

PRZEMYSŁAW BARŁÓG**WITOLD GRZEBISZ**

Katedra Chemii Rolnej

Akademia Rolnicza w Poznaniu

Plonotwórcza i diagnostyczna ocena nawożenia buraków cukrowych potasem z udziałem sodu i magnezu Część II. Jakość korzeni i plon cukru

**Sugar beets fertilization with potassium, sodium and magnesium — yielding and
diagnostic evaluation**

Part II. Quality of roots and yield of sugar

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 1997–1999 w układzie split-blok w 4 powtórzeniach. Główny czynnik doświadczalny zawierał trzy odmiany: Fontana, Sonja, Evita. Czynnikiem drugiego rzędu były 4 warianty nawożenia: kontrola — bez potasu (O); nawożenie potasem w dawce 160 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ (K); potasem, sodem i magnezem w dawkach 160 kg $K_2O + 12$ kg Na + 14,4 kg Mg $\cdot ha^{-1}$ (KNaMg); potasem, sodem i zwiększoną dawką magnezu – 160 kg $K_2O + 12$ kg Na + 38,3 kg Mg $\cdot ha^{-1}$ (KNa3Mg). Głównym czynnikiem różnicującym jakość technologiczną korzeni i plony cukru okazał się przebieg pogody w sezonie wegetacyjnym. W zależności od odmiany, zawartość cukru w korzeniach zmniejszała się w kolejności: Evita $\geq$ Sonia $\geq$ Fontana. Istotne różnice stwierdzono między odmianami Evita i Fontana. Nawożenie nie miało istotnego wpływu na zawartość cukru, aczkolwiek zaznaczył się trend do jego wzrostu w wariantcie z samym K — w stosunku do kontroli o 0,12% i z KNa3Mg o 0,20%. Każda z badanych odmian wykazała odmienny model tworzenia plonu, odniesiony do cech jakościowych. Spośród nich, zdecydowanie największy wpływ wywierały plon korzeni i polaryzacja. Przeciwnie, największy plon cukru wytworzyły rośliny nawożone KNaMg.

Słowa kluczowe: buraki cukrowe, magnez, melasotwory, plon cukru, polaryzacja, potas, sól

The field experiments were carried out in 1997–1999 in randomized permanent plots (split-block design) with four replications. The first experimental factor was a sugar beet variety: Sonja, Fontana and Evita. The second-rate factor was fertilization, applied in four variants: 1. control (O), 2. potassium at 160 kg K_2O per 1 ha (K), 3. potassium, sodium and magnesium in a combination: 160 kg $K_2O + 12$ kg Na + 14.4 kg Mg per 1 ha (KNaMg), and 4. potassium, sodium and the increased dose of magnesium in a combination: 160 kg $K_2O + 12$ kg Na + 38.3 kg Mg per 1 ha (KNa3Mg). The weather conditions during the vegetation period were the main factor influencing quality of sugar beet roots. According to sugar content, the varieties were classified as follows: Evita $\geq$ Sonja $\geq$ Fontana. The difference between

cultivars Evita and Fontana was significant. No significant effect of fertilization with K, Na and Mg on sugar content was observed, although in treatments K and KNa3Mg this trait reached a higher level, as compared to the control, by 0.12% and 0.2%, respectively. The varieties showed different ways of creating their yields, as related to the quality features. Generally, the plants fertilized with KNaMg produced the highest yield of sugar.

Key words: magnesium, potassium, sodium, sugar beet, sugar yield, technological quality, variety

WSTĘP

Zrealizowanie przez rolnika, zakontraktowanej z cukrownią, kwoty cukru wymaga uwzględnienia przez niego szeregu czynników siedliskowych, dokonania odpowiedniego wyboru odmiany oraz zapewnienia roślinom optymalnych warunków żywieniowych. Zakładany efekt można uzyskać drogą wzrostu plonów korzeni i ich jakości przetwórczej, tzn. jakości technologicznej zewnętrznej (kształt korzeni, zawartość zanieczyszczeń, etc.), a także wewnętrznej korzeni (zawartość cukru i związków melasotwórczych). Jakość technologiczną buraka cukrowego kształtuje wiele czynników naturalnych — przebieg pogody w sezonie wegetacyjny i agrotechnicznych — stanowisko, nawożenie, choroby (Gutmański, 1991). Znaczącą rolę odgrywają także cechy odmianowe (Siódma, 2002). Postęp hodowlany w Niemczech doprowadził w ostatnich latach do znacznego spadku zawartości niepożądanych związków melasotwórczych (IFZ, 2000; Hoffmann i Märlander, 2001). Jednak praktyczne efekty otrzymanego postępu hodowlanego, czyli plony cukru zbierane przez plantatorów buraka cukrowego w znacznym stopniu zależą od poprawnej agrotechniki, zwłaszcza nowych odmian wrażliwych na niezbalansowane nawożenie (Günther i Spehan, 1996; Pollach, 1996).

