

HENRYK ŁAWIŃSKI¹**MAŁGORZATA SZCZEŚNIAK**¹**ROBERT FABIAŃSKI**²**WITOLD GRZEBISZ**¹¹ Katedra Chemii Rolnej² Katedra Ekonomiki Gospodarki Żywnościowej
Akademia Rolnicza w Poznaniu

Efektywność azotu nawozowego w systemach uprawy buraka cukrowego w mulcz

Efficiency of nitrogen fertilizer in sugar beet mulch cultivation systems

W latach 1998–2000 przeprowadzono serię doświadczeń, których celem była optymalizacja nawożenia buraków cukrowych azotem, w alternatywnych, tzn. w systemach uprawy w mulcz (ścierniskowy, zielony z gorczycy białej i z facelii). Efektywność azotu w tych systemach porównano z systemem klasycznym, tj. z orką i obornikiem. Założone cele uprawy buraków cukrowych wyznaczone wielkością plonów korzeni, cukru biologicznego, cukru technologicznego oraz zysku, wykazały wyraźną reakcję na dawki azotu. Jednak system uprawy w znacznie większym stopniu, niż cel uprawy, określał wielkość optymalnej dawki azotu. Plony maksymalne korzeni, będące skutkiem systemu uprawy okazały się głównym czynnikiem określającym opłacalność uprawy buraków, która zwiększała się w kierunku: mulcz ścierniskowy (SM) ≤ mulcz z gorczycy białej (WMM) ≤ mulcz z facelii (PhM) < system klasyczny (FM). W tym samym kierunku wzrastał także zysk. Ze względu na wielkość optymalnej dawki azotu wydzielono dwie grupy celów uprawowych, a mianowicie pierwszą z większą dawką N_{opt} , której celem okazał się plon korzeni; drugą z dawką mniejszą, w której równorzędnymi celami okazała się produkcja cukru technologicznego oraz zysk.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, efektywność agronomiczna azotu, nawożenie azotowe, zysk

A series of field experiments on optimization of N-fertilization in sugar beet were carried out in 1998–2000 for various in mulch cultivation systems [stubble mulch (SM), white mustard green mulch (WMM), phacelia green mulch (PhM)]. These systems were compared to the classical one, i.e. including ploughing and farmyard manure (FM). Goals of sugar beets cultivation, i.e. yield of roots, biological sugar, recoverable sugar and net return highly responded to the applied N rates. However, the type of the cultivation system affected the optimum N rate more deeply than the management goals. The maximal yields of roots, resulting from the assessed cultivation systems, was the main factor affecting sugar beet profitability and increased in the following order: SM ≤ WMM ≤ PhM < FM. The same order of the net return response to N rates was found. With respect to the optimum N rate, two groups of goals were established, the first one characterized by higher N_{opt} rate, comprised yield of roots and the second one with lower N_{opt} rate — yield of recoverable sugar and net return.

Key words: net return, nitrogen apparent efficiency, nitrogen fertilization, sugar beet

WSTĘP

Poglądy na temat uprawy roli, a zwłaszcza celowości wykonywania orki pod buraki cukrowe, która była i jest podstawowym warunkiem uzyskania wysokich i stabilnych plonów roślin, ulegają w ostatnich latach znacznej ewolucji. W Niemczech systemy bezorkowe w uprawie buraka cukrowego uznaje się za równoważne z klasycznymi — orkowymi (Becker i in., 1996; Becker i in., 1998). W Polsce także prowadzi się intensywne prace badawcze nad różnymi wariantami przygotowania roli pod zasiewy buraka cukrowego (Kordas, 1997; Zimny, 1997; Dzieńka, 1999; Gutmański i in., 1999).

Alternatywne systemy uprawy wymagają jednak zmian w całej technologii, nawet w technice nawożenia, w tym azotem. Wybór najbardziej ekonomicznego wariantu uproszczenia uprawowego można ocenić na podstawie efektywności nawożenia azotem, mając na względzie cztery cele uprawy buraka cukrowego, a mianowicie maksymalizację (Tassell i in., 1996):

- plonu korzeni,
- plonu cukru biologicznego,
- plonu cukru technologicznego,
- zysku.

