

PRZEMYSŁAW BARŁÓG¹**WITOLD GRZEBISZ¹****ARTUR PARADOWSKI²**¹ Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu² KWS SAAT AG, Poznań

Wpływ nawożenia potasem, sodem i magnezem na plonowanie trzech odmian buraka cukrowego Część II. Zawartość i pobieranie makroskładników

Effect of potassium, sodium and magnesium fertilization on yielding of three sugar beet varieties

Part II. Content and uptake of macronutrients

W trzyletnim doświadczeniu polowym badano wpływ nawożenia potasem, sodem i magnezem (K, K + Na + 1 Mg, K + Na + 2 Mg) na zawartość i pobieranie makroskładników przez trzy odmiany buraka cukrowego (Nilla, Merlin, Kristall). Dawka potasu, niezależnie od wariantu nawozowego, wynosiła 160 kg K₂O·ha⁻¹. Dodatkowo na obiektach K + Na + 1 Mg i K + Na + 2 Mg zastosowano odpowiednio 12 kg Na + 24 kg MgO i 12 kg Na + 51 kg MgO na 1 ha. Różnice między odmianami w ilości pobieranych makroskładników zależały od sezonu wegetacyjnego. Pobieranie magnezu i sodu było natomiast wynikiem współdziałania odmiany i stosowanych nawozów. Plony korzeni i cukru odmian Nilla i Kristall korelowały dodatnio z pobraniem magnezu w korzeniach, a ujemnie z sodem i wapniem. Ilość pobieranego azotu i fosforu decydowała o plonie liści.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, magnez, nawożenie, odmiany, pobieranie makroskładników, potas, sól

A three-year field experiment was established in order to assess the effect of potassium, sodium and magnesium fertilization (K, K + Na + 1 Mg, K + Na + 2 Mg) on the content and uptake of macronutrients by three sugar beet varieties (Nilla, Merlin, Kristall). Potassium rate amounted to 160 kg K₂O·ha⁻¹. In two fertilization treatments sodium and magnesium were applied additionally: 12 kg Na + 24 kg MgO (K + Na + 1 Mg) and 12 kg Na + 51 kg MgO (K + Na + 2 Mg)·ha⁻¹. The differences between varieties depended on weather conditions over a vegetation period. Magnesium and sodium uptake depended on the interaction between sugar beet varieties and fertilizers. Yields of roots and sugar of the Nilla and Kristall varieties correlated positively with magnesium uptake, but negatively with sodium and calcium uptake. Nitrogen uptake influenced yield of tops, mainly.

Key words: fertilization, magnesium, potassium, sodium, sugar beet, uptake of macronutrients, varieties

WSTĘP

Nawożenie potasem jest jednym z najważniejszych zabiegów agrotechnicznych w uprawie buraka cukrowego. O efektywności nawożenia tym składnikiem decyduje także obecność w glebie innych składników pokarmowych. Szczególną rolę odgrywają dwa pierwiastki — sód i magnez (Herlihy, 1989; Gutmański, 1991; Draycott, 1996; Haneklaus i in., 1998; Grzebisz i in., 2001). Pomimo istnienia wielu prac dotyczących funkcji potasu, sodu i magnezu w roślinie, nadal nierozwiązanym problemem pozostaje plonotwórcze znaczenie tych składników, a także wzajemne oddziaływania w pobieraniu składników pokarmowych.

Celem przeprowadzonych badań było porównanie nawożenia potasem, sodem i magnezem na zawartość oraz pobieranie makroskładników przez odmiany buraka cukrowego.

MATERIAŁY I METODY

Trzyletnie badania polowe przeprowadzono w miejscowości Borówko Nowe (Czempiń, województwo wielkopolskie). W doświadczeniu badano wpływ następujących czynników:

- Trzy odmiany firm zagranicznych (o ploidalności) — Nilla (2n), Merlin (3n) Kristall (3n),
- Obiekty nawożenia — kontrola (O); nawożenie potasem (K); potasem, sodem i magnezem ($K + Na + 1 Mg$) oraz potasem, sodem i podwojoną dawką magnezu ($K + Na + 2 Mg$).

