	29	12
Wnętrze głowy (Crown-Core)	5,3	12,0	4,9	5	5	13
Szyjka (Slice)	11,5	14,3	6,5	9	9	16
Korzeń (Root)	69,2	15,4	34,9	64	52	54
Ogon (Tail)	6,8	13,5	5,5	8	5	5

cięż mają znaczne ilości substancji melasotwórczych, ze względu na dość wysoki % zawartości cukru mogą być jednak przerabiane. Najlepsze właściwości przerobowe ma naturalnie część główna — korzeń, a nieco gorsze ogon.

Budowa anatomiczna korzenia również związana jest dość ściśle z wpływem dziedziczenia. Artschwager [1] stwierdził, że budowa wtórna korzenia buraka cukrowego polega na powtarzających się pasmach miążgi budującej na zewnątrz tkankę sitową (floem) i miękiszową (parenchymę), a do wnętrza korzenia tkankę naczyniową (ksylem) i tkankę miękiszową (rys. 2a-e). Wytworzony w liściach



Rys. 2. Przekroje porównawcze różnych odmian buraków cukrowych: a — diploidalna AJ<sub>2</sub>, b — NP poly, c — P poly, d — AJ poly<sub>1</sub>, e — Poly-mono

cukier spływa sitami do korzeni, gdzie magazynowany jest wokół tkanki sitowej. Toteż istnieją następujące związki budowy anatomicznej z zawartością cukru:

(1) odmiany wysokocukrowe charakteryzują wąskie pasma miękiszu, wąski pierwszy pierścień, masywny floem;

(2) odmiany niskocukrowe mają szeroki pierwszy pierścień, masywny ksylem i szerokie pasma parenchymy.

Przeprowadzone przez nas badania miały na celu sprawdzenie słuszności twierdzeń Artschwagera w odniesieniu do odmian buraków poliploidalnych: NP poly, P poly, IHAR poly i Poly-mono IHAR i przekonanie się o kierunku zmian budowy korzeni pod wpływem poliploidyzacji.

Z cech anatomicznych do pomiarów wzięto następujące: ilość pierścieni przyrostu wtórnego, szerokość pierwszego pierścienia oraz współczynnik gęstości pierścieni, który otrzymano dzieląc powierzchnię przekroju szyjki buraka przez ilość pierścieni. Budowę anatomiczną badanych odmian ilustruje tabela 5 oraz rys. 2.

Jednocześnie badano ciężar i objętość korzeni oraz zawartość suchej substancji i cukru. Porównując badane odmiany pod względem anatomicznym należy stwierdzić, że różnice okazały się istotne jedynie w ilości pierścieni przyrostu wtórnego między odmianami IHAR poly a P poly. Analizą korelacyjną próbowano znaleźć zasadnicze związki budowy anatomicznej z różnymi badanymi parametrami. Dla większości parametrów nie znaleziono łączących je związków wzajemnych. Istotnymi były następujące korelacje:

1. Między ciężarem właściwym buraka a zawartością suchej substancji (IHAR poly —  $r = 0,980$ , NP poly —  $r = 0,518$ , P poly —  $r = 0,290$ . Dla pozostałych odmian zależność była nieistotna).

2. Między wielkością pierwszego pierścienia przyrostu wtórnego a zawartością suchej substancji zależność istotna dla odmian  $r = 0,296$ .

3. Między gęstością pierścieni a ciężarem buraka np. dla Poly-mono —  $r = 0,798$ , P poly —  $r = 0,790$ , NP poly —  $r = 0,773$ .

4. Między ilością pierścieni przyrostów wtórnych a ciężarem buraka (NP poly —  $r = 0,557$ , poly —  $r = 0,380$ , IHAR poly —  $r = 0,230$  i Poly-mono —  $r = 0,314$ ).

Tabela 5

Porównanie cech anatomicznych poliploidalnych buraków

Odmiany	Ciężar g	Liczba pierścieni	Szerokość I pierścienia mm	Współczynnik gęstości	Zawartość suchej substancji %	Cukier %
IHAR poly	1029,4	7,94	9,48	1083,2	20,23	16,8
NP poly	834,95	7,29	7,71	851,06	20,23	17,3
P poly	769,55	6,97	7,66	813,78	20,46	17,5
Poly-mono IHAR	569,00	7,40	7,68	618,58	18,8	16,8

5. Między wielkością pierwszego pierścienia a ciężarem buraka (P poly —  $r = 0,520$ , NP poly —  $r = 0,316$ , Poly-mono —  $r = 0,240$ ).

