

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 I. Plon korzeni i liści

**Sugar beets fertilization with potassium, sodium and magnesium — yielding and
diagnostic evaluation
Part I. Yield of roots and leaves**

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 1997–1999 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 $160 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ (K); potasem, sodem i magnezem w dawkach $160 \text{ kg K}_2\text{O} + 12 \text{ kg Na} + 14,4 \text{ kg Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (KNaMg); potasem, sodem i zwiększoną dawką magnezu — $160 \text{ kg K}_2\text{O} + 12 \text{ kg Na} + 38,3 \text{ kg Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (KNa3Mg). Uzyskane w doświadczeniu plony korzeni były wysokie — $71,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, zbliżone do potencjału plonowania testowanych odmian w Polsce. Głównym czynnikiem różnicującym plony okazał się przebieg pogody w sezonie wegetacyjnym. Potencjał plonotwórczy odmian (Fontana > Sonja > Evita) uwidocznił się szczególnie w warunkach optymalnego rozkładu opadów i zbilansowanego odżywienia (1997). W warunkach tych, niezależnie od badanej odmiany, wpływ nawożenia przedstawiał się następująco: kontrola ($73,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} = 100\%$) $\leq$ K (103,6%) < KNaMg (108,3%) $\leq$ KNa3Mg (111,8%). W warunkach stresowych, odmiany buraka cukrowego wykazały indywidualną reakcję na zabiegi agrotechniczne — współdziałanie między cechami hodowlanymi a nawożeniem KNaMg. Plonotwórcze działanie sodu, wyrażone wzrostem plonów korzeni, przejawiało się w każdym z kolejnych lat badań, lecz zdecydowanie jednoznacznie tylko w suchym 1999 roku.

Słowa kluczowe: buraki cukrowe, magnez, nawożenie, plon, potas, sól

The field experiments were carried out in the years 1997–1999 in randomized permanent plots (split-block design) with four replications. The first experimental factor was a variety of sugar beet: Sonja, Fontana and Evita. The second-rate factor was fertilization, applied in four variants: 1. control (O), 2. potassium at $160 \text{ kg K}_2\text{O}$ per 1 ha (K), 3. potassium, sodium and magnesium in a combination: $160 \text{ kg K}_2\text{O} + 12 \text{ kg Na} + 14.4 \text{ kg Mg}$ per 1 ha (KNaMg), and 4. potassium, sodium and the increased dose of magnesium in a combination: $160 \text{ kg K}_2\text{O} + 12 \text{ kg Na} + 38.3 \text{ kg Mg}$ per 1 ha (KNa3Mg). The yield of roots was very high, and amounted $71.7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. The effects of a variety and of potassium

fertilizers on the yield of roots and leaves were greatly influenced by the weather conditions during the vegetation period. Production capabilities of the tested varieties (Fontana > Sonja > Evita) were best expressed under optimal water and nutrients conditions in 1997. That year, the average effects of fertilizers on the root yield were, irrespective of a variety, as follows: control ($73 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} = 100\%$) $\leq$ K (103.6%) < KNaMg (108.3%) $\leq$ KNa3Mg (111.8%). In contrast, in the years with unfavourable growth conditions, variety-fertilization interactions were strongly pronounced. Fertilization with sodium resulted in the increased root yields throughout the experiments, particularly in dry weather conditions in 1999.

