

¹Katedra Warzywnictwa i Roślin Leczniczych,
²Katedra Uprawy i Nawożenia Roślin Ogrodniczych
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Leszczyńskiego 58, 20-068 Lublin
e-mail: renata.nurzynska@up.lublin.pl

RENATA NURZYŃSKA-WIERDAK¹,
KATARZYNA DZIDA², ANNA RESZKA¹

**Plon i skład chemiczny zgrubień rzodkiewki
(*Raphanus sativus* L. var. *sativus* L.)
w zależności od żywienia roślin azotem i potasem**

The yield and chemical composition of radish roots (*Raphanus sativus* L. var. *sativus* L.) in relation to the nitrogen and potassium feeding of plants

Streszczenie. Celem badań było określenie wpływu zróżnicowanego nawożenia azotowego i potasowego na plon i skład chemiczny zgrubień rzodkiewki uprawianej w okresie wiosennym w szklarni nieogrzewanej. Badanymi czynnikami były: dawka azotu (0,3; 0,6 i 0,9 g · dm⁻³) oraz rodzaj nawozu potasowego (K₂SO₄ i KCl). Materiałem badawczym były rośliny rzodkiewki dwóch polskich odmian: Carmen i Śnieżka. Wykazano, że masa oraz plon zgrubień rzodkiewki odmiany Carmen zmniejszyły się pod wpływem zwiększonej dawki azotu. Plon zgrubień roślin odmiany Śnieżka istotnie zwiększał się wraz ze wzrostem ilości stosowanego azotu. Zwiększona dawka azotu nie miała istotnego wpływu na gromadzenie się azotu azotanowego w zgrubieniach badanych odmian rzodkiewki. Rodzaj zastosowanego nawozu potasowego nie miał istotnego wpływu na omawiane cechy roślin rzodkiewki, z wyjątkiem gromadzenia azotu azotanowego przez rośliny odmiany Carmen. W przypadku tej odmiany korzystniejsze okazało się zastosowanie potasu w postaci siarczanu niż chlorku, z uwagi na mniejszą koncentrację azotanów w zgrubieniach.

Słowa kluczowe: nawożenie mineralne, wzrost roślin, odmiany rzodkiewki, azotany

WSTĘP

Rzodkiewka jest popularnym i cenionym gatunkiem warzywnym ze względu na niewielkie wymagania uprawowe oraz dużą wartość biologiczną, związaną z obecnością cukrów, witamin i związków mineralnych. Jest rośliną o krótkim okresie wegetacji, dlatego może być uprawiana jako przedplon i poplon, w polu i pod osłonami. Wartość odżywczą rzodkiewki może zmniejszać nadmierna ilość azotanów, gromadzonych przez

rośliny pod wpływem różnych czynników: genetycznych, rozwojowych czy uprawowych. Występowanie pewnych ilości azotanów w tkankach roślinnych jest zjawiskiem normalnym, naturalną konsekwencją żywienia roślin azotem. Nadmierna kumulacja następuje wówczas, gdy pobieranie ich jest większe niż możliwości redukcji [Sady i in. 1995, Rożek 2000]. Azotany V (NO_3) nie stanowią bezpośredniego zagrożenia dla ludzi i zwierząt, natomiast powstające po ich częściowej redukcji azotany III (NO_2) są szkodliwe dla zdrowia. Powodują utlenienie hemoglobiny, destrukcję witamin z grupy B i karotenoidów, a poprzez tworzenie związków N-nitrozowych działają torakogennie, mutagennie i embriostatycznie [Kafel 1984, Smoczyński i Skibniewska 1996]. Jedną z przyczyn nadmiernej akumulacji azotanów w tkankach roślin warzywnych jest niewłaściwe nawożenie azotem i potasem. Istotnym sposobem zmniejszenia ilości nagromadzonych azotanów jest ustalenie odpowiedniej dawki azotu nawozowego. Wraz ze zwiększeniem ilości stosowanego azotu wzrasta na ogół zawartość azotanów w roślinach [Hanafy Ahmed i in. 2000, Ceylan i in. 2002]. Stosowanie dużych dawek azotu nie zawsze prowadzi do wzrostu plonu roślin uprawnych. Ceylan i in. [2002] otrzymali największy plon liści rokiety, stosując $300 \text{ kg N} \cdot 1 \text{ ha}^{-1}$, przy czym najwięcej azotanów w roślinach stwierdzono przy dawce $500 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Kozik i Gleń [1995] nie stwierdziły istotnego wpływu wzrastającej dawki azotu na zwiększenie plonu sałaty. Autorki wykazały natomiast zwiększoną kumulację azotanów u roślin żywionych większą dawką azotu.