Celem badań była ocena efektywności przyrodniczej i ekonomicznej azotu nawozowego w zależności od systemu uprawy buraka cukrowego w mulcz.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe, z burakiem cukrowym odmiany Sonia, prowadzono w latach 1998–2000 na glebach kompleksu żytniego bardzo dobrego, klasy bonitacyjnej IVa. Doświadczenie w układzie zależnym obejmowało następujące czynniki:

- I-rzędu — system uprawy: mulcz ścierniskowy (SM); mulcz zielony — gorczyca (WMM); mulcz zielony — facelia (PhM); orka + obornik (FM),
- II-rzędu — dawki azotu: 0 kg N·ha⁻¹; 60 kg N·ha⁻¹; 120 kg N·ha⁻¹; 180 kg N·ha⁻¹.

Dawki fosforu i potasu wynosiły odpowiednio 60 kg P₂O₅·ha⁻¹ i 150 kg K₂O·ha⁻¹. Dawka obornika 30 t·ha⁻¹. Międzyplony wysiewano w 2 dekadzie sierpnia w ściernisko o wysokości ok. 10 cm. Ilość suchej masy wprowadzona z międzyplonami do gleby wynosiła średnio 26,23 dt·ha⁻¹ (zawartość N — 3,59%) dla gorzycy i 26,43 dt·ha⁻¹ (N — 3,55%) dla facelii. Uprawa przedsiewna pod buraki cukrowe ograniczała się do użycia rototilera, po uprzednim zastosowaniu Roundupu w dawce 4 l·ha⁻¹. Siewu buraka cukrowego dokonywano w 2 dekadzie kwietnia. Do siewu użyto siewnika Unicorn-3. Nasiona wysiewano w odstępach 18 cm w rzędzie i na głębokości 1,5 cm.

Analizę ekonomiczną przeprowadzono dla każdego systemu uprawy oddzielnie posługując się danymi z tabeli 1.

Tabela 1

Źródła kosztów bezpośrednich w zależności od systemu uprawy buraka cukrowego (PLN·ha⁻¹)
Sources of direct costs in accordance to the sugar beets cultivation system (PLN·ha⁻¹)

Rodzaj kosztów Structure of costs	System uprawy Cultivation system			
	SM	WMM	PhM	FM
Nawożenie P i K P and K fertilization	250	250	250	250
Podorywka + uprawa Skimming + cultivation	x	70	70	70
Siew poplonu Catch crop sowing	x	150	115	x
Nawożenie obornikiem Organic fertilization	x	x	x	190
Orka głęboka Deep ploughing	x	x	x	210
Zwalczanie chwastów Weeding	220	220	220	x
Uprawa przedsiewna Sowing cultivation	80	80	80	80
Siew buraków Beets sowing	490	490	490	490
Nawożenie azotem N fertilization	310	310	210	210
Zwalczanie powstające chwastów Post-emerging weeding	820	820	820	820
Zbiór i transport buraków Beets harvest and transportation	780	780	780	780

Dochód brutto wyliczono jako iloczyn plonu korzeni, modyfikowany wartością polaryzacji oraz ceny jednostkowej korzeni (zgodnie z procedurą stosowaną w latach badań w Cukrowni Kościan).

Zbiór korzeni, z poletek o powierzchni 18 m², przeprowadzano corocznie w drugiej dekadzie października. W korzeniach, na auto-analizatorze Venema, oznaczono zawartość cukru, azotu α -aminowego, potasu i sodu. Straty cukru (S) wyliczono z równania (Buchholz, 1995):

$$S = 0,12 \times (K + Na) + 0,24 \times N\text{-}\alpha\text{-amin} + 1,08 \%$$

Po odjęciu od polaryzacji (C_b) strat cukru otrzymano procentową zawartość cukru technologicznego (C_t):

