

ANALIZA WSPÓŁCZYNNIKÓW ŚCIEŻEK TECHNOLOGICZNEGO PLONU CUKRU BURAKA CUKROWEGO I CECH ŁANU UJAWNIAJĄCYCH SIĘ W TRAKCIE ONTOGENEZY

Arkadiusz Artyszak, Jadwiga Podlaska

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin SGGW w Warszawie
ul. Rakowiecka 26/30, 02-528 Warszawa

Wiesław Mądry

Katedra Statystyki Matematycznej i Doświadczalnictwa SGGW w Warszawie
ul. Rakowiecka 26/30, 02-528 Warszawa

S y n o p s i s. W pracy rozpatrzono diagram ścieżek złożonych obrazujący zależności między powierzchnią blaszek liściowych i suchą masą pojedynczej rośliny w kolejnych pomiarach, suchą masą korzenia podczas zbioru, końcową obsadą roślin, plonem suchej masy korzeni, zawartością sacharozy, potasu, sodu i azotu- α -aminowego w świeżej masie korzeni a biologicznym i technologicznym plonem cukru dla dwóch różnych odmian buraka cukrowego. Technologiczny plon sacharozy z jednostki powierzchni w największym stopniu był uzależniony od biologicznego plonu cukru z jednostki powierzchni, w znacznie mniejszym stopniu zaś od zawartości N- α -aminowego i popiołu. Biologiczny plon cukru zależał od zawartości sacharozy, mniej od plonu suchej masy korzeni. Plon suchej masy korzeni był zdecydowanie w większym stopniu suchą masą korzenia niż obsadą korzeni. Wyniki dla obu odmian były zbliżone.

WSTĘP

Burak cukrowy jest rośliną, która w gospodarce europejskiej zdominowała produkcję surowca do przerobu na cukier — produkt o znaczeniu strategicznym. W związku z tym przemysł cukrowniczy stale dąży do zwiększenia wydajności produkcji korzeni buraka na plantacjach i efektywniejszego ich przerobu. Optymalizacji nakładów dokonuje się z jednej strony na podstawie znajomości fizjologii buraka, z drugiej zaś coraz lepszemu poznaniu roli poszczególnych czynników agrotechnicznych i środowiskowych determinujących plon i jakość korzeni [1]. Do badania zależności pomiędzy cechami przyczynowymi roślin a cechami finalnymi takimi, jak np. plon rolniczy z pojedynczej rośliny lub z powierzchni stosuje się zwykle analizę współczynników ścieżek. Odnosi się to zarówno do badań o charakterze hodowlanym [3, 4], jak i badań

uprawowych [1, 6–10, 13, 14, 16]. Autorzy zajmowali się m.in. pszenżytem [4, 6, 7, 9], żytem [4], burakiem cukrowym [1, 8, 10, 13, 14], truskawką [3] oraz koniczyną perską [5].

Celem pracy jest badanie zależności pomiędzy wybranymi cechami roślin i łanu buraka cukrowego ujawniających się w trakcie ontogenezy. Szczególną uwagę zwrócono na ocenę zależności warunkujących technologiczny plon cukru przez plon korzeni oraz cechy ich technologicznej jakości. Wszystkie te zależności ujęto za pomocą współczynników ścieżek w jeden zespół związków sekwencyjnych. Do prezentowanej analizy zależności pomiędzy cechami wykorzystano wyniki obserwacji tych cech w doświadczeniu trójczynnikiem.

MATERIAŁ I METODY

Warunki pogodowe. Doświadczenie polowe przeprowadzono w trzech latach 1993–1995 na Polu doświadczalnym w Chylicach (52°05'N i 20°33'E), na równinie wyniesionej 104,3–105,7 m nad poziomem morza na czarnej ziemi zdegradowanej, kompleksu żyniego bardzo dobrego, klasy bonitacyjnej IIIb. Odczyn gleby (pH oznaczone w KCl) w latach 1993 i 1995 był lekko kwaśny, a w 1994 r. — zasadowy. Gleba odznaczała się bardzo wysoką zawartością fosforu, wysoką magnezu, średnią miedzi i cynku oraz niską potasu, żelaza i boru. Zawartość manganu w glebie była średnia.

W okresie wegetacji w 1993 r. zanotowano 226,7 mm opadu, przy 48 dniach z deszczem. Był to więc rok bardzo suchy, przez cały okres wegetacji buraka cukrowego opady były mniejsze od potrzeb. W 1994 r. w okresie wegetacji roślin zanotowano 383,6 mm opadu przypadającego na 49 dni. Suma opadów była więc niższa od optymalnej ich ilości, były one również niekorzystnie rozłożone; zbyt wysokie w kwietniu i maju, a niewystarczające w czerwcu i lipcu. W okresie wegetacji roślin w 1995 r. zanotowano 429,1 mm opadu przypadające na 54 dni. Tak więc suma opadów była prawie optymalna, ale były one także niekorzystnie rozłożone; zbyt małe w maju, lipcu i sierpniu, a nadmierne we wrześniu. W 3 latach badań suma temperatur w okresie wegetacji roślin znacznie przekraczała optymalną temperaturę wynoszącą wg Haberlanda 2600–2700°C.

