

RADOSŁAW MUSOLF
WITOLD GRZEBISZ
WITOLD SZCZEPANIAK
MAGDALENA CHOJNACKA

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 III. Odżywienie roślin potasem i azotem

**Effect of potassium fertilization under diversified water conditions on yield
and quality of sugar beets (*Beta vulgaris* L.)
Part III. Plant nutrition with potassium and nitrogen**

Jednym z podstawowych warunków produkcji buraków cukrowych jest optymalizacja odżywienia. Ocenę odżywienia plantacji powinno się prowadzić we wczesnych fazach rozwoju roślin. Uzyskane wyniki wykazały, że w okresie od fazy 4–6 liścia do początku lipca, rośliny buraka nienawożone potasem produkowały mniejszą masę, zarówno liści, jak i korzeni. Główną przyczyną tego stanu była mniejsza zawartość i pobranie azotu oraz potasu. Dane te mogłyby mieć potencjalną wartość diagnostyczną celem prognozowania plonu korzeni, pod warunkiem, że w okresie letniej wegetacji wystąpią optymalne warunki wodne. W omawianym doświadczeniu warunki takie panowały na obiekcie nawadnianym.

Słowa kluczowe: azot, burak cukrowy, potas, prognoza plonu korzeni, wczesne fazy wzrostu

Optimization of plant nutrition is one of main requirements in sugar beet production. The evaluation of nutritional status should be conducted at early stages of plant growth. The obtained results showed that in the period from the 4–6 leaves stage to the beginning of July, sugar beet plants non-fertilized with potassium produced lower biomass of both leaves and taproots. The main cause of this state was low content and uptake of both potassium and nitrogen. The data could be of diagnostic importance for yield prognosis of sugar beet taproots, provided that water conditions during summer vegetation were optimal. In the described experiment, such conditions occurred on the irrigated plots.

Key words: early phases of growth, nitrogen, potassium, sugar beet, taproots yield prognosis

WSTĘP

Jak dotąd w doradztwie rolniczym w ocenie stanu odżywienia buraka cukrowego korzysta się zakresów granicznych opracowanych przez Bergmanna (1992). Przydatność diagnostyczna tych tabel jest nieco problematyczna, gdyż termin pomiaru przypada na przełom lipca i sierpnia, czyli na okres pełnej wegetacji buraka cukrowego (Szczepaniak i Potarzycki, 2003; Wojciechowski i in., 2002). Jest to okres, w którym ocena ma charakter *ex post*, bez możliwości przeprowadzenia jakiegokolwiek korekty stanu odżywienia. Z drugiej strony znaczny postęp hodowlany doprowadził do pojawienia się odmian o dużej dynamice wzrostu początkowego, ukierunkowanych na jakość, a nie tylko plon korzeni (Buchholz i in., 1995).

Celem przeprowadzonych badań była prognoza plonu korzeni i liści w oparciu o analizę zawartości azotu i potasu, oraz ich wzajemnych relacji w roślinach buraka cukrowego w fazie 6- liścia oraz na początku lipca.

MATERIAŁY I METODY

Schemat i czynniki doświadczalne przedstawiono w pierwszej części opracowania (Musolf i in., 2005). Ocenie stanu odżywienia roślin buraka cukrowego potasem i azotem poddano materiał zebrany w dwóch fazach rozwojowych rośliny: (i) na początku tworzenia rozety liściowej (ii) na początku lipca. W liściach i korzeniach oznaczano zawartość: N ogólnego — metodą Kjeldahla; potasu po uprzedniej mineralizacji na sucho i rozcieńczeniu w roztworze wody królewskiej, metodą foto-płomieniową.

Ocenę statystyczną zawartości pierwiastków w ogonkach liściowych przeprowadzono metodą analizy wariancji. Do obliczeń użyto programu komputerowego STATPAKU® autorstwa dr P. Toboły (AR Poznań) oraz Arkusz Kalkulacyjny Excel® ver. 97 firmy Microsoft. Analizę korelacyjną zależności plonu korzeni i liści od zawartości pierwiastków wykonano za pomocą analizy regresji prostoliniowej.

WYNIKI I DYSKUSJA

Fazę rozwoju roślin buraka cukrowego od wschodów po wykształcenie rozety liściowej uznaje się za krytyczną dla końcowego plonu korzeni (Boiffin i in., 1992). W fazie 4–6 liści buraka cukrowego, zawartość azotu w liściach wahała się w dość wąskim przedziale, wynosząc średnio 4,15% dla roślin nawożonych potasem i 3,62% dla nienawożonych. Zawartość potasu wykazała większe zróżnicowanie między obiektami, wynosząc średnio, odpowiednio 6,09% i 4,69%. Wartość indeksu N/K mieściła się w przedziale 0,68–0,77 (tab. 1). Analiza zależności korelacyjnych plonu korzeni od zawartości obu pierwiastków w liściach wykazała, spośród 4 wariantów wodnych, udowodnione prawidłowości tylko dla wariantu nawadnianego. Zawartość azotu wykazała nieco większą przydatność diagnostyczną, niż potasu, czy też stosunek obu składników. Jak wynika z otrzymanych równań regresji, prognozowane plony korzeni wzrastały aż do zawartości azotu wynoszącej 4,4%, a potasu — 6,8%. Wartości te potwierdziła relacja plonu korzeni

względem stosunku N/K. Dla relacji obu składników węższej, jak 0,65: 1,0 odnotowano spadek plonu korzeni.

