

RADOSŁAW MUSOLF
WITOLD GRZEBISZ
WITOLD SZCZEPANIAK

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu

Wpływ nawożenia potasem na tle zróżnicowanych warunków wodnych na plon i jakość korzeni buraka cukrowego (*Beta vulgaris* L.) Część II. Jakość technologiczna korzeni i plony cukru

Effect of potassium fertilization under diversified water conditions on yield and quality of sugar beets (*Beta vulgaris* L.) Part II. Quality of taproots and yield of sugar

Wysoka jakość korzeni powinna być zasadniczym celem uprawy buraka cukrowego. W drugiej części badań przeprowadzono ocenę wpływu czynników doświadczalnych na jakość technologiczną korzeni i plon cukru białego. Otrzymane średnie wyniki z trzech lat badań jednoznacznie wykazały, że zawartość potasu w korzeniach zależała od nawożenia potasem i warunków wodnych. W odniesieniu do cech przerobowych korzeni, nawożenie potasem zwiększyło alkaliczność soku i straty cukru, lecz nie miało wpływu na wydatek cukru. Nawożenie potasem zwiększyło plon cukru o 21%. W porównaniu do naturalnych warunków wodnych (kontrola wodna) rośliny nawadniane produkowały o 13,4% więcej cukru. Symulowane susze w lipcu i sierpniu wywołały natomiast depresję plonu, odpowiednio o 17,4% i 19,2%.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, jakość technologiczna, plon cukru

High quality of taproots is a major good in sugar beet production. Effect of some experimental factors on technological quality of roots and recoverable sugar yield was assessed. The three years results clearly showed that potassium content in roots was influenced by potassium fertilization and water supply conditions. With respect to quality parameters, the potassium fertilization increased row juice alkalinity and slightly raised sugar losses, but at the same time did not affect recoverable sugar content. Recoverable sugar yield significantly depended on the both experimental factors. Potassium fertilization increased yield of sugar by 21%. In comparison to natural water conditions (water control) irrigated plants produced by 13.4% more sugar. Simulated droughts imposed in July and August depressed yield of sugar yield by 17.4% and 19.2%, respectively.

Key words: sugar beet, sugar yield, technological quality

WSTĘP

Podstawowym parametrem oceny plantacji buraka cukrowego jest pozyskany plon cukru, który jest wypadkową trzech grup czynników/procesów, a mianowicie plonu korzeni, jakości korzeni oraz stopnia ekstrakcji cukru. Pierwsze dwa czynniki zależą od warunków pogodowych, wartości siedliska i agrotechniki, a trzeci od technologii przetwórstwa (Gutmański, 1991; Malec, 2002).

Celem tej części pracy było określenie stopnia reakcji cech jakościowych, a w konsekwencji plonu cukru na nawożenie potasem i zróżnicowane warunki wodne.

MATERIAŁY I METODY

Szczegółowy opis warunków prowadzenia eksperymentu polowego przedstawiono w I części niniejszego opracowania (Musolf i in., 2005). W zebranych korzeniach oznaczono polaryzację, zawartość związków melasotwórczych, a także wyliczono współczynnik alkaliczności oraz straty przerobowe, wydatek cukru i plon cukru białego. Oznaczeń: polaryzacji, zawartości azotu α -aminowego, potasu, sodu, dokonano w laboratorium surowcowym Cukrowni Środa S.A. na analizatorach jakościowych firmy Venema.

Parametry jakościowe:

— Straty przerobowe cukru (*SP*),% (Buchholz i in., 1995)

$$SP = 0,117 (K+Na) + 0,24 N \alpha\text{-aminowy} + 1,08$$

— Plon technologiczny cukru (*PT*), t·ha⁻¹ (Gutmański, 1991)

$$PT = P \times (ZC - SP)$$

— Współczynnik alkaliczności (*WA*), (Wieninger i Kubadinow za Gutmańskim (1991))

$$WA = \frac{(K + Na)}{N \alpha\text{-aminowy}}$$

— Wydajność cukru (*WC*),%, (Gutmański 1991)

$$WC = \frac{(ZC - SP)}{ZC} \times 100$$

gdzie:

K — zawartość potasu, w mmol·100g⁻¹ buraków,

N — zawartość azotu α -aminowego, w mmol·100g⁻¹ buraków,

Na — zawartość sodu, w mmol·100g⁻¹ buraków,

P — plon korzeni, t·ha⁻¹,

ZC — zawartość cukru, %.

