

JAROSŁAW POTARZYCKI¹**LUCYNA LEWICKA**²¹ Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu² Zakłady Chemiczne LUBON S.A.

Efektywność plonotwórcza nawozów wieloskładnikowych w uprawie buraka cukrowego

Yielding efficiency of multicomponent fertilizers in sugar beet cultivation

W latach 1999–2001 w Wielkopolsce, prowadzono badania, których celem było określenie efektywności plonotwórczej trzech nawozów wieloskładnikowych: mieszaniny nawozowej (0–12–20), nawozu mieszanego — blending (6–16–26) i nawozu kompleksowego — amofos (6–20–30). Na każdym obiekcie dodatkowo stosowano azot w formie saletrazaku i saletry amonowej. Dawki nawozów zbilansowano, tak aby ilości N, P i K wynosiły odpowiednio: 150 kg N/ha, 60 kg P₂O₅/ha i 100 kg K₂O/ha. Stwierdzono, że plon korzeni i cukru w pierwszej kolejności kształtowany był przez warunki meteorologiczne, a rodzaj zastosowanego nawozu wieloskładnikowego okazał się czynnikiem drugorzędny. Spośród testowanych nawozów wieloskładnikowych największe działanie plonotwórcze wykazał nawóz o składzie 0–12–20, co wiązać można z obecnością siarki w superfosfacie prostym, użytym w procesie produkcji. Zastosowanie tego nawozu umożliwiło uzyskanie wysokiej jakości technologicznej korzeni buraków cukrowych. Rodzaj nawozu wieloskładnikowego w największym stopniu wpływał na zawartość N alfa-aminowego i K w miążdze korzeniowej, a w dalszej kolejności na polaryzację. Znaczenie melasotworów w kształtowaniu plonu cukru technologicznego zmniejszało się w kierunku: K > Na > N alfa-aminowy.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, plon, nawozy wieloskładnikowe

Three-year (1999–2001) field experiments were carried out in Wielkopolska region (Poland) in order to determine the yielding efficiency of three multicomponent fertilizers, namely: fertilizer mixture (0–12–20), mixed fertilizer — blending (6–16–26) and complex fertilizer (6–20–30). Fertilizer rates were properly balanced for the N, P and K as follows: 150 kg N/ha (in ammonium-calcium saltpeter form), 60 kg P₂O₅/ha and 100 kg K₂O/ha, respectively. It was found that root yield and sugar yield were strongly influenced by weather conditions, whereas the application of multicomponent fertilizers was observed to be secondary factor in sugar beet production. The overall analysis of the tested NPK fertilizers revealed that the highest yielding efficiency resulted from the application of the 0–12–20 fertilizer mixture. Such effect can be attributed to the occurrence of sulfur in simple superphosphate. The application of this fertilizer allowed to reach a high technological quality of sugar beet roots. Fertilizer type influenced more content of the amino-alpha N and K in the root pulp and to a lesser extent the sugar content. The significance of molasses-forming elements in the technological sugar yield formation decreased accordingly: K > Na > amino-alpha N.

Key words: NPK fertilizers, sugar beet, yield

WSTĘP

Burak cukrowy jest gatunkiem o specyficznych wymaganiach żywieniowych, ponieważ w krótkim okresie wytwarza dużą biomasę, co wiąże się z intensywnym pobieraniem składników pokarmowych (Wiśniewski, 1994). Oznacza to, że uprawa buraków jest możliwa wyłącznie w stanowiskach zasobnych w makro i mikroelementy. Nowoczesne technologie nawożenia buraka cukrowego uwzględniać powinny nie tylko realizację potencjału genetycznego odmiany, lecz także wysokie wymagania jakościowe stawiane przez cukrownie (Draycott, 1996; Gutmański, 1996).