Zakłócenia metabolizmu azotowego, przejawiające się w zmianach proporcji między frakcjami azotu oraz gromadzonych przez rośliny szkodliwych dla zdrowia substancji aminowych, wynikają z niedoboru potasu [Nowacki 1980]. Zwiększone nawożenie potasowe wpływa na zmniejszenie kumulacji azotanów w tkankach roślin uprawnych [Wu i Wang 1995, Zhong i in. 1997]. Istotne znaczenie w uprawie szklarniowej warzyw ma rodzaj stosowanego nawozu potasowego. Golcz i in. [2004] stwierdzili, że zastosowanie siarczanu potasu powodowało zmniejszenie zawartości azotu ogółem, wapnia, magnezu i chlorków w liściach i owocach papryki w porównaniu z chlorkiem potasu. Z kolei Michałojć [2000] wykazała mniejszą koncentrację azotanów, a większą potasu, wapnia, magnezu, chloru, molibdenu i manganu w roślinach rzodkiewki, szpinaku i sałaty żywionych chlorkiem, w porównaniu z siarczanem potasu. Celem prezentowanych badań było określenie wpływu zróżnicowanego nawożenia azotowego i potasowego na plon i skład chemiczny zgrubień rzodkiewki uprawianej w okresie wiosennym w szklarni nieogrzewanej.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w roku 2009, w okresie od kwietnia do maja, w wolno stojącej szklarni nieogrzewanej należącej do Katedry Warzywnictwa i Roślin Lecznicych Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Doświadczenie vegetacyjne założono metodą kompletnej randomizacji w ośmiu powtórzeniach, jako dwuczynnikowe. Badanymi czynnikami były: dawka azotu (0,3; 0,6 i $0,9 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$) oraz rodzaj nawozu potasowego (K_2SO_4 i KCl). Materiał badawczy stanowiły rośliny rzodkiewki dwóch polskich odmian: Carmen i Śnieżka (fot. 1). Rośliny rzodkiewki uprawiano w doniczkach o pojemności 2 dm^3 , umieszczonych na stołach uprawowych (po 3 rośliny w doniczce). Jako podłoże wykorzystano torf sfagnowy, charakteryzujący się pH 6,2–6,5. Zastosowano następujące ilości składników pokarmowych (w $\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ podłoża): 0,3; 0,6 i $0,9 \text{ N}$ w formie siarczanu am-

nu; 0,8 K w postaci siarczanu i chlorku potasu; 0,3 P jako superfosfat 20% P; 0,3 Mg jako siarczan magnezu oraz mikroelementy (w $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$): 8,0 Fe (EDTA); 5,1 Mn ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$); 13,3 Cu ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$); 0,7 Zn ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$); 1,6 B (H_3BO_3); 3,7 Mo w postaci $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Nasiona rzodkiewki wysiano 8 kwietnia 2009 r., wschody następowały po 2–3 dniach. Rośliny podlewano 3–4 razy w tygodniu, a pomieszczenie regularnie wietrzono. Nie stwierdzono obecności szkodników ani objawów chorobowych na roślinach, nie stosowano także żadnych chemicznych środków ochrony.

