

**RENATA GAJ**<sup>1</sup>**DARIUSZ GÓRSKI**<sup>2</sup><sup>1</sup> Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Poznaniu<sup>2</sup> Instytut Ochrony Roślin w Poznaniu, Terenowa Stacja Doświadczalna w Toruniu

## Wpływ kompostu z odpadów miejskich oraz nawożenia azotem na plon i jakość technologiczną buraka cukrowego

### Część I. Plon korzeni i jakość technologiczna

#### **Influence of compost produced from municipal solid wastes and of nitrogen fertilization on yields and technological quality of sugar beet**

##### **Part I. Yields of roots and technological quality of sugar beet**

W latach 2001–2002 przebadano wpływ różnych dawek kompostu oraz zróżnicowanego nawożenia azotem na plon i jakość technologiczną korzeni buraka cukrowego. Przeprowadzono cztery ścisłe doświadczenia polowe w układzie split-plot w trzech powtórzeniach. Ocenie poddano następujące czynniki doświadczalne: (I) dawka kompostu: 0, 10, 20 i 40 t·ha<sup>-1</sup>, (II) dawka azotu: 0 (kontrola), 90 i 150 kgN·ha<sup>-1</sup>. Badania prowadzono na glebach należących do klasy bonitacyjnej IIIB i IVb. Uzyskane, plony korzeni były wysokie i wahały się w przedziale od 68,7 t·ha<sup>-1</sup> do 91,7 t·ha<sup>-1</sup>. Wpływ czynników doświadczalnych na wielkość plonu był zróżnicowany w zależności od stanowiska oraz roku badań. Zarówno dawki kompostu, jak i dawki azotu nie miały istotnego wpływu na plon korzeni w roku 2001 na glebie lekkiej oraz w roku 2002 na glebie ciężkiej. Zawartość cukru w korzeniach zależała od poziomu nawożenia azotem, natomiast dawki kompostu nie miały większego wpływu ani na wartość tego parametru, ani na zawartość melasotwórców w korzeniach. Ponadto syntetyczna analiza wyników z dwóch lat nie wykazała istotnego wpływu czynników doświadczalnych na plon cukru technologicznego.

**Słowa kluczowe:** burak cukrowy, kompost z odpadów miejskich, plon

The objective of the study was to assess the effect of different rates of compost and nitrogen on yield and technological quality of sugar beet roots. Four field experiments were carried out in split-plot design in three replications in 2001–2002. The following experimental factors were evaluated: (I) compost rate: 0, 10, 20, 40 t·ha<sup>-1</sup>, (II) nitrogen rate: 0, 90, 150 kg/ha. Yields of sugar beet roots were high and ranged from 68.7 t·ha<sup>-1</sup> to 91.7 t·ha<sup>-1</sup>. The effect of the experimental factors on yield was dependent on agricultural environment. Compost and nitrogen fertilization did not have significant influence on sugar beet roots in 2001, when experiments were carried out on light textured soil as well as in 2002, when sugar beet was cultivated on heavy textured soil. No significant effects of compost and nitrogen fertilization on technological yield of sugar were found. Sugar content of roots depended

on the level of nitrogen fertilization, whereas compost rates did not influence either this parameter or content of molasses in roots.

**Key words:** MSW composts, sugar beet, yield

## WSTĘP

Nawożenie mineralne i organiczne są głównymi czynnikami determinującymi plonowanie i jakość technologiczną buraka cukrowego. Poza tym burak cukrowy jest rośliną, która w wyniku dużej wydajności pobiera z gleby znaczne ilości składników pokarmowych przyczyniając się w ten sposób do zubożenia stanowiska z substancji organicznej. Dlatego stabilizacja plonów wymaga systematycznego wprowadzania do gleby materii organicznej. Z tej też przyczyny w wielu krajach, w tym w Polsce prowadzi się intensywne badania alternatywnymi źródłami materii organicznej w stosunku do obornika (Burgdorf, 2000; Welte i Szabolcs, 1987; Kordas, 1997; Mazur i Ciećko, 2000). Jednym z rozwiązań jest wykorzystanie kompostu produkowanego z organicznych odpadów miejskich, który jest źródłem substancji organicznej o dużej plonotwórczej i próchnicotwórczej wartości (Mazur i in., 1993). Dodatkowo korzystną stroną stosowania tego rodzaju nawozów jest dodatni wpływ na fizykochemiczne właściwości gleby. Wśród przyczyn niskiego wykorzystania kompostów w rolnictwie, do najważniejszych należą ich niska jakość spowodowana głównie niebezpieczeństwem zawartości znacznych ilości metali ciężkich oraz negatywne nastawienie społeczne odnośnie wykorzystania odpadów do nawożenia roślin (Johanson, Sunnas, 1995).

Ważnym zagadnieniem w warunkach równoczesnego stosowania nawozów organicznych i azotu mineralnego pozostaje kwestia ustalenia optymalnej dawki azotu, która pozwoli uzyskać wysoki plon i jednocześnie nie pogorszy jakości surowca (Ławiński, Grzebisz, 2000; Kopczyński, 1994).

Celem badań było określenie wpływu różnych dawek kompostu produkowanego z organicznych odpadów miejskich na plon i jakość technologiczną korzeni buraka cukrowego na tle zróżnicowanego poziomu nawożenia azotem.