Od początku lat 90. zmiany w strukturze zużycia nawozów w Polsce zmierzają w kierunku coraz powszechniejszego stosowania nawozów wieloskładnikowych. Ta grupa nawozów nabiera szczególnego znaczenia w systemach produkcji roślinnej bez obornika, a także ze względu na możliwości zastosowań specjalistycznych w uprawie buraka i kukurydzy. Szeroka oferta firm nawozowych, obejmująca mieszaniny nawozowe, mieszanki nawozowe (blendingi) oraz nawozy kompleksowe, z założenia winna ułatwiać plantatorowi wybór nawozu, a raczej dobór nawozu do technologii nawożenia stosowanej w gospodarstwie (Grzebisz, 2000).

Wobec dużej różnorodności produktów przemysłu nawozowego oraz uwzględniając zapotrzebowanie praktyki rolniczej na ścisłe zalecenia nawozowe, podjęto badania, których celem było określenie efektywności plonotwórczej trzech nawozów wieloskładnikowych, zróżnicowanych pod względem właściwościami fizycznych i chemicznych.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 1999–2001 w południowo-zachodniej Wielkopolsce, na glebach średnich, o odczynie obojętnym, charakteryzujących się wysoką zasobnością w przyswajalny fosfor i magnez oraz średnią w potas. W każdym roku badań stosowano obornik w dawce 20 t/ha.

W doświadczeniu polowym ocenie poddano trzy nawozy wieloskładnikowe. Dobór nawozów nie był przypadkowy. Z szerokiej gamy produktów przemysłu nawozowego wybrano nawozy zaliczane do różnych grup, a kryterium wyboru była technologia produkcji oparta o różne komponenty. Testowano następujące nawozy:

- 0–12–20; mieszanina superfosfatu prostego i soli potasowej wysokoprocentowej (Zakłady Chemiczne, Luboń)
- 6–16–26; blending powstały ze zmieszania superfosfatu potrójnego, CANu i KCl (Hydro Poland)
- 6–20–30; nawóz kompleksowy typu amofos z dodatkiem siarczanu amonu (Zakłady Chemiczne, Police).

Nawozy wieloskładnikowe stosowano przedsięwzięcie. Dawki fosforu i potasu zbilansowano do 60 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ i 100 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$. Azot wprowadzono do gleby w łącznej dawce 150 kg $N \cdot ha^{-1}$, z czego połowę dawki zastosowano przedsięwzięcie w formie

saletrzaku, korygując ilość nawozu o zawartość azotu w nawozie wieloskładnikowym. Poglówne nawożenie azotem wykonano saletrą amonową.

Zbiór korzeni dokonano z powierzchni 32 m², w trzech powtórzeniach. W korzeniach na auto-analizatorze Venema oznaczono zawartość cukru, azotu alfa-aminowego, potasu i sodu.

Straty cukru (S) wyliczono z równania (Anonim, 1995):

$$S = 0,241 N\text{-alfa} + 0,117 (K + Na) + 1,08$$

gdzie:

S — straty (%)

N-alfa, K, Na (mmol/100 g miazgi)

W pracy analizowano także zawartość cukru technologicznego, którą wyliczono z różnicy między polaryzacją a stratami cukru (S).

WYNIKI I DYSKUSJA

Plony korzeni buraków oraz cukru biologicznego i technologicznego wykazywały dużą zmienność w okresie trzyletnich badań (na poziomie istotności dla $\alpha = 0,01$, tab. 1, rys. 1).

