

Katedra Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
29 listopada 54, 31-425 Kraków  
e-mail: annaszura@wp.pl

ANNA SZURA, IWONA KOWALSKA, WŁODZIMIERZ SADY

### **Wpływ sposobu nawożenia azotem na dynamikę zmian $\text{NH}_4^+$ i $\text{NO}_3^-$ w liściach i korzeniach buraka ćwikłowego**

The effect of n-fertilization method on the rate of changes of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$   
contents in the leaves and roots of red beet

**Streszczenie.** W doświadczeniu przeprowadzonym w latach 2005–2007 badano wpływ sposobu nawożenia azotem buraka ćwikłowego na zawartość azotanów i azotu amonowego w liściach i korzeniach roślin będących w różnych fazach wzrostu. Zastosowano następujące sposoby nawożenia azotem: 90 kg · ha<sup>-1</sup> N przedsięwzięcie rzutowo; 67,5 kg · ha<sup>-1</sup> N przedsięwzięcie rzutowo + 22,5 kg · ha<sup>-1</sup> N pogłównie rzutowo; 67,5 kg · ha<sup>-1</sup> N przedsięwzięcie rzutowo + dokarmianie dolistne; 67,5 kg · ha<sup>-1</sup> N zlokalizowanie; 67,5 kg · ha<sup>-1</sup> N zlokalizowanie + 22,5 kg · ha<sup>-1</sup> N pogłównie rzutowo; 67,5 kg · ha<sup>-1</sup> N zlokalizowanie + dokarmianie dolistne. Nawożenie doglebowe było przeprowadzone siarczanem amonu, a dokarmianie dolistne mocznikiem oraz Supervitem R. W badaniach wykazano spadek zawartości  $\text{NO}_3^-$  w roślinach dokarmianych dolistnie, a wzrost po zastosowaniu pogłównego doglebowego nawożenia azotem. Nie stwierdzono wpływu nawożenia metodą depozytu amonowego na zawartość  $\text{NO}_3^-$  w roślinach. Z wiekiem roślin zawartość  $\text{NH}_4^+$  w liściach i korzeniach oraz  $\text{NO}_3^-$  w liściach zmniejszała się. Zawartość  $\text{NO}_3^-$  w korzeniach początkowo obniżała się, natomiast pod koniec wegetacji wzrastała.

**Słowa kluczowe:** dokarmianie dolistne, metoda Cultan, formy azotu, faza wzrostu

#### WSTĘP

Zawartość azotanów w roślinach zależy od wielu czynników, w tym m.in. od warunków klimatycznych i glebowych, nawożenia, gatunku i odmiany, części rośliny i jej fazy rozwojowej [Wojciechowska 2004]. Młode rośliny charakteryzują się ograniczoną możliwością redukcji azotanów, co sprzyja ich wysokiej zawartości w tkankach. Wzrost roślin i zwiększanie powierzchni fotosyntezującej zwiększa tempo przemian azotu azotanowego oraz wytwarzania związków organicznych. Z tego względu w miarę rozwoju roślin obserwuje się spadek w nich zawartości azotanów [Miliard 1988, Wojciechowska

2004, Wyszowski 2005]. U roślin korzeniowych obserwowano zmniejszenie zawartości azotanów do fazy fizjologicznej dojrzałości korzeni, a następnie odnotowano ponowny wzrost ich poziomu [Grzebelus 1995, Rożek i in. 2000a].

Wielu autorów [Rożek i in. 2000b, Biesiada 2005] podaje, że zastosowanie dokarmiania dolistnego azotem prowadzi do zmniejszenia zawartości azotanów w tkankach roślin. Inne badania nie potwierdzają tej zależności [Wierzbicka i Majkowska 2003, Kowalska i in. 2006, Smoleń i in. 2006]. Według Sommera [2001] na spadek zawartości azotanów w warzywach wpływa także nawożenie metodą Cultan, która polega na wprowadzaniu nawozu azotowego, zawierającego amonową formę azotu, w sposób zlokalizowany.

Przeprowadzone badania miały na celu określenie wpływu sposobu nawożenia azotem, w tym nawożenia rzutowego, zlokalizowanego oraz w połączeniu z dokarmianiem dolistnym, na zmiany zawartości azotanów w trakcie wegetacji w liściach i korzeniach spichrzowych buraka ćwikłowego.

