

PRZEMYSŁAW BARŁÓG**WITOLD GRZEBISZ****DARIUSZ GÓRSKI****RENATA GAJ**

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu

Reakcja plennych odmian buraka cukrowego na nawożenie potasem, sodem i magnezem

Response of high-yielding sugar beet varieties to fertilization with potassium, sodium and magnesium

Celem przeprowadzonych, w latach 1998–2000, badań było określenie wpływu nawożenia potasem, sodem i magnezem (K, K + Na + 1 Mg, K + Na + 2 Mg) na plon korzeni, parametry jakościowe i pobranie makroskładników przez dwie plenne odmiany buraka cukrowego (Fontana, Marathon). Dawka potasu, niezależnie od wariantu nawożenia, wynosiła 140 kg K₂O·ha⁻¹. Dodatkowo na obiektach K + Na + 1 Mg i K + Na + 2 Mg zastosowano odpowiednio 10,5 kg Na + 21 kg MgO i 10,5 kg Na + 48 kg MgO na 1 ha. Testowane odmiany nie różniły się wielkością plonu korzeni i cukru. W roku o optymalnym przebiegu pogody, największy plon korzeni wytworzyły rośliny nawożone tylko potasem (K). W latach o mniej korzystnych warunkach pogodowych, największe plony otrzymano nawożąc rośliny jednocześnie potasem, sodem i magnezem (K + Na + 1 Mg lub K + Na + 2 Mg). O technologicznym plonie cukru decydowała przede wszystkim masa wytworzonych korzeni, a dopiero w dalszej kolejności polaryzacja. Plon technologiczny cukru korelował dodatnio z pobieraniem azotu.

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

The objective of the study was to assess the effect of potassium, sodium and magnesium fertilization (K, K + Na + 1 Mg, K + Na + 2 Mg) on root yield, quality parameters and uptake of macronutrients by two sugar beet varieties (Fontana, Marathon). The experiment was carried out in the years 1998–2000. Potassium rate, irrespective of the fertilization variants, amounted to 140 kg K₂O·ha⁻¹. In two fertilization treatments sodium and magnesium were applied additionally: 10,5 kg Na + 21 kg MgO (K + Na + 1 Mg) and 10,5 kg Na + 48 kg MgO (K + Na + 2 Mg)·ha⁻¹. Root and sugar yields were not significantly affected by the tested varieties. In the year characterized by optimal weather conditions, higher yields were harvested from the plots fertilized only with K. In the years with less favourable growth conditions, higher yields were obtained from the plots fertilized with K together with Na and Mg. Recoverable sugar yield depended mainly on roots biomass, and less so, on polarimetric sugar content. Nitrogen taken up by the final yield influenced significantly yields of recoverable sugar.

Key words: sugar beet, potassium, sodium and magnesium fertilization, root and sugar yield, macronutrients uptake, varieties

WSTĘP

Potas jest jednym z najważniejszych pierwiastków kształtujących plon i jakość korzeni buraka cukrowego (Gutmański, 1991; Herlihy, 1992; Orlovius, 1993; Draycott, 1996). Efektywność nawożenia buraków potasem zależy nie tylko od zasobności tego pierwiastka w glebie, ale także współdziałania z innymi składnikami pokarmowymi. Szczególnie ogromnie znaczenie mają dwa pierwiastki: sód i magnez (Orlovius, 1994; Haneklaus i in., 1998; Grzebisz i in., 2001).

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu nawozów potasowych wzbogaconych w sód i magnez na plon korzeni i cukru oraz jakość przemysłową korzeni dwóch plennych odmian buraka cukrowego.

MATERIAŁY I METODY

Badania prowadzono w latach 1998–2000 w Gospodarstwie Rolnym Ciołkowo (powiat Gostyń). Dwuczynnikowe doświadczenia polowe założono w układzie split-plot, w czterech powtórzeniach. Czynniki doświadczenia były:

- odmiana buraka cukrowego — Fontana, Marathon;
- obiekty nawożenia — kontrola (O); potas (K); kornkali (K + Na + 1 Mg); mieszanina kornkali i kizerytu (K + Na + 2 Mg).

