

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 III. Prognozowanie plonu i jego jakości

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

Part III. Prognosis on root yield and its quality

Doświadczenie polowe, zakładano w latach 1997–1999 zakładano w układzie split-block 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). Prognozowanie plonów i jakości przerobowej korzeni przeprowadzono na podstawie składu mineralnego organów roślin buraka w różnych fazach jego rozwoju. Pobranie jednostkowe składników pokarmowych było wskaźnikiem, który wykazał największe walory diagnostyczne, gdyż najlepiej korelował z plonem korzeni. Natomiast decydującą rolę w prognozowaniu cech ilościowych i jakościowych badanych odmian odgrywały zawarte w organach roślin buraka kationy dwuwartościowe (wapń i magnez), które z jednej strony ograniczały plony korzeni, a z drugiej poprawiały jakość technologiczną korzeni. Prognozowanie plonu cukru na podstawie składu chemicznego korzeni lub pobrania jednostkowego składników pokarmowych było możliwe tylko dla najplenniejszej odmiany Fontana, której plon cukru w 60% zależał od plonu korzeni.

Słowa kluczowe: buraki cukrowe, jakość, odmiany, nawożenie magnezem, potasem i sodem, plon, prognozowanie

The field experiments were conducted in the years 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). Prognosis on yield and processing quality of roots was performed based on mineral composition of plant organs at

different growth stages. The rate of specific macronutrients uptake was found to be the most useful estimate because of its good correlation with the yield of roots. Meanwhile, the calcium and magnesium contents of plants were the suitable measures to determine both quantity and quality features of the investigated varieties. These cations significantly increased sugar content, although they negatively affected root yield. Prognosis on sugar yield on the basis of mineral composition of plants or based on specific nutrient uptake was only feasible with the most productive var. Fontana, which showed significant relationships between sugar and root yields ($R^2 = 60\%$).

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

WSTĘP

Plon i jakość technologiczną buraka cukrowego kształtuje wiele czynników naturalnych (przebieg pogody w sezonie wegetacyjnym) i agrotechnicznych (stanowisko, nawożenie, choroby). Znaczącą rolę odgrywają także cechy odmianowe uprawianych przez rolnika buraków. Praktyczne efekty dokonanego postępu hodowlanego, wyraża się plonem cukru, który bezpośrednio zależy od prawidłowego nawożenia (Günther i Stephan, 1996; Pollach, 1996). W celu uzyskania maksymalnego plonu korzeni, o odpowiedniej jakości przerobowej, w pierwszej kolejności należy uregulować poziom nawożenia potasem, który jest składnikiem pobieranym przez buraki w największej ilości (Grzebisz i Barłóg, 2002). Optymalizując nawożenie buraka cukrowego nie można pominąć magnezu i sodu. Pierwiastków, pobieranych w mniejszych ilościach, lecz również istotnie wpływających na plonowanie tej rośliny (Haneklaus i in., 1998; Barłóg, Grzebisz, 2001; Grzebisz i in., 2001). Wiedza na temat reakcji odmian buraka cukrowego (plon, jakość, zawartość makroskładników) na nawożenie potasem, a w szczególności na współdziałanie tego pierwiastka z sodem i magnezem, jest jak dotąd niewystarczająca. Dostatecznie głębokie rozpoznanie zależności zachodzących między zawartością makroskładników pokarmowych a różnymi parametrami ilościowymi i jakościowymi może mieć duże znaczenie nie tylko w optymalizacji nawożenia, lecz także w prognozowaniu plonu cukru.

Celem przeprowadzonych badań było określenie: możliwości prognozowania plonów i jakości korzeni na podstawie stanu odżywienia roślin na przełomie czerwca/lipca oraz zawartości i jednostkowego pobrania składników pokarmowych w okresie zbioru buraka cukrowego.

MATERIAŁY I METODY

Badania mające na celu uzyskanie odpowiedzi na postawione cele badawcze prowadzono w latach 1997–1999 w rejonie plantacyjnym Cukrowni Kościan. Ścisłe doświadczenia polowe zakładano na glebach płowych właściwych wytworzonych z piasków gliniastych mocnych, zaliczanych pod względem agronomicznym do gleb lekkich, kompleksu żyniego bardzo dobrego oraz klasy bonitacyjnej IVa.

Doświadczenie polowe, corocznie zakładano w układzie split-block 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;

oznaczenie występujące w tekście, tabelach, rysunkach); 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 (0,31–0,60 m) 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 0–0,6 m wahała się od 108 do 126 kg $N \cdot ha^{-1}$.

Wszystkie poletka nawożono taką samą dawką azotu (120 kg $N \cdot ha^{-1}$), którą stosowano w ½ przed siewem i w ½ w fazie czwartego liścia właściwego buraka. Fosfor w dawce 60 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$, stosowano wraz z potasem, tydzień przed siewem. Przedplonem buraków cukrowych była pszenica ozima. Powierzchnia podstawowego poletka wynosiła 54 m².

