

URSZULA PROŚBA-BIAŁCZYK**MAREK MYDLARSKI**

Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Wpływ chlorku sodu zastosowanego nalistnie na produktywność i wartość technologiczną buraka cukrowego

The effect of sodium chloride sprayed on leaves on productivity and technological value of sugar beet

W badaniach nad nalistnym dokarmianiem chlorkiem sodu, w stężeniach 2, 6 i 12%, zastosowanym w pierwszych dekadach lipca, sierpnia i września, na odmiany Kristall, Atair i PN Mono 4 określano poziom plonów, strukturę masy korzeni, zawartość makroskładników mineralnych oraz niektóre cechy wartości technologicznej surowca. Nalistny oprysk chlorkiem sodu wpływał korzystnie na poziom plonów korzeni i liści buraka cukrowego, strukturę masy korzeni oraz biologiczną i technologiczną wydajność cukru. Stężenia i terminy stosowania chlorku sodu istotnie kształtowały strukturę masy korzeni i ich wartość technologiczną. Stężenie 12% chlorku sodu zwiększało zawartość suchej masy, popiołu i azotu alfa-aminowego, lecz nie wpływało na wzrost koncentracji cukru i jego wydatek. Sód zawarty w korzeniach istotnie dodatnio warunkował ich plon, lecz ujemnie wpływał na zawartość cukru i jego wydatek. Pod wpływem wzrastających dawek chlorku sodu w korzeniach wzrastała koncentracja azotu, potasu i sodu, a zmniejszała się zawartość fosforu i magnezu.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, chlorek sodu, dokarmianie dolistne

The sugar beet yield levels, root mass structure and some technological value parameters of the raw material were determined in the studies on foliage application of sodium chloride, at concentrations 2, 6 and 12%, sprayed in the first decades of July, August and September, on the varieties Kristall, Atair and PN Mono 4. Sodium chloride sprayed on leaves influenced positively the yield level of sugar beet foliage and roots, root mass structure and biological and technological yield of sugar. The concentrations and dates of sodium chloride application significantly affected the root mass structure and technological value. Sodium chloride of 12% concentration increased dry mass, ash and alpha-amino nitrogen contents, but did not affect the concentration of sugar and its yield. Sodium contained in roots affected their yield positively and significantly, but had a negative influence on the content of sugar and its yield. Increasing doses of sodium chloride induced increased concentration of nitrogen, potassium and sodium in the roots, and decreased the concentration of phosphorus and magnesium.

Key words: foliage application, sodium chloride, sugar beet

WSTĘP

Sód jest zawsze pobierany przez rośliny, ale jego rola w fizjologii rośliny nie jest jeszcze w pełni poznana. Zdaniem fizjologów sód nie może być jednak zastąpiony przez żaden inny pierwiastek. Podobnie jak potas, sód wpływa na gospodarkę wodną rośliny zwiększa hydratację biokoloidów i podnosi potencjał osmotyczny komórek (Korczewski, Majewski, 1934; Warchołowa, 1971). Pierwiastek ten wpływa także na oddychanie i przemiany związków azotowych. Sód, podobnie jak potas, nie wchodzi w roślinie w skład żadnych trwałych związków organicznych.

Dla buraka cukrowego sód ma szczególne znaczenie, gdyż burak odkłada dużą ilość substancji zapasowych w formie węglowodanów. W piśmiennictwie dotyczącym roli sodu w nawożeniu buraka stwierdzano wielokrotnie, że wpływa on korzystnie na poziom plonów i wydajność cukru (Allison i in., 1997; Philips, Chiy, 1995; Prośba-Białczyk, Mydlarski, 1999, 2002; Warchołowa, 1971; Wiśniewski, 1994). Niedostateczne zaopatrzenie buraka cukrowego w sód może być przyczyną spadku plonów, a także zmniejszonej zawartości sacharozy. Nadmiar sodu może natomiast wpływać na wzrost zawartości melasotworów i obniżać technologiczny plon cukru (Prośba-Białczyk i in., 2001).

Burak cukrowy dodatnio reaguje na obecność sodu w środowisku odżywczym. Wraz z plonem pobiera z gleby od 80 do 250 kg Na·ha⁻¹. Z uwagi na dodatnią reakcję na sód i duże pobieranie tego pierwiastka często określany bywa w piśmiennictwie jako roślina sodolubna (Fotyma, Mercik, 1992; Prośba-Białczyk, Mydlarski, 1999; Wiśniewski, 1994).