## MATERIAŁY I METODY

W latach 2001–2002 przeprowadzono cztery ściśle doświadczenia polowe zlokalizowane w Rolniczym Gospodarstwie Akademii Rolniczej w Brodach. Dwuczynnikowe doświadczenie, założono w układzie zależnym (split-plot) w trzech powtórzeniach. Ocenie poddano następujące czynniki doświadczałne: (1) dawka kompostu: 0, 10, 20 i 40 t/ha, (2) dawka azotu: 0 (kontrola), 90 i 150 kg N/ha. Badania prowadzono na dwóch glebach: (1) gleba brunatna wytworzona z gliny zwałowej należąca do klasy bonitacyjnej IIb (gleba ciężka); (2) gleba wytworzona z piasku słabo gliniastego klasy bonitacyjnej IVb (gleba lekka). Gleby charakteryzowały się odczynem zbliżonym do obojętnego oraz wysokim poziomem zasobności w fosfor i potas. W badaniach wykorzystano kompost produkowany przez Zakład Utylizacji i Odpadów w Gorzowie Wlkp., którego charakterystykę przedstawia (tab. 1).

Tabela 1

**Skład chemiczny kompostu stosowanego w doświadczeniu**  
**Chemical composition of compost used in the experiment**

| Zawartość C i składników (% s.m.)<br>Content of C and nutritive elements (% d.m.) |                    |    |     |     |      | pH (H <sub>2</sub> O) |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----|-----|-----|------|-----------------------|
| sucha masa — dry matter                                                           | N <sub>ogól.</sub> | C  | K   | P   | Mg   |                       |
| 84,6                                                                              | 0,789              | 25 | 0,8 | 0,3 | 0,29 | 7,4                   |

Zbiór korzeni dokonano z powierzchni 10,5m<sup>2</sup>. W korzeniach na auto-analizatorze Venema oznaczono zawartość cukru (polaryzację), azotu  $\alpha$ -aminowego, potasu i sodu.

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

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

gdzie:

S — straty (%)

N  $\alpha$ -amin., K, Na (mmol·100g<sup>-1</sup> miazgi).

W pracy oznaczono także plon cukru technologicznego, który wyliczono według równania:

$$P_{tech.} = \frac{P_k \times (P - S)}{100},$$

$P_{tech.}$  — plon cukru technologicznego t·ha<sup>-1</sup>

$P_k$  — plon korzeni t·ha<sup>-1</sup>

P — polaryzacja (%)

S — straty (%).

Warunki pogodowe w obu latach prowadzenia doświadczenia były zbliżone i można je uznać za bardzo dobre. W analizowanych okresach wegetacyjnych stwierdzono korzystny rozkład zarówno opadów jak i temperatury, co wykluczyło powstanie stresu wodnego (suszy).

Otrzymane wyniki badań opracowano statystycznie. Istotność działania czynników oceniono wykorzystując analizę wariancji dla dwuczynnikowego układu split-plot. W celu sprawdzenia istotności interakcji czynników doświadczalnych z latami zastosowano model mieszany analizy wariancji, który zakładał efekt stały dla czynników doświadczalnych oraz efekt losowy dla interakcji czynników z latami (Trętowski, Wójcik, 1988). Istotność różnic między średnimi sprawdzano testem Tukeya na poziomie istotności  $p < 0,05$ . Dla oszacowania związków przyczynowo-skutkowych między analizowanymi parametrami zastosowano analizę korelacji prostej, analizę regresji wielokrotnej oraz analizę współczynników ścieżek (Konys i Wiśniewski, 1991). Analizę regresji prowadzono do momentu aż wszystkie zmienne w równaniu były istotne dla  $p < 0,05$ .

## WYNIKI I DYSKUSJA

**Plon korzeni**

Uzyskane w przeprowadzonym doświadczeniu, plony korzeni były wysokie i wahały się w przedziale od 68,3 t·ha<sup>-1</sup> do 91,0 t·ha<sup>-1</sup>. Na kontroli absolutnej, rośliny nienawożone wyprodukowały na glebie lekkiej 77 t·ha<sup>-1</sup>, natomiast na glebie ciężkiej 86 t·ha<sup>-1</sup> (tab. 2).