Niezależnie od obiektu nawożenia dawka potasu (K_2O) wynosiła $160 kg \cdot ha^{-1}$. Na polatkach nawożonych tylko potasem (K), składnik ten stosowano w formie soli potasowej. W wariancie $K + Na + 1 Mg$ do gleby wprowadzano ponadto $12 kg Na \cdot ha^{-1}$ oraz $24 kg MgO \cdot ha^{-1}$ w kornkali. W wariancie $K + Na + 2 Mg$ zastosowano dodatkowo magnez w formie kizerytu ($100 kg \cdot ha^{-1}$) i całkowita dawka MgO wynosiła $51 kg \cdot ha^{-1}$. Doświadczenia zakładano w układzie split-plot, w czterech powtórzeniach. Buraki cukrowe uprawiano na glebie średniej, o wysokiej zasobności w potas i średniej w magnez. Szczegółowe właściwości agrochemiczne gleby przedstawiono w części I — tabela 1. Dawka obornika wynosiła $30 t \cdot ha^{-1}$; fosforu $60 kg P_2O_5 \cdot ha^{-1}$; azotu $120 kg \cdot ha^{-1}$.

W liściach i korzeniach buraka cukrowego oznaczano zawartość azotu ogólnego metodą Kjeldahla; potasu, wapnia i sodu — emisyjnej spektrometrii atomowej (ESA); magnezu — absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA); fosforu — kolorymetryczną z wanadynianem amonu.

Porównania statystyczne otrzymanych wyników przeprowadzono w oparciu o analizę korelacji i regresji prostoliniowej oraz wariancji dla doświadczenia dwuczynnikowego.

WYNIKI

Zawartość azotu w liściach, w zależności od roku badań, wahała się od 2,63% do 3,06%, a w korzeniach od 0,62% do 1,05%; fosforu odpowiednio 0,31 — 0,61% i 0,12 — 0,33%; potasu 2,69 — 2,98% i 0,67 — 1,04%; sodu 0,43 — 1,50% i 0,03 — 0,11%; wapnia 0,35 — 1,30% i 0,09 — 0,18%; magnezu 0,29 — 0,62% i 0,07 — 0,15%. Największą zawartość

azotu i fosforu w roślinach stwierdzono w roku 2000, natomiast pozostałych składników w roku 1998. Badane czynniki doświadczalne nie różnicowały w sposób istotny zawartości makroskładników.

Średnie, końcowe nagromadzenie składników w roślinach (w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) wynosiło dla N — 381; P — 55; K — 386; Na — 86; Ca — 76; Mg — 57. Największe pobieranie potasu stwierdzono w roku 1998, co należy wiązać z bardzo dobrą zasobnością gleby w ten składnik. Różnice odmianowe zależały od sezonu wegetacyjnego. Najwięcej makroskładników w roku 1997 pobierała odmiana Kristall. Uzyskane dla tej odmiany wartości były istotnie większe, niż dla odmiany Nilla. W roku 1998 najwięcej azotu nagromadziła odmiana Merlin, natomiast fosforu, wapnia i magnezu odmiana Nilla. W roku 2000 testowane odmiany różniły się istotnie tylko pobieraniem potasu (tab. 1).

Tabela 1

Pobieranie makroskładników przez odmiany buraka cukrowego ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
Macronutrients uptake by sugar beet varieties ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Rok Year	Odmiana Variety	Pierwiastek Element					
		N	P	K	Na	Ca	Mg
1997	Nilla	280	36	294	59	44	48
	Merlin	317	41	334	53	39	48
	Kristall	331	44	390	72	46	55
	NIR _{0.05} — LSD _{0.05}	32	4	35	9	5	5
1998	Nilla	328	31	394	158	150	74
	Merlin	379	23	426	143	129	63
	Kristall	338	22	408	146	129	61
	NIR _{0.05} — LSD _{0.05}	34	1	r.n.	r.n.	10	6
2000	Nilla	508	107	449	49	56	57
	Merlin	497	104	424	49	49	52
	Kristall	441	86	352	47	71	52
	NIR _{0.05} — LSD _{0.05}	60	r.n.	90	r.n.	r.n.	r.n.
Średnia Mean	Nilla	372	58	379	89	83	60
	Merlin	398	56	395	82	72	54
	Kristall	370	51	383	88	82	56
	NIR _{0.05} — LSD _{0.05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. — Różnica nieistotna r.n. — Difference not significant

Wpływ nawożenia na pobieranie składników pokarmowych zależał przede wszystkim od roku badań i nie miał istotnego wpływu na wartości średnie dla 3 lat. Tylko dla magnezu i sodu udowodniono, niezależne od lat, współdziałanie nawożenia oraz odmiany (tab. 2).