Tabela 1

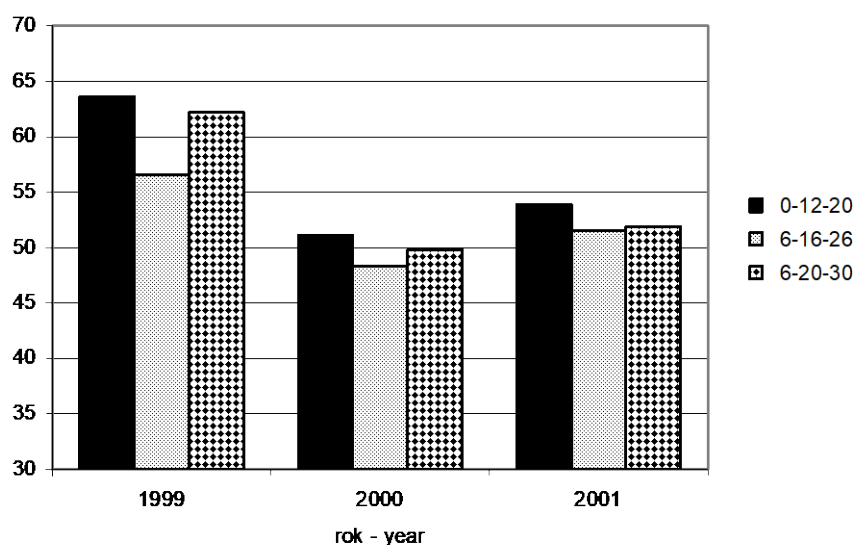
Czynniki doświadczalne Experimental factors	Plon korzeni i cukru, t·ha ⁻¹ Yield of roots and sugar, t·ha ⁻¹		
	korzeni roots	cukru biologicznego biological sugar	cukru technologicznego technological sugar
Lata Years			
1999	60,8	11,71	10,46
2000	49,9	9,35	8,28
2001	52,4	8,53	7,41
NIR	2,9 **	0,60 **	0,55 **
LSD			
Rodzaj nawozu Fertilizer type			
0–12–20	56,2	10,26	9,07
6–16–26	52,3	9,55	8,43
6–20–30	54,6	9,71	8,55
NIR	2,9 *	0,60 *	0,55 *
LSD			

** $P \leq 0,01$

* $P \leq 0,05$

Z przeprowadzonej analizy wariancji wynika, że zróżnicowanie w działaniu poszczególnych nawozów rozpatrywać można na poziomie istotności dla $\alpha = 0,05$. Oznacza to, że najważniejszym czynnikiem kształtującym plon buraków cukrowych okazały się warunki pogodowe panujące w okresie wegetacji buraków. Powyższe relacje potwierdzają badania prowadzone w Polsce i za granicą, w których wykazano zależność plonu korzeni buraka

cukrowego od warunków termiczno-wilgotnościowych w okresie dużego zapotrzebowania roślin na składniki pokarmowe (Rudnicki i in., 1997; Freckleton i in., 1999; Pacuta i in., 2000). Największe plony korzeni odnotowano w roku 1999, a uzyskane wartości wahały się w przedziale od 56,6 do 63,6 t/ha i były przeciętnie o 10% większe niż w latach 2000–2001. Średnio, w okresie prowadzonych badań, największym działaniem plonotwórczym charakteryzował się nawóz o składzie 0–12–20, a przeciętny plon korzeni stwierdzony na tym obiekcie był o 8% większy w stosunku do wariantu z blendingiem 6–16–26. Różnice między wymienionymi nawozami w sposób szczególny zaznaczyły się w pierwszym roku badań, w którym poziom plonów był najwyższy.



Rys. 1. Plon korzeni, t·ha⁻¹

Fig. 1. Yield of roots, t·ha⁻¹

W każdym roku badań, wielkość plonów korzeni i cukru zmniejszała się w kierunku: 0–12–20 ≥ 6–20–30 > 6–16–26. Ustalając dawki składników pierwszoplanowych (azotu, potasu i fosforu) na tym samym poziomie, różnice w działaniu testowanych nawozów można wyjaśnić obecnością innych makro i mikrośladników, często pomijanych w nawożeniu buraka. Uwzględniając ilość siarki wprowadzonej do gleby na poszczególnych obiektach doświadczalnych [0–12–20 (20 kg S/ha) > 6–20–30 (9 kg) > 6–16–26 (0 kg)], uzyskane przyrosty plonów korzeni i cukru przedstawiają się analogicznie jak dawki siarki.

