

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 I. Plon korzeni i cukru

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

Part I. Yields of root and sugar

W trzyletnim doświadczeniu polowym badano wpływ nawożenia potasem (K) oraz sodem i magnezem (K + Na + 1 Mg, K + Na + 2 Mg) na plon i jakość technologiczną korzeni trzech odmian 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 w działaniu badanych czynników zależały od sezonu wegetacyjnego. Najlepszą jakość technologiczną korzeni buraka uzyskano w wariancie nawożenia K + Na + 1 Mg.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, jakość technologiczna, magnez, nawożenie, odmiany, plon korzeni, potas, sól

The effect of potassium fertilization on yield and quality parameters of sugar beet roots was investigated in a three years field experiment. The following factors were studied: three cultivars (Nilla, Merlin, Fontana) and three potassium fertilizers (K, K + Na + 1 Mg, K + Na + 2 Mg). The potassium rate amounted 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 related to the factors depended on weather conditions over a vegetation period. The highest technological quality of roots was observed in treatments with the K + Na + 1 Mg fertilization.

Key words: fertilization, magnesium, potassium, root yield, sodium, sugar beet varieties, technological quality

WSTĘP

Większość gleb Polski powstała z utworów polodowcowych, które charakteryzują się niekorzystnym składem granulometrycznym i mineralnym, a tym samym niską zasob-

nością w przyswajalny potas (Fotyma, Gosek, 2000). Burak cukrowy należy do roślin rolniczych o bardzo dużych wymaganiach pokarmowych względem potasu (Gutmański, 1991; Herlichy, 1992; Orlovius, 1993; Draycott, 1996). Nawożenie tym składnikiem zwiększa masę korzeni, a w rezultacie plon cukru. Dodatnio wpływa także na jakość przemysłową korzeni. Jednakże, jednostronne nawożenie wysokimi dawkami potasu, bez uwzględnienia innych równie ważnych składników pokarmowych, może ograniczać plony cukru (Herlichy, 1989; Gutmański, 1991; Haneklaus i in., 1998). Dlatego niezmiernie istotnym zadaniem diagnostycznym jest pełne zbilansowanie potrzeb pokarmowych buraka cukrowego. Jednym ze sposobów prowadzących do tego celu jest wybór odpowiedniego nawozu potasowego.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu dodatku sodu i magnezu do soli potasowej na plon korzeni i cukru trzech odmian buraka cukrowego.

MATERIAŁY I METODY

Trzyletnie badania polowe przeprowadzono w miejscowości Borówko Nowe (Czempin, 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 poletkach 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 (kameksie). W wariancie $K + Na + 2 Mg$ dodatkowo zastosowano magnez w formie kizerytu ($100 kg \cdot ha^{-1}$) i całkowita dawka MgO wynosiła $51 kg \cdot ha^{-1}$. Doświadczenia założono w układzie split-plot, w czterech powtórzeniach. Właściwości agrochemiczne gleby przedstawiono w tabeli 1. Dawka obornika wynosiła $30 t \cdot ha^{-1}$; fosforu $60 kg P_2O_5 \cdot ha^{-1}$; azotu $120 kg \cdot ha^{-1}$.

Ocenę parametrów jakościowych zebranych korzeni (polaryzacja, zawartość K, Na, N-amin.) przeprowadzono przy pomocy Autoanalyzera Venema Typ IIG, w Cukrowni Środa Wlkp. Zawartość i plon cukru technologicznego wyliczono według następujących wzorów:

$$CT = Pol - (0,177 \times (K + Na) + 0,247 \times N\text{-amin.} + 1,08)$$

$$PCT = (PK \times CT) : 100$$

gdzie:

CT — zawartość cukru technologicznego (% świeżej masy),

Pol — zawartość cukru biologicznego — polaryzacja (% świeżej masy),

K, Na i N-amin. — zawartość potasu, sodu i azotu α -aminowego ($mmol \cdot 100g^{-1}$),

PK i PCT — plon korzeni oraz cukru technologicznego ($t \cdot ha^{-1}$),

Porównania statystyczne otrzymanych wyników przeprowadzono w oparciu o analizę wariancji dla doświadczenia dwuczynnikowego oraz analizę regresji wielokrotnej z wyborem najlepszego podzbioru danych.

