

HENRYK ŁAWIŃSKI
JAROSŁAW POTARZYCKI
ALEKSANDRA BAER
Katedra Chemii Rolnej
Akademia Rolnicza, Poznań

Wpływ systemu uprawy i nawożenia azotem na pobranie mikroelementów przez buraki cukrowe

The effect of tillage system and nitrogen fertilization on micronutrients uptake by sugar beet

W latach 1998–2000 prowadzono badania polowe nad wpływem uproszczenia uprawy na pobranie miedzi i cynku w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem (0, 60, 120 i 180 kg N/ha). Ocenie poddano cztery systemy uprawy (klasyczny: orka + obornik OB, siew bezpośredni w mulcz ścierniskowy MS, siew bezpośredni w mulcz zielony z gorczycy białej MG oraz z facelii MF). W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że system uprawy kształtował tylko zawartość miedzi w liściach. Całkowite pobranie miedzi i cynku przez rośliny w pierwszej kolejności określane było przez dawkę azotu. Rola systemu uprawy przedsiewnej buraka cukrowego w kształtowaniu możliwości pobrania przez rośliny miedzi i cynku zmniejszała się w miarę wzrostu dawki nawozu azotowego. Wykazano dodatni związek między pobraniem jednostkowym miedzi przez buraki nawożone 120 i 180 kg N/ha, a zawartością cukru w korzeniach. Zawartość miedzi w liściach buraków pobranych w fazie dojrzałości technologicznej była istotnie skorelowana z polaryzacją, a wartości współczynników determinacji zwiększały się w miarę wzrostu poziomu nawożenia azotem.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, cynk, miedź, pobranie, system uprawy

In 1998–2000 field experiments were conducted in order to evaluate the effect of four tillage systems (classical — ploughing + farmyard manure OB., stubble mulch MS, white mustard green mulch MG and phacelia green mulch MF) on Cu and Zn uptake under the differentiated rates of N fertilization (0, 60, 120, 180 kg N/ha). It was found that the tillage system influenced only Cu content in leaves. The total uptake of Cu and Zn was significantly influenced by N rates. It was stated that higher N rate, the lower impact of tillage system on Cu and Zn uptake could be expected. The specific Cu uptake of sugar beet fertilized with 120 and 180 kg N/ha showed high positive effect on sugar content. The content of Cu in leaves, at technological maturity of roots, significantly correlated with sugar content in roots and determination coefficient R^2 increased parallel to increasing N rates.

Key words: copper, sugar beet, uptake, tillage system, zinc

WSTĘP

Uprawa bezorkowa buraków cukrowych staje się coraz powszechniejsza w krajach Unii Europejskiej, zwłaszcza w Niemczech (Merkes, 1987; Becker i in., 1998). Nowe technologie weryfikowane są także w warunkach glebowo-klimatycznych Polski (Kordas i Zimny, 1997; Gutmański, 1996; Ławiński i Grzebisz, 2000). Według prognoz Stroppela (1998) współczesne rolnictwo będzie ewaluować w kierunku rezygnacji z uprawy tradycyjnej.

Korzyści wynikające z uproszczeń w uprawie odnoszone są najczęściej do poprawy właściwości fizycznych (rzadziej chemicznych) warstwy ornej gleb uprawnych poprzez ograniczenie „degradującego” wpływu orki (Schütz, 1997; Emminger, 1998; Becker i in., 1998) oraz do zmniejszenia kosztów ponoszonych na uprawę roli, które według Gutmańskiego (1996) w porównaniu z systemem orkowym mogą być mniejsze o 60–70%.