Z istniejących związków należy zwrócić szczególną uwagę na zależność między zawartością suchej substancji a ciężarem właściwym buraków (zgodnie z badaniami Metelskiego) oraz z wielkością pierwszego pierścienia (zgodnie z tezami Artschwagera [1]). W badaniach Artschwagera z zawartością cukru była skorelowana również i gęstość pierścieni. W naszych doświadczeniach cechy te wiązały się z ciężarem buraków. Wydaje się, że przyczyną rozbieżności jest to, że Artschwager badał rody buraków diploidalnych, my natomiast odmiany poliploidalne. Zastosowanie odmian poliploidalnych powoduje istnienie na polu obok siebie buraków di-, tri- i tetraploidalnych o bardzo zmiennym i przypadkowym stosunku tych składników. Każdy z tych składników wykazuje prawdopodobnie różne tempo procesów wzrostowych i asymilacyjnych. Przejawia się to przez powstanie trzech różnych szczytów krzywej Gaussa wielkości poszczególnych pierścieni przyrostu wtórnego odmiany poliploidalnej.

Odmiany diploidalne charakteryzują się na ogół wyższym współczynnikiem kształtu (stosunek długości do szerokości), wynoszącym przeważnie ponad 3,5 podczas gdy dla odmian poliploidalnych wynosił on 2,3 (korzenie były znacznie szersze). Podobne zależności wystąpiły w odniesieniu do wytworzonego plonu. Większe korzenie charakteryzują się zwykle wyższym współczynnikiem kształtu. Ogólnie można stwierdzić, że przy plonie 450 q/ha uzyskuje się korzenie znacznie szersze niż np. przy plonie 200 q/ha. Do cech dziedzicznych odmiany zaliczyć można szybkość jej dojrzewania i drewnienia. Cechy te wywołują zjawisko zatrzymywania procesów wzrostowych na wcześniejszych czy późniejszych etapach. I tak wielu badaczy sądzi, że po wytworzeniu jednego czy kilku pierścieni przyrostu wtórnego występują procesy stopniowego hamowania rozwoju najstarszych pierścieni. Tabenckij [7] sądzi inaczej, że burak może do końca okresu wegetacyjnego budować nowe pierścienie i jednocześnie powiększać nawet najstarsze. Z badań prowadzonych przez nas wynika, że pogląd Tabenckiego [7] jest słuszny. Naturalnie zjawisko wiąże się z tendencją odmian poliploidalnych przedłużenia okresu wegetacyjnego — odmiany te do późnej jesieni mogą powiększać swe części asymilacyjne i potrafią asymilować. Dla sprawdzenia hipotezy Tabenckiego [7] pobierano z pola próbki korzeni po 50 szt. w terminach 23.VI, 7.VII, 7.VIII i porównano z ostateczną partią 100 szt. korzeni każdej odmiany, wykopaną w końcu września. Określono przy tym ciężar korzeni oraz ilość i wielkość pierścieni przyrostu wtórnego.

Okazuje się, że badane odmiany miały na początku lipca cztery pierścienie. Na początku sierpnia ilość ich wzrosła do sześciu. We wszystkich przypadkach do końca września można było stwierdzić, że rosły nawet najstarsze pierścienie

Procesy drewnienia związane z procesami starzenia się komórek, również prawdopodobnie wiążą się z omawianymi zjawiskami, choć mechanizm ich działania nie został w pełni wyjaśniony. Próbowaliśmy go sprawdzić stosując badania pomiarów twardości buraków w procesach fabrycznych. Do określania twardości zastosowano konsystometr Höpplera o szerokości noża 3,8 cm. Mierzono

opór przy cięciu 1 cm warstwy odciętej poniżej główki korzenia. Wyniki zestawiono w tabeli 6.