#### MATERIAŁ I METODY

Buraka ćwikłowego odm. Boro F<sub>1</sub> uprawiano w latach 2005–2007 w warunkach polowych, na glinie lekkiej pylastej, o zawartości substancji organicznej 2,7%. W doświadczeniu badano zawartość mineralnych form azotu w liściach i korzeniach buraka w zależności od następujących czynników: sposobu nawożenia azotem, fazy wzrostu roślin (termin zbioru) oraz roku uprawy.

Dogłębowe (przedsiewne i pogłównie) nawożenie azotem przeprowadzono za pomocą siarczanu amonu (20,5% N-NH<sub>4</sub>). Zastosowano następujące sposoby nawożenia azotem:

1. 100% dawki N dogłębowo, przedsiewnie w sposób rzutowy;
2. 75% dawki N dogłębowo, przedsiewnie, w sposób rzutowy + 25% dawki N pogłównie;
3. 75% dawki N dogłębowo przedsiewnie, w sposób rzutowy + dokarmianie dolistne;
4. 75% dawki N dogłębowo, przedsiewnie w sposób zlokalizowany;
5. 75% dawki N dogłębowo, przedsiewnie w sposób zlokalizowany + 25% dawki N pogłównie;
6. 75% dawki N dogłębowo, przedsiewnie w sposób zlokalizowany + dokarmianie dolistne.

Za 100% dawki azotu przyjęto 90 kg · ha<sup>-1</sup>. Układ doświadczenia z uwzględnieniem dawek azotu (kg·ha<sup>-1</sup>) w nawożeniu dogłębowym i dokarmianiu dolistnym przedstawiono w tabeli 1.

Nawożenie przedsiewne rzutowe wykonano bezpośrednio przed siewem nasion (pierwsza dekada czerwca). W obiektach z nawożeniem zlokalizowanym depozyt amonowy wprowadzano w co drugie międzyrzędzie na głębokość 7–10 cm (metoda Cultan), również w dniu siewu. Nawożenie pogłównie dogłębowe (w obiektach 2 i 4) wykonano w sposób rzutowy, po 6 tygodniach (16.07) od siewu nasion. Rośliny były wówczas w fazie 6–8 liści. W obiektach z dokarmianiem dolistnym (obiekt 3 i 6) rośliny opryskiwano roztworami nawozów trzykrotnie. Pierwszy termin opryskiwania pokrywał się z terminem nawożenia pogłównego, a następne były w odstępach dwutygodniowych (31.07 i 14.08). W pierwszym i trzecim dokarmianiu zastosowano 2% roztwór mocni-

ka, a w drugim – 1% roztwór Supervitu R (N- $\text{NH}_4$  2,5%, N- $\text{NO}_3$  1%,  $\text{K}_2\text{O}$  3,4%,  $\text{MgO}$  0,6% + mikroelementy). Dawka azotu wprowadzona wraz z dokarmianiem dolistnym wyniosła  $11,7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Tabela 1. Układ doświadczenia  
Table 1. Experimental designe

Sposób nawożenia Fertilization method		Dawka N $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ – Dose N $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$		
obiekty objects	nawożenie dogłębowe broadcasting fertilization	przedsięwzięcie pre-sowing	pogłównie top dressing	dolistne foliar nutrition
1	rzutowe broadcasting	90	-	-
2		67,5	22,5	-
3		67,5	-	2% r-r mocznika +1% Supervit R 2% solution urea + 1% Supervit R
4	Zlokalizowane Localized minner	67,5	-	-
5		67,5	22,5	-
6		67,5	-	2% r-r mocznika +1% Supervit R 2% solution urea + 1% Supervit R

W liściach i korzeniach spichrzowych buraka czterokrotnie w okresie wegetacji roślin (czynnik termin zbioru) oznaczano zawartość  $\text{NO}_3^-$  i  $\text{NH}_4^+$ . Pierwsze oznaczenie wykonano w roślinach zebranych w fazie odpowiadającej zbiorowi pęczkowemu, kolejne w odstępach dwutygodniowych. Z każdego poletka wybierano po 8 roślin wyrównanej wielkości, ważono, a następnie dzielono na liście (z ogonkiem liściowym) i korzeń spichrzowy. Materiał rozdrabniano za pomocą homogenizatora i poddawano ekstrakcji  $0,02 \text{ M Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . W uzyskanym przesączu oznaczono stężenie jonów  $\text{NO}_3^-$  i  $\text{NH}_4^+$  przy użyciu elektrody jonoselektywnej „Orion”.