Niezależnie od zastosowanego nawozu, dawka potasu (K_2O) wynosiła $140\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. W wariancie K + Na + 1 Mg wprowadzano do gleby ponadto $10,5\text{ kg Na}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz $21\text{ kg MgO}\cdot\text{ha}^{-1}$, a w wariancie K + Na + 2 Mg dodatkowo Mg w formie kizerytu ($100\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), czyli łącznie $48\text{ kg MgO}\cdot\text{ha}^{-1}$. Buraki uprawiano na glebie lekkiej (piasek gliniasty mocny), należącej do klasy bonitacyjnej IVa. Właściwości agrochemiczne gleby w roku 1998: pH — 6,5; $\text{mg P}_2\text{O}_5\cdot\text{kg}^{-1}$ — 136; $\text{mg K}_2\text{O}\cdot\text{kg}^{-1}$ — 191; $\text{mg Mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ — 64; w roku 1999 odpowiednio — 6,6; 102; 182; 25; w roku 2000 — 5,0; 113; 154; 28. Dawka obornika: $30\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, fosforu $60\text{ kg P}_2\text{O}_5\cdot\text{ha}^{-1}$, azotu $120\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Warunki meteorologiczne w latach 1998–2000 przedstawiono w tabeli 1.

Plon technologiczny cukru wyliczono z równania (Anonim, 1995):

$$\text{PCT} = [(\text{PK} \times (\text{Pol} - (0,117(\text{K} + \text{Na}) + 0,241\text{N-amin} + 1,08))] : 100$$

gdzie:

PCT — plon cukru technologicznego ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$),

PK — plon korzeni ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$),

Pol — zawartość cukru biologicznego — polaryzacja (%),

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

Ogólną zawartość makroskładników oznaczono standardowymi metodami. Ocenę jakościową korzeni buraka cukrowego przeprowadzono przy pomocy Autoanalyzera Venema Typ IIG w Cukrowni Środa Wlkp. Porównania statystyczne otrzymanych wyników przeprowadzono w oparciu o analizę wariancji dla doświadczenia dwuczynnikowego oraz regresję wielokrotną z wyborem najlepszego podzbioru danych.

WYNIKI

W przeprowadzonym doświadczeniu poziom plonowania buraka cukrowego zależał przede wszystkim od przebiegu pogody w sezonie wegetacyjnym. Mniejszy plon korzeni w roku 1999 wynikał z bardzo małych opadów atmosferycznych w lipcu i sierpniu, czyli w fazie intensywnego wzrostu roślin (tab. 1). Przyczyną spadku plonu w roku 2000 był opóźniony siew, niedostateczna wilgotność gleby oraz niska temperatura w fazie wschodów.

Tabela 1

Warunki meteorologiczne w okresie wegetacji buraka cukrowego, Ciołkowo
Weather conditions during vegetation of sugar beet, Ciołkowo

Rok Year	Miesiące — Months						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Temperatura — Temperature (°C)							
1998	10,5	14,7	18,1	17,5	16,9	13,5	7,9
1999	9,5	15,0	16,0	20,0	17,7	16,5	8,2
2000	8,1	14,0	17,5	16,2	18,1	17,2	8,6
1961–1999	8,2	14,1	15,9	18,0	17,5	13,9	8,1
Opady — Rainfall (mm)							
1998	45,0	28,0	82,0	67,0	76,0	87,0	98,0
1999	40,3	52,0	100,0	35,3	20,8	20,0	32,0
2000	22,3	62,1	35,5	94,2	78,6	21,5	34,4
1961–1999	34,1	42,2	61,0	80,9	60,0	38,4	30,5