Czynniki agrotechniczne i metody badań. Doświadczenie polowe prowadzono w latach 1993–1995 w układzie split-plot w czterech powtórzeniach. Badano trzy następujące czynniki: Czynniki A — odmiana (diploidalna PN Mono 1, triploidalna Jamira), Czynniki B — frakcje nasion (nasiona nie otoczkowane o średnicy 3,25–3,75, 3,75–4,25, 4,25–4,75, i 3,25–4,75 mm oraz nasiona otoczkowane o średnicy 3,50–4,25, 4,25–4,75 i 3,50–4,75 mm), Czynniki C — nawożenie azotem (przedsiewne, przedsiewne + dolistne). Liczba kombinacji doświadczalnych wynosiła 28, a liczba wszystkich poletek o powierzchni 14,85 m² była równa 112.

Nasiona do siewu przygotowała Kutnowska Hodowla Buraka Cukrowego w Kutnie. Nasiona nie otoczkowane o obowiązującym kalibrze 3,25–4,75 mm rozfrakcjonowano, w wyniku czego otrzymano trzy podfrakcje. Z nasion otoczonych o obowiązującym kalibrze 3,50–4,75 mm wydzielono dwie podfrakcje. Łączna liczba frakcji nasion o różnym kalibrze wynosiła siedem.

Nawożenie azotem stosowano w dwóch wariantach. W pierwszym wariantcie cała dawka 120 kg azotu na ha w formie saletry amonowej wysiana była doglebowo — na kilka dni przed siewem. W drugim wariantcie zastosowano 80 kg azotu na ha (saletra amonowa) przedsięwzięcie i 40 kg azotu dolistnie w formie 6% wodnego roztworu mocznika, w pięciu terminach co 7–10 dni. W drugim, trzecim i czwartym oprysku roztwór mocznika połączono z Insolem 4 (6,6% MgO, 0,5% B, 0,35% Zn, 0,65% Mn, 0,1% Cu, 0,005% Mo i 0,35% Fe), którego łączna dawka wynosiła 3,5 l na ha.

Przedplonem dla buraków były zboża, w pierwszym roku była to pszenica ozima, w drugim — jęczmień jary, a w trzecim — pszenica jara. Po ich zbiorze wykonano standardową uprawę późniejszą składającą się z podorywki i bronowania. W 1993 r. podorywkę poprzedzono talerzowaniem ścierniska. Przed orką przedzimową zastosowano 46-procentowy superfosfat potrójny (120 kg P_2O_5 /ha) i 60-procentową sól potasową (180 kg K_2O /ha) oraz obornik w dawce $30 t \cdot ha^{-1}$. Zabiegi agrotechniczne w latach badań wykonano zgodnie z zasadami nowoczesnej agrotechniki buraka cukrowego.

Pomiary badanych cech. W okresie wegetacji 5-krotnie liczono rośliny; trzykrotnie po wschodach (co 7 dni), po przerywce i w momencie zbioru. W każdym pomiarze rośliny liczono w dwóch rzędach na poletku ($4,95 m^2$).

Trzykrotnie losowo pobierano próby roślin do oceny cech morfologicznych siewek oraz jednokrotnie przed zbiorem (4 rośliny z każdego poletka; 16 roślin z każdej kombinacji).

W doświadczeniu oceniano następujące cechy:

1. Dynamikę wschodów poprzez trzykrotne liczenie roślin w okresie wschodów;
2. Liczbę roślin po przerywce;
3. Przyrost świeżej i suchej masy siewek, korzeni, ogonków i blaszek liściowych;
4. Liczbę liści i powierzchnię blaszek liściowych na początku okresu wegetacji metodą krążkową;
5. Cechy roślin przed zbiorem — liczbę liści i powierzchnię blaszek liściowych, świeżą i suchą masę korzeni, ogonków i blaszek liściowych;
6. Liczbę roślin w okresie zbioru;
7. Plon korzeni;
8. Zawartość sacharozy w korzeniach;
9. Zawartość azotu- $\alpha-NH_2$ w korzeniach;
10. Zawartość sodu i potasu w korzeniach;
11. Biologiczny i technologiczny plon cukru.