Tabela 1

Właściwości agrochemiczne gleby
Agrochemical properties of soil

Właściwości gleby Properties of soil		Rok Year		
		1997	1998	2000
pH	1 M KCl	5,8	6,5	6,1
Części ilaste — Clay	g·kg ⁻¹	60	90	90
C org	g·kg ⁻¹	5,4	10,5	7,5
K-ER*	mg·kg ⁻¹	137	214	182
K-W**	cmol·kg ⁻¹	0,24	0,61	0,49
P-ER*	mg·kg ⁻¹	162	182	175
Mg-S***	mg·kg ⁻¹	61	76	69

* ER — Metoda Egnera-Riehma

* ER — Egner-Riehm method

** W — Potas wymienny

** W — Exchange potassium

*** S — Metoda Schachtsabela

*** S — Schachtsabel method

WYNIKI

Plon korzeni buraka cukrowego zależał od współdziałania odmiany i składników pokarmowych dostarczonych w nawozach potasowych. W poszczególnych latach badań obserwowano jednak zmiany układów. W latach 1997 i 1998 przeciętnie największy plon korzeni otrzymano uprawiając odmianę Merlin (83,8 t·ha⁻¹). Plony tej odmiany były większe od wytworzonych plonów przez odmiany Kristall i Nilla, odpowiednio o 14% i 18%. W roku 2000 najlepiej natomiast plonowała odmiana Nilla (85,4 t·ha⁻¹), następnie Merlin i Kristall (78,3 i 76,1 t·ha⁻¹). W roku 1997 nawożenie potasem, jak również sodem i magnezem istotnie zwiększyło w porównaniu do kontroli plon korzeni odmiany Merlin. W latach 1998 i 2000 dodatni wpływ nawożenia potasem stwierdzono praktycznie tylko dla odmiany Nilla, zwłaszcza na obiekcie K + Na + 1 Mg. W roku 1998 zastosowanie soli potasowej (K) oraz K + Na + 2 Mg obniżyło, w porównaniu do kontroli, plon korzeni odmiany Merlin i Kristall (tab. 2).

Plon technologiczny cukru zależał również od współdziałania badanych czynników doświadczalnych (tab. 3). W odróżnieniu od plonu korzeni w roku 1997 zanotowano istotny, w porównaniu do kontroli, wzrost plonu cukru odmiany Kristall nawożonej K + Na + 2 Mg, a w roku 1998 K + Na + 1 Mg. O plonie cukru odmiany Nilla decydowała przede wszystkim masa zebranych korzeni, a odmian Merlin i Kristall również zawartość cukru biologicznego — polaryzacja (n = 12):

Nilla	PCT = -1,51 + 0,160 PK	R ² = 95,3%,
Merlin	PCT = 2,10 + 0,110 PK	R ² = 75,0%,
	PCT = -19,98 + 0,141PK + 1,217 Pol	R ² = 98,5%,
Kristall	PCT = 2,69 + 0,096 PK	R ² = 54,5%,
	PCT = -14,28 + 0,120 PK + 0,9701 Pol	R ² = 98,3%.

Tabela 2

Wpływ nawozów potasowych na plon korzeni (t·ha⁻¹)
Effect of potassium fertilizers on the yield of roots (t·ha⁻¹)

Rok Year	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean
		O	K	K + Na + 1 Mg	K + Na + 2 Mg	
1997	Nilla	81,2	80,7	78,0	80,9	80,2
	Merlin	81,2	84,2	89,7	91,6	86,7
	Kristall	82,9	77,2	76,3	81,1	79,4
	Średnia					
	Mean	81,8	80,7	81,3	84,6	82,1
NIR _{0,05} dla odmian = 4,7; nawożenia = r.n.; współdziałania = 6,6 LSD _{0,05} for varieties = 4,7; fertilization = r.n.; interaction = 6,6						
1998	Nilla	48,2	62,9	76,8	59,7	61,9
	Merlin	90,0	68,7	86,4	78,0	80,8
	Kristall	69,0	59,2	77,2	63,2	67,2
	Średnia					
	Mean	69,1	63,6	80,1	67,0	69,9
NIR _{0,05} dla odmian = 1,9; nawożenia = 2,5; współdziałania = 4,2 LSD _{0,05} for varieties = 1,9; fertilization = 2,5; interaction = 4,2						
2000	Nilla	78,3	86,0	90,1	87,0	85,4
	Merlin	87,2	87,2	73,8	65,1	78,3
	Kristall	77,4	78,5	73,5	75,0	76,1
	Średnia					
	Mean	81,0	83,9	79,1	75,7	79,9
NIR _{0,05} dla odmian = 4,1; nawożenia = 2,3; współdziałania = 4,0 LSD _{0,05} for varieties = 4,1; fertilization = 2,3; interaction = 4,0						
Średnia Mean	Nilla	69,2	76,5	81,6	75,9	75,8
	Merlin	86,1	80,0	83,3	78,2	81,9
	Kristall	76,4	71,6	75,3	73,1	74,2
	Średnia					
	Mean	77,3	76,1	80,2	75,8	77,3