Key words: magnesium, potassium, sodium, sugar beet, varieties, yield

WSTĘP

Potencjał plonowania buraków cukrowych szacuje się na poziomie $90\text{--}100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Takie plony można uzyskać tylko w idealnych warunkach produkcyjnych (Hills i in., 1990). Potencjał plonowania buraków w Polsce, określony w badaniach COBORU, w latach 1995–2000 w odniesieniu do plonu korzeni kształtuje się na średnim poziomie $70 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a cukru technologicznego — $11 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Siódmiak, 2002). Plony rzeczywiste buraków, uzyskiwane w produkcji są zdecydowanie niższe, nieco tylko powyżej 50% potencjału plonowania tej rośliny w Polsce (Rocznik Statystyczny, 1995–2001). W dodatku podlegają one znacznym sezonowym wahaniom (Grzebisz, 2000). Wynika to przede wszystkim z niekorzystnych warunków pogodowych, a zwłaszcza częstych, a do tego mało prognozowanych susz atmosferycznych (Panek, 1990; Rudnicki i in., 1997). Z tej też przyczyny zmienność sezonowa (lata) aż w 1/3 decydują o wielkości uzyskiwanych przez rolników plonów (Grzebisz, 2000). Drugą przyczyną pogłębiającą reakcję buraków cukrowych na niekorzystne warunki atmosferyczne jest niezbyt wysoki poziom zasobności gleb, a do tego niedostateczne nawożenie, głównie fosforem, potasem i to zarówno w formie organicznej, jak i mineralnej (Fotyma i Gosek, 1998; Gosek i Fotyma, 1998). W rezultacie zwiększa się zależność plonów roślin uprawnych od warunków pogodowych (Grzebisz i in., 2002). Plon i jakość buraków cukrowych wymaga stworzenia przez rolnika takich warunków wzrostu roślin na plantacji, które minimalizując ujemne skutki czynników naturalnych, jednocześnie sprzyjać będą maksymalizacji produkcji cukru. W dążeniu do uzyskania wysokiej jakości surowca w pierwszej kolejności należy uregulować poziom nawożenia potasem, który jest składnikiem pobieranym przez rośliny w największej ilości. Optymalizując nawożenie buraka cukrowego nie można pominąć magnezu, od którego w dużej mierze zależy zarówno wielkość i jakość plonu korzeni (Barłóg, Grzebisz, 2001; Grzebisz i in., 2001). Wyniki badań, prowadzonych w Niemczech wskazują na konieczność nawożenia buraka cukrowego nawozami zawierającymi sód (Haneklaus i in., 1998). Wiedza na temat reakcji odmian buraka cukrowego na nawożenie potasem, a w szczególności na współdziałanie tego pierwiastka z sodem i magnezem, jest jak dotąd niedostateczna. Rozwiązanie powyższego problemu może mieć duże znaczenie w optymalizacji nawożenia buraka cukrowego.

Podstawowym celem niniejszej pracy jest ocena reakcji trzech odmian buraka cukrowego na nawożenie potasem na tle stałego udziału sodu i wzrastającego magnezu wyrażona plonami korzeni i liści.

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. Gleby te zostały zaliczone do kompleksu żyniego bardzo dobrego, 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 Saatzucht AG): Fontana — plenna; Sonja — normalna; Evita — cukrowa. Czynnikiem drugiego rzędu były 4 warianty nawożenia: kontrola, bez potasu (O); nawożenie potasem w dawce $160 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ (K); potasem, sodem i magnezem w dawkach $160 \text{ kg K}_2\text{O} + 12 \text{ kg Na} + 14,4 \text{ kg Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (KNaMg); potasem, sodem i zwiększoną dawką magnezu – $160 \text{ kg K}_2\text{O} + 12 \text{ kg Na} + 38,3 \text{ kg Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (KNa3Mg).

Stanowiska, w których uprawiano buraki charakteryzowały się dobrą zasobnością składników pokarmowych w warstwie ornej (0–0,3 m) i optymalnym odczynem. Zawartość azotu mineralnego (suma N-NH_4 i N-NO_3) w warstwie 0–0,6 m wahała się od 108 do $126 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 1).

Tabela 1

Charakterystyka agrochemiczna gleb
Agrochemical properties of soil

Rok Year	Warstwa gleby Soil layer (cm)	pH	N min ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	P ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	K ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Mg ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
1997	0–30	6,9	73	85,1	194,2	60
	31–60	6,2	45	54,1	101,3	34
1998	0–30	6,7	69	90,7	125,3	55
	31–60	6,8	57	66,3	132,8	50
1999	0–30	6,4	44	94,2	137,8	65
	31–60	6,1	64	60,2	77,2	42

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. Plon zebrano z powierzchni $21,6 \text{ m}^2$ w drugiej dekadzie października.