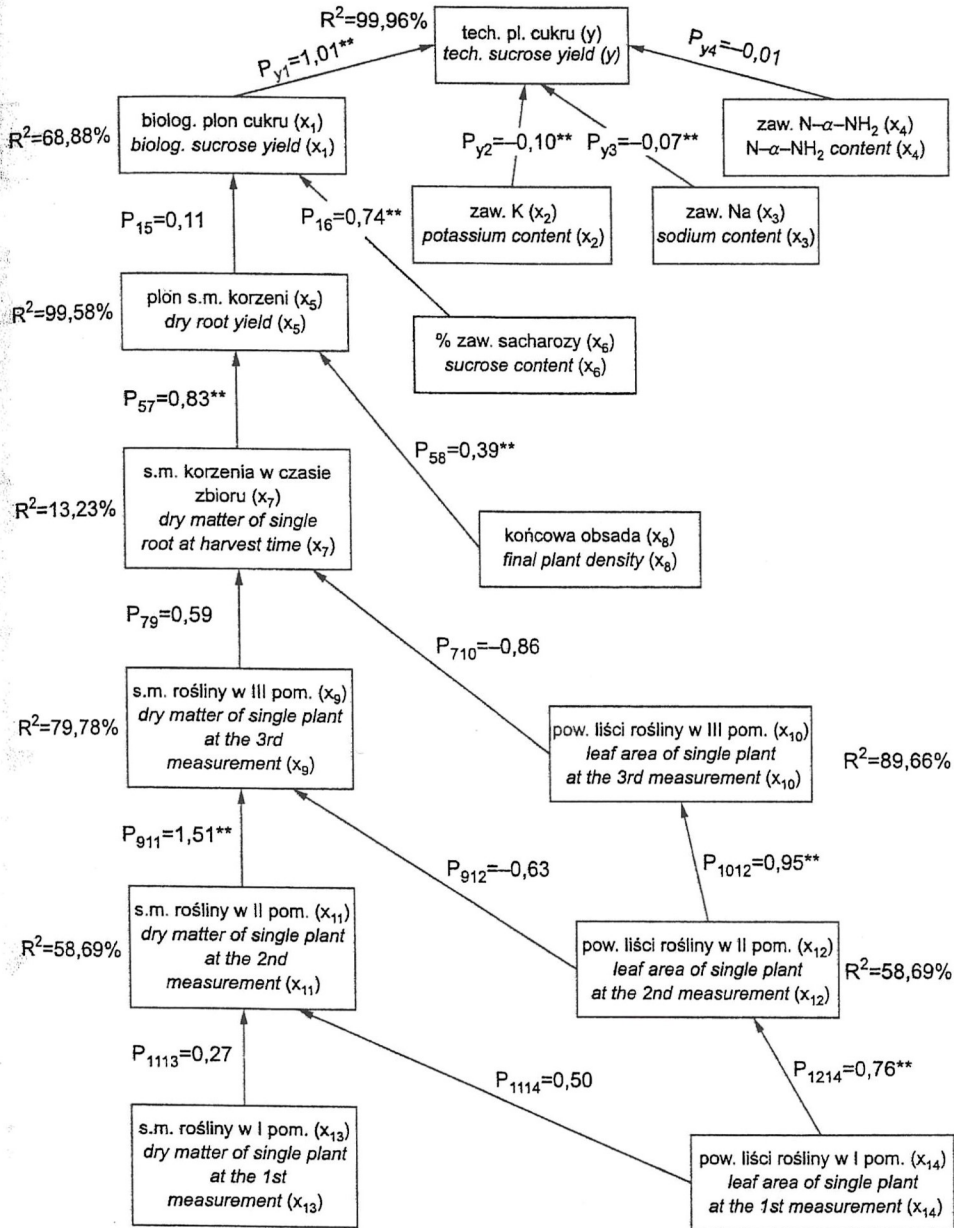
Badania składu chemicznego korzeni (zawartość sacharozy, K, Na, i N- α -aminowego) zostały wykonane na linii Venema w Straszówku.

Statystyczne opracowanie wyników. Do analizy wzięto dane będące średnimi cech, które obliczono z 4 powtórzeń dla wszystkich badanych 42 kombinacji doświadczalnych dla każdej odmiany oddzielnie (7 frakcji nasion \times 2 sposoby nawożenia azotem \times 3 lata badań). Wykresy punktów, których współrzędnymi są wartości średnie tych cech w układzie współrzędnych prostokątnych, wskazują, że zgromadzone dane zadowalająco reprezentują (pokrywają) stwierdzone w doświadczeniach zakresy zmienności analizowanych cech. Dane te opracowano metodą analizy współczynników ścieżek (ang. path coefficient analysis). Metoda ta jest rozwinięciem zastosowania regresji wielokrotnej liniowej, polegającym na stworzeniu porównywalności stopnia wpływu skorelowanych zmiennych przyczynowych na zmienną skutkową oraz na graficznym przedstawieniu tych wpływów w postaci diagramu ścieżek prostych lub złożonych [2, 6, 11, 12, 15]. Związek przyczynowo-skutkowy między daną zmienną przyczynową a zmienną skutkową pokazany jest na diagramie ścieżek, za pomocą strzałki idącej od zmiennej przyczynowej do zmiennej skutkowej. W metodzie analizy współczynników ścieżek kierunek związku między zmienną przyczynową a zmienną skutkową nazywamy ścieżką. Omawiana metoda stosowana jest głównie do charakterystyki i wyjaśnienia wpływu różnych cech roślin, pojawiających się w trakcie ontogenezy na plon pojedynczych roślin lub na plon z jednostki powierzchni.

W niniejszej pracy przy analizie współczynników ścieżek przyjęto diagram ścieżek złożonych (rys. 1 i 2), który ujmuje kolejność rozwijających się cech buraka cukrowego i ich wpływ na cechy rozwijające się później. Próbowano ocenić w ten sposób związki liniowe pomiędzy cechami łanu roślin, które ujawniają się wcześniej w trakcie rozwoju (tj. w okresie ontogenezy), poczynając od faz najwcześniejszych, a cechami pojawiającymi się później. W ostatniej sekwencji diagramów ścieżek zajęto się analizą zależności pomiędzy 4 zmiennymi przyczynowymi: biologicznym plonem cukru z jednostki powierzchni, zawartością K, Na i N- α -NH₂ w korzeniach a zmienną skutkową, czyli technologicznym plonem cukru z jednostki powierzchni. Analizowane zależności pomiędzy cechami łanu roślin są związkami środowiskowymi, czyli uwarunkowanymi przez zmienne warunki uprawowe i siedliskowe (lata badań).