Burak cukrowy jest gatunkiem wykazującym duże zapotrzebowanie na mikroelementy (Czuba, 1986). Jednak miedź i cynk nie są wymieniane w grupie składników pokarmowych koniecznych do stosowania w uprawie buraków. Brak reakcji tej rośliny wynika z faktu, że składniki te dostarczane są najczęściej w dostatecznych ilościach w nawozach organicznych, a zwłaszcza w oborniku. Potrzeby nawozowe względem tych pierwiastków mogą natomiast pojawiać się w warunkach braku stosowania obornika (Draycott, 1996). Stąd też uproszczenia w przygotowaniu gleby do siewu, uwzględniać powinny zapotrzebowanie na dany mikroskładnik, traktując system oparty na orce i oborniku jako punkt odniesienia do dalszych rozważań.

Celem pracy było porównanie wpływu systemu uprawy roli pod buraki cukrowe na zawartość oraz pobranie miedzi i cynku.

METODY BADAŃ

Badania polowe prowadzono w latach 1998–2000 na glebach kompleksu żyniego bardzo dobrego, klasy IVa, charakteryzujących się wysoką zasobnością w składniki pokarmowe. W doświadczeniu dwuczynnikowym badano reakcję buraków cukrowych odmiany Sonja, na uproszczenia w uprawie w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem (stosowanego bezpośrednio pod buraki). Ocenie poddano następujące czynniki:

I. System uprawy:

- orka + nawożenie obornikiem (system klasyczny — OB)
- bezorkowy, siew bezpośredni (mulcz ścierniskowy — MS)
- podorywka + gorczyca biała, siew bezpośredni (mulcz zielony z gorzycy — MG)
- podorywka + facelia, siew bezpośredni (mulcz zielony z facelii — MF)

II. Nawożenie azotem: 0, 60, 120 i 180 kg·ha⁻¹

Zawartość azotu mineralnego w glebie w okresie wiosny była największa w roku 1999, wahając się w przedziale od 94–160 kg N·ha⁻¹. Najmniej azotu w glebie odnotowano w roku 2000, a uzyskane wartości zawierały się w przedziale od 22 do 60 kg N·ha⁻¹. W każdym roku badań ilość N mineralnego w warstwie 0–60 cm była przeciętnie dwukrotnie większa w wariantach z obornikiem (dane dostępne u autorów).

Buraki nawożono fosforem i potasem w dawkach wynoszących odpowiednio 60 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ i 150 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$. Pełną ochronę fungicydową przeprowadzono zgodnie z zaleceniami dla tej rośliny. Poza Soluborem nie stosowano żadnych nawozów mikroelementowych.

WYNIKI I DYSKUSJA

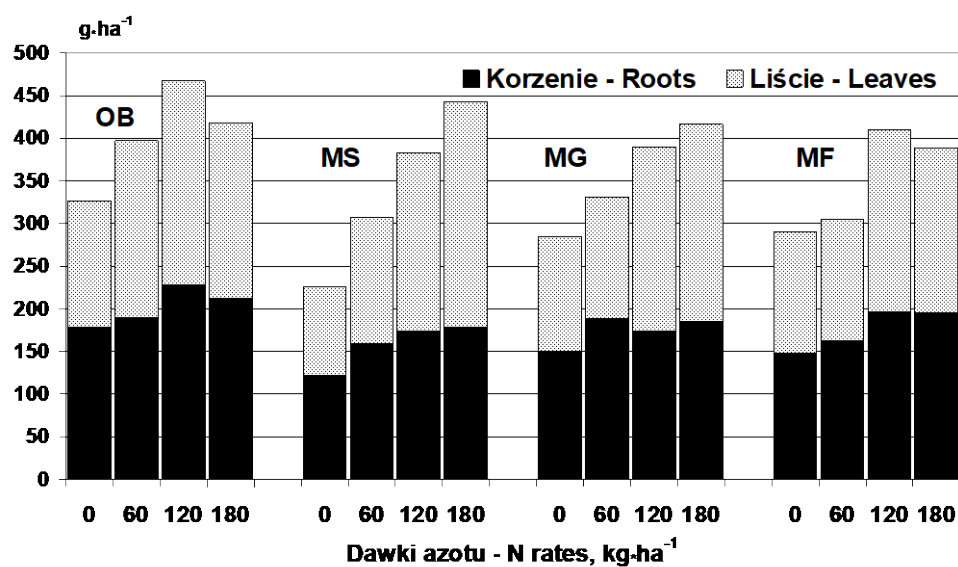
W fazie dojrzałości technologicznej system uprawy nie różnicował zawartości cynku w korzeniach i liściach buraków cukrowych (tab. 1). O ile akumulacja miedzi w korzeniach nie zależała od zabiegów wykonanych przed siewem, tak zawartość tego mikroelementu w liściach pochodzących z obiektu nawożonego obornikiem była istotnie mniejsza w porównaniu z wariantem z siewem bezpośrednim w ściernisko (MS). Ilość cynku w liściach i korzeniach buraków wykazała reakcję na nawożenie azotem. W porównaniu z obiektem nie nawożonym, zastosowanie 180 kg N/ha prowadziło do istotnego zwiększenia się ilości tego mikroskładnika w obu badanych organach. Dawka azotu nie miała wpływu na koncentrację miedzi w roślinie.