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

WYNIKI

Głównym czynnikiem różnicującym plony okazał się przebieg pogody w sezonie wegetacyjnym. Największe średnie plony korzeni uzyskano w roku 1998, w którym zarówno w czerwcu, jak i we wrześniu opady były wyższe od średnich wieloletnich odpowiednio o 50% i 112% (tab. 2). Zdecydowanie najmniejsze plony uzyskano w suchym, 1999 roku (tab. 3).

Tabela 2

Warunki pogodowe w okresie wegetacji buraków cukrowych
Weather conditions during vegetation of sugar beet

Rok Year	Miesiące Months							średnia lub suma mean or sum
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
temperatura temperature (°C)								
1997	5,0	11,8	15,5	16,6	18,3	12,7	6,3	12,3
1998	10,3	12,9	15,1	16,1	15,0	13,9	8,0	13,0
1999	9,0	13,4	16,2	21,5	18,9	17,3	9,5	15,1
1954–1999	8,0	16,3	17,2	18,8	18,9	14,0	8,9	14,6
opady rainfall (mm)								
1997	31,4	43,5	23,5	189,0	145,8	31,6	44,6	509,4
1998	33,6	18,2	93,1	59,2	38,8	84,3	82,6	409,8
1999	62,6	74,5	28,7	29,6	22,9	54,8	29,8	302,9
1954–1999	36,4	48,4	62,0	78,0	64,4	40,7	36,0	407,4

Wpływ czynników doświadczalnych na plon korzeni przejawiał się w różny sposób w kolejnych latach badań. W pierwszym roku badań (1997), oba czynniki doświadczalnie istotnie wpływały na plony korzeni, lecz nie wystąpiło między nimi współdziałanie (tab. 3). Plony, w zależności od odmiany, zmniejszały się w kierunku: Fontana > Sonja ≥ Evita. Intensyfikacja nawożenia, niezależnie od odmiany, prowadziła do wzrostu plonów korzeni: kontrola (100%) ≤ K (103,6%) < KNaMg (108,3%) ≤ KNa3Mg (111,8%). Wzbogacenie nawozu potasowego w sód i magnez zwiększyło istotnie, w stosunku do kontroli a także samego K plon korzeni.

W roku 1998 odmiana Fontana plonowała na niższym poziomie niż w roku 1997, lecz dwie pozostałe zdecydowanie wyżej. Dlatego w roku tym uzyskano największy przeciętny plon korzeni. Ponadto zaznaczyło się współdziałanie między obu czynnikami doświadczalnymi. Największy plon korzeni odmiany Sonja uzyskano w wariacie z samym K, a najmniejszy z KNa3Mg. Odmiana Fontana plonowała najwyżej w wariacie nawożenia samym K oraz KNa3Mg. Trzecia z odmian, Evita silnie reagowała na intensyfikację nawożenia, a najlepszym wariantem okazał się KNaMg (tab. 3).

W trzecim roku badań (1999), także wystąpiło współdziałanie obu czynników doświadczalnych (tab. 3), lecz uzyskane plony korzeni kształtowały się na poziomie zdecydowanie mniejszym, niż w dwóch poprzednich latach. W roku tym wystąpiła susza, która podkreśliła plonotwórczą rolę potasu i sodu. Jak wynika z powyższego zestawienia,

testowane odmiany reagowały w sposób bardzo indywidualny na nawożenie KNaMg. Odmiana Fontana plonowała najlepiej w wariacie z samym K, a uzyskany przyrost plonu, w stosunku do kontroli, wyniósł aż 76,8%. Natomiast odmiana Sonja i Evita wytworzyła największy plon w wariacie KNaMg (odpowiednio +23,5% i +62%). Dla ostatniej wymienionej odmiany był to jedyny udowodniony statystycznie przyrost plonu w stosunku do kontroli (tab. 3).

