

ZDZISŁAW WYSZYŃSKI¹**MARIANNA KALINOWSKA-ZDUN**¹**BARBARA ROSZKOWSKA**²**ZBIGNIEW LAUDAŃSKI**³**DARIUSZ GOZDOWSKI**¹¹ Katedra Agronomii, Zakład Szczegółowej Uprawy Roślin SGGW, Warszawa² Katedra Mikroekonomii, Uniwersytet w Białymstoku³ Katedra Statystyki Matematycznej i Doświadczalnictwa SGGW, Warszawa

Plony i jakość korzeni buraka cukrowego na plantacjach produkcyjnych w zależności od nawożenia mineralnego, pH i zasobności gleb w fosfor i potas

Yields and quality of sugar beet roots on production plantations in dependence on mineral fertilization, pH and contents of available soil phosphorus and potassium

W latach 1992–1995 przeprowadzono badania na łącznie 187 plantacjach produkcyjnych buraka cukrowego zlokalizowanych w woj. podlaskim (cukrownia Łapy) i w latach 2000–2001 na 155 plantacjach w woj. łódzkim (cukrownie Dobrzelin i Leśmierz). Oceniono plon korzeni i zawartość cukru w zależności od 3 cech gleby — pH, zasobność w fosfor i potas oraz od czynników nawożenia N, P i K. Wyznaczono średnie arytmetyczne badanych cech według szeregu rozdziałowego dla określonych przedziałów poziomów czynników. Ponadto oceniono zależności plonu korzeni i zawartości cukru od badanych czynników metodą regresji wieloczynnikowej liniowej. Stwierdzono, że plon korzeni jest w większym stopniu determinowany przez badane czynniki ($R^2 = 0,27$) niż zawartość cukru ($R^2 = 0,10$). Wszystkie czynniki wpływały istotnie na kształtowanie się plonu korzeni, a największe oddziaływanie wykazywały pH gleb (36,6% wpływu), nawożenie azotem (19,3%) oraz nawożenie potasem (13,5%). Zawartość cukru istotnie zależała od pH gleb, oraz dawek azotu i potasu, które to czynniki łącznie wypełniały 80,9% zmienności tej cechy.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, pH gleb, plon korzeni, fosfor, potas, azot, zawartość cukru

During the years 1992–1995 a research was conducted on 187 production plantations of sugar beet located in Podlaskan voivodship (near sugar factory — Łapy) and during the period of 2000–2001 — on 155 ones situated in Łódź voivodship (near factories: Dobrzelin and Leśmierz). Yields of roots and sugar content were evaluated, in dependence on 3 soil factors — pH, phosphorus and potassium contents and NPK fertilization. Arithmetic means for the analyzed features were calculated from the frequency distributions for various level intervals of the factors. Furthermore, relationships between root yield or sugar content and the analyzed factors were evaluated using the linear factorial regression

analysis. The yield of root was more intensely determined by the specified factors ($R^2 = 0.27$) than the sugar content ($R^2 = 0.10$). All the analyzed factors significantly affected root yield and the highest effect was exerted by soil pH (36.6%), nitrogen fertilization (19.3%) and potassium fertilization (13.5%). The sugar content significantly depended only on soil pH and nitrogen and potassium rates, the factors contributed jointly with 80.9% to the total variability of this feature.

Keywords: nitrogen, phosphorus, potassium, soil pH, sugar beet, sugar content, yield of roots

WSTĘP

Środowisko, genotyp i czynniki technologii produkcji kształtują plonowanie buraków cukrowych. Ustalenie ilościowego i jakościowego wpływu tych czynników i ich współdziałań na plon i wartość technologiczną korzeni jest podmiotem wielu badań (Draycott, 1972; Draycott, Durrant, 1976; Draycott, i in., 1997; Kalinowska-Zdun, Wyszynski, 1984, 1985; Wyszynski, 1986; Klepacki, 1997; Roszkowska, 1998).

Burak cukrowy jest gatunkiem rolniczym o największej produkcji s.m. z 1 ha. Ma też wielkie znaczenie ekologiczne: pochłania bardzo dużo CO_2 produkując dużo tlenu, ma wysoką efektywność fotosyntetyczną. W przyszłości może być również surowcem dla produkcji energii odtwarzalnej. Toteż optymalne pokrycie potrzeb żywieniowych związane z zasobnością środowiska i technologiami produkcji ma znaczenie dla pozyskiwania dużych i jakościowo dobrych plonów (Trzebiński, Cieśla, 1979; Wyszynski, Kalinowska-Zdun, 1991; Wyszynski i in., 1998, 1999, 2002).

