

ARKADIUSZ WOJCIECHOWSKI**WITOLD SZCZEPANIAK****WITOLD GRZEBISZ**

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu

Wpływ nawożenia potasem na plony i jakość technologiczną buraka cukrowego

Część I. Plony korzeni i cukru

Effect of potassium fertilization on yields and technological quality of sugar beet Part I. Yields of roots and sugar

W latach 1996–1998, corocznie na 8 plantacjach Cukrowni Kościan S.A., określano reakcję buraka cukrowego na 4 dawki potasu (0, 80, 160, 240 kg K₂O/ha). Plony korzeni, niezależnie od lokalizacji i dawek potasu, wahały się od około 66 do 78 t/ha. W połowie liczby doświadczeń odnotowano dodatnią, a w połowie brak lub ujemną reakcję roślin na nawożenie potasem. Czynniki potwierdzającymi zauważone trendy, okazały się opady w miesiącach letnich, a także pojemność buforowa gleby względem potasu. Plony cukru białego, w obu grupach stanowisk, w największym stopniu zależały od plonu korzeni i zawartości w nich cukru. Jednakże, w grupie stanowisk reagujących na nawożenie potasem diagnostyczne znaczenie zawartości cukru było bardzo duże (50%), podczas gdy w grupie stanowisk nie reagujących na ten zabieg cecha ta okazała się drugoplanową (16%).

Słowa kluczowe: burak cukrowy, dawki potasu, plony cukru, plony korzeni

In the years 1996–1998 an assessment of sugar beet plants response to four rates of potassium (0, 80, 160, 240 kg K₂O/ha) was performed in 8 locations, i.e. plantations of the Sugar Beet Factory Kościan, yearly. Yields of beets, irrespective on experiments localization and K rates, ranged from 66 to 78 t/ha. In four of eight experimental sites a positive response to the applied potassium was found and the lack of it or even negative effect was stated in the remained four sites. The main factors responsible for the found trends were precipitation in summer months and also potassium buffering capacity of soil. Yields of recoverable sugar in both groups of stands highly depended on yield of roots and sugar content. However, in the group of responsive stands the diagnostic value of sugar content was very high (up to 50%), but in the non-responsive stands this parameter was only of the secondary importance (16%).

Key words: potassium rate, sugar beet, yield of roots, yield of sugar

WSTĘP

Potas obok azotu jest głównym składnikiem odżywczym, kształtującym wielkość plonów korzeni i cukru buraka cukrowego (Gutmański, 1996). Burak jest nie tylko rośliną wrażliwą na niedobór potasu, lecz także wysoce dochodową (Herlichy, 1992; Kristek i in., 1996). Na podstawie aktualnego stanu wiedzy o fizjologicznych funkcjach potasu oraz postępu agrotechnicznego można formułować pytania dotyczące sposobu optymalizacji nawożenia tej rośliny potasem. Pytania te, w aktualnej sytuacji gospodarczej Polski, są bardzo ważne tym bardziej, że w Polsce w ostatnim 10-leciu nastąpił drastyczny spadek zużycia nawozów potasowych (Fotyma, Gosek, 2000). Jednocześnie występuje brak aktualnych danych o reakcji buraka cukrowego na nawożenie potasem, a materiały wcześniejsze, czy też wcześniejsze zalecenia nawozowe (Czuba, 1996) nie uwzględniały bardzo ważnego faktu, jakim jest wymagana jakość przerobowa surowca. Zagraniczne źródła literaturowe dotyczące reakcji buraka cukrowego na nawożenie potasem, są kontrowersyjne (Orlovius, 1993, 1994; Milford i in., 2000).

Celem pracy była ocena reakcji buraka cukrowego na wzrastające dawki potasu, mierzonej plonem korzeni i ich jakością technologiczną.

MATERIAŁ I METODY

W latach 1996–1998 w rejonie plantacyjnym Cukrowni Kościan S.A, corocznie w ośmiu miejscowościach, przeprowadzano 24 ścisłych jednoczynnikowych doświadczeń polowych w 4 powtórzeniach, (Trętowski i Wójcik, 1988). Czynnikiem doświadczenia były 4 poziomy nawożenia potasem: 0, 80, 160 i 240 kg K₂O/ha.