Tabela 3

Wpływ odmiany i nawożenia potasem, sodem i magnezem na plon korzeni ($t \cdot ha^{-1}$)
Effect of varieties and of potassium, sodium and magnesium fertilization on the root yield ($t \cdot ha^{-1}$)

Rok Year	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean
		O	K	KNaMg	KNa3Mg	
1997	Fontana	81,2	84,5	88,6	90,3	86,2
	Sonja	65,6	74,6	76,4	77,9	73,7
	Evita	72,1	67,8	72,3	76,9	72,2
	Średnia Mean	73,0	75,6	79,1	81,7	77,4
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	A = 5,3		B = 3,4	A × B = r.n.	
1998	Fontana	82,3	87,8	80,0	89,3	84,8
	Sonja	75,8	83,8	81,0	69,5	77,5
	Evita	76,5	79,0	88,0	80,3	80,9
	Średnia Mean	78,2	83,5	83,0	79,7	81,1
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	A = 6,7		B = r.n.	A × B = 5,7	
1999	Fontana	40,0	70,8	59,8	66,7	59,3
	Sonja	50,9	47,7	62,9	55,7	54,3
	Evita	43,5	52,1	70,4	59,6	56,4
	Średnia Mean	44,8	56,8	64,3	60,7	56,7
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	A = r.n.		B = r.n.	A × B = 6,5	

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

Plony liści w roku 1997 istotnie zależały od obu czynników doświadczalnych, między którymi nie stwierdzono współdziałania (tab. 4). Rola odmiany przedstawiała się następująco: Fontana ≥ Sonja ≥ Evita. Działanie nawożenia KNaMg przedstawia dość złożony obraz, bowiem plony liści zwiększały się w kierunku: kontrola ≤ KNa3Mg ≤ K ≤ KNaMg. W 1998 roku intensyfikacja nawożenia prowadziła do spadku plonów liści odmiany Sonja i Fontana. Z tym, że dla Sonji w stosunku do kontroli, spadek plonów wystąpił w wariacie z KNaMg, a dla Fontany już z samym K. W roku 1999 odmiany Sonja i Evita nawożone samym K wytworzyły największy plon liści. Największy plon liści odmiany Fontana odnotowano w wariacie nawożenia KNa3Mg (tab. 4).

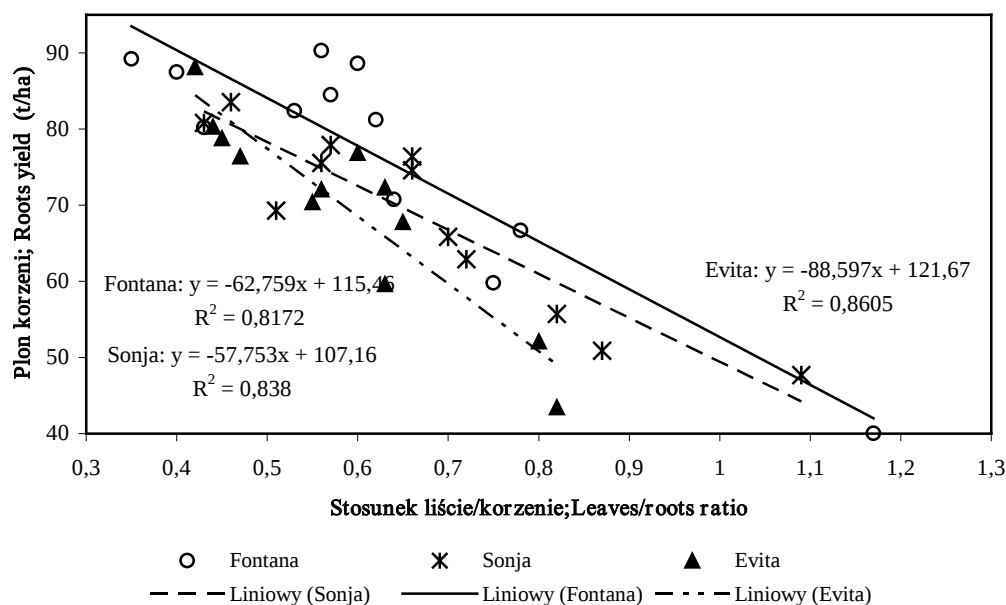
Różnice odmianowe, rozważane w kontekście zależności plonów korzeni od plonów liści, ujawniły się poprzez: (a) zróżnicowanie wartości R^2 , które zwiększały się w kierunku: Fontana < Sonja < Evita; (b) wartością stosunku liście/korzenie. W przypadku odmian Sonja i Fontana zakres ten wahał się od 0,4 do 1,2, a dla odmiany Evita od 0,4 do 0,8 (rys. 1).