Zbiór roślin przeprowadzono 15 maja. Bezpośrednio po zbiorze określono masę całych roślin, masę oraz średnicę zgrubień i plon zgrubień. Ponadto określono suchą masę zgrubień rzodkiewki i zawartość ekstraktu (refraktometrycznie). Zgrubienia badanych roślin rzodkiewki wysuszono następnie w temperaturze 70°C , zmielono i określono zawartość białka (po spaleniu w H_2SO_4 , metodą Kjeldahla na aparacie automatycznym Kjel-Foss) oraz N-NO_3 (metodą destylacyjną Bremnera w modyfikacji Starcka w wyciągu 2% CH_3COOH). Wykonano również analizę podłoża, oznaczając jego odczyn ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$), koncentrację soli (EC) oraz zawartość N-NH_4 i N-NO_3 (w wyciągu 0,03 M CH_3COOH). Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji dla podwójnej klasyfikacji krzyżowej, oceniając istotność różnic za pomocą przedziałów ufności Tukeya oraz dokonując obliczeń NIR przy poziomie istotności $\alpha \geq 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zwiększenie dawki azotu oraz zmiana postaci stosowanego potasu nie powodowały istotnych zmian średniej masy rośliny i masy zgrubienia rzodkiewki, z wyjątkiem średniej masy zgrubienia u odmiany Carmen – zależnej od dawki N (tab. 1). Wykazano natomiast istotny wpływ interakcji dawki azotu oraz postaci potasu na średnią masę rośliny i zgrubienia u rzodkiewki odmiany Carmen. Z badań Smolenia i Sadego [2009] wynika, że dokarmianie dolistne mocznikiem, molibdenem, sacharozą i benzyloadeniną nie przyczyniło się do istotnych zmian masy zgrubienia rzodkiewki ani całkowitej masy roślin. Dawka azotu wywarła z kolei istotny wpływ na plon zgrubień rzodkiewki (tab. 2). Zwiększenie dawki azotu powodowało zmniejszenie plonu u odmiany Carmen oraz jego zwiększenie w przypadku odmiany Śnieżka. Plon rzodkiewki odmiany Carmen oraz średnica zgrubienia u odmiany Śnieżka pozostawały pod istotnym wpływem współdziałania dawki azotu oraz rodzaju nawozu potasowego. Zwiększenie plonu roślin warzywnych następuje już po zastosowaniu bardzo małych dawek azotu, jednak w miarę wzrostu dawki tego składnika przyrosty wielkości są coraz mniejsze [Ceylan i in. 2002, Nurzyńska-Wierdak 2006]. Mendoza Cortez i in. [2010] stwierdzili największy maksymalny plon rzodkiewki po zastosowaniu średniej dawki azotu. Inne wyniki uzyskali Chohura i Kołota [2011] – wykazali oni, że zwiększenie koncentracji azotu w glebie powodowało istotny wzrost plonu handlowego rzodkiewki. W przypadku omawianych roślin rzodkiewki wzrost plonu pod wpływem zwiększonej dawki azotu dotyczył tylko odmiany Śnieżka, co mogło być spowodowane większą masą roślin tej odmiany, w porównaniu z odmianą Carmen. Rokietta, tworząca większe rozety liściowe niż kalarepa, plonowała z reguły najlepiej przy średniej dawce azotu, podczas gdy dla kalarepy najefektywniejsza była dawka najmniejsza [Nurzyńska-Wierdak 2006]. Także Rana i in. [2001] stwierdzili znaczne polepszenie wzrostu i plonu rakiety pod wpływem zwiększonej dawki azotu.

Tabela 1. Masa rośliny i masa zgrubienia rzodkiewki (g)
Table 1. Plant weight and root weight of radish (g)

Odmiana Cultivar	Cecha Feature	Dawka azotu Dose of nitrogen (g · dm ⁻³) (A)	Rodzaj nawozu potasowego Kind of potassium fertilizer (B)		Średnio Mean	
			KCl	K ₂ SO ₄		
Carmen	Masa rośliny Plant weight	0,3	38,9	37,6	38,3	
		0,6	34,0	39,2	36,6	
		0,9	42,3	28,3	35,7	
	Średnio/Mean		38,4	35,0	36,7	
	NIR _{0,05} /LSD _{0,05} A r.n./n.s.; B r.n./n.s., A × B 10,86					
	Masa zgrubienia Root weight	0,3	27,9	21,1	24,5	
0,6		20,0	28,3	24,2		
0,9		20,3	15,4	17,9		
Średnio/Mean		22,8	21,6	22,2		
NIR _{0,05} /LSD _{0,05} A 4,75; B r.n./n.s., A × B 8,26						
Śnieżka	Masa rośliny Plant weight	0,3	46,3	40,5	43,1	
		0,6	48,7	48,2	48,5	
		0,9	42,5	41,4	42,0	
	Średnio/Mean		45,8	43,4	44,6	
	NIR _{0,05} /LSD _{0,05} A r.n./n.s.; B r.n./n.s., A × B r.n./n.s.					
	Masa zgrubienia Root weight	0,3	26,3	21,9	24,2	
0,6		21,6	26,0	23,8		
0,9		26,2	22,3	24,3		
Średnio/Mean		24,7	23,4	24,1		
NIR _{0,05} /LSD _{0,05} A r.n./n.s.; B r.n./n.s., A × B r.n./n.s.						