Celem niniejszej pracy było określenie reakcji trzech odmian buraka cukrowego na nawożenie potasem na tle stałego udziału sodu i wzrastającego magnezu wyrażonej jakością przemysłową korzeni i plonem cukru białego.

MATERIAŁY I METODY

Badania przeprowadzono w latach 1997–1999 w Wielkopolsce w rejonie Cukrowni Kościan. Ścisłe doświadczenia polowe zakładano na glebach płowych właściwych wytworzonych z piasków gliniastych mocnych, zaliczanych pod względem agronomicznym do gleb lekkich kompleksu żytanego bardzo dobrego, klasy bonitacyjnej IVa. Doświadczenie polowe, corocznie zakładano w układzie split-blok w 4 powtórzeniach (Trętowski i Wójcik, 1988). Główny czynnik doświadczalny zawierał trzy odmiany firmy hodowlanej KWS (Kleinwanzleben Saatucht AG): Fontana — plenna; Sonja — normalna; Evita — cukrowa. Czynnikiem drugiego rzędu były 4 warianty nawożenia: kontrola (O); nawożenie potasem — 160 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ (K); potasem, sodem i magnezem — 160 kg $K_2O + 12$ kg Na + 14,4 kg $Mg \cdot ha^{-1}$ (KNaMg); potasem, sodem i zwiększoną dawką magnezu — 160 kg $K_2O + 12$ kg Na + 38,3 kg $Mg \cdot ha^{-1}$ (KNa3Mg).

Stanowiska, w których uprawiano buraki charakteryzowały się zasobną w składniki pokarmowe warstwą orną (0–0,3 m) o optymalnym odczynie. Warstwa podorna (31–60 cm) charakteryzowała się zdecydowanie większą zmiennością zawartości podstawowych

makroskładników, lecz także optymalnym odczynem (szczegółowe wartości — Część I. tab. 1). Zawartość azotu mineralnego (suma $N-NH_4$ i $N-NO_3$) w warstwie ornej 0–0,6 m wahała się od 108 do 126 kg N/ha.

Wszystkie poletka nawożono taką samą dawką azotu ($120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$), którą stosowano w $\frac{1}{2}$ przed siewem i w $\frac{1}{2}$ w fazie czwartego liścia właściwego buraka. Fosfor w dawce $60 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$, stosowano wraz z potasem, tydzień przed siewem. Przedplonem buraków cukrowych była pszenica ozima. Powierzchnia podstawowego poletka wynosiła 54 m^2 . Wysiew nasion, każdego roku, przeprowadzano w 2 dekadzie kwietnia. Dokonano zbioru z powierzchni $21,6 \text{ m}^2$ w drugiej dekadzie października.

Ocenę parametrów jakościowych zebranych korzeni (polaryzacja, zawartość K, Na, N-amin) przeprowadzono przy pomocy Autoanalyzera Venema Typ IIG, w Cukrowni Środa Wlkp. W celu uzupełnienia uzyskanych wyników obliczono następujące parametry jakościowe korzeni (Buchholz i in., 1995):

— a) straty przerobowe cukru: $m^{\wedge}_{\text{OPL}} = 0,12 w'_{(K+Na)} + 0,24 \times w'_{\alpha-N} + 1,08 (\%)$

— b) wydatek cukru technologicznego: $m^{\wedge}_{\text{RS}} = m^{\wedge}_{\text{S}} - m^{\wedge}_{\text{OPL}} (\%)$

— c) plon cukru technologicznego (białego): $m_{\text{RSY}} = m_{\text{B}} (m^{\wedge}_{\text{S}} - m^{\wedge}_{\text{OPL}}) \times 100^{-1} (\text{t} \cdot \text{ha}^{-1})$,

gdzie: w'_K — zawartość potasu ($\text{mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ świeżych korzeni); w'_{Na} — zawartość sodu ($\text{mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ świeżych korzeni); $w'_{\alpha-N}$ — azotu α -aminowy ($\text{mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ świeżych korzeni); m_{B} — plon korzeni (t/ha); $m^{\wedge}_{\text{S}}$ — zawartość cukru w korzeniach, polaryzacja (%).