r.n. — Różnica nieistotna

r.n. — Difference not significant

Nawożenie potasem dodatkowo kształtowało zawartość cukru biologicznego w korzeniach, aczkolwiek wyniki były dość zmienne w latach (tab. 4). W roku 1997 największą polaryzację w korzeniach, niezależnie od odmiany, otrzymano w wariacie nawożenia K + Na + 1 Mg. Również w roku 2000 najwięcej cukru zawierały korzenie odmian Nilla i Merlin nawożone K + Na + 1 Mg. Odmiana Kristall uprawiana w latach 1998 i 2000 reagowała wzrostem polaryzacji na obiekcie z samym potasem (K).

Średnia z trzech lat, zawartość cukru technologicznego (CT) w korzeniach odmiany Nilla i Kristall zależała głównie od polaryzacji ($R^2 = 99,9\%$), a odmiany Merlin ponadto od potasu ($CT = 6,366 + 0,568 \text{ Pol} - 0,136 \text{ K}$; $R^2 = 71,9\%$), która wśród porównywanych odmian wyróżniała się najmniejszą zawartością K i największą N- α -aminowego. Nawożenie roślin K + Na + 1 Mg obniżyło przeciętną zawartość N- α -amin. i sodu, a w rezultacie wielkość strat cukru (tab. 5). Korzenie odmian Nilla i Merlin nawożone K + Na + 1 Mg, jako jedyne można było zaklasyfikować do dobrej klasy jakości przerobowej (Anonim, 1995).

Tabela 3

Wpływ nawozów potasowych na technologiczny plon cukru (t·ha⁻¹)
Effect of potassium fertilizers on the yield of recoverable sugar (t·ha⁻¹)

Rok Year	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean
		O	K	K + Na + 1 Mg	K + Na + 2 Mg	
1997	Nilla	12,0	11,6	11,7	11,6	11,7
	Merlin	10,2	10,7	11,9	11,7	11,1
	Kristall	9,4	9,8	10,1	11,5	10,0
	Średnia Mean	10,5	10,7	11,2	11,3	10,9
	NIR _{0,05} dla odmian = 0,55; nawożenia = 0,50; współdziałania = 0,87 LSD _{0,05} for varieties = 0.55; fertilization = 0.50; interaction = 0.87					
1998	Nilla	6,3	8,3	9,9	8,0	8,1
	Merlin	12,1	9,2	11,9	8,0	11,0
	Kristall	8,9	8,6	9,6	8,1	8,8
	Średnia Mean	9,1	8,66	10,5	9,0	9,3
	NIR _{0,05} dla odmian = 0,28; nawożenia = 0,33; współdziałania = 0,56 LSD _{0,05} for varieties = 0.28; fertilization = 0.33; interaction = 0.56					
2000	Nilla	11,4	11,9	13,1	11,9	12,1
	Merlin	12,5	12,2	11,0	9,4	11,3
	Kristall	10,8	11,2	10,1	10,3	10,6
	Średnia Mean	11,6	11,8	11,4	10,5	11,3
	NIR _{0,05} dla odmian = 0,57; nawożenia = 0,33; współdziałania = 0,56 LSD _{0,05} for varieties = 0.57; fertilization = 0.33; interaction = 0.56					
Średnia Mean	Nilla	9,9	10,6	11,6	10,5	10,7
	Merlin	11,6	10,7	11,6	10,6	11,1
	Kristall	9,7	9,9	9,9	9,6	9,8
	Średnia Mean	10,4	10,4	11,0	10,5	10,5