Chlor jest łatwo pobierany przez rośliny, a niektórzy fizjolodzy uważają go nawet za niezbędny dla roślin i zaliczają do makroelementów. Chlor wpływa na hydratację biokoloidów, a ponadto aktywuje pewne enzymy związane z układami cytochromowymi. Pierwiastek ten wydaje się niezbędny dla reakcji fotosyntetycznych związanych z uwalnianiem tlenu. Jest czynnikiem katalitycznym przy fotolizie wody w procesie fotosyntezy.

Chlor, występujący w glebach w formach rozpuszczalnych, jest pobierany przez rośliny biernie i łatwo transportowany do nadziemnych części roślin. Niedobór chloru w roślinach prawie nie występuje w warunkach naturalnych. Zawartość chloru w roślinach jest zróżnicowana, a burak zaliczany jest do roślin odpornych, gdyż nie wykazuje objawów toksyczności na ten pierwiastek nawet przy stężeniu 900–3500 mg Cl/l.

Dotychczasowe badania dotyczące wpływu sodu, stosowanego najczęściej w formie chlorku sodu, były wynikiem stosowania doglebowego. Ponieważ jony sodu i chloru mogą być również przyswajane przez liście autorzy podjęli badania nad dolistnym zastosowaniem roztworu chlorku sodu.

MATERIAŁ I METODY

Badania z nalistnym stosowaniem chlorku sodu na burak cukrowy przeprowadzono w latach 1998–2000 w Katedrach Szczegółowej Uprawy Roślin i Technologii Rolnej i Przechowywania AR we Wrocławiu. Ścisłe doświadczenia mikropoletkowe zakładano w układzie split-plot z trzema czynnikami zmiennymi, którymi w kolejności były:

— odmiany Kristall, Atair i PN Mono 4,

- poziomy stężenia chlorku sodu, kontrola bez chlorku sodu i stężenia 2, 6 i 12%,
- terminy wykonania nalistnych oprysków: pierwsze dekady lipca, sierpnia i września.

W założeniu przyjęto, że stosując 300 l roztworu NaCl na 1 ha dostarcza się roślinom 2,4 kg Na/ha w roztworze 2%; 7,2 kg Na/ha w roztworze 6% i 14,4 kg Na/ha w roztworze 12%. Roztwór wodny chlorku sodu zastosowano w formie oprysku średniokroplistego. Powierzchnia poletek z burakiem cukrowym do zbioru wynosiła 3,7 m².

Doświadczenie przeprowadzono na glebie brunatnej, należącej do grupy gleb brunatnoziemnych pochodzenia fluwiogłacjalnego, typu płowego, wytworzonej z gliny lekkiej na glinie średniej, zaliczanej do kompleksu przydatności rolniczej pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej IIIb. Odczyn gleby przed założeniem doświadczenia był lekko kwaśny (pH w 1 M KCl wahało się od 5,9–6,3), a zasobność w makro składniki mineralne P, K i Mg była średnia. Przedplonem burka była pszenica ozima, po zbiorze której uprawiano międzyplon ścierniskowy gorczycę Metex z przeznaczeniem na nawożenie organiczne. Nawożenie fosforem — 100 kg P₂O₅ i potasem — 160 kg K₂O stosowano jesienią, a azotem wiosną w ilości 120 kg N/ha. Obsada roślin wynosiła około 93–95 tys. szt./ha.

Do oceny wpływu analizowanych czynników przyjęto następujące cechy: poziom plonów, strukturę masy korzeni, zawartość mineralnych makroelementów oraz cechy wartości technologicznej wytworzonego surowca.

Wyliczono także „wydatek cukru białego” na podstawie wzoru:

$$W = Pol - 4,25 \times p - 1 \text{ (Dobrzycki, 1988).}$$

gdzie:

W — wydatek cukru,

Pol — zawartość cukru,

4,25 — współczynnik strat wyrażający stosunek zawartości cukru do popiołu dygestyjnego,

1 straty nieoznaczone.