Tabela 2

|                                                       |                       | <b>Plon korzeni (t ha<sup>-1</sup>)</b><br><b>Yield of roots (t ha<sup>-1</sup>)</b> |      |                 |                            |      |                 |
|-------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------|----------------------------|------|-----------------|
| Czynnik doświadczalny<br>Experimental factor          | Obiekty<br>Treatments | Gleba lekka<br>Light soil                                                            |      |                 | Gleba ciężka<br>Heavy soil |      |                 |
|                                                       |                       | 2001                                                                                 | 2002 | średnia<br>mean | 2001                       | 2002 | średnia<br>mean |
| Dawka kompostu<br>Compost doses<br>t·ha <sup>-1</sup> | 0                     | 82,0                                                                                 | 86,9 | 84,5            | 87,1                       | 85,7 | 86,4            |
|                                                       | 10                    | 68,7                                                                                 | 85,1 | 76,9            | 83,1                       | 88,5 | 85,8            |
|                                                       | 20                    | 82,0                                                                                 | 81,7 | 81,8            | 87,5                       | 85,5 | 86,5            |
|                                                       | 40                    | 82,9                                                                                 | 72,9 | 77,9            | 89,7                       | 76,9 | 83,3            |
|                                                       | NIR <sub>0,05</sub>   | r.n.*                                                                                | 8,78 | xx**            | r.n.                       | r.n. | r.n.            |
|                                                       | LSD <sub>0,05</sub>   | n.s.                                                                                 |      |                 | n.s.                       | n.s. | n.s.            |
| Dawka azotu<br>Nitrogen doses<br>kg·ha <sup>-1</sup>  | 0                     | 80,5                                                                                 | 73,3 | 76,9            | 82,9                       | 88,6 | 85,7            |
|                                                       | 90                    | 75,8                                                                                 | 83,4 | 79,6            | 91,0                       | 81,1 | 86,0            |
|                                                       | 150                   | 80,4                                                                                 | 88,3 | 84,3            | 86,7                       | 82,8 | 84,7            |
|                                                       | NIR <sub>0,05</sub>   | r.n.                                                                                 |      |                 | r.n.                       | r.n. | r.n.            |
|                                                       | LSD <sub>0,05</sub>   | n.s.                                                                                 | 9,67 | xx**            | 4,35                       | n.s. | xx**            |
|                                                       |                       |                                                                                      |      |                 |                            |      |                 |

\* r.n. — Różnica nieistotna; n.s. — Not significant difference

\*\* xx — Czynnik doświadczalny zależny od lat; Experimental factor dependent on years

Dla porównania średnie plony w Polsce w 2001 roku wyniosły 42,4 t·ha<sup>-1</sup> (Rynek cukru, 2002). Tak wysoki poziom plonów oraz relatywnie niewielki stopień reakcji na zastosowane czynniki doświadczalne wskazuje na optymalne warunki żywieniowe roślin w całym okresie wegetacji. Otrzymane plony świadczą także o wysokiej, naturalnej żyzności gleby. Wpływ czynników doświadczalnych na wielkość plonu był zróżnicowany w latach, wskazuje na to istotność interakcji czynników doświadczalnych z latami. Szczegółowa ocena działania czynników doświadczalnych wykazała brak istotnego ich wpływu na plon korzeni w roku 2001 na glebie lekkiej oraz w 2002 na glebie ciężkiej.

Zarówno dawki kompostu, jak i poziom nawożenia azotem istotnie i niezależnie od siebie kształtowały wielkość plonu buraków na glebie lekkiej w roku 2002. W sezonie tym wzrastające dawki kompostu systematycznie zmniejszały plon korzeni z 86,9 t·ha<sup>-1</sup> do 72,9 t·ha<sup>-1</sup>, przy czym statystyczną różnicę w stosunku do kontroli odnotowano w wariancie z maksymalną dawką kompostu. Zanotowany spadek plonów może być efektem przejściowej immobilizacji azotu w glebie (Sanchez i in., 1997) lub efektem toksycznego działania metali ciężkich na rośliny i mikroorganizmy glebowe w warunkach bardzo wysokich dawek kompostu (Lekan, Kacperek, 1990). Oddziaływanie kompostu na plony roślin przez zdecydowaną większość badaczy oceniane jest jako korzystne (Wallace, 1990; Ehrig, 1987).

W przeciwieństwie do kompostu w sezonie 2002, wzrastające dawki azotu do 150 kg N/ha liniowo zwiększały plon korzeni na glebie lekkiej. Na glebie ciężkiej w roku 2001 istotną różnicę stwierdzono tylko między obiektem nawożonym 90 kg N/ha a kontrolą. Wzrost dawki z 90 kg N do 150 N·ha<sup>-1</sup> prowadził do regresu plonu korzeni. Według Gutmańskiego (1996) w systemie uprawy buraków bez obornika optymalna dawka azotu kształtuje się w szerokim zakresie od 120 do 180 kg N·ha<sup>-1</sup>.

### Plon cukru technologicznego

Plon cukru białego jest wypadkową plonu biologicznego i wielkości strat, będących następstwem akumulacji w korzeniach buraka związków melasotwórczych. Uwzględniając średnie plony z lat nie stwierdzono istotnego wpływu czynników doświadczalnych na plon cukru technologicznego (tab. 3). Szczegółowa analiza wyników w latach wykazała natomiast dodatni wpływ wzrastających dawek azotu na ilość uzyskanego cukru w 2002 roku na glebie lekkiej i w 2001 roku dla gleby ciężkiej. W roku 2002 w stanowisku z glebą lekką stwierdzono ujemną korelację między dawką kompostu a plonem cukru ( $r = -0,98$ ;  $n = 4$ ;  $p < 0,05$ ). Wzrost dawki kompostu z 0 do 40 t/ha spowodował spadek cukru technologicznego średnio o 2,23 t·ha<sup>-1</sup>.