Tabela 4

Wpływ nawozów potasowych na polaryzację w latach 1997–2000 (%)
Effect of potassium fertilizers on the polarimetric content of sugar in the years 1997–2000 (%)

Rok Year	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean
		O	K	K + Na + 1 Mg	K + Na + 2 Mg	
1997	Nilla	17,20	16,99	17,41	16,82	17,11
	Merlin	15,25	15,46	15,81	15,47	15,50
	Kristall	14,08	15,42	15,77	15,76	15,21
	Średnia Mean	15,51	15,96	16,26	16,02	15,94
1998	Nilla	15,58	15,52	15,3	15,69	15,52
	Merlin	16,08	16,01	16,33	16,23	16,16
	Kristall	15,39	16,18	15,02	15,39	16,50
	Średnia Mean	15,68	15,90	15,55	15,77	16,06
2000	Nilla	16,76	16,1	16,81	15,89	16,39
	Merlin	16,40	16,18	16,89	16,65	16,53
	Kristall	16,22	16,55	16,00	15,83	16,15
	Średnia Mean	16,46	16,28	16,57	16,12	16,36

Tabela 5

Wpływ nawozów potasowych na parametry jakościowe korzeni (średnia dla lat)
Effect of potassium fertilizers on the root quality parameters (mean for years)

Parametry Parameters	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean
		O	K	K + Na + 1 Mg	K + Na + 2 Mg	
Polaryzacja Polarization %	Nilla	16,51	16,20	16,51	16,13	16,34
	Merlin	15,91	15,88	16,34	16,12	16,06
	Kristall	15,23	16,05	15,53	15,66	15,62
	Średnia Mean	15,83	16,04	16,13	15,97	16,00
K mmol·kg ⁻¹	Nilla	55,3	56,0	54,5	56,2	55,5
	Merlin	51,0	54,0	51,5	52,4	52,2
	Kristall	57,4	56,1	59,3	59,2	58,0
	Średnia Mean	54,6	55,5	55,1	55,9	55,3
Na mmol·kg ⁻¹	Nilla	3,6	3,5	3,6	3,7	3,6
	Merlin	4,3	4,1	3,9	4,2	4,1
	Kristall	5,2	5,4	5,0	5,5	5,3
	Średnia Mean	4,4	4,3	4,2	4,4	4,3
N-α-amin. mmol·kg ⁻¹	Nilla	24,9	25,8	24,3	22,4	24,4
	Merlin	31,1	32,4	26,0	28,7	29,6
	Kristall	28,6	25,8	26,9	27,7	27,3
	Średnia Mean	28,2	28,0	25,7	26,3	27,1
Straty cukru Overall processing losses %	Nilla	2,37	2,40	2,35	2,32	2,36
	Merlin	2,48	2,55	2,36	2,43	2,46
	Kristall	2,50	2,42	2,48	2,50	2,48
	Średnia Mean	2,45	2,45	2,39	2,42	2,43
Cukier technologiczny Recoverable sugar %	Nilla	14,14	13,80	14,16	13,81	13,98
	Merlin	13,43	13,33	13,98	13,69	13,6
	Kristall	12,73	13,63	13,05	13,16	13,14
	Średnia Mean	13,38	13,59	13,74	13,55	13,57

DYSKUSJA

Otrzymane w niniejszej pracy wyniki świadczą o zmiennym w latach wpływie nawożenia potasem na plon buraków cukrowych. Prawidłowość tę potwierdzają również badania wcześniejsze (Herlihy, 1989; Orlovius, 1993). Według tych autorów nawożenie potasem może zwiększyć plon korzeni o 10–30%. Millford i wsp. (2000) prowadząc badania w Anglii, na 26 doświadczeń, tylko w jednym wykazał istotny wpływ nawożenia potasem na plon korzeni. Wyniki jego wskazują, że wzrostu plonu korzeni można się spodziewać, wyłącznie na glebach o małej zawartości wymiennego potasu. Może to częściowo tłumaczyć brak dodatniej reakcji odmian Merlin i Kristall na nawożenie potasem w latach 1998 i 2000. Należy jednak zaznaczyć, że pobieranie potasu zależy nie tylko od stanu zasobności gleby w ten pierwiastek, lecz także od rozkładu opadów w sezonie wegetacyjnym (Herlihy, 1989). Wpływ nawożenia potasem w bardzo dużym stopniu zależy również od interakcji Na/K, gdyż sód jest pierwiastkiem bardziej mobilnym