Ocenę statystyczną uzyskanych wyników przeprowadzono z wykorzystaniem analizy wariancji. W niniejszej publikacji zastosowano także metodę analizy ścieżkowej (Konys i Wiśniewski, 1991). W obliczeniach użyto programy komputerowe: STATPAKU® autorstwa dr. P. Toboły (AR Poznań) oraz Arkusz Kalkulacyjny Excel® ver. 97 firmy Microsoft.

WYNIKI

Spośród analizowanych cech jakościowych korzeni buraka cukrowego, polaryzacja oraz zawartość N α -aminowego i sodu nie były różnicowane, w istotny sposób, działaniem czynników doświadczenia (tab. 1).

Tabela 1

Wpływ czynników doświadczalnych na polaryzację i zawartość melasotworów
Effect of the experimental factors on polarization and content of melassogenic substances

Obiekty ¹ Treatments	Polaryzacja Polarization	Związki melasotwórcze melassogenic substances		
		K	N α -amin	Na
		mmol 1000 g ⁻¹ fresh matter		
K+	16,86	49,13	13,40	4,58
K-	16,79	44,15	13,99	4,35
NIR _{0,05}	—	1,449	—	—
LSD _{0,05}	—	—	—	—
I	16,86	46,64	13,45	4,69
D ₁	16,79	46,79	13,71	4,22
D ₂	16,78	44,97	13,75	4,41
C	16,89	48,17	13,87	4,52
NIR _{0,05}	—	2,014	—	—
LSD _{0,05}	—	—	—	—

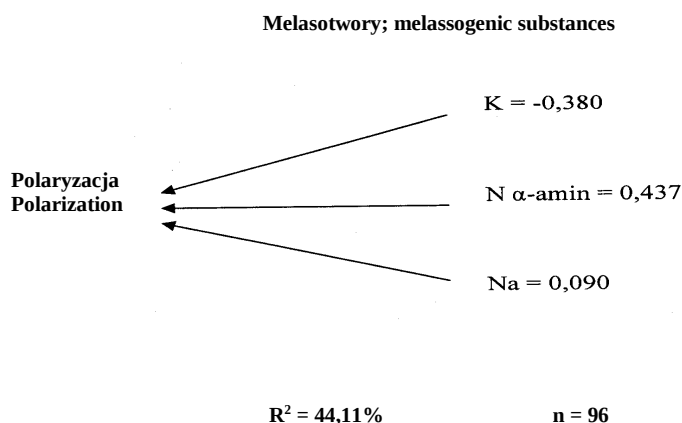
I — Obiekt nawadniany; Irrigated treatment; D₁ — Symulowana susza w lipcu; Drought imposed in July;

D₂ — Symulowana susza w sierpniu; Drought imposed in August; C — Naturalne warunki wodne; Natural water conditions

K + , K - — Obiekty nawożone (+) potasem / Obiekty nienawożone (-) potasem; Main plots fertilized (+) or not fertilized (-) with potassium

Uzyskane zawartości sodu mieszczą się w zakresie średnim, natomiast zawartość azotu należy uznać za bardzo niską, zdecydowanie poniżej średniej, co może pośrednio świadczyć o niedostatecznym odżywieniu buraków cukrowych azotem (Rother, 1998). Zawartość potasu jako jedyne z melasotworów, była istotnie różnicowana przez czynniki doświadczenia. Nawożenie potasem, niezależnie od lat, w porównaniu do korzeni z obiektów nienawożonych tym składnikiem, zwiększało jego zawartość w korzeniach. Z kolei w porównaniu do kontroli istotne obniżenie się zawartości K zaobserwowano w korzeniach pochodzących z obiektów z suszą symulowaną w sierpniu. Należy jednak zaznaczyć, że zawartość składnika nie przekroczyła wartości średnich (Anonim, 1995).