Podczas doświadczenia warunki pogodowe były typowe dla regionu. Średnia miesięczna temperatura wynosiła w miesiącach czerwiec – sierpień  $16\text{--}19^\circ\text{C}$ , a średnia miesięczna suma opadów mieściła się w granicach  $75\text{--}120 \text{ mm}$ . Wyjątek stanowił lipiec 2006 r., ze średnią temperaturą  $21^\circ\text{C}$  i sumą opadów  $20 \text{ mm}$ .

Doświadczenie wykonano na 18 poletkach (6 wariantów nawożenia  $\times$  3 powtórzenia) wielkości  $2,4 \text{ m}^2$ , w układzie bloków całkowicie losowanych. Uzyskane wyniki poddano trzyczynnikowej analizie wariancji (Statistica 7). Czynniki doświadczenia były: sposób nawożenia azotem, faza rozwojowa roślin (termin zbioru) oraz rok uprawy. Różnice pomiędzy średnimi analizowano testem NIR Fischera, a istotność różnic deklarowano przy  $p = 0,05$ .

## WYNIKI

Uzyskane wyniki wskazują na statystycznie istotny wpływ zastosowanego sposobu nawożenia, terminu zbioru (faza rozwojowa roślin) oraz roku uprawy na zawartość azotanów i amonowej formy azotu w liściach i korzeniach spichrzowych buraka ćwikłowego (tab. 2).

Zastosowanie azotu w pełnej dawce (100%) przewidziane w sposób rzutowy ( $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) oraz nawożenie zlokalizowane dawką obniżoną do 75% azotu w połączeniu z nawożeniem doglebowym zastosowanym pogłównie ( $67,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$  w sposób zlokalizowany +  $22,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$  pogłównie) wpłynęło na uzyskanie roślin (korzeń i liście) z najwyższą zawartością formy amonowej azotu. W pozostałych wariantach nawożenia, z wyjątkiem obiektu nawożonego w sposób rzutowy w połączeniu z dokarmianiem dolistnym, gdzie oznaczono w liściach najniższe zawartości  $\text{NH}_4^+$ , koncentracja tego składnika była na stosunkowo wyrównanym poziomie.

Bez względu na sposób nawożenia i rok uprawy wraz z upływem wegetacji roślin zawartość azotu amonowego obniżała się zarówno w korzeniach, jak i w liściach buraka, i osiągnęła najniższe wartości w fazie dojrzałości zbiorczej (5.09), a w korzeniach dodatkowo w przedostatnim terminie zbioru (22.08) (tab. 2).

Tabela 2. Zawartość  $\text{NH}_4^+$  i  $\text{NO}_3^-$  ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  świeżej masy) w buraku ćwikłowym w zależności od sposobu nawożenia azotem, terminu zbioru i roku uprawy

Table 2. The content of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  fresh matter) in red beet depending on the N-fertilization method, harvest time and year

Wyszczególnienie Item	Obiekt Object	Korzenie – Roots		Liście – Leaves	
		$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$
Sposób nawożenia Fertilization method	1	260	1546	354	1254
	2	237	1616	316	1434
	3	226	1286	284	1048
	4	237	1540	317	1284
	5	251	1709	345	1593
	6	239	1315	310	1104
Termin Time	26.07.	309	1698	475	1992
	08.08.	247	1375	343	1285
	22.08.	204	1433	248	1141
	05.09.	206	1502	218	727
Rok Year	2005	295	1865	418	1658
	2006	199	1237	244	975
	2007	231	1404	301	1226
NIR <sub>0,05</sub> dla: sposób nawożenia LSD <sub>0,05</sub> for: fertilization method		13,6	111,2	18,7	133,0
termin – time		11,1	90,8	15,2	108,6
rok – year		9,6	78,7	13,2	94,1

1 –  $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$  przewidziane, rzutowo –  $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$  pre-sowing broadcasting;

2 –  $67,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$  przewidziane, rzutowo +  $22,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$  pogłównie, doglebowo –  $67,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$  pre-sowing, broadcasting +  $22,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$  top dressing, broadcasting;

