

EFEKTYWNOŚĆ NAWOŻENIA DOLISTNEGO DWÓCH ODMIAN BURAKA CUKROWEGO BOREM CZ. I. PLONOWANIE I JAKOŚĆ TECHNOLOGICZNA KORZENI

ARKADIUSZ ARTYSZAK¹

*Katedra Agronomii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
ul. Nowoursynowska 159, 02-787 Warszawa*

Synopsis. W latach 2005–2006 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym SGGW w Żelaznej badano wpływ dokarmiania dolistnego borem w dawce 1,89 kg B·ha⁻¹ na plonowanie i jakość technologiczną korzeni dwóch odmian buraka cukrowego: Esperanza i Henrike w stosunku do obiektu kontrolnego (0 B·ha⁻¹). Burak cukrowy uprawiano po buraku cukrowym w płodozmianie: burak cukrowy – burak cukrowy – pszenica jara. Średnio za 2 lata dokarmianie dolistne borem spowodowało istotny przyrost plonu korzeni obu odmian (o 25,1%), plonu biologicznego cukru (o 14,0%) oraz plonu technologicznego cukru (o 20,8%) w stosunku do obiektu kontrolnego. Dokarmianie dolistne borem przyczyniło się także do istotnego obniżenia zawartości sacharozy w korzeniach (o 0,4%), cukru oczyszczonego (o 0,5%), wydajności cukru (o 1,2%) oraz współczynnika alkaliczności W_A (o 0,37). Przeciętnie za cały okres badań odmiana Henrike charakteryzowała się istotnie większymi plonami: korzeni (o 12,1%), liści (o 44,0%), biologicznym cukrem (o 15,9%) i technologicznym cukrem (o 17,1%) niż odmiana Esperanza. Korzenie odmiany Henrike odznaczały się również istotnie większą zawartością sacharozy (o 0,6%), cukru oczyszczonego (o 0,7%), wydajnością cukru (o 1,0 %) a mniejszą sodu (o 1,02 mmol·kg⁻¹) niż odmiana Esperanza.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, plon, jakość technologiczna korzeni, bor

WSTĘP

Niedobór boru w glebie jest problemem ogólnoswiatowym [Gupta i Solanki 2013]. Bor jest najbardziej deficytowym mikroelementem w glebach Polski [Grześkowiak 1996]. Z badań Wróbla i Obojskiego [1997] przeprowadzonych na polach o wysokiej produktywności, na których uprawiano burak cukrowy wynika, że 83% z nich odznaczało się niską zawartością boru przyswajalnego w glebie.

Burak cukrowy ma duże potrzeby pokarmowe względem boru [Gupta 2006]. Mikroelement ten może być dostarczany doglebowo lub w formie oprysków dolistnych [Jaszczołt 1998]. Dokarmianie dolistne buraka cukrowego borem jest zabiegiem standardowym w wielu krajach [Čermák i in. 2002, Grzebisz 2005]. Przy plonie korzeni 85 Mg·ha⁻¹ maksymalne pobranie boru przez burak wynosi 0,25 kg·ha⁻¹ [Fardeau i in. 2002]. Niedostateczne odżywienie buraka mikroelementami, w tym borem, zmniejsza możliwość wykorzystania azotu przez rośliny [Grzebisz i Barłóg 2002]. Niedobór boru może spowodować obniżkę plonu korzeni buraka cukrowego nawet o 50% a zawartość cukru o kilka procent w stosunku do roślin dobrze odżywionych [Grzebisz 2006].

Nawożenie borem buraka cukrowego nabiera szczególnego znaczenia w płodozmianach o dużym wysyceniu roślinami o dużych potrzebach pokarmowych względem boru, takich jak rzepak czy burak cukrowy.

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address:* arkadiusz_artyszak@sggw.pl

Celem badań była ocena efektywności dokarmiania dolistnego borem na plonowanie i jakość technologiczną korzeni dwóch odmian buraka cukrowego uprawianego w stanowisku po buraku cukrowym w plodozmianie: burak cukrowy – burak cukrowy – pszenica jara.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie ściśle przeprowadzono w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym SGGW w Żelaznej (51°52' N i 20°08' E), 183 m n. p. m, na glebie należącej do rzędu gleby bielicoziemne (L), typu bielcowe (LW), o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego, klasy bonitacyjnej IVa, kompleksu żytniego dobrego. Burak cukrowy uprawiano w stanowisku po buraku cukrowym w zmianowaniu: burak cukrowy – burak cukrowy – pszenica jara. Gleba odznaczała się odczynem lekko kwaśnym (pH 5,5 i 5,6) oraz następującą zawartością przyswajalnych składników pokarmowych (mg·kg⁻¹): P – 97–135, K – 158–212, Mg – 79–94, B – 0,8–0,9, Cu – 0,6–5,7, Zn – 12,7–16,3, Mn – 136–223, Fe – 999–1090.