Celem pracy była ocena wielkości i zależności plonu korzeni oraz zawartości cukru od odczynu i zasobności gleb w fosfor i potas oraz od poziomów nawożenia azotem, fosforem i potasem.

MATERIAŁ I METODY

W latach 1992–1995 wykonano badania na łącznie 187 plantacjach produkcyjnych buraka cukrowego zlokalizowanych w woj. podlaskim (cukrownia Łapy), a w okresie 2000–2001 na 155 plantacjach w woj. łódzkim (cukrownie Dobrzelin i Leśmierz). Dokumentem każdej plantacji była karta technologiczna, zawierająca szczegółową charakterystykę środowiska i technologii produkcji od wyboru przedplonu do zbioru buraków. Informacje weryfikowano poprzez 3–4-krotne wywiady z każdym rolnikiem. W okresie zbioru z każdej plantacji pobrano próby korzeni i gleby. W korzeniach oceniano zawartość cukru, a w glebie zasobność w fosfor i potas oraz pH w 1 N KCl. Plantacje mierzono przed zbiorem a dane o plonie korzeni pozyskano z cukrowni.

Analizę danych przeprowadzono oddzielnie dla każdego z cykli badawczych. Wyznaczono średnie arytmetyczne badanych cech według szeregu rozdzielczego dla określonych przedziałów poziomów czynników. Wydzielono 5 poziomów zasobności gleb w fosfor i potas (b. niska, niska, średnia, wysoka i b. wysoka) i 5 poziomów pH (od wartości poniżej 5,0 co 0,5 do powyżej 6,5). Przy ocenie wpływu nawożenia N, P i K wyodrębniono cztery przedziały dawek w kg/ha:

N	≤ 120	121–160	161–200	> 200
P_2O_5 i K_2O	≤ 80	81–120	121–160	> 160

Ponadto zastosowano metodę regresji wielokrotnej liniowej w ocenie statystycznej wpływu badanych czynników na plon i zawartość cukru w korzeniach. Estymowane funkcje regresji dla zależności plonu korzeni i zawartości cukru od 6 badanych czynników obejmowały łączne wyniki ze wszystkich lat badań. Celem otrzymania oceny udziału poszczególnych czynników w kształtowaniu plonu korzeni i zawartości cukru uzyskane współczynniki regresji na danych standaryzowanych, zsumowano i policzono udział (w %) w tak otrzymanej sumie każdego z badanych czynników.

WYNIKI

Z grupy czynników charakteryzujących warunki glebowe największy wpływ na plon korzeni w obydwu cyklach badań wykazała kwasowość gleb (tab. 1).

Tabela 1

Plon korzeni i zawartość cukru w zależności od pH i zasobności gleb w K_2O i P_2O_5
Root yield and sugar content in dependence on pH and contents of available soil K_2O and P_2O_5

Wyszczególnienie Specification	Plon w t/ha Yield in t/ha		Zawartość cukru w% Sugar content in %		Udział plantacji w % Share of plantations in %	
	1992–1995	2000–2001	1992–1995	2000–2001	1992–1995	2000–2001
PH						
≤ 5,0	35,5	38,2	15,7	17,7	31,6	13,5
5,1–5,5	39,8	43,8	16,0	18,3	19,3	14,8
5,6–6,0	39,4	50,0	15,9	17,9	23,0	21,9
6,1–6,5	44,3	53,2	15,8	18,5	13,9	16,8
> 6,5	43,0	52,4	15,8	17,7	12,3	32,9
Poziom zasobności gleb w P_2O_5 Soil fertility in P_2O_5						
Bardzo niska — very low	37,1	40,7	16,3	19,2	10,2	3,2
Niska — low	38,1	43,4	16,0	18,4	39,0	14,2
Średnia — medium	40,7	49,3	15,6	18,1	26,2	35,5
Wysoka — high	39,7	51,3	15,8	18,0	12,8	20,0
Bardzo wysoka — very high	42,1	49,9	15,5	17,4	11,8	27,1
Poziom zasobności gleb w K_2O Soil fertility in K_2O						
Bardzo niska — very low	38,0	45,1	15,8	18,9	9,1	3,2
Niska — low	37,7	44,5	15,9	17,9	35,3	28,4
Średnia — medium	39,4	49,3	15,9	18,0	34,8	31,0
Wysoka — high	43,3	52,4	15,8	18,3	9,1	20,6
Bardzo wysoka — very high	42,5	51,3	15,4	17,5	11,8	16,8