Tabela 3

**Plon cukru technologicznego (t·ha<sup>-1</sup>)**  
**Yield of recoverable sugar (t·ha<sup>-1</sup>)**

| Czynnik<br>Doświadczalny<br>Experimental factor       | Obiekty<br>Treatments | Gleba lekka<br>Light soil |       |                 | Gleba ciężka<br>Heavy soil |       |                 |
|-------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|-------|-----------------|----------------------------|-------|-----------------|
|                                                       |                       | 2001                      | 2002  | średnia<br>mean | 2001                       | 2002  | średnia<br>mean |
| Dawka kompostu<br>Compost doses<br>t·ha <sup>-1</sup> | 0                     | 11,62                     | 12,71 | 12,16           | 12,79                      | 11,52 | 12,16           |
|                                                       | 10                    | 10,08                     | 12,33 | 11,21           | 12,14                      | 11,59 | 11,86           |
|                                                       | 20                    | 11,83                     | 12,02 | 11,93           | 12,71                      | 11,65 | 12,18           |
|                                                       | 40                    | 12,14                     | 10,48 | 11,31           | 13,00                      | 10,16 | 11,58           |
|                                                       | NIR <sub>0,05</sub>   | r.n.*                     | r.n.  |                 | r.n.                       | r.n.  | r.n.            |
|                                                       | LSD <sub>0,05</sub>   | n.s.                      | n.s.  | xx**            | n.s.                       | n.s.  | n.s.            |
| Dawka azotu<br>Nitrogen doses<br>kg·ha <sup>-1</sup>  | 0                     | 11,48                     | 10,88 | 11,18           | 12,22                      | 12,00 | 12,11           |
|                                                       | 90                    | 11,06                     | 12,38 | 11,72           | 13,22                      | 10,80 | 12,01           |
|                                                       | 150                   | 11,71                     | 12,40 | 12,06           | 12,54                      | 10,88 | 11,71           |
|                                                       | NIR <sub>0,05</sub>   | r.n.                      |       | r.n.            |                            | r.n.  |                 |
|                                                       | LSD <sub>0,05</sub>   | n.s.                      | 1,35  | n.s.            | 0,63                       | n.s.  | xx**            |
|                                                       |                       |                           |       |                 |                            |       |                 |

\* r.n. — Różnica nieistotna; n.s. — Not significant difference

\*\* xx — Czynnik doświadczalny zależny od lat; Experimental factor dependent on years

Wyniki analizy ścieżki przeprowadzone dla plonu cukru technologicznego dla obydwu gleb nie wykazały istotnych wpływów bezpośrednich żadnego z ocenianych melasotworów na wielkość cukru technologicznego ( $p > 0,05$  dla wszystkich współczynników ścieżki). Ponadto w stanowisku z glebą lekką nie stwierdzono znaczących efektów pośrednich. W stanowisku z glebą ciężką silne działanie pośrednie na wartości współczynników ścieżki określonych dla zawartości potasu i sodu w miążdze korzeni wywarła koncentracja azotu  $\alpha$ -aminowego (rys. 1).

Analiza regresji wielokrotnej natomiast wykazała istotny i dodatni wpływ sodu na plon cukru technologicznego w stanowisku z glebą lekką (równanie 1), natomiast w stanowisku

z glebą ciężką istotny i ujemny wpływ azotu  $\alpha$ -aminowego (równanie 2). Zawartość sodu determinowała plonu cukru technologicznego w 18%, natomiast zawartość azotu  $\alpha$ -aminowego w 42%.

- (1) Plon cukru techn. ( $t \cdot ha^{-1}$ ) =  $0,495 \times Na + 8,77$   $R^2 = 0,18$ ;  $n = 24$ ;  $p < 0,05$   
 (2) Plon cukru techn. ( $t \cdot ha^{-1}$ ) =  $-0,105 \times N \alpha\text{-amin.} + 14,38$   $R^2 = 0,42$ ;  $n = 24$ ;  $p < 0,001$



Rys. 1. Diagram ścieżkowy. Plon cukru technologicznego jako funkcja zawartości melasotworów w korzeniach buraka (gleba ciężka)

Fig. 1. Path diagram. Yield of recoverable sugar as a function of molasses content in sugar beet (heavy soil)

### Jakość

Wartość technologiczną korzeni buraka cukrowego definiuje zawartość cukru oraz grupa związków, które w procesie produkcji utrudniają ekstrakcję cukru białego. Azot  $\alpha$ -aminowy, K, Na określone są mianem melasotworów, których obecność w miazdze korzeniowej utrudnia odzyskanie cukru (Herlihy, 1992). Z punktu widzenia technologii produkcji cukru buraki są tym lepsze, im więcej zawierają cukru, a mniej melasotworów.

Rozpatrując cechy i parametry jakościowe korzeni buraka cukrowego w przeprowadzonych badaniach stwierdzono brak jednoznacznych zależności. Generalnie czynniki doświadczalne nie miały istotnego wpływu na analizowane parametry jakościowe takie jak: zawartość cukru oraz obecność melasotworów.

Niezależnie od wariantu doświadczalnego, w każdym roku, zawartość cukru kształtowała się na poziomie wartości standardowej 16% (tab. 4), co pośrednio wskazuje na efektywne wykorzystanie azotu przez rośliny. W celu określenia bezpośredniego i pośredniego wpływu zawartości melasotworów na polaryzację wykorzystano analizę ścieżki. W przeprowadzonych badaniach największy bezpośredni i zarazem ujemny wpływ na wartość polaryzacji w stanowisku z glebą lekką miała zawartość potasu w korzeniach, a następnie zawartość azotu  $\alpha$ -aminowego (rys. 2).