Tabela 1

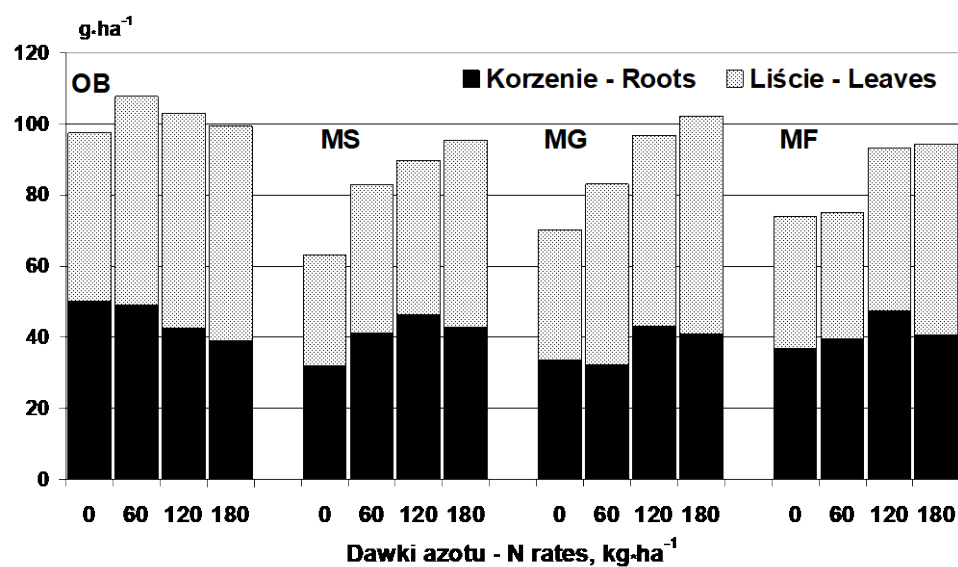
Zawartość mikroelementów w liściach i korzeniach buraków ($mg \cdot kg^{-1}$)
Content of micronutrients in leaves and roots ($mg \cdot kg^{-1}$)

Czynniki doświadczalne Experimental factors	Liście Leaves		Korzenie Roots	
	Zn	Cu	Zn	Cu
System uprawy Tillage system				
OB	19,27	5,71	13,09	2,93
MS	21,40	6,88	13,15	3,15
MG	19,06	6,76	13,04	2,78
MF	20,68	6,40	12,66	2,87
NIR _{0,05}	r.n.	1,08	r.n.	r.n.
LSD _{0,05}	n.s.		n.s.	n.s.
Nawożenie azotem N rates, $kg \cdot ha^{-1}$				
0	18,89	6,09	12,18	3,01
60	18,39	6,42	12,70	2,82
120	20,91	6,17	13,39	3,04
180	22,21	7,07	13,67	2,84
NIR _{0,05}	3,43	1,09	1,13	r.n.
LSD _{0,05}				n.s.