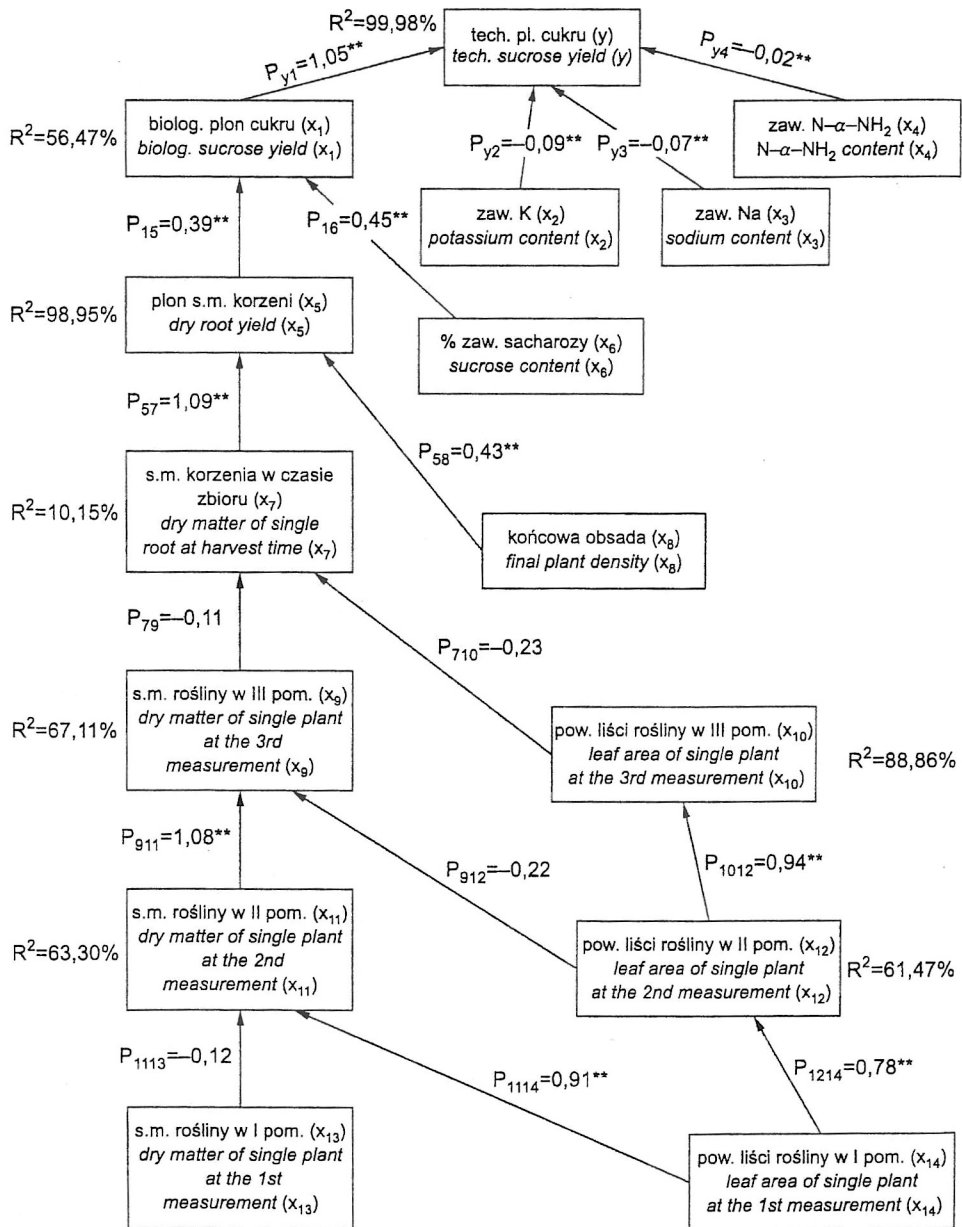
WYNIKI BADAŃ

Oceny parametrów statystycznych, które charakteryzują wartości średnie i zmienność badanych cech ujawnioną pod wpływem dwóch czynników i 3 lat badań przedstawiono w tabeli 1. Szczególnie dużą zmiennością odznaczają się cechy ujawniające się u roślin we wstępnych fazach rozwojowych, takie jak powierzchnia liści, masa roślin w I i II pomiarze (współczynniki zmienności



Rys. 1. Diagram współczynników ścieżek złożonych dla zmiennych odmiany PN Mono 1 warunkujących technologiczny plon cukru (** oznacza istotne współczynniki ścieżek przy poziomie istotności $\alpha = 0,01$)

Fig. 1. Diagram of sequential (complex) path coefficient analysis between crop traits of sugar beet var. PN MONO 1 that affect technological sucrose yield according to the course of ontogeny (** denotes significant path coefficients at the level $\alpha = 0,01$)



Rys. 2. Diagram współczynników ścieżek złożonych dla zmiennych odmiany Jamira warunkujących technologiczny plon cukru (** oznacza istotne współczynniki ścieżek przy poziomie istotności $\alpha = 0,01$)