W celu oceny stanu odżywienia roślin pobierano z każdego poletka, w fazie pełnego rozwoju liści (50–60 dni po siewie — przełom czerwca/lipca), 20 w pełni rozwiniętych liści ze średniego okółka. Końcowy zbiór buraków dokonywano z powierzchni 21,6 m², w drugiej dekadzie października. W zebranych próbkach, zarówno z pierwszego, jak i drugiego terminu, oznaczano zawartość N (metoda Kiejdahla), Mg (ASA) oraz K, Ca, i Na (emisja fotopłomieniowa).

Ocenę parametrów jakościowych zebranych w październiku korzeni (polaryzacja, zawartość K, Na, N-amin) przeprowadzono przy pomocy Autoanalyzera Venema Typ IIG, w Cukrowni Środa Wlkp.

Porównania statystyczne zebranych 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 I DYSKUSJA

Za kryterium oceny stanu odżywienia buraka cukrowego na przełomie czerwca/lipca przyjęto graniczne zakresy zawartości składników pokarmowych w liściach, wyznaczone przez Bergmanna (1992): 4,0%–6,0% N; 3,5%–7,0% K; 0,3%–0,7% Mg i 0,7%–2,0% Ca. Otrzymane w badaniach własnych zawartości azotu w roku 1997 i 1999, a potasu w roku 1997 i 1998 nie przekraczały dolnej wartości zakresu granicznego (tab. 1). W odniesieniu do magnezu tylko w roku 1998 uzyskano wartość mniejszą od krytycznej. Natomiast zawartość wapnia mieściła się, niezależnie od sezonu wegetacyjnego, w optymalnym zakresie. Odmiany w niewielkim stopniu różniły się zawartością składników. Nawożenie KNaMg nieznacznie zwiększało, w porównaniu do kontroli, zawartość badanych kationów (tab. 1).

Tabela 1

Zawartość makroskładników w liściach buraków cukrowych, lipiec
Macronutrients content in leaves of sugar beet, July

Czynnik Factor		Pierwiastki (%) Elements (%)				
		N	K	Na	Mg	Ca
Lata Years	1997	3,69	3,36	0,74	0,50	1,15
	1998	4,02	2,98	0,71	0,17	0,83
	1999	3,05	3,74	0,94	0,59	1,64
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,27	0,24	0,14	0,08	0,14
Odmiana Variety	Fontana	3,83	3,29	0,83	0,41	1,22
	Sonja	3,50	3,36	0,71	0,44	1,22
	Evita	3,54	3,38	0,83	0,41	1,19
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Nawożenie Fertilization	kontrola control	3,57	3,17	0,69	0,38	1,09
	K	3,65	3,39	0,74	0,43	1,28
	KNaMg	3,73	3,49	0,85	0,43	1,22
	KNa3Mg	3,54	3,32	0,87	0,44	1,24
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. — Różnice nieistotne; Not significant differences

Zawartość pierwiastków w liściach zebranych w październiku zależała w największym stopniu od sezonu wegetacyjnego (tab. 2). Jednakże zaznaczyły się pewne tendencje, które wskazały na różnice odmianowe, czy też działanie nawożenia. Liście odmiany Fontana zawierały nieznacznie więcej azotu i magnezu w porównaniu z pozostałymi odmianami. Ta pierwsza tendencja pojawiła się po raz pierwszy w lipcu i tym samym wskazuje na specyfikę tej odmiany względem azotu.

Tabela 2

Zawartość makroskładników w liściach buraków cukrowych, zbiór
Macronutrients content in leaves of sugar beet, harvest

Czynnik Factor		Pierwiastki (%) Elements (%)				
		N	K	Na	Mg	Ca
Lata Years	1997	2,78	3,06	0,65	0,39	0,56
	1998	3,30	2,85	1,49	0,73	0,83
	1999	3,49	3,28	1,46	0,94	1,64
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	0,21	0,13	0,12
Odmiana Variety	Fontana	3,29	3,07	1,12	0,75	1,03
	Sonja	3,12	2,90	1,31	0,67	1,01
	Evita	3,17	3,23	1,17	0,63	1,01
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Nawożenie Fertilization	kontrola control	2,95	2,97	1,32	0,65	0,98
	K	3,15	3,02	1,18	0,67	1,12
	KNaMg	3,29	3,21	1,08	0,74	0,99
	KNa3Mg	3,37	3,05	1,22	0,69	0,98
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. — Różnice nieistotne; Not significant differences

Nawożenie nawozami KNaMg, zwiększało w liściach zarówno zawartość azotu, jak i potasu, a jednocześnie zmniejszało zawartość sodu. Zawartość pierwiastków korzeniach zależała również w większym stopniu od sezonu wegetacyjnego niż od odmiany i wariantu nawożenia (tab. 3).