Przeprowadzona analiza korelacji wykazała zasadnicze różnice między odmianami, w związkach między pobieraniem makroskładników a plonem technologicznym cukru, korzeni i liści (tab. 3). Odmiany Nilla i Kristall były do siebie bardziej fizjologicznie podobne, niż Merlin. Całkowite pobranie azotu było dodatnio związane głównie z plonem liści (R^2 = Nilla — 77%; Merlin 66%; Kristall 52%). Dla odmian Nilla i Kristall stwierdzono dodatni związek między plonem cukru a pobieraniem magnezu w korzeniach (R^2 = 81% i 74%), natomiast ujemny dla sodu (średnio R^2 = 71%) i wapnia (średnio R^2 = 58%).

Tabela 2

Wpływ nawożenia potasem, sodem i magnezem na pobieranie makroskładników (kg·ha⁻¹)
Effect of potassium, sodium and magnesium fertilization on the macronutrients uptake (kg·ha⁻¹)

Odmiana Covariety	Wariant Treatments	Pierwiastek Element					
		N	P	K	Na	Ca	Mg
Nilla	O	364	51	362	93	86	59
	K	381	61	361	81	67	53
	K + Na + 1 Mg	356	55	382	80	73	53
	K + Na + 2 Mg	388	63	410	100	108	73
Merlin	O	436	63	440	75	80	56
	K	395	60	389	75	66	51
	K + Na + 1 Mg	354	52	380	96	75	60
	K + Na + 2 Mg	405	50	369	72	71	61
Kristall	O	371	54	421	96	87	62
	K	366	49	399	95	79	61
	K + Na + 1 Mg	379	54	354	76	58	47
	K + Na + 2 Mg	364	47	359	87	64	54
NIR _{0,05} dla współdziałania LSD _{0,05} for interaction		r.n.	r.n.	r.n.	8,1	r.n.	5,1
Średnia Mean	O	390	56	408	88	84	59
	K	381	57	383	84	71	55
	K + Na + 1 Mg	363	54	372	84	69	53
	K + Na + 2 Mg	386	53	379	86	81	63
NIR _{0,05} dla średniej LSD _{0,05} for mean		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. — Różnica nieistotna r.n. — Difference not significant

Tabela 3

Współczynniki korelacji między pobieraniem makroskładników a plonem cukru, korzeni i liści
Correlation coefficients between macronutrients uptake and yields of sugar, roots and leaves

Pierwiaszek Element	Pobranie Uptake	Odmiany Varieties								
		Nilla			Merlin			Kristall		
		PCT	PK	PL	PCT	PK	PL	PCT	PK	PL
N	Cał. - Total	0,30	0,41	0,88***	0,34	0,01	0,81**	0,50	0,13	0,72**
	Korz. - Roots	0,65*	0,72**	0,55	0,45	0,17	0,40	0,66*	0,32	0,73**
K	Cał. - Total	-0,06	0,08	0,92***	0,54	0,22	0,59	-0,21	0,04	-0,52
	Korz. - Roots	0,18	0,33	0,62	0,29	0,14	0,03	-0,11	-0,13	-0,09
Na	Cał. - Total	-0,91***	-0,84***	0,02	0,03	-0,05	-0,05	-0,86***	-0,72**	-0,38
	Korz. - Roots	-0,83**	-0,73**	0,02	0,10	0,07	-0,10	-0,85***	-0,59	-0,50
Mg	Cał. - Total	-0,69*	-0,58	0,41	0,37	0,27	0,30	-0,44	-0,33	0,09
	Korz. - Roots	0,90***	0,87***	0,19	0,37	0,43	-0,04	0,86***	0,82***	0,25
P	Cał. - Total	0,54	0,62*	0,75**	0,29	0,05	0,64	0,75**	0,42	0,67*
	Korz. - Roots	0,56	0,66*	0,70**	0,29	0,06	0,56	0,79**	0,41	0,70*
Ca	Cał. - Total	-0,82**	-0,76**	0,20	-0,02	-0,10	0,14	-0,79**	-0,75**	-0,21
	Korz. - Roots	-0,80**	-0,70**	0,04	-0,21	-0,39	0,21	-0,72**	-0,81**	-0,11

PCT — Plon technologiczny cukru;

PCT — Yield of recoverable sugar

PK — Plon korzeni;

PK — Yield of roots

PL — Plon liści;

PL — Yield of leaves

Poziom istotności: * $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$; Level of significance: * $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$

Cał. — Całkowite

Korz. — Korzenie

Pobieranie makroskładników przez odmiany wyrażone $\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$ plonu korzeni przedstawiono w tabeli 4. Zamieszczone w niej wyniki potwierdzają większe zmiany w latach, niż wpływ działania odmiany. Szczególnie dużą zmienność w pobieraniu składników odnotowano dla sodu, wapnia oraz fosforu. Wpływ nawożenia kationami na pobieranie jednostkowe magnezu i sodu zależał od współdziałania nawozów i odmiany (tab. 5). Zaznaczył się jednak trend do mniejszego pobierania składników na obiekcie z wariantem K + Na + 1 Mg.

