

PIOTR MIROSŁAW SZULC ¹
MIROSŁAW KOBIERSKI ²
MIROSŁAW NOWAKOWSKI ³
KAZIMIERZ KUBICKI ⁴

¹ Katedra Fizjologii Roślin, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

² Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

³ Zakład Technologii Produkcji Roślin Okopowych, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Bydgoszcz

⁴ Strube-Dieckmann Polska Sp. z o.o.

Wpływ nawożenia sodem na plon i parametry jakości korzeni buraka cukrowego

The effect of sodium fertilization on the yield and quality parameters of sugar beet roots

W celu określenia wpływu doglebowego nawożenia sodem na masę korzeni buraka cukrowego i wybrane parametry jakościowe: polaryzację, zawartość potasu, sodu i azotu alfa-aminowego, współczynnik alkaliczności, formułę Braunschweigu, straty w melasie, plon cukru biologicznego i cukru technologicznego, wykonano wazonowe doświadczenie w hali vegetacyjnej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. W doświadczeniu wysiano odmianę Lupus z firmy hodowlanej Strube-Dieckmann. Po zbiorze określono masę korzeni i liści buraka oraz oznaczono wymienione wcześniej parametry jakościowe korzeni. Stwierdzono istotny wpływ dawek sodu od 50 do 150 kg Na·ha⁻¹ na przyrost masy korzeni buraka cukrowego, zwiększenie w nich zawartości sodu oraz wzrost plonu korzeni i plonu cukru technologicznego. W celu praktycznego zobrazowania wpływu nawożenia sodem na plonowanie buraka cukrowego, przeliczono zastosowane dawki i masę roślin z wazonu vegetacyjnego na hektar.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, jakość korzeni, plon, sól

The experiment aimed to determine the impact of sodium on the yield and some quality parameters of sugar beet roots were carried out at the crop cultivation hall of the University of Technology and Life Sciences in Bydgoszcz. The following quality parameters were estimated: polarization, potassium and sodium content, alpha-amino nitrogen content, alkalinity coefficient, Brunswick formula, saccharose losses in the molasses, and biological and recoverable sugar yield. A sugar beet variety Lupus coming from the Strube-Dieckmann breeding company was used in the study. The increase in sodium doses from 50 to 150 kg·ha⁻¹ resulted in a significant increase in beet roots weight, content of sodium and the yield of recoverable sugar. For visualization purposes, the yield data obtained for single plants were converted in the paper to yield from 1 ha.

Key words: roots quality, sodium, sugar beet, yield

WSTĘP

Odmiany buraka cukrowego zawierają aktualnie około 20% sacharozy w korzeniu, co jest pozytywnym efektem intensywnych prac hodowlanych. Wraz ze wzrostem plonowania i zawartości cukru zwiększa się zapotrzebowanie tej rośliny na składniki pokarmowe potrzebne do wytworzenia jednej jednostki plonu, czyli 1 tony korzeni z odpowiednią masą liści. Wiśniewski (1994) podaje, że na jej wytworzenie burak pobiera z gleby: 9,88 kg K; 5,1 kg N; 2,87 kg Na; 1,88 kg P; 1,73 kg Ca; 1,2 kg Mg; 23,83 g Mn; 14,8 g Zn; 6,53 g B oraz 2,58 g Cu. Zgodnie z tymi danymi burak cukrowy do wytworzenia plonu korzeni 50 t·ha⁻¹ potrzebuje około 143 kg Na·ha⁻¹.