W obu latach badań ilość opadów była niedostateczna, szczególnie w 2005 roku, gdy były one mniejsze od optymalnych o 30,5% i o 26,7% niż wielolecia (tab. 1). Najkorzystniejsza dla uprawy buraka cukrowego suma średniej temperatury dobowej w okresie wegetacji wynosi 2400–2800°C [Wiśniewski 1991]. W obu latach suma średniej temperatury dobowej była większa niż optymalna, szczególnie w 2006 r. Współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa (K) wyliczony wg metodyki podanej przez Molgę [1986] optymalną wartość (K = 1,1–2,0) przyjmował jedynie w lipcu 2005 r. i w kwietniu 2006 r.

Tabela 1. Warunki pogodowe w okresie wegetacji w latach 2005–2006

Table 1. Weather conditions in vegetation period during 2005–2006

Lata Years	Miesiąc – Month							Suma–Sum IV–X
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Temperatura – Temperature (°C)								
2005	8,9	13,9	16,3	19,9	17,2	15,0	11,9	3156,1
2006	8,8	13,9	17,9	22,8	17,6	15,5	14,9	3409,9
1921– 2004*	7,6	13,5	16,5	18,4	17,5	13,4	8,3	–
Opady – Rainfalls (mm)								
2005	22,3	71,9	35,4	96,0	38,3	16,5	3,4	283,8
2006	45,9	41,0	35,4	16,7	154,3	22,9	18,8	335,0
1921–2004	38,8	53,4	62,4	81,0	67,2	47,4	37,2	387,4
Optymalny rozkład opadów (Dzieżyc i in. 1987) – Optimal rainfall (Dzieżyc et al. 1987)								
	18	65	74	85	78	54	34	408
Współczynnik Sielianinowa – Selyaninov's coefficient								
2005	0,9	2,2	0,8	1,5	0,8	0,4	0,1	–
2006	1,8	0,9	0,7	0,2	2,8	0,5	0,5	–

* – Mercik i Stępień [2005] – Mercik and Stępień [2005]

Doświadczenie dwuczynnikowe założono w 3 powtórzeniach w układzie split-plot. Pierwszym czynnikiem (A) była odmiana buraka cukrowego (Esperanza, Henrike) a drugim (B) dokarmianie dolistne nawozem Foliarel 21% Bor (kontrola – 0 kg B·ha⁻¹, 9 kg nawozu·ha⁻¹ – 1,89 kg B·ha⁻¹). Foliarel 21% Bor to nawóz dolistny zawierający 21,0% B i 14,7% Na (oktaboran sodu). Oprysk wykonano, gdy rośliny buraka miały 6–8 liści właściwych (BBCH 16–18).

Łączna liczba poletek wyniosła 12. Każde poletko obejmowało 6 rzędów o długości 16 m i powierzchni 43,2 m² (do zbioru – 21,6 m²).

Przedplonem dla buraka był burak cukrowy. Po jego zbiorze liście rozdrobniono i przyorano głęboką orką przedzimową. Plon liści wyniósł w 2004 roku 52,3 Mg·ha⁻¹ a w 2005 roku 53,5 Mg·ha⁻¹. Dawki nawozów fosforowych i potasowych ustalono zgodnie z zaleceniami uwzględniającymi zawartość przyswajalnego fosforu i potasu w glebie oraz oczekiwanym plonem korzeni co najmniej 50 Mg·ha⁻¹ [Gutmański 1991b]. Przed wykonaniem orki na całym doświadczeniu zastosowano nawozy potasowe w formie soli wysokoprocentowej (49,8% K) w dawce 120 kg K·ha⁻¹. Wiosną wysiano nawozy mineralne w postaci fosforanu amonu (18 kg N·ha⁻¹ i 20 kg P·ha⁻¹) i saletrzaku (54 kg N·ha⁻¹), które wymieszano z glebą za pomocą agregatu uprawowego. Saletrę amonową zastosowano pogłównie (54 kg N·ha⁻¹), gdy rośliny buraka miały 4–6 liści (BBCH 14–16). Łączne nawożenie mineralne azotem wyniosło 126 kg N·ha⁻¹. Rozstawa rzędów 0,45 m, odległości w rzędzie 0,18 m, głębokość siewu 2–2,5 cm. Siew wykonano w 2005 r. 7.04, a w 2006 r. – 22.04. Ochronę roślin prowadzono zgodnie z Zaleceniami ochrony roślin z IOR Poznaniu [2005, 2006]. Zbiór buraka przeprowadzono w 2005 r. 17.10, a w 2006 r. – 24.10. Długość okresu wegetacji wyniosła odpowiednio: 193 i 185 dni.

