

WITOLD SZCZEPANIAK**WITOLD GRZEBISZ****BARBARA ŻUCHLIŃSKA**

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu

Reakcja buraków cukrowych na nawozy azotowe na tle nawożenia potasowo-sodowo- magnezowego

The response of sugar beet to nitrogen fertilizers in relation to potassium-sodium-magnesium fertilization

Ocenę reakcji buraków cukrowych (plon i jakość technologiczna) na nawozy azotowe (saletra wapniowa, saletra amonowa) na tle nawożenia potasem lub potasem wzbogaconym w sód i magnez (dwa warianty KNaMg, KNa₃Mg) przeprowadzono w latach 1999 i 2000 w Donatowie, Wielkopolska. Plony korzeni i cukru, a także jakość technologiczna korzeni zależały od współdziałania obu czynników doświadczalnych, czyli nawozów azotowych i nawozów KNaMg. Tej samej wielkości plony korzeni i cukru uzyskano nawożąc buraki cukrowe saletrą wapniową i solą potasową lub saletrą amonową i nawozem KNaMg. Saletra wapniowa w porównaniu do saletry amonowej zwiększała w korzeniach buraków cukrowych zarówno zawartość cukru, jak i zawartość azotu α -aminowego i potasu. Jak wynika z analizy regresji i ścieżek, plony cukru roślin nawożonych saletrą wapniową zależały głównie od plonów korzeni, a nawożonych saletrą amonową w niemal równym stopniu od plonów korzeni i polaryzacji.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, jakość technologiczna korzeni, nawozy potasowo-sodowo-magnezowe, nawozy azotowe, plony korzeni, plon cukru,

An assessment of the effect of calcium saltpetre and ammonium saltpetre nitrogen fertilizers in relation to potassium fertilization applied alone or enriched with sodium and magnesium (two variants: KNaMg; KNa₃Mg) on roots and sugar yields were conducted in 1999 and 2000 at Donatowo, Wielkopolska. Yields of root, sugar and technological quality of roots depended on interaction of both experimental factors, i.e. N and K-Na-Mg fertilizers. Sugar beet plant fertilized with calcium saltpetre and potassium chloride or ammonium saltpetre together with KNaMg fertilizer resulted in similar level of roots and sugar yields. The calcium saltpetre in comparison to ammonium saltpetre caused increase of sugar content and some molasses forming substances such as α -amino N and K as well. It was found that sugar yields from the combination fertilized with calcium saltpetre depended more on yields of roots, but fertilized with ammonium saltpetre on both yield of roots and sugar content.

Key words: nitrogen fertilizers, potassium-sodium-magnesium fertilizers, sugar beet, technological quality of roots, yields of root yield of sugar

WSTĘP

Burak cukrowy (*Beta vulgaris* L.) charakteryzuje relatywnie krótki okres wegetacji, a jednocześnie bardzo duża dynamika przyrostu biomasy, co w konsekwencji wiąże się z bardzo dużymi wymaganiami pokarmowymi. Potrzeby pokarmowe tej rośliny odnoszą się zarówno do ilości pobieranych składników, jak i dynamiki ich pobierania w sezonie wegetacyjnym (Bell i in., 1996; Draycott, 1996).

Dominująca rola potasu w stabilizacji plonów roślin uprawnych, w tym buraków cukrowych wynika, jak prezentuje szeroka literatura przedmiotu, z funkcji jaką ten pierwiastek pełni w procesach odpowiedzialnych za gospodarkę wodną rośliny i metabolizm azotowy (Marschner, 1993; Armstrong, 1998; Gutmański, 2002). W fazie maksymalnego wzrostu liści (lipiec) wysoko plonujące plantacje buraków (> 50 t/ha) pobierają do 15 kg K₂O/ha (Draycott, 1996; Grzebisz i in., 1998). Tak duże pobranie potasu stanowi warunek efektywnego pobierania i wykorzystania przez rośliny azotu (Marschner i in., 1996).

Pomimo, wydawałoby się dużej wiedzy na temat gospodarki mineralnej buraka cukrowego, w dalszym ciągu wyjaśnienia wymaga plonotwórcza rola sodu (Haneklaus i in., 1998). Niezmiernie ważnym zagadnieniem teoretycznym i praktycznym jest określenie roli magnezu, a w szerszym kontekście współdziałania obu pierwiastków z potasem i azotem. W tym ostatnim przypadku problem dotyczy zarówno dawki, jak i formy azotu w nawozie azotowym. Zagadnienie to jest także ważne z tego względu, że w ciągu ostatnich 25 lat nastąpił znaczny postęp hodowlany, w tym dotyczący tzw. rezerw alkalicznych korzeni buraka cukrowego (Schiweck i Burba, 1993; Pollach i in., 1996).

