

WPLYW NAWOŻENIA AZOTOWEGO I ODMIANY NA ZAWARTOŚĆ AZOTANÓW W ZGRUBIENIACH SELERA KORZENIOWEGO PO ZBIORZE I PRZECHOWYWANIU

Beata Szwejkowska

Streszczenie. Dokonano oceny zawartości azotanów w zgrubieniach selera korzeniowego pod wpływem zróżnicowanego nawożenia azotowego i predyspozycji odmianowych do kumulowania tych związków bezpośrednio po zbiorze i przechowywaniu pięciu odmian metodą kolorymetryczną zgodnie z PN-92/A-75112. Z badań wynika, że zawartość azotanów w zgrubieniach korzeniowych tej rośliny istotnie wzrastała wraz ze wzrostem dawki do 100 kg N·ha⁻¹. Pewien wpływ miały również predyspozycje genetyczne odmian, jednakże seler nie wykazuje szczególnej skłonności do kumulowania związków azotu.

Słowa kluczowe. seler korzeniowy, odmiana, nawożenie azotowe, azotany

WSTĘP

Podstawą prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin, a następnie uzyskania wysokich plonów o dobrej jakości biologicznej jest racjonalne nawożenie mineralne, w tym również azotowe. Zarówno nadmiar, jak i niedobór azotu prowadzi do zachwiania równowagi biologicznej, obniżenia plonu i jego jakości. Optymalne dawki nawożenia azotowego dotyczą każdej rośliny z osobna, a ponadto są uwarunkowane szeregiem czynników subiektywnych (dobór odmiany, stanowisko, gleba) i obiektywnych, na które rolnicy nie mają wpływu (głównie przebieg warunków klimatycznych podczas okresu wegetacji).

W przypadku selera korzeniowego, który stanowił przedmiot niniejszych badań, zastosowanie niewłaściwej dawki azotu może prowadzić do degradacji tych cech rośliny, które stanowią o najistotniejszych jej walorach użytkowych, takich jak: smak, zapach, zawartość soli mineralnych i witamin [Gerst i in. 1989, Michalik i in. 1994]. Jednocześnie zbyt wysoka dawka nawożenia azotowego powoduje nadmierny rozrost części nadziemnej w tym wypadku liści, nie dając – adekwatnej do wzrostu nawożenia – wyżki plonu zgrubień korzeniowych.

Szczególnie niekorzystnym jest wzrost zawartości związków azotu pod wpływem nadmiernego nawożenia tym pierwiastkiem. W naszym kraju dopuszczalna zawartość azotanów w warzywach w przeliczeniu na azotan sodowy (NaNO_3) – w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ świeżej masy – wynosi 500 [Gajda i Kozłowski 1991], natomiast w Czechach tylko 100, a w Belgii aż 3000.

Należy podkreślić w tym miejscu, że w wielu badaniach wykazano, iż ok. 50–80% zanieczyszczeń ze środowiska przenika za pośrednictwem pokarmu do organizmu człowieka. Wśród tych zanieczyszczeń znajdują się również azotany i azotyny, którym to coraz częściej przypisuje się rolę prekursorów w tworzeniu się związków N-nitrozowych, wykazujących działanie rakotwórcze, mutagenne, teratoksyczne i embriotoksyczne [Gajda i Kozłowski 1991].

W związku z powyższym celem niniejszych badań było przeanalizowanie wpływu dawki azotu i określenie poziomu zawartości azotanów w zgrubieniach korzeniowych bezpośrednio po zbiorze i po 5-miesięcznym przechowywaniu u poszczególnych odmian. Uzyskane wyniki odniesiono do PN, która określa dopuszczalną zawartość azotanów w zgrubieniach selera korzeniowego w przeliczeniu na azotan sodowy (NaNO_3) na $500 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ świeżej masy.

METODY

Badania przeprowadzono na bazie trzyletniego doświadczenia polowego, przeprowadzonego w latach 1996–1998 w Zakładzie Produkcyjno-Doświadczalnym w ówczesnej Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie – Pozortach.