Tabela 3

Zawartość makroskładników w korzeniach buraków cukrowych, zbiór
Macronutrients content in leaves of sugar beet, harvest

Czynnik Factor		Pierwiastki (%) Elements (%)				
		N	K	Na	Mg	Ca
Lata Years	1997	0,89	0,53	0,33	0,10	0,10
	1998	0,61	0,23	0,27	0,06	0,25
	1999	0,60	0,51	0,16	0,18	0,51
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,05	0,07	0,6	0,03	0,02
Odmiana Variety	Fontana	0,72	0,42	0,27	0,11	0,29
	Sonia	0,70	0,41	0,25	0,13	0,57
	Evita	0,68	0,42	0,24	0,11	0,28
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Nawożenie Fertilizatin	kontrola control	0,71	0,43	0,24	0,12	0,29
	K	0,71	0,43	0,26	0,12	0,39
	KNaMg	0,68	0,41	0,27	0,11	0,41
	KNa3Mg	0,69	0,41	0,24	0,11	0,42
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

X. — Różnice istotne; Differences significant

r.n. — Różnice nieistotne; Not significant differences

Jednostkowe pobranie azotu ($\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$) zależało przede wszystkim od współdziałania odmiany i warunków pogodowych. Przeciętne różnice w latach dochodziły do prawie $2,5 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. W odniesieniu do odmian, w latach 1998–1999 zaznaczył się trend do większej akumulacji azotu przez rośliny odmiany Sonja, średnio o 25–32% (tab. 4).

Potas, odwrotnie niż azot, reagował tylko na nawożenie i warunki pogodowe (tab. 4). Różnice w latach były znaczne, dochodząc do ponad $3 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$. Działanie nawożenia zależało od lat, lecz zaznaczył się wyraźny trend spadku jednostkowego pobrania składnika w miarę intensyfikacji nawożenia: O (średnio $4,09 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$) > K > KNaMg > KNa3Mg ($3,48 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$).

Sezonowe wahania jednostkowego pobrania sodu okazały się znacznie mniejsze w porównaniu z potasem. W stosunku do bardzo stabilnych wartości w latach 1997, 1998, w roku 1999 rośliny pobrały średnio o 62% składnika więcej. Również, lecz mniej wyraźny zaznaczył się spadek pobrania jednostkowego w miarę intensyfikacji nawożenia (tab. 4).

Magnez wykazał bardzo dużą zmienność pobrania jednostkowego, głównie w zależności od warunków pogodowych. W roku suchym, 1999, w stosunku do dwóch poprzednich, jednostkowe pobranie składnika zwiększyło się prawie 3-krotnie. Odmiany nieznacznie różniły się pobraniem magnezu. Przeciętne pobranie dla roślin odmiany Sonja wynosiło $0,97 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$ i było o 10% większe niż Fontany, i o 25% niż Evity.

Tabela 4

Pobranie jednostkowe azotu, potasu i sodu (kg-t plonu korzeni⁻¹)
Specific nitrogen, potassium and sodium uptake (kg-t root yield⁻¹)

Pierwiastek Element	Rok Year	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
			O	K	KNaMg	KNa3Mg		
N	1997	Fontana	4,31	4,43	3,72	4,33	4,20	A = r.n.
		Sonja	4,44	4,05	4,22	4,11	4,21	B = r.n.
		Evita	4,28	5,5	4,88	4,5	4,79	A × B = r.n.
		średnia — mean	4,34	4,66	4,27	4,31	4,40	
	1998	Fontana	2,83	2,47	3,37	2,9	2,89	A = 0,49
		Sonja	3,76	3,15	3,23	3,95	3,52	B = r.n.
		Evita	2,50	2,41	2,68	3,3	2,72	A × B = r.n.
		średnia — mean	3,03	2,68	3,09	3,38	3,05	
	1999	Fontana	4,31	4,43	3,72	4,33	4,20	A = 0,81
		Sonja	5,78	7,26	5,26	6,37	6,17	B = r.n.
		Evita	5,64	5,65	4,23	4,81	5,08	A × B = r.n.
		średnia — mean	5,24	5,78	4,40	5,17	5,15	
K	1997	Fontana	3,86	3,89	3,62	3,62	3,75	A = r.n.
		Sonja	4,28	3,72	3,60	3,85	3,86	B = 0,26.
		Evita	4,29	4,47	4,50	3,86	4,28	A × B = r.n.
		średnia — mean	4,14	4,03	3,91	3,78	3,96	
	1998	Fontana	2,00	1,77	2,21	1,94	1,98	A = r.n.
		Sonja	1,87	1,62	1,64	1,98	1,78	B = 0,12
		Evita	2,13	1,87	1,89	2,35	2,06	A × B = 0,21
		średnia — mean	2,00	1,75	1,91	2,09	1,94	
	1999	Fontana	6,26	3,75	4,47	4,20	4,67	A = r.n.
		Sonja	5,96	6,09	4,65	5,12	5,46	B = 0,38
		Evita	6,00	5,98	4,88	4,40	5,32	A × B = 0,67
		średnia — mean	6,07	5,27	4,67	4,57	5,15	
Na	1997	Fontana	1,08	1,65	1,29	1,19	1,30	A = r.n.
		Sonja	1,60	1,12	1,60	1,21	1,38	B = 0,06
		Evita	1,42	1,27	1,24	1,47	1,35	A × B = 0,11
		średnia — mean	1,37	1,35	1,38	1,29	1,35	
	1998	Fontana	1,32	1,06	1,52	1,21	1,28	A = 0,07
		Sonja	1,83	1,49	1,04	1,45	1,45	B = 0,06
		Evita	1,39	1,00	1,06	1,14	1,15	A × B = 0,10
		średnia — mean	1,51	1,18	1,21	1,27	1,29	
	1999	Fontana	2,79	1,54	1,77	2,04	2,04	A = r.n.
		Sonja	2,27	2,58	1,88	2,13	2,22	B = 0,15
		Evita	2,50	2,00	1,75	1,93	2,05	A × B = 0,26
		średnia — mean	2,52	2,04	1,80	2,03	2,10	

A — Odmiana; Variety, B — Nawożenie; Fertilization, A × B — Współdziałanie; Interaction
 r.n. — Różnice nieistotne; Not significant differences

Nawożenie KNaMg nie miało istotnego wpływu, aczkolwiek zanotowano spadek pobrania składnika średnio o 10% w stosunku do kontroli (tab. 5).