Tabela 4

Pobieranie makroskładników na jednostkę plonu przez odmiany buraka cukrowego ($\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$ świeżej masy korzeni + liście)

Macronutrients uptake by sugar beet varieties ($\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$ fresh matter of roots + leaves)

Rok Year	Odmiana Variety	Pierwiastek Element					
		N	P	K	Na	Ca	Mg
1997	Nilla	3,49	0,44	3,67	0,74	0,55	0,60
	Merlin	3,66	0,48	3,85	0,61	0,45	0,55
	Kristall	4,17	0,56	4,91	0,91	0,58	0,69
	NIR — LSD _{0,05}	0,39	0,05	0,43	0,10	0,06	0,06
1998	Nilla	5,31	0,50	6,38	2,56	2,44	1,20
	Merlin	4,69	0,28	5,27	1,77	1,60	0,78
	Kristall	5,03	0,32	6,08	2,17	1,93	0,91
	NIR — LSD _{0,05}	0,49	0,06	r.n.	r.n.	0,14	0,09
2000	Nilla	5,95	1,25	5,26	0,57	0,66	0,67
	Merlin	6,35	1,33	5,42	0,63	0,63	0,66
	Kristall	5,80	1,12	4,63	0,62	0,54	0,68
	NIR — LSD _{0,05}	0,40	r.n.	0,62	r.n.	r.n.	r.n.
Średnia Mean	Nilla	4,92	0,73	5,10	1,29	1,22	0,82
	Merlin	4,90	0,70	4,85	1,00	0,89	0,66
	Kristall	5,00	0,67	5,21	1,23	1,02	0,76
	NIR — LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. — Różnica nieistotna

r.n. — Difference not significance

Tabela 5

Wpływ nawożenia potasem, sodem i magnezem na pobieranie makroskładników przez jednostkę plonu buraka cukrowego ($\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$ świeżej masy korzeni + liście)

Effect of potassium, sodium and magnesium fertilization on the macronutrients uptake by sugar beet ($\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$ fresh matter of roots + leaves)

Odmiana Variety	Wariant Treatments	Pierwiastek Element					
		N	P	K	Na	Ca	Mg
1	2	3	4	5	6	7	8
Nilla	O	5,26	0,74	5,23	1,34	1,24	0,85
	K	4,98	0,80	4,72	1,06	0,88	0,69
	K + Na + 1 Mg	4,36	0,67	4,68	0,98	0,89	0,65
	K + Na + 2 Mg	5,11	0,83	5,40	1,32	1,42	0,96
Merlin	O	5,06	0,73	5,11	0,87	0,93	0,65
	K	4,94	0,75	4,86	0,94	0,83	0,64
	K + Na + 1 Mg	4,25	0,62	4,56	1,15	0,90	0,72
	K + Na + 2 Mg	5,18	0,64	4,72	0,92	0,91	0,78

c.d.Tabela 5

1	2	3	4	5	6	7	8
Kristall	O	4,86	0,71	5,51	1,26	1,14	0,81
	K	5,11	0,68	5,57	1,33	1,10	0,85
	K + Na + 1 Mg	5,03	0,72	4,70	1,01	0,77	0,62
	K + Na + 2 Mg	4,98	0,64	4,91	1,19	0,88	0,74
NIR _{0,05} dla współdziałania		r.n.	r.n.	r.n.	0,11	r.n.	0,06
LSD _{0,05} for interaction							
Średnia Mean	O	5,06	0,73	5,28	1,16	1,10	0,77
	K	5,01	0,74	5,05	1,11	0,93	0,73
	K + Na + 1 Mg	4,55	0,67	4,65	1,05	0,86	0,66
	K + Na + 2 Mg	5,09	0,70	5,01	1,14	1,07	0,83
NIR _{0,05} dla średniej		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
LSD _{0,05} for mean							