Sumaryczne pobranie miedzi i cynku przez rośliny określał zarówno system uprawy przedsięwziętej, jak i poziom nawożenia azotem, lecz oba badane czynniki działały niezależnie (rys. 1 i 2, tab. 2). Pozytywne działanie obornika jako źródła mikroelementów zaznaczyło się w stanowiskach o mniejszej dostępności azotu dla roślin. W porównaniu z siewami w mulcz (MS, MG i MF), buraki uprawiane w systemie klasycznym (orka + obornik) i nie nawożone azotem lub nawożone 60 kg N/ha, pobrały przeciętnie o 24% i 37% więcej odpowiednio cynku i miedzi. W miarę zwiększania się dawki N rola systemu uprawy w kształtowaniu końcowego pobrania przez buraki miedzi i cynku zmniejszała się.



Rys. 1. Pobranie cynku przez buraki cukrowe
Fig. 1. Uptake of zinc by sugar beet



Rys. 2. Pobranie miedzi przez buraki cukrowe
Fig. 2. Uptake of copper by sugar beet

Tabela 2

Pobranie mikroelementów przez buraki cukrowe (g·ha⁻¹)
Uptake of micronutrients by sugar beet (g·ha⁻¹)

Czynniki doświadczalne Experimental factors	Liście Leaves		Korzenie Roots		Razem Total	
	Zn	Cu	Zn	Cu	Zn	Cu
System uprawy Tillage system						
OB	199,8	56,8	199,0	45,2	398,8	102,0
MS	181,7	42,3	159,2	39,7	340,9	82,0
MG	181,3	50,6	175,2	37,5	356,5	88,1
MF	172,9	43,1	174,3	41,1	347,2	84,2
NIR _{0,05}	r.n.			r.n.	r.n.	
LSD _{0,05}	n.s.	6,6	20,7	n.s.	n.s.	9,7
Nawożenie azotem N rates, kg·ha ⁻¹						
0	132,0	38,0	148,8	38,2	280,8	76,2
60	160,4	46,8	182,2	40,5	342,6	87,3
120	219,8	50,8	192,8	44,9	412,6	95,7
180	223,6	57,1	191,5	40,8	415,1	97,9
NIR _{0,05}	49,8	6,6	20,7	r.n.	3,2	9,7
LSD _{0,05}				n.s.		

Powyższe zależności tłumaczyć można dużą dostępnością mikroelementów z obornika (Mercik i in., 1992; Domska i in., 2000) oraz zwiększającym się tempem mineralizacji „świeżej” materii organicznej pod wpływem wysokich dawek azotu, określanego w literaturze mianem efektu bodźcowego (Mengel, 1985). Pobieranie mikroelementów przez buraki najintensywniej przebiega w pierwszych dwóch miesiącach wegetacji (Wiśniewski, 1994). Wczesne zapotrzebowanie buraków na mikroelementy wymusza konieczność stworzenia roślinom warunków do ich pobierania praktycznie od początku wegetacji, co pośrednio potwierdziły uzyskane wyniki.

Maksymalne pobranie obu badanych pierwiastków przez buraki siane w mulcze ścierniskowy i z gorczyicy odnotowano w wariantach z największą dawką azotu, przy czym szczególnie dużą dynamikę zmian zanotowano dla cynku. Wyniesienie tego mikroelementu z plonem korzeni i liści w zakresie wyznaczonym od minimalnej do maksymalnej dawki N, podwoiło się. W systemie uprawy z obornikiem oraz z siewem w mulcz z facelii, największe pobranie cynku stwierdzono w warunkach zastosowania 120 kg N/ha. Uzyskane prawidłowości przedstawiają równania ($n = 4$):