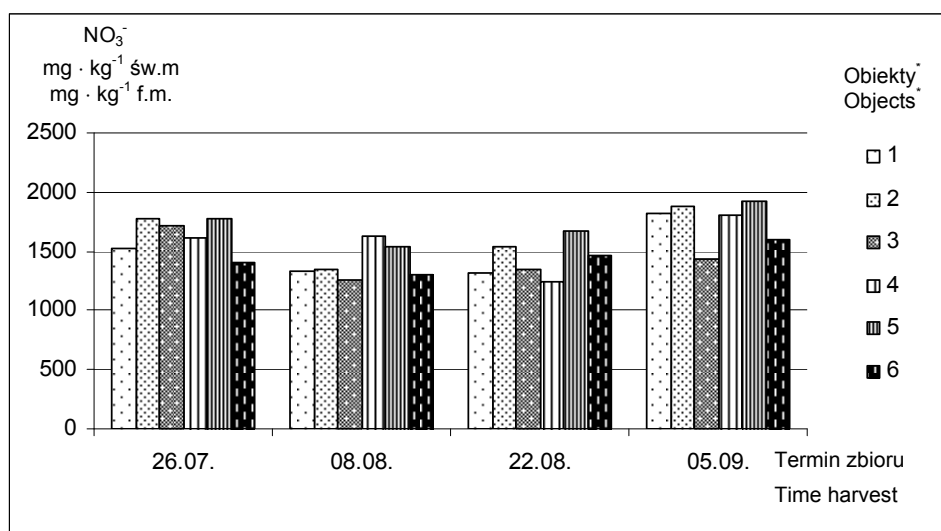
3 –  $67,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$  przewidziane, rzutowo + dokarmianie dolistne –  $67,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$  pre-sowing, broadcasting + foliar nutrition;

4 –  $67,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$  zlokalizowanie –  $67,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$  localized manner;

5 –  $67,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$  zlokalizowanie +  $22,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$  pogłównie, doglebowo –  $67,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$  localized manner +  $22,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$  top dressing, broadcasting;

6 –  $67,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$  zlokalizowanie + dokarmianie dolistne –  $67,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$  localized manner + foliar nutrition

Zawartość azotanów w korzeniach spichrzowych buraka kształtowała się w zakresie 1237–1709  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  św.m., a w liściach 727–1992  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  św.m. (tab. 2) i była uzależniona od sposobu nawożenia, terminu zbioru i roku uprawy. Nawożenie roślin dzieloną dawką azotu (nawożenie przedsiewne + pogłównie doglebowe) wpłynęło na uzyskanie roślin o najwyższej zawartości azotanów, tak w korzeniach jak i w liściach, w stosunku do pozostałych sposobów nawożenia (tab. 2). Zastosowanie dawki  $67,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  N w połączeniu z dokarmianiem dolistnym istotnie wpłynęło na obniżenie zawartości azotanów w porównaniu z roślinami niedokarmianymi. Najmniej  $\text{NO}_3^-$  oznaczono w roślinach nawożonych w sposób rzutowy połączony z dokarmianiem dolistnym (1286 i 1048  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  św.m. odpowiednio w korzeniach i liściach).