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	
1998	Fontana	70,2	73,1	68,0	71,3	70,7
	Marathon	65,9	77,3	64,7	64,5	68,1
	Średnia — Mean	68,1	75,2	66,4	67,9	69,4
	NIR _{0,05} dla odmian = r.n.; nawożenia = 4,6; współdziałania = r.n. LSD _{0,05} for varieties = r.n.; fertilization = 4,6; interaction = r.n.					
1999	Fontana	50,4	55,0	57,8	55,3	54,6
	Marathon	56,6	52,0	60,7	66,8	59,0
	Średnia — Mean	53,5	53,5	59,2	61,0	56,8
	NIR _{0,05} dla odmian = r.n.; nawożenia = 7,4; współdziałania = r.n. LSD _{0,05} for varieties = r.n.; fertilization = 7,4; interaction = r.n.					
2000	Fontana	44,7	45,7	57,4	54,8	50,7
	Marathon	49,4	51,0	54,7	56,9	53,0
	Średnia — Mean	47,1	48,3	56,1	55,8	51,8
	NIR _{0,05} dla odmian = r.n.; nawożenia = 8,2; współdziałania = r.n. LSD _{0,5} for varieties = r.n.; fertilization = 8,2; interaction = r.n.					
Średnia Mean	Fontana	55,1	57,9	61,1	60,5	58,6
	Marathon	57,3	60,1	60,1	62,7	60,0
	Średnia — Mean	56,2	59,0	60,6	61,6	59,3

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

Badane odmiany nie różniły się istotnie wielkością wytworzonego plonu korzeni. Przeciętny plon korzeni odmiany Fontana wynosił 58,6 t·ha⁻¹, a odmiany Marathon — 60,0

t·ha⁻¹. W roku 1998 największy plon korzeni otrzymano w wariantach, w którym zastosowano wyłącznie potas (K), wzrost o 11% w porównaniu do kontroli. W roku 1999 istotny wzrost plonu korzeni (o 14%), w porównaniu do kontroli, stwierdzono na obiekcie nawożonym K + Na + 2 Mg. W roku 2000 istotny przyrost plonu otrzymano w wariantach K + Na + 1 Mg oraz K + Na + 2 Mg. Różnice, w porównaniu do kontroli, wynosiły odpowiednio 18% i 19% (tab. 2). W przeprowadzonym doświadczeniu plon korzeni nie zależał od współdziałania badanych czynników.

Korzenie odmiany Fontana zebrane z obiektu kontrolnego i nawożonego K + Na + 1 Mg charakteryzowały się większą polaryzacją, niż odmiany Marathon (tab. 3).

Tabela 3

Wpływ nawożenia potasowego na parametry jakościowe korzeni buraka cukrowego
Effect of potassium fertilization on root quality parameters of sugar beet

Parametry Parameters	Nawożenie Fertilization	Rok / Odmiany Year / Varieties							
		1998		1999		2000		Średnia Mean	
		F*	M	F	M	F	M	F	M
Polaryzacja Polarization %	O	18,51	18,26	19,63	19,28	18,11	17,75	18,75	18,43
	K	18,26	18,62	18,64	19,34	17,70	18,37	18,20	18,77
	K + Na + 1 Mg	18,50	18,05	19,25	17,99	18,60	17,94	18,78	17,99
	K + Na + 2 Mg	18,45	18,00	18,52	17,59	17,59	17,74	18,19	17,78
	Średnia Mean	18,43	18,23	19,01	18,55	18,00	17,95	18,48	18,24
K mmol·kg ⁻¹	O	50,5	39,4	51,8	53,9	43,0	41,7	48,4	45,0
	K	43,0	41,8	52,9	52,0	47,7	48,5	47,9	47,4
	K + Na + 1 Mg	44,0	42,0	50,7	56,1	52,3	49,4	49,0	49,1
	K + Na + 2 Mg	42,0	39,4	52,1	52,7	52,6	43,0	48,9	45,0
	Średnia Mean	44,9	40,6	51,9	53,7	48,9	45,6	48,6	46,6
Na mmol·kg ⁻¹	O	5,1	3,7	8,2	8,1	2,5	3,2	5,3	5,0
	K	3,5	3,5	7,6	7,8	3,3	3,3	4,8	4,9
	K + Na + 1 Mg	3,6	4,5	6,4	7,3	2,9	3,7	4,3	5,2
	K + Na + 2 Mg	3,7	4,2	8,3	7,1	3,0	3,5	5,0	4,9
	Średnia Mean	4,0	4,0	7,6	7,6	2,9	3,4	4,9	5,0
N-α-am. mmol·kg ⁻¹	O	10,3	6,9	19,7	24,5	10,2	8,2	13,4	13,2
	K	6,9	6,4	22,3	20,9	10,4	14,6	13,2	14,0
	K + Na + 1 Mg	8,3	6,8	17,0	20,7	13,5	13,3	12,9	13,6
	K + Na + 2 Mg	7,0	6,8	23,0	22,6	13,5	11,1	14,5	13,5
	Średnia Mean	8,12	6,73	20,5	22,2	11,9	11,8	13,5	13,6
Cukier tech. Rec. sugar (%)	O	16,53	16,51	17,37	16,88	16,25	15,95	16,72	16,45
	K	16,47	16,86	16,31	17,06	15,77	16,33	16,19	16,74
	K + Na + 1 Mg	16,66	16,26	17,09	15,67	16,55	15,92	16,77	15,95
	K + Na + 2 Mg	16,67	16,25	16,18	15,27	15,53	15,85	16,13	15,79
	Średnia Mean	16,58	16,47	16,74	16,22	16,03	16,01	16,45	16,23