Doświadczenie założono na glebie płowej zaklasyfikowanej do kompleksu żytniego bardzo dobrego. Zawartość przyswajalnego potasu i odczyn gleby zależne były od lokalizacji doświadczenia i roku prowadzenia badań. Zawartość przyswajalnego potasu mieściła się w klasach zasobności średniej do bardzo wysokiej, a odczyn gleby był lekko kwaśny do zasadowego. Przedplonem buraków cukrowych była pszenica ozima. Po zbiorze, na ściernisko, wywożono 40 t/ha obornika. Potas w postaci 60% soli potasowej stosowano w pierwszej dekadzie listopada pod orkę zimową. Fosfor w dawce 80 kg/ha P₂O₅ (superfosfat potrójny) zastosowano jesienią, a azot w dawce 80 kg/ha N przedsiewnie (saletrzak) i 25 kg/ha (saletra amonowa) pogłównie w fazie 5–7 liści buraka cukrowego. Wielkość poletka brutto wynosiła 54 m². Plon korzeni określono z powierzchni 18 m² (4 rzędy buraków po 10 m bieżących z każdego poletka).

Do obliczenia plon cukru technologicznego wykorzystano następujące wzory:

— Straty przerobowe cukru (SP) w % na buraki, (Buchholz i in., 1995)

$$SP = 0,12 (K+Na) + 0,24 N \alpha\text{-aminowy} + 1,08$$

K — zawartość potasu w mmol/100 g buraków,

N — zawartość azotu α -aminowego w mmol/100 g buraków,

Na — zawartość sodu w mmol/100 g buraków.

— Plon technologiczny cukru (PT) w t/ha, (Gutmański, 1991)

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

P — plon korzeni (t/ha),

ZC — zawartość cukru (%).

Wyniki opracowano z wykorzystaniem programu komputerowego STATPAKU® oraz metodą analizy ścieżkowej (Konys i Wiśniewski, 1984).

WYNIKI

Z ogólnej liczby przeprowadzonych doświadczeń w sumie 24 w ciągu trzech lat, tylko w ¼ uzyskano istotną, dodatnią reakcję buraka cukrowego na nawożenie potasem. Przyczyny słabej reakcji roślin na wzrastające dawki od 80 do 240 kg K₂O wyjaśnić można na podstawie analizy przebiegu pogody w sezonie wegetacyjnym.

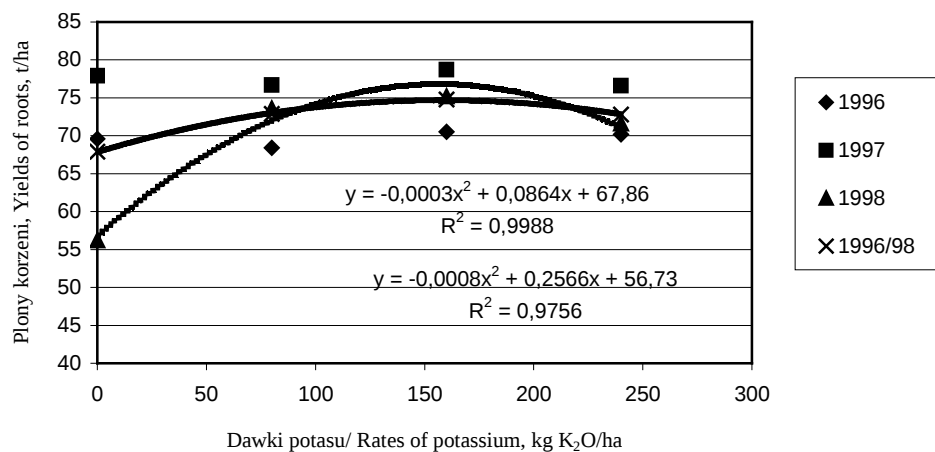
Analiza ta doprowadziła do podziału stanowisk na reagujące (R): Górka Duchowna, Modrze, Piechanin oraz Borówko Nowe i niereagujące (NR): Jasień, Jurkowo, Drożdzyce oraz Gorzyczki na nawożenie potasem (Wojciechowski, 2002, inf. ustna). W pierwszej grupie stanowisk reakcję dodatnią stwierdzono w ½ stanowisk, w tym we wszystkich w roku 1998. Rok ten charakteryzował się bardzo niekorzystnym rozkładem opadów. W maju suma opadów wynosiła zaledwie 13,8%, a w najważniejszym okresie wzrostu buraka cukrowego, to jest w lipcu i sierpniu 44,7% (tj. średnio 49 mm na miesiąc), średnich wieloletnich. Według Panek (1993) latem (lipiec i sierpień) suma opadów atmosferycznych dla prawidłowego wzrostu buraka cukrowego powinna kształtować się na poziomie nie mniejszym niż 30 mm na dekadę.