Fig. 2. Diagram of sequential (complex) path coefficient analysis between crop traits of sugar beet var. Jamira that affect technological sucrose yield according to the course of ontogeny (** denotes significant path coefficients at the level $\alpha = 0,01$)

Statystyczna charakterystyka położenia i zmienności badanych cech odmian buraka cukrowego

Statistical summary of studied traits in varieties of sugar beet crop

Zmienne — Traits	Średnie arytmetyczne Means		Odchylenie standardowe Standard deviation		Błąd śred. arytmetycz. Mean standard error		Współ. zmienności (%) Variation coefficient	
	PN Mono 1	Jamira	PN Mono 1	Jamira	PN Mono 1	Jamira	PN Mono 1	Jamira
	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Pow. blaszek liściowych rośliny w I pom. (cm ²) 1. Leaf area (cm ²) of single plant at the Ist term of measurement (30 days after sowing)	78	77	28	27	4	4	36	35
2. Pow. blaszek liściowych rośliny w II pom. (cm ²) 2. Leaf area (cm ²) of single plant at the IIInd term of measurement (44 days after sowing)	986	1137	729	808	112	125	74	71
3. Pow. blaszek liściowych rośliny w III pom. (cm ²) 3. Leaf area (cm ²) of single plant at the IIIrd term of measurement (58 days after sowing)	2227	2651	1007	1023	155	158	45	39
4. Sucha masa pojedynczej rośliny w g w I pom. 4. Dry matter (g) of single plant at the Ist term of measurement	0,42	0,42	0,16	0,15	0,02	0,02	39	35
5. Sucha masa pojedynczej rośliny w g w II pom. 5. Dry matter (g) of single plant at the IIInd term of measurement	6,9	7,8	4,4	4,8	0,7	0,7	64	62
6. Sucha masa pojedynczej rośliny w g w III pom. 6. Dry matter (g) of single plant at the IIIrd term of measurement	29,1	32,3	8,6	7,3	1,3	1,1	30	22
7. Sucha masa korzenia podczas zbioru (kg) 7. Dry matter (kg) of single root at the harvest term	0,20	0,22	0,05	0,06	0,01	0,01	25	28

cd. tabeli 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8. Końcowa obsada roślin (tys. szt na ha) 8. Final plant density (plant number ×1000 per ha)		88,6	78,6	9,3	7,5	1,4	1,2	10	10
9. Plon suchej masy korzeni (dt·ha ⁻¹) 9. Dry root yield per area unit (dt·ha ⁻¹)		182,3	173,7	55,2	42,7	8,5	6,6	30	25
10. Zawartość sacharozy w świeżej masie korzeni (%) 10. Sucrose content in fresh root (%)		17,04	16,94	1,02	0,96	0,16	0,15	6	6
11. Zawartość potasu w korzeniach (mval·100 g ⁻¹ miazgi) 11. Potassium content in roots (mval·100 g ⁻¹ of fresh mixed root)		3,32	3,43	0,50	0,48	0,08	0,07	15	14
12. Zawartość sodu w korzeniach (mval·100 g ⁻¹ miazgi) 12. Sodium content in roots (mval·100 g ⁻¹ of fresh mixed root)		0,58	0,58	0,21	0,16	0,03	0,02	36	27
13. Zawartość azotu-α-aminowego w korzeniach (mval·100 g ⁻¹ miazgi) 13. α-amine nitrogen content in roots (mval·100 g ⁻¹ of fresh mixed root)		1,74	1,64	0,56	0,63	0,09	0,10	32	38
14. Biologiczny plon cukru (dt·ha ⁻¹) 14. Biological sucrose yield (dt·ha ⁻¹)		92,0	97,2	10,6	11,9	1,6	1,8	11	12
15. Technologiczny plon cukru (dt·ha ⁻¹) 15. Technological sucrose yield (dt·ha ⁻¹)		82,3	86,7	9,6	10,3	1,5	1,6	12	12

dla tych cech były równe od około 30 do ponad 70%). Niektóre cechy finalne, takie, jak zawartość sacharozy w korzeniach oraz biologiczny i technologiczny plon cukru były mniej zmienne (współczynniki zmienności dla tych cech były równe od 6 do 12%).