Wielu autorów prac dotyczących nawożenia sodem wskazuje na jego korzystny wpływ na wysokość plonu buraka cukrowego i zawartość sacharozy (Warchołowa, 1971; Goh i Magat, 1989; Prośba-Białczyk i Mydlarski, 2002). W dotychczasowych badaniach dotyczących nawożenia sodem pod buraki cukrowe, pierwiastek ten stosowany był głównie w formie chlorku sodu lub siarczanu sodu. Sole te aplikowano doglebowo (Goh i Magat, 1989; Allison i in., 1994; Allison i in., 1997), dolistnie (Prośba-Białczyk i Mydlarski, 2002) lub moczono nasiona w 0,1–0,4% wodnych roztworach wspomnianych soli (Henckel i Bakanova, 1974). Stosowanie soli chlorkowych przyczynia się jednak do gromadzenia w roztworze glebowym anionu Cl⁻, który może być głównym czynnikiem wywołującym zasolenie gleby. Tolerancja roślin na nadmiar chloru w glebie jest zróżnicowana. Rozwój roślin wrażliwych na ten anion, do których zaliczamy fasolę, ulega znacznemu ograniczeniu już przy stężeniu 450–700 mg Cl·dm⁻³ roztworu glebowego. Natomiast rośliny odporne, w tym i burak cukrowy, nie wykazują objawów toksyczności nawet przy stężeniu 900–3500 mg Cl·dm⁻³ roztworu glebowego (Kabata-Pendias i Pendias, 1999). Przekroczenie dopuszczalnego dla danego gatunku rośliny stężenia chloru w roztworze glebowym powoduje obniżenie intensywności fotosyntezy i przyspieszenie procesu oddychania u roślin (Kirst, 1989; Tiwari i in., 1997; Kao i in., 2003; Parida i in., 2003; Sudhir i Murthy, 2004). Ponadto zasolenie podłoża może wywoływać zakłócenia w przemianach kwasów nukleinowych oraz zahamowanie syntezy białek (Booth i Beardall, 1991; Ashraf, 2004). Szkodliwy wpływ zasolenia ujawnia się już w początkowym okresie wzrostu rośliny poprzez osłabienie kiełkowania nasion i częściowe zahamowanie wzrostu siewek. Związane jest to z utrudnionym pobieraniem wody przez rośliny z roztworu o wysokim stężeniu soli (Durrant i in., 1974; Yupsanis i in., 1994; Al-Harbi, 1995; Marschner, 1995; Iqbal i in., 2006).

Pomimo tego, że badania dotyczące nawożenia sodem prowadzone są od ponad 100 lat, trudno jest ustalić optymalną dawkę nawozową tego składnika w uprawie buraka cukrowego. Należy to wiązać ze zmienną zawartością sodu w glebie, z której jest on łatwiej wypłukiwany przez opady niż potas (Allison i in., 1994). Ustalenie zapotrzebowania na sól utrudnia fakt, iż sól występuje w wielu nawozach mineralnych, głównie niskoprocentowych solach potasowych, jako pierwiastek zanieczyszczający i towarzyszący jonom potasowym (Gutmański, 2002).

Celem pracy było określenie wpływu sodu na plon korzeni i wybrane cechy jakościowe. W doświadczeniu zastosowano sól w formie węglanowej, ponieważ związek ten nie wpływa istotnie na zasolenie gleby.

MATERIAŁ I METODY

Wazonowe doświadczenie vegetacyjne założono w latach 2005 i 2006 w hali vegetacyjnej Wydziału Rolniczego Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego, w czterech powtórzeniach w układzie losowym. Wazony vegetacyjne wypełniono 60 kg gleby średniej (klasa III b – piasek gliniasty mocny) o odczynie obojętnym, wysokiej zawartości przyswajalnych form fosforu i magnezu oraz niskiej zawartości potasu i sodu (tab. 1). Kationy Na^+ wyekstrahowano z gleby za pomocą 1 M $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ o pH 7,0 (Lityński i in., 1976) i oznaczono metodą spektrometrii emisyjnej. Zawartość fosforu i potasu określono metodą Egnera-Riehma, a ilość przyswajalnego dla roślin magnezu oznaczono metodą Schachtschabela.

Tabela 1

Wybrane właściwości chemiczne gleby
Chemical properties of the soil

pH w 1N KCl	Zawartość wybranych składników w glebie — Content of some nutrients						
	N [%]	C [%]	C/N	Na [mg·100g ⁻¹]	P ₂ O ₅ [mg·100g ⁻¹]	K ₂ O [mg·100g ⁻¹]	Mg [mg·100g ⁻¹]
6,9	0,135	1,269	9,436	0,092	20,0	11,0	7,2

Odmianę Lupus (Strube-Dieckmann) wysiewano w pierwszej dekadzie maja do wazonów o powierzchni 1660 cm². Po trzech tygodniach od początku wschodów wykonano przerywkę pozostawiając po trzy siewki w każdym wazonie. Przedplonem dla buraka cukrowego była gorczyca biała. Przedsięwzięcie (6–7 dni) zastosowano uzupełniające nawożenie NPK w dawkach: 0,013 g N·kg⁻¹ gleby, 0,012 g P·kg⁻¹ gleby, 0,060 g K·kg⁻¹ gleby oraz 0,01 g Mg·kg⁻¹ gleby i 0,005 mg B·kg⁻¹ gleby. Wymienione dawki po przeliczeniu na powierzchnię 1 ha wynosiły: 40 kg N, 37 kg P, 185 kg K, 31 kg Mg i 15 kg B.