Tabela 2. Średnica zgrubienia oraz plon rzodkiewki
Table 2. Root diameter and yield of radish

Odmiana Cultivar	Cecha Feature	Dawka azotu Dose of nitrogen (g · dm ⁻³) (A)	Rodzaj nawozu potasowego Kind of potassium fertilizer (B)		Średnio Mean	
			KCl	K ₂ SO ₄		
Carmen	Średnica zgrubienia Root diameter (mm)	0,3	43,6	32,3	38,0	
		0,6	32,2	35,6	33,9	
		0,9	31,8	28,8	30,3	
	Średnio/Mean		35,9	32,3	34,1	
	NIR _{0,05} /LSD _{0,05} A r.n./n.s.; B r.n./n.s., A × B r.n./n.s.					
	Plon zgrubień Root yield g · pot ⁻¹	0,3	100,5	97,5	99,0	
0,6		89,2	101,9	95,6		
0,9		95,4	61,9	78,6		
Średnio/Mean		95,1	87,1	91,1		
NIR _{0,05} /LSD _{0,05} A 14,64; B r.n./n.s., A × B 25,63						
Śnieżka	Średnica zgrubienia Root diameter (mm)	0,3	37,2	32,3	34,8	
		0,6	32,8	36,0	34,4	
		0,9	33,1	32,9	33,0	
	Średnio/Mean		34,4	33,7	34,1	
	NIR _{0,05} /LSD _{0,05} A r.n./n.s.; B r.n./n.s., A × B 5,74					
	Plon zgrubień Root yield g · pot ⁻¹	0,3	75,1	82,1	78,6	
0,6		95,1	100,5	97,8		
0,9		109,9	94,1	102,0		
Średnio/Mean		93,3	92,3	92,8		
NIR _{0,05} /LSD _{0,05} A 14,57; B r.n./n.s., A × B r.n./n.s.						

Plon warzyw może być także modyfikowany nawożeniem potasowym. Większy plon szpinaku otrzymano po zastosowaniu chlorku niż siarczanu potasu [Michałojć 2000]. Rodzaj soli potasu nie różnicował natomiast plonu owoców pomidora [Borowski i in. 2000], rzodkiewki i sałaty [Michałojć 2000] oraz rokiety i kalarepy [Nurzyńska-Wierdak 2006]. Powyższe zależności wynikają prawdopodobnie z różnic morfologicznych cechujących badane gatunki roślin, ale także związane są z odmiennymi warunkami uprawy.

Tabela 3. Sucha masa oraz zawartość białka i ekstraktu w zgrubieniach rzodkiewki (%)
Table 3. Dry matter, protein and soluble solid content in radish roots (%)

Odmiana Cultivar	Nawożenie/Fertilization		Sucha masa Dry matter	Ekstrakt Soluble solid	Białko Protein	
	Azot/Nitrogen (g · dm ⁻³) (A)	Potas Potassium (B)				
Carmen	0,3	KCl	6,5	4,3	20,5	
	0,6		6,9	4,8	22,7	
	0,9		7,2	4,3	16,6	
	Średnio/Mean		6,9	4,5	19,9	
	0,3	K ₂ SO ₄	6,3	4,9	23,8	
	0,6		6,9	4,2	20,0	
	0,9		7,0	4,2	24,9	
	Średnio/Mean		6,7	4,5	22,9	
	Średnio/Mean		0,3	6,4	4,6	22,1
			0,6	6,9	4,5	21,3
		0,9	7,1	4,2	20,8	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		A	r.n./n.s.	r.n./n.s.	r.n./n.s.	
		B	r.n./n.s.	r.n./n.s.	r.n./n.s.	
		A × B	r.n./n.s.	r.n./n.s.	9,47	
Śnieżka	0,3	KCl	6,9	5,1	22,0	
	0,6		6,4	5,1	24,6	
	0,9		5,9	4,5	22,6	
	Średnio/Mean		6,4	4,9	23,1	
	0,3	K ₂ SO ₄	6,3	4,9	23,8	
	0,6		6,9	4,2	20,0	
	0,9		7,0	4,2	24,9	
	Średnio/Mean		6,6	4,7	20,9	
	Średnio/Mean		0,3	6,6	5,0	22,9
			0,6	6,6	4,6	20,3
		0,9	6,3	4,8	22,8	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		A	r.n./n.s.	r.n./n.s.	r.n./n.s.	
		B	r.n./n.s.	r.n./n.s.	r.n./n.s.	
		A × B	r.n./n.s.	1,10	r.n./n.s.	