$$C_t = \% C_b - S (\%)$$

Plon cukru biologicznego (Y_{cb}) wyliczono wg wzoru :

$$Y_{cb} = (Y_k \times \% C_b) \times 100\% (\text{t}\cdot\text{ha}^{-1})$$

Plon cukru technologicznego (Y_{ct}) wyliczono wg wzoru:

$$Y_{ct} = (Y_k \times \% C_t) \times 100\% (\text{t}\cdot\text{ha}^{-1})$$

Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji dla doświadczeń dwuczynnikowych w układzie zależnym, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Otrzymane, przy zastosowaniu

regresji prostej, równania wielomianowe 2° posłużyły do wyliczenia (Fotyma i Mercik, 1995):

— optymalnej dawki azotu (X_{opt}):

$$X_{opt} = -\frac{b}{2c} \times (kg \cdot N \cdot ha^{-1})$$

— maksymalnego plonu korzeni (Y_{max}):

$$Y_{max} = a - \frac{b^2}{4c} \times (t \cdot ha^{-1})$$

gdzie:

K, Na, N α -aminowy — zawartości (mmol·100g korzeni⁻¹)

Y_k — plon korzeni (t·ha⁻¹)

a, b, c — współczynniki funkcji wielomianowej 2°

WYNIKI BADAŃ

Analizie wariancji poddano cztery cechy biologiczne i jedną cechę ekonomiczną plonów buraka cukrowego (tab. 2).

Tabela 2

Istotność czynników wpływających na plony korzeni i cukru oraz na zysk
Significance of factors influencing on yields of roots and sugars and net return

Źródło zmienności Source of variation	System uprawy — Cultivation system			
	mulcz ściernisko stubble mulch SM	mulcz gorczyca white mustard mulch WMM	mulcz facelia phacelia mulch PhM	obornik farmyard manure FM
Plon korzeni — Yield of roots, t·ha ⁻¹				
Azot — Nitrogen (N)	**	**	**	**
Lata — Years (L)	**	**	**	**
N × L	NS	NS	NS	NS
Polaryzacja — Polarization %				
Azot — Nitrogen (N)	**	**	**	**
Lata — Years (L)	**	**	**	**
N × L	NS	NS	NS	NS
Plon cukru biologicznego — Yield of biological sugar, t·ha ⁻¹				
Azot — Nitrogen (N)	**	**	□	**
Lata — Years (L)	**	**	**	**
N × L	NS	NS	NS	NS
Plon cukru technologicznego — Yield of technological sugar, t·ha ⁻¹				
Azot — Nitrogen (N)	**	*	□	**
Lata — Years (L)	**	**	*	**
N × L	NS	NS	NS	NS
Zysk — Net return (PLN·ha ⁻¹)				
Azot — Nitrogen (N)	**	**	□	**
Lata — Years (L)	**	**	**	**
N × L	NS	NS	NS	NS

NS — Nieistotne; Non significant

** — Istotne dla $\alpha = 0,01$; Significant at $\alpha = 0.01$

* — Istotne dla $\alpha = 0,05$; Significant at $\alpha = 0.05$

□ — Istotne dla $\alpha = 0,1$; Significant at $\alpha = 0.1$

Reakcja poszczególnych cech na czynnik doświadczalny, jakim były dawki azotu okazała się dodatnia. Niezależnie od systemu uprawy roli, plon korzeni i polaryzacja wykazały istotność reakcji na dawki azotu na poziomie $P \leq 0,01$. W trzech systemach uprawy, a mianowicie siewu w mulcz ścierniskowy, mulcz z gorczycy i w klasycznym, plony cukru biologicznego, cukru technologicznego i zysk, wykazały reakcję na nawożenie azotem na poziomie $P \leq 0,01$. Tylko w przypadku siewu w mulcz z facelii, otrzymano istotność reakcji na dawki azotu na poziomie $P \leq 0,1$. Dla każdego z badanych wariantów uprawy i badanych cech plonu wystąpiło istotne działanie lat ($P \leq 0,01$), jednakże nie stwierdzono współdziałania dawek azotu z latami. Wyniki te stały się podstawą do przeprowadzenia analizy regresji badanych cech względem dawek azotu na podstawie średnich z lat.