Największe plony korzeni uzyskano z plantacji o pH od 6,1 do 6,5. W latach 1992–1995 były one większe o 8,7 t/ha (24,5%), a w latach 2000–2001 o 15 t/ha (39,4%) w porównaniu z plonem z plantacji o pH poniżej 5,0. Wyraźnie mniejsze różnice w plonach korzeni stwierdzono na tle wyróżnionych przedziałów zasobności gleb w P_2O_5 i K_2O . Średnio za lata 1992–1995 z pól o zasobności bardzo wysokiej i bardzo niskiej różnice wynosiły 5,0 t/ha (13,4%) dla fosforu i 4,4 t/ha (11,6%) dla potasu, a w latach 2000–2001 odpowiednio 9,2 t/ha (22,6%) i 6,2 t/ha (13,7%). Wpływ zasobności gleb w fosfor był nieco większy w porównaniu z oddziaływaniem zasobności gleb w potas. Korzenie buraków z

plantacji o mniejszym poziomie plonowania zawierały więcej cukru. Na uwagę zasługuje fakt, że gleby o niskim pH charakteryzowały się małym plonem korzeni i niską zawartością cukru (tab. 1).

Należy podkreślić znaczny udział plantacji założonych na glebach kwaśnych i bardzo kwaśnych oraz o niskiej zasobności w składniki pokarmowe. W latach 1992–1995 udział plantacji o glebach o pH poniżej 5,5 przekroczył 50%, a o niskiej i bardzo niskiej zasobności w fosfor i potas odpowiednio 49,2 i 44,4%. W latach 2000–2001 plantacje na glebach o pH niższym od 5,5 stanowiły 28,3% ogółu, a o niskiej zasobności w fosfor i potas odpowiednio 17,4 i 31,6%. Większe plony korzeni uzyskane w latach 2000–2001 można tłumaczyć m.in. poziomem analizowanych cech gleby bardziej odpowiadającym wymaganiom buraków.

Z czynników nawożenia mineralnego największe zróżnicowanie plonów korzeni obserwowano pod wpływem nawożenia azotem (tab. 2). W jednym i drugim okresie badań stwierdzono wzrost plonu korzeni do dawek ponad 200 kg N/ha. Na tych plantacjach w latach 1992–1995 przyrost plonu korzeni w porównaniu z polami o dawkach azotu poniżej 120 kg wyniósł 8,6 t/ha (26,1%), a w okresie 2000–2001 aż 15,3 t/ha (37,4%).

Tabela 2

Plon korzeni i zawartość cukru w zależności od nawożenia azotem, fosforem i potasem
Root yield and sugar content in dependence on nitrogen, phosphorus and potassium fertilization

Dawki w kg/ha Rate in kg/ha	Plon korzeni w t/ha Root yield in t/ha		Zawartość cukru w % Sugar content in %		Procentowy udział plantacji Percentage of plantations	
	1992–1995	2000–2001	1992–1995	2000–2001	1992–1995	2000–2001
N						
≤120	33,0	40,9	16,5	17,5	9,6	20,0
121-160	37,2	48,5	16,1	18,2	17,6	23,9
161-200	39,4	47,6	15,7	17,9	27,3	29,7
>200	41,6	56,3	15,6	18,1	45,5	26,5
P₂O₅						
≤ 80	36,5	46,7	15,7	18,3	46,5	45,2
81-120	41,3	50,4	16,0	17,6	33,7	45,8
121-160	40,9	52,0	16,0	18,2	14,4	6,5
> 160	48,7	48,0	15,8	17,3	5,3	2,6
K₂O						
≤ 80	37,4	45,8	15,6	18,0	38,0	11,6
81-120	39,7	46,6	15,8	18,1	32,6	46,5
121-160	39,4	53,7	15,9	18,2	13,9	27,1
> 160	43,7	48,7	16,4	17,1	15,5	14,8

Natomiast tylko w latach 1992–1995 największe stosowane dawki fosforu i potasu ponad 160 kg/ha powodowały przyrosty plonu o 12,3 t/ha (33,7%) dla fosforu i 6,3 t/ha (16,8%) dla potasu w porównaniu z uzyskanymi z plantacji o dawkach mniejszych od 80 kg/ha.