$$(OB): \quad y = -30,18x^2 + 185,52x + 164,53; \quad R^2 = 0,93 \quad (1)$$

$$(MS): \quad y = 72,73x + 157,80; \quad R^2 = 0,99 \quad (2)$$

$$(MG): \quad y = 45,41x + 241,95; \quad R^2 = 0,98 \quad (3)$$

$$(MF): \quad y = -9,15x^2 + 86,03x + 201,75; \quad R^2 = 0,78 \quad (4)$$

gdzie:

x — dawka azotu, kg N·ha⁻¹

y — całkowite pobranie Zn g·ha⁻¹

Pobranie miedzi przez buraki uprawiane w systemie klasycznym w niewielkim stopniu wiązało się ze stosowaniem azotu mineralnego, a maksymalne wartości stwierdzono już po

wprowadzeniu do gleby najmniejszej dawki nawozu (60 kg N/ha). Na obiektach z uproszczoną uprawą (MS, MG i MF) potwierdzono wpływ nawożenia azotem na całkowite pobranie miedzi przez rośliny, a uzyskane prawidłowości opisują funkcje wielomianowe ($n = 4$):

$$(OB): \quad y = -3,5x^2 + 17,56x + 84,25; \quad R^2 = 0,79 \quad (5)$$

$$(MS): \quad y = -3,5x^2 + 27,86x + 39,45; \quad R^2 = 0,99 \quad (6)$$

$$(MG): \quad y = 0,625x^2 + 6,865x + 63,67; \quad R^2 = 0,96 \quad (7)$$

$$(MF): \quad y = 0,05x^2 + 8,19x + 64,05; \quad R^2 = 0,84 \quad (8)$$

gdzie:

x — dawka azotu, $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$

y — całkowite pobranie Cu $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$

Według Allisona i wsp. (1998) dla buraków sianych w mulcz ekonomicznie uzasadniona dawka azotu wynosi $96 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Zakładając za Ławińskim i wsp. (2002), że optymalne dawki azotu dla plonu korzeni w zależności od systemu uprawy wahają się w szerokich granicach 115 (system z obornikiem) do $177 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (mulcz ścierniskowy), to wartości maksymalnego pobrania badanych mikroelementów mieszczą się w podanych przedziałach określonych dla dawek nawozowych. Wiśniewski (1994) sugeruje jednak, że kumulacja składników pokarmowych przez buraki w niektórych fazach wegetacji może być większa od stwierdzonej przy zbiorze, dlatego wnioskowanie o potrzebach pokarmowych na podstawie końcowego pobrania mikroelementów może być mało precyzyjne.

Ocenie poddano także jednostkowe pobranie obu mikroelementów, wyrażające się ilością składnika wyniesioną z gleby z plonem 1 t korzeni wraz z odpowiednią masą liści (PK) oraz pobranie wyrażone 1 t plonu cukru (PCB) (tab. 3).

Tabela 3

Jednostkowe pobranie mikroelementów ($\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$)
Specific uptake of micronutrients by sugar beet ($\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$)

Czynniki doświadczalne Experimental factors	Pobranie jednostkowe plonu korzeni Specific uptake — 1 t of roots (PK)		Pobranie jednostkowe plonu cukru Specific uptake — 1 t of sugar (PCB)	
	Zn	Cu	Zn	Cu
System uprawy Tillage system				
OB	7,80	1,96	45,86	10,81
MS	8,05	1,94	47,57	10,03
MG	7,63	1,93	44,93	10,38
MF	7,47	1,78	43,33	9,18
NIR _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
LSD _{0,05}	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Nawożenie azotem N — rates, $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$				
0	6,74	1,81	38,46	9,40
60	7,14	1,83	41,02	9,51
120	8,37	1,94	49,68	10,37
180	8,71	2,05	52,53	10,1
NIR _{0,05}	1,14	0,18	7,82	1,18
LSD _{0,05}				