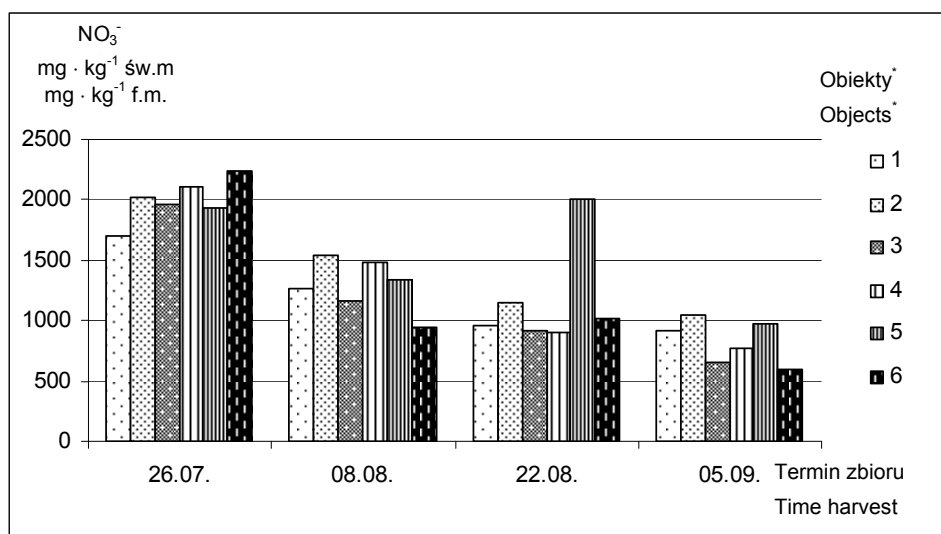


\*Oznaczenia jak w tab. 2. – Note see: table 2.

Rys. 1. Zmiany zawartości azotanów w korzeniach spichrzowych buraka ćwikłowego w okresie wegetacji w zależności od sposobu nawożenia azotem (średnie z lat 2005–2007)

Fig. 1. The changes in nitrate contents in the roots of red beet during growth, depending on N-fertilization method (means from three years: 2005–2007)

Wykazano istotny wpływ fazy rozwojowej roślin na zawartość azotanów w liściach i w korzeniach buraka ćwikłowego. W korzeniach zebranych 8.08. (drugi termin zbioru) zawartość azotanów obniżyła się ( $1375 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  św.m.) w stosunku do ich zawartości w korzeniach zbieranych we wcześniejszym terminie, tj. 26.07. ( $1698 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  św.m.), po czym w kolejnych terminach zbioru – 22.08. i 5.09. obserwowano ponowny ich wzrost do wartości  $1502 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  św.m. w fazie dojrzałości zbiorczej. W każdym terminie zbioru (fazie wzrostu) zawartość azotanów w korzeniach była najniższa u roślin dokarmianych dolistnie (rys. 1).



\*Oznaczenia jak w tab. 2.

\*Note see: table 2.

Rys. 2. Zmiany zawartości azotanów w liściach buraka ćwikłowego w okresie wegetacji w zależności od sposobu nawożenia azotem (średnie z lat 2005–2007)

Fig. 2. The changes of nitrate contents in the leaves of red beet during growth, depending on the N-fertilization method (means from three years: 2005–2007)

Zawartość azotanów w liściach w zależności od fazy wzrostu miała przebieg bardziej systematyczny. Spadek zawartości tego składnika wraz z wiekiem roślin zaznaczył się we wszystkich wariantach nawożenia, z wyjątkiem nawożenia zlokalizowanego połączonego z pogłównym doglebowym nawożeniem azotem w trzecim terminie zbioru (22.08) (rys. 2). W liściach tych roślin oznaczono podobnie wysoką zawartość  $\text{NO}_3^-$  jak w liściach zebranych w pierwszym terminie analiz. Dodatkowo we wszystkich terminach zbioru z wyjątkiem pierwszego (26.07) odnotowano wyraźny wpływ dokarmiania dolistnego roślin na obniżenie zawartości azotanów w liściach. Zawartości  $\text{NO}_3^-$  i  $\text{NH}_4^+$  w roślinach istotnie zależały także od roku uprawy. Najwyższe ilości tych składników oznaczono w roku 2005, a najniższe w 2006.

#### DYSKUSJA

W badaniach wykazano zależność pomiędzy zawartością azotanów oraz amonowej formy azotu oznaczaną w liściach i korzeniach buraka ćwikłowego a sposobem nawożenia azotem i terminem zbioru roślin.

Z wyjątkiem pierwszego terminu zbioru roślin (zbiór pęczkowy) zawartość azotanów w korzeniach buraka była niższa od maksymalnej dopuszczalnej zawartości ( $1500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  św.m.) tego składnika określonej w Rozporządzeniu... [2003]. W kolejnych fazach wzrostu roślin zawartość azotanów w korzeniach ulegała stopniowemu

spadkowi. Może to być związane z faktem, że wraz ze wzrostem buraka zwiększała się powierzchnia liści, a tym samym aktywność fotosyntetyczna roślin. Reakcja fotosyntezy dostarcza energii potrzebnej do redukcji azotanów, a także substratu wiążącego zredukowany azot [Gabryś 2002]. Uzyskane wyniki stanowią potwierdzenie licznych prac [Miliard 1988, Wojciechowska 2004] dotyczących zmian zawartości azotanów w tkankach roślin w zależności od fazy wzrostu roślin.