Celem przeprowadzonych badań było określenie reakcji buraka cukrowego mierzonej wielkością plonów korzeni, cukru i jakością technologiczną korzeni na rodzaj nawozu azotowego na tle nawożenia samym potasem lub potasem wzbogaconym w sód i magnez.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 1999 i 2000 w miejscowości Donatowo (województwo wielkopolskie). Dwuczynnikowe doświadczenie, w układzie split-plot, w czterech powtórzeniach, założono na glebie płowej, wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego, klasy bonitacyjnej IVa. Gleba o odczynie obojętnym charakteryzowała się średnim poziomem zasobności w potas, fosfor i niską w magnez.

Czynniki doświadczenia:

I. Główny czynnik doświadczalny zawierał 4 warianty nawożenia:

- kontrola bez potasu (lecz z N i P);
- K:150 kg K₂O·ha⁻¹ (60% sól potasowa);
- KNaMg:150 kg K₂O·ha⁻¹ + 10,5 kg Na·ha⁻¹ + 21 kg MgO·ha⁻¹ + 15 kg S·ha⁻¹ (w formie Korn-Kali);
- KNa₃Mg:150 kg K₂O·ha⁻¹ + 10,5 kg Na·ha⁻¹ + 46 kg MgO·ha⁻¹ + 35 kg S·ha⁻¹ (w formie Korn-Kali + kizeryt);

II. Drugi czynnik doświadczalny stanowiły dwa nawozy azotowe:

- Saletra wapniowa (SW);
- Saletra amonowa (SA).

Azot w dawce $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ stosowano w dwóch terminach: przedsiewnie — $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz w fazie 4-tego liścia — $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Nawożenie fosforem w dawce $80 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ (superfosfat pojedynczy granulowany), potasem i magnezem przeprowadzano jesienią. Dawka obornika wynosiła $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. W obu latach buraki cukrowe odmiany *Fontana* wysiewano w II dekadzie kwietnia w ilości 1,25 jednostki/ha, a zbierano w II dekadzie października.

Warunki pogodowe w obu latach prowadzenia doświadczeń były zróżnicowane. W roku 1999 od sierpnia aż do końca września wystąpiła susza glebowa. Natomiast warunki pogodowe w roku 2000 można uznać za bardzo dobre, co potwierdzają średnie plony buraków cukrowych w Polsce (Rocznik Statystyczny, 2000, 2001).

Obliczenia statystyczne otrzymanych wyników przeprowadzono w oparciu o analizę wariancji dla doświadczenia dwuczynnikowego (program statystyczny STATPAKU), rachunek regresji wielokrotnej z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych oraz metodę analizy ścieżkowej (Konys i Wiśniewski, 1991).

WYNIKI I DYSKUSJA

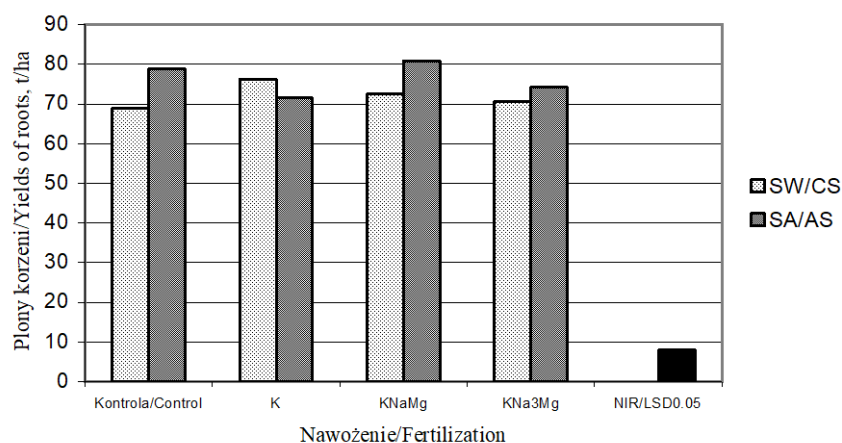
Uzyskane, w przeprowadzonym doświadczeniu, plony korzeni były wysokie — 73 t/ha , zbliżone do potencjału plonowania odmian w Polsce (Siódmiak, 2002). Tak wysoki poziom plonów oraz relatywnie niewielki stopień reakcji na zastosowane nawożenie wskazuje na optymalne warunki żywieniowe wzrostu roślin w całym okresie wegetacji (Herlichy 1992; Dibb, 2000).