Działanie czynnika pogodowego, głównie suszy w roku 1999, określiło jednostkowe pobranie wapnia. W tym bowiem roku rośliny pobrały, średnio 3–4-krotnie więcej składnika niż w roku 1998, czy też 1997. W roku 1998 istotnie większe pobranie wykazała odmiana Fontana i Evita, natomiast w roku 1999 odmiana Sonja. Nawożenie potasem zwiększało pobieranie wapnia, a sodowo-magnezowe, generalnie zmniejszało (tab. 5).

Tabela 5

Pobranie jednostkowe magnezu i wapnia (kg-t plonu korzeni⁻¹)
Specific magnesium and calcium uptake (kg-t root yield⁻¹)

Pierwiastek Element	Rok Year	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
			O	K	KNaMg	KNa3Mg		
Mg	1997	Fontana	0,60	0,61	0,67	0,50	0,60	A = r.n.
		Sonja	0,72	0,52	0,52	0,55	0,58	B = r.n.
		Evita	0,57	0,59	0,60	0,55	0,58	A × B = r.n.
		średnia — mean	0,63	0,57	0,60	0,53	0,58	
	1998	Fontana	0,60	0,47	0,69	0,51	0,57	A = r.n.
		Sonja	0,85	0,44	0,47	0,59	0,59	B = r.n.
		Evita	0,44	0,34	0,45	0,56	0,45	A × B = r.n.
		średnia — mean	0,63	0,42	0,54	0,55	0,53	
	1999	Fontana	1,76	1,13	1,56	1,48	1,48	A = 0,18
		Sonja	1,67	2,01	1,62	1,69	1,75	B = r.n.
		Evita	1,29	1,49	1,2	1,11	1,27	A × B = 0,25
		średnia — mean	1,57	1,54	1,46	1,43	1,50	
Ca	1997	Fontana	0,90	0,97	0,40	0,48	0,69	A = r.n.
		Sonja	0,80	0,69	0,90	0,86	0,81	B = 0,06
		Evita	0,75	0,85	0,85	0,57	0,76	A × B = 0,10
		średnia — mean	0,82	0,84	0,72	0,64	0,75	
	1998	Fontana	0,90	0,98	1,06	0,84	0,95	A = 0,03
		Sonja	0,96	0,84	0,92	0,75	0,87	B = r.n.
		Evita	0,92	0,95	0,78	1,09	0,94	A × B = 0,07
		średnia — mean	0,93	0,92	0,92	0,89	0,92	
	1999	Fontana	3,22	2,68	3,11	2,84	2,96	A = 0,18
		Sonja	3,19	4,20	3,37	3,22	3,50	B = 0,20
		Evita	3,12	3,13	2,72	3,14	3,03	A × B = 0,35
		średnia — mean	3,18	3,34	3,07	3,07	3,16	

A — Odmiana; Variety, B — Nawożenie; Fertilization, A × B — Współdziałanie; Interaction
 r.n. — Różnice nieistotne; Not significant differences

Do prognozowania plonów korzeni wykorzystano metodę regresji z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych odniesioną do czterech grup zmiennych niezależnych, a mianowicie: I — zawartości składników pokarmowych w liściach na przełomie czerwca/lipca; II — zawartości składników w liściach (zbiór); III — zawartości składników w korzeniach (zbiór); IV — pobranie jednostkowe składników pokarmowych (tab. 6).

Dla odmiany Sonja wartości współczynników determinacji generalnie zmniejszały się w kierunku: IV > III > I > II; Fontana: IV > III > II > I; Evita: IV > III = I > II. Średnio, niezależnie od odmiany, największe wartości współczynników determinacji (R^2) otrzymano dla pobrania jednostkowego składników. Przedstawione zależności jednoznacznie wykazują na nadmiar składników pobranych z jednostką plonu korzeni (wraz z odpowiednią masą plonu liści), który w efekcie prowadził do spadku plonu korzeni. Analiza regresji wykazała bardziej złożony układ zależności, w których znaczącą rolę odgrywały azot i suma pobranych kationów (rys. 1). Plon korzeni wzrastał do określonej wartości relacji jednostkowego pobrania N względem sumy kationów, wynosząc odpowiednio Sonja — 0,74; Fontana — 0,68; Evita — 0,63. Tym samym

zaznaczył się, podnoszony już wcześniej, aspekt zróżnicowanej wrażliwości odmian na nawożenie, przy założeniu takiego samego terminu zbioru różnych typów odmian.