Pozostałą ilość azotu aplikowano pogłównie w dwóch dawkach po 0,013 g·kg⁻¹ gleby w fazie czterech i ośmiu liści właściwych buraka cukrowego.

Sód zastosowano przedsięwzięcie, w formie Na_2CO_3 w dawkach: 0,038 g, 0,076 g, 0,114 g i 0,152 g·kg⁻¹ gleby, co odpowiada: 50 kg, 100 kg, 150 kg i 200 kg Na·ha⁻¹. Obiekt kontrolny stanowiły wazony wypełnione glebą zaopatrzoną w NPKMgB, ale nienawożoną sodem. Rośliny w czasie vegetacji były podlewane wodą redestylowaną, w miarę potrzeb, tak aby wilgotność gleby w wazonie vegetacyjnym, mierzona za pomocą tensjometru, wynosiła 70% połowej pojemności wodnej gleby. W czasie vegetacji buraki cukrowe były chemicznie chronione przed chorobami i szkodnikami. Zbiór przeprowadzono 5 października.

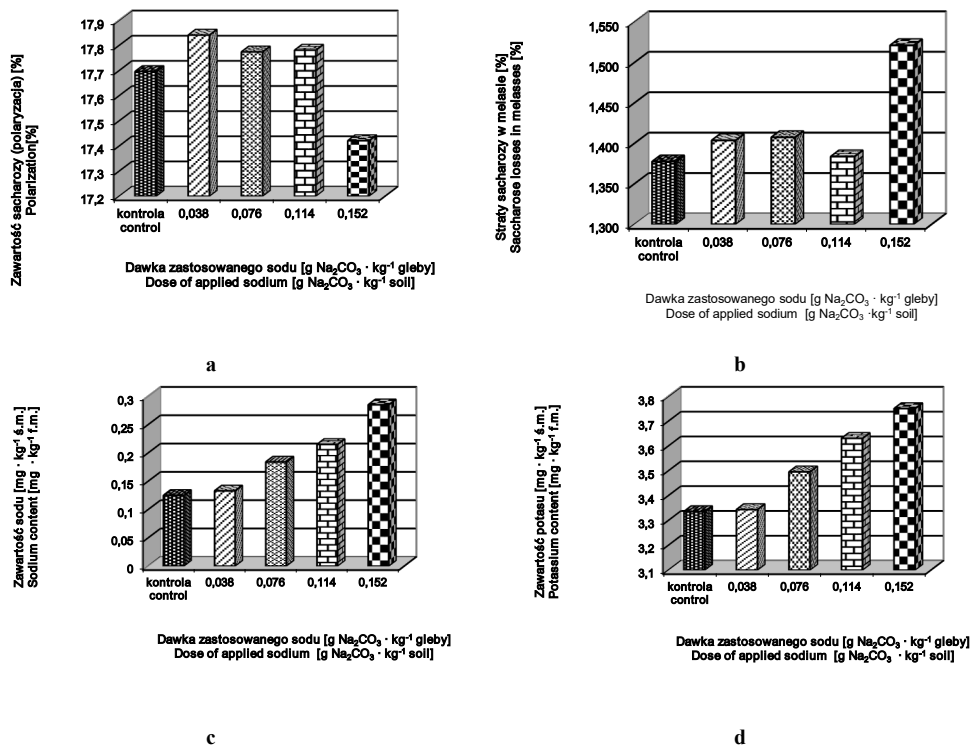
Określono z każdego wazonu masę liści i korzeni, a na linii Venema w Cukrowni Gliniojeck S.A. polaryzację, zawartość potasu (K), sodu (Na) i azotu alfa-aminowego (Nam) (wartości przeliczono z mmol·kg⁻¹ na mg·kg⁻¹). Na podstawie uzyskanych wyników obliczono współczynnik alkaliczności ($\text{K}+\text{Na} / \text{Nam}$), formułę Braunschweigu ($\text{AV} = 0,12 \times (\text{K}+\text{Na}) + 0,24 \times \text{Nam} + 1,08$), straty w melasie ($\text{SMV} = 0,12 \times (\text{K}+\text{Na}) + 0,24 \times \text{Nam} +$

0,48), plon cukru biologicznego i technologicznego, zgodnie z metodyką podaną przez Wiśniewskiego (1994).