Ocenę statystyczną uzyskanych wyników przeprowadzono z wykorzystaniem analizy wariancji (Trętowski i Wójcik, 1988) oraz regresji prostoliniowej i wielokrotnej z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych niezależnych — program komputerowy STAT-LK (Konys i Wiśniewski, 1984).

WYNIKI

W dwóch spośród trzech lat, a mianowicie w latach 1997 i 1999, warunki pogodowe sprzyjały akumulacji cukru w korzeniach (tab. 1). W zależności od odmiany, zawartość cukru w korzeniach zmniejszała się w kolejności: Evita $\geq$ Sonja $\geq$ Fontana. Istotne różnice stwierdzono między odmianami Evita i Fontana. Nawożenie nie miało istotnego wpływu na zawartość cukru, aczkolwiek zaznaczył się trend do jego wzrostu w wariancie z samym K — w stosunku do kontroli o 0,12% i z KNa_3Mg o 0,20% (tab. 1). Należy zaznaczyć, że zawartość cukru w korzeniach odmiany Fontana przekroczyła wartość 16% dopiero w najbardziej intensywnym wariancie nawożenia, tj. KNa_3Mg . Ponadto, w korzeniach odmiany Evita, a więc cukrowej, każdy wariant nawożenia potasowo-magnezowego, w stosunku do kontroli, zwiększał zawartość cukru o 0,2–0,3% (dane dostępne u autorów).

Zawartość azotu α -aminowego, w jeszcze większym stopniu, niż zawartość cukru zależała od zmian sezonowych oraz odmiany (tab. 1). Średnie zawartości K w korzeniach, w następstwie nawożenia $KNaMg$ oraz KNa_3Mg , wykazały tendencję wzrostową zawartości tego melasotworu, a podstawowym czynnikiem różnicującym zawartość składnika okazał się przebieg pogody w sezonie wegetacyjnym. Uprawiane odmiany

istotnie różniły się zawartością sodu w korzeniach. Wyraźnie większą zawartość tego melasotworu stwierdzono w korzeniach buraka odmiany Fontana (tab. 1).

Tabela 1

Zawartość cukru oraz melasotworów w korzeniach buraków cukrowych
Sugar and melassogenic substances content of sugar beet roots

Czynnik Factor		Cechy jakościowe korzeni Root quality parameters			
		Polaryzacja (%) Polarization (%)	N α -amin.	K	Na
		Mmol·100 g ⁻¹			
Odmiany Varieties	Fontana	16,03	2,16	4,44	0,53
	Sonja	16,88	1,88	4,92	0,41
	Evita	17,57	1,69	4,80	0,38
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	1,07	r.n.	r.n.	0,12
Nawożenie Fertilization	O	16,71	2,16	4,56	0,44
	K	16,87	2,00	4,69	0,44
	KNaMg	16,80	2,06	4,81	0,46
	KNa ₃ Mg	16,91	2,08	4,83	0,44
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Lata Years	1997	16,46	2,35	4,89	0,49
	1998	14,77	2,82	5,52	0,53
	1999	19,23	1,05	3,74	0,32
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	2,04	0,83	0,69	0,13

r.n. — Różnica nieistotna; Not significant difference

Każda z cech jakościowych wywierała istotny wpływ na zawartość cukru w korzeniach i ich plon (tab. 2). Jednakże, każda z badanych odmian wykazała odmienny model tworzenia plonu, odniesiony do cech jakościowych. Plon korzeni odmiany Sonja był w największym stopniu związany z zawartością cukru, odmiany Fontana z azotem α -aminowym, a odmiany Evity z potasem:

- Sonja: $m_B = 151,46 - 4,92 m^{\wedge}_S$ $R^2 = 69\%$, $n = 12$
- Fontana: $m_B = 47,60 + 13,52 w'_{N-\alpha}$ $R^2 = 68\%$, $n = 12$
- Evita: $m_B = 6,81 + 13,13 w'_K$ $R^2 = 76\%$, $n = 12$.

