

## WPŁYW ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA FOSFOREM NA PŁON RZODKIEWKI I ZAWARTOŚĆ W NIEJ AZOTANÓW

*Wojciech Tyksiński, Elżbieta Kozik, Maciej Bosiacki*

Katedra Nawożenia Roślin Ogrodniczych, Akademia Rolnicza  
ul. Zgorzelecka 4, 60-198 Poznań  
e-mail: knaw@au.poznan.pl

**Streszczenie.** Wiosną 2002 i 2003 roku przeprowadzono w szklarni doświadczenia wazono-  
nowe z rzodkiewką (uprawa w mieszaninie gleby mineralnej i torfie wysokim 1:1). Ich celem było  
zbadanie wpływu zróżnicowanych dawek fosforu, odmiany i poziomu pH na zawartość azotanów w  
zgrubieniach rzodkiewki. Stwierdzono istotny wzrost zawartości azotanów pod wpływem najwięk-  
szej dawki fosforu tj. 300 mg P·dm<sup>-3</sup>. Dawki 75 i 150 mg P·dm<sup>-3</sup> spowodowały zwiększenie plonu  
rzodkiewki w stosunku do kontroli. Odmiana 'Carmen' kumulowała prawie trzy razy mniej azota-  
nów niż odmiana 'Saxa'. Zwiększenie pH podłoży o 0,2-0,7 jednostki pH (II poziom pH) zwiększa-  
ło zawartość azotanów w rzodkiewce.

**Słowa kluczowe:** rzodkiewka, azotany, odmiany, dawki fosforu

### WSTĘP

Bardzo wiele czynników genetycznych, przyrodniczych i agrotechnicznych decyduje o akumulacji azotanów w roślinach uprawnych. Szczególną grupę tych roślin stanowią warzywa pod osłonami, które nawożone są względnie dużymi dawkami nawozów azotowych. Stąd w warzywach często stwierdza się poziomy azotanów przekraczające dopuszczalne zawartości. Z bogatej literatury dotyczącej azotanów wynika, że wpływ wielu czynników determinujących akumulację azotanów został jednoznacznie określony. Do czynników wpływających na zawartość azotanów, których wpływ nie jest jednoznaczny, należy zróżnicowane zaopatrzenie gleb i podłoży w fosfor [3]. Niektóre dane literaturowe świadczą o tym, że rosnące dawki fosforu obniżają zawartość azotanów [5]; inne zaś, że zwiększają [6]. Jeszcze inne wyniki badań wskazują, że rosnące dawki fosforu zwiększają zawartość azotanów w roślinach ale można tu mówić tylko o tendencji [1].

Rozbieżności poglądów badaczy odnośnie wpływu fosforu na akumulację azotanów w roślinach skłoniły autorów tej publikacji do podjęcia próby wyjaśnienia tego zagadnienia.

#### MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Doświadczenia wegetacyjne z rzodkiewką przeprowadzono wiosną 2002 i 2003 roku. W 2002 roku nasiona wysiano 25 marca, a zbioru dokonano 29 kwietnia. W 2003 roku nasiona wysiano 8 kwietnia, a zbioru dokonano 8 maja. Na dwa tygodnie przed wysianiem nasion przygotowano podłoże wzbogacając je w makro i mikrośladniki. Podłoże stanowiła mieszanina gleby mineralnej (pgl) oraz torfu wysokiego o pH 3,5-4,0 w stosunku objętościowym 1:1. Wyniki analizy chemicznej podłoża przed założeniem doświadczeń ilustruje tabela 1.

**Tabela 1.** Zawartość makro i mikrośladników, pH, stężenie soli w podłożu przed wapnowaniem i nawożeniem ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ )

**Table 1.** Macro and micronutrients, pH and salts concentration before liming and fertilizing ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ )

Makrośladniki – Macronutrients							pH w $\text{H}_2\text{O}$	Zasolenie Salinity $\text{g NaCl}\cdot\text{dm}^{-3}$
N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	S-SO <sub>4</sub>		
7	18	45	60	390	33	27	4,80	0,40
Mikrośladniki – Micronutrients								
Fe	Mn	Zn	Cu	Cl				
123	60	18	2,7	20				

W obu latach zastosowano takie samo wapnowanie i nawożenie.