Do zbioru przeznaczono 3 rzędy na poletku. Rośliny ogłowiono ręcznie przy pomocy ogławiaczy, a następnie liście zważono. Policzone korzenie, wykopano je ręcznie, oczyszczono i zważono. W dniu zbioru pobrano zgodnie z normą PN-R-74452 [1999] reprezentatywne próby korzeni celem określenia jakości technologicznej (zawartość sacharozy, N-α-aminowego, K i Na), które zostały wykonane na automatycznej linii Venema w Straszku (KHBC). Na podstawie otrzymanych wyników obliczono:

- biologiczny plon cukru (Mg·ha⁻¹) = plon korzeni (Mg·ha⁻¹) x zawartość sacharozy w korzeniach (%);
- straty wydajności cukru (%) = standardowe straty melasy (%) + 0,6 (%),
- standardowe straty melasy (%) = 0,12 x (K + Na) + 0,24 (N-α-amin) + 0,48 [Buchholz i in. 1995], gdzie: K, Na i N-α-amin., podawane są w mmol·100 g⁻¹ miazgi,
- technologiczny plon (Mg·ha⁻¹) = plon korzeni (Mg·ha⁻¹) x (zaw. sacharozy (%) – straty wydajności cukru (%) [Buchholz i in. 1995],
- zawartość cukru oczyszczonego (%) = zawartość sacharozy (%) – straty wydajności cukru (%) [Trzebiński 1991],
- wydajność cukru = zawartość cukru – straty wydajności/zawartość cukru (%),
- współczynnik alkaliczności (W_A) obliczono na podstawie wzoru: W_A = (K+Na): N-α-amin., gdzie K, Na i N-α-amin. wyrażono w mmol·kg⁻¹ [Trzebiński 1991].

Wyniki poddano analizie statystycznej wykorzystując analizę wariancji i porównania wielokrotne procedurą Tukeya, a do porównania średnich, przyjęto poziom istotności α = 0,05. Obliczenia wykonano w programie SAS 9.1 przy użyciu procedury GLM. Ocenę współzależności między badanymi cechami wykonano na podstawie wartości współczynników korelacji prostej Pearsona. Istotność współzależności oceniano przy p ≤ 0,05 oraz p ≤ 0,01. Dla wybranych par cech wykonano analizę regresji prostej liniowej w celu określenia zależności przyczynowo-skutkowej między nimi. Obliczono również podstawowe parametry badanych zmiennych tj. średnie, odchylenia standardowe, współczynniki zmienności oraz wartości minimalne i maksymalne. Obliczenia te wykonano w arkuszu kalkulacyjnym Excel.

WYNIKI BADAŃ

Za cały okres badań obsada roślin podczas zbioru była zbliżona u obu odmian i wynosiła 81,9 tys. szt.·ha⁻¹ u odmiany Esperanza i 85,0 tys. szt.·ha⁻¹ u odmiany Henrike oraz od 81,9 tys. szt.·ha⁻¹ na obiekcie kontrolnym oraz 85,1 tys. szt.·ha⁻¹ przy stosowaniu dolistnym boru. Dokarmianie dolistne borem spowodowało istotny przyrost plonu korzeni obu odmian buraka o 25,1%, plonu biologicznego cukru o 14,0% oraz plonu technologicznego cukru (o 20,8%) w stosunku do obiektu kontrolnego (tab. 2). Za cały okres badań odmiana Henrike charakteryzowała się istotnie większymi plonami: korzeni (o 12,1%), liści (o 44,0%), biologicznym cukru (o 15,9%) i technologicznym cukru (o 17,1%) niż odmiana Esperanza.

Tabela 2. Plon buraka cukrowego zależnie od odmiany i stosowania boru (średnie z lat 2005–2006)
Table 2. Sugar beet yield depending on variety and applying of boron (means from years 2005–2006)

Odmiana – Variety (A)	Bor – Boron (kg·ha ⁻¹) (B)		Średnia Mean
	0	1,89	
Plon korzeni – Roots yield (Mg·ha ⁻¹)			
Esperanza	53,9	71,2	62,6
Henrike	64,0	76,3	70,2
Średnia – Mean	59,0	73,8	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	A – 7,2; B – 11,1; A/B – r.n.; B/A – r.n.		
Plon liści – Yield of leaves (Mg·ha ⁻¹)			
Esperanza	35,7	44,7	40,2
Henrike	57,2	58,6	57,9
Średnia – Mean	46,4	51,6	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	A – 7,2; B – r.n.; A/B – r.n.; B/A – r.n.		
Plon biologiczny cukru – Biological sugar yield (Mg·ha ⁻¹)			
Esperanza	9,11	11,63	10,37
Henrike	11,05	12,99	12,02
Średnia – Mean	10,08	12,31	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	A – 1,18; B – 1,65; A/B – r.n.; B/A – r.n.		
Plon technologiczny cukru – Technological sugar yield (Mg·ha ⁻¹)			
Esperanza	7,82	9,86	8,84
Henrike	9,57	11,14	10,35
Średnia – Mean	8,69	10,50	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	A – 0,99; B – 1,41; A/B – r.n.; B/A – r.n.		

r.n. – różnice nieistotne – no significant differences

Przeciętnie za 2 lata dolistne stosowanie boru spowodowało istotne obniżenie zawartości sacharozy w korzeniach (o 0,4%), cukru oczyszczonego (o 0,5%), wydajności cukru (o 1,2%) oraz współczynnika alkaliczności W_A (o 0,37) w stosunku do obiektu kontrolnego (tab. 3). Odmiana Henrike odznaczała się istotnie większą zawartością sacharozy (o 0,6%), cukru oczyszczonego (o 0,7%), wydajnością cukru (o 1,0 %) a mniejszą sodu (o 1,02 mmol·kg⁻¹) niż odmiana Esperanza.