Do badań wybrano 4 krajowe odmiany selera korzeniowego: ‘Dakar’, ‘Makar’, ‘Feniks’, ‘Gol’ oraz 1 odmianę holenderską ‘Brilliant’. Doświadczenie polowe założono w układzie losowanych bloków (split-plot) w czterech powtórzeniach. Na jednym poletku o powierzchni $8,75 \text{ m}^2$ wysadzono 40 roślin w rozstawie $62,5\times 30 \text{ cm}$. Doświadczenie założono na glebie torfowo-murszowej, stwarzającej odpowiednie warunki do wzrostu i rozwoju selera, którą przed założeniem doświadczenia dokładnie odchwaszczono i przygotowano agrotechnicznie do wysadzenia roślin. Gleba o wysokiej zawartości próchnicy nie była nawożona obornikiem od kilkunastu lat. Jesienią stosowano nawożenie fosforowe i potasowe. Wiosną w każdym z lat badań wykonano analizę chemiczną gleby, uzupełniając niedobór składników Polifoską 6.

Rozsadę selerów do gruntu wysadzono po 20 maja, a zbioru – w każdym roku doświadczeń – dokonywano w październiku. Przedplonem były pory i kapusta.

Zabiegi pielęgnacyjne wykonano: przeciwko chwastom (w 7 dni po wysadzeniu zastosowano Azogard 50 WP w dawce $3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), przeciwko chorobom (Topsin w dawce $1,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz Brava w dawce $4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), natomiast inne zabiegi odchwaszczające, w tym mechaniczne, wykonywano w miarę potrzeby zgodnie z obowiązującym w czasie prowadzenia doświadczenia „Programem ochrony roślin warzywnych”.

W badaniach uwzględniono: zróżnicowane dawki nawożenia azotowego w formie saletry wapniowej 50 i $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz poletka bez nawożenia. Dawki nawozów azotowych dzielono na dwie równe części, z których pierwszą wprowadzano do gleby po przyjęciu się rozsady (2 tygodnie po wysadzeniu), natomiast drugą w pierwszej dekadzie lipca.

Zgrubienia korzeni spichrzowych selera przechowywano w chłodni w temperaturze 0–10°C i wilgotności względnej powietrza 95% w standardowych drewnianych skrzynkach. W sezonie 1996/1997 – od 20 października do 30 marca, 1997/1998 – od 15 października do 29 marca i 1998/1999 – od 6 października do 20 marca. W każdym z lat badań okres przechowywania wynosił ponad 5 miesięcy.

Zawartość azotanów w zgrubieniach określano metodą kolorymetryczną, w której to po rozdrobnieniu zgrubień korzeniowych traktowano je boraksem w celu rozluźnienia, a następnie odbiałczano za pomocą żelazocjanku potasu i przeprowadzano redukcję azotanów do azotynów za pomocą kadmu.

WYNIKI

Najbardziej sprzyjającym dla wzrostu i rozwoju roślin okazał się pierwszy rok badań (1996), ponieważ w rozkładzie czynników klimatycznych tego roku zanotowano najmniej wielkości skrajnych (temperatur i opadów). Był rokiem najcieplejszym, a jednocześnie najuboższym w opady.

W drugim roku badań przebieg warunków klimatycznych był nieco mniej sprzyjający rozwojowi roślin, ponieważ występowało w nim wiele wartości skrajnych badanych czynników, które były jednak szybko kompensowane przez korzystniejszy rozkład zarówno temperatury, jak i opadów w kolejnych okresach rozwoju wegetacyjnego.

Najmniej korzystne warunki klimatyczne do wzrostu i rozwoju panowały w trzecim roku uprawy, w którym to występowała duża zmienność przebiegu pogody, tj. opadów i temperatury, uwidaczniająca się zwłaszcza w cyklach dekadowych (tab. 1).