Rys. 2. Diagram ścieżkowy. Zawartość cukru jako funkcja zawartości melasotworów w korzeniach buraka (gleba lekka) współczynnik ścieżki istotny dla  $*p < 0,01$

Fig. 2. Path diagram. Sugar content as a function of molasses content in sugar beet (light soil) path coefficient significant at  $*p < 0.01$

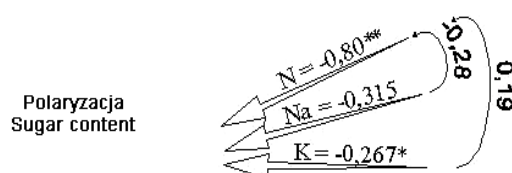
Wartym podkreślenia jest fakt ograniczania ujemnego wpływu wysokiej zawartości azotu  $\alpha$ -aminowego w korzeniach na polaryzację poprzez pośredni wpływ potasu. Powyższa prawidłowość uwidoczniła się tylko w stanowisku z glebą lekką.

Natomiast rośliny uprawiane na glebie ciężkiej w największym stopniu reagowały spadkiem zawartości cukru z powodu wzrostu zawartości azotu  $\alpha$ -aminowego (rys. 3). W stanowisku z glebą ciężką zdecydowanie słabiej ujawniło się negatywne działanie potasu.

Z wyprowadzonych równań regresji wynika, że polaryzację w stanowisku z glebą lekką określały zawartość azotu  $\alpha$ -aminowego i potasu w korzeniach (równanie 3). Razem parametry te determinowały zmienności całkowitej polaryzacji w 33%. Natomiast w stanowisku z glebą ciężką sama tylko zawartość azotu  $\alpha$ -aminowego w 77% warunkowała zawartość cukru w korzeniach równanie (4).

$$(3) \quad \text{Polaryzacja (\%)} = -0,04729 \times N_{\alpha\text{-amin.}} - 0,03487 \times K + 19,44 \quad R^2 = 0,33; n = 24; p < 0,01$$

$$(4) \quad \text{Polaryzacja (\%)} = -0,06225 \times N_{\alpha\text{-amin.}} + 17,74 \quad R^2 = 0,77; n = 24; p < 0,001.$$



Rys. 3. Diagram ścieżkowy. Zawartość cukru jako funkcja zawartości melasotworów w korzeniach buraka (gleba ciężka) współczynnik ścieżki istotny dla  $**p < 0,001$ ;  $*p < 0,05$

Fig. 3. Path diagram. Sugar content as a function of molasses content in sugar beet (heavy soil) path coefficient significant at  $**p < 0.001$ ;  $*p < 0.05$

Według Kovaca (1998) zawartość cukru najsilniej skorelowana jest z obecnością w korzeniach N  $\alpha$ -aminowego oraz w mniejszym stopniu z zawartością sodu.

Badania wykazały wzrost zawartości azotu  $\alpha$ -aminowego w korzeniach w zależności od dawek azotu oraz stanowiska (tab. 4). Przekroczenie normy (22,5 mmol/1000 g) dotyczyło jedynie roślin uprawianych w stanowisku z glebą ciężką. Istotne różnice odnotowano tylko w korzeniach uprawianych na glebie lekkiej. Rother (1998) wykazała znaczną różnicę w zawartości azotu  $\alpha$ -aminowego w korzeniach (dochodzącą do 3,8 mmol/100 g korzeni) w zależności od stanowiska, odmiany oraz nawożenia azotem. Bell i wsp. (1996) i Engels (1993) twierdzą, że zawartość azotu  $\alpha$ -aminowego w korzeniach zależy od ilości azotu pobranego przez rośliny buraka, co w konsekwencji odzwierciedla ilość azotu mineralnego w glebie.

Wpływ czynników doświadczalnych na zawartość sodu w korzeniach był nieznaczny (tab. 4). Istotny wpływ dawek kompostu na zawartość tego melasotworu udowodniono tylko w roku 2001 w stanowisku z glebą lekką.

Tabela 4

**Wpływ kompostu i nawożenia azotem na parametry jakościowe korzeni buraka cukrowego**  
**Effect of compost and nitrogen fertilization on the root quality parameters**