W przeprowadzonym doświadczeniu plony korzeni buraków cukrowych w sposób istotny różnicowało współdziałanie nawozów K-Na-Mg i nawozów azotowych (rys. 1). Jednakże kluczem do oceny działania nawozów azotowych są plony roślin nawożonych tylko fosforem i azotem (kontrola). W tym wariancie doświadczalnym buraki cukrowe nawożone saletrą amonową, w porównaniu do saletry wapniowej, wytworzyły o 16,2% większy plon korzeni. Wyjaśnienie, na podstawie otrzymanych wyników, przyczyny tego stanu jest bardzo trudne. Wykluczyć należy toksyczne działanie formy azotu w nawozie azotowym, gdyż różnice w obsadzie roślin wywołane zmiennością glebową były większe, niż działaniem czynników doświadczalnych. Powstały problem wymaga odpowiedzi na pytanie o rolę:

- Ca^{2+} w pobieraniu innych kationów,
- NH_4^+ na pobieranie fosforu i mikroelementów.

Pierwsza z hipotez jest wysoce dyskusyjna, lecz Marschner i Schafarczyk (1967) wykazali możliwy antagonizm między kationami Ca^{2+} a kationami K^+ i Na^+ , w sytuacji nadmiaru jonów wapnia w ryzosferze buraków. Bardziej prawdopodobnym wydaje się hipoteza, że to nie wapń działał antagonistycznie, lecz kation amonowy zawarty w saletrze amonowej stymulował pobieranie fosforu i mikroskładników przez rośliny buraka, a tym samym zwiększał plon korzeni. Podobne zjawisko odnotowano dla rzepaku (Barłóg i in., 2002). Dopiero w tym kontekście, to znaczy na tle plonów korzeni uzyskanych przy braku

nawożenia KNaMg, można rozważać działanie nawozów azotowych. Na obiekcie z saletrą wapniową, w stosunku do kontroli, rośliny buraka cukrowego nawożone samym potasem, wyprodukowały o 12,5% wyższy plon korzeni. Rośliny nawożone KNaMg, a zwłaszcza KNa₃Mg, plonowały wyżej niż kontrolne, lecz niżej niż nawożone samym potasem. Taki układ wyników jednoznacznie wskazuje na antagonizm zachodzący między kationami dwuwartościowymi (Ca^{2+} , Mg^{2+}), a jednowartościowymi (K^+ , Na^+). Antagonizm kationowy, jak wynika z analizy plonów korzeni w kolejnych latach badań, spotęgował stres wodny, który wystąpił w roku 1999.



Rys. 1. Plony korzeni buraka cukrowego, t·ha⁻¹

Fig. 1. Yields of root of sugar beet, t·ha⁻¹

Zdecydowanie odmienną reakcję plonotwórczą wykazały rośliny nawożone saletrą amonową. Najwyższe plony korzeni wytworzyły rośliny nawożone KNaMg, lecz istotną różnicę odnotowano tylko w stosunku do wariantu z solą potasową, a nie do kontroli. Spadek plonów korzeni w wariancie z samym potasem sugeruje antagonizm jonów K^+ i NH_4^+ , który jest wysoce prawdopodobny, gdyż wynika z konkurencji jonów o nośnik (Marschner, 1993). Jednocześnie w wariancie KNa₃Mg wystąpił antagonizm kationowy wywołany nadmiarem wprowadzonych do gleby kationów Mg^{2+} .

Rozpatrując cechy i parametry jakościowe korzeni buraka cukrowego stwierdzono brak jednoznacznych zależności. Najniższą polaryzację wykazały korzenie roślin kontrolnych, czyli nawożonych tylko azotem i fosforem. Tym samym wzrost zawartości cukru w korzeniach roślin nawożonych kationami potwierdza korzystny wpływ nawożenia potasem na akumulację cukru w korzeniach, aczkolwiek zmienny w latach (Herlichy, 1992; Milford i in., 2000). W roku suchym, 1999, polaryzację i to zdecydowanie zwiększało nawożenie samym potasem, a w optymalnym pogodowo roku 2000 — KNaMg (tab. 1).