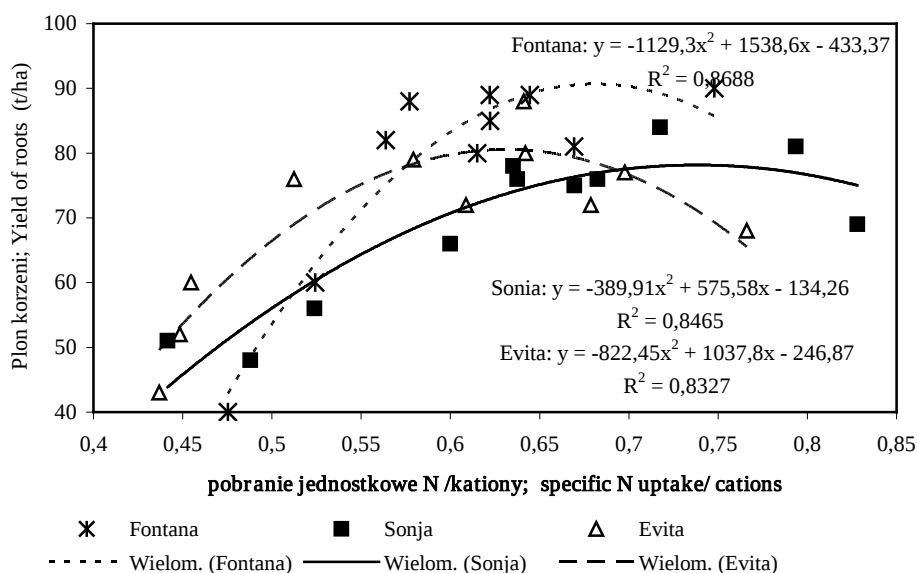
Tabela 6

Prognoza plonów korzeni buraków cukrowych, n = 12
Prognosis on yield of sugar beet roots, n = 12

Terminy Phases	Odmiany Varieties								
	Sonja			Fontana			Evita		
	P*	R ²	równanie equation	P	R ²	równanie equation	P	R ²	równanie equation
I**	N	69	$y = 0,738 + 19,365x$	Ca	25	$y = 102,13 - 20,77x$	N	72	$y = 0,738 + 19,365x$
II	Ca	54	$y = 84,22 - 15,60x$	Ca	50	$y = 98,3 - 21,6x$	Ca	40	$y = 86,59 - 16,6x$
III	Mg	74	$y = 90,56 - 173,6x$	Mg	73	$y = 114,04 - 336,4x$	Mg	73	$y = 94,92 - 228,0x$
IV	N	90	$y = 109,43 - 8,86x$	Mg	90	$y = 103,7 - 30,45x$	Na	85	$y = 108,99 - 25,85x$

*P — Pierwiastek; Element

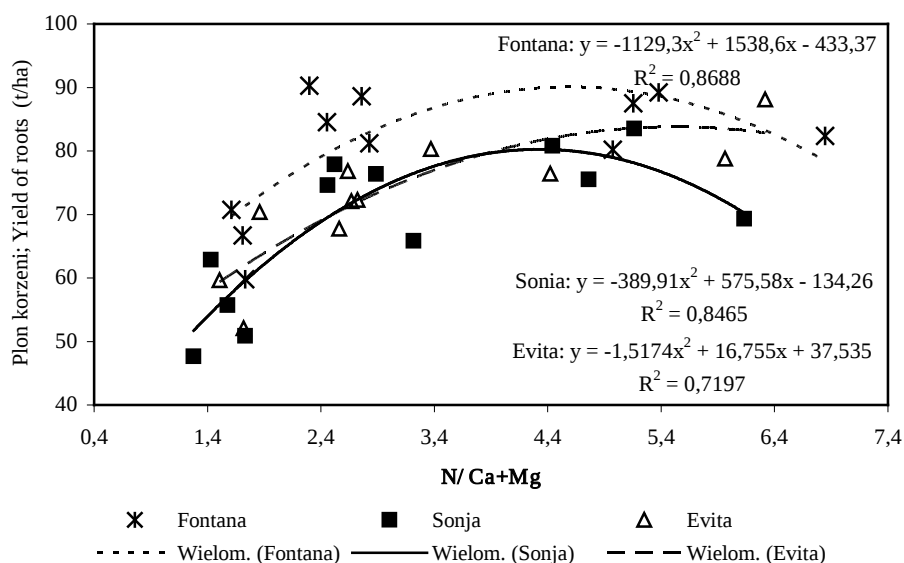
** I — liście -czerwiec/lipiec, leaves -June/July; II — liście-zbiór, leaves-harvest; III — korzenie-zbiór, roots-harvest; IV — pobranie jednostkowe, specific uptake



Rys. 1. Zależność plonu korzeni od stosunku jednostkowego pobrania N/suma kationów, n = 12
Fig. 1. Relationship between root yield and ratio specific nitrogen uptake/ amount of cations, n = 12