| Parametry<br>Parameters                                                          | Czynnik<br>Factor                                        | Obiekty<br>Treatments                     | Gleba lekka<br>Light soil |             |                 | Gleba ciężka<br>Heavy soil |             |                 |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|-------------|-----------------|----------------------------|-------------|-----------------|
|                                                                                  |                                                          |                                           | 2001                      | 2002        | Średnia<br>Mean | 2001                       | 2002        | Średnia<br>Mean |
| Polaryzacja<br>Content of<br>Sugar                                               | dawka<br>kompostu<br>compost doses<br>t·ha <sup>-1</sup> | 0                                         | 16,36                     | 16,86       | 16,61           | 16,79                      | 15,87       | 16,33           |
|                                                                                  |                                                          | 10                                        | 16,87                     | 16,78       | 16,83           | 16,73                      | 15,67       | 16,20           |
|                                                                                  |                                                          | 20                                        | 16,66                     | 16,96       | 16,81           | 16,70                      | 16,11       | 16,41           |
|                                                                                  |                                                          | 40                                        | 16,82                     | 16,70       | 16,76           | 16,68                      | 15,85       | 16,26           |
|                                                                                  |                                                          | NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub> | r.n.*; n.s.               | r.n.*; n.s. | r.n.*; n.s.     | r.n.*; n.s.                | r.n.*; n.s. | r.n.*; n.s.     |
|                                                                                  | dawka azotu<br>nitrogen doses<br>kg·ha <sup>-1</sup>     | 0                                         | 16,52                     | 17,01       | 16,76           | 16,85                      | 16,08       | 16,46           |
|                                                                                  |                                                          | 90                                        | 16,79                     | 17,04       | 16,91           | 16,69                      | 15,84       | 16,26           |
|                                                                                  |                                                          | 150                                       | 16,73                     | 16,44       | 16,58           | 16,63                      | 15,71       | 16,17           |
|                                                                                  |                                                          | NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub> | r.n.*; n.s.               | 0,32        | xx**            | r.n.*; n.s.                | r.n.*; n.s. | r.n.*; n.s.     |
|                                                                                  |                                                          |                                           |                           |             |                 |                            |             |                 |
| Azot<br>α-aminowy<br>α-amino-<br>nitrogen<br>content<br>mmol·100 g <sup>-1</sup> | dawka<br>kompostu<br>compost doses<br>t·ha <sup>-1</sup> | 0                                         | 15,87                     | 23,76       | 19,81           | 15,50                      | 27,28       | 21,39           |
|                                                                                  |                                                          | 10                                        | 15,10                     | 25,79       | 20,44           | 17,03                      | 31,44       | 24,24           |
|                                                                                  |                                                          | 20                                        | 16,97                     | 24,99       | 20,98           | 17,20                      | 26,11       | 21,66           |
|                                                                                  |                                                          | 40                                        | 13,60                     | 24,11       | 18,86           | 19,00                      | 32,07       | 25,53           |
|                                                                                  |                                                          | NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub> | r.n.*; n.s.               | r.n.*; n.s. | r.n.*; n.s.     | r.n.*; n.s.                | r.n.*; n.s. | 3,25            |
|                                                                                  | dawka azotu<br>nitrogen doses<br>kg·ha <sup>-1</sup>     | 0                                         | 16,95                     | 22,09       | 19,52           | 16,33                      | 27,29       | 21,81           |
|                                                                                  |                                                          | 90                                        | 16,10                     | 22,88       | 19,49           | 17,03                      | 28,61       | 22,82           |
|                                                                                  |                                                          | 150                                       | 13,10                     | 29,01       | 21,05           | 18,20                      | 31,78       | 24,99           |
|                                                                                  |                                                          | NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub> | 2,05                      | 3,57        | xx**            | r.n.*; n.s.                | r.n.*; n.s. | r.n.*; n.s.     |
|                                                                                  |                                                          |                                           |                           |             |                 |                            |             |                 |
| K<br>mmol·100 g <sup>-1</sup>                                                    | dawka<br>kompostu<br>compost doses<br>t·ha <sup>-1</sup> | 0                                         | 55,83                     | 41,74       | 48,79           | 47,87                      | 50,22       | 49,04           |
|                                                                                  |                                                          | 10                                        | 60,17                     | 42,89       | 51,53           | 48,40                      | 52,14       | 50,27           |
|                                                                                  |                                                          | 20                                        | 56,50                     | 41,83       | 49,17           | 51,00                      | 53,13       | 52,07           |
|                                                                                  |                                                          | 40                                        | 57,13                     | 42,64       | 49,89           | 49,60                      | 54,86       | 52,23           |
|                                                                                  |                                                          | NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub> | 2,81                      | r.n.*; n.s. | 1,54            | r.n.*; n.s.                | r.n.*; n.s. | r.n.*; n.s.     |
|                                                                                  | dawka azotu<br>nitrogen doses<br>kg·ha <sup>-1</sup>     | 0                                         | 58,13                     | 42,44       | 50,28           | 47,85                      | 53,16       | 50,50           |
|                                                                                  |                                                          | 90                                        | 56,60                     | 41,87       | 49,23           | 51,28                      | 51,82       | 51,55           |
|                                                                                  |                                                          | 150                                       | 57,50                     | 42,53       | 50,01           | 48,53                      | 52,79       | 50,66           |
|                                                                                  |                                                          | NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub> | r.n.*; n.s.               | r.n.*; n.s. | r.n.*; n.s.     | 0,7                        | r.n.*; n.s. | xx**            |
|                                                                                  |                                                          |                                           |                           |             |                 |                            |             |                 |
| Na<br>mmol·100g <sup>-1</sup>                                                    | dawka<br>kompostu<br>compost doses<br>t·ha <sup>-1</sup> | 0                                         | 5,90                      | 5,09        | 5,49            | 4,40                       | 8,36        | 6,38            |
|                                                                                  |                                                          | 10                                        | 4,07                      | 6,07        | 5,07            | 3,83                       | 10,46       | 7,14            |
|                                                                                  |                                                          | 20                                        | 6,57                      | 6,07        | 6,32            | 5,23                       | 10,66       | 7,94            |
|                                                                                  |                                                          | 40                                        | 6,43                      | 6,33        | 6,38            | 4,97                       | 9,94        | 7,46            |
|                                                                                  |                                                          | NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub> | 0,81                      | r.n.*; n.s. | xx**            | r.n.*; n.s.                | r.n.*; n.s. | r.n.*; n.s.     |
|                                                                                  | dawka azotu<br>nitrogen doses<br>kg·ha <sup>-1</sup>     | 0                                         | 6,00                      | 5,47        | 5,73            | 4,38                       | 9,86        | 7,12            |
|                                                                                  |                                                          | 90                                        | 5,48                      | 6,19        | 5,83            | 4,58                       | 9,73        | 7,15            |
|                                                                                  |                                                          | 150                                       | 5,75                      | 6,01        | 5,88            | 4,88                       | 9,98        | 7,43            |
|                                                                                  |                                                          | NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub> | r.n.*; n.s.               | r.n.*; n.s. | r.n.*; n.s.     | r.n.*; n.s.                | r.n.*; n.s. | r.n.*; n.s.     |
|                                                                                  |                                                          |                                           |                           |             |                 |                            |             |                 |
| Straty cukru<br>Losses<br>(%)                                                    | dawka<br>kompostu<br>compost doses<br>t·ha <sup>-1</sup> | 0                                         | 2,20                      | 2,21        | 2,21            | 2,08                       | 2,44        | 2,26            |
|                                                                                  |                                                          | 10                                        | 2,21                      | 2,29        | 2,25            | 2,12                       | 2,59        | 2,35            |
|                                                                                  |                                                          | 20                                        | 2,24                      | 2,25        | 2,25            | 2,17                       | 2,47        | 2,32            |
|                                                                                  |                                                          | 40                                        | 2,17                      | 2,25        | 2,21            | 2,19                       | 2,63        | 2,41            |
|                                                                                  |                                                          | NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub> | r.n.*; n.s.               | r.n.*; n.s. | r.n.*; n.s.     | r.n.*; n.s.                | r.n.*; n.s. | r.n.*; n.s.     |
|                                                                                  | dawka azotu<br>nitrogen doses<br>kg·ha <sup>-1</sup>     | 0                                         | 2,26                      | 2,19        | 2,22            | 2,10                       | 2,49        | 2,29            |
|                                                                                  |                                                          | 90                                        | 2,21                      | 2,21        | 2,21            | 2,16                       | 2,51        | 2,33            |
|                                                                                  |                                                          | 150                                       | 2,15                      | 2,36        | 2,26            | 2,16                       | 2,60        | 2,38            |
|                                                                                  |                                                          | NIR <sub>0,05</sub> ; LSD <sub>0,05</sub> | r.n.*; n.s.               | 0,11        | xx**            | r.n.*; n.s.                | r.n.*; n.s. | r.n.*; n.s.     |
|                                                                                  |                                                          |                                           |                           |             |                 |                            |             |                 |