Wyniki opracowano statystycznie stosując analizę wariancji danych (doświadczenie wielokrotne, jednoczynnikowe w układzie całkowicie losowym). Wykorzystano do tego celu program komputerowy Prof. F. Rudnickiego (UTP Bydgoszcz).

WYNIKI I DYSKUSJA

Buraki cukrowe należą do roślin sodolubnych, gdyż pobierają duże ilości tego składnika z gleby. Wyraźny wpływ zastosowanego sodu na plon buraka cukrowego stwierdzili już w 1945 roku Holt i Volk. Wykazali oni, jak podaje Nowotny-Mieczysłowska (1976), że wprowadzenie do gleby sodu, niezależnie od wielkości zastosowanej dawki, powodowało wzrost plonu korzeni. Jednak w miarę zwiększania dawki zastosowanego potasu efekt plonotwórczy sodu był coraz mniejszy.

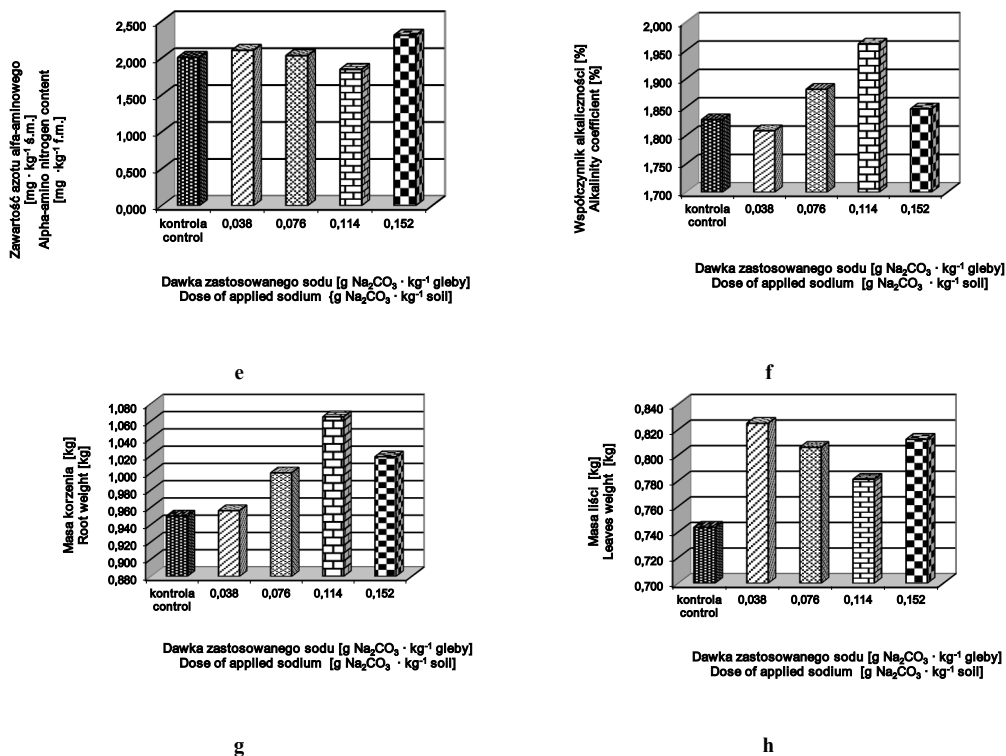


Rys. 1. a-d. Wpływ nawożenia sodem na plon i parametry jakościowe korzeni buraka cukrowego (2005–2006)

Fig. 1. a-d. The effect of sodium fertilization on yield and quality parameters of sugar beet roots (2005–2006)