Technologiczny plon cukru — wyliczony w oparciu o wzór :

$$\text{Plon technologiczny cukru (t/ha)} = \frac{\text{plon korzeni (t/ha)} \times \text{wydatek cukru białego (\%)}}{100\%}$$

Wyniki badań opracowano statystycznie z wykorzystaniem analizy wariancji i korelacji na poziomie $\alpha = 0,05$.

WYNIKI BADAŃ

Badania potwierdziły dotychczasowe doniesienia z piśmiennictwa o istotnym, wpływie zastosowania chlorku sodu na produktywność buraka cukrowego (tab. 1). W następstwie dolistnego dokarmiania chlorkiem sodu stwierdzono bowiem, że zarówno dawka chlorku sodu jak i termin nalistnego zastosowania mogą kształtować plon i niektóre cechy jego jakości. Chlorek sodu wpływał na plon korzeni i liści oraz biologiczną wydajność cukru. Kolejne dawki chlorku sodu spowodowały przyrosty plonu korzeni, w wartościach względnych w porównaniu do plonów wykształconych przez rośliny na obiekcie kontrolnym, odpowiednio o 6,1; 15,8 i 24%. Udowodniony statystycznie przyrost plonów

korzeni stwierdzono jedynie pod wpływem chlorku sodu w stężeniach 6 i 12%. Stężenia te spowodowały również istotne przyrosty masy liści. Pod wpływem nalistnego dokarmiania chlorkiem sodu przyrastała też masa pojedynczego korzenia. Wzrastające stężenia chlorku sodu wpływały na udowodnione przyrosty plonu biologicznego cukru. Nie stwierdzono natomiast udowodnionego wpływu zastosowanych stężeń na kształtowanie wartości współczynnika ulistnienia.

Tabela 1

Wpływ oprysku chlorkiem sodu na produktywność odmian buraka cukrowego
Effect of sodium chloride spraying on productivity of sugar beet varieties

Badany czynnik Variable studied		Plony t/ha Yields		Współczynnik ulistnienia Foliage coefficient	Biologiczny plon cukru Biological sugar yield t/ha	Masa korzenia mass of roots kg
		korzeni roots	liści leaves			
Odmiana Cultivar	Kristall	64,3	48,2	0,75	11,50	0,73
	Atair	68,4	40,1	0,59	12,57	0,80
	PN Mono 4	53,6	49,5	0,92	9,52	0,65
NIR $\alpha = 0,05$		3,8	3,2	0,15	0,52	0,05
LSD $\alpha = 0,05$						
Stężenie roztworu NaCl Concentration of NaCl solution (%)	0	55,8	41,5	0,74	9,86	0,57
	2	59,2	43,6	0,74	10,57	0,64
	6	64,6	46,5	0,72	11,76	0,77
	12	69,2	49,9	0,72	12,68	0,86
NIR $\alpha = 0,05$		4,3	3,7	r.n.	0,70	0,07
LSD $\alpha = 0,05$						
Termin oprysku Date of spraying	lipiec July	60,2	45,6	0,76	10,74	0,72
	sierpień August	62,7	43,8	0,70	11,37	0,75
	wrzesień September	64,2	47,7	0,74	11,59	0,78
NIR $\alpha = 0,05$		r.n.	r.n.	r.n.	0,75	r.n.
LSD $\alpha = 0,05$						

r.n. — Różnica nieistotna;
r.n. — Insignificant difference

Chlorek sodu zastosowany w stężeniach 2, 6 i 12% modyfikował strukturę masy korzeni (tab. 2). Stężenia 6 i 12% spowodowały zmniejszenie udziału korzeni drobnych, o masie do 600 g i zwiększenie udziału korzeni dużych — większych od 900 g. Nie stwierdzono natomiast udowodnionego wpływu zastosowanych stężeń na procentowy udział korzeni o masie od 600 do 900 g, czyli korzeni o najkorzystniejszej wartości technologicznej.