Tabela 1. Średnia temperatura i sumy opadów w każdym z lat badań
Table 1. Mean temperature per month and sum of rainfall in period of experiments

Lata – Years	Miesiące – Months					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Średnia temperatura – Mean temperature, °C						
1996	13,2	16,0	15,4	17,9	9,7	8,3
1997	11,7	16,8	17,5	18,6	12,7	6,2
1998	13,5	16,3	16,6	15,3	12,5	6,8
Średnia wieloletnia (1951–1990) Average in period 1951–1990	12,7	15,9	17,8	17,2	12,6	7,8
Suma opadów – Sum of rainfall, mm						
1996	86,2	32,4	71,3	53,2	26,2	35,4
1997	81,6	45,9	188,1	17,8	26,2	60,0
1998	62,8	80,9	57,0	81,3	20,8	51,9
Średnia wieloletnia (1951–1990) Average in period 1951–1990	49,1	81,9	71,2	67,0	63,5	45,4

Zawartość azotanów zależała przede wszystkim od wielkości dawki nawożenia azotowego oraz właściwości odmianowych.

W obiekcie kontrolnym (bez nawożenia azotowego) średnia ilość azotanów we wszystkich latach doświadczenia była prawie 7-krotnie niższa niż przy dawce 50 kg N·ha⁻¹) i prawie 21-krotnie niższa niż przy dawce 100 kg N·ha⁻¹. Wyniki zawartości azotanów w świeżej masie korzeni spichrzowych selera przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na zawartość azotanów w zgrubieniach selera bezpośrednio po zbiorze (mg NaNO₃·kg⁻¹ świeżej masy)Table 2. The influence of the diverse doses of nitrogen fertilisation on the content of nitrates in the root's swellings of a celery directly after harvest (mg NaNO₃·kg⁻¹ of f.m.)

Odmiana Cultivar	Nawożenie Nitrogen rates kg N/ha	Lata – Years:			Średnie z lat: Average in period: 1996–1998
		1996	1997	1998	
'Brilliant'	0	0,0	0,0	0,0	0,0
	50	5,6	6,1	0,0	3,9
	100	32,3	38,0	9,3	26,5
'Dakar'	0	20,2	20,1	18,0	19,4
	50	116,1	110,1	29,9	85,4
	100	199,8	202,1	624,5	342,2
'Feniks'	0	2,0	0,0	0,0	0,7
	50	11,2	11,8	8,2	10,4
	100	55,1	11,8	38,8	35,2
'Gol'	0	0,0	0,0	0,0	0,0
	50	5,2	5,9	4,2	5,1
	100	15,8	16,1	10,5	14,1
'Makar'	0	5,0	6,5	10,3	7,3
	50	31,7	38,3	29,9	33,3
	100	187,1	190,1	90,3	155,8
Średnie z odmian Average of total of the cultivar	0	5,4	5,3	5,7	5,5
	50	33,9	34,4	14,4	27,6
	100	98,0	91,6	154,7	114,8

Analiza statystyczna: NIR $p = 0,05$. Czynniki I (nawożenie) – 0,290** – significant values, czynniki II (odmiany) – 0,180** – significant values

Najwyższe predyspozycje, ze wszystkich uprawianych odmian, do kumulowania azotanów, co stwierdzono we wszystkich trzech latach badań, wykazywała odmiana 'Dakar'. Zgrubienia korzeni spichrzowych tej odmiany zawierały w 1998 roku – przy najwyższej dawce nawożenia azotem – aż ponad 600 mg·kg⁻¹ azotanów (w przeliczeniu na azotan sodowy) w 1 kg świeżej masy. Było to przekroczenie dopuszczalnej zawartości azotanów, która w wg PN wynosi dla selera 500 mg·kg⁻¹ świeżej masy.