Tabela 1

Wpływ nawożenia potasem i azotem na parametry jakościowe korzeni buraka cukrowego
Effect of potassium and nitrogen fertilization on root quality parameters of sugar beet

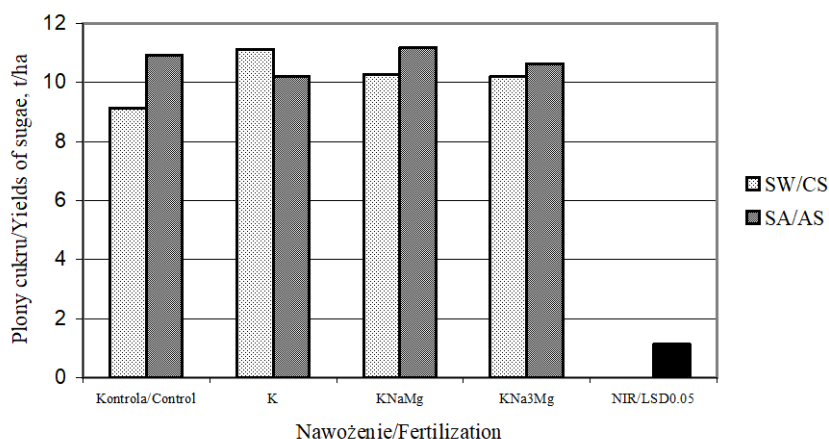
Parametr Parameter	Nawożenie potasem K-fertilization	Rok badań / Nawożenie azotem Year of investigations / N-fertilization							
		1999		Średnia Mean	2000		Średnia Mean	Średnia / Mean 1999/2000	
		SW	SA		SW	SA		SW	SA
Polaryzacja, % Sugar content, %	Kontrola Control	15,73	16,30	16,02	15,79	15,86	15,83	15,76	16,08
	K	17,50	17,28	17,39	16,23	15,60	15,92	16,87	16,44
	KNaMg	16,69	15,56	16,13	16,52	16,41	16,47	16,61	15,99
	KNa ₃ Mg	17,42	16,66	17,04	16,15	16,31	16,23	16,79	16,49
	Średnia Mean	16,84	16,45		16,17	16,05		16,51	16,25
N-α-m. mmol/100 g	Kontrola Control	2,90	2,40	2,65	2,09	2,16	2,13	2,50	2,28
	K	2,29	1,82	2,06	2,62	2,35	2,49	2,46	2,09
	KNaMg	2,81	1,87	2,34	2,47	1,99	2,23	2,64	1,93
	KNa ₃ Mg	2,81	1,81	2,31	2,20	1,88	2,04	2,51	1,85
	Średnia Mean	2,70	1,98		2,34	2,10		2,52	2,04
K mmol/100 g	Kontrola Control	4,06	3,46	3,76	4,58	4,83	4,71	4,32	4,15
	K	3,79	4,17	3,98	4,90	4,44	4,67	4,35	4,31
	KNaMg	5,12	3,90	4,51	5,28	4,53	4,91	5,20	4,22
	KNa ₃ Mg	4,74	4,43	4,59	4,64	4,17	4,41	4,69	4,30
	Średnia Mean	4,43	3,99		4,85	4,49		4,64	4,24
Na mmol/100 g	Kontrola Control	0,62	0,60	0,61	0,75	1,09	0,92	0,69	0,85
	K	0,93	0,59	0,76	0,76	0,77	0,77	0,85	0,68
	KNaMg	0,67	0,61	0,64	0,70	0,78	0,74	0,69	0,70
	KNa ₃ Mg	0,54	0,60	0,57	0,65	1,01	0,83	0,60	0,81
	Średnia Mean	0,69	0,60		0,72	0,91		0,71	0,76
Straty przerobowe, % Sugar losses, %	Kontrola Control	2,34	2,14	2,24	2,22	2,31	2,27	2,28	2,23
	K	2,20	2,09	2,15	2,39	2,27	2,33	2,30	2,18
	KNaMg	2,45	2,07	2,26	2,39	2,19	2,29	2,42	2,13
	KNa ₃ Mg	2,39	2,12	2,26	2,24	2,15	2,20	2,32	2,14
	Średnia Mean	2,35	2,11		2,31	2,23		2,33	2,17
Cukier technologiczny, % Recoverable sugar, %	Kontrola Control	13,39	14,16	13,78	13,57	13,55	13,56	13,48	13,85
	K	15,30	15,19	15,24	13,84	13,33	13,59	14,57	14,26
	KNaMg	14,24	13,49	13,87	14,13	14,22	14,18	14,19	13,86
	KNa ₃ Mg	15,03	14,54	14,78	13,91	14,16	14,03	14,47	14,35
	Średnia Mean	14,49	14,34		13,86	13,82		14,18	14,08