Badania te nie wykryły istotnych różnic między odmianami, stwierdzono natomiast bardzo duże różnice w obrębie odmiany. Dokonane pomiary są jednak

Tabela 6

Twardość buraków w kg/cm ostrza noża

Odmiany	Średnie	Wahania osobnicze od — do
NP poly	2,850	2,11-3,95
Poly-mono IHAR	2,898	1,98-3,55
P poly	3,080	2,11-3,95
IHAR poly	3,150	2,11-4,35

obciążone dużym błędem, gdyż znaczną część (ok. 50%) oporu przy cięciu stanowi turgor korzeni. Aby uniknąć tego błędu należałoby pomiary oporu dokonywać prawie bezpośrednio po wyrwaniu korzeni, co było niemożliwe do przeprowadzenia. Wydaje się, że zgodnie z twierdzeniem Rosnowskiego (1934-1937) należałoby uznać twardość za cechę genetyczną i zależną od warunków wzrostu buraków.

Drugą bardzo ważną grupą czynników indywidualizującą poszczególne osobniki na polu to warunki środowiska. Procesy wzrostowe warunkowane są ilością osobników na ha, ich wzajemną od siebie odległością oraz przypadkową na polu dostępnością składników mineralnych i wody z gleby. Indywidualizacja ta w przypadku odmian poliploidalnych ulega wzmocnieniu przez przypadkowy stosunek form di-, tri- i tetraploidów. Zjawisko ogromnej zmienności indywidualnej u buraków cukrowych ilustruje tabela 7 na przykładzie odmiany IHAR poly.

Tabela 7

Różnice osobnicze w obrębie odmiany IHAR poly

Ciężar g	Wsp. kształtu	Twardość kg/cm	Wsp. gęstości	Szerokość I pierścienia	Zawartość suchej substancji
Do 200	2,5-4,5	2,9 -3,15	293-315	2-7	20,4-20,0
200-400	2,1-5,5	2,37-3,88	265-752	2-11	15,6-23,0
400-600	1,9-3,9	2,37-3,95	470-831	3-12	19,6-24,0
600-800	1,2-2,9	2,37-3,55	425-1720	3-19	18,8-21,4
800-1000	1,3-3,5	2,37-3,82	641-1290	6-19	18-21,2
1000-1500	1,0-3,4	2,11-4,35	852-1960	3-22	13,1-22,0
1500-2000	1,5-3,2	2,37-3,95	730-2535	4-17	18,4-24,0
Ponad 2000	1,8-2,4	3,15-3,95	1185-1765	8-13	18,2-21,0

Czynniki środowiskowe modyfikują ponadto w bardzo silnym stopniu kształt korzeni. We wszystkich przypadkach, gdy zastosowano ugniatanie gleby, uzyskano zmniejszenie średnicy szyjki korzenia, spłaszczenie i skrócenie korzenia spichrzowego. Wzrastające dawki potasu od 100 do 300 kg/ha powodowało zwiększenie długości i ciężaru korzenia. Średnio przyrostowi średnicy korzenia o 1 cm towarzyszyło przy większej wilgotności gleby zwiększenie ciężaru korzenia o 40 g a przy bardziej suchej glebie zaledwie o 25 g. Wykazano ponadto udowodnione różnice w zależności od stopnia uwilgotnienia gleby dla współczynników regresji między średnicą a ciężarem korzenia oraz między średnicą a jego długością.

Przy takim zróżnicowaniu osobniczym w obrębie badanych odmian interesujące są wzajemne korelacje cech anatomicznych i fizycznych korzeni. Z otrzymanych korelacji należy zwrócić uwagę na zależność między zawartością suchej substancji a ciężarem właściwym oraz wielkością pierwszego pierścienia.

Korelacje te wiążą się z występowaniem u odmian wysokocukrowych większej ilości drobniejszych komórek miękiszowych między pierścieniami miazgi. Korzenie te mają dzięki temu większy ciężar właściwy jak i węższe pierścienie przyrostu wtórnego. U odmian poliploidalnych przez poliploidację zwiększono wielkość komórek, stąd i ta korelacja ulega stopniowemu zatarciu. Zwiększone plony i rozmiary korzeni powodują natomiast ściśle korelacje ciężaru buraka z badanymi parametrami anatomicznymi.