Najmniejsza zawartość azotanów była w zgrubieniach korzeniowych odmiany 'Gol' i holenderskiej 'Brilliant'. Szczególnie niską zawartość stwierdzono u roślin zebranych z obiektów kontrolnych bez nawożenia azotowego, nieco wyższą u roślin nawożonych 50 kg N·ha⁻¹. Również w zgrubieniach odmiany 'Feniks' stwierdzono niską ilość nagromadzonych azotanów. Odmiana 'Makar' wykazywała natomiast znaczną tendencję do gromadzenia azotanów w miarę zwiększania dawki azotu.

Dawka nawożenia azotowego (100 kg N·ha⁻¹) spowodowała, że również odmiany: 'Brilliant' i 'Gol', które nie wykazywały skłonności do gromadzenia azotanów, zawierały ich więcej. Średnia zawartość azotanów – dla wszystkich odmian łącznie przy 100 kg N·ha⁻¹ wyniosła 114,8 mg·kg⁻¹ świeżej masy korzeni spichrzowych potwierdza, że seler należy do roślin, które nie posiadają szczególnie dużych zdolności kumulowania tych związków. Jednakże u odmiany 'Dakar' w sprzyjających warunkach wysokie nawożenie azotem może spowodować nagromadzenie się zwiększonej ilości tych związków, przekraczającej dopuszczalną normę.

Zawartość azotanów w zgrubieniach korzeni spichrzowych selera podczas przechowywania uległa dużej redukcji. Zmniejszenie poziomu azotanów było tym większe, im wyższa była ich zawartość bezpośrednio po zbiorze. Po 5-miesięcznym składowaniu w korzeniach spichrzowych selera stwierdzono spadek ilości azotanów średnio o 22,4%, w porównaniu z zawartością tego składnika bezpośrednio po zbiorze.

Zróżnicowania między czynnikami doświadczalnymi były istotne. Analiza statystyczna wykazała również zależność pomiędzy współdziałaniem badanych elementów. Zawartość azotanów po przechowaniu przedstawia tabela 3.

Tabela 3. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na zawartość azotanów w zgrubieniach korzeni spichrzowych po przechowaniu (mg NaNO₃·kg⁻¹ świeżej masy)
 Table 3. The influence of diverse doses of nitrogen fertilisation on the content of nitrates in the root's swellings of a celeriac after storage (mg NaNO₃·kg⁻¹ of f.m.)

Odmiana Cultivar	Nawożenie Nitrogen rates kg N·ha ⁻¹	Lata – Years			Średnie z lat Mean for 1996–1998
		1996	1997	1998	
‘Brilliant’	0	0,0	0,0	0,0	0,0
	50	4,2	4,3	0,0	2,8
	100	23,5	29,6	6,5	19,9
‘Dakar’	0	14,1	14,0	12,5	13,6
	50	80,7	38,3	21,0	46,7
	100	189,8	191,8	435,7	272,4
‘Feniks’	0	1,4	0,0	0,0	0,5
	50	7,8	8,8	5,8	7,4
	100	45,2	8,9	26,8	27,0
‘Gol’	0	0,0	0,0	0,0	0,0
	50	4,1	4,2	2,9	3,7
	100	12,3	10,0	7,4	9,9
‘Makar’	0	3,5	4,5	7,1	5,1
	50	26,4	28,1	21,0	25,2
	100	180,1	179,6	62,3	140,7
Średnie z odmian i nawożenia Average of total of the cultivar and fertilization	0	3,8	3,7	3,9	3,8
	50	24,6	16,7	10,1	17,2
	100	90,2	84,0	107,7	94,0

Analiza statystyczna NIR p = 0,005. Czynniki I (nawożenie) – 0,231** – significant values, czynniki II (odmiany) – 0,160** – significant values

DYSKUSJA

Stosując wysokie dawki nawożenia w ilości 300 i 500 kg·N·ha⁻¹, Michalik i in. [1994] nie uzyskali wzrostu plonu, a jedynie zwiększenie zawartości azotanów w zgrubieniach korzeniowych selerów.