Regresja plonów korzeni buraka cukrowego względem dawek azotu wykazała reakcję typu równania 2° (tab. 3).

Tabela 3

Regresje plonów korzeni, cukru i zysku względem dawek azotu w zależności od systemu uprawy buraka cukrowego
Regression of yields of roots and sugar versus nitrogen rates in dependence on sugar beet cultivation system

System uprawy Cultivation system	Równanie regresji, współczynnik R^2 Regression equation, R^2 coefficient	N_{opt} ($kg \cdot ha^{-1}$)	Plon _{max} , $t \cdot ha^{-1}$ / zysk _{max} , ($PLN \cdot ha^{-1}$) Yield _{max} , $t \cdot ha^{-1}$ / net return _{max} ($PLN \cdot ha^{-1}$)
Plon korzeni — Yield of roots, $t \cdot ha^{-1}$			
SM*	$Y = -0,0003x^2 + 0,106x + 36,232$ ($R^2 = 0,955$)	176,66	Plon _{max} = 45,56
WMM	$Y = -0,0003x^2 + 0,0926x + 41,032$ ($R^2 = 0,998$)	154,33	Plon _{max} = 48,20
PhM	$Y = -0,0003x^2 + 0,0824x + 43,451$ ($R^2 = 0,75$)	137,33	Plon _{max} = 49,12
FM	$Y = -0,0007x^2 + 0,1616x + 46,134$ ($R^2 = 0,985$)	115,43	Plon _{max} = 55,45
Plon cukru biologicznego — Yield of biological sugar, $t \cdot ha^{-1}$			
SM*	$Y = -0,00006x^2 + 0,0169x + 6,3925$ ($R^2 = 0,935$)	140,83	Plon _{max} = 7,64
WMM	$Y = -0,00007x^2 + 0,0165x + 7,0825$ ($R^2 = 0,994$)	117,86	Plon _{max} = 8,15
PhM	$Y = -0,00005x^2 + 0,0112x + 7,7895$ ($R^2 = 0,604$)	112,00	Plon _{max} = 8,29
FM	$Y = -0,0001x^2 + 0,0253x + 8,051$ ($R^2 = 0,965$)	126,50	Plon _{max} = 9,55
Plon cukru technologicznego — Yield of technological sugar, $t \cdot ha^{-1}$			
SM*	$Y = -0,00006x^2 + 0,0148x + 5,7435$ ($R^2 = 0,929$)	123,33	Plon _{max} = 6,57
WMM	$Y = -0,00007x^2 + 0,0143x + 6,324$ ($R^2 = 0,988$)	102,15	Plon _{max} = 7,03
PhM	$Y = -0,00005x^2 + 0,0091x + 7,0075$ ($R^2 = 0,619$)	91,00	Plon _{max} = 7,41
FM	$Y = -0,0001x^2 + 0,0214x + 7,1275$ ($R^2 = 0,962$)	107,00	Plon _{max} = 8,25
Zysk — Net return ($PLN \cdot ha^{-1}$)			
SM*	$Y = -0,0324x^2 + 8,5314x + 847,9$ ($R^2 = 0,899$)	129,50	Zysk _{max} = 1409,5
WMM	$Y = -0,0311x^2 + 7,0984x + 1072,7$ ($R^2 = 0,999$)	111,96	Zysk _{max} = 1477,7
PhM	$Y = -0,0316x^2 + 6,3494x + 1345,9$ ($R^2 = 0,526$)	98,33	Zysk _{max} = 1664,8
FM	$Y = -0,0712x^2 + 13,646x + 1532,7$ ($R^2 = 0,978$)	94,88	Zysk _{max} = 2186,5