\* r.n. — Różnica nieistotna, n.s. — Not significant difference; \*\* xx — Czynnik doświadczalny zależny od lat;  
 Experimental factor dependent on years

Dodatni związek zawartości sodu w korzeniach z wielkością plonu korzeni i cukru technologicznego w stanowisku z glebą lekką potwierdza bardzo ważną rolę tego składnika w nawożeniu buraków. Hansen (1994) stwierdził na podstawie doświadczeń przeprowadzonych w Dani i Szwecji, pozytywny wpływ nawożenia sodem na plon buraków oraz zawartość cukru przy niskim poziomie nawożenia azotem.

Ilość zastosowanego kompostu istotnie i niezależnie od lat wywarła wpływ na zawartość potasu w korzeniach tylko w stanowisku z glebą lekką (tab. 4). Wpływ poziomu nawożenia azotem na zawartość potasu w stanowisku z glebą lekką był nieistotny, natomiast w stanowisku z glebą ciężką istotną różnicę stwierdzono tylko w roku 2001.

Poziom nawożenia kompostem nie miał większego wpływu na wielkość strat cukru wywołaną zawartością melasotworów w korzeniach (tab. 4). W roku 2001 wzrost dawek azotu prowadził do nieznacznego, ale systematycznego zmniejszenia wielkości strat, natomiast w następnym sezonie powodował ich istotny wzrost przy nawożeniu dawką azotu powyżej 90 kg/ha.

Analiza związków korelacyjnych wykazała wysoce istotny i dodatni związek w obu stanowiskach między wielkością strat cukru a zawartością azotu  $\alpha$ -aminowego w korzeniach (tab. 5). Ponadto w stanowisku z glebą ciężką zawartość pozostałych melasotworów, tj. sodu i potasu była dodatnio skorelowana ze stratami cukru oraz ujemnie z polaryzacją.

Tabela 5

**Związki korelacyjne między zawartością melasotworów a wybranymi parametrami plonu**  
**Correlation coefficient between molasses content and parameters for sugar yield**

| Parametry plonu<br>Parameters for sugar yield             | Gleba lekka<br>Light soil |       |       | Gleba ciężka<br>Heavy soil |         |        |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------|-------|-------|----------------------------|---------|--------|
|                                                           | N- $\alpha$               | Na    | K     | N- $\alpha$                | Na      | K      |
| Plon korzeni<br>Yield of roots                            | 0,30                      | 0,47* | -0,15 | -0,21                      | -0,18   | -0,07  |
| Plon cukru technologicznego<br>Yield of recoverable sugar | 0,23                      | 0,42* | -0,20 | -0,64**                    | -0,60*  | -0,37  |
| Polaryzacja<br>Sugar content                              | -0,19                     | -0,28 | -0,25 | -0,89**                    | -0,84** | -0,51* |
| Straty<br>Losses                                          | 0,71**                    | 0,26  | -0,08 | 0,99**                     | 0,91**  | 0,79** |

n = 24; \*p<0,05; \*\*p<0,001

# WNIOSKI

1. Wprowadzenie kompostu nawet w dawce powyżej określonego poziomu normatywnego nie powodowało istotnego ujemnego wpływu na plon i jakość korzeni buraka cukrowego.
2. Czynniki doświadczalne nie miały istotnego wpływu na plon cukru technologicznego, zawartość melasotworów oraz straty cukru.