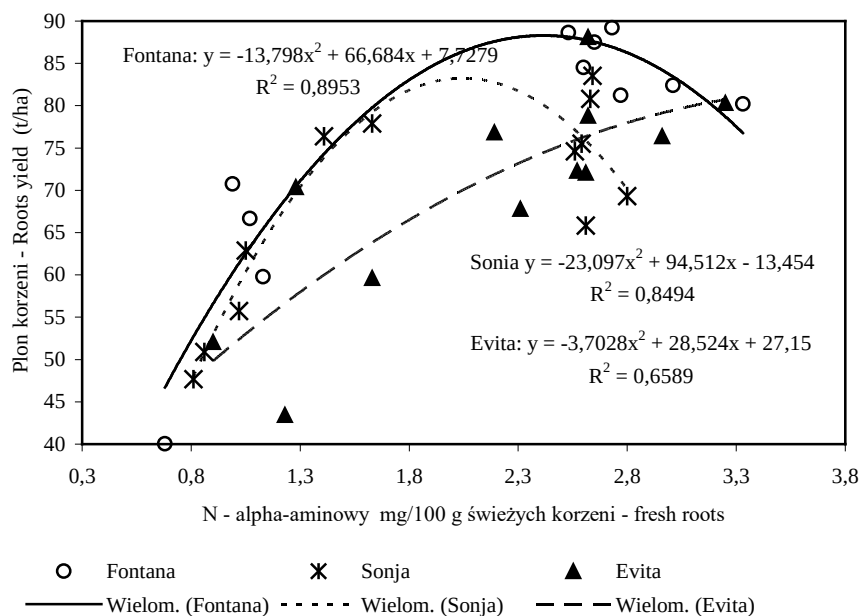
W przeprowadzonych badaniach odnotowano dużą zależność zawartości azotu α -aminowego od przebiegu pogody, a także od agrotechniki, którą w kontekście tego właśnie związku melasotwórczego odnosi się do dostępności azotu mineralnego w glebie (Pocock i in., 1990; Bell i in., 1992). Składnik ten wykorzystano do oceny różnic odmianowych, rozważanych w aspekcie plonu korzeni. Jak przedstawiono na rysunku 1, każda z testowanych odmian w sposób wysoce specyficzny kształtowała relację między zawartością azotu α -aminowego a plonem korzeni. Wyliczone z otrzymanych równań optymalne zawartości azotu α -aminowego wynoszą: Sonja (2,05) < Fontana (2,42) < Evita (3,85 mmol·100 g⁻¹ miazgi korzeniowej). Wartości te definiują maksymalne plony korzeni, które kształtują się odpowiednio jak 79,7 < 88,3 > 82,08 t·ha⁻¹.

Tabela 2

Macierz współczynników korelacji, plon korzeni i cechy jakościowe, n = 12
Correlation between root yields and quality parameters, n = 12

Pierwiastki Elements	Plon korzeni Root yield	Polaryzacja Polarization	N α-aminowy	K
Fontana				
Polaryzacja Polarization	-0,71**	—		
N α-aminowy	0,82**	-0,94**	—	
K	0,78**	-0,90**	0,92**	—
Na	0,68**	-0,84**	0,77**	0,75**
Sonia				
Polaryzacja Polarization	-0,83**	—		
N α-aminowy	0,73**	-0,91**	—	
K	0,76**	-0,91**	0,94**	—
Na	0,74**	-0,80**	0,72**	0,83**
Evita				
Polaryzacja Polarization	-0,81**	—		
N α-aminowy	0,80**	-0,94**	—	
K	0,87**	-0,93**	0,91**	—
Na	0,84**	-0,96**	0,95**	0,91**

* $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$



Rys. 1. Zależność plonów korzeni od zawartości azotu alfa-aminowego, n = 12
Fig. 1. The relationship between root yield and alpha-amine nitrogen content, n = 12

Wymagania technologiczne, przy założeniu dobrej wartości surowca, która powinna wynosić poniżej $2,0 \text{ mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ korzeni szereguje odmiany w kolejności teoretycznych plonów: Fontana (85,90) > Sonja (83,18) > Evita ($69,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Porównanie obu szeregów plonowania odmian wskazuje na rezerwę plonotwórczą odmian Fontana i Evita, wynoszących odpowiednio 2,4 i $12,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Oznacza to, że w warunkach środowiskowych i agrotechnicznych, w których prowadzono badania, tylko odmiana Sonja wykorzystała swój potencjał plonotwórczy.

Na wielkość strat przerobowych cukru wpływał głównie przebieg pogody w sezonie wegetacyjnym. Odmiana istotnie wpływała na wielkość strat, a zwiększała się ona w kierunku Sonja $\leq$ Evita $\leq$ Fontana (tab. 3). Również w odniesieniu do zawartości cukru technologicznego stwierdzono dominującą rolę odmiany, pomimo dużej zmienności sezonowej wyników (lata). Szereg ułożony zgodnie z malejącą zawartością cukru technologicznego (wydatku) przedstawia się następująco: Evita $\geq$ Sonja > Fontana. Istotne różnice stwierdzono między odmianami Evita i Fontana. Nawożenie nie wywierało istotnego wpływu na zawartość cukru technologicznego, lecz zaznaczyła się tendencja do wzrostu jego zawartości pod wpływem nawożenia, zwłaszcza w wariacie KNaMg (tab. 3).