Przedstawione materiały wskazują, że przy ocenie budowy i właściwości fizycznych korzeni buraków poliploidalnych należy się bardzo poważnie liczyć z wpływem zmienności osobniczej i środowiska.

#### LITERATURA

1. Artschwager E., 1952. Sugar beet types based in internal morfology. Proc. A. Sug. B. Techn.
2. Byszewski W., Haman J., Ostrowska D., 1971. Wartości graniczne cech środowiska przyrodniczego, wiążących się z pracą maszyn rolniczych, PWN.
3. Byszewski W., Kalinowska M., Ostrowska D., Szklarska J., 1971. Wpływ sposobu uprawy na ważniejsze właściwości buraków cukrowych Roczn. Nauk rol. ser. A. t. 97, z. 3.
4. Drachowska M., Sandera K., 1959. Fysiologie cukrowy. Praha.
5. Heinsch O., 1964. Verteilung des Zuckers in der Zuckerrube und ihre biometrische Kontrolle. Zft. f. d. Zuckerindustrie.
6. Hodowla buraka cukrowego, 1960. PWRiL, Warszawa.
7. Tabenckij A.A., 1940. Anatomija sacharnoj swiokły. Swiekłowodstwo. KIJEW.

В. БЫШЕВСКИ, М. КЕЛБАСКА

#### СТРОЕНИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОРНЕЙ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

#### Резюме

Рассматриваются некоторые особенности строения и физические свойства корней сахарной свеклы, с особым учетом таких, которые оказывают влияние на работу сельскохозяйственных машин и машин сахарной промышленности. Рассматриваемые свой-



ства под вергаются значительным колебаниям под влиянием обработки. Приведенные в таблице 1 цифры показывают, что напр. под влиянием уплотнения почвы значительно повышается процент разветвленных корней. Отдельные части корней значительно разнятся по отношению к химическому составу (табл. 4). Величина головки значительно колеблется под влиянием новых агротехнических факторов (табл. 2), причем факторы вызывающие более сильное выступание головок из почвы, способствуют обыкновенно одновременному сокращению силы необходимой для добычи корня из почвы. Анатомическое строение корней отдельных сортов обнаруживает значительные различия. Существует известная зависимость между анатомическим строением корней и их твердостью (табл. 5). Отдельные корни сахарной свеклы показывают, даже в пределах одного и того же сорта, большие различия морфологических и физических свойств (табл. 7). Это объясняется сильным влиянием факторов среды а эти свойства.

W. BYSZEWSKI, M. KIELBASKA

## BAU UND PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN DER ZUCKERRÜBENWURZELN

### Zusammenfassung

Es wurden besprochen manche Eigenschaften des Baues und der physikalischen Merkmale der Zuckerrübenwurzeln bei besonderer Berücksichtigung dieser, die mit der Landmaschinenarbeit, wie auch der Zuckerindustrie verbunden sind. Unter Einfluss der Anbaufaktoren unterliegen diese Eigenschaften starken Schwankungen. Aus den in der Tab. 1 angegebenen Zahlen ergibt sich, dass z.B. unter Einfluss des Bodendrucks das Prozent verzweigter Wurzeln stark gesteigert wird. Die chemische Zusammensetzung einzelner Wurzelteile ist stark differenziert (Tab. 4). Unter Einfluss neuer Anbaufaktoren unterliegt die Kopfgrösse starken Schwankungen (Tab. 2), wobei das Auswachsen der Wurzeln über den Boden und die Minderung der zum Herausziehen der Wurzel nötige Kraft, meistens durch dieselben Faktoren verursacht werden. Der anatomische Bau der Wurzeln einzelner Sorten ist untereinander stark differenziert. Es besteht ein gewisser Zusammenhang zwischen dem anatomischen Bau der Wurzeln und ihrer Härte (Tab. 5). Einzelne Rübenwurzeln, sogar im Bereich einer Sorte unterscheiden sich stark durch ihre morphologischen und physikalischen Merkmale (Tab. 7), was sich aus dem starken Einfluss der Umweltfaktoren auf diese Merkmale ergibt.-