Na rysunku 1 zamieszczono diagram ścieżkowy dla zależności między polaryzacją, a zawartością melasotworów. Z analizy diagramu wynika ujemny wpływ potasu, natomiast dodatni azotu. Nietypowa relacja między azotem α -aminowym, a polaryzacją wynika prawdopodobnie z generalnie bardzo niskiej zawartości tego składnika w korzeniach.



Rys. 1. Diagram ścieżki: zależność polaryzacji od zawartości melasotworów w korzeniach buraków cukrowych

Fig. 1. Path diagram: polarization dependence on melassogenic substances content in roots of sugar beet

Spośród czynników doświadczenia jedynie nawożenie potasem istotnie wpływało na wartość współczynnika alkaliczności soku oraz straty przerobowe (tab. 2). Sok z korzeni buraków nawożonych potasem wykazywał wyższą alkaliczność w porównaniu do ekstraktu z korzeni roślin nienawożonych. Jednocześnie nawożenie potasem powodowało zwiększenie strat przerobowych cukru, lecz nie miało wpływu na wydatek cukru. Nie stwierdzono też zróżnicowania w/w parametrów pod wpływem warunków wodnych lub interakcji czynników doświadczenia. Według klasyfikacji jakościowej (Anonim, 1995) wartość strat przerobowych poniżej 2,0% to wynik bardzo dobry, od 2,01% do 2,40% dobry, a 2,41% do 2,90% dostateczny. Dopiero poniżej tego ostatniego przedziału można mówić o nadmiernych stratach przerobowych. Opierając się na podanych wartościach można stwierdzić, że uzyskany w doświadczeniu surowiec był bardzo dobrej jakości. Wielkość plonów cukru białego zależała od nawożenia potasem oraz warunków wodnych (tab. 2). Nie zaobserwowano jednak istotnego wpływu interakcji tych czynników. Nawożenie potasem pozwalało uzyskać znaczący, bo aż o 21% większy plon cukru. Z kolei w porównaniu do kontroli, obiektu z naturalnymi warunkami wodnymi, symulowane susze, zmniejszały plon cukru, natomiast nawadnianie powodowało jego istotny wzrost. Należy jednocześnie zaznaczyć, że wartość plonu cukru ulegała znacznym wahaniom w poszczególnych latach, co sugeruje duży wpływ warunków pogodowych. Według Hillsa i wsp. (1990) buraki cukrowe reagują spadkiem plonów cukru dopiero przy deficycie wodnym przekraczającym 60% zasobów wody dostępnej w strefie ukorzenienia (0–90 cm). Jak wynika z analizy szeregu opracowań dotyczących optymalnej dawki wody do nawadniania buraków, roślina reaguje na dawki wody ilościowo zbliżone do wartości ewapotranspiracji. Tylko w takich warunkach zaopatrzenia roślin w wodę można uzyskać maksymalne plony cukru (Winter, 1988). W badaniach własnych sezonem wegetacyjnym

najbardziej zbliżonym do tych warunków okazał się rok 2000, w którym średni plon cukru wyniósł około $8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a maksymalny osiągnął $11 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