Tabela 3

Parametry jakościowe korzeni buraków cukrowych
Root quality parameters of sugar beet

	Czynnik Factor	Straty przerobowe (%) Sugar losses (%)	Cukier technologiczny (%) Recoverable sugar (%)	Wydajność (%) Efficiency (%)
Odmiany Varieties	Fontana	2,24	13,78	86,3
	Sonja	2,10	14,78	87,6
	Evita	2,21	15,35	87,4
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,11	0,99	r.n.
Nawożenie Fertilization	O	2,18	15,24	86,9
	K	2,16	15,39	87,0
	KNaMg	2,19	15,30	87,0
	KNa3Mg	2,20	15,53	87,0
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.
Lata Years	1997	2,28	14,18	86,1
	1998	2,47	12,30	83,3
	1999	1,81	17,42	90,6
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,30	2,31	3,1

r.n. — Różnica nieistotna; Not significant difference

Niezależnie od nawożenia i odmiany, tylko jedna cecha jakościowa, czyli polaryzacja istotnie określała wartość omawianego parametru. Otrzymano następujące równania:

— Fontana: $m_{RS} = -5,592 + 1,209 m^{\wedge}_S$ $R^2 = 99,7\%$ $n = 12$

— Sonja: $m_{RS} = -4,325 + 1,132 m^{\wedge}_S$ $R^2 = 99,8\%$ $n = 12$

— Evita: $m_{RS} = -4,310 + 1,119 m^{\wedge}_S$ $R^2 = 99,9\%$ $n = 12$

W tej sytuacji melasotwory stanowiły grupę czynników drugoplanowych, koniecznych do uwzględniania tylko w aspekcie zawartości cukru. Największy średni plon cukru technologicznego otrzymano w roku 1997 — $10,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. W latach 1998 i 1999 plony

cukru, w stosunku do plonów z roku 1997, kształtowały się na poziomie o $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ niższym (o około 10%), wynosząc odpowiednio $9,96$ i $9,89 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. W roku 1997 oba czynniki doświadczalne działały niezależnie od siebie (tab. 4). W zależności od odmiany plony cukru zmniejszały się w kierunku: Fontana > Evita ≥ Sonja. Wpływ wariantów nawożenia przedstawiał się następująco: kontrola (100%) < K (105,5%) ≤ KNaMg (109,5%) < KNa3Mg (116,7%).

Tabela 4

Wpływ odmiany i nawożenia potasem, sodem i magnezem na technologiczny plon cukru ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)
Effect of variety and of potassium, sodium and magnesium fertilization on the technological yield of sugar ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Rok Year	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean
		O	K	KNaMg	KNa3Mg	
1997	Fontana	10,68	11,24	11,81	12,61	11,58
	Sonja	9,22	10,70	10,68	11,38	10,49
	Evita	10,51	10,20	10,85	11,49	10,76
	Średnia Mean	10,13	10,71	11,11	11,83	10,95
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	A = 0,78 B = 0,49 A × B = r.n.				
1998	Fontana	9,67	10,44	9,02	11,12	10,06
	Sonja	9,64	10,46	10,10	8,32	9,63
	Evita	9,76	10,23	11,20	9,57	10,19
	Średnia Mean	9,69	10,38	10,11	9,67	9,96
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	A = r.n. B = r.n. A × B = 0,72				
1999	Fontana	6,38	11,22	9,60	10,94	9,53
	Sonja	8,97	8,53	11,60	9,53	9,65
	Evita	7,93	9,63	13,11	11,19	10,47
	Średnia Mean	7,76	9,79	11,44	10,55	9,89
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	A = r.n. B = r.n. A × B = 1,11				

A — Odmiany; Varieties B — Nawożenie K K — Fertilization; A × B — Współdziałanie; Interaction
 r.n. — Różnica nieistotna; Not significant difference

W roku 1998 i 1999, plony cukru zależały od współdziałania obu czynników doświadczalnych (tab. 4). W roku 1998 odmiana Sonja największy plon wytworzyła na obiekcie z samym potasem, Fontana — KNa3Mg, a Evita — K i KNaMg. W roku 1999 odmiana Sonja w stosunku do kontroli plonowała najwyżej w wariantcie KNaMg i plon był istotny statystycznie, a rośliny nawożone samym K wykazały redukcję plonu. Reakcja pozostałych dwóch odmian na nawożenie była zdecydowanie większa. Największy plon cukru, istotnie większy od wszystkich wariantów nawożeniowo-odmianowych, wyprodukowały rośliny nawożone KNaMg.