W latach 2000–2001 na plantacjach charakteryzujących się większą zasobnością gleb w fosfor i potas, dawki powyżej 160 kg P₂O₅ i K₂O/ha nie powodowały przyrostu plonu korzeni. Największe plony korzeni stwierdzono na plantacjach o dawkach w przedziale

120–160 kg P_2O_5 i K_2O na 1 ha. Przy tym poziomie nawożenia, korzenie charakteryzowały się wysoką zawartością cukru. Podkreślić należy brak zależności pomiędzy zasobnością gleb w fosfor i potas, a wielkością stosowanych dawek składników nawozowych zarówno w jednym jak i drugim okresie badań (tab. 3). Buraki cukrowe uprawiane na glebach o niskiej i bardzo niskiej zasobności w P_2O_5 i K_2O nawożono najmniejszymi dawkami tych składników, a na glebach o wysokiej zasobności stosowano największe dawki.

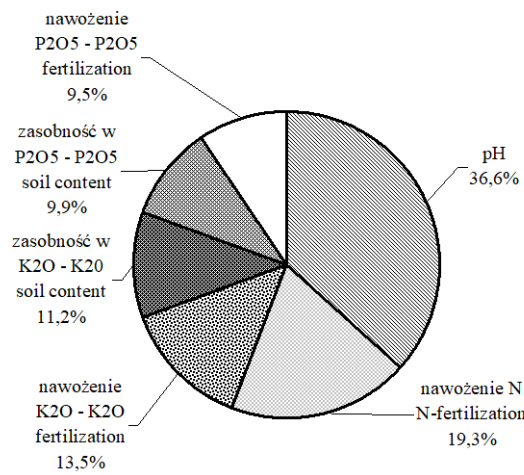
Tabela 3

Średnie dawki fosforu, potasu i azotu stosowane na plantacjach o określonych przedziałach zasobności w K_2O i P_2O_5 i pH gleb
Average rates of phosphorus, potassium and nitrogen applied on the plantations of specified intervals of soil K_2O and P_2O_5 content and pH

Lata Years	Przedziały zasobności gleb w K_2O i P_2O_5 Intervals of soil K_2O and P_2O_5 content				
	bardzo niska very low	niska low	średnia medium	wysoka high	bardzo wysoka very high
Stosowane dawki K_2O w kg/ha Applied rates of K_2O in kg/ha					
1992–1995	92	92	114	114	123
2000–2001	101	124	126	140	132
Stosowane dawki P_2O_5 w kg/ha Applied rates of P_2O_5 in kg/ha					
1992–1995	73	90	96	103	108
2000–2001	84	75	84	98	99
pH gleb Soil pH					
	<5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–6,5	> 6,5
Stosowane dawki N w kg/ha Applied rates of N					
1992–1995	197	190	201	199	208
2000–2001	150	160	166	177	179

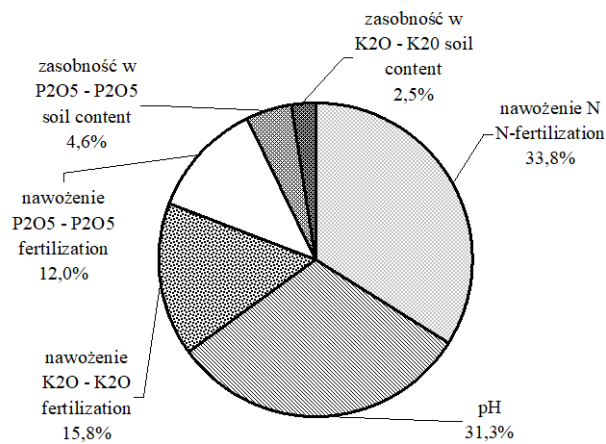
Oceniona zależność — metodą analizy regresji wielokrotnej liniowej — pomiędzy plonem korzeni oraz zawartością cukru, a przyjętymi do oceny czynnikami plonotwórczymi wykazuje, że determinują one łącznie wielkość plonu korzeni w ponad 27% (R^2 wyniósł 0,27), a zawartość cukru niewiele ponad 10% ($R^2 = 0,10$). Plon korzeni przy przyjętym indywidualnie dla czynników poziomu istotności $\alpha \leq 0,1$ zależał istotnie od każdego z występujących w badaniach czynników. Natomiast zawartość cukru w korzeniach zależała tylko w istotnym stopniu od pH gleb, oraz dawek azotu i potasu. Przy założeniu, że łączny wpływ badanych sześciu czynników na plon korzeni i zawartość cukru w ustalonym przedziale determinacji wyraża 100% policzono indywidualny wpływ każdego z nich (rys. 1). Plon korzeni w największym stopniu zależał od pH gleb — 36,6%, nawożenia azotem — 19,3% oraz potasem — 13,5%. Działanie pozostałych czynników było mniejsze i wynosiło po około 10%.