Chlorek sodu w stosowanych stężeniach wpływał też na zawartość suchej masy, sacharozy, popiołu i azotu alfa-aminowego (tab. 3). Korzenie buraków cukrowych po zastosowaniu dolistnego dokarmiania 6 i 12% chlorkiem sodu cechowały się wyższą zawartością suchej masy w stosunku do kontroli i do stężenia 2%. Zawartość sacharozy przyrastała jedynie istotnie pod wpływem roztworu 6% chlorku sodu, zarówno w odniesieniu do obiektu kontrolnego jak i do roztworu 2%. Zawartość popiołu przyrastała natomiast, podobnie jak suchej masy, pod wpływem stężeń 6 i 12%. Zastosowane wzrastające stężenia chlorku sodu powodowały udowodnione przyrosty koncentracji azotu

alfa-aminowego w stosunku do kontroli, lecz istotne różnice stwierdzono między stężeniami 2 i 12%. Istotne zmiany spowodowane pod wpływem różnych stężeń chlorku sodu, zawartości azotu alfa-aminowego i koncentracji popiołu, uzewnętrzniały się w wydatku cukru i w jego wydajności technologicznej. Dolistne dokarmianie chlorkiem sodu zwiększało wydatek cukru, lecz zróżnicowanie między stężeniami nie zostało udowodnione. Chlorek sodu w stężeniach 6 i 12% wpływał istotnie, dodatnio na technologiczny plon cukru.

Tabela 2

Wpływ oprysku chlorkiem sodu na strukturę masy korzeni
Effect of sodium chloride spraying on root mass structure

Badany czynnik Variable studied		Masa korzenia (g) Root mass				
		< 300	301–600	601–900	901–1200	>1200
Odmiana	Kristall	6,9	19,9	25,5	26,8	21,8
Cultivar	Atair	6,3	18,5	23,6	20,6	31,1
	PN Mono 4	8,4	24,8	26,8	16,9	23,1
NIR $\alpha = 0,05$		1,3	3,3	r.n.	3,9	3,7
LSD $\alpha = 0,05$						
Stężenie	0	10,2	28,7	23,1	20,8	17,2
roztworu NaCl	2	7,8	22,2	24,5	23,0	22,5
Concentration	6	6,0	18,7	27,5	24,2	23,6
of solution (%)	12	4,8	14,5	28,7	26,8	25,2
NIR $\alpha = 0,05$		2,8	6,4	r.n.	5,8	4,7
LSD $\alpha = 0,05$						
	lipiec	7,1	18,4	21,8	18,7	24,9
	July					
Termin oprysku	sierpień	7,0	22,3	28,0	21,6	24,0
Date of spraying	August					
	wrzesień	7,1	22,3	28,0	23,2	27,1
	September					
NIR $\alpha = 0,05$		r.n.	3,5	4,4	r.n.	r.n.
LSD $\alpha = 0,05$						

r.n. — Różnica nieistotna

r.n. — Insignificant difference

Na kształtowanie produktywności buraków i ich jakości technologicznej wpływał również termin dolistnego dokarmiania chlorkiem sodu. Udowodniony wpływ terminu dolistnego dokarmiania stwierdzono w odniesieniu do biologicznego plonu cukru oraz do struktury masy korzeni, a także ich wartości technologicznej (tab. 1, 2 i 3). Najkorzystniej na biologiczną wydajność cukru wpływał oprysk we wrześniu. Wówczas, biologiczny plon cukru był istotnie wyższy w porównaniu do aplikacji w lipcu, lecz nieistotnie przewyższał plon biologiczny pod wpływem oprysku wykonanego w sierpniu. Termin zastosowania chlorku sodu wpływał na udział korzeni o masie od 300 do 600 g i od 600 do 900 g. Najniższy procentowy udział w plonie obu tych frakcji korzeni stwierdzono przy lipcowym terminie oprysku. Zróżnicowanie zaś między opryskami wykonanymi w sierpniu i wrześniu było nieistotne. Ponadto, termin dolistnego dokarmiania modyfikował zawartość suchej masy, sacharozy, popiołu i azotu alfa-aminowego, a także wydatek cukru i jego technologiczną wydajność. Nalistne dokarmianie chlorkiem sodu w pierwszej dekadzie

września, w stosunku do terminów wcześniejszych, podnosiło zawartość suchej masy, a także popiołu i azotu alfa-aminowego. Na zawartość sacharozy najkorzystniej natomiast wpływał oprysk wykonany w sierpniu. Sierpniowy termin nalistnego oprysku korzystnie wpływał też na „wydatek cukru” i technologiczną jego wydajność.