Spośród 5 cech określających plon cukru, zdecydowanie największy wpływ wywierały plon korzeni i polaryzacja. Różnice odmianowe potwierdziła analiza regresji wielokrotnej z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych niezależnych:

$$\begin{aligned} \text{Fontana: } m_{\text{RSY}} &= 4,125 + 0,082 m_B & R^2 &= 60\% & n &= 12 \\ m_{\text{RSY}} &= -15,764 + 0,148 m_B + 0,924 m_{\wedge_S} & R^2 &= 99,7\% & n &= 12 \end{aligned}$$

Sonja:	$m_{RSY} = 6,597 + 0,049 m_B$	$R^2 = 28\%$	$n = 12$
	$m_{RSY} = -14,865 + 0,163 m_B + 0,809 m^{\wedge}_S$	$R^2 = 97\%$	$n = 12$
Evita:	$m_{RSY} = 7,180 + 0,047 m_B$	$R^2 = 21\%$	$n = 12$
	$m_{RSY} = -16,042 + 0,170 m_B + 0,833 m^{\wedge}_S$	$R^2 = 97\%$	$n = 12$

Różnice te wynikają z roli polaryzacji w prognozowaniu wielkości plonu cukru. W dwóch odmianach, a mianowicie Sonja i Evita, rola ta okazała się bardzo duża, gdyż plon korzeni, jako zmienna niezależna nie wykazał istotnego wpływu na plon cukru. Dopiero wprowadzenie zawartości cukru, jako zmiennej niezależnej, zdecydowało o wartości współczynnika determinacji. Plony cukru odmiany Fontana istotnie określały już same plony korzeni, a polaryzacja pozwoliła uzyskać istotnie wyższy poziom oszacowania.

DYSKUSJA

Spośród 7 badanych cech jakościowych korzeni buraków, tylko 5 zależało istotnie od odmiany, a żadna od nawożenia, a uzyskane wartości modyfikował przebieg pogody. Prawidłowości tych nie należy traktować jako zaskakujące, gdyż Hoffmann i Märlander (2001) oraz Wolf (1995) w warunkach niemieckich stwierdzili wręcz nikły wpływ odmiany i nawożenia (w sumie poniżej 1%) na plon cukru, który w 37,7% zależał od pogody.

Z analizy wyników otrzymanych z zastosowaniem regresji z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych jednoznacznie wynika dominująca rola plonu korzeni, jako głównego determinanta plonu cukru. Różnice odmianowe ujawniły się dopiero na poziomie zależności zachodzących między składową ilościową (plon korzeni) a jakościową (polaryzacja i zawartość związków melasotwórczych). Zawartość cukru w korzeniach (polaryzacja) oczywiście wykazała ujemną relację w stosunku do zawartych w nich melasotworów. Relacje zachodzące między zawartością cukru a związkami melasotwórczymi należy przyjąć jako przejaw fizjologicznych funkcji składników odpowiedzialnych za ciśnienie osmotyczne komórek (Beringer i in., 1986, Wyse i in., 1986; Winzer i in., 1996). W wielu krajach sól zawarty w soku surowym korzeni traktowany jest jako specyficzny wskaźnik odmianowy. W Japonii, Shibayama i wsp. (1989) odnotowali zróżnicowaną szybkość wzrostu korzeni w zależności od zawartego w nich sodu. W Grecji, Maslaris i wsp. (1996), wykazali znaczenie relacji cukier/sól w korzeniach, jako potencjalnego wskaźnika regionalizacji uprawy buraków.