W niniejszej pracy stwierdzono dodatnią reakcję buraka cukrowego na nawożenie sodem. Zastosowany węgiel sodu w dawkach od 0,038 do 0,152 g·kg⁻¹ gleby wpływał na

zwiększenie masy korzeni w porównaniu do roślin nienawożonych sodem. Najwyższą masę korzeni wynoszącą 1,065 kg miały buraki nawożone $0,114 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby (rys. 1 g). W celu lepszego zobrazowania wpływu nawożenia sodem, wyniki przeliczono na hektar. Pozwoliło to wykazać, iż po zastosowaniu wymienionej dawki sodu tzn. $150 \text{ kg Na} \cdot \text{ha}^{-1}$ hipotetyczny plon korzeni z ha może wynosić 65,5 tony (rys. 1 k). Obliczony w pracy teoretyczny efekt plonotwórczy zastosowanej dawki sodu był wyższy od tego, jaki określił Wiśniewski (1994), który stwierdził, iż zapotrzebowanie buraków cukrowych na wytworzenie jednej tony korzeni z odpowiadającą jej masą liści niezależnie od odmiany wynosi $2,87 \text{ kg}$ sodu. W badaniach własnych wskaźnik ten wynosił $2,29 \text{ kg}$ sodu.



Rys. 1. e-h. Wpływ nawożenia sodem na plon i parametry jakościowe korzeni buraka cukrowego (2005–2006)

Fig. 1. e-h. The effect of sodium fertilization on yield and quality parameter of sugar beet roots (2005–2006)

Dodatni wpływ nawożenia dolistnego sodem na plon i wybrane parametry jakościowe korzeni buraków wykazali Prośba-Białczyk i Mydlarski (2002). Zastosowane przez nich wodne roztwory NaCl zawierające 2,4; 7,2 i $14,4 \text{ kg Na} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodowały przyrost plonu korzeni, przy czym różnice były istotne statystycznie w przypadku zastosowania 7,2 i $14,4 \text{ kg Na} \cdot \text{ha}^{-1}$ w porównaniu do kontroli i dawki $2,4 \text{ kg Na} \cdot \text{ha}^{-1}$. Najwyższa użyta dawka

wpłynęła na zwiększenie plonu korzeni o $13,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w porównaniu do kontroli, której plon wyniósł $55,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Stwierdzili oni również istotny wzrost masy pojedynczego korzenia w porównaniu do kontroli.

Największą masę liści wytworzyły buraki nawożone dawką $0,038 \text{ g Na}_2\text{CO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby, a najmniejszą gdy sód zastosowano w dawce $0,114 \text{ g Na}_2\text{CO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby. Wzrost dawki sodu powodował spadek masy liści, przy czym najmniejszą masę miały liście buraków nawożonych $0,114 \text{ g Na}_2\text{CO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby (rys. 1 h).

Natomiast Prośba-Białczyk i Mydlarski (2002) wykazali istotny w porównaniu do kontroli i stężenia 2% NaCl, wpływ nawożenia dolistnego roztworem 6% i 12% NaCl na przyrost plonu liści. Nawożenie buraków sodem jak udowodnili Draycott i Farley (1971), Warchołowa (1971), Milford i wsp. (1977) i Allison i wsp. (1994) powoduje zwiększenie powierzchni liści buraka, a niedobór przyswajalnego sodu w glebie hamuje wzrost powierzchni liścia (Milford i in., 1977; Allison i in., 1994). Sód wpływa również stymulująco na syntezę chlorofilu i barwników karotenoidowych w liściu (Allen i Arnon, 1955; Nowotny-Mieczysłowska, 1976) oraz aktywuje syntetazę sukcyńlo-CoA (Bush, 1969). Wymienione zmiany zachodzące w liściu w następstwie działania sodu, wpływają bezpośrednio na aktywność fotosyntetyczną buraka cukrowego, która warunkuje wielkość plonu (Jaggard i Clark, 1990; Allison i in., 1994).