Tabela 3. Jakość korzeni buraka zależnie od odmiany i stosowania boru (średnie z lat 2005–2006)
Table 3. Quality of sugar beet roots depending on variety and applying of boron (means from years 2005–2006)

Odmiana – Variety (A)	Bor – Boron (kg·ha ⁻¹) (B)		Średnia Mean
	0	1,89	
Zawartość sacharozy – Sucrose content (%)			
Esperanza	16,7	16,2	16,4
Henrike	17,1	16,9	17,0
Średnia – Mean	16,9	16,5	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	A – 0,3; B – 0,3; A/B – r.n.; B/A – r.n.		
Zawartość azotu- α -aminowego (mmol·kg miazgi ⁻¹) – α -amine nitrogen content (mmol per kg of pulp)			
Esperanza	24,6	26,6	25,6
Henrike	21,0	25,6	23,3
Średnia – Mean	22,8	26,1	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	A – r.n.; B – r.n.; A/B – r.n.; B/A – r.n.		
Zawartość potasu (mmol·kg miazgi ⁻¹) – Potassium content (mmol per kg of pulp)			
Esperanza	54,9	59,0	56,9
Henrike	55,6	58,3	56,9
Średnia – Mean	55,2	58,6	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	A – r.n.; B – r.n.; A/B – r.n.; B/A – r.n.		
Zawartość sodu (mmol·kg miazgi ⁻¹) – Sodium content (mmol per kg of pulp)			
Esperanza	4,18	4,42	4,30
Henrike	3,12	3,45	3,28
Średnia – Mean	3,65	3,93	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	A – 0,47; B – r.n.; A/B – r.n.; B/A – r.n.		

Tabela 3. cd.
Table 3. cont.

Zawartość cukru oczyszczonego – Sugar content cleaned (%)			
Esperanza	14,3	13,7	14,0
Henrike	14,9	14,5	14,7
Średnia – Mean	14,6	14,1	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	A – 0,3; B – 0,2.; A/B – r.n.; B/A – r.n.		
Wydajność cukru – Productivity of sugar (%)			
Esperanza	85,7	84,5	85,1
Henrike	86,7	85,5	86,1
Średnia – Mean	86,2	85,0	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	A – 0,7; B – 0,6; A/B – r.n.; B/A – r.n.		
Straty wydajności – Losses of productivity (%)			
Esperanza	2,38	2,48	2,43
Henrike	2,29	2,44	2,36
Średnia – Mean	2,33	2,46	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	A – r.n.; B – r.n.; A/B – r.n.; B/A – r.n.		
Współczynnik alkaliczności – Rate of alkalinity (W _N)			
Esperanza	2,73	2,54	2,64
Henrike	2,97	2,42	2,70
Średnia – Mean	2,85	2,48	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	A – r.n.; B – 0,28; A/B – r.n.; B/A – r.n.		

r.n. – różnice nieistotne – no significant differences

Większość cech, z wyjątkiem zawartości sacharozy i cukru oczyszczonego oraz wydajności cukru, ocenianych w doświadczeniu odznaczało się mniejszą zmiennością na kombinacji ze stosowaniem nawożenia dolistnego niż na kombinacji kontrolnej (tab. 4). Najmniejszą zmiennością odznaczała się wydajność cukru.

Zależności pomiędzy cechami plonu na obiekcie kontrolnym i na obiekcie z nawożeniem dolistnym borem przedstawiono w tabeli 5. Można zaobserwować, że w przypadku wielu par cech są one różne, na przykład plon korzeni i zawartość sacharozy, plon korzeni i zawartość N- α -min., plon korzeni i zawartość K, plon korzeni i zawartość cukru oczyszczonego, plon korzeni i wydajność cukru, plon korzeni i straty wydajności cukru oraz plon korzeni i współczynnik alkaliczności. Można to tłumaczyć przede wszystkim zróżnicowaniem plonów korzeni.