Problem, który pojawił się w przeprowadzonym eksperymencie, sprowadza się do oceny relacji zachodzących między zawartością cukru i melasotworów a masą korzeni, czy też szerzej traktując zagadnienie, plonem korzeni. Wyjaśnienie zachodzących relacji wymaga zwrócenia uwagi na: funkcje fizjologiczne cukru i melasotworów w korzeniach oraz fazę dojrzałości technologicznej korzeni w czasie zbioru. Cukier i związki melastwórcze zawarte w komórkach parenchymatycznych korzeni buraków cukrowych odpowiedzialne są za ciśnienie osmotyczne i turgor komórek. Wraz z wiekiem korzenia zmniejsza się stężenie związków melasotwórczych, a wzrasta oczywiście stężenie cukrów (Bell i in., 1996). Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że w przeprowadzonym terminie zbioru buraków, jedynie korzenie odmiany Sonia uzyskały

pełną dojrzałość technologiczną, gdyż głównym składnikiem, pozostającym w istotnej relacji z plonem, okazała się tylko zawartość cukru (Hoffmann i Märlander, 2001; Oltmann i in., 1984). Ujemny znak tej zależności wyjaśnia specyfika budowy anatomiczna korzenia buraka cukrowego. Im większe korzenie, co wynika z wielkości komórek parenchymy, tym mniejsze stężenie w nich cukru i odwrotnie (Bell i in., 1996). W przypadku drugiej z odmian, Fontana, poziom zawartości azotu α -aminowego w korzeniach wskazuje na przedwczesny termin zbioru, gdyż korzenie w dniu zbioru nie zawierały dostatecznej ilości cukru, a zapasy azotu nie zostały przekształcone w plon. Zawartość i działanie azotu α -aminowego na polaryzację wskazuje jednocześnie na większą zdolność tej odmiany do pobierania azotu z gleby, gdyż zawartość tego melasotworu bezpośrednio odnosi się do jego akumulacji w roślinie (Pocock i in., 1990; Bell i in., 1992; Wendenburg i Koch, 1996). W odniesieniu do odmiany Evita, w fazie zbioru plon korzeni zależał od zawartości w miążdze korzeniowej potasu, którego działanie wspomagał sól, a ograniczał azot α -aminowy i zawartość cukru. Znaczna zawartość potasu w miążdze korzeniowej mogła być następstwem dobrego zaopatrzenia roślin w potas, co jest możliwe w warunkach uprawy buraków w stanowiskach zasobnych, nawożonych obornikiem i znaczną dawką potasu. Wzrost zawartości potasu w soku nie zawsze oznacza spadek polaryzacji, czy też wydatku cukru, gdyż rośliny dobrze zaopatrzone w potas zwiększają z reguły plon korzeni, zawartość cukru, a jednocześnie zmniejszają zawartość azotu α -aminowego (Bürcky, 1978; Beiß, 1982). Orlovius (1993) w doświadczeniach prowadzonych z dawkami potasu wzrastającymi do 360 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ uzyskał wzrost wydatku cukru od 0,5% do 1,0% przy klasie zasobności gleby w potas odpowiednio wysokiej i bardzo wysokiej. Wy tłumaczenie otrzymanej zależności, na podstawie uzyskanych wyników jest trudne, lecz właśnie odmiana cukrowa, w każdym roku badań, wykazywała dodatnią reakcję na nawożenie KNaMg. Oznaczać to może specyficzną reakcję tej odmiany nie tylko na potas, lecz także na sól.

WNIOSKI

1. Przebieg warunków pogodowych w sezonie wegetacyjnym miał największy wpływ na jakość korzeni przerobowa i plony cukru buraków cukrowych, a dopiero w dalszej kolejności odmiana i nawożenie potasem, sodem oraz magnezem.
2. Analiza podstawowych cech jakościowych roślin wykazała różnice odmianowe odniesione do relacji zachodzących między plonem korzeni, polaryzacją a zawartymi w korzeniach związkami melasotwórczymi.
3. Stwierdzenie w fazie zbioru istotnej zależności polaryzacji korzeni od zawartych w nich związków melasotwórczych jest wskaźnikiem niedojrzałości technologicznej korzeni. Przeprowadzone badania wykazały, że tylko odmiana Sonja osiągnęła dojrzałość technologiczną, gdyż polaryzacja ujemnie zależała od plonu korzeni. Pozostałe odmiany, a więc plenna — Fontana, a zwłaszcza cukrową — Evita zbierano jako technologicznie niedojrzałe.

4. Stabilność plonów cukru, jako warunek efektywnej strategii uprawy buraków cukrowych, zależy od zbilansowanego nawożenia roślin potasem, sodem i magnezem. Znaczenie to wzrasta szczególnie w latach suchych.