Badane rośliny rzodkiewki charakteryzowały się znaczącym udziałem suchej masy, ekstraktu oraz białka (tab. 3). Zawartość wymienionych składników nie pozostawała pod istotnym wpływem zastosowanego nawożenia azotem i potasem, z wyjątkiem współdziałania dawki azotu oraz postaci potasu na ilość białka w zgrubieniach rzodkiewki odmiany Carmen, a także ekstraktu w zgrubieniach roślin odmiany Śnieżka. Z badań Chohury i Kołoty [2011] wynika, że sucha masa zgrubień rzodkiewki zmniejsza się pod wpływem wzrastającej dawki azotu. Smoleń i Sady [2009] podają natomiast, że udział suchej masy w zgrubieniach rzodkiewki nie zależy od dolistnej aplikacji azotu. Zawartość białka w badanych zgrubieniach rzodkiewki wynosiła średnio od 20,3 do 22,9% s.m., w zależ-

ności od dawki stosowanego azotu oraz odmiany (tab. 3). Zawartość i jakość białka są jednym z istotniejszych wykładników wartości odżywczej warzyw. Wzrost dawki azotu przyczynił się do zwiększenia koncentracji białka w liściach rukiety i kalarepy [Nurzyńska-Wierdak 2006]. Analizując wyniki przeprowadzonych badań, nie można potwierdzić korzystnego wpływu ilości stosowanego azotu na zawartość białka w zgrubieniach rzodkiewki. Zjawisko to można próbować wyjaśnić odmiennym miejscem gromadzenia tej substancji. Liście, jako organy zbierane w fazie dojrzałości dynamicznej, charakteryzują się intensywniejszymi przemianami biochemicznymi niż zgrubienia korzeniowe, zbierane w okresie dojrzałości statycznej. Z kolei zgrubienia korzeniowe, pełniące funkcję organów spichrzowych rośliny, są miejscem magazynowania składników odżywczych.

Tabela 4. Zawartość N-NO₃ (% s.m.) w zgrubieniach rzodkiewki
Table 4. N-NO₃ content (% d.m.) in radish roots

Odmiana Cultivar	Dawka azotu Dose of nitrogen (g · dm ⁻³) (A)	Rodzaj nawozu potasowego Kind of potassium fertilizer (B)		Średnio Mean
		KCl	K ₂ SO ₄	
Carmen	0,3	0,10	0,09	0,09
	0,6	0,12	0,07	0,09
	0,9	0,10	0,08	0,09
	Średnio/Mean	0,11	0,08	0,09
NIR _{0,05} /LSD _{0,05} A r.n./n.s.; B 0,01; A × B 0,03				
Śnieżka	0,3	0,11	0,11	0,11
	0,6	0,13	0,05	0,09
	0,9	0,14	0,14	0,14
	Średnio/Mean	0,12	0,10	0,12
NIR _{0,05} /LSD _{0,05} A r.n./n.s.; B r.n./n.s.; A × B r.n./n.s.				

Koncentracja azotu azotanowego w zgrubieniach badanych odmian rzodkiewki nie była istotnie uzależniona od dawki azotu, ale u odmiany Carmen pozostawała pod istotnym wpływem rodzaju stosowanego nawozu potasowego oraz współdziałania badanych czynników (tab. 4). Jedną z ważniejszych cech roślin warzywnych o krótkim okresie wegetacji jest zdolność do gromadzenia nadmiernych ilości azotanów. Rzodkiewka należy do grupy roślin warzywnych o największej skłonności do kumulacji azotanów. Nadmierne zwiększenie zawartości tych związków stwarza niebezpieczeństwo dla zdrowia konsumenta. Wyniki badań prowadzonych w wielu krajach [Ceylan i in. 2002, Chen i in. 2004, Krężel i Kołota 2010, Chohura i Kołota 2011] dowodzą istotnego wpływu dawki azotu na ilość gromadzonych przez rośliny warzywne azotanów. Zależności te nie znalazły potwierdzenia w niniejszych badaniach, jakkolwiek widoczna była tendencja gromadzenia przez rośliny rzodkiewki odmiany Śnieżka większej ilości azotanów przy zwiększonej dawce azotu nawozowego. Różnice te można wiązać z odmienną siłą wzrostu badanych roślin rzodkiewki, intensywniejszą u odmiany Śnieżka niż Carmen. W prezentowanych badaniach wykazano także, że rośliny odmiany Carmen żywione chlorkiem potasu gromadziły więcej azotu azotanowego (0,11% s.m.) niż rośliny w seriach z siarczanem potasu (0,08% s.m.). Pozostaje to w sprzeczności z wynikami osiągniętymi przez