W badaniach własnych potwierdziła się teza, sformułowana m.in. przez Delorez i Vulstecke [1985], że seler nie należy do warzyw gromadzących w zgrubieniach spichrzowych dużej ilości azotanów, jednakże rośliny uprawiane przy wysokich dawkach azotu mogą wykazywać nadmiar tych związków. Wyższa dawka nawożenia spowodowała

wała bowiem zawartość azotanów; u wszystkich odmian w każdym roku badań, zanotowano najwyższą zawartość tych związków przy dawce $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Delorez i Vulstecke [1985] stwierdzili ponadto, że rozpiętość ilości azotanów w zgrubieniach korzeni zależała od odmiany, przebiegu warunków klimatycznych podczas okresu wegetacji, rejonu uprawy oraz terminu zbioru. Podobne rezultaty uzyskano w niniejszych badaniach, w których odmiana 'Dakar', przy dawce $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, w 1998 roku wykazywała najwyższą zawartość tych związków – ponad $600 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ świeżej masy. Prugar i in. [1983] określili średnią zawartość azotanów w kilku badanych przez siebie odmianach na 60 do $190 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ w kg świeżej masy. Średnia zawartość azotanów w badaniach własnych okazała się niższa i oscylowała w granicach $114 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ świeżej masy. W niniejszych badaniach analizowano zawartość tych związków jedynie w zgrubieniach korzeniowych.

Również wcześniejsze wyniki badań Michalik i Umięckiej [1988] potwierdziły, iż ilość azotanów pozostawała w dość ścisłym związku z właściwościami odmianowymi, wysokością dawki nawożenia azotowego oraz przebiegiem warunków klimatycznych w danym roku uprawy, a ponadto finalnie zależała od sposobu przechowywania i procesów technologicznych związanych z zamrażaniem zgrubień korzeniowych. Autorki stwierdziły m.in., że dawka $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ nie powodowała jeszcze istotnego wzrostu ilości azotanów w zgrubieniach, natomiast przy dawkach 200, a zwłaszcza $500 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ koncentracja wyraźnie ulegała zwiększeniu. W badaniach własnych potwierdziła się zależność poziomu azotanów nie tylko od dawki nawożenia, ale również od właściwości odmianowych i przebiegu warunków klimatycznych w danym roku uprawy, bowiem poziom tych związków w pierwszym roku badań, w którym panowały najbardziej sprzyjające warunki klimatyczne, był najniższy w zgrubieniach selera. Natomiast w trzecim roku uprawy, w którym panowały najgorsze warunki klimatyczne podczas okresu wegetacyjnego, zawartość azotanów była najwyższa, a u odmiany 'Dakar' przekroczyła dopuszczalną PN.

Badania Michalik i Umięckiej [1988] stwierdziły, że poziom azotanów podczas przechowywania zmniejszył się o ok. 15%, a w selerach mrożonych nawet o 40%. Niniejsze badania wykazały, że zawartość azotanów po 5-miesięcznym okresie przechowywania była również o 1/3 niższa w stosunku do zawartości stwierdzonej bezpośrednio po zbiorze. Szczególnie u odmiany 'Dakar', przy najwyższej zawartości azotanów, która w 1998 r. wyniosła ponad $600 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ świeżej masy, w trakcie przechowywania zanotowano najwyższy ubytek tych związków.

Podsumowując, należy jeszcze podkreślić, że m.in. Maticic i in. [1992], Nowotny-Mieczynska i Gołębiewska [1960] oraz Rumpel i Felczyński [1990] wykazali, iż bardzo wysoka zawartość azotanów spowodowana jest najczęściej niewłaściwymi metodami uprawy, nieprawidłowym nawożeniem i wadliwym przechowywaniem. Autorzy ci dowodzili również, że zawartość azotanów w poszczególnych częściach rośliny była zróżnicowana. Badania własne nie wykazały, aby poziom nawożenia selera azotem do 100 kg mieścił się w przedziale niewłaściwego nawożenia, niemniej jednak przekroczenie tej dawki u niektórych odmian, w niesprzyjających warunkach pogodowych, stwarza możliwość znacznego skumulowania azotu w zgrubieniach korzeniowych selera.