W niniejszych badaniach zaobserwowano typowy dla roślin korzeniowych wzrost zawartości azotanów w korzeniach buraka po osiągnięciu fazy dojrzałości fizjologicznej. Podobne zależności wykazał Rożek [2000a] w marchwi i Grzebelus [1995] w buraku ćwikłowym. Znajomość dynamiki gromadzenia azotanów w roślinach, w tym w korzeniach buraka, umożliwiła dobranie optymalnego terminu zbioru, pozwalającego na uzyskanie plonu zadowalającego pod względem jego wielkości i jakości.

Zawartość azotu amonowego w korzeniach ulegała stopniowemu zmniejszaniu w miarę rozwoju roślin. Może to świadczyć o zwiększaniu efektywności wbudowywania zredukowanego już azotu w związki białkowe wraz ze wzrostem roślin.

W liściach obserwowano systematyczny spadek mineralnych form azotu z wiekiem roślin. W fazie dojrzałości zbiorczej roślin nie wykazano wzrostu zawartości azotanów w liściach. Wskazuje to, że starzejące się liście buraka nie mają tendencji do gromadzenia tego składnika, co jest zjawiskiem odmiennym w stosunku do korzeni. Na dodatnią zależność między zawartością chlorofilu „a” w liściach marchwi, którego spadek świadczy o starzeniu się liści, a ilością zawartych w nich azotanów, uwagę zwrócili Rożek i in. [2000b]. Badając zmiany zawartości azotanów w strefie łykowej i naczyniowej marchwi Korolev i in. [2000] wykazali najwyższy ich poziom w 20. dniu po siewie, natomiast od 40. dnia zawartość tego związku była bliska zeru. Wskazuje to na fakt, że u roślin korzeniowych najbardziej intensywnie pobieranie i przewożenie azotanów zachodzi w początkowym okresie wegetacji.

Zawartość azotanów w buraku ćwikłowym zależała także od sposobu nawożenia azotem. W dostępnej literaturze brak jest jednoznacznej odpowiedzi, co do wpływu dokarmiania dolistnego azotem na zawartość azotanów w korzeniach spichrzowych roślin [Kowalska i in. 2006, Smoleń i in. 2006]. W niniejszych badaniach wykazano, że zastosowanie dokarmiania dolistnego, niezależnie od sposobu dogłębowego nawożenia azotem, wpływa na obniżenie zawartości azotanów w liściach i korzeniach buraka ćwikłowego.

Zastosowanie zlokalizowanej metody nawożenia azotem (metoda Cultan) nie spowodowało spadku zawartości azotanów w liściach i korzeniach, w porównaniu z roślinami nawożonymi w sposób rzutowy. Wyniki te są odmienne od uzyskanych przez Sommera [2001], który wykazał ograniczenie gromadzenia azotanów w roślinach nawożonych azotem metodą depozytu amonowego.

Różnice w zawartości mineralnych form azotu pomiędzy latami mogą wynikać z różnic pogodowych. Najniższe zawartości  $\text{NO}_3^-$  oraz  $\text{NH}_4^+$  w liściach i korzeniach oznaczono w roku 2006, w którym wystąpił okres wysokich temperatur oraz suszy.

## WNIOSKI

1. Zawartość  $\text{NH}_4^+$  w liściach i korzeniach spichrzowych buraka ćwikłowego obniżała się wraz z wiekiem roślin.

2. Gromadzenie azotanów w korzeniach spichrzowych buraka zależało od fazy wzrostu roślin. Najwięcej azotanów w korzeniach oznaczano w początkowej i końcowej fazie (faza dojrzałości zbiorczej) wzrostu roślin.

3. Zastosowanie obniżonej dawki azotu doglebowego w połączeniu z dokarmianiem dolistnym wpłynęło na uzyskanie roślin buraka z najmniejszą zawartością azotanów.

4. Nawożenie azotem metodą depozytu amonowego (metoda Cultan) nie miało wpływu na zawartość  $\text{NO}_3^-$  w liściach i korzeniach spichrzowych buraka ćwikłowego.