W nawozie kompleksowym 6–20–30 siarka obecna jest w formie siarczanu amonu, natomiast w mieszaninie 0–12–20 nośnikiem siarczanów jest gips, a raczej anhydryt, co jednak nie wyklucza przydatności tego związku jako źródła siarki dla roślin uprawnych (Potarzycki i Gaj, 2001). Ponadto z nawozem 0–12–20 wprowadzono także do gleby mikroelementy (B, Cu, Mn, Mo i Zn). Znaczenie mikroelementów w żywieniu buraka

cukrowego jest powszechnie znane, natomiast siarka postrzegana była do tej pory jako pierwiastek nie odgrywający istotnej roli w nawożeniu tego gatunku. Mimo, iż Grzebisz (1997) zaliczył burak cukrowy do grupy roślin o dużym zapotrzebowaniu na siarkę, to niewielkie zainteresowanie plantatorów nawozami siarkowymi w przeszłości związane było z dużą depozycją ditlenku siarki, w pełni pokrywającą zapotrzebowanie buraka na ten pierwiastek (Härdter i in., 1999) oraz wynikało z przekonania o obecności siarki w nawozach organicznych. W doświadczeniach niemieckich stwierdzono, że potrzeby pokarmowe buraków względem siarki mogą być w pełni pokrywane z zasobów glebowych (Hoffmann, 1998), jednak najnowsze badania prowadzone w tym zakresie potwierdzają korzystny wpływ siarki nawozowej na procesy metaboliczne związane z przemianami azotu i aktywność fotosyntetyczną liści buraków (Thomas i in., 2000).

Analizując cechy jakościowe korzeni buraków wskazać należy, podobnie jak to miało miejsce w odniesieniu do uzyskanych plonów, na dużą zmienność zawartości cukru, potasu i sodu w korzeniach, w poszczególnych latach badań (na poziomie istotności dla $\alpha = 0,01$; tab. 2).

Tabela 2

Charakterystyka jakościowych cech korzeni buraka cukrowego
Characteristics of quality parameters of sugar beet of roots

Czynniki doświadczalne Experimental factors	Cechy jakościowe — Quality parameters						
	Zawartość — Content of					Straty cukru Losses, %	Wydajność cukru Productivity, %
	% cukru sugar, %	N α am.	K	Na			
mmol·100g korzeni ⁻¹ — roots ⁻¹							
Lata Years							
1999	19,26	2,15	3,49	0,35	2,05	89,3	
2000	18,74	2,05	4,03	0,40	2,14	88,6	
2001	16,28	2,20	4,01	0,53	2,14	86,9	
NIR LSD	0,35 **	0,10 *	0,11 **	0,02 **	—	—	
Rodzaj nawozu Fertilizer type							
0–12–20	18,26	2,03	3,68	0,44	2,05	88,4	
6–16–26	18,25	2,22	3,85	0,43	2,12	88,3	
6–20–30	17,78	2,14	4,00	0,41	2,11	88,1	
NIR LSD	0,35 *	0,10 **	0,11 **	r.n. n.s.	—	—	

** $\alpha = 0,01$

* $\alpha = 0,05$

Rodzaj stosowanych nawozów wieloskładnikowych w różny sposób kształtował jakość technologiczną korzeni. Generalnie wpływ nawożenia na cechy jakościowe buraków przedstawiał się następująco: N alfa-aminowy, K > polaryzacja > Na. Zastosowanie nawozu opartego na fosforanie amonu (6–20–30) prowadziło do istotnego zmniejszenia zawartości cukru w korzeniach (tab. 2). W doświadczeniu z nawozami wieloskładnikowymi podobny trend zaobserwowali Nowakowski i wsp. (2001). Najmniejsze wartości zawartości N alfa-aminowego w korzeniach na obiekcie z nawozem 0–12–20 prawdopodobnie potwierdzają fizjologiczną rolę siarki jako składnika pokarmowego

odpowiedzialnego za metabolizm azotowy (Hell i Rennenberg, 1998). Traktując zawartość N alfa-aminowego w miazdze korzeniowej jako wskaźnik stanu metabolizmu azotowego roślin buraka cukrowego, wskazać należy na dobre odżywienie azotem roślin nawożonych blendingiem 6–16–26. Mniejsza efektywność plonotwórcza tego nawozu mogła być wynikiem zakłóceń w końcowej fazie tworzenia plonu cukru, a także skutkiem działania czynnika minimum jakim było złe zbilansowanie, a raczej brak niektórych składników pokarmowych.