Tabela 3

Wpływ oprysku chlorkiem sodu na niektóre cechy jakości plonu i wydatek cukru
Effect of sodium chloride spraying on some yield value parameters and sugar yield

Badany czynnik Variable studied		Zawartość w korzeniach Content in roots				Wydatek cukru sugar yield %	Technologiczny plon cukru Technological sugar yield t/ha
		suchej masy dry matter (%)	cukru sucrose (%)	popiołu ash	N alfa- aminowego alpha-amino N		
Odmiana Cultivar	Kristall	24,60	17,89	0,52	2,39	15,45	9,93
	Atair	25,72	18,38	0,54	2,42	16,62	11,38
	PN Mono 4	25,24	17,70	0,62	2,86	15,01	8,04
NIR $\alpha = 0,05$		0,07	0,10	0,004	0,09	0,40	0,57
LSD $\alpha = 0,05$							
Stężenie roztworu NaCl Concentration of solution (%)	0	24,96	17,68	0,56	2,25	14,65	8,49
	2	24,98	17,85	0,56	2,53	15,21	8,67
	6	25,28	18,21	0,57	2,57	15,31	9,89
	12	25,98	18,32	0,58	2,89	15,17	10,49
NIR $\alpha = 0,05$		0,08	0,18	0,004	0,11	0,35	0,45
LSD $\alpha = 0,05$							
Termin oprysku Date of spraying	lipiec July	25,12	17,85	0,55	2,18	16,30	9,81
	sierpień August	24,86	18,13	0,56	2,49	15,48	9,70
	wrzesień September	25,59	18,06	0,58	3,01	15,22	9,77
NIR $\alpha = 0,05$		0,07	0,15	0,004	0,09	0,30	r.n.
LSD $\alpha = 0,05$							

r.n. — Różnica nieistotna

r.n. — Insignificant difference

Sód zawarty w korzeniach istotnie dodatnio warunkował plon korzeni i liści, lecz ujemnie korelował z zawartością cukru i jego „wydatkiem” (tab. 4). Zawartość sodu w korzeniach nie wpływała na technologiczny plon cukru. Koncentracja sodu w liściach korelowała dodatnio z plonem korzeni, zawartością cukru, jego wydatkiem i technologicznym plonem cukru.

Badania potwierdziły, wielokrotnie podkreślany przez innych autorów, istotny wpływ genotypu odmian na produktywność buraka cukrowego i kształtowanie cech wartości technologicznej wytworzonego surowca (Prośba-Białczyk, Mydlarski 1999, 2001; Wiśniewski, 1994). Uprawiane w doświadczeniu odmiany buraka różniły się poziomem plonów korzeni, liści, strukturą masy korzeni, biologiczną i technologiczną wydajnością cukru oraz zawartością suchej masy, sacharozy, popiołu i azotu alfa-aminowego (tab. 1, 2 i 3). Najwyższą plennością i biologiczną oraz technologiczną wydajnością cukru cechowała się odmiana Atair. Korzenie tej odmiany miały również najwyższą masę, a także zawierały najwięcej sacharozy.

Tabela 4

Współczynniki korelacji między zawartością sodu w korzeniach i w liściach a plonowaniem i wydajnością cukru
Coefficients of straight correlation of sodium content in roots and leaves of sugar beet with yielding and white sugar yield

Zawartość Na Content of Na	Plon Yield		Zawartość cukru Content of sucrose	Wydatek cukru białego Yield of sucrose	Technologiczny plon cukru Technological sugar yield
Część rośliny Part of plant	liście leaves	korzenie roots			
Korzenie Roots	0,65***	0,39***	-0,55***	-0,67***	-0,01
Liście Leaves	-0,09	0,59***	0,25**	0,24**	0,52***

r — Istotne na poziomie ufności $\alpha = 0,05$

r — Significant at level $\alpha = 0.05$

** $\alpha = 0,01$

*** $\alpha = 0,001$

Tabela 5

Wpływ chlorku sodu na zawartość mineralnych makroskładników (% s.m.)
Effect of sodium chloride on content of mineral macroelements (d.m. %)

Makroelementy Macroelements	Stężenie NaCl NaCl concentration (%)				NIR $\alpha = 0,05$ LSD $\alpha = 0.05$
	0	2	6	12	
Azot Nitrogen	0,55	0,56	0,62	0,65	0,04
Fosfor Phosphorus	0,172	0,169	0,158	0,155	0,004
Potas Potassium	0,65	0,67	0,70	0,71	0,03
Sód Sodium	0,052	0,060	0,071	0,076	0,005
Wapń Calcium	0,13	0,14	0,013	0,014	r.n.
Magnez Magnesium	0,22	0,20	0,19	0,20	0,01

r.n. — Różnica nieistotna

r.n.. — Insignificant difference

Chlorek sodu zastosowany w analizowanych stężeniach powodował zmiany zawartości niektórych mineralnych makroskładników w korzeniach (tab. 5). Pod wpływem wzrastających dawek chlorku sodu istotnie wzrastała zawartość azotu, potasu i sodu, a zmniejszała się zawartość fosforu i magnezu. Nie stwierdzono wpływu stężeń chlorku sodu na koncentrację wapnia.