$$PK = -24,985N^2 + 219,25N - 410,76$$

$$R^2 = 0,83$$

$$n = 6$$

$$PK = -3,0296K^2 + 41,277K - 70,7$$

$$R^2 = 0,77$$

$$n = 6$$

$$PK = -64,102N/K + 106,19$$

$$R^2 = 0,53$$

$$n = 6$$

gdzie:

PK — plon korzeni, t·ha⁻¹

N, K — zawartość azotu, potas w liściach, %

N/K — iloraz zawartości azotu i potasu w liściach.

Tabela 1

Biomasa i zawartość azotu i potasu w liściach buraka cukrowego, faza 6- liścia
Biomass and content of nitrogen and potassium in sugar beet leaves, the 6th leaf growth stage

Lata badań Years of study	Wariant K K treatments ¹	Biomasa biomass g·m ⁻²	N %	K %	N/K %
1998	K+	13,4	3,72	4,45	0,83
	K-	8,6	3,45	4,32	0,79
1999	K+	23,7	4,82	7,99	0,60
	K-	13,1	3,56	4,63	0,76
2000	K+	32,4	3,91	5,82	0,67
	K-	16,0	3,84	5,11	0,75
Średnia Mean	K+	23,2	4,15	6,09	0,68
	K-	12,6	3,62	4,69	0,77

¹ K +, K - — Obiekty nawożone (+) potasem / Obiekty nienawożone (-) potasem; Main plots fertilized (+) or not fertilized (-) with potassium

Otrzymane powyżej zależności, aczkolwiek oparte na niewielkiej liczbie danych, potwierdzają hipotezę Marschnera i wsp. (1996), według której tylko rośliny odpowiednio odżywione potasem pobierają dostateczną ilość azotu, którą następnie przetwarzają w biomasę. Diagnostyczna przydatność wyników dotyczących zawartości N i K wymaga jednak spełnienia podstawowego warunku, jakim są optymalne warunki wodne w okresie letniej wegetacji roślin buraka cukrowego.

W drugim terminie pobierania próbek roślinnych, na początku lipca, nawożenie potasem, niezależnie od lat, istotnie różnicowało plon suchej masy, zarówno korzeni, jak i liści buraka cukrowego. Rośliny nawożone potasem, w porównaniu do obiektu nienawożonego (kontroli potasowej), w tej fazie wyprodukowały większą masę korzeni, ponad 2,4-krotnie, a liści ponad 2-krotnie. Jednocześnie stosunek masy liści do masy korzeni, pomimo że zmienny w latach, był znacznie węższy na obiekcie z potasem (tab. 2).

W tym terminie obserwacji, zawartość azotu i potasu w liściach kształtowała się na poziomie średnio 2-krotnie wyższym, niż w korzeniach. Zarówno w liściach, jak i korzeniach odnotowano wyższe zawartości obu pierwiastków w roślinach z obiektu nawożonego potasem. Zawartość potasu w liściach roślin wynosiła 6,80% na obiekcie nawożonym potasem i 5,20% na obiekcie nienawożonym. Zawartość azotu, średnio wynosiła, odpowiednio 4,03% i 3,10%.

Tabela 2

Biomasa roślin buraka cukrowego na początku lipca, g·m⁻² s.m.
Biomass dry matter of sugar beet plants at the beginning of July, g·m⁻²

Obiekty ¹ Treatments	1998	1999	2000	Średnia Mean
	korzenie taproots			
K+	42,48	49,81	84,32	58,87
K-	23,02	19,32	33,28	25,21
NIR _{0,05}	—	—	—	11,594
LSD _{0,05}	liście leaves			
K+	210,44	158,86	122,05	163,78
K-	118,31	67,49	59,26	81,69
NIR _{0,05}	—	—	—	28,347
LSD _{0,05}	—	—	—	

¹ K +, K - — Obiekty nawożone (+) potasem / Obiekty nienawożone (-) potasem; Main plots fertilized (+) or not fertilized (-) with potassium

W korzeniach zawartości te przedstawiały się odpowiednio, jak 3,09% i 2,00% dla potasu oraz 1,97% i 1,50% dla azotu. Stosunek N/K średnio mieścił się w przedziale 0,64–0,76 dla korzeni i 0,59–0,60 dla liści (tab. 3 i 4).

Analiza korelacyjna zależności plonu korzeni od zawartości azotu i potasu w liściach, wykazała udowodnioną relację tylko dla azotu oraz dodatni trend dla potasu:

$$PK = 21,348N + 21,77 \quad R^2 = 0,52 \quad n = 6, \quad P \leq 0,05$$

$$PK = 8,61K + 36,98 \quad R^2 = 0,49 \quad n = 6, \quad P \leq 0,10$$

gdzie:

PK — plon korzeni, t·ha⁻¹

N, K — zawartość azotu, potas w liściach, %.