Podsumowując tę część rozważań można stwierdzić konieczność stosowania potasu tylko w roku oczekiwanego niedoboru opadów. Jednak, jak dotąd, długoterminowe prognozy, nie są możliwe, a więc jedynym racjonalnym rozwiązaniem pozostaje nawożenie tym składnikiem i to niezależnie od skutków plonotwórczych. Jeżeli przyjmujemy taką strategię postępowania, którą można określić mianem „nawożenia profilaktycznego”, to pojawia się drugie zadanie, sprowadzające się do wyznaczenia optymalnej dawki potasu. Taki sposób nawożenia buraka cukrowego występuje w krajach o długiej tradycji uprawy tej rośliny (Milford i in., 2000; Orlovius, 1994).

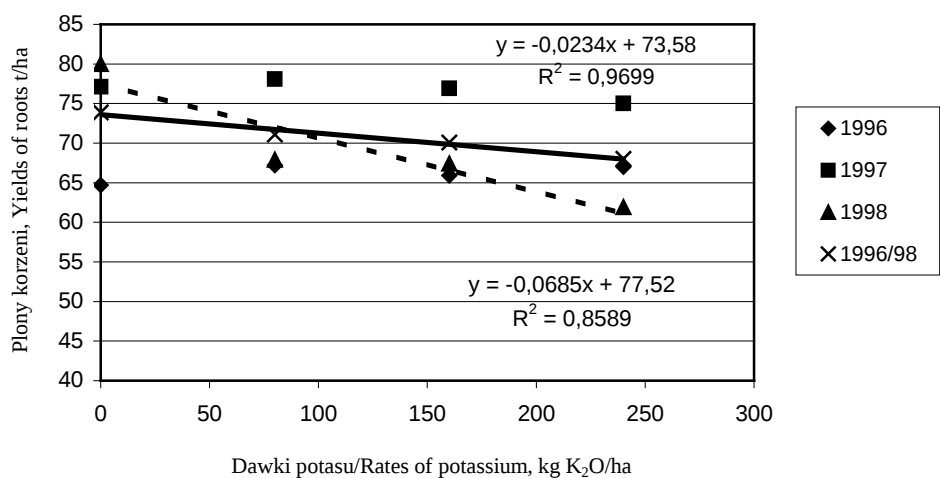
Plony korzeni buraka cukrowego w stanowiskach reagujących na potas nawozowy były bardzo wysokie. Największe, wynoszące średnio 77,5 t/ha, uzyskano w drugim roku badań (1997). W pozostałych dwóch latach były nieco mniejsze: 69,7 t/ha w pierwszym (1996) oraz 69,2 t/ha w trzecim (1998) roku badań.

Wobec złożonej reakcji buraka cukrowego na nawożenie potasem, dla każdego roku, niezależnie od lokalizacji doświadczenia przeprowadzono regresję plonu korzeni względem dawek potasu (rys. 1). Wyraźną reakcję plonu korzeni na zastosowane dawki potasu odnotowano tylko w trzecim roku badań oraz dla plonu średniego. Wyliczone na podstawie wyprowadzonych równań regresji optymalne dawki potasu wynosiły 160,4 kg K₂O/ha w roku 1998 oraz 144,0 kg K₂O/ha dla plonu średniego. Tak duża reakcja plonu średniego na nawożenie potasem była w znacznym stopniu określona wielkością plonów zebranych w

roku 1998, gdyż reakcja plonu średniego na nawożenie potasem aż w 96% zależała od plonów z roku 1998.