Tabela 4. Statystyczna charakterystyka zmienności cech buraka cukrowego (średnie dla obu odmian) w latach 2005–2006
 Table 4. Statistical characterization variability of sugar beet (means for two varieties) in years 2005–2006

Zmienne Variables		Plon korzeni Roots yield (Mg·ha ⁻¹)	Plon liści Yield of leaves (Mg·ha ⁻¹)	Plon biolo- giczny cukru Biological sugar yield (Mg·ha ⁻¹)	Plon techno- logiczny cukru Techno- logical sugar yield (Mg·ha ⁻¹)	Zawartość – Content					Wydaj- ność cukru Produ- ctivity of sugar (%)	Straty wydaj- ności Losses of produ- ctivity (%)	Współ- czynnik alkalicz- ności Rate of alkali- nity
						sacharo- zy (%)	N-α-amin nitrogen (mmol·kg ⁻¹)	K (mmol·kg ⁻¹)	Na (mmol·kg ⁻¹)	czysto- czonego sugar cleaned (%)			
Średnia Mean	0	59,0	46,5	10,1	8,7	16,9	22,8	55,2	3,65	14,6	86,2	2,33	2,85
	1	73,8	51,6	12,3	10,5	16,5	26,1	58,6	3,93	14,1	85,0	2,46	2,48
SD	0	14,5	15,5	2,98	2,59	1,11	6,82	6,01	0,79	1,05	0,91	0,13	0,99
	1	11,9	10,7	2,72	2,47	1,44	4,82	5,50	0,77	1,45	1,53	0,12	0,55
Cv	0	24,6	33,4	29,5	29,8	6,58	29,9	10,9	21,6	7,2	1,05	5,78	34,8
	1	16,1	20,7	22,1	23,5	8,71	18,5	9,4	19,5	10,3	1,80	4,82	22,4
Min.	0	38,7	31,6	6,13	5,25	15,1	13,4	43,6	2,8	12,8	84,6	2,04	1,54
	1	44,2	37,5	6,49	5,46	14,4	18,2	47,1	3,1	11,9	82,7	2,20	1,50
Max.	0	86,6	79,4	15,3	13,2	18,3	33,0	64,9	5,2	15,9	87,8	2,55	4,19
	1	86,3	67,0	15,7	13,8	18,2	37,3	65,0	5,7	16,0	87,9	2,65	3,81

0 – kontrola – control (0 kg B·ha⁻¹); 1 – 1,89 kg B·ha⁻¹,
 SD – odchylenie standardowe – standard deviation; Cv – współczynnik zmienności – variation coefficient;

Tabela 5. Współczynniki korelacji między cechami plonu buraka cukrowego w zależności od stosowania boru (średnie dla obu odmian z lat 2005–2006)
 Table 5. Coefficients of correlation between characteristic of sugar beet yield depending on applying boron (means for two varieties from years 2005–2006)

Zmienne Variables	Plon – Yield			Zawartość – Content					Wydaj- ność cukru Product- ivity of sugar	Straty wydaj- ności cukru Losses of produc- tivity	
	Korzeni Roots	Liści Leaves	Biologi- czny cukru Biolo- gical sugar	Techno- logiczny cukru Technolo- gical sugar	Sacharo- zy Sucrose	N- α -amin. α -amine nitrogen	K	Na			Cukru oczysz- czonego Sugar cleaned
Plon – Yield	Liści Leaves	0,63*									
		0,53									
Biologiczny cukru Biological sugar	0	0,99**	0,56*								
	1	0,95**	0,47								
Technologiczny cukru Technological sugar	0	0,99**	0,56*	1,00**							
	1	0,94**	0,47	1,00**							
Sacharozy Sucrose	0	0,75**	0,18	0,83**	0,84**						
	1	0,67*	0,24	0,87**	0,88**						
N- α -amin. α -amine nitrogen	0	0,68*	0,05	0,73**	0,72**	0,76**					
	1	0,27	-0,32	0,32	0,29	0,42					
K	0	-0,34	0,18	-0,44	-0,45	-0,76**	-0,61*				
	1	-0,60*	-0,16	-0,71**	-0,73**	-0,75**	-0,28				
Na	0	-0,37	-0,26	-0,42	-0,44	-0,56	0,00	0,44			
	1	-0,35	-0,34	-0,50	-0,52	-0,63*	0,03	0,34			
Cukru oczyszczonego Sugar cleaned	0	0,71**	0,17	0,79**	0,80**	0,99**	0,69*	-0,77**	-0,63*		
	1	0,67*	0,27	0,87**	0,89**	1,00**	0,34	-0,76**	-0,65*		
Wydajność cukru Productivity of sugar	0	0,22	0,07	0,30	0,33	0,61*	0,00	-0,62*	-0,86**	0,70*	
	1	0,61*	0,38	0,79**	0,82**	0,90**	0,00	-0,77**	-0,70*	0,93**	
Straty wydajności cukru Losses of productivity	0	0,62*	0,14	0,62*	0,60*	0,48	0,89**	-0,18	0,30	0,38	-0,40
	1	-0,10	-0,43	-0,12	-0,16	-0,06	0,82**	0,31	0,30	-0,14	-0,49
Współczynnik alkaliczności Rate of alkalinity	0	-0,75**	-0,13	-0,80**	-0,80**	-0,84**	-0,98**	0,71**	0,16	-0,78**	-0,80**
	1	-0,63*	0,00	-0,68*	-0,66*	-0,68*	-0,86**	0,64**	0,26	-0,63*	-0,47