Czynniki badane w doświadczeniach:

- 4 dawki fosforu: I – 0, II – 75, III – 150 i IV – 300  $\text{mg P}\cdot\text{dm}^{-3}$
- 2 odmiany rzodkiewki: ‘Saxa’ i ‘Carmen’
- 2 poziomy pH:
  - I poziom pH – dawka 4  $\text{g CaCO}_3\cdot\text{dm}^{-3}$
  - II poziom pH – dawka 8  $\text{g CaCO}_3\cdot\text{dm}^{-3}$

Dawki makrośladników w  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ : N – 150, K – 200, Mg – 70. Mikroelementy zastosowano w postaci Polichelatu LS-7 w dawce 0,1  $\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Makro i mikrośladniki zastosowano w postaci roztworów soli. Każda kombinacja doświadczeń składała się z pięciu powtórzeń. Nasiona wysiano do przygotowanych podłoży w pojemnikach plastikowych o pojemności 3  $\text{dm}^3$ . Po wschodach pozostawiono w każdym pojemniku 24 rośliny. W każdym roku po dwóch tygodniach wegetacji rośliny dokarmiano stosując 50  $\text{mg N}$  i 140  $\text{mg K}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Po zbiorze roślin zważono liście i zgrubienia z każdego pojemnika. Oddzielone zgrubienia rozdrobiono, wysuszono w suszarce w temp. 55°C i zhomogenizowano. Pojemniki z podłożami podlano do stałej wagi i pobrano z nich średnie próby.

### Analizy chemiczne podłoży

Makroskładniki oznaczono po ekstrakcji 0,03 M CH<sub>3</sub>COOH metodami standardowymi. Stężenie soli oznaczono konduktometrycznie, a pH w H<sub>2</sub>O potencjometrycznie.

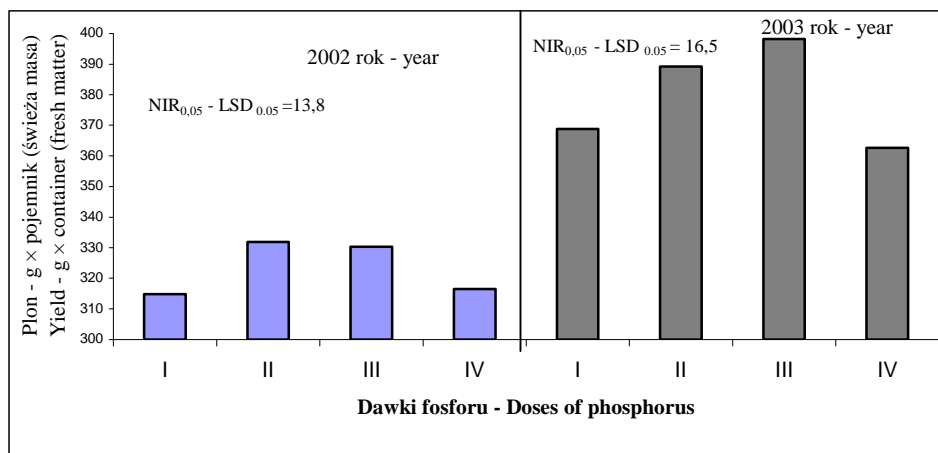
### Analizy chemiczne roślin

Zawartość N-NO<sub>3</sub> oznaczono w suchym materiale (tylko zgrubienia) metodą destylacyjną po ekstrakcji 2%-owym CH<sub>3</sub>COOH. Plon świeżej masy rzodkiewki oraz zawartość azotanów poddano analizie wariancji trójczynnikowej na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

## WYNIKI I DYSKUSJA

### Plonowanie rzodkiewki

Porównując plon rzodkiewki w obu latach stwierdzono, że w 2003 roku był większy niż w roku poprzednim. Było to spowodowane przesunięciem terminu wysiewu nasion i zbioru roślin w stosunku do 2002 roku. W pracy przedstawiono wpływ dawek fosforu na plon rzodkiewki (rys. 1).