Najbardziej charakterystyczną cechą działania badanych nawozów azotowych okazał się wzrost zawartości cukru w korzeniach roślin nawożonych saletrą wapniową w połączeniu z jednoczesnym wzrostem zawartości azotu α -aminowego i potasu. Większa

zawartość azotu α -aminowego w korzeniach roślin buraków nawożonych saletrą wapniową wskazuje na lepsze warunki zaopatrzenia w azot mineralny, niż roślin nawożonych saletrą amonową (Pocock i in., 1990). W rezultacie większe straty przerobowe cukru przejawiały rośliny buraka nawożone saletrą wapniową. W pierwszym roku badań straty te potęgowało nawożenie KNaMg, a w drugim także samym potasem. Przy czym, niezależnie od nawozu azotowego, ze względu na wielkość strat przerobowych można je zakwalifikować do klasy dobrej, która mieści się w zakresie od 2,01–2,40 mmol/100 g korzeni (Anonim, 1995).

Zawartość cukru technologicznego (wydatek) prezentuje wartość będąca różnicą między polaryzacją, a stratami przerobowymi cukru. Analiza średnich z 2-letnich wyników badań wykazała nieznaczną, poza wariantem kontrolnym, przewagę saletry wapniowej, zwłaszcza w roku niekorzystnym pogodowo, jakim był rok 1999. Średni wydatek cukru roślin nawożonych saletrą wapniową w stosunku do saletry amonowej był wyższy o 0,1%, a samym potasem do 0,3%.

Plony cukru technologicznego zależały od współdziałania obu czynników nawozowych (rys. 2). Największe różnice w działaniu nawozów azotowych wystąpiły na kontroli potasowej. Plony cukru uzyskane z buraków nawożonych saletrą wapniową stanowiły 84% nawożonych saletrą amonową. Na tle kontroli, w pierwszym obiekcie stwierdzono istotne działanie tylko soli potasowej, a w drugim żaden z wariantów nawożenia potasem nie wykazał istotnej różnicy w stosunku do kontroli.



Rys. 2. Plon technologiczny cukru
Fig. 2. Technological yield of sugar, t·ha⁻¹

Celem określenia roli nawozu azotowego w kształtowaniu plonów cukru buraków zastosowano analizę regresji, w której za zmienną zależną przyjęto plon cukru technologicznego (y), a za zmienne niezależne plony korzeni (x_1), polaryzację (x_2) i zawartość melasotworów (N α -aminowy; K, Na). Uzyskane zależności, dla obiektów z azotem, przedstawiają poniższe równania:

1. Saletra wapniowa
 $y = -3,048 + 0,184 x_1$ dla $R^2 = 82,84\%$ $n = 8$ (1)
 $y = -11,891 + 0,136 x_1 + 0,747 x_2$ dla $R^2 = 99,28\%$ $n = 8$ (2)
2. Saletra amonowa
 $Y = 2,817 + 0,104 x_1$ dla $R^2 = 53,42\%$ $n = 8$ (3)
 $Y = -13,034 + 0,141 x_1 + 0,799 x_2$ dla $R^2 = 99,42\%$ $n = 8$ (4)
- Z powyższych równań wynikają dwa fakty:
 — plon cukru uzyskany z buraków nawożonych saletrą amonową w prawie równym stopniu zależał od plonu korzeni, jak i polaryzacji;
 — zawarte w korzeniach melasotwory, niezależnie od zastosowanego nawozu azotowego, nie odgrywały istotnej roli w kształtowaniu plonów cukru.
- Powyższe zależności potwierdziła, aczkolwiek nie w pełni, analiza ścieżek (tab. 2). Plony cukru zależały, jak wynika z analizy wartości współczynników ścieżek, tylko od dwóch cech struktury plonu, a więc plonów korzeni i polaryzacji.