* — Oznaczenia w tabeli 1; Denotations as in the table 1

Wielkość wyliczonych optymalnych dawek azotu wskazuje na fakt, że każde uproszczenie systemu uprawy prowadziło, w odniesieniu do systemu klasycznego, do wzrostu optymalnej dawki azotu, która nie rekompensowała jednakże strat plonu. Optymalna dawka azotu wyliczona dla systemu klasycznego wyniosła 115,4 $kg \cdot ha^{-1}$. Uproszczenie uprawy do siewu bezpośredniego buraka cukrowego w mulcz zielony

zwiększyło optymalną dawkę azotu o 19% w odniesieniu do mulczu z facelii i o 34% do mulczu z gorczycy. Dla najbardziej skrajnego uproszczenia roli — siewu w mulcz ściernikowy, optymalna dawka azotu zwiększyła się aż o 53%.

Maksymalne plony korzeni buraka cukrowego okazały się odwrotnie proporcjonalne do optymalnej dawki azotu. W stosunku do maksymalnego plonu korzeni wynoszącego 55,4 t·ha⁻¹, uzyskanego w systemie klasycznym, plony w wariantach uproszczonych wynosiły odpowiednio 82% dla mulczu ścierniskowego i 87–89% dla mulczów zielonych.

Wyraźne zmniejszenie się plonów korzeni buraka cukrowego, w alternatywnych systemach uprawy, przy wzroście optymalnej dawki azotu podkreśla uniwersalne znaczenie obornika, który jest nie tylko źródłem azotu (Wadman, 1987). Zawężając wartość obornika tylko do azotu, wystarczyłoby w alternatywnych systemach uprawy buraka cukrowego zwiększyć, w stosunku do zastosowanej w uprawie klasycznej, dawkę azotu o 40–50 kg·ha⁻¹. Przykładem jest system siewu w mulcz ściernikowy, w którym wzrost dawki o 60 kg N·ha⁻¹ nie skompensował wartości stanowiska.

Reakcja plonów cukru biologicznego na nawożenie azotem okazała się odmienna, niż do plonu korzeni. Optymalna dawka azotu dla wariantu klasycznego wynosząca 126,5 kg N·ha⁻¹, okazała się większa, niż dla mulczu zielonego z gorczycy — 118 kg N·ha⁻¹, czy z facelii — 112 kg N·ha⁻¹. Plony maksymalne cukru biologicznego potwierdziły jednakże prawidłowość, którą stwierdzono dla plonu korzeni. W stosunku do systemu klasycznego (9,5 t·ha⁻¹) w systemach siewu bezpośredniego nastąpił spadek plonów cukru biologicznego o 20% — mulcz ściernikowy i średnio o 4% dla mulczu zielonego. Drastyczny spadek plonu cukru w systemie siewu w mulcz ściernikowy wynika prawdopodobnie z wielu przyczyn zarówno natury fizycznej, jak i biologiczno-chemicznej. W tym ostatnim przypadku odniesionej do gospodarki azotem (Becker i in., 1996; Kreykenbohm i in., 1998).

Analiza reakcji plonów cukru technologicznego na wzrastające dawki azotu wykazała jeszcze mniejsze wartości dawek optymalnych, a stwierdzone prawidłowości okazały się analogiczne, do otrzymanych dla plonu cukru biologicznego. Maksymalne plony cukru technologicznego także potwierdziły zależności, które uzyskano dla plonu cukru biologicznego.

Ostatnim kryterium oceny efektywności plonotwórczej azotu był zysk. W stosunku do wariantu klasycznego (2186,5 PLN·ha⁻¹) w systemie uprawy bezpośredniej w mulcz z facelii zysk zmniejszył się o 521,7 PLN·ha⁻¹ (strata 24%), a w systemie uprawy bezpośredniej w mulcz z gorczycy o 708,8 PLN·ha⁻¹ (strata 32,5%). Najniższy zysk uzyskano siejąc nasiona buraka cukrowego w mulcz ściernikowy — 1409,5 PLN·ha⁻¹, czyli o 35,5% mniej, niż w systemie klasycznym. Optymalne dawki azotu były o kilka kilogramów mniejsze, niż dla plonów cukru technologicznego, lecz tylko w systemach uprawy alternatywnej.