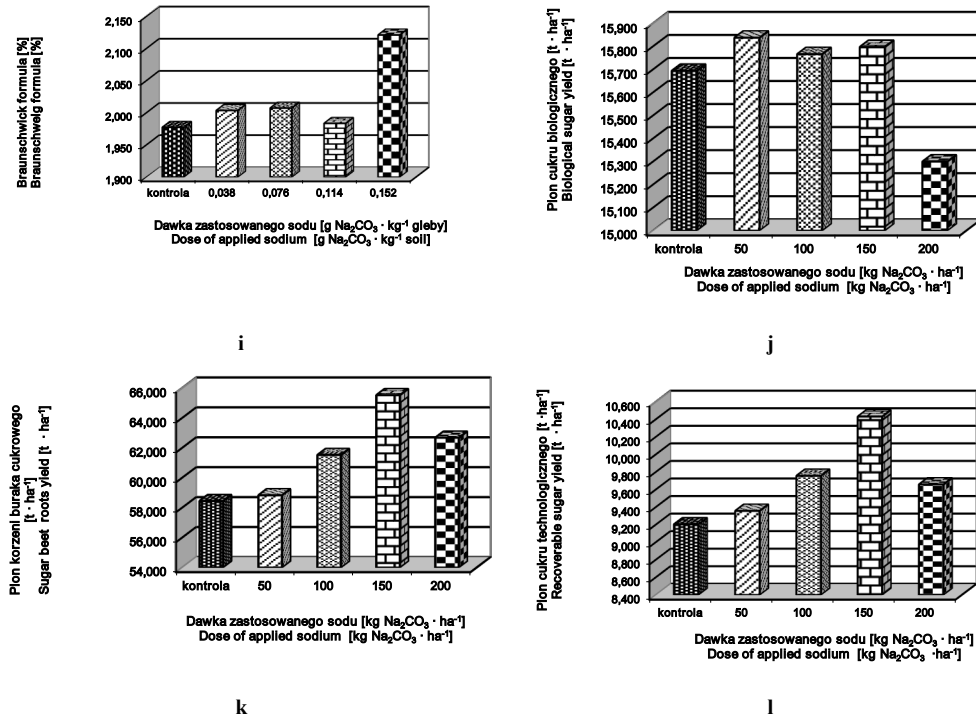
Nawożenie sodem nie wpływało istotnie na zawartość sacharozy i jej wydajność. Najwyższą zawartość sacharozy (17,84%) i plon cukru biologicznego ($15,84 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) stwierdzono pod wpływem nawożenia najmniejszą dawką węglanu sodu, a zwiększenie dawki sodu wpłynęło na obniżenie zawartości sacharozy w korzeniu nieistotnie (rys. 1 a, k). Najniższy plon cukru biologicznego w korzeniach uzyskano stosując $200 \text{ kg Na}\cdot\text{ha}^{-1}$ (rys. 1 k). Natomiast Prośba-Białczyk i Mydlarski (2002) stwierdzili, iż zawartość sacharozy w korzeniu buraka wzrastała istotnie pod wpływem dolistnego dokarmiania wzrastającymi dawkami sodu do $14,4 \text{ kg Na}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Zastosowane wzrastające dawki do $0,114 \text{ g}$ węglanu sodu powodowały wzrost plonu cukru technologicznego. Wynosił on $10,43 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ i był istotnie wyższy w porównaniu do kontroli, z której uzyskano $9,21 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (rys. 1 l). Wyniki są porównywalne z tymi jakie opisali Prośba-Białczyk i Mydlarski (2002), stosując dolistnie sód w formie chlorkowej.

Prośba-Białczyk i Mydlarski (2002) stwierdzili niekorzystny wpływ stosowania sodu na parametry jakościowe korzeni buraków. Zaobserwowali, iż zastosowanie sodu w nawożeniu buraków cukrowych przyczyniło się do zwiększenia zawartości tego pierwiastka i potasu oraz azotu alfa-aminowego w korzeniach.

Podobne zależności dotyczące zawartości sodu stwierdzono w niniejszej pracy, w której wykazano istotny wpływ zastosowania dawek $0,114$ i $0,152 \text{ g Na}_2\text{CO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby na zwiększenie zawartości tego pierwiastka w korzeniu w porównaniu do kontroli oraz korzeni zebranych z wazonów nawożonych najniższą dawką węglanu sodu (rys. 1 c.). Wraz ze wzrostem dawki sodu zanotowano stopniowe zwiększanie się całkowitej zawartości potasu w korzeniach, jednak różnice nie były statystycznie istotne (rys. 1 d). Najwyższą zawartość azotu alfa-aminowego stwierdzono w korzeniach buraków nawożonych maksymalną dawką sodu — $0,152 \text{ g Na}_2\text{CO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby. Zawartość ta była

istotnie wyższa od zawartości w korzeniach buraków nawożonych $0,114 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby (rys. 1 e). Allison i wsp. (1994) stwierdzili natomiast spadek zawartości azotu alfa-aminowego pod wpływem wzrastającej dawki sodu. Nie udowodniono istotnego zróżnicowania wartości współczynnika alkaliczności i formuły Braunschweigu, jak również strat sacharozy w melasie.