r.n. — Różnica nieistotna

r.n. — Difference not significant

DYSKUSJA

Maksymalne pobieranie K, N i Na przez buraki cukrowe przypada najczęściej na początek września, natomiast magnezu, fosforu i wapnia na koniec wegetacji (Grzebisz i in., 1998). Ilość pobranego w roku 1997 potasu była mniejsza, a w latach 1998 i 2000 zbliżona do optymalnego, wynoszącego około 400–550 kg K·ha⁻¹ (Draycott, 1996). Zakładając, że pobranie końcowe potasu stanowi 70% maksymalnego (Grzebisz i in., 1998), to akumulacja tego pierwiastka we wrześniu w latach 1998 i 2000 prawdopodobnie wynosiła około 580 kg K·ha⁻¹. Według niektórych źródeł, buraki cukrowe mogą pobrać nawet do 720 kg K·ha⁻¹ (Kalidüngung und Zuckerrübenqualität, 1983). W badaniach własnych największe pobieranie potasu stwierdzono na glebie o dużej zawartości potasu wymiennego. Zależność tą potwierdzają badania Milforda i wsp. (2000).

Przeciętne pobieranie składników przez buraki na tonę plonu korzeni wynosi 4–5 kg N; 0,65–0,87 kg P; 5–6,6 kg K; 0,9–1,2 kg Mg; 0,35–0,45 kg Ca i 1,8 kg Na (Gutmański, 1991; Gutmański, 1996). W badaniach własnych, w niektórych latach, wartości te przekroczyły podane zakresy (tab. 4). Przykładowo, w roku 2000 stwierdzono bardzo duże pobieranie azotu. Było ono większe od przeciętnych wartości podawanych w literaturze naukowej (Grzebisz i in., 1998; Wenderburg, Koch, 1996) i wynikało z dużego plonu liści, wynoszącego aż 73 t·ha⁻¹. Większe pobieranie fosforu w tymże roku zależało nie tylko od plonu liści, lecz także od dużej koncentracji tego składnika w roślinach. Wzrost pobierania sodu i wapnia w roku 1998 wynikał natomiast ze wzrostu zawartości tych składników w roślinach.

Otrzymane wyniki sugerują, że pobieranie składników zależało przede wszystkim od warunków glebowych w sezonie wegetacyjnym oraz uprawianej odmiany. Nawożenie kationami w małym stopniu różnicowało pobieranie składników mineralnych.

WNIOSKI

1. Różnice w pobieraniu makroskładników między badanymi odmianami buraka cukrowego (Nilla, Merlin i Kristall) zależały od sezonu wegetacyjnego.

2. Wpływ nawożenia potasem, sodem i magnezem na pobieranie makroskładników zależał od roku badań, uprawianej odmiany oraz od zasobności gleby w badany pierwiastek. Tylko dla magnezu i sodu stwierdzono, niezależne od sezonu wegetacyjnego, współdziałanie odmiany buraka cukrowego oraz nawożenia kationami.
3. Plony korzeni i cukru odmian Nilla i Kristall były dodatnio związane z pobieraniem magnezu w korzeniach, natomiast ujemnie z sodem i wapniem. Pobieranie azotu, a także fosforu decydowało głównie o plonie liści.

LITERATURA

- Draycott A. P. 1996. Aspects of fertiliser use in modern, high-yield sugar beet culture. IPI-Bulletin No.15: 50 pp.
- Grzebisz W., Barłóg P., Feć, M. 1998. The dynamics of nutrient uptake by sugar beet and its effect on dry matter and sugar yield. *Bibliotheca Fragmenta Agronomica* 3/98: 242 — 249.
- Grzebisz W., Barłóg P., Lehrke R. 2001. Effect of the interaction between the method of magnesium application and amount of nitrogen fertilizer application on sugar recovery and technical quality of sugar beet. *Zuckerind.* 126 (51): 956 — 960
- Gutmański I. 1991. Produkcja buraka cukrowego. PWRiL Poznań, ss. 699.
- Gutmański I. 1996. Niskonakładowa technologia produkcji buraka cukrowego. IHAR, Bydgoszcz, ss. 87.
- Haneklaus S., Knudsen L., Schnug E. 1998. Relationship between potassium and sodium in sugar beet. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 29 (11-14): 1793 — 1798.
- Herlihy M. 1989. Effect of potassium on sugar accumulation in storage tissue. Reprint from: *Proc. 21st Colloquium Int. Potash Institute*, Bern.
- Kalidüngung und Zuckerrübenqualität. 1983. Information der Landwirtschaftliche Kaliberatung der Kali und Saltz AG, Bonn.
- 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 soils of different potassium status. *J. Agric. Sci.* 135 (1): 1 — 10.
- Wendenburg Ch., Koch H-J. 1996. Zum Einfluß unterschiedlicher Sorteneigenschaften auf den Stickstoffentzug von Zuckerrüben. *Zuckerind.* 121 (8): 623 — 630.