Tabela 4

Wpływ odmiany i nawożenia potasem, sodem i magnezem na plon liści (t·ha⁻¹)
Effect of varieties and of potassium, sodium and magnesium fertilization on the leaves yield (t·ha⁻¹)

Rok Year	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean
		O	K	KNaMg	KNa3Mg	
1997	Fontana	50,4	48,2	53,2	50,6	50,6
	Sonja	46,1	49,2	50,4	44,4	47,5
	Evita	40,4	44,1	45,5	46,1	44,0
	średnia mean	45,6	47,2	49,7	47,0	47,4
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		A = 3,4	B = 2,7	A × B = r.n.	
1998	Fontana	43,8	34,7	34,7	31,3	36,1
	Sonja	42,2	38,2	34,7	35,3	37,6
	Evita	35,6	35,1	36,9	35,2	35,7
	średnia mean	40,5	36,0	35,4	33,9	36,5
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		A = r.n.	B = r.n.	A × B = 6,3	
1999	Fontana	46,9	46,9	45,0	52,3	47,8
	Sonja	44,1	52,2	45,0	45,9	46,8
	Evita	35,6	41,5	38,5	37,8	38,3
	średnia mean	42,2	46,8	42,8	45,3	44,3
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		A = r.n.	B = r.n.	A × B = 5,5	

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



Rys. 1. Zależność między plonem korzeni a stosunkiem liście/korzenie, n = 12
Fig. 1. Relationship between root yield and a leaves/roots ratio, n = 12

Oznacza to, że każdy czynnik plonotwórczy zwiększający plon liści prowadził generalnie do spadku plonu korzeni z tym, że odmiana Evita reagowała silniej na zmianę relacji liście/korzenie, niż dwie pozostałe odmiany.

DYSKUSJA

Uzyskane, w przeprowadzonym doświadczeniu, plony korzeni były wysokie, zbliżone do potencjału plonowania testowanych odmian w Polsce — $69,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Siódmiak, 2002). Tak wysoki poziom plonów oraz niewielki stopień reakcji na nawożenie wskazuje na optymalne warunki wzrostu roślin w całym okresie wegetacji. Milford i wsp. (2000) prowadząc w Wielkiej Brytanii badania nad reakcją buraków cukrowych na nawożenie potasem stwierdzili, że roślina ta wykazuje niezwykle dużą reakcję na wszystkie czynniki produkcji, a zwłaszcza na warunki pogodowe. Również w badaniach własnych najważniejszym czynnikiem określającym poziom plonowania były warunki pogodowe. Zdecydowanie najmniejsze plony uzyskano w suchym, 1999 roku. Natomiast plony korzeni (Sonja i Evita) uzyskane w roku 1998, zdecydowanie gorszym pod względem rozkładu opadów niż rok 1997 (Panek, 1993), były jednakże o kilka $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ większe. Można to wytłumaczyć tym, że zarówno w czerwcu, jak i we wrześniu (1998) opady były wyższe od średnich wieloletnich odpowiednio o 50% i 112% (tab. 2). Przyczyny bardzo złożonej reakcji buraków na warunki pogodowe (rozkład opadów) wynikają z biologii gatunku. Roślina ta z jednej strony jest niezwykle wymagająca w stosunku do składników pokarmowych, rozważanych zarówno ilościowo, jakościowo, jak i w aspekcie czasowym — dynamika pobierania (Draycott, 1996; Grzebisz i Barłóg, 2002; Grzebisz i in., 2002), lecz z drugiej strony toleruje niekorzystne warunki pogodowe, zwłaszcza w odniesieniu do wody, co może wynikać z szybkiego wzrostu systemu korzeniowego wiosną (Brown i Biscoe, 1985; Windt, 1995). Według Hillsa i wsp. (1990) buraki cukrowe reagują spadkiem plonów cukru dopiero przy deficycie wodnym przekraczającym 60% zasobów wody dostępnej w strefie ukorzenienia (0–90 cm). Jak wynika z analizy szeregu opracowań dotyczących optymalnej dawki wody do nawadniania buraków, roślina ta reaguje na dawki wody ilościowo zbliżone do wartości ewapotranspiracji. Tylko w takich warunkach zaopatrzenia roślin buraka w wodę można uzyskać maksymalne plony (Winter, 1988).