Przedstawiona w tabeli 4 analiza opłacalności uprawy buraków cukrowych w alternatywnych systemach uprawy jednoznacznie potwierdza rolę samego systemu uprawy, gdyż dawka azotu stanowiła tylko część kosztów bezpośrednich, wahając się od 6,4% w systemie klasycznym do 10,3% w systemie siewu w mulcz ściernikowy.

Tabela 4

Oplacalność uprawy buraków cukrowych w alternatywnych systemach uprawy
Profitability of sugar beet cultivation in the alternative cultivation systems

Źródła zmiennych Sources of variability	Systemy uprawy Cultivation systems			
	SM*	WMM	PhM	FM
Optymalna dawka N, kg·ha ⁻¹ Optimum N rate, kg·ha ⁻¹	176	154	137	115
Plon korzeni, t·ha ⁻¹ Yield of roots, t·ha ⁻¹	46	48	49	55
Dochód brutto, PLN·ha ⁻¹ Gross revenue, PLN·ha ⁻¹	4318	4519	4544	5193
Koszty N, PLN·ha ⁻¹ N costs, PLN·ha ⁻¹	303	265	235	198
Koszty inne, PLN·ha ⁻¹ Other costs, PLN·ha ⁻¹	2636	2860	2825	2891
Koszty całkowite, PLN·ha ⁻¹ Total costs, PLN·ha ⁻¹	2950	3170	3035	3100
Zysk netto, PLN·ha ⁻¹ Net return, PLN·ha ⁻¹	1379	1394	1483	2104

* * — Oznaczenia w tabeli 1; Denotations as in the table 1

Tabela 5

Zysk dla optymalnej dawki azotu w zależności od celu uprawy buraka cukrowego w zależności od systemu uprawy
Net return for the optimum N rate for each management goal of sugar beet cultivation in dependence on cultivation system

Cel uprawy Management goal	Systemy uprawy, Cultivation systems			
	SM*	WMM	PhM	FM
Zysk — Net return				
Dawka N N rate, kg·ha ⁻¹	129,5	112,0	98,3	95,0
Zysk Return, PLN·ha ⁻¹	1459	1466	1550	2139
Plon korzeni — Yield of roots				
Dawka N N rate, kg·ha ⁻¹	176,0	154,0	137,0	115
Zysk Return, PLN·ha ⁻¹	1379	1394	1483	2104
Plon cukru — Sugar yield				
Dawka N N rate, kg·ha ⁻¹	141,0	118,0	112	126
Zysk Return, PLN·ha ⁻¹	1439	1456	1526	2085
Plon cukru technologicznego — Recoverable sugar yield				
Dawka N N rate, kg·ha ⁻¹	123,0	102,0	91,0	107,0
Zysk Return, PLN·ha ⁻¹	1470	1484	1562	2127

Jak wynika z przeprowadzonej analizy regresji, dochód brutto (y) zależał dodatnio od plonu korzeni (x_1), lecz jednocześnie kształtował się w odwrotnej relacji do wielkości dawek

azotu (x_2), czyli zmniejszał się wraz ze wzrostem dawki tego składnika. Obie zależności przedstawiają poniższe równania:

$$\begin{array}{llll} Y = 97,733x_1 - 194,3 & \text{dla} & R^2 = 99,23\% & P \leq 0,01 \\ Y = -13,416x_2 + 6595,6 & \text{dla} & R^2 = 83,29\% & P \leq 0,05 \end{array}$$