Przeprowadzona powyżej analiza ma charakter *ex post*, gdyż wykonana została dla pobrania jednostkowego składników pokarmowych i może być wykorzystana tylko do prognozowania przyszłych, a nie aktualnie zbieranych plonów buraków. Większą wagę diagnostyczną należałoby odnieść do prognozowania plonów korzeni na podstawie stanu odżywienia roślin w pełni wegetacji. Postępowanie takie okazało się umiarkowanie

wiarygodne tylko dla dwóch odmian, a mianowicie Sonji i Evity. Dla tych odmian główną zmienną określającą plon korzeni okazał się azot, lecz zdecydowanie większą wiarygodność prognozy uzyskano przyjmując za zmienną niezależną ekwiwalentny stosunek zawartości azotu do sumy kationów dwuwartościowych (rys. 2). Przeprowadzone postępowanie ujawniło także znaczne różnice odmianowe, które prezentuje optymalna wartość omawianej relacji, wynosząca: Sonia — 4,32; Fontana — 4,59; Evita — 5,34. Powyższe wartości jednoznacznie wskazują na większe zapotrzebowanie na azot, w tej fazie rozwoju, przez rośliny odmiany Evita.



Rys. 2. Zależność plonu korzeni od ekwiwalentnego stosunku N/ Ca+Mg, liście, lipiec, n = 12
 Fig. 2. Relationship between root yield and equivalent ratio N/Ca+Mg, leaves, July, n = 12

Dominującą rolę w prognozowaniu zawartości cukru w korzeniach spełniały magnez i wapń, z wyjątkami dotyczącymi potasu i azotu, które to pierwiastki tym samym podkreślają różnice między odmianami. Prawdopodobieństwo oszacowania plonu, na bazie wartości współczynnika R^2 , przedstawia się następująco: Sonia — III $\geq$ I = IV > II; Fontana — III > I > IV > II; Evita — III > I $\geq$ IV > II (tab. 7). Z powyższego zestawienia jednoznacznie wynika, że najlepszym organem do prognozowania zawartości cukru okazał się korzeń.

W analizie zależności zawartości cukru od składu mineralnego korzeni nie można pominąć azotu, gdyż pewna jego część stanowi tzw. azot szkodliwy (Burba, 1996; Pollach i in., 1996; Günther i Stephan, 1996). Azot ten, jak wykazano w drugiej części tego rozdziału wyraźnie zmniejszał zawartość cukru w korzeniach odmian Sonia i Fontana. Zatem zawartość cukru w korzeniach odniesiono do ekwiwalentnego stosunku zawartości azotu do sumy kationów dwuwartościowych (rys. 3). Optymalne najmniejsze wartość

badanej relacji wynosiły: Sonia — 3,13; Fontana — 3,62; Evita — 2,31. Wartości te jednoznacznie potwierdzają ponownie największą wrażliwość odmiany cukrowej na wzrost zawartości azotu w korzeniach. Z przeprowadzonej analizy wynika, że kationy dwuwartościowe generalnie poprawiały jakość korzeni, gdyż z jednej strony zwiększały zawartość cukru w korzeniach, a z drugiej zmniejszały zawartość związków melasotwórczych.

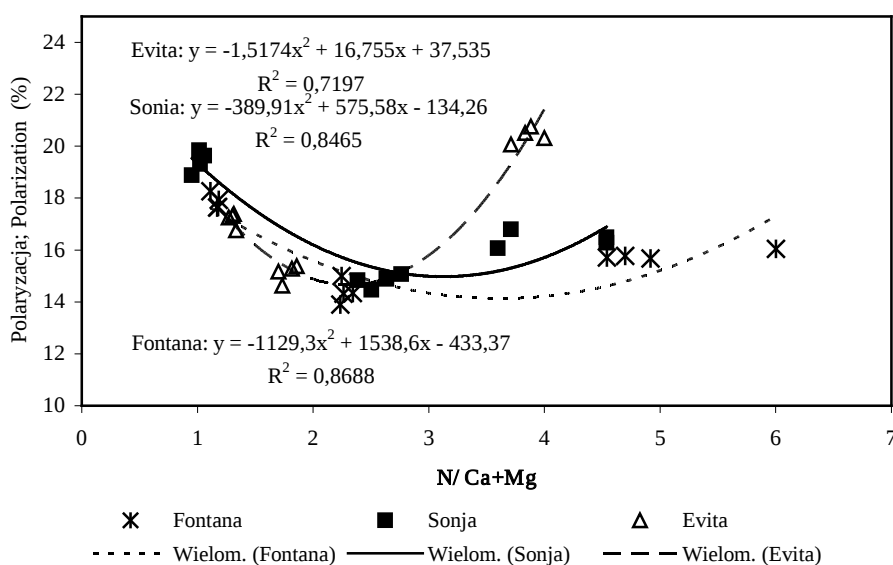
Tabela 7

Prognoza plonów zawartości cukru (polaryzacji), n = 12
Prognosis on sugar contents (polarization), n = 12