Rys. 1. i-l. Wpływ nawożenia sodem na plon i parametry jakościowe korzeni buraka cukrowego (2005–2006)

Fig. 1. i-l. The effect of sodium fertilization on yield and quality parameters of sugar beet roots (2005–2006)

Opinie dotyczące wpływu nawożenia buraków sodem na plon i parametry jakościowe uzyskanego surowca są rozbieżne. Wielu autorów stwierdza istotnie dodatni wpływ nawożenia sodem na wzrost plonu korzeni i cechy technologiczne korzeni (Warchołowa, 1971; Goh i Magat, 1989; Prośba-Białczyk i Mydlarski, 2002; Kubicki i Szulc, 2006; Nowakowski i in., 2007). Natomiast Allison i wsp. (1994) twierdzą, iż przyrost plonu nie rekompensuje nakładów poniesionych na nawożenie sodem oraz ewentualnego ryzyka związanego z wystąpieniem stresu osmotycznego, który może powodować obumieranie nasion oraz siewek buraków, przez co zmniejsza się obsada roślin, a w końcowym efekcie plon korzeni. Dlatego też Durrant i wsp. (1974) nie zalecają nawożenia pod buraki cukrowe dawkami wyższymi od $377 \text{ kg Na} \cdot \text{ha}^{-1}$. Ponadto stosując nawożenie sodem należy pamiętać,

aby jego zawartość w glebie lekkiej nie przekraczała 100 mg Na·dm⁻³, średniej 200 mg Na·dm⁻³, a ciężkiej 300 mg Na·dm⁻³ (Gutmański, 2002).

Istnieje konieczność weryfikacji zaleceń dotyczących nawożenia sodem w uprawie buraka cukrowego i kontynuacji badań nad wpływem tego pierwiastka na plon i cechy jakościowe korzeni w warunkach polowych.

WNIOSKI

1. Zastosowane w doświadczeniu wazonowym nawożenie sodem w formie węglanowej spowodowało istotny wzrost masy korzenia oraz zwiększenie zawartości sodu w porównaniu do roślin nienawożonych.
2. Na podstawie wyników badań wykazano, że zastosowanie sodu w dawkach od 50 do 150 kg Na·ha⁻¹ powodować może wzrost plonu korzeni oraz plonu cukru technologicznego.
3. Dawki nawożenia sodem w zakresie od 0,038 do 0,152 g·kg⁻¹ gleby powodowały pogorszenie jakości technologicznej korzeni buraka cukrowego, gdyż pod ich wpływem zwiększyły się zawartości sodu i potasu.

LITERATURA

- Al-Harbi A. R. 1995. Growth and nutrient composition of tomato and cucumber seedlings as affected by sodium chloride salinity and supplemental calcium. *J. Plant Nutr.* 18: 1403 — 1416.
- Allen M. B., Arnon D. J. 1955. Studies on nitrogen-fixing blue-green algae. II. The sodium requirement of *Anabaena cylindrica*. *Physiol. Plant.* 8: 653 — 660.
- Allison M. F., Chapman J.L., Garat C. E., Todd A. D. 1997. The potassium, sodium, magnesium, calcium and phosphate nutrition of sugarbeet (*Beta vulgaris*) grown on soils containing incorporated straw. *J. Sci. Food Agric.* 74: 216 — 220.
- Allison M. F., Jaggard K. W., Armstrong M. J. 1994. Time of application and chemical form of potassium, phosphorus, magnesium and sodium fertilizers and effects on the growth, yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris*). *J. of Agricult. Sci.* 123: 61 — 70.
- Ashraf M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora* 199: 361 — 376.
- Booth W. A., Beardall J. 1991. Effect of salinity on inorganic carbon utilization and carbonic anhydrates activity in the halotolerant algae *Dunaliella salina* (*Chlorophyta*). *Phycologia* 30: 220 — 225.
- Bush L. P. 1969. Influence of certain cations on activity of succinyl CoA syntheses from tobacco. *Plant Physiol.* 44: 347 — 350.
- Draycott A. P., Farley R. F. 1971. Effect of sodium and magnesium fertilisers and irrigation on growth, composition and yield of sugar beet. *J. Sci. Food Agric.* 22: 559 — 563.
- Durrant M. J., Draycott A. P., Payne P. A. 1974. Some effects of sodium chloride on germination and seedling growth of sugar beet. *Ann. Bot.* 38: 1045 — 1051.
- Goh K. M., Magat S. S., 1989. Sodium chloride increases the yield of fodder beet (*Beta vulgaris* L.) in two New Zealand soils. *New Zealand J. Agricult. Research* 32: 133 — 137.
- Gutmański I. 2002. Znaczenie nawożenia potasem dla efektywnej uprawy buraka cukrowego. IHAR Radzików.
- Henckel P. A., Bakanova L. V. 1974. O stimiljurujushhem dejstvin niebolshikh doz khloristogo natrija na sakharju sveklu. *Fizjologija Rastenij* 21: 812 — 818.
- Iqbal M., Ashraf M., Jamil A., Rehman S. 2006. Does seed priming induce changes in the levels of some endogenous plant hormones in hexaploid wheat plants under salt stress? *J. Integrative Plant Biol.* 48: 181 — 189.