Tabela 2

Współczynniki korelacji i ścieżki dla zależności plonów cukru od plonów korzeni i jakości technologicznej korzeni buraków cukrowych
Coefficients of correlation and paths analysis for the relationships between sugar yields and yields of roots and their technological parameters

Zmienne niezależne Independent variables	Saletra wapniowa Calcium salpeter		Saletra amonowa Ammonium salpeter	
	współczynniki coefficients			
	korelacji correlation	ścieżki path	korelacji correlation	ścieżki path
Plon korzeni Yield of roots	0,91	0,687	0,73	0,96
Zawartość cukru Sugar content	0,81	0,463	0,37	0,68
N α -aminowy α -amino N	-0,28	-0,055	-0,44	-0,05
K	0,24	-0,051	-0,36	-0,07
Na	0,31	0,007	-0,15	-0,02

WNIOSKI

1. Wysoko plonujące plantacje buraków cukrowych wymagają precyzyjnego doboru nawozu azotowego i potasowego uwzględniającego ich skład chemiczny; wzajemne relacje między składnikami pokarmowymi mogą wywierać znaczący wpływ na plon cukru.
2. W omawianym doświadczeniu największe plony korzeni i cukru otrzymano nawożąc buraki saletrą wapniową oraz solą potasową lub saletrą amonową oraz nawozem zawierającym poza potasem także sód i magnez.
3. Ocena plonotwórczego działania nawozów azotowych wymaga wyjaśnienia roli formy chemicznej azotu w nawozie. Plony buraków nawożonych saletrą wapniową w

przeważającym stopniu zależały od plonu korzeni, a nawożonych saletra amonową zarówno od plonu korzeni, jak i polaryzacji.

LITERATURA

- Anonim 1995. Ein starkes Stück: Qualität von KWS. KWS, Einbeck: 31.
- Armstrong D. I. 1998. (ed.). Potassium for agriculture. Better Crops. 3: 40.
- Barlóg P., Grzebisz W. 2002. The influence of the kind of fertilizer and the method of division of nitrogen on the content and dynamics of micronutrient uptake by winter oilseed rape. In: Chemistry for Agriculture. Vol. 3. Chemical Products In: Agriculture and Environment: 195 — 198.
- Bell Ch., Milford G. F. J., Leigh R-A. 1996. Sugar beet. In: Photoassimilate Distribution in Plants and Crops. (Eds. E. Zamski and A. A. Schaffer) New York, Marcel Dekker Inc: 691 — 707.
- Dibb D. W. 2000. The mysteries (myths) of nutrient use efficiency. Better Crops 84, 3: 3 — 5.
- Draycott, A. P. 1996. Aspects of fertilizer use in modern, high-yield sugar beet culture. IPI- Bulletin 15, IPI, Basel/Switzerland: 52.
- Grzebisz W., Barlóg P., Feć M., 1998. The dynamics of nutrient uptake by sugar beet and its effect on dry matter and sugar yields. Bibliotheca Fragmenta Agronomica, 3/98: 242 — 248.
- Grzebisz W., Barlóg P. 2002. Zasady nawożenia. W: Nowoczesna uprawa buraków cukrowych. W. Grzebisz (red.). Wyd. AR Poznań: 62 — 85.
- Gutmański I. 2002. Znaczenie nawożenia potasem dla efektywnej uprawy buraka cukrowego. IPI, IHAR: 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.
- Herlihy M., 1992. Effects of N, P and K on yield and quality of sugar beet. Irish J. of Agric. Food Res. 31: 35 — 49.
- Konys L., Wiśniewski P. 1991. Analiza ścieżkowa w układach przyczynowo-skutkowych. Roczniki AR w Poznaniu CLIII: 37 — 45.
- Marschner H., Schafarczyk W. 1967. Influx und Efflux von Natrium und Kalium bei Mais- und Zuckerrübenpflanzen. Zeitschrift für Pflanzenernähr. Bodenk. 118: 172 — 187.
- Marschner H. 1993. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London — 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.
- Milford G. F. J., Armstrong M. J., Jarvis P. J., Houghton B. J., Bellet-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 (Part 1): 1 — 10.
- Pocock T. O., Milford G. F. J., Armstrong M. J. 1990. Storage root quality in relation to nitrogen uptake. J. Agric. Sci. Cambridge 115: 355 — 362.
- Pollach G., Hein W., Rösner G. 1996. Definition der inneren Qualität von Zuckerrüben. Zuckerind. 121, 5: 332 — 344.
- Rocznik Statystyczny. 2000, 2001. Wydawn. Statystyczne GUS, Warszawa.
- Schiweck H., Burba M. 1993. Abschätzung der Alkalitätsreserven von Zuckerrüben aus der Ionenbilanz von Dicksäften. Zuckerind., 118: 241 — 246.
- Siódmiak J. 2002. Odmiany buraka cukrowego, ich ocena i wartość gospodarcza. W: Nowoczesna uprawa buraków cukrowych. W. Grzebisz (red.). Wyd. AR Poznań: 29 — 40.