Plon korzeni - Root yield



$R^2 = 27,6\%$

Zawartość cukru - Sugar content



$R^2 = 10,2\%$

Rys. 1. Udział pH gleb, zasobności w fosfor i potas oraz nawożenia N, P i K w % w kształtowaniu plonu korzeni i zawartości cukru

Fig. 1. Contribution of soil pH, phosphorus and potassium content and N, P, K fertilization in forming root yield and sugar content

Dwa czynniki, pH gleb i dawki N wypełniały 65,1% zmienności zawartości cukru. Dwa kolejne czynniki — dawki P_2O_5 i K_2O , obejmowały 27,5% zmienności, natomiast zasobność gleb w potas i fosfor to łącznie 7,1% stwierdzonej zmienności.

DYSKUSJA

Czynniki decydujące o zaopatrzeniu roślin w składniki pokarmowe (nawożenie, zasobność gleby i jej pH) wywierają wpływ indywidualny, ale wykazują także szereg współdziałań z czynnikami środowiska (opady, nasłonecznienie) z genotypem i innymi czynnikami technologii produkcji. W bardzo wielu doświadczeniach, różnice wywołane warunkami siedliska (zmienność w latach) są większe niż zmiany będące wynikiem zróżnicowania badanych czynników (Wyszyński, 1986; Roszkowska, 1998). Podstawowe znaczenie w prowadzonych badaniach dla wielkości plonu korzeni (68,9% wpływu) miały odczyn gleby oraz nawożenie azotem i potasem. W innych badaniach, w których oceniono wpływ 10 czynników agrotechnicznych na plon korzeni udział pH gleb oraz nawożenia N i K stanowił 24,4% (Wyszyński i in., 2002). Odczyn gleby determinuje między innymi występowanie i aktywność mikroorganizmów glebowych a więc dostępność azotanów a także innych składników żywienia roślin (Mengel, Kirbky, 1983).

W przeprowadzonych badaniach zawartość cukru również istotnie zależała od pH gleby oraz od dawek nawozów azotowych i potasowych, które to czynniki łącznie decydowały o 80,9% wpływu z grupy badanych. Odczyn i dostępność azotu i potasu (w tym dawki nawożenia) dla roślin decydują o ich metabolizmie. Na uwagę zasługuje fakt, że gleby o niskim pH charakteryzowały się małym plonem korzeni i niską zawartością cukru (tab. 1) W cyklach doświadczeń wykonanych przez Kalinowską-Zdun i wsp. stwierdzono wyraźnie ujemną zależność między wzrastającymi plonami liści, jakie występują pod wpływem działania wyższych dawek azotu a zawartością cukru w korzeniach (Kalinowska-Zdun, Wyszyński, 1999).

Wysokie nawożenie potasem tylko nieznacznie zwiększa jego zawartość w korzeniach, bowiem wpływa ono przede wszystkim na zwiększenie się zawartości K w liściach, gdzie przy aktywnej pozytywnej roli potasu powstaje sacharoza będąca substancją odkładaną w korzeniach. W przeprowadzanych badaniach stwierdzono brak związku dawek nawożenia fosforem i potasem z zasobnością gleb w te składniki i z wartością pH gleby.

WNIOSKI

1. Na badanych plantacjach produkcyjnych nie stwierdzono optymalnego pokrycia potrzeb żywieniowych buraka cukrowego. Były one lokalizowane na glebach o niskim pH (50,9% i 24,3% plantacji) i bardzo niskiej i niskiej zasobności w fosfor i potas (fosfor — 49,2% i 17,3%, potas — 44,4% i 31,6% plantacji).
2. Popełniane błędy w technologiach produkcji w zakresie pokrycia potrzeb żywieniowych — to zbyt wysokie dawki nawożenia azotem, przekraczające 200 kg N/ha (45,5% i 26,5% plantacji). Nawożenie fosforem i potasem nie zależało od zasobności gleb w te składniki.