Tabela 3

Zawartość azotu i potasu w korzeniach
Content of potassium and nitrogen in taproots

Rok badań Study year	Wariant K K treatment	N %	K %	N/K
1998	K+	1,99	3,11	0,64
	K-	1,53	2,21	0,69
1999	K+	2,03	3,17	0,64
	K-	1,54	1,98	0,78
2000	K+	1,88	2,99	0,63
	K-	1,46	1,80	0,81
Średnia Mean	K+	1,97	3,09	0,64
	K-	1,51	2,00	0,76

¹ K +, K - — obiekty nawożony (+) potasem/nienawożone (-) potasem ; main plots fertilized (+) or not fertilized (-) with potassium

Według Bergmanna (1992) na przełomie czerwca i lipca zawartość azotu i potasu w pełni rozwiniętych liściach buraka cukrowego powinna kształtować się w przedziale 4,0%–6,0% dla N i 3,8%–7,0% dla K. W konsekwencji wartości stosunku N/K powinny przyjmować wartości poniżej 1,0. Z zamieszczonych w tabelach danych wynika, że

uzyskane w badaniach własnych wartości mieszczą się w przedziałach podanych przez Bergmanna (1992), z wyjątkiem wartości dla azotu w liściach na obiekcie nie nawożonym potasem, dla którego zanotowano wartości niższe (wartości uzyskane na poletkach nawożonych przekraczają tę granicę tylko nieznacznie, co może świadczyć o niedożywieniu tym składnikiem.

Tabela 4

Zawartość azotu i potasu w liściach
Contents of nitrogen and potassium in leaves

Rok badań Study year	Wariant K K treatment	N %	K %	N/K
1998	K+	3,98	6,22	0,64
	K-	3,09	5,36	0,58
1999	K+	4,21	7,52	0,56
	K-	2,99	4,11	0,73
2000	K+	3,91	6,65	0,59
	K-	3,21	6,12	0,52
Średnia	K+	4,03	6,80	0,59
Mean	K-	3,10	5,20	0,60

¹K +, K - — Obiekty nawożone (+) potasem / Obiekty nienawożone (-) potasem; Main plots fertilized (+) or not fertilized (-) with potassium

Jednakże, według wartości standardowych opracowanych przez IHAR (1978–1982, za Gutmańskim, 1991), średnie dla tej fazy wynoszą 1,63% N w korzeniach i 3,63% N w liściach, a dla potasu odpowiednio 3,03% i 7,64%. Wyniki własne w porównaniu do podanych w opracowaniu Gutmańskiego (1991) są zbliżone na obiektach nawożonych potasem, lecz niższe w przypadku potasu na obiektach nienawożonych tym składnikiem.

WNIOSKI

1. Spadek biomasy roślin buraka cukrowego w początkowych fazach wzrostu był następstwem niedożywienia roślin azotem i potasem.
2. Stan niedożywienia roślin obserwowany w fazie 6- liścia trwał, aż do pełni rozwoju roślin buraka cukrowego.
3. Niedożywienie roślin buraka cukrowego potasem i azotem w początkowych fazach wzrostu prowadzi do zmniejszenia się plonu korzeni.
4. Zawartość azotu i potasu w liściach roślin buraka cukrowego w fazie 6- liścia może być użytecznym w praktyce wskaźnikiem oceny końcowego plonu korzeni, lecz tylko w warunkach optymalnego zaopatrzenia roślin w wodę, w okresie letniej wegetacji.

LITERATURA

- Bergmann W. 1992. Nutritional disorders of plants. Gustav. Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, New York: 117 — 131.
- Boiffin J., Durr C., Fleury A., Marin-Lafleche A., Maillet I. 1992. Analysis of the variability of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) growth during the early stages. I. Influence of various conditions on crop establishment. *Agronomie* 12: 515 — 525.

- Buchholz K., Märländer B., Puke, H., Glatkowski H., Thielecke K. 1995. Neubewertung des technischen Wertes von Zuckerrüben. Zuckernd. 120, 2: 113 — 121.
- Gutmański I. 1991. Produkcja buraka cukrowego. PWR i L Poznań.
- Marschner H., Kirkby E. A., Cackmak J. 1996. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photo-assimilates and cycling of mineral nutrients. J. Exp. Botany: 1255 — 1263.
- 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.
- Szczepaniak W., Potarzycki J. 2003. Sugar beet response to nitrogenous fertilizers against the background of potassium-sodium-magnesium fertilization. Part I. An assessment of plants nutritional status. In: Chemistry for Agriculture (ed. Górecki H., Dobrzański Z., Kafarski P.), vol. 4, 321 — 328.
- Wojciechowski A., Szczepaniak W., Grzebisz W. 2002. Wpływ nawożenia potasem na plony i jakość technologiczna buraka cukrowego. Część II. Ocena stanu odżywienia. Biul. IHAR, 222: 65 — 77.