Terminy Phases	Odmiany Varieties								
	Sonia			Fontana			Evita		
	P*	R ²	równanie equation	P	R ²	równanie equation	P	R ²	równanie equation
I**	Ca	91	$y = 11,401 + 4,50x$	N	83	$y = 25,129 - 2,44x$	K	85	$y = 2,061 + 4,58x$
II	Ca	66	$y = 13,92 + 2,92x$	Ca	48	$y = 13,89 + 2,13x$	Ca	58	$y = 13,91 + 3,62x$
III	Ca	97	$y = 12,60 + 33,59x$	Mg	89	$y = 11,85 + 37,62x$	Mg	96	$y = 12,31 + 47,77x$
IV	K	89	$y = 12,63 + 1,15x$	Mg	71	$y = 13,6 + 2,74x$	Mg	83	$y = 13,46 + 5,36x$

*P — Pierwiastek; Element

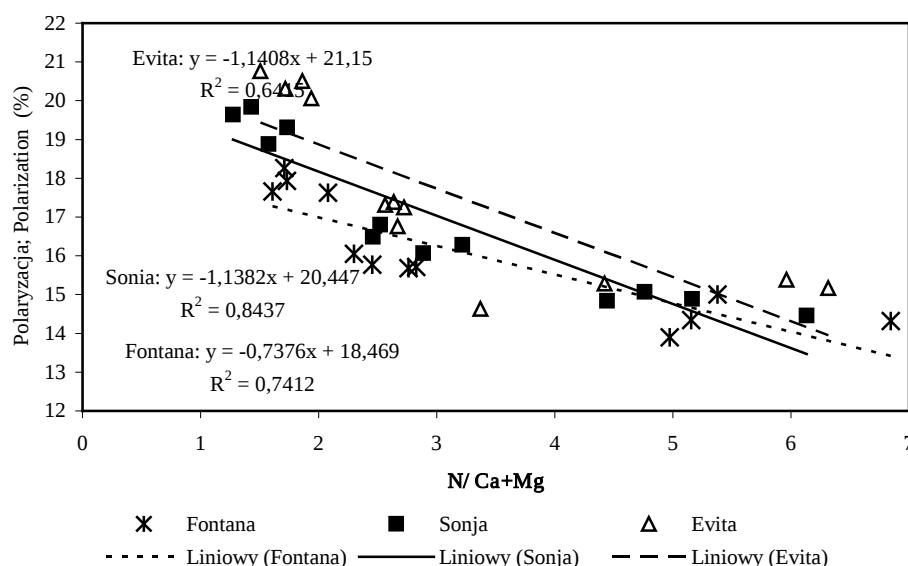
** I — liście-czerwiec/lipiec, leaves-June/July; II — liście-zbiór, leaves-harvest; III — korzenie-zbiór, roots-harvest; IV — pobranie jednostkowe, specific uptake



Rys. 3. Zależność zawartości cukru od ekwiwalentnego stosunku N/ Ca + Mg, korzenie, zbiór, n = 12
Fig. 3. Relationship between sugar content and an equivalent ratio N/Ca + Mg, roots, harvest, n = 12

Wyjaśnienie specyficznej roli wapnia i magnezu w kształtowaniu cech jakościowych korzeni buraków jest niezwykle trudne. Pierwiastki te nie stanowią ograniczenia

w procesie ekstrakcji cukru, gdyż są względnie łatwo usuwane z soku (Oltmann i in., 1984). Plonotwórcze działanie magnezu w burakach cukrowych potwierdzone zostało licznymi wynikami badań eksperymentalnych, które wykazały działanie pierwiastka na plon cukru, bądź to poprzez wzrost plonu korzeni, lub/oraz poprawę jakości wyrażoną wzrostem polaryzacji i spadkiem zawartości melasotworów (Barłóg i Grzebisz, 2001; Grzebisz i in., 2001). Plonotwórcza rola magnezu wynika z olbrzymiej liczby funkcji biochemicznych i fizjologicznych pełnionych przez ten pierwiastek w roślinach, dotyczących między innymi metabolizmu azotowego i funkcjonowania ściany komórkowej (Mengel, 1991; Bergmann, 1992). Plonotwórcze działanie wapnia, poza ogólnie znanymi funkcjami jako regulatora odczynu gleby jest mało rozpoznane, aczkolwiek należy zwrócić uwagę na rolę, jaką pełni w procesach podziału i wzrostu komórek oraz jako składnik blaszki środkowej (Mengel, 1991; Bergmann, 1992; Amberger, 1996). Nie można też pominąć funkcji wapnia związanych z selektywnością pobierania jonów. Marschner i Schafarczyk (1967) zwrócili uwagę na specyficzną rolę kationów wapnia w pobieraniu jonów sodu i potasu. W przeprowadzonych eksperymentach wykazali, że wzrost zawartości jonów Ca^{2+} w środowisku wzrostu roślin buraka zwiększa pobieranie K^+ , a zmniejsza Na^+ .



Rys. 4. Zależność zawartości cukru od ekwiwalentnego stosunku N/ Ca+Mg, liście, lipiec, n = 12
Fig. 4. Relationship between sugar content and an equivalent ratio N/Ca+Mg, leaves, July, n = 12

Podobnie, jak w odniesieniu do plonu korzeni, prognozowanie jakości technologicznej korzeni ma praktyczny sens tylko wówczas, jeżeli przeprowadzone zostanie w pełni sezonu wegetacyjnego. Spośród analizowanych cech jakościowych zdecydowanie najlepiej

prognozowaną cechą jakościową okazała się polaryzacja, która wykazywała silną zależność od ekwiwalentnego stosunku azotu do sumy dwuwartościowych kationów (rys. 4).