Diagram ścieżek złożonych dla zmiennych osobniczych i zmiennych ładu roślin buraka cukrowego warunkujących w trakcie ontogenezy technologiczny plon cukru dla odmiany PN Mono 1 przedstawiono na rysunku 1, a dla odmiany Jamira na rysunku 2. W przypadku odmiany diploidalnej PN Mono 1 stwierdzono, że sucha masa pojedynczych roślin w II pomiarze była w 59% zdeterminowana przez powierzchnię blaszek liściowych i suchą masę rośliny w I pomiarze, przeprowadzonym 14 dni wcześniej. Zależność ta jednak nie była istotna statystycznie. Natomiast u odmiany triploidalnej Jamira wykazano, że zmienność suchej masy pojedynczych roślin w II pomiarze w 63% była wyjaśniona suchą masą pojedynczych roślin i powierzchnią ich blaszek liściowych 14 dni wcześniej. Istotnie dodatni okazał się w przypadku tej odmiany wpływ powierzchni blaszek liściowych. W III pomiarze (wykonanym w odstępie 14 dni od II pomiaru) sucha masa pojedynczych roślin była w 80% wyjaśniona przez suchą masę rośliny i powierzchnię jej blaszek liściowych ujawnioną 14 dni wcześniej w przypadku odmiany diploidalnej i w 67% w przypadku odmiany triploidalnej. U obu odmian istotny okazał się dodatni wpływ suchej masy rośliny w II terminie pomiaru na suchą masę rośliny w III terminie. Zmienność przyrostów suchej masy pojedynczych roślin odmiany PN Mono 1 między I a II pomiarem była zdeterminowana w 54% przez suchą masę roślin w I pomiarze. Zależność ta okazała się istotna. Oznacza to, że przyrosty w omawianym okresie miały charakter proporcjonalny do suchej masy roślin w fazie poprzedniej. Także przyrosty między II a III pomiarem istotnie zależały od suchej masy rośliny w II pomiarze, współczynnik determinacji był jednak mniejszy i wynosił 41%. U Jamiry zaś przyrosty suchej masy rośliny między I a II pomiarem nie zależały od suchej masy rośliny w I pomiarze (współ. determinacji = 71%). Natomiast przyrosty między II a III pomiarem istotnie zależały od suchej masy rośliny w II pomiarze (wsp. determ. = 51%). Przyrosty w tym okresie miały więc charakter proporcjonalny do suchej masy w II terminie. Stwierdzono, że powierzchnia blaszek liściowych pojedynczej rośliny była u obu odmian zależna od ich powierzchni w poprzednich pomiarach. W przypadku odmiany Jamira w II pomiarze zależała ona w 61% od powierzchni blaszek liściowych w I pomiarze, a w III pomiarze w 89% od powierzchni w II pomiarze (rys. 2). U PN Mono 1 współczynnik determinacji wynosił odpowiednio 59 i 90% (rys. 1). Sucha masa rośliny i powierzchnia jej blaszek liściowych w III pomiarze nie wpłynęły istotnie u obu odmian na suchą masę korzenia przed zbiorem (współ. determinacji dla odmiany PN Mono 1 wynosił 13%, zaś dla odmiany Jamira = 10%). Z charakteru tych zależności u odmiany PN Mono 1 wynika, że przyrost suchej masy roślin buraka cukrowego w przedziałach 14 dni (do 58 dnia od siewu) w dość dużym stopniu

zależy od wielkości roślin w fazach poprzedzających. Oznacza to, że tempo wzrostu suchej masy jest niejednakowe w fazach początkowych i w znacznej mierze jest uwarunkowane stanem (wielkością) rośliny. Większe rośliny w tych przedziałach czasowych przyrastają szybciej niż mniejsze. Natomiast w długim okresie wegetacji pomiędzy III terminem pomiaru a zbiorem nie stwierdzono związku pomiędzy masą rośliny a tempem jej przyrostu. Znaczy to, że rośliny w badanym okresie wzrostu przyrastają różnie, ale nie decyduje głównie o tym stan roślin w III pomiarze. Tempo wzrostu zależy w tym okresie od wielu czynników wewnętrznych samej rośliny i czynników środowiska w obrębie łąnu, które różnie wpływają na wzrost roślin wzajemnie modyfikując swoje efekty w następujących po sobie fazach wzrostu. Natomiast u Jamiry zależności te wskazują, że w początkowym okresie wegetacji (I, II pomiar) przyrosty suchej masy roślin są podobne dla mniejszych jak i większych roślin (siewek), natomiast w kolejnej fazie rośliny większe w II terminie przyrastają bardziej niż rośliny mniejsze w tym terminie pomiaru.

U obu odmian plon suchej masy korzeni z jednostki powierzchni łąnu został prawie całkowicie wytłumaczony przez jednoczesny wpływ suchej masy korzenia i końcowej obsady roślin. Jednak w większym stopniu zależał on od suchej masy korzenia (współ. ścieżek dla odmiany PN Mono 1 jest równy 0,83, a dla odmiany Jamira jest równy 1,09) niż obsady (współ. ścieżek dla odmiany PN Mono 1 = 0,39, a dla odmiany Jamira = 0,43).

W przypadku PN Mono 1 biologiczny plon cukru z jednostki powierzchni łąnu został wytłumaczony w 69% przez plon suchej masy korzeni z jednostki powierzchni łąnu i procentową zawartość sacharozy w świeżej masie korzeni. Istotny okazał się tylko dodatni wpływ tej ostatniej cechy. Natomiast u Jamiry biologiczny plon cukru został wytłumaczony w 56% przez plon suchej masy korzeni i procentową zawartość sacharozy w świeżej masie korzeni. Obie cechy miały dodatni i istotny wpływ, był on jednak nieco większy w przypadku drugiej zmiennej przyczynowej.

Zarówno u odmiany diploidalnej, jak i triploidalnej technologiczny plon cukru został całkowicie wytłumaczony przez jednoczesny wpływ biologicznego plonu cukru, zawartości K, Na i $N-\alpha-NH_2$ w korzeniach. Największy, dodatni, istotny wpływ na technologiczny plon cukru miał biologiczny plon cukru [8]. Pozostałe cechy miały wpływ istotnie ujemny, znacznie słabszy ilościowo; tylko w przypadku odmiany diploidalnej oddziaływanie zawartości $N-\alpha-NH_2$ okazało się nieistotne. Charakter ilościowy tych zależności jest podobny dla obu odmian.