Średni plon korzeni testowanych odmian kształtował się następująco: Fontana > Evita $\geq$ Sonja. Uzyskana zależność potwierdza różnice odmianowe, zwłaszcza wysoki poziom plonowania odmiany plennej — Fontana (Siódmiak, 2002). Badania własne nie wykazały jednak istotnych różnic w plonowaniu między odmianą normalną (Sonja) a cukrową (Evita). Pomimo, że największy plon korzeni odmiany Sonja i Evita uzyskano w roku 1998, a nie w 1997, to jednak w tym ostatnim roku zaznaczył się wyraźnie potencjał plonotwórczy testowanych odmian (Siódmiak, 2002). Wynikało to zarówno z optymalnego rozkładu opadów, jak i z najlepszej zasobności stanowiska w podstawowe składniki pokarmowe oraz relatywnie wysokiego poziomu nawożenia potasem.

Jeżeli założymy, że potas jest głównym składnikiem pokarmowym stabilizującym plon, to jednocześnie pojawia się pytanie o rolę pozostałych składników pokarmowych — sodu i magnezu. Upraszczając zagadnienie, plonotwórcze działanie tych dwóch pierwiastków

można odnieść do efektywności agronomicznej potasu (tab. 5). Tylko w 1997 roku agronomiczna efektywność potasu, zwiększała się w miarę intensyfikacji nawożenia KNaMg. W rozważaniach nad stabilizacją plonów, niezwykle interesującym okazał się jednak trzeci rok badań (1999), w którym wystąpił głęboki stres wodny. W roku tym uzyskano największą efektywność zastosowanego nawożenia potasem (tab. 5). Jak dotychczas tylko Moraghan (1978) wskazał na odmianową reakcję buraków cukrowych na nawożenie potasem. W badaniach własnych dwie odmiany, a mianowicie Sonja i Evita nawożone KNaMg, reagowały wzrostem produktywności potasu, a spadkiem plonów na 3-krotny wzrost dawki magnezu. Taka reakcja plonotwórcza buraków wskazuje na występowanie antagonizmu między magnezem, a prawdopodobnie wapniem i kationami jednowartościowymi (Kirkby i Mengel, 1978).

Tabela 5

Agronomiczna efektywność nawożenia potasem (kg·kg K ₂ O ⁻¹) Agronomical efficiency of potassium fertilization (kg·kg K ₂ O ⁻¹)				
Rok Year	Odmiany Variety	Warianty Treatments		
		K	KNaMg	KNa3Mg
1997	Fontana	56,3	67,5	76,9
	Sonja	20,6	46,3	56,9
	Evita	—*	1,3	30,0
1998	Fontana	50,0	32,5	—
	Sonja	34,4	—	43,8
	Evita	15,6	71,9	23,8
1999	Fontana	—	75,0	30,0
	Sonja	192,5	12,8	166,9
	Evita	53,8	168,1	100,6