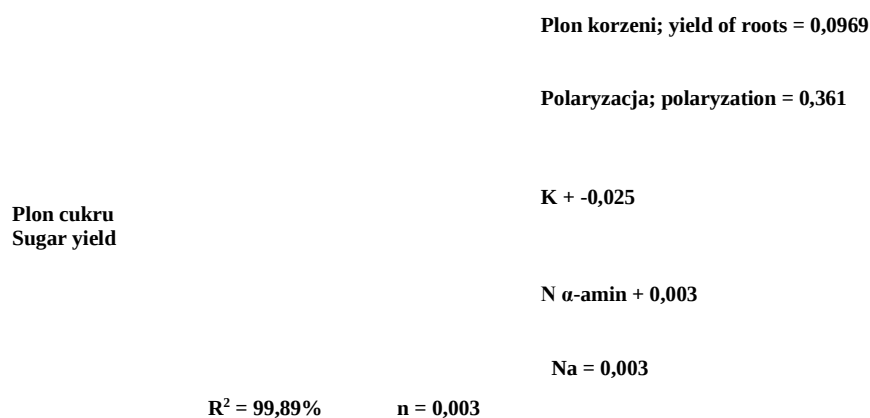
Tabela 2

Parametry jakościowe korzeni buraków cukrowych
Quality parameters of sugar beets

Obiekty ¹ Treatments	Współczynnik alkaliczności Alcalinity coefficient	Straty przerobowe Sugar losses	Wydatek Recoverable sugar	Plon cukru Sugar yield
		%	%	$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$
K+	4,24	2,03	14,83	7,99
K-	3,64	1,98	14,81	6,60
NIR _{0,05}	0,357	0,0356	—	0,429
LSD _{0,05}				
I	4,05	2,00	14,86	8,78
D ₁	3,89	2,00	14,78	6,40
D ₂	3,78	1,98	14,79	6,26
C	4,03	2,03	14,86	7,74
NIR _{0,05}	—	—	—	0,428
LSD _{0,05}				

¹I — obiekt nawadniany; irrigated treatment; D₁ — symulowana susza w lipcu; drought imposed in July; D₂ — symulowana susza w sierpniu, drought imposed in August; C — naturalne warunki wodne, natural water conditions; K +, K - — obiekty nawożone (+) potasem / obiekty nienawożone (-) potasem ; main plots fertilized (+) or not fertilized (-) with potassium

Na rysunku 2 przedstawiono zależność plonu cukru od wybranych parametrów. Z analizy wynika, że o plonie cukru decydował głównie plon korzeni, a w dalszej dopiero kolejności polaryzacja. Melasotwory odgrywały wyraźnie mniejszą rolę.



Rys. 2. Diagram ścieżki: zależność plonu cukru od plonu korzeni i cech jakościowych buraków cukrowych

Fig. 2. Path diagram: dependence of sugar yield on yield of roots and qualitative properties of sugar beets

DYSKUSJA

W przeprowadzonym doświadczeniu jakość uzyskanych korzeni była bardzo dobra a zastosowane nawożenie potasowe, pomimo podwyższenia zawartości K, nie spowodowało pogorszenia wartości surowca. Wzrost zawartości potasu w soku nie zawsze oznacza spadek polaryzacji i wydatku cukru. Rośliny dobrze zaopatrzone w potas zwiększają z reguły plon korzeni, polaryzację, a jednocześnie zmniejszają zawartość azotu α -aminowego (Bürcky, 1978; Anonim, 1983; Beiß, 1982; Prado, 1993). Orlovius (1993) w doświadczeniach prowadzonych z dawkami potasu wzrastającymi do 360 kg K₂O/ha przy klasie zasobności gleby w potas wysokiej i bardzo wysokiej, uzyskał wzrost wydatku cukru od 0,5 do 1,0%. Według wielu autorów to nie potas, lecz nadmiar azotu stanowi główny czynnik pogarszający wydatek cukru (Gutmański, 1991; Prado, 1993; Sturm 1994). Odnotowana w doświadczeniu własnym dodatnia korelacja pomiędzy polaryzacją, a zawartością azotu α -aminowego (przy niskich zawartościach azotu w korzeniach) świadczy o braku przenawożenia buraków azotem. Przeprowadzona analiza ścieżki wykazała, że o plonie cukru decydował głównie plon korzeni, a dopiero w dalszej kolejności polaryzacja. Melasotwory odgrywały, więc mniejszą rolę. Prowadzi to do wniosku, że o różnicach w plonie cukru przede wszystkim decydowały różnice w plonach korzeni. Nawożenie potasem zwiększało końcowy plon korzeni, średnio o 24% w porównaniu do roślin nienawożonych tym składnikiem. Orlovius (1993) uzyskał istotny przyrost plonu korzeni spowodowany nawożeniem nawet na stanowiskach zasobnych w potas. Natomiast Kapura (1995) wykazał, że reakcja plonu buraka na nawożenie potasem w warunkach niedoborów wody jest obserwowana jedynie przy zasobności gleby nieprzekraczającej poziomu średniego.