Michałowicz [2000] oraz potwierdza wcześniejsze wyniki badań z kalarepą [Nurzyńska-Wierdak 2006]. Elia i in. [1997] podają, że jon K^+ może odpowiadać za dobową zdolność rośliny do asymilacji $N-NH_4$. Funkcję potasu w systemie osmoregulacji może niekiedy pełnić sód, ale potas pozostaje kluczowym jonem determinującym wielkość potencjału osmotycznego [Kopcewicz i Lewak 2002].

Tabela 5. pH i EC oraz zawartość azotu w podłożu po zbiorze rzodkiewki odmiany Carmen
Table 5. pH, EC and nitrogen content in substratum after the radish Carmen cv. Harvest

Nawożenie/Fertilization		pH	EC (mS · cm ⁻¹)	N-NO ₃ (mg · dm ⁻³)	N-NH ₄ (mg · dm ⁻³)
Azot/Nitrogen (g · dm ⁻³) (A)	Potas Potassium (B)				
0,3	KCl	5,1	2,0	29,7	35,0
0,6		5,2	2,4	96,9	162,7
0,9		5,2	2,0	61,2	99,7
Średnio/Mean		5,1–5,2	2,2	62,6	99,1
0,3	K ₂ SO ₄	5,4	1,6	63,0	84,7
0,6		5,8	1,2	16,4	25,5
0,9		5,1	2,0	128,1	184,4
Średnio/Mean		5,1–5,8	1,6	69,2	98,2
Średnio/Mean	0,3	5,1–5,4	1,9	46,3	59,8
	0,6	5,2–5,8	1,8	56,7	94,1
	0,9	5,1–5,2	2,0	94,7	142,1
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}	A	r.n./n.s.	r.n./n.s.	r.n./n.s.	r.n./n.s.
	B	0,16	14,16	8,54	
	A × B	0,46	38,99	80,44	

Tabela 6. pH i EC oraz zawartość azotu w podłożu po zbiorze rzodkiewki odmiany Śnieżka
Table 6. pH, EC and nitrogen content in substratum after the radish Śnieżka cv. Harvest

Nawożenie/Fertilization		pH	EC (mS · cm ⁻¹)	N-NO ₃ (mg · dm ⁻³)	N-NH ₄ (mg · dm ⁻³)
Azot/Nitrogen (g · dm ⁻³) (A)	Potas Potassium (B)				
0,3	KCl	5,5	1,9	92,0	132,6
0,6		5,4	2,3	132,6	85,7
0,9		5,3	2,0	142,4	122,8
Średnio/Mean		5,3–5,5	1,9	122,4	113,7
0,3	K ₂ SO ₄	5,3	2,2	21,3	29,0
0,6		5,5	1,6	23,1	42,0
0,9		5,3	2,3	67,5	60,2
Średnio/Mean		5,3–5,5	2,1	37,4	43,7
Średnio/Mean	0,3	5,3–5,5	2,0	56,7	80,8
	0,6	5,3–5,4	1,9	77,8	63,8
	0,9	5,3	2,1	105,0	91,5
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}	A	r.n./n.s.	41,08	r.n./n.s.	
	B	r.n./n.s.	26,74	28,83	
	A × B	0,41	75,36	r.n./n.s.	