* — Wartości ujemne; Negative values

Rola potasu w stabilizacji plonów roślin uprawnych wynika, jak prezentuje szeroka literatura przedmiotu, z funkcji, jaką pełni ten pierwiastek w procesach odpowiedzialnych za gospodarkę wodną rośliny i jej metabolizm mineralny (Marschner, 1993; Gething, 1993; Marschner i in., 1996; Armstrong, 1998; Gutmański, 2001). Badania nad fizjologiczną rolą sodu, w roślinach reagujących na nawożenie tym składnikiem, nie przedstawiają się tak jednoznacznie jak w odniesieniu do potasu, lecz generalnie zwraca się uwagę na poprawę gospodarki wodnej roślin dobrze odżywionych tym pierwiastkiem (Mendel, 1991). Plonotwórcza rola sodu w burakach cukrowych wynika prawdopodobnie z funkcji fizjologicznych tego pierwiastka i odniesiona może być do szybkości reakcji aparatów szparkowych na stres wodny, bowiem sól przyspiesza zamykanie komórek szparkowych (Mendel, 1991). Lindhauer i wsp. (1990) stwierdzili przy szerokim stosunku Na⁺/K⁺ w roztworze żywieniowym lepszy wzrost liści, a przy wąskim — korzeni roślin buraka. Jednakże Draycott i wsp. (1970) wykazali, że zapotrzebowanie buraków na sól i reakcja tej rośliny na nawożenie sodem nie zawsze występuje, gdyż zależy od ilości dostępnego sodu w glebie. Ponadto zwrócili uwagę na możliwy antagonizm między tym pierwiastkiem a potasem. W badaniach własnych plonotwórcze działanie sodu, wyrażone wzrostem plonów korzeni i liści, przejawiało się w każdym z kolejnych lat badań, lecz zdecydowanie

jednoznacznie tylko w roku suchym. Niezależnie od roku, dodatnią reakcję na nawożenie KNaMg wykazała odmiana Evita (cukrowa).

WNIOSKI

1. Plon korzeni i liści buraków cukrowych kształtowały w pierwszej kolejności warunki pogodowe w sezonie wegetacyjnym, a dopiero w dalszej odmiany i nawożenie.
2. Potencjał plonotwórczy odmian, odniesiony do plonu korzeni, można zrealizować tylko w warunkach optymalnego rozkładu opadów i zbilansowanego odżywienia roślin.
3. Stabilność plonów, jako warunek efektywnej strategii uprawy buraków cukrowych, zależy od nawożenia roślin potasem, a zwłaszcza nawozem wzbogaconym w sód i magnez.
4. W warunkach stresowych, odmiany buraka cukrowego wykazują indywidualną reakcję na zabiegi agrotechniczne, w tym na nawożenie. Możliwe jest wówczas wystąpienie współdziałania między odmianami buraka cukrowego a nawożeniem KNaMg.
5. Plonotwórcze działanie sodu i magnezu, wyrażone wzrostem plonów korzeni, przejawiało się w każdym z kolejnych lat badań, lecz zdecydowanie jednoznacznie tylko w roku suchym.
6. Zwiększenie dawki magnezu z 14,4 do 38,3 kg Mg·ha⁻¹, przy jednoczesnym stosowaniu 160 kg K₂O i 12 kg Na·ha⁻¹, przyczyniało się do depresji wydajności buraków cukrowych odmiany Sonja (normalnej) i Evita (cukrowej).

LITERATURA

- Armstrong D. I. 1998. Potassium for agriculture. *Better Crops* 3: 40 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.
- Brown K. F., Biscoe P. V. 1985. Fibrous root growth and water use of sugar beet. *J. agric. Sci., Camb.* 105: 679 — 691.
- Draycott A.P., Marsh J., Tinker P. 1970. Sodium and potassium relationships in sugar beet. *J. Agric. Sci., Camb.* 74: 568 — 573.
- Draycott, A.P. 1996. Aspects of fertilizer use in modern, high-yield sugar beet culture. IPI — Bulletin 15, IPI, Basel/Switzerland: 52 p.
- Fotyma M., Gosek S. 1998. Long term phosphorus balance in Poland. *Fragm. Agron.* 3/98: 317 — 326.
- Gething P.A. 1993. The potassium-nitrogen partnership. *IPI Research Topics*, 13: 51 p.
- Gosek S., Fotyma M. 1998. Long term potassium balance in Poland. *Fragm. Agron.* 3/98: 443 — 453.
- Grzebisz W., Barłóg P., Feć M. 1998. The dynamics of nutrient uptake by sugar beet and its effect on dry matter and sugar yield. *Bibliotheka Fragm. Agron.* 3/98: 242 — 249.
- Grzebisz W. 2000. Nutrient management and advisory systems for sugar beet in Poland. *Proceedings: Balanced plant nutrition in sugar beet cropping systems for high yield and quality. Budapest — Hungary, 1–2 September, 1999*: 203 — 210.
- 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 sugarbeet (*Beta vulgaris* L.). *Zuckerind.* 126 (12): 956 — 960.
- Grzebisz W., Barłóg P. 2002. Zasady nawożenia. W: Grzebisz (ed.) *Nowoczesna uprawa buraków cukrowych*. Wyd. AR Poznań: 62 — 85.