0 – kontrola – control (0 kg B·ha⁻¹); 1 – 1,89 kg B·ha⁻¹

** – istotne współzależności przy p≤0,01 i 0,05 – significant correlation at p≤0.01 and 0.05

Związek plonu biologicznego cukru z plonem korzeni i plonu technologicznego cukru z plonem korzeni był silniejszy na obiekcie kontrolnym niż przy stosowaniu dolistnym borem. Przeciwnie było w przypadku zależności plonu biologicznego cukru i zawartości sacharozy w korzeniach oraz plonu technologicznego cukru i zawartości sacharozy w korzeniach. Równania regresji prostej liniowej dla obu par cech miały postać:

- dla plonu biologicznego cukru i plonu korzeni: $y = 0,203x - 18904$, $R^2 = 0,98$ (obiekt kontrolny); $y = 0,2183x - 3,7958$, $R^2 = 0,90$ (obiekt z dokarmianiem dolistnym borem); gdzie $y = \text{plon biologiczny cukru}$; ($p \leq 0,05$);
- dla plonu biologicznego cukru i zawartości sacharozy w korzeniach: $y = 2,2111x - 27,294$, $R^2 = 0,68$ (obiekt kontrolny); $y = 1,636x - 14,753$, $R^2 = 0,75$ (obiekt z dokarmianiem dolistnym borem); gdzie $y = \text{plon biologiczny cukru}$; ($p \leq 0,05$);
- dla plonu technologicznego cukru i plonu korzeni: $y = 0,1764x - 1,7109$, $R^2 = 0,98$ (obiekt kontrolny); $y = 0,1952x - 3,9062$, $R^2 = 0,88$ (obiekt z dokarmianiem dolistnym borem); gdzie $y = \text{plon technologiczny cukru}$; ($p \leq 0,05$);
- dla plonu technologicznego cukru i zawartości sacharozy w korzeniach: $y = 1,9489x - 24,25$, $R^2 = 0,70$ (obiekt kontrolny); $y = 1,508x - 14,447$, $R^2 = 0,77$ (obiekt z dokarmianiem dolistnym borem); gdzie $y = \text{plon technologiczny cukru}$; ($p \leq 0,05$).

DYSKUSJA

Oceniane w badaniach własnych odmiany buraka cukrowego należą do różnych typów użytkowych; Esperanza reprezentuje typ normalno-plenny (N-P), Henrike – typ cukrowy (C) [Siódmiak i Heimann 2003, 2004]. Tym można tłumaczyć zróżnicowanie plonowania oraz jakości technologicznej korzeni obu odmian. Podobne wyniki z tymi samymi odmianami uzyskał Artyszak [2012].

O korzystnym wpływie stosowania borem na plon korzeni buraka cukrowego informuje wielu autorów [Hellal i in. 2009, Kristek i in. 2006, Pospíšil i in. 2005]. Badania Wróbla i Obojskiego [1997] wykazały istotny wpływ zawartości borem w glebie na wielkość plonów korzeni buraka cukrowego. Badacze ci podkreślają, że mimo stosowania racjonalnego nawożenia organicznego i mineralnego zachodzi potrzeba dodatkowego nawożenia borem. Podobnie twierdzą inni autorzy [Krauze i in. 1986].

Uzyskany w badaniach własnych duży wzrost plonów: korzeni, biologicznego oraz technologicznego cukru pod wpływem dokarmiania dolistnego borem można wyjaśnić niską zawartością borem w glebie oraz suszą, która ogranicza jego przyswajalność [Grześkowiak 1996, Gutmański 1991a]. Wróbel [1997] stosując nawożenie doglebowe borem w dawce $2 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$ uzyskał istotny wzrost plonu korzeni o 5,5% w stosunku do obiektu stosowania bez borem. Jednak na całym doświadczeniu stosowano nawożenie obornikiem, który jest źródłem wielu mikroelementów. Korzystne efekty produkcyjne łącznego stosowania dolistnego borem lub manganu z herbicydem w bezobornikowej uprawie buraka cukrowego stwierdzili Wróbel i Domaradzki [2006]. W badaniach własnych plon liści nie różnił się istotnie w zależności od dokarmiania dolistnego borem. Brak takiego zróżnicowania przy doglebowym nawożeniu borem stwierdził Wróbel [1997].

Obniżenie zawartości sacharozy w korzeniach pod wpływem dokarmiania dolistnego borem w badaniach własnych potwierdza wcześniej uzyskane wyniki Wróbla [1997], który stosując doglebowo $2 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$ uzyskał zmniejszenie zawartości tego składnika z 17,8% (na obiekcie kontrolnym) do 17,6%. Domaradzki i Wróbel [2012] stwierdzili, że łączne dolistne stosowanie

herbicydów oraz manganu i boru, nie miało istotnego wpływu na jakość technologiczną korzeni (zawartość sacharozy i składników melasotwórczych).