Każdorazowy wzrost wartości tej relacji prowadził do spadku zawartości cukru. Przyjmując zawartość cukru na poziomie standardowym (16%) można wyznaczać optymalną wartość omawianej relacji, która wynosiła: Sonia — 3,91; Fontana — 3,35; Evita — 4,51. Ostatnia z odmian, w tej fazie rozwoju, ujawnia większą tolerancję na wzrost zawartości azotu względem sumy kationów dwuwartościowych.

Porównanie optymalnych wartości relacji N/Ca+Mg oraz wysokich wartości współczynników determinacji tłumaczy brak możliwości prognozowania plonów cukru. Pierwiastki te kształtowały istotnie dwie składowe plonu cukru: plon korzeni i zawartość cukru, lecz ich wypadkowe działanie okazało się nieistotne. Takie zjawisko wystąpiło w odniesieniu do odmiany Sonja i Evita, w których plon cukru zależał od obu składowych (Barłóg i Grzebisz, 2005; Część II). W przypadku odmiany Fontana, dla której plon cukru w 60% określał plon korzeni, prognoza plonu cukru na podstawie składu chemicznego korzeni, czy też pobrania jednostkowego składników okazała się możliwa.

WNIOSKI

1. Zawartość oraz pobranie jednostkowe składników pokarmowych przez buraki cukrowe zależało przede wszystkim od przebiegu warunków pogodowych. W roku suchym nadmiar pobieranego przez rośliny wapnia oraz magnezu silnie ograniczał pobieranie sodu, a tym samym buraki silniej reagowały na nawożenie sodem.
2. Prognozowanie plonów i jakości przerobowej korzeni buraka cukrowego można przeprowadzić na podstawie składu mineralnego organów roślin w różnych fazach jej rozwoju. O potrzebie optymalnego odżywienia roślin w okresie całej wegetacji buraków świadczy najlepszy wynik, jaki uzyskano dla składu chemicznego w korzeniach w fazie zbioru.
3. Pobranie jednostkowe składników pokarmowych określone w optymalnych warunkach wzrostu buraków cukrowych, a w takich prowadzono badania, może służyć do opracowania nowych, zmodyfikowanych zaleceń nawozowych. Wskaźnik ten wykazał duże walory diagnostyczne, gdyż najlepiej korelował z plonem korzeni.
4. Zawartość kationów dwuwartościowych (wapń i magnez) odgrywała istotną rolę kształtowaniu cech ilościowych i jakościowych badanych odmian, gdyż z jednej strony ograniczała plon korzeni, a z drugiej poprawiała ich jakość technologiczną.
5. Prognozowanie plonu cukru na podstawie składu chemicznego korzeni i pobrania jednostkowego składników pokarmowych było możliwe dla najplenniejszej odmiany Fontana, której plon cukru w 60% zależał od plonu korzeni.

LITERATURA

- Amberger A. 1988. Pflanzenernährung — ökologische und physiologische Grundlagen. Dynamik und Stoffwechsel der Nährelemente. Eugen Ulmer, Stuttgart: 319 p.
- Barłóg P., Grzebisz W. 2001. Effect of magnesium foliar application on the yield and quality of sugar beet roots. Rostlinna Vyroba 47, (9): 418 — 422.

- Barłóg P., Grzebisz W. 2004. Plonotwórcza i diagnostyczna ocena nawożenia buraków cukrowych potasem, sodem i magnezem. Część II. Jakość korzeni i plon cukru. Biul. IHAR 234: 83 — 92.
- Bergmann W. 1992. Nutritional disorders of plants, development, visual and analytical diagnosis. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, New York.
- Burba M. 1996. Der Schädliche Stickstoff als Kriterium der Rübenqualität. Zuckerind. 121, 3: 165 — 173.
- Grzebisz W., Barłóg P., Lehrke R. 2001. Effect of interaction between the methods of magnesium application and amount of nitrogen fertilizer application on sugar recovery and technical quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Zuckerind. 126, 12: 956 — 960.
- Grzebisz W., Barłóg P. 2002. Zasady nawożenia. W: W. Grzebisz (red.) Nowoczesna uprawa buraków cukrowych. Wyd. AR Poznań: 62 — 85.
- Günther I., Stephan K. H. 1996. Produktionstechnische Reserven im Zuckerrübenbau. Zuckerind. 121, 8: 640 — 653.
- Haneklaus S., Knudsen L., Schnug E. 1998. Relationship between potassium and sodium in sugar beet. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 29: 1793 — 1798.
- Konys L., Wiśniewski P. 1984. Analiza ścieżki. Roczn. AR Poznań, 146: 597 — 603.
- Marschner H., Schafarczyk W. 1967. Influx und Efflux von Natrium und Kalium bei Mais — und Zuckerrübenpflanzen. Zeitschrift für Pflanzenernähr. Bodenk. 118: 172 — 187.
- Mengel K. 1991. Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- 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, Berlin, Hamburg.
- Trętowski J., Wójcik A. R. 1988. Metodyka doświadczeń rolniczych. WSRP, Siedlce.