3. Spośród melasotworów tylko zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach istotnie i ujemnie wpływała na ilość uzyskanego cukru technologicznego w stanowisku z glebą ciężką.
4. Wpływ zawartości melasotworów w korzeniach na polaryzację był zróżnicowany w zależności od stanowiska. Na glebie lekkiej w największym stopniu negatywnie na polaryzację wpływała wysoka zawartość potasu w korzeniach, a w stanowisku z glebą ciężką zawartość azotu  $\alpha$ -aminowego.

## LITERATURA

- Anonim. 1995. Die Qualität der Zuckerrüben. KWS Verlag, Einbeck: 10 — 23.
- Bell Ch., Milford G. F. J., Allen L. R. 1996. Sugar beet, photo-assimilate distribution in plants and crops. Eds. E. Zaruski A. A. Schaffer, New York, Marcel Decker Inc.: 691 — 703.
- Burgdorf W. 2000. Humusgehalt und Humusbilanz auf Zuckerrübenstandorten, Zuckerrübe 49. Jg. (5): 262 — 263.
- Ehrig C. Bode-Meyer A., Stahr K. 1987. Heavy metal uptake by plants from waste compost. Mitteilungen der Deutschen Bodenkulturen Gesellschaft 55: 589 — 594.
- Engels T. 1993. Nitratauswaschung aus Getreide — und Zuckerrübenflächen bei unterschiedlichem N — Angebot, Dissertation dem Fachbereich Gartenbau der Universität Hannover zur Erlangung des Akademischen Grades Eines: 95 — 148.
- Gutmański I. 1996. Niskonakładowa technologia produkcji buraka cukrowego, IHAR, Bydgoszcz: 15 — 50.
- Hansen P. 1994. Natrium und Stickstoff. Zuckerrüben. 43. Jg. (2): 123 — 124.
- Herlihy M. 1992. Effects of N, P and K on yield and quality of sugar beet. Irish J. Agric. Food Res. 31: 35 — 49.
- Johanson E. Sunnas C. 1995. Management of household waste in the Great Mazurian Lakes Region, Poland. Master of Science Thesis. Thesis Report Series 1995. Royal Institute of Technology 143.
- Konys L., Wiśniewski P. 1991. Analiza ścieżkowa w układach przyczynowo-skutkowych, Roczniki AR w Poznaniu CLIII: 37 — 45.
- Kopczyński J. 1994. Kierunki zmian niektórych cech jakościowych korzeni buraka cukrowego pod wpływem współdziałania nawożenia organicznego i azotowego. Zesz. Nauk. AR Szczec. 172: 249 — 255.
- Kordas L., Zimny L. 1997. Wpływ wybranych poplonów ścierniskowych na plonowanie buraka cukrowego uprawianego technologią siewu bezpośredniego, Biul. IHAR 202: 207 — 211.
- Kovac K. 1998. The effect of different soil cultivation and fertilization on yield, quality and uptake of nutrients in sugar beet. Rastl. Vyroba 44 2: 59 — 64.
- Ławiński H., Grzebisz W. 2000. Ocena wpływu systemu uprawy i dawek azotu na plon i jakość technologiczną buraka cukrowego. Folia Univ. Agric. Stetin 211, Agricultura 84: 251 — 256.
- Mazur K., Ciećko Z. 2000. Nawożenie organiczne w zintegrowanym rolnictwie, Folia Univ. Agric. Stetin. 211 Agricultura (84): 285 — 288.
- Mazur T., Mineew M. V., Debreczeni B. 1993. Nawożenie w rolnictwie biologicznym. Wydaw. ART. Olsztyn: 26 — 35.
- Rocznik Statystyczny. 2001; 2002. Wydaw. Statystyczne GUS, Warszawa.
- Rother B. 1998. Die technische Qualität der Zuckerrüben unter dem Einfluss verschiedener Anbaufaktoren, 1. Auf. Göttingen: Cuvillier Verlag: 15 — 45.
- Trętowski J., Wójcik A. R. 1988. Metodyka doświadczeń rolniczych. WSRP, Siedlce.
- Wallace A., Wallace G. A. 1990. Interactions between polymer soil conditioners and organic amendments in the improvement of physical properties of soil. Journal of Plant Nutrition 13: 437 — 450.
- Welte E., Szabolcs I. 1987. Organic fertilizers for improvement and maintenance of soil fertility. Reprints from 4<sup>th</sup> International Symposium Agricultural Waste Management and Environmental Protection, 11–14 May, Braunschweig, Fed. Rep. of Germany: 129 — 140.
- Rynek cukru. 2002. Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej, Warszawa.