Fot. 1. Badane odmiany rzodkiewki, od lewej: Śnieżka i Carmen (fot. R. Nurzyńska-Wierdak)
Photo 1. The studied radish cultivars, from the left: Śnieżka and Carmen
(photo R. Nurzyńska-Wierdak)

Z danych zawartych w tabelach 5 i 6 wynika, że skład chemiczny podłoża po zbiorze rzodkiewki pozostawał pod istotnym wpływem rodzaju nawozu potasowego oraz współdziałania dawki azotu i postaci potasu. Stężenie soli w podłożu po zbiorze rzodkiewki odmiany Carmen przy zastosowaniu chlorku potasu było większe ($2,2 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$) niż w seriach z siarczanem potasu ($1,6 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$) (tab. 5). Jednocześnie większa była w nim zawartość N-NH_4 oraz mniejsza N-NO_3 , niż po zastosowaniu siarczanu potasu. W przypadku odmiany Śnieżka w podłożu nawożonym KCl pozostawało więcej azotu azotanowego i amonowego, w porównaniu z podłożem nawożonym siarczanem potasu (tab. 6). Ponadto w przypadku omawianej odmiany wraz ze wzrostem dawki azotu w podłożu pozostawało istotnie więcej azotu azotanowego. Wartość EC jest najsilniej związana z obecnością azotanów, potasu i magnezu [Nurzyński 2008]. Podłoże po zbiorze rakiety i kalarepy charakteryzowało się większym stężeniem soli po zasilaniu K_2SO_4 niż KCl [Nurzyńska-Wierdak 2006]. Zależności te nie potwierdziły się w niniejszej pracy, niemniej w przypadku odmiany Śnieżka widoczna była podobna tendencja. W przedstawionej pracy odczyn badanego podłoża w przypadku odmiany Carmen był wyższy po zastosowaniu siarczanu niż chlorku potasu. Podobne zależności wykazały Michałojć [2000] oraz Nurzyńska-Wierdak [2006].

WNIOSKI

1. Średnia masa zgrubienia oraz plon rzodkiewki odmiany Carmen zmniejszyły się pod wpływem zwiększonej dawki azotu. Plon zgrubień u odmiany Śnieżka istotnie zwiększał się wraz ze wzrostem ilości stosowanego azotu.

2. Zwiększona dawka azotu nie miała istotnego wpływu na gromadzenie azotu azotanowego w zgrubieniach badanych odmian rzodkiewki.

3. Rodzaj nawozu potasowego nie miał istotnego wpływu na omawiane cechy roślin rzodkiewki, z wyjątkiem gromadzenia azotu azotanowego przez rośliny odmiany Carmen. W przypadku tej odmiany korzystniejsze okazało się zastosowanie potasu w postaci siarczanu niż chlorku, z uwagi na mniejszą koncentrację azotanów w zgrubieniach.

4. Zastosowane nawożenie azotem i potasem przyczyniło się do modyfikacji odczynu oraz zasolenia podłoża po zbiorze roślin. Rośliny odmiany Carmen pobierały więcej azotu azotanowego z podłoża po zastosowaniu chlorku niż po zastosowaniu siarczanu potasu, odwrotne zależności wystąpiły u odmiany Śnieżka.