Plon technologiczny cukru zależy przede wszystkim od plonu korzeni, w mniejszym stopniu od zawartości sacharozy i nieznacznie od zawartości składników melasotwórczych [Artyszak 2012, Artyszak i in. 1999, Rozbicki i in. 1997]. W badaniach własnych mimo pogorszenia jakości technologicznej korzeni, co objawiało się zmniejszeniem zawartości sacharozy, przy jednoczesnym wzroście plonu korzeni uzyskano znaczny przyrost plonu technologicznego cukru. Kristek i in. [2006] po dolistnym zastosowaniu boru w dawce $1 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$ stwierdzili wzrost plonu korzeni o 19,4%, zawartości cukru o 1,46% oraz plonu cukru o 39,5% w stosunku do obiektu kontrolnego.

WNIOSKI

1. Dokarmianie dolistne buraka cukrowego borem w stanowisku po buraku cukrowym w dawce $1,89 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$ zwiększa plon korzeni, plon biologiczny cukru oraz plon technologiczny cukru w stosunku do obiektu kontrolnego ($0 \text{ B} \cdot \text{ha}^{-1}$).
2. Dokarmianie dolistne borem obniża zawartość sacharozy w korzeniach, nie mając istotnego wpływu na zawartość składników melasotwórczych (N-a-aminowego, K i Na). Powoduje także istotne zmniejszenie zawartości cukru oczyszczonego, wydajności cukru oraz wartości współczynnika alkaliczności.
3. Odmiana Henrike odznacza się większym plonem korzeni, o lepszej jakości technologicznej oraz większym plonem biologicznym i technologicznym cukru niż odmiana Esperanza.

PIŚMIENNICTWO

- Artyszak A. 2012. Agrotechniczne i siedliskowe uwarunkowania plonowania i zdrowotności korzeni buraka cukrowego. Wyd. SGGW Warszawa. Rozpr. Nauk. Monogr. 398: ss. 154.
- Artyszak A., Podlaska J., Mądry W. 1999. Analiza współczynników ścieżek technologicznego plonu cukru buraka cukrowego i cech ładu ujawniających się w trakcie ontogenezy. Rocz. Nauk Rol., Ser. A 114(1-2): 41-54.
- Buchholz K., Märländer B., Puke H., Glattkowski H., Thielecke K. 1995. Neubewertung des technischen Wertes von Zuckerrüben. Zuckerindustrie 120: 113-121.
- Čermák P., Cigánek K., Macháček V. 2002. Praktyka nawożenia za granicą. Czechy. W: Nowoczesna uprawa buraków cukrowych. Grzebisz W. (red.). Wyd. AR Poznań: 86-90.
- Domaradzki K., Wróbel S. 2012. Wpływ łączenia ochrony herbicydowej oraz dokarmiania dolistnego mikroelementami na jakość plonu korzeni buraka cukrowego. Prog. Plant. Prot./Post. Ochr. Roślin 52(4): 1147-1150.
- Dziężyc I., Nowak L., Panek K. 1987. Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 314: 11-32.
- Fardeau J.C., Duval R., Cariolle M., Gaj R. 2002. Praktyka nawożenia za granicą. Francja. W: Nowoczesna uprawa buraków cukrowych. Grzebisz W. (red.). Wyd. AR Poznań: 90-99.
- Grzebisz W. 2005. Potrzeby pokarmowe, zasady i techniki nawożenia buraka cukrowego. W: Technologia produkcji buraka cukrowego. Ostrowska D., Artyszak A. (red.). Wyd. „Wiś Jutra” Warszawa: 45-53.
- Grzebisz W. 2006. Krytyczne etapy tworzenia systemu nawożenia buraka cukrowego. W: Czy produkcja buraków cukrowych w Polsce w świetle reformy rynku cukru będzie opłacalna? KZPBC, Katedra Ekonomiki i Gospodarstw Rolniczych SGGW, Redakcja „Wiś Jutra” Warszawa: 39-48.