* F — Fontana

M — Marathon

Odwrotną zależność zaobserwowano na obiekcie nawożonym tylko potasem (K). Nawożenie K + Na + 2 Mg spowodowało natomiast spadek zawartości cukru w korzeniach obu odmian. Spośród badanych parametrów jakościowych największy wpływ na zawartość cukru technologicznego wywierała polaryzacja (Fontana $R^2 = 89,5\%$; Marathon $R^2 = 90,2\%$).

Plon technologiczny cukru zależał przede wszystkim od plonu korzeni (Fontana $R^2 = 87,5\%$; Marathon $R^2 = 94,3\%$). Drugą istotną cechą była polaryzacja ($n = 12$):

Fontana PCT = $8,484 + 0,166 PK + 0,455 Pol$ ($R^2 = 99,7\%$)

Marathon PCT = $9,745 + 0,170 PK + 0,510 Pol$ ($R^2 = 98,6\%$)

Uprawiane odmiany nie różniły się istotnie wielkością wytworzonego plonu cukru technologicznego, a wpływ nawożenia K, Na i Mg zależał od sezonu wegetacyjnego. W roku 1998 istotny wzrost plonu cukru technologicznego otrzymano w wariacie nawożonym tylko K, a w roku 2000 K + Na + 1 Mg (tab. 4).

Tabela 4

Wpływ nawożenia potasowego na plon cukru technologicznego ($t \cdot ha^{-1}$)
Effect of potassium fertilization on recoverable sugar yield ($t \cdot ha^{-1}$)

Rok Year	Odmiana Variety	Warianty Treatments				Średnia Mean
		O	K	K + Na + 1 Mg	K + Na + 2 Mg	
1998	Fontana	11,6	12,0	11,3	11,7	11,7
	Marathon	10,9	13,0	10,6	10,5	11,2
	Średnia — Mean	11,2	12,5	10,9	11,1	11,4
	NIR _{0,05} dla odmian = r.n.; nawożenia = 0,78; współdziałania = r.n.					
	LSD _{0,05} for varieties = r.n.; fertilization = 0.78; interaction = r.n.					
1999	Fontana	8,7	9,0	9,9	9,0	9,1
	Marathon	9,6	8,9	9,5	10,2	9,5
	Średnia — Mean	9,2	8,9	9,7	9,6	9,3
	NIR _{0,05} dla odmian = r.n.; nawożenia = r.n.; współdziałania = r.n.					
	LSD _{0,05} for varieties = r.n.; fertilization = r.n.; interaction = r.n.					
2000	Fontana	7,3	7,2	9,5	8,5	8,1
	Marathon	7,9	8,3	8,7	9,0	8,5
	Średnia — Mean	7,6	7,8	9,2	8,8	8,3
	NIR _{0,05} dla odmian = r.n.; nawożenia = 1,3; współdziałania = r.n.					
	LSD _{0,05} for varieties = r.n.; fertilization = 1.3; interaction = r.n.					
Średnia Mean	Fontana	9,2	9,4	10,2	9,7	9,6
	Marathon	9,4	10,1	9,6	9,9	9,8
	Średnia — Mean	9,3	9,7	9,9	9,8	9,7