Rys. 1. Regresja plonów korzeni buraka cukrowego względem dawek potasu, (R)
Fig. 1. Regression of sugar beet yields of roots versus potassium rates (R-responsive sites)



Rys. 2. Regresja plonów korzeni buraka cukrowego względem dawek potasu, (NR)
Fig. 2. Regression of sugar beet yields of roots versus potassium rates (NR-non-responsive sites)

Plony buraka cukrowego, w kolejnych latach badań, w stanowiskach określonych jako nie reagujące, kształtowały się odmiennie, niż w reagujących. W roku 1996 średnio uzyskano 66,2 t/ha, w 1997–76,8 t/ha, a w 1998–69,3 t/ha korzeni.

Istotną reakcję na nawożenie potasem uzyskano tylko w roku 1998, lecz trend reakcji był generalnie ujemny (rys. 2). Plony średnie także wykazały ujemną reakcję na nawożenie potasem, a kierunek zmian, aż w 95% zależał od plonów w 1998 roku.

W poszczególnych latach badań plony korzeni buraka cukrowego zarówno w stanowiskach reagujących na nawożenie potasem, jak i nie reagujących nie zależały od zawartości przyswajalnego potasu w glebie.

Plon cukru białego jest wypadkową plonu korzeni, zawartości cukru oraz zawartości związków melasotwórczych, które decydują o technicznych warunkach ekstrakcji cukru z korzeni. Średnioroczne plony cukru w stanowiskach reagujących i nie reagujących na nawożenie potasem kształtowały się następująco 1996 — 10,27 i 9,45 t/ha; 1997 — 9,55 i 10,16 t/ha; 1998 — 8,85 i 9,80 t/ha, a więc w porównaniu z grupą stanowisk reagujących były nieco większe, poza rokiem 1996.

Analizę czynników decydujących o plonie cukru przeprowadzono z zastosowaniem analizy regresji z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych oraz analizy ścieżkowej.

Spośród pięciu zmiennych niezależnych, a mianowicie plonu korzeni, zawartości cukru oraz zawartości melasotworów (azotu α -aminowego, potasu i sodu), najlepszym pojedynczym podzbiorem w grupie stanowisk reagujących był plon korzeni, który określał plon cukru w 48%:

$$PCB = 1,712 + 0,109 PK \quad \text{dla:} \quad R^2 = 48,24\%, \quad P \leq 0,01, \quad n = 48$$

Wprowadzenie drugiego podzbioru zmiennych — zawartości cukru, zwiększyło wartość współczynnika determinacji do prawie 98%.

$$PBC = -12,509 + 0,124 PK + 0,836 ZC \quad \text{dla:} \quad R^2 = 97,83\%, \quad P \leq 0,001, \quad n = 48$$

gdzie:

PBC — plon cukru, t/ha,

PK — plon korzeni, t/ha,

ZC — zawartość cukru, %.

W grupie stanowisk nie reagujących ta sama grupa cech określała plon cukru, lecz stopień oddziaływania wyrażony wielkością współczynnika determinacji kształtował się odmiennie. Główną składową plonu cukru białego okazał się plon korzeni, który jak przedstawiają uzyskane zależności, aż w 81 % określał plon cukru:

$$PCB = 0,491 + 0,131 PK \quad \text{dla:} \quad R^2 = 81,45\%, \quad P \leq 0,001, \quad n = 48$$

Wprowadzenie drugiej zmiennej, którą też okazała się zawartość cukru w korzeniach, zwiększyło wartość współczynnika determinacji do 97%:

$$PBC = -13,232 + 0,134 PK + 0,837 ZC \quad R^2 = 97,0\% \quad P \leq 0,001, \quad n = 48$$

Wprowadzanie dalszych podzbiorów zmiennych, niezależnie od wyróżnionej grupy stanowisk, nie zwiększało w sposób istotny szacunku plonu cukru. Uzyskane powyżej prawidłowości potwierdziła analiza ścieżkowa (tab. 1), która jednoznacznie wskazuje na plon korzeni i zawartość cukru, jako dwie składowe plonu cukru białego.