WNIOSKI

1. Nalistne dokarmianie buraka cukrowego chlorkiem sodu wpływa dodatnio na poziom plonów korzeni i liści, strukturę masy korzeni oraz biologiczną i technologiczną wydajność cukru.

2. Stężenia i terminy stosowania chlorku sodu kształtują strukturę masy korzeni i ich wartość technologiczną. Chlorek sodu wpływa korzystnie na masę korzeni. Stężenie 12% chlorkiem sodu zwiększa zawartość suchej masy, popiołu i azotu alfa-aminowego, lecz nie wpływa ujemnie na wzrost koncentracji cukru i jego „wydatek”.
3. Pod wpływem wzrastających dawek chlorku sodu w korzeniach wzrasta koncentracja azotu, potasu i sodu, a zmniejsza fosforu i magnezu. Sód zawarty w korzeniach istotnie dodatnio koreluje z plonem korzeni, lecz ujemnie wpływa na zawartość cukru i jego wydatek.

LITERATURA

- Allison M. N., Chapman J. L., Garat C. E., Todd A. D. 1997. The potassium, sodium, magnesium, calcium and phosphate nutrition of sugar beet (*Beta vulgaris*) grown on soils containing incorporated straw. J. Sci. Food Agric. 74/2: 216 — 220.
- Baumeister W. 1960. Das Natrium als Pflanzennährstoff. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Dobrzycki J. (red.) 1988. Poradnik Inżyniera „Cukrownictwo”. Praca zbior. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Durrant M. J., Draycott A. P., Payne P. A. 1974. Some effects of sodium chloride on germination and seedling growth of sugar beet. Annals of Botany. 38/158: 1045 — 1051.
- Fotyma M., Mercik S. 1992. Chemia rolna. PWN, Warszawa.
- Genkel P., Bakonova L. 1974. The stimulating effect of small rates of sodium chloride on sugar beet. Fiziologija Rastonii 21, z. 4: 812 — 818.
- Goh K., Magat S. 1989. Sodium chloride increases the yield of fodder beet (*Beta vulgaris* L.) in two New Zealand soils. New Zealand Journal of Agricultural Research 32: 133 — 137.
- Kirkby E. A., Armstrong M. J., Milford G. F. 1987. The absorption and physiological role of P and K in sugar beet plant with reference to the function of Na and Mg. 50th. Winter Congress II RB, Bruxelles: 1 — 25.
- Korczewski M., Majewski F. 1934. Względna wartość pokarmowa sodu w porównaniu z potasem. Roczn. Nauk Rol. i Leśnych. t. 31, Poznań: 141 — 166.
- Philips C., Chiy P. 1995. Sodium in agriculture. Chalcombe Publications, United Kingdom.
- Prośba-Białczyk U., Mydlarski M. 1999. Wpływ dolistnego stosowania chlorku sodu na plonowanie i wartość technologiczną korzeni buraka cukrowego. Komunikat. Fragm. Agron. 2: 23 — 31.
- Prośba-Białczyk U., Regiec P., Mydlarski M. 2001. Impact of nitrogen fertilisation on the technological value of sugar beet cultivar roots. Agronomy, 4. <http://www.ejpau.media.pl/series/volume4/issue1/agronomy/art-03.html>
- Warchołowa M. 1971. Wpływ Na i K na transpirację, asymilację pozorną i gromadzenie cukru przez buraki cukrowe. Pam. Puł. 47: 199 — 214.
- Wiśniewski W. 1994. Dynamika wzrostu i pobierania składników pokarmowych przez buraki cukrowe i pastewne z uwzględnieniem ich jakości. Hod. Rośl. Aklim. 38, 1/2: 3 — 41.