3. Na podstawie przebadanych łącznie 342 plantacji wykazano, że wielkość plonu korzeni zależała istotnie od pH gleby ich zasobności w fosfor i potas oraz dawek N, P K, a zawartość cukru tylko od pH oraz dawek azotu i potasu. Czynniki te determinowały łącznie plon korzeni w 27,3%, a zawartość cukru w 10%.
4. W obrębie wielkości współczynnika determinacji wpływ odczynu gleby na plon korzeni wynosił 36,6%, nawożenia azotem 19,3%, a potasem 13,5%.

LITERATURA

- Draycott A. P. 1972. The effect of cultural practices on the relationship between plant density and sugar yield. 35 Congress II RB Brussels report Nr 5.
- Draycott A. P. Durrant M. J. 1976. Response by sugar beet to superphosphate, particularly in relation to soils containing little available phosphorus. J. Agricult. Sci. Cambridge 86: 1.
- Draycott A. P., Allison M. F., Armstrong M. Y. 1997. Changes in fertilizer usage in sugar beet production. Proc. 60th IIRB Congress, July 1997, Cambridge: 39 — 55.
- Kalinowska-Zdun M., Wyszyński Z. 1984. Badania nad ważniejszymi czynnikami limitującymi plonowanie buraków cukrowych w rejonie centralnej i wschodniej Polski. Wyd. SGGW, T.1: 171 — 185.
- Kalinowska-Zdun M., Wyszyński Z. 1985. Ocena ważniejszych czynników warunkujących plonowanie buraków cukrowych w woj. płockim w latach 1979, 1980 i 1982. Wyd. SGGW, T. 4: 113 — 131.
- Kalinowska-Zdun M. Wyszyński Z. 1999. Kryteria jakości buraka cukrowego i ich zmienność. Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania jakości produktów rolnych. Fundacja „Rozwój SGGW” Warszawa: 151 — 162.
- Klepacki B. 1997. Przestrzenne zróżnicowanie technologii produkcji roślinnej w Polsce i jego skutki. Fundacja „Rozwój SGGW” Warszawa: 170.
- Mengel K., Kirkby E. 1983. Podstawy żywienia roślin. PWRiL, Warszawa: 526.
- Roszkowska B. 1998. Ocena czynników limitujących plony i jakość technologiczną buraka cukrowego w gospodarstwach indywidualnych w rejonie Łapy. Praca doktorska, Biblioteka Katedry Agronomii SGGW, Warszawa.
- Trzebiński J., Cieśla 1979. Fizjologiczne i technologiczne podstawy nawożenia azotowego buraków cukrowych. Post. Nauk Rol. Nr I: 43 — 56.
- Trzebiński J. 1974. Wpływ wysokich dawek azotu na skład chemiczny buraków cukrowych. Biul. IHAR 120/121: 121 — 123.
- Wyszyński Z. 1986. Badania nad wielkością, zmiennością plonów i jakością korzeni buraka cukrowego w rejonie wschodniej Polski. Praca doktorska (rękopis). Biblioteka Katedry Agronomii SGGW Warszawa.
- Wyszyński Z., Kalinowska-Zdun, M. 1991. Nawożenie mineralne na plantacjach produkcyjnych a plony i jakość korzeni buraków cukrowych. Zesz. Naukowe AR w Krakowie, Nr 262, z. 34: 301 — 307.
- Wyszyński Z., Kalinowska-Zdun M., Mądry W., Laudański Z., Roszkowska B., Rozbicki J. 1998. Agronomical and environmental factors affecting sugar beet yielding in central and eastern Poland. Scientia Agriculturae Bohemica, 3/4: 183 — 192.
- Wyszyński Z., Kalinowska-Zdun M., Broniecka B. 1999. Wpływ długości okresu wegetacji, dawki i sposobu nawożenia azotem na plon i cechy jakości technologicznej buraka cukrowego. Cz. II. Technologiczny plon cukru i jakość korzeni. Roczn. Nauk Rol. ser. A, 114: 101 — 112.
- Wyszyński Z., Kalinowska-Zdun M., Gozdowski D. 2002. Factory urcujici vynos a kvalitu bulev na produkcnich plochach ve sredni w Polsce. Sbornik z konference „Reparstvi”. Praga 20–21. 02. 2002: 159 — 163.