#### PIŚMIENNICTWO

- Biesiada A., 2005. Wpływ dokarmiania dolistnego moczniakiem i siarczanem amonu na zawartość azotanów w sałacie. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo 86, 515, 47–52.
- Gabryś H., 2002. Gospodarka azotowa. [W:] J. Kopcewicz i S. Lewak (red.). Fizjologia roślin. PWN Warszawa, 246–257.
- Grzebelus D., 1995. Changes in nitrate content of red beet with growing time. Folia Hort. Ann. 7/2, 35–41.
- Korolev A.V., Tomos A.Q.D., Bowtell R. Farrar J.F., 2000. Spatial and temporal distribution of solutes in the developing carrot taproot measured at single – cell resolution. J. Exp. Bot. 51(344), 567–577.
- Kowalska I., Sady W., Szura A., 2006. Wpływ formy azotu nawozowego, dokarmiania dolistnego i miejsca uprawy na plonowanie i jakość sałaty. Acta Agroph. 7, 619–631.
- Millard P., 1988. The accumulation and storage of nitrogen by herbaceous plants. Plant, Cell Environ. 11, 1–8.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności (Dz.U. z 2003 r., nr 37, poz. 326).
- Rożek S., Sady W., Kasprzyk A., 2000a. Wpływ pozakorzeniowego dokarmiania roślin na wielkość i jakość plonu marchwi. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 364, Sesja Nauk. 71, 159–162.
- Rożek S., Wojciechowska R., Sady W., 2000b. Wpływ stanu fizjologicznego liści na zawartość azotanów w korzeniach marchwi. Zesz. Nauk. AR Krakowie, 364, Sesja Nauk. 71, 163–166.
- Smoleń S., Wojciechowska R., Sady W., Szura A., 2006. Wpływ formy nawozu azotowego i dokarmiania dolistnego na plon i gospodarkę azotową korzeni spichrzowych marchwi (*Daucus carota* L.). Acta Agroph. 7, 721–732.
- Sommer K., 2001. Grundlagen des „CULTAN“-Verfahrens. W: Landbauforschung Völknerode, Anbauverfahren mit N-Injektion (CULTAN) Ergebnisse, Perspektiven. Sonderheft 245, 1–22.
- Wierzbicka B., Majkowska J., 2003. Wpływ nawożenia dolistnego na zawartość wybranych składników w korzeniach spichrzowych buraka ćwikłowego. Acta Agroph. 85, 169–176.
- Wojciechowska R., 2004 Wybrane aspekty metabolizmu azotanów w warzywach ze szczególnym uwzględnieniem sałaty masłowej ‘Sprinter F<sub>1</sub>’. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Ser. Rozprawy 297.
- Wyszkowski M., 2005. Zmiany zawartości azotanów (V) w bulwach ziemniaka w zależności od fazy wegetacji i nawożenia mineralnego. [W:] Zanieczyszczenia środowiska azotem. Monografie WM w Olecku, 153–161.

**Summary.** In the study conducted in years 2005–2007 the effect of red beet N-fertilization on the content of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  in the leaves and roots of plants of different stage of growth was determined. There were the following treatments: 90 kg · ha<sup>-1</sup> N pre-sowing, broadcasting; 67.5 kg · ha<sup>-1</sup> pre-sowing, broadcasting + 22.5 kg · ha<sup>-1</sup> top dressing, broadcasting; 67.5 kg · ha<sup>-1</sup> N pre-sowing,



broadcasting + foliar nutrition;  $67.5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  localized manner;  $67.5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  localized manner +  $22.5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  top dressing, broadcasting;  $67.5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  localized manner + foliar nutrition. N-fertilization was performed by ammonium sulphate and foliar nutrition by urea and Supervit R. In the plants with foliar fertilization there was a decrease in  $\text{NO}_3^-$  content, but at the same time, there was an increase of  $\text{NO}_3^-$  content when N was applied by top dressing. There was no effect of ammonium deposition method on  $\text{NO}_3^-$  content in the plants. Aging of plants decreased the content of  $\text{NH}_4^+$  in the leaves and roots as well as  $\text{NO}_3^-$  content in the leaves. At the beginning of the growth period the  $\text{NO}_3^-$  content in the roots was decreased, but at the end of planting it was increased.

**Key words:** foliar nutrition, CULTAN method, nitrogen form, stage of growth