Uzyskane wartości kształtowały się na poziomie podawanym przez innych autorów (Gutmański 1996; Wiśniewski 1994). Generalnie nie odnotowano różnicującego działania systemu uprawy na pobranie jednostkowe mikroelementów. W porównaniu z pozostałymi wariantami uprawy, stwierdzono jedynie trend do większego zapotrzebowania na cynk buraków sianych w mulcz ścierniskowy. Na podstawie ilości miedzi i cynku potrzebnych do wyprodukowania 1 t cukru biologicznego (PCB) można stwierdzić, że najefektywniej gospodarowały badanymi mikroelementami rośliny uprawiane po międzyplonie z facelii (tab. 3). Jednak uzyskane wartości PCB zarówno dla miedzi, jak i cynku, w pierwszej kolejności zależały od nawożenia azotem, zwiększając się wraz ze wzrostem dawki nawozu azotowego.

W prowadzonych badaniach wykazano dodatni związek między pobraniem jednostkowym miedzi (PK) przez buraki nawożone 120 i 180 kg N/ha, a zawartością cukru w korzeniach (tab. 4), co wskazuje na większe potrzeby pokarmowe roślin względem miedzi na tych obiektach.

Tabela 4

Zależności korelacyjne między pobraniem jednostkowym mikroelementów a polaryzacją, n = 12
Correlation coefficient between specific uptake of micronutrients and sugar content, n = 12

Dawki azotu N — rates, kg·ha ⁻¹			
0	60	120	180
Cynk — Zinc			
-0,04	-0,10	-0,32	-0,19
Miedź — Copper			
0,35	0,50	0,65*	0,68**

* P ≤ 0,05

** P ≤ 0,01

Tabela 5

Zależności między zawartością miedzi w liściach (mg·kg⁻¹) a polaryzacją korzeni (%), n = 12
Relationship between copper content in leaves (mg·kg⁻¹) and sugar content in roots (%), n = 12

Nawożenie azotem N — rates	Współczynnik korelacji Correlation coefficient	Równanie regresji Regression equation	Współczynnik determinacji, R ² R ² coefficient
0	0,81**	y = -0,0057x ² + 0,3332x + 15,819	0,66
60	0,79**	y = -0,0325x ² + 0,7965x + 13,967	0,66
120	0,86**	y = 0,0015x ² + 0,3128x + 15,106	0,73
180	0,75**	y = -0,00667x ² + 1,3585x + 11,132	0,83

** — P ≤ 0,01

Niezależnie od czynnika doświadczalnego, którym był system uprawy, zwiększające się pobranie miedzi, w następstwie nawożenia azotem określone było głównie przez akumulację składnika w liściach (rys. 2, tab. 2). Gromadzenie mikroskładników w liściach znacznie wyprzedza kumulację w korzeniu (Wiśniewski, 1994), co wiązać należy z katalityczną rolą mikroelementów w procesach fotosyntezy. Zawartość miedzi w liściach buraków pobranych w fazie dojrzałości technologicznej była istotnie skorelowana z

polaryzacją, a wartości współczynników determinacji zwiększały się w miarę wzrostu poziomu nawożenia azotem (tab. 5).

Mimo, iż Allison i wsp. (1996) nie stwierdzili jednoznacznego związku między plonem, jakością korzeni buraków, a nawożeniem dolistnym miedzią, to uzyskane w niniejszej pracy zależności, wskazują na znaczenie jakie może odgrywać miedź w fizjologii syntezy sacharozy w korzeniach buraków cukrowych uprawianych w warunkach stosowania dużych dawek azotu.

WNIOSKI

1. Rola systemu uprawy przedsewnej buraka cukrowego w kształtowaniu możliwości pobrania przez rośliny miedzi i cynku zmniejsza się w miarę wzrostu dawki nawozu azotowego.
2. Akumulację miedzi i cynku w organach buraków cukrowych określała dawka azotu, a wartości maksymalnego pobrania badanych mikroelementów pokrywają się z przedziałami wyznaczającymi optymalne dawki nawozów azotowych dla plonu korzeni.
3. Zawartość miedzi w liściach w fazie dojrzałości technologicznej jest skorelowana z zawartością cukru w korzeniach buraków cukrowych.