r.n. — Różnica nieistotna r.n. — Difference non significant

Wpływ badanych czynników na pobranie końcowe makroskładników przedstawiono w tabelach 5 i 6. Plon technologiczny cukru był dodatnio skorelowany z pobieraniem azotu. Odmiana Marathon wykazała istotny związek z całkowitym pobieraniem ($R^2 = 89\%$), a Fontana większy z akumulacją azotu w korzeniach ($R^2 = 75\%$), niż w plonie całkowitym ($R^2 = 56\%$). Dla odmiany Fontana otrzymano ponadto dodatnią prostoliniową korelację między plonem cukru a pobieraniem potasu w korzeniach ($R^2 = 67\%$). Pobieranie pozostałych pierwiastków nie wykazało istotnych zależności z wielkością plonu korzeni i cukru.

Tabela 5

Pobranie makroskładników przez odmiany buraka cukrowego (kg·ha⁻¹)
Macronutrients uptake by the sugar beet varieties (kg·ha⁻¹)

Pierwiastek Element	Rok badań / Odmiany Year of investigations / Varieties								
	1998			1999			2000		
	F	M	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	F	M	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	F	M	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
N	293,1	270,8	18,1	280,9	250,8	20,5	200,3	211,9	r.n.
K	194,2	187,6	r.n.	252,0	215,8	29,3	186,3	220,3	38,2
Na	41,1	33,8	4,52	27,2	25,0	2,2	35,9	39,3	r.n.
Ca	51,2	48,2	r.n.	120,0	99,4	13,9	53,4	71,3	17,1
Mg	28,4	22,8	2,7	35,9	32,0	2,0	18,8	23,4	3,1

* F — Fontana

M — Marathon

r.n. — Różnica nieistotna

r.n. — Difference not significant

Tabela 6

Wpływ nawożenia potasowego na końcowe pobranie makroskładników (kg·ha⁻¹)
Effect of potassium fertilization on macronutrients uptake (kg·ha⁻¹)

Rok Year	Warianty Treatments	Pierwiastek Element				
		N	K	Na	Ca	Mg
1998	O	284,6	204,8	36,8	52,6	25,9
	K	309,2	207,6	44,3	55,1	27,6
	K + Na + 1 Mg	278,3	175,8	32,3	44,1	24,2
	K + Na + 2 Mg	255,9	175,4	36,8	47,0	24,8
	NIR _{0,05}	21,4	14,5	3,1	4,5	1,7
	LSD _{0,05}					
1999	O	270,4	238,6	22,5	102,0	33,8
	K	251,8	232,4	26,9	103,5	32,8
	K + Na + 1 Mg	261,6	226,3	29,2	112,0	33,8
	K+Na+2Mg	279,5	238,2	25,8	120,0	35,6
	NIR _{0,05}	r.n.	r.n.	3,9	r.n.	r.n.
	LSD _{0,05}					
2000	O	182,7	189,7	30,2	53,5	17,2
	K	197,3	179,7	34,5	60,2	20,7
	K + Na + 1 Mg	216,8	227,0	33,5	67,2	22,7
	K + Na + 2 Mg	227,6	216,7	52,3	68,7	23,8
	NIR _{0,05}	29,7	33,4	6,6	11,0	3,3
	LSD _{0,05}					
Średnia Mean	O	245,9	211,0	29,7	69,4	25,6
	K	252,8	206,5	35,2	72,9	27,0
	K + Na + 1 Mg	252,2	209,7	31,6	74,5	26,9
	K + Na + 2 Mg	254,4	210,1	38,3	78,8	28,1
	NIR _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
	LSD _{0,05}					