- Grzebisz W., Barłóg P. 2002. Zasady nawożenia. W: Nowoczesna uprawa buraków cukrowych. Grzebisz W. (red.). Wyd. AR Poznań: 62–85.
- Grześkowiak A. 1996. Nawozy mineralne we współczesnym rolnictwie. W: Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Czuba R. (red.). Police: 17–56.
- Gupta U.C. 2006. Boron. In: Handbook of plant nutrition. Barker A.V., Pilbeam D.J. (ed). Taylor and Francis Group: 241–278.
- Gupta U.C., Solanki H. 2013. Impact of boron deficiency on plant growth. *Int. J. Bioassays* 2: 1048-1050.
- Gutmański I. 1991a. Rola i pobieranie składników pokarmowych. W: Produkcja buraka cukrowego. Gutmański I. (red.). PWRiL Poznań: 173–195.
- Gutmański I. 1991b. Agrochemiczna ocena gleby. W: Produkcja buraka cukrowego. Gutmański I. (red.). PWRiL Poznań: 197–215.
- Hellal F.A., Taaab A.S., Safaa A.M. 2009. Influence of nitrogen and boron nutrition on nutrient balance and sugar beet yield grown in calcareous soil. *Ozean J. Appl. Sci.* 2(1): 1-10.
- Jaszczołt E. 1998. Effect of two methods of fertilizing sugar beet with trace elements on the yields of roots and sugar. *Gazeta Cukrownicza* 106: 232-234.
- Krauze A., Benedycka Z., Bobrzecka D., Bardzicka B. 1986. Reakcja buraków cukrowych na nawożenie borem. *Acta Acad. Agricult. Techn. Olst.* 285, *Agriculture* 43: 43–50.
- Kristek A., Stojić B., Kristek S. 2006. Effect of the foliar boron fertilization on sugar beet root yield and quality. *Poljoprivreda* 12(1): 22–26.
- Mercik S., Stępień W. 2005. The most important soil properties and yields of plants in 80 years of static fertilizing experiments in Skierniewice. *Fragm. Agron.* 22(1): 189–201.
- Molga M. 1986. Meteorologia rolnicza. PWRiL Warszawa: 470–475.
- Polska Norma PN-R-74458. 1999. Korzenie buraka cukrowego: ss. 8.
- Pospišil M., Pospišil A., Sito S. 2005. Foliar application of liquid fertilizer Fertina B to sugar beet. *Listy Cukrov. Řepař.* 121: 174–177.
- Rozbicki J., Kalinowska-Zdun M., Mądry W., Wyszynski Z. 1997. Uwarunkowania technologicznego plonu sacharozy buraka cukrowego przez jego składowe w zmiennych warunkach uprawowych. W: Postęp w uprawie buraka cukrowego i w jakości korzeni. KHRiN SGGW, KWS. Warszawa: 113–115.
- Siódmiak J., Heimann H. 2003. Rośliny okopowe. Burak cukrowy W: Lista opisowa odmian. Rośliny rolnicze. Zbożowe, okopowe, strączkowe, oleiste. COBORU Słupia Wielka: 162–175.
- Siódmiak J., Heimann H. 2004. Rośliny okopowe. Burak cukrowy. W: Lista opisowa odmian. Rośliny rolnicze. Cz. 2. Okopowe, strączkowe. COBORU Słupia Wielka: 43–56.
- Trzebiński J. 1991. Ocena wydajności cukru z korzeni. W: Produkcja buraka cukrowego. Gutmański I. (red.). PWRiL Poznań: 591–598.
- Wiśniewski W. 1991. Wymagania klimatyczne. W: Produkcja buraka cukrowego. Gutmański I. (red.). PWRiL Poznań: 71–83.
- Wróbel S. 1997. Wpływ nawożenia mikroelementami na plonowanie i skład chemiczny buraka cukrowego. *Biul. IHAR* 202: 193–196.
- Wróbel S., Domaradzki K. 2006. Działanie boru i manganu w łącznej aplikacji dolistnej z herbicydem na plonowanie i skład chemiczny buraka cukrowego. *Pam. Puł.* 142: 587–593.
- Wróbel S., Obojski J. 1997. Zawartość boru w glebach i roślinach buraka cukrowego z pól o wysokiej produktywności. *Biul. IHAR* 202: 197–199.
- Zalecenia ochrony roślin na CD. IOR Poznań 2005, 2006.

A. ARTYSZAK

**THE EFFICIENCY OF FOLIAR BORON FERTILIZATION OF TWO SUGAR BEET
VARIETIES
PART I. THE YIELDING AND TECHNOLOGICAL QUALITY OF ROOTS**

Summary

In 2005–2006, at the Agricultural Experiment Station Warsaw of University of Life Sciences in Żelazna investigated the effect of foliar boron ($1.89 \text{ kg B}\cdot\text{ha}^{-1}$) on yield and technological quality of roots of two sugar beet varieties (Esperanza, Henrike) compared to control ($0 \text{ B}\cdot\text{ha}^{-1}$). Sugar beet cultivated after sugar beet in crop rotation: sugar beet - sugar beet - spring wheat. On average, for two years foliar fertilization resulted in a significant increase of root yield (by 25.1%), biological yield of sugar (by 14.0%) and the technological yield of sugar (by 20.8%) compared to control. Boron foliar fertilization also resulted in a significant decrease in sucrose content in roots (by 0.4%), sugar content cleaned (by 0.5%), productivity of sugar (by 1.2%) and rate of alkalinity W_A (by 0.37). On average, for the entire study period variety Henrike was characterized by significantly higher yields: roots (by 12.1%), leaves (by 44.0%), biological sugar (by 15.9%) and technological sugar (by 17.1%) than variety Esperanza. Roots of variety Henrike were characterized also by significantly higher content of sucrose (by 0.6%), sugar cleaned (by 0.7%), productivity of sugar (1.0%) and less of sodium ($1.02 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$) than variety Esperanza.

Key words: sugar beet, yield, technological quality of roots, boron

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 30.01.2014

Do cytowania – *For citation*:

Artyszak A. 2014. Efektywność nawożenia dolistnego dwóch odmian buraka cukrowego borem. Cz. I. Plonowanie i jakość technologiczna korzeni. *Fragm. Agron.* 31(3): 7–18.