LITERATURA

- Allison M. F., Last P. J., Bean K. M. R. 1996. Responses of sugar beet (*Beta vulgaris*) to foliar sprays of copper. J. Sci. Food Agric. 72 2: 219 — 225.
- Allison M. F., Armstrong M. J., Jaggard K. W., Todd A. D. 1998. Integration of nitrate cover crops into sugar beet (*Beta vulgaris*) rotations. II. Effect of cover crops on growth, yield and N requirement of sugar beet. J. Agric. Sci. 130/1: 61 — 67.
- Becker C., Lücke L., Lücke W. 1998. Pflugverzicht bei Zuckerrüben, Dauerhaft pfluglose Bodenbearbeitung zu Zuckerrüben im Großflächenmaßstab, Landtechnik 53 (2): 62 — 63.
- Czuba R. 1986. Zmiany zawartości składników w roślinach uprawnych na terenie kraju w zależności od nawożenia. W: Wpływ nawożenia na jakość plonów. Materiały z sympozjum, Olsztyn 24–25.06.1986: 34 — 42.
- Domska D., Wojtkowiak K., Warechowska M. 2000. „Zawartość mikroelementów w roślinach w płodozmianie z nawożeniem organicznym” Folia Univ. Stetin. 211 Agricultura (84): 99 — 102.
- Draycott A.P. 1996: Aspects of fertiliser use in modern, high-yield sugar beet culture. IPI-Bulletin No. 15, Basel: 52.
- Emminger R. (ed.) 1998. Landwirtschaft ohne Pflug. 1/98. Berlin: 5 — 2.
- Gutmański I. 1996. Niskonakładowa technologia produkcji buraka cukrowego. IHAR, Bydgoszcz.
- Kordas L., Zimny L. 1997. Wpływ wybranych poplonów ścierniskowych na plonowanie buraka cukrowego uprawianego technologią siewu bezpośredniego. Biul. IHAR 202: 207 — 211.
- Ławiński H., Grzebisz W. 2000. Ocena wpływu systemu uprawy i dawek azotu na plon i jakość technologiczną buraka cukrowego. Folia Univ. Agric. Stetin. 211 Agricultura 84: 251 — 256
- Ławiński H., Fabiański R., Szcześniak M., Grzebisz W. 2002. Efektywność azotu nawozowego w systemach uprawy buraka cukrowego w mulcz. Biul. IHAR 222: 91 — 99.
- Mengel K. 1985. Dynamics and availability of major nutrients in soils. Adv. Soil Sci. 2: 65 — 131
- Merkes R. 1987: Mulchsaat bei Zuckerrüben. DLG Mitt. 102: 368 — 369
- Mercik S., Stępień W., Kubik I. 1992. Wpływ wieloletniego nawożenia mineralnego i organicznego na zawartość mikroelementów w glebie. W: Mikroelementy w rolnictwie. Materiały z VII Sympozjum. Wrocław 16–17. 09. 1992: 71 — 75.

- Schütz G. 1997. Siew w mulcz — metoda uprawy buraków cukrowych przyjazna dla gleby. *Burak cukrowy* 4/97: 8 — 9.
- Stoppel A. 1998. Nowe tendencje w technice uprawy gleby i siewu. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Kielce, 1998. Techniki i technologie w wybranych działach produkcji roślinnej. IBMER, Warszawa: 29 — 34.
- Wiśniewski W. 1994. Dynamika wzrostu i pobierania składników pokarmowych przez buraki cukrowe i pastewne z uwzględnieniem ich jakości. *Hod. Rośl. Aklim.* 38 z.1/2: 3 — 41.