- Grzebisz W., Musolf R., Barłóg P., Potarzycki J. 2002. Potassium fertilization, water shortages during vegetation and crop yielding variability; the case of sugar beets. *Biul. IHAR* 222: 19 — 30.
- Gutmański I. 2002. Znaczenie nawożenia potasem dla efektywnej uprawy buraka cukrowego. *IPI, IHAR*, s. 32.
- Haneklaus S., Knudsen L., Schnug E. 1998. Relationship between potassium and sodium in sugar beet. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 29 (11/14): 1793 — 1798.
- Hills F. J., Winter S. R., Henderson D. W. 1990. Sugarbeet. In: *Irrigation of Agricultural Crops – Agronomy Monograph no. 30*: 795 — 810.
- Hoffmann Ch., Märlander B. 2001. Perspektiven des Ertragspotentials von Zuckerrüben — Einfluss von Witterung und Standort. In *Fortschritte im Zuckerrübenbau*. Südzucker AG, 22 — 29.
- Kirkby E. A., Mengel K. 1978. *Principles of Plant Nutrition*. IPI, Bern, Switzerland.
- Konys L., Wiśniewski P. 1984. Analiza ścieżki. *Rocz. AR Poznań* 146: 597 — 603.
- Lindhauer M. G., Haeder H. E., Beringer H. 1990. Osmotic potentials and solute concentrations in sugar beet plants cultivated with varying potassium/sodium ratios. *Pflanzenernähr. Bodenkd.* 153: 25 — 32.
- Marschner H. 1993. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, London, San Diego, New York, Boston, Sydney, Tokyo, Toronto.
- Marschner H., Kirkby E. A., Cackmak J. 1996. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photo-assimilates and cycling of mineral nutrients. *J. Exp. Botany*, 1255 — 1263.
- Mengel K. 1991. *Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze*. Gustav Fischer, Jena.
- Milford G. F. J., Armstrong M. J., Jarvis P. J., Houghton B. J., Bellett-Travers D. M., Jones J., Leigh R. A. 2000. Effect of potassium fertilizer on the yield, quality and potassium offtake of sugar beet crops grown on soil of different potassium status. *J. Agric. Sci. Cambridge* 135: 1 — 10.
- Moraghan J. T. 1978. Responses of sugarbeets to potassium fertilizer in the Red River Valley. 978 Sugarbeet Research and Extension Reports. Vol. 9: 139 — 161.
- Panek K. 1993. *Opady*. W: *Czynniki plonotwórcze — plonowanie roślin*. Dzieżyć J. (red.). PWN, Warszawa-Wrocław: 149 — 193.
- Rocznik Statystyczny. 1995–2001. GUS. Wydawnictwa Statystyczne, Warszawa.
- Rudnicki F., Wasilewski P., Urbanowski St. 1997. Zależność plonu buraka cukrowego od warunków opadowo-termicznych w okresie wegetacji. *Biul. IHAR* 202: 97 — 103.
- Siódmiak J. 2002. Odmiany buraka cukrowego, ich ocena i wartość gospodarcza. W: *Nowoczesna uprawa buraków cukrowych*. W. Grzebisz (red.) Wyd. AR Poznań: 29 — 40.
- Trętowski J., Wójcik A. R. 1988. *Metodyka doświadczeń rolniczych*. WSRP, Siedlce.
- Windt A. 1995. Entwicklung des Fasewurzelsystems der Zuckerrübe sowie dessen Beziehung zum Wachstum der Gesamtpflanze und Nährstoffaufnahme. Diss. Göttingen, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- Winter S. R. 1988. Influence of seasonal irrigation amount on sugar beet yield and quality. *J. Sugar Beet Res.* 25: 1 — 10.