DYSKUSJA

Stwierdzono, że przyrosty suchej masy pojedynczych roślin odmiany diploidalnej PN Mono 1 w początkowych fazach (do 58 dnia od siewu) w dość dużym stopniu zależały od wielkości roślin w fazach poprzedzających. Więk-

sze rośliny w tych przedziałach czasowych przyrastały szybciej niż mniejsze. Natomiast w długim okresie wegetacji pomiędzy III terminem pomiaru (po 58 dniach od siewu) a zbiorem rośliny przyrastały różnie, niezależnie od stanu roślin w III pomiarze. Tempo wzrostu zależało w tym okresie zarówno od samej rośliny, jak i czynników środowiska, które różnie wpływały na wzrost roślin, wzajemnie modyfikując swoje efekty w następujących po sobie fazach wzrostu i rozwoju. Zastosowana z konieczności w doświadczeniu destrukcyjna metoda pobierania prób do pomiarów biometrycznych nie pozwoliła do końca potwierdzić wcześniejszych badań Wyszyńskiego [13], że końcowa masa korzeni i liści zależy głównie od zróżnicowania wzrostu i rozwoju siewek w okresie młodocianym. W przypadku odmiany triploidalnej Jamira w początkowym okresie wegetacji przyrosty suchej masy zarówno mniejszych, jak i większych roślin były zbliżone. Natomiast w kolejnej fazie (między 44 a 58 dniem od siewu) rośliny większe w II terminie (po 44 dniach od siewu) przyrastały bardziej niż rośliny mniejsze w tym terminie pomiaru.

Plon suchej masy korzenia z jednostki powierzchni łanu dwukrotnie silniej zależał od suchej masy korzenia niż obsady. Tymczasem Rozbicki i in. [10], Wyszyński i in. [14] wykazali, że o plonie korzeni w podobnym stopniu decydowała końcowa obsada roślin i średnia masa korzenia.

WNIOSKI

1. Tempo przyrastania suchej masy roślin w początkowych fazach wzrostu jest niejednakowe i w znacznej mierze zależy od stanu (wielkości) roślin w fazach poprzedzających. Większe rośliny w tych przedziałach czasowych przyrastają szybciej niż mniejsze.
2. Plon suchej masy korzeni z jednostki powierzchni łanu dwukrotnie silniej zależy od suchej masy korzenia niż końcowej obsady.
3. Technologiczny plon sacharozy w największym stopniu jest uzależniony od plonu korzeni, w znacznie mniejszym zaś od zawartości sacharozy, a nieznacznie tylko od zawartości $N-\alpha-NH_2$ i popiołu. Charakter ilościowy tych zależności jest podobny dla obu odmian.

LITERATURA

1. Artyszak A.: Wzrost i rozwój oraz plonowanie buraka cukrowego zależnie od jakości nasion i sposobu nawożenia azotem. Praca doktorska. SGGW Warszawa, 1998
2. Douglas R., Dewey D.R., Lu K.H.: A correlation and path coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. *Agronomy J.*, 15, 515-517, 1958
3. Hortyński J.A.: Dziedziczenie niektórych cech ilościowych truskawki (*Fragaria ananassa* Duch.). Metody i problemy oszacowań. Rozprawy naukowe. Akademia Rolnicza w Lublinie, 1987

4. Gołaszewski J., Koczowska I., Korona A., Idźkowska M.: Metoda współczynników ścieżek w ocenie współzależności wybranych cech żyta ozimego i pszenżyta jarego. Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu, Rolnictwo, 63, 157-163, 1993
5. Iannucci A., Martiniello P.: Analysis of seed yield components in four Mediterranean annual clovers. Field Crops Research, 55, 235-243, 1998
6. Mądry W., Pietrzykowski R., Rozbicki J.: Wykorzystanie analizy współczynników ścieżek do badania wpływu cech rozwijających się w trakcie ontogenezy na plon ziarna z powierzchni pszenżyta ozimego. Roczn. Nauk Rol. Ser. A, 111, 2-3, 9-21, 1995
7. Rozbicki J.: Agrotechniczne uwarunkowania wzrostu, rozwoju i plonowania pszenżyta ozimego. Praca habilitacyjna. SGGW Warszawa, 1997
8. Rozbicki J., Kalinowska-Zdun M.: Badania nad wpływem struktury morfologicznej łanu na plon i wartość technologiczną buraka cukrowego na tle sposobu siewu i nawożenia azotem. Cz. II. Plon sacharozy i wartość technologiczna korzeni. Roczn. Nauk Rol. Ser. A, 110, 1-2, 77-84, 1993
9. Rozbicki J., Mądry W.: Uwarunkowania plonu ziarna pszenżyta ozimego przez jego składowe i wybrane cechy botaniczno-rolnicze łanu w zmiennych warunkach uprawowych i pogodowych. Biul. IHAR, 205/206, 195-204, 1998
10. Rozbicki J., Kalinowska-Zdun M., Mądry W., Wyszyński Z.: Uwarunkowanie technologicznego plonu sacharozy buraka cukrowego przez jego składowe w zmiennych warunkach uprawowych. Mat. konf. „Postęp w uprawie buraka cukrowego i w jakości korzeni”. Warszawa, 113-115, 1997
11. Wright S.: Path coefficients and path regressions: alternative or complementary concepts? Biometrics, 16, 189-202, 1960
12. Wright S.: The treatment of reciprocal, interaction, with and without lag, in path analysis. Biometrics, 16, 423-445, 1960
13. Wyszyński Z.: Stopień rozwoju siewek buraków cukrowych w okresie młodocianym, powierzchnia życiowa a końcowa masa korzeni i liści. Biul. IHAR, 202, 63-67, 1997
14. Wyszyński Z., Kalinowska-Zdun M., Rozbicki J., Mądry W.: Determination of the technological sucrose yield of sugar beet var. Kawejana (triploid 3x) by physiological and agronomic traits in variable cultivated conditions in Central Poland. Proc. 3rd ESA Congress, Abano-Padova, 628-629, 1994
15. Żuk B.: Metoda współczynników ścieżek Wrighta i jej niektóre zastosowania. Postępy Nauk Rolniczych, 99, 85-99, 1966
16. Yadav O.P., Manga V.K., Saxena M.B.L.: Ontogenetic approach to grain production in pearl millet (*Pennisetum glaucum*) based on path-coefficient analysis. Indian J. Agric. Sci., 64, 233-236, 1994