Azot alfa-aminowy, K i Na określane są mianem melasotworów, których obecność w miazdze korzeniowej utrudnia odzyskanie cukru (Herlihy, 1992). Według Kovaca (1998) zawartość cukru najsilniej skorelowana jest z obecnością w korzeniach N alfa-aminowego oraz w mniejszym stopniu z zawartością sodu. Z analizy współczynników korelacji zawartych w tabeli 3 jasno wynika, że niezależnie od nawożenia, wpływ badanych melasotworów na plon cukru technologicznego zmniejszał się w kierunku: K > Na > N-alfa. Wydajność cukru nie zależała od rodzaju zastosowanego nawozu, a wartości odnotowane w poszczególnych latach badań różniły się niewiele.

Wielkość plonu cukru technologicznego (PCt) była wypadkową plonu korzeni i zawartości cukru technologicznego (Ct) (tab. 3). W stanowiskach, w których uzyskano największą efektywność nawożenia (0–12–20 i 6–20–30) plon cukru technologicznego związany był głównie z plonem korzeni (dla $\alpha = 0,01$), a w dalszej kolejności z Ct (dla $\alpha = 0,05$). Jedynie po zastosowaniu blendingu 6–16–26 oba badane czynniki okazały się równocenne. Uzyskane prawidłowości wskazują na plon korzeni jako najważniejszy czynnik kształtujący plon cukru.

Tabela 3

Macierz współczynników korelacji dla plonu cukru technologicznego, n = 9
Correlation coefficients for yield of technological sugar, n = 9

Rodzaj nawozu Fertilizer type	Plon korzeni Yield of roots	Cukier technologiczny Recoverable sugar	N α -amiowy Amino-alpha N	K	Na
0–12–20	0,92**	0,69*	0,37	-0,91**	-0,68*
6–16–26	0,88**	0,80**	-0,26	-0,91**	-0,65*
6–20–30	0,94**	0,70*	-0,39	-0,85**	-0,69*

** $\alpha = 0,01$

* $\alpha = 0,05$

Porównując wpływ polaryzacji i zawartości cukru technologicznego (Ct) na plon cukru (PCt) wykazano, że na obiekcie nawożonym mieszaniną 0–12–20, PCt jest ściślej związany z polaryzacją niż z Ct (tab. 4). Wartości współczynników ścieżki odnotowane w pozostałych wariantach nawożeniowych potwierdzają istotną rolę Ct w kształtowaniu plonu cukru. Zawartość cukru technologicznego (Ct) wylicza się z różnicy między polaryzacją a stratami (S). Z powyższych relacji wynika, że zastosowanie nawozu o składzie 0–12–20 uzupełnionego azotem azotanowo-aminowym, pozwala na uzyskanie wysokiego plonu cukru technologicznego (PCt) niezależnie od wartości wskaźnika straty (S). Pośrednio wskazuje na pozytywne działanie tego nawozu nie tylko w kontekście wielkości plonu korzeni, lecz także możliwości uzyskania wysokiej jakości technologicznej buraków cukrowych.

Tabela 4

Współczynniki ścieżki między plonem cukru technologicznego ($t \cdot ha^{-1}$) a polaryzacją (%) i zawartością cukru technologicznego (%), $n = 9$

Path coefficient between yield of technological sugar ($t \cdot ha^{-1}$), sugar content (%) and recoverable sugar (%), $n = 9$

Rodzaj nawozu Fertilizer type	Polaryzacja Sugar content	Cukier technologiczny Recoverable sugar
0–12–20	0,657	-0,195
6–16–26	0,130	0,393
6–20–30	-0,495	0,882