WNIOSKI

1. Można postawić tezę, że burak cukrowy okazał się rośliną bardzo wrażliwą na nawożenie potasem i reagował wzrostem plonu cukru nawet na stanowiskach zasobnych w ten składnik, bez pogorszenia parametrów jakościowych surowca.
2. Symulowana susza, niezależnie od terminu, w jakim wystąpiła powodowała zmniejszenie plonu cukru. Wyeliminowanie stresu wodnego, jako czynnika ograniczającego plon cukru buraków cukrowych wymaga jednak połączenia z optymalizacją nawożenia.

LITERATURA

- Anonim. 1995. Ein starkes Stueck: Qualitaet von KWS. KWS, Einbeck.
- Beiß U. 1982. Kalium — Hauptnährstoff und qualitätsbestimmender Inhaltsstoff der Rübe. Die Zuckerrübe, 31, 2: 79 — 83.
- Bürcky K., Beiß U., Winner L., Drath L., Schiweck H. 1978. Versuche zur Bedeutung des Nährstoffsangebotes für die Qualität der Zuckerrübe. II. Stickstoff und Kalium. Zuckerind. 103, 3: 190 — 199.
- Gutmański I. (red.). 1991. Produkcja buraka cukrowego. PWR i L, Poznań.
- Hills F. J., Winter S. R., Henderson D. W. 1990. Sugarbeet. In: Irrigation of Agricultural Crops — Agronomy Monograph no. 30: 795 — 810.

- Kapur M. L. 1995. Response of sugar beet grown in subtropical India to potassium fertilization. Potash Review IPI Basel.
- Konys L., Wiśniewski P. 1991. Analiza ścieżkowa w układach przyczynowo-skutkowych. Roczniki AR w Poznaniu CLIII: 37 — 45.
- Malec J. 2002. Stan obecny i perspektywy uprawy buraków cukrowych w Polsce w perspektywie przystąpienia do Unii Europejskiej. Nowoczesna uprawa buraków cukrowych Wydawnictwa AR Poznań: 9 — 13.
- Musolf R., Grzebisz W., Szczepaniak W. 2005. Wpływ nawożenia potasem na tle zróżnicowanych warunków wodnych na plon i jakość korzeni buraka cukrowego (*Beta vulgaris* L.). Część I. Reakcja plonotwórcza. Biul. IHAR 234: 107 — 114.
- Orlovius K. 1993. Einfluss unterschiedlicher K-Düngung und K-Bodenversorgung auf die Qualität von Zuckerrüben. Kongressband 1993, VDLUFA-Schriftenreihe 37: 107 — 110.
- Prado M. T., Guadalix M. C. 1993. Effect of nitrogen and potassium fertilization on the yield, sucrose percentage and juice purity of sugar beet. Potash Review IPI Basel.
- Rother B. 1998. Die technische Qualität der Zuckerrüben unter dem Einfluß verschiedener Anbaufaktoren, 1. Aufl.-Göttingen: Cuvillier Verlag: 15 — 45.
- Sturm H., Buchner A., Zerulla W. 1994. Gezielter düngen. DLG Verlag, Frankfurt (Main).
- Winter S. R. 1988. Influence of seasonal irrigation amount on sugar beet yield and quality. J. Sugar Beet Res., 25: 1 — 10.