Tabela 1

Współczynniki korelacji i ścieżki między składowymi plonu cukru a plonem cukru, n = 48
Coefficients of correlation and paths between the parameters of sugar yield and sugar yield, n = 48

Zmienna niezależna* Independent parameter	Współczynniki korelacji Correlation coefficients		Współczynniki ścieżki Path coefficients	
	R	NR	R	NR
Plon korzeni Yield of roots	0,695	0,902	0,808	0,968
Zawartość cukru Sugar content	0,603	0,349	0,627	0,279
Azot α -aminowy α -amino-nitrogen	-0,374	-0,116	-0,124	-0,143
Potas Potassium	0,130	0,036	-0,022	-0,062
Sód Sodium	-0,545	0,084	-0,012	0,013

* — Plon cukru białego

* — Yield of white sugar

DYSKUSJA

Plony korzeni i cukru, uzyskane w 3-letnim okresie badań, były bardzo wysokie, gdyż średnio, niezależnie od lokalizacji i dawek potasu, przekraczały poziom plonowania wzorca (COBORU, 1997–1999). Tylko w roku 1998 kształtowały się na nieznacznie mniejszym poziomie. Plonotwórcze działanie potasu przejawiało się wzrostem plonu korzeni, a w konsekwencji plonu cukru. Tak znaczące działanie potasu potwierdza rolę tego składnika w metabolizmie buraka cukrowego. Małą lub nawet brak reakcji roślin na nawożenie potasem tłumaczy duża wilgotność gleby, która sprzyja mineralizacji azotu glebowego i azotu z obornika (w omawianym przypadku), a w konsekwencji zwiększa biomasa roślin, często ujemnie kształtując relację między masą liści, a masą korzeni (Hills i in., 1990; Werker i Jaggard, 1998; Werker i in., 1999). W odniesieniu do potasu duże uwilgotnienie gleby w znacznym stopniu kształtuje szybkość procesów dyfuzji potasu w glebie i w konsekwencji decyduje o zaopatrzeniu rośliny w ten składnik (Gaeth, 1992; Grimme, 1990). Prawdopodobnie uwilgotnienie gleby, będące następstwem dużych opadów w miesiącach letnich (powyżej normy), tłumaczy brak w pierwszych dwóch latach badań, nawet w stanowiskach o średniej zasobności w potas, reakcji roślin buraka na nawożenie potasem nawozowym. Reakcja ta, i to niezależnie od poziomu żyzności gleby, wystąpiła tylko w roku trzecim, o zdecydowanie gorszym reżimie opadowym, lecz tym samym podkreśla fizjologiczną funkcję potasu w warunkach niedostatecznej ilości opadów, jako roślinnego czynnika antystresowego (Grzebisz i in., 2001; Edwards, 1982). Podobny, jak w omawianych doświadczeniach, brak reakcji roślin na nawożenie potasem i to nawet w stanowiskach o niskiej zasobności w przyswajalny potas, stwierdzono w wielu

regionach Europy o zdecydowanie lepszym rozkładzie opadów, niż w Polsce, a mianowicie w Wielkiej Brytanii (Milford i in., 2000) i Irlandii (Herlichy, 1992).

WNIOSKI

1. Niezależnie od poziomu nawożenia potasem plony buraka cukrowego, w optymalnych warunkach siedliskowo-klimatycznych mogą być bardzo duże, nawet przekraczać poziom plonowania określony w badaniach COBORU.
2. Stopień reakcji buraka cukrowego na nawożenie potasem wyraźnie uzależniony jest od przebiegu warunków pogodowych w okresie wegetacji tego gatunku. W przeprowadzonych badaniach rośliny buraka reagowały na nawożenie potasem tylko w roku 1998, który charakteryzował się bardzo niekorzystnym rozkładem opadów.
3. Plony cukru białego (w obu grupach doświadczeń) jednoznacznie wskazują na zróżnicowane działanie dwóch składowych plonu, tj. plonu korzeni i zawartości cukru.
4. W grupie siedlisk, w których rośliny reagowały na nawożenie potasem, plony cukru białego zależały zarówno od plonów korzeni, jak i zawartości cukru, a w grupie siedlisk, w których rośliny nie reagowały na nawożenie potasem, plon cukru zależał w głównym stopniu od plonu korzeni.