WNIOSKI

1. Badania wykazały, że wysokość nawożenia azotowego w istotny sposób wpływa na zawartość azotanów u wszystkich odmian selera korzeniowego.
2. Zawartość azotanów przy najwyższej dawce nawożenia, tj. 100 kg N·ha⁻¹, była 7-krotnie wyższa w stosunku do zawartości na poletkach (bez nawożenia N).
3. W badaniach zaobserwowano zróżnicowanie odmianowe w zakresie skłonności do kumulowania azotanów, a największe predyspozycje w tym względzie wykazała odmiana 'Dakar'.
4. Badane odmiany selera nie przejawiały, w zakresie stosowanych dawek nawożenia, tendencji do gromadzenia azotanów w wysokości przekraczającej dopuszczalne stężenie – poza odmianą 'Dakar' w ostatnim roku doświadczenia (zawartość przekroczyła o ok. 20% PN).
5. Zawartość azotanów po 5-miesięcznym okresie przechowywania zmalała u wszystkich odmian średnio o 22,4%.

PIŚMIENNICTWO

- Delorez J., Vulstecke G., 1985. Accumulation of nitrate: a cultivar-linked property with the celeriac (*Apium graveolens* L. var. *rapaceum*). Qual Plant Hum. Nitr. 35, 375–378.
- Gajda J., Kozłowski K., 1991. Zawartość azotanów w warzywach i ziemniakach. Roczniki PZH Poznań T. 44, 415, 301.
- Gerst J. J., Lefebvre J. M., Stengel B., 1989. Celeriac. Fertilizer application and quality. CTIFL. Infos. Paris 55, 27–32.
- Michalik H., Umięcka L., 1988. Zawartość azotanów a przechowywanie selerów korzeniowych. Ogrodnictwo 10, 13–15.
- Michalik H., Umięcka L., Bąkowski J., Rumpel J., 1994. Wpływ nawożenia azotowego na jakość selerów korzeniowych, przechowywanych i mrożonych. Biul. Warz. Inst. Warz. Skierniewice 42, 87–100.
- Maticic B., Avbelj L., Feges M., Lokar V., 1992. Relationship between irrigation, content of mineral nitrogen and yield of cabbage, red beet and celery at different fertilization. Roczn. Glebozn. 3/4, 155–163.
- Nowotny-Mieczysława A., Gołębiowska J., 1960. Krążenie azotu w przyrodzie. PWRiL, Warszawa.
- Prugar J., Pechova B., Pinkova K., 1983. Stanowanie dusznanów u niektórych drzew. Vedecke Prace Bratislava, 113–121.
- Rumpel J., Felczyński K., 1990. Yield and nitrate nitrogen content of celeriac (*Apium graveolens* L. var. *rapaceum*) as affected by nitrogen fertilization. Abstract of Contributed Papers. XXIII. Internationale Horticultural Congress, 271.

**THE INFLUENCE OF A NITROGEN FERTILISATION AND VARIETY
ON THE NITRATES' CONTENT OF IN THE ROOT'S SWELLINGS
OF A CELERIAC AFTER HARVEST AND STORAGE**

Abstract. Series of experiments were carried out on 5 varieties of a root celery in order to evaluate the content of nitrates in the root's swellings – after harvest and storage (the method of colorimeter was used). The investigations revealed that the content of nitrates in the root's swellings was increasing accordingly to growing doses of N – fertilisation. It was stated that some impact on the increase mentioned had also genotype of tested varieties. No peculiar susceptibility of the root celery to accumulate nitrogen compounds was observed, during the experiments.

Key words. variety, celery root, nitric, nitrogen fertilisation

*Beata Szwejkowska, Katedra Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Warmińsko-Mazuski, ul. Ocza-
powskiego 8, 10-719 Olsztyn*