WNIOSKI

1. Poziom plonów korzeni i cukru w pierwszej kolejności określany był przez warunki meteorologiczne w sezonie wegetacyjnym, a rodzaj zastosowanego nawozu wieloskładnikowego okazał się czynnikiem drugorzędnym produkcji buraków cukrowych.
2. Spośród testowanych nawozów wieloskładnikowych największe działanie plonotwórcze wykazał nawóz o składzie 0–12–20, co wiązać można z obecnością siarki w superfosfacie prostym, użytym w procesie produkcji. Zastosowanie tego nawozu pozwala na osiągnięcie wysokiej jakości technologicznej korzeni buraków cukrowych.
3. Rodzaj nawozu wieloskładnikowego w największym stopniu wpływał na zawartość N alfa-aminowego i K w miążdze korzeniowej, a w dalszej kolejności na polaryzację.

LITERATURA

- Anonim 1995. Die Qualitaet der Zuckerrueben. KWS Verlag, Einbeck: 10 — 23.
- Draycott A. P. 1996. Aspects of fertiliser use in modern, high-yield sugar beet culture. IPI-Bulletin No. 15, Basel: 52.
- Freckleton R. P., Watkinson A. R., Webb D. J. 1999. Yield of sugar beet in relation to weather and nutrients. Agric. For. Meteorol. 93 1: 39 — 51.
- Grzebisz W. 1997. Czy nawożenie siarką jest konieczne?. Top Agrar Polska 1: 20 — 23.
- Grzebisz W. 2000. Agrochemiczne zalety nawozów wieloskładnikowych — zasady doboru i stosowania. Wieś Jutra 11/28: 15 — 17.
- Gutmański I. 1996. Niskonakładowa technologia produkcji buraka cukrowego. IHAR, Bydgoszcz.
- Härdter R., Maibaum M., Ross M. 1999. Time to take centre stage. Fertilizer International, 371, 43 — 45.
- Hell R., Rennenberg H. 1998. The plant sulphur cycle. In: Sulphur in agroecosystems. Ed. Schnug, Kulwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London: 135 — 173.
- Herlihy M. 1992. Effects of N, P and K on yield and quality of sugar beet. Irish J. Agric. Food Res. 31: 35 — 49.
- Hoffmann C., Koch H. J., Schlinder G., Sander G., Sauer M., Burcky K. 1998. Supply and nutrient demand of sugar beet for sulphur. Zuckerindustrie 123 9: 675 — 682.
- Kovac K 1998. The effect of different soil cultivation and fertilization on yield, quality and uptake of nutrients in sugar beet. Rostl. Vyroba 44 2: 59 — 64.
- Nowakowski M., Szymczak-Nowak J., Kostka-Gościniak D. 2001. Oddziaływanie dawek Polifoski 6, Kemiry Beta 14 i Hydro Vikinga 13 na wschody, plon i zdrowotność buraka cukrowego. Folia Univ. Agric. Stetin. 223 Agricultura 89: 151 — 158.
- Pacuta V, Cerny I, Karabinova M. 2000. The effect of selected factors on the yield and quality of sugar beet. Rostl. Vyroba. 46 8: 371 — 378.
- Potarzycki J., Gaj R. 2001. Sulphur — a chance for superphosphate. In: „Pollution control in agriculture and fertilizer industry” H. Górecki, J. Zwoździak (eds.) Czech-Pol Trade, Praha: 218 — 223.

- Thomas S. G., Bilsborrow P. E., Hockling T. J., Bennett J. 2000. Effect of sulphur deficiency on the growth and metabolism of sugar beet *Beta vulgaris* cv Druid . J. Sci. Food Agric. 80 14: 2057 — 2062.
- Rudnicki F., Wasilewski P., Urbanowski S. 1997. Zależność plonu buraka cukrowego od warunków opadowo-termicznych w okresie wegetacji. Biul. IHAR 202: 97 — 103.
- Wiśniewski W. 1994. Dynamika wzrostu i pobierania składników pokarmowych przez buraki cukrowe i pastewne z uwzględnieniem ich jakości. Hod. Rośl. Aklim. 38 z.1/2: 3 — 41.