Arkadiusz Artyszak, Jadwiga Podlaska Wiesław Mądry

PATH COEFFICIENT ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL SUCROSE YIELD AND CROP TRAITS OF SUGAR BEET APPEARED OVER ONTOGENY

S u m m a r y

Come across (sequential) path coefficient analysis between crop traits of sugar beet according to the course of ontogeny was carried out (Figs. 1 and 2). First the analysis includes dependencies of average plant dry matter weight or average root dry matter weight (at the ha-

vest term) at three growth stages on two traits e.g. average plant dry matter weight and plant leaves area measured at the previous growth stages. For these relationships concerning the two first measured growth stages the multiple determination coefficients were about 60–70% in the case of both varieties. Path coefficients were significant for plant leave area only at the first measured growth stage and for plant dry matter weight only at the second measured growth stage. These results were similar for both varieties. At the last measured growth stage (the harvest) the multiple determination coefficient between average root dry matter weight and plant dry matter weight and plant leaves area at previous growth stage was much less than in the earlier measured stages; its values were equal to 13% for var. PN MONO 1 and 10% for var. Jamira. Path coefficients were not significant for both independent (cause) variables and both varieties.

The multiple determination coefficient between dry root yield per area unit as dependent (effect) variable and average root dry matter weight at the harvest term and the final plant density (two cause variables) were very high (almost equal to 100%) for both varieties. Path coefficients for root dry matter weight were about twice larger than that for final plant density. It means that the contribution of average root dry matter weight in determination of dry root yield per area unit of sugar beet was much larger than the contribution of final plant density.

The multiple determination coefficients for relationship between biological sucrose yield per area unit (effect variable) and dry root yield per area unit and sucrose content (two cause variables) were equal to about 60%. Larger influence on biological sucrose yield per area unit had sucrose content than dry root yield per area unit in a case of both varieties.

The last relationship in the assumed sequence of path analyses concerns technological sucrose yield per area unit (effect variable) and four cause variables such as: technological sucrose yield per area unit, K content in root, Na content in root and N- α -NH₂ content in root. The multiple determination coefficients for this relationship were very close to 100%. The structure of path coefficients was very similar for both varieties. The path coefficients concerning biological sucrose yield per area unit were relatively large (equal to about 1), but the ones for other cause variables were much less, however they were significant (only one path coefficient was not significant). These results mean that in our studies (conditions) technological sucrose yield of sugar beet per area unit did depend mainly on biological sucrose yield per area unit; other cause variables such as K content, Na content and N- α -NH₂ content in root determined the effect variable slightly, although statistically significantly.

Аркадиуш Артышак, Ядвига Подляская, Веслав Мондрый

АНАЛИЗ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПУТЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УРОЖАЯ САХАРА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ И ХАРАКТЕРИСТИК ПОСЕВОВ ПРОЯВЛЯЮЩИХСЯ В ТЕЧЕНИЕ ОНТОГЕНЕЗА

Резюме

В статье рассматривается диаграмма путей представляющих зависимость между поверхностью листьев и сухой массой отдельных растений в очередных измерениях во время онтогенеза, сухой массой корней во время сбора урожая, густотой посева растений при последнем сборе, урожаем сухой массы корней, содержанием сахарозы, натрия, калия и азота- α -аминного в свежей массе корней и биологическим и технологическим урожаем сахара у двух сортов сахарной свёклы. Техно-

логический урожай сахарозы с единицы поверхности в высшей степени зависел от биологического урожая сахара с единицы поверхности и в значительно меньшей степени от содержания азота- α -аминного и минеральных остатков. Биологический урожай сахара зависел от содержания сахарозы и в меньшей степени от урожая сухой массы корней. Урожай сухой массы корней был детерминирован в большой степени сухой массой самого корня чем густотой стояния растений. Результаты для двух сортов были подобны.