LITERATURA

- Bell Ch., Jones J., Milford G. F. J., Leigh T. 1992. The effects of crop nutrition on sugar beet quality. *Aspects Appl. Biol.* 32: 19 — 26.
- Bell Ch., Milford G. F. J., Leigh R. A. 1996. Sugar beet. In: *Photoassimilate Distribution in Plants and Crops*. (Eds. E. Zamski and A. A. Schaffer). New York, Marcel Dekker Inc.: 691 — 707.
- Beiß U. 1982. Kalium — Hauptnährstoff und Qualitätsbestimmender Inhaltsstoff der Rübe. *Die Zuckerrübe* 31, 2: 79 — 83.
- Beringer H., Koch K., Lindhauer M. G. 1986. Sucrose accumulation and osmotic potentials in sugar beet at increasing levels of potassium nutrition. *J. Sci. Food Agric.* 37: 211 — 218.
- Buchholz K., Märländer B., Puke, H., Glatkowski H., Thielecke K. 1995. Neubewertung des technischen Wertes von Zuckerrüben. *Zuckerind.* 120, 2: 113 — 121.
- Bürcky K., Beiß U., Winner L., Drath L., Schiweck H. 1978. Versuche zur Bedeutung des Nährstoffsangebotes für die Qualität der Zuckerrübe. II. Stickstoff und Kalium. *Zuckerind.* 103, 3: 190 — 199.
- Gutmański I. 1991. *Produkcja buraka cukrowego*. PWRiL, Poznań: 699 ss.
- Günther I., Stephan K. H. 1996. Produktionstechnische Reserven im Zuckerrübenbau. *Zuckerind.* 121, 8: 640 — 653.
- Hoffmann Ch., Märländer B. 2001. Perspektiven des Ertragspotentials von Zuckerrüben — Einfluss von Witterung und Standort. In: *Fortschritte im Zuckerrübenbau*. Südzucker AG: 22 — 29.
- IFZ. 2000. Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen, Jahresbericht 1999/2000: 12 — 13.
- Konys L., Wiśniewski P. 1984. Analiza ścieżki. *Rocz. AR Poznań*, 146: 597 — 603.
- Maslaris N., Christodoulou P., Zountsas G. 1996. Quantitative effect of root/leaf growth rate on root quality parameters in sugar beet. *Proceedings of the 29th General Assembly of CITS*, Munich, Germany, 26–30 June 1995: 85 — 93.
- Orlovius K. 1993. Einfluss unterschiedlicher K-Düngung und K-Bodenversorgung auf die Qualität von Zuckerrüben. *Kongressband 1993, VDLUFA-Schriftenreihe* 37: 107 — 110.
- Pocock T. O., Milford G. F. J., Armstrong M. J. 1990. Storage root quality in relation to nitrogen uptake. *J. Agric. Sci. Cambridge* 115: 355 — 362.
- Pollach G., Hein W., Rösner G. 1996. Definition der inneren Qualität von Zuckerrüben. *Zuckerind.* 121, 5: 332 — 344.
- Oltmann W., Burba M., Bolz G. 1984. Die Qualität der Zuckerrübe — Bedeutung, Beurteilungskriterien und züchterische Maßnahmen zu ihrer Verbesserung. *Fortschritte der Pflanzenzüchtung*, H. 12, Paul Parey, Verlag, Berlin, Hamburg.
- Siódmiak J. 2002. Odmiany buraka cukrowego, ich ocena i wartość gospodarcza. W: W. Grzebisz (red.) *Nowoczesna uprawa buraków cukrowych*. Wyd. AR Poznań: 29 — 40.
- Shibayama T., Takada S., Hayashida M. 1989. Interactions between varietal characteristics and environmental factors. 5. *Proceedings of the Japanese Society of Sugar Beet Technologists* 31: 13 — 19.
- Trętowski J., Wójcik A. R. 1988. *Metodyka doświadczeń rolniczych*. WSRP Siedlce.
- Wendenburg Ch., Koch H. J. 1996. Zum Einfluß unterschiedlicher Sorteneigenschaften auf den Stickstoffentzug von Zuckerrüben. *Zuckerind.* 121, 8: 623 — 630.
- Winzer T., Lohaus G., Heldt H. W. 1996. Influence of phloem transport, N fertilization and ion accumulation on sucrose storage in the taproots of fodder and sugar beet. *J. Exp. Bot.* 47, 300: 863 — 870.
- Wolf. I. 1995. *Sorte und Sortenwahl bei Zuckerrüben und den Wechselwirkung zu Umwelt und Qualitätsbezahlung*. Dissertation, Universität Göttingen, Cuvillier, Göttingen.
- Wyse R. E., Zamski E., Tomos A. D. 1986. Turgor regulation of sucrose transport in sugar beet taproot tissue. *Plant Physiol.* 81: 478 — 481.