**Rys. 1.** Wpływ nawożenia fosforem na plon rzodkiewki (liście + zgrubienia) niezależnie od odmiany i poziomu pH

**Fig. 1.** Influence of phosphorus fertilization on radish yield (leaves + colosities) independently from cultivar and pH level

Stwierdzono te same prawidłowości w obu latach. Druga i trzecia dawka fosforu spowodowały istotny wzrost plonu w stosunku do dawki pierwszej (kontrola). Czwarta dawka fosforu istotnie obniżyła plon roślin w stosunku do dawki drugiej i trzeciej. Uzyskano plon zbliżony do dawki pierwszej.

### Zawartość fosforu i wapnia oraz pH podłoży

W obu latach badań wraz ze wzrostem dawki fosforu wzrastała zawartość fosforu w podłożach, zarówno na pierwszym i na drugim poziomie wapnowania (tab. 2). Prawdopodobnie ta dotyczy podłoży, w których uprawiano obie odmiany rzodkiewki. W obu latach badań wraz ze wzrostem dawki fosforu obniżało się pH podłoży, w których uprawiano obie odmiany rzodkiewki.

**Tabela 2.** Zawartość fosforu, wapnia, pH i stężenie soli w podłożach po zakończeniu doświadczeń 2002 i 2003 roku

**Table 2.** Content of phosphorus, calcium, pH and salt concentration in substrates after experiments termination in the years 2002 and 2003

Odmiana Cultivar	Rok Year	Dawka P Dose of P (mg·dm <sup>-3</sup> )	I poziom pH – level I of pH				II poziom pH – level II of pH			
			P	Ca	pH	Zasolenie Salinity g NaCl ·dm <sup>-3</sup>	P	Ca	pH w H <sub>2</sub> O	Zasolenie Salinity g NaCl ·dm <sup>-3</sup>
Saxa	2002	0	27	1225	6,80	0,44	17	2274	7,46	0,49
		75	55	1267	6,52	0,45	33	2346	7,06	0,47
		150	86	1288	6,50	0,41	63	2289	6,75	0,42
		300	216	1315	6,15	0,47	133	2360	6,35	0,50
	2003	0	28	1247	6,44	0,74	27	2261	7,06	0,58
		75	47	1195	6,30	0,62	41	2444	6,60	0,69
		150	91	1306	6,14	0,58	84	2576	6,42	0,58
		300	167	1312	5,90	0,71	196	2504	6,10	0,63
Carmen	2002	0	16	1210	6,77	0,41	23	2328	7,34	0,47
		75	45	1147	6,65	0,47	38	2567	7,15	0,37
		150	87	1211	6,59	0,36	65	2510	6,85	0,45
		300	166	1415	6,19	0,53	136	2520	6,55	0,42
	2003	0	24	1287	6,70	0,44	16	2407	7,14	0,49
		75	42	1215	6,46	0,39	28	2341	6,80	0,44
		150	72	1155	6,32	0,34	53	2473	6,64	0,42
		300	117	1125	6,00	0,42	120	2368	6,38	0,45

Porównując zawartość wapnia na pierwszym i drugim poziomie pH stwierdzono, że zawartość Ca na drugim poziomie pH była znacznie większa (prawie 2 x) niż na pierwszym poziomie pH, niezależnie od roku badań, dawek fosforu i pod-

łoża. Analizując zawartość Ca w podłożu w zależności od dawek fosforu stwierdzono, że największej dawce fosforu ( $300 \text{ mg P}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) odpowiadała największa zawartość wapnia, niezależnie od roku, poziomu pH i odmiany rzodkiewki (tab. 2).

### Zawartość azotanów w zgrubieniach rzodkiewki

Wyniki badań zawartości azotanów w obu latach badań ilustrują tabela 3 i 4.

**Tabela 3.** Zawartość azotanów w zgrubieniach rzodkiewki uprawianej wiosną 2002 roku, wartości średnie dla kombinacji ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  świeżej masy)

**Table 3.** Nitrates content in colosities of radish grown in spring 2002, mean value for combinations ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  dry matter)

Dawka P P dose A	Odmiany Cultivars B	Poziom pH pH level C	N-NO <sub>3