Oplacalność uprawy buraka cukrowego wyznaczają cele uprawy tej rośliny, a rozważając zagadnienie w szerszym kontekście, szereg technicznych i ekonomicznych uwarunkowań, zależnych zarówno od plantatora, jak i od wymagań jakościowych określonych przez cukrownię. Taką ocenę zamieszczono w tabeli 5. Przeprowadzona analiza wykazała, że nadrzędnym czynnikiem decydującym o opłacalności uprawy okazał się system uprawy, a zysk generalnie wzrastał w kierunku: $SM \leq WMM \leq PhM < FM$. Cele uprawy można także uszeregować; opłacalność uprawy buraków w systemach alternatywnych zwiększała się w kierunku: plon korzeni < plon cukru biologicznego $\leq$ zysk $\leq$ plon cukru technologicznego. W systemie klasycznym kierunek zmian kształtował się nieznacznie odmiennie, a mianowicie plon cukru biologicznego $\leq$ plon korzeni $\leq$ plon cukru technologicznego $\leq$ zysk. W sytuacji, gdy celem uprawy buraka cukrowego jest plon korzeni dawkę azotu można zwiększyć, lecz jednocześnie zmniejsza się opłacalność. W odniesieniu do innych celów uprawy tej rośliny, otrzymane różnice w wielkości dawek azotu i zysk kształtowały się na zbliżonym poziomie w danym systemie uprawy.

WNIOSKI

1. Każde uproszczenie systemu uprawy prowadzi do zmiany wielkości optymalnej dawki azotu.
2. Cel uprawy buraków, w danym systemie uprawy, modyfikuje zarówno wielkość optymalnej dawki azotu, jak i wynikający z uzyskanego plonu korzeni zysk.
3. Ocena opłacalności uprawy wskazuje na dużą zbieżność celu ekonomicznego i celów produkcyjno-jakościowych, głównie w odniesieniu do celu, którym jest produkcja cukru białego.

LITERATURA

- Becker C., Hermann M., Koch H-J. 1996. Pfluglose Bodenbearbeitung zu Zuckerrüben — pflanzenbauliche und ökonomische Ergebnisse einer Versuchsserie auf Großparzellen. (Sugar beet production with ploughless soil tillage-agronomic and economic results of an on-farm trial series). Zuckerind. 121 (8): 609 — 615.
- Becker C., Lücke L., Lücke W. 1998. Pflugverzicht bei Zuckerrüben. Dauerhaft pfluglose Bodenbearbeitung zu Zuckerrüben im Großflächenmaßstab. Landtechnik 53 (2): 62 — 63.
- Buchholz K. 1995. Neubewertung des technischen Wertes von Zuckerrüben. Re-evaluation of technical value of sugar beet. Zuckerind. 120 (2): 113 — 121.
- Dzienia S. 1999. Zachowawcza uprawa roli pod burak cukrowy. Folia Univ. Agric. Stetin. 195 Agricultura (74): 131 — 134.
- Fotyma M., Mercik S. 1995. Chemia rolna. Wyd. II. PWN, Warszawa.
- Gutmański I. 1999. Nakłady i koszty produkcji buraka cukrowego z siewu w mulcz. Folia Univ. Agric. Stetin 195 Agricultura (74): 97 — 103.

- Kordas L. 1997. Uprawa buraka cukrowego technologią siewu bezpośredniego. Nowoczesne technologie oraz uwarunkowania ekonomiczne produkcji buraka cukrowego i ziemniaka. Materiały seminaryjne. AR, Wrocław: 31 —38.
- Kreykenbohm G., Lickfett T., Przemeck E. 1998. Aspects of sugar beet nutrition with green fallow-derived nitrogen. Transformation von organisch gebundenem Stickstoff aus unterschiedlichen Brachebegrünungen in die Folgefrucht Zuckerrüben. Zuckerindustrie 123 (3): 221 —222.
- Tassell L. W., Yang B., Blaylock, B. 1996. An economic analysis of alternative nitrogen fertilization methods for sugar beets, J. Prod. Agric. 9/3: 390 —394.
- Wadman W. P. 1987. Organic manures as sources of P, K and Na in sugar beet production. 50th Winter Congress, Brussels: 43 —50.
- Zimny L. 1997. Modyfikacje uprawy roli pod burak cukrowy, Nowoczesne technologie oraz uwarunkowania ekonomiczne produkcji buraka cukrowego i ziemniaka. Materiały seminaryjne, AR Wrocław: 17 —29.