LITERATURA

- COBORU. 1997–1999. Zeszyty odmianowe. Słupia Wielka.
- Czuba R. 1996. Nawożenie roślin okopowych. W: Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Czuba R. (red.) Zakłady Chemiczne „POLICE” S.A.: 106 — 108.
- Edwards L. M. 1982. Kalidungung und erhoehte Toletanz gegenueber Stress. Kali-Briefe, No 5/1982, 1 — 7.
- Fotyma M., Gosek S. 2000. Zmiany w zużyciu nawozów potasowych i ich konsekwencje dla żyzności gleby i poziomu produkcji roślinnej w Polsce. Nawozy i Nawożenie 1: 9 — 52.
- Gaeth S. 1992. Dynamik der Kaliumanlieferung im Boden. Proceedings: Dauerfeldversuche und Naehrstoffdynamik. 9–12. Juni, 1992, Bad Lauchstaed: 187 — 193.
- Grimme H. 1990. Soil moisture and K mobility: Proceedings of the 22th Colloquium of The IPI. Soligorsk. Russia: 117 — 132.
- Grzebisz W., Musolf R., Barłóg P., Potarzycki J. 2001. Droughts, fertilization and yields variability of plant crops. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. (w druku).
- Gutmański I. 1996. Nawożenie mineralne. Niskonakładowa technologia produkcji buraka cukrowego. IHAR, Bydgoszcz, rozdz. IX: 23 — 34.
- Herlichy M. 1992. Effects of N, P and K on yield and quality of sugar beet. Irish J. of Agric. and Food Res., 31: 35 — 49.
- Hills F. J., Winter S. R., Henderson D. W. 1990. Sugar beet. In: Irrigation of Agricultural Crops. ASA-CSSA-SSSA — Agronomy Monograph 30: 795 — 810.
- Konys L., Wiśniewski P. 1991. Analiza ścieżkowa w układach przyczynowo-skutkowych. Roczniki AR w Poznaniu CLIII: 37 — 45.
- Kristek A., Rastija M., Kovacevic V., Liovic I. 1996. Response of sugar beet to potassium fertilization on a high K-fixing soil. Rostlinna Vyroba 42 (11): 523 — 528.
- Milford G. F. J., Armstrong M. J., Jarvis P. J., Houghton B. J., Bellet-Travers D. M., Jones J., Leigh R. A. 2000. Effect of potassium fertilizer on the yield, quality and potassium offtake of sugar beet crops grown on soils of different potassium status. J. Agric. Sci. 135 (Part 1): 1 — 10.
- Orlovius K. 1993. Einfluss unterschiedlicher K-Duengung und K-Bodenversorgung auf die Qualitaet von Zuckerrueben. VDLUFA Kongressband 1993 — Schriftenreihe 37: 107 — 110.

- Orlovius K. 1994. Einfluss verminderter Düngungsintensität mit Kalium auf Qualität und Ertrag von Zuckerrüben. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 7: 241 — 244.
- Panek K. 1993. Opady. W: Czynniki przyrodnicze — planowanie roślin. Dzieżyc J. (red). PWN, Warszawa: 168 — 175.
- Trętowski J., Wójcik A. R. 1988. Metodyka doświadczeń rolniczych. WSRP Siedlce: 124 — 136.
- Werker A. R., Jaggard K. W. 1998. Dependence of sugar beet yield on light interception and evapotranspiration. Agric. and Forest Meteorol. 89: 229 — 240.
- Werker A.R., Jaggard K. W., Allison M.F. 1999. Modeling partitioning between structure and storage in sugar beet: effects of drought and soil nitrogen. Plant and Soil 207: 97 — 106.