PIŚMIENNICTWO

- Borowski E., Nurzyński J., Michałojć Z., 2000. Reaction of glasshouse tomato to potassium chloride or sulphate fertilization on various substrates. *Annales UMCS, sec. EEE, Horticultura* 8, 1–9.
- Ceylan O., Mordogan N., Cakici H., Yioldas F., 2002. Effects of different nitrogen levels on the yield and nitrogen accumulation in the rocket. *Asian J. Plant Sci.* 1 (4), 482–483.
- Chen B.M., Wang Z.H., Li S.X., Wang G.X., Song H.X., Wang X.N., 2004. Effects of nitrate supply on plant growth, nitrate accumulation, metabolic concentration and nitrate reductase activity in three leafy vegetables. *Plant Sci.* 167, 635–643.
- Chohura P., Kołota E., 2011. The effect of nitrogen fertilization on radish yield. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 10 (1), 23–30.
- Elia A., Gonella M., Magnifico V., Santamaria P., 1997. Diurnal variation of nitrate accumulation in broccoli rabe leaves. *Agric. Mediterr.* 127 (3), 233–240.
- Golcz A., Kujawski P., Zimowska H., 2004. Effect of potassium fertilizer type on the content of nutritive components in the leaves and fruits of hot pepper (*Capsicum anuum* L.). *Rocz. AR w Poznaniu*, 356, *Ogrodnictwo* 37, 75–80.
- Hanafy Ahmed A.H., Khalil M.K., Farrag Amal M., 2000. Nitrate accumulation, growth, yield and chemical composition of rocket (*Eruca vesicaria* subsp. *sativa*) plants as affected by NPK fertilization, kinetin and salicylic acid. *The International Conference for Environmental Hazards Mitigation (ICEHM)*, Cairo University, Egypt, 495–508.
- Kafel S., 1984. Czy N-nitrozozwiązki występujące w żywności są rakotwórcze dla ludzi? *Żyw. Człow. Metab.* 11 (4), 305–311.
- Kopcewicz J., Lewak S., 2002. *Fizjologia roślin*. Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa.
- Kozik E., Gleń B., 1995. Wpływ poziomu i formy azotu na zawartość azotanów w sałacie (*Lactuca sativa* L.). *Mat. Konf. „Nauka praktyce ogrodniczej”*, Lublin, 699–702.
- Krężel J., Kołota E., 2010. The effect of nitrogen fertilization on yielding and biological value of spinach grown for autumn harvest. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 9 (3), 183–190.
- Mendoza Cortez J.W., Cecilio Filho A.B., Coutinho E.L., Alves A., 2010. Cattle manure and N-urea in radish crop (*Raphanus sativus*). *Cienc. Investig. Agrar.* 37 (1), 45–53.
- Michałojć Z., 2000. Wpływ nawożenia azotem i potasem oraz terminu uprawy na plonowanie i skład chemiczny sałaty, rzodkiewki oraz szpinaku. *Rozpr. Nauk. AR w Lublinie*, 238.
- Nowacki E., 1980. *Gospodarka azotowa roślin uprawnych*. PWRiL, Warszawa.
- Nurzyńska-Wierdak R., 2006. Plon oraz skład chemiczny liści rakiety i kalarepy w zależności od nawożenia azotowo-potasowego. *Rozpr. Nauk. AR w Lublinie*, 307.
- Nurzyński J., 2008. *Nawożenie roślin ogrodniczych*. Wydaw. AR w Lublinie.

- Rana K.S., Rana D.S., Kumar P., 2001. Growth and yield of taramira (*Eruca sativa*) as affected by nitrogen and sulphur under dryland conditions. *Indian J. Agron.* 46 (1), 168–170.
- Rożek S., 2000. Czynniki wpływające na akumulację azotanów w plonie warzyw. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Sesja Naukowa* 71, 19–31.
- Sady W., Rożek S., Myczkowski J., 1995. Effect of different forms of nitrogen on the quality of lettuce field. *Acta Hortic.* 401, 409–416.
- Smoczyński S.S., Skibniewska K.A., 1996. Azotany i azotyny jako higieniczny problem jakości żywności. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk Rol.* 440, 361–365.
- Smoleń S., Sady W., 2009. The effect of foliar nutrition with urea, molybdenum, sucrose and benzyladenine on quantity and quality of radish yield. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 8 (2), 45–55.
- Wu J.T., Wang Y.P., 1995. Effects of some environmental factors on nitrate content in Chinese cabbage (*Brassica chinensis* L.). *Chin. Agric. Chem. Soc. J.* 33 (2), 125–133.
- Zhong N.W., Song Z.Y., Yong L.X., 1997. The effect of different K sources on yield and quality of some vegetable crops. *Acta Agric. Zhejiangensis* 9 (3), 143–148.

Summary. The aim of this study was to evaluate the yield and chemical composition of radish roots grown in a non-heated greenhouse during the early spring period. The nitrogen dose (0,3; 0,6 and 0,9 g · dm⁻³) and the kind of potassium fertilizer (K₂SO₄ i KCl) were the studied factors. The plants of two Polish radish cultivars: Carmen and Śnieżka were the research material. The weight and yield of radish Carmen cv. roots decreased under the nitrogen fertilization applied in larger doses. The yield of Śnieżka cv. roots significantly increased under the application of high nitrogen doses. Increasing the nitrogen dose did not result in a significant influence on the N-NO₃ accumulation in the roots of the studied radish cultivars. The kind of potassium fertilizer did not affect the features of the discussed radish plants, except for N-NO₃ accumulation by Śnieżka cv. plants. In this case, potassium sulphate application was more profitable than the application of potassium chloride, which was due to a lower concentration of nitrates in roots.

Key words: mineral fertilization, plant's growth, radish cultivars, nitrates