w liściach buraka niż potas. Jego rola w gospodarce wodnej wzrasta w latach suchych. Jednakże, sód nie zastępuje w funkcjach metabolicznych potasu (Herlihy 1989; Draycott, 1996). Nawożenie obu tymi składnikami zwiększa powierzchnię asymilacyjną liści. Wielu autorów wykazuje, że to właśnie ten aspekt działania sodu w znaczącym stopniu wpływa na późniejszy plon korzeni (Milford i in., 1985).

Akumulacja cukrów w korzeniach jest odwrotnie skorelowaną z ogólną zawartością jonów, w tym potasu (Bell i in., 1992; Winzer i in., 1996). Generalnie jednak, pierwiastek ten obniża zawartość N- α -aminowego oraz sodu w korzeniach, w małym stopniu jednakże zmniejszając wydajność ekstrakcji (Beringer, 1987; Herlihy, 1989). W badaniach własnych najlepszą jakość korzeni otrzymano w wariacie nawożenia K + Na + 1 Mg. Dodatek magnezu do kornakali nie miał już istotnego znaczenia. Dlatego głównie w wyniku kompleksowego oddziaływania potasu oraz sodu, na plon korzeni i ich jakość, notowano wzrost plonu cukru technologicznego.

WNIOSKI

1. Wpływ odmiany i nawożenia potasem, sodem i magnezem na plon korzeni i technologicznego cukru buraka cukrowego uprawianego na glebie o wysokiej zasobności w potas zależał od współdziałania obu czynników doświadczalnych oraz od sezonu wegetacyjnego.
2. Spośród testowanych odmian, najlepiej na zastosowane nawożenie potasem, sodem i magnezem (K + Na + 1 Mg) reagowała odmiana Nilla.
3. Wpływ nawożenia potasem, sodem i magnezem na jakość przemysłową korzeni zależał od odmiany. Największą, przeciętną zawartość cukru technologicznego w korzeniach odmiany Kristall otrzymano na obiekcie nawożonym tylko potasem, a odmiany Merlin — K + Na + 1 Mg.

LITERATURA

- Anonim 1995. Ein starkes Stueck: Qualitaet von KWS. KWS, Einbeck, s. 31.
- Bell C. I., Jones J., Milford G. F., Leigh R. A. 1992. The effects of crop nutrition on sugar beet quality. *Aspects Appl. Biol.* 32: 19 — 26
- Beringer H. 1987. Höhe und Wirkung der K-Düngung bei heutigem Ertragsniveau. *KALI-BRIEFE (Büntehof)* 18 (8): 585 — 594.
- Draycott A. P. 1996. Aspects of fertiliser use in modern, high-yield sugar beet culture. *IPI-Bulletin No. 15*: 50 pp.
- Fotyma M., Gosek S. 2000. Zmiany w zużyciu nawozów potasowych i ci konsekwencje dla żyzności gleby i poziomu produkcji roślinnej w Polsce. Nawozy i nawożenie. *Fertilizer and Fertilization* 1 (2): 1 — 52.
- Gutmański I. 1991. Produkcja buraka cukrowego. PWRiL, Poznań: 699 pp.
- 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.
- Herlihy M. 1989. Effect of potassium on sugar accumulation in storage tissue. Reprint from: *Proc. 21st Colloquium Int. Potash Institute, Bern*.
- Herlihy M. 1992. Effects of N, P and K on yield and quality of sugar beet. *Irish. J. Agric. Food Research* 31: 35 — 49.

- Milford G. F. J., Pocock T.O., Riley J., Messem A. B. 1985. An analysis of leaf growth in sugar. III. Leaf expansion in field crops. *Ann. Appl. Biol.* 106: 187 — 203.
- 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.
- Orlovius K. 1993. Sugar beet quality — the importance of potassium. *Int. Potash Institute. Potash Review* 2, 6 pp.
- 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 beet and sugar beet. *J. Experim. Bot.* 47 (300): 863 — 870.