r.n. — Różnica nieistotna

r.n. — Difference not significant

DYSKUSJA

Wpływ potasu na akumulację cukru w burakach jest funkcją wielu indywidualnych procesów biochemicznych. Generalnie pierwiastek ten dodatnio wpływa na fotosyntezę, fotorespirację, transport, wykorzystanie asymilatów i gospodarkę wodną rośliny. W rezultacie nawożenie tym pierwiastkiem może zwiększyć plon korzeni od 10 do 30% (Beringer, 1987; Orlovius, 1993). Jednocześnie zabieg ten obniża zawartość N-aminowego oraz sodu w korzeniach, w małym stopniu zmniejszając wydajność ekstrakcji (Herlihy, 1989). Akumulacja cukrów w korzeniach jest jednak odwrotnie skorelowaną z ogólną zawartością jonów, w tym także i potasu (Winzer, 1996). W rezultacie kompleksowego oddziaływania potasu na plon korzeni i ich jakość notuje się wzrost plonu cukru nawet ponad 20% (Herlihy, 1989).

W doświadczeniu własnym wpływ nawożenia na plon korzeni i cukru zależał od składu chemicznego nawozów i przebiegu pogody w sezonie wegetacyjnym. Zmienność reakcji buraka cukrowego w latach na nawożenie potasem potwierdzają wcześniejsze prace (Herlihy, 1989; Orlovius, 1993). W przeprowadzonym doświadczeniu, w latach o mniej korzystnym przebiegu warunków atmosferycznych (1999 i 2000), wzrosła rola jednoczesnego nawożenia K, Na i Mg. Sód jest pierwiastkiem, którego znaczenie wzrasta szczególnie w latach suchych (Herlihy, 1989; Draycott, 1996). Magnez jest natomiast pierwiastkiem, który odgrywa szczególną rolę w metabolizmie związków energetycznych oraz azotu. Nawożenie tym składnikiem umożliwia uzyskanie wysokiego poziomu plonowania, przy znacznie mniejszej dawce azotu (Grzebisz i in., 2001).

Plon korzeni buraka cukrowego, a ty samym cukru zależy od ilości pobieranych składników pokarmowych (Milford, 2000). W badaniach własnych dodatnią korelację między wielkością plonu cukru technologicznego, a całkowitym pobieraniem pierwiastków stwierdzono tylko dla azotu. Rezultat ten zgodny jest z wynikami Wendenburga i Kocha (1996).

WNIOSKI

1. Wpływ nawożenia potasem, sodem i magnezem na plonowanie buraka cukrowego zależał od sezonu wegetacyjnego. W latach o niekorzystnym dla wzrostu buraka przebiegu pogody, dodatek sodu i magnezu do nawozu potasowego zwiększył, niezależnie od odmiany, plon korzeni i cukru technologicznego.
2. Spośród badanych makroskładników, tylko pobieranie azotu było dodatnio związane z plonem technologicznym cukru.
3. W doświadczeniu nie stwierdzono istotnego antagonistycznego oddziaływania zastosowanych dawek K, Na i Mg na ich akumulację w plonie buraka cukrowego.

LITERATURA

- Anonim 1995. Ein starkes Stueck: Qualitaet von KWS. KWS, Einbeck: 31.
- 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.
- Gutmański I. 1991. Produkcja buraka cukrowego. PWRiL, Poznań: 699 ss.
- 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.
- 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.
- Herlihy M. 1992. Effects of N, P and K on yield and quality of sugar beet. Irish J. Agric. Food Res. 31: 35 — 49.
- 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.
- Orlovius K. 1994. Einfluss der Magnesium-Versorgung auf Ertrag und Qualität von Zuckerrüben. Biul. Magn. 5: 7 — 11.
- Wendenburg Ch., Koch H-J. 1996. Zum Einfluß unterschiedlicher Sorteneigenschaften auf den Stickstoffentzug von Zuckerrüben. Zuckerind. 121 (8): 623 — 630.
- Winzer T., Lohaus G., Heldt H-W. 1996. Influence of phloem transport, N-fertilization and ion accumulation on sucrose storage in the taproots of fodder beet and sugar beet. J. Experim. Bot. 47 (300): 863 — 870.