- Jaggard K.W., Clark C. 1990. Remote sensing to predict the yield of sugar beet in England. In *Applications of Remote Sensing in Agriculture* (Eds. M.D. Steven & J.A. Clark) London: Butterworths: 201 — 206.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN, Warszawa : 268 — 270.
- Kao W. Y., Tsai T. T., Shih C. N. 2003. Photosynthetic gas exchange and chlorophyll a fluorescence of three wild soybean species in response to NaCl treatments. *Photosynthetica* 41: 415 — 419.
- Kirst G. O. 1989. Salinity tolerance of eukaryotic marine algae. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant mol. Biol.* 40: 21 — 53.
- Kubicki K., Szulc P. M. 2006. Wpływ nawożenia sodem na wybrane parametry plonu korzeni buraka cukrowego. *Poradnik Plantatora Buraka Cukrowego* 3: 29 — 31.
- Lityński T., Jurkowska H., Górlach E. 1976. *Analiza chemiczno-rolnicza. Przewodnik metodyczny do analizy gleby i nawozów*: 108 — 111, 149 — 153, 157 — 160. PWN, Warszawa.
- Marschner H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd Ed. Academic Press, San Diego.
- Milford G. F. J., Cormack W. F., Durrant M. J. 1977. Effects of sodium chloride on water status and growth of sugar beet. *J. Exp. Bot.* 28: 1380 — 1388.
- Nowakowski M., Szymczak-Nowak J., Koch H. J. 2007. Plony i zdrowotność buraka cukrowego pod wpływem nawożenia potasem, magnezem i sodem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, z. 518: 141 — 155.
- Nowotny-Mieczysława A. 1976. *Fizjologia mineralnego żywienia roślin*. Wyd. II. PWRiL, Warszawa.
- Parida A. K., Das A. B., Mitra B. 2003. Effects of NaCl stress on the structure, pigment complex composition, and photosynthetic activity of mangrove *Bruguiera parviflora* chloroplasts. *Photosynthetica* 41: 191 — 200.
- Prośba-Białczyk U., Mydlarski M. 2002. Wpływ chlorku sodu zastosowanego nalistnie na produktywność i wartość technologiczną buraka cukrowego. *Biul. IHAR* 222: 215 — 222.
- Sudhir P., Murthy S. D. S. 2004. Effects of salt stress on basic processes of photosynthesis. *Photosynthetica* 42: 481 — 486.
- Tiwari B. S., Bose A., Ghosh B. 1997. Photosynthesis in rice under a salt stress. *Photosynthetica* 34: 303 — 306.
- Warchołowa M. 1971. Wpływ Na i K na transpirację, asymilację pozorną i gromadzenie cukrów przez Buraki cukrowe. *Pam. Puł.* 47: 199 — 212.
- Wiśniewski W., 1994. Dynamika wzrostu i pobierania składników pokarmowych przez buraki cukrowe i pastewne z uwzględnieniem ich jakości. *Hod. Rośl. Aklim.* 38: 3 — 41.
- Yupsanis T., Moustakas M., Domiandou K. 1994. Protein phosphorylation-dephosphorylation in alfalfa seeds germinating under salt stress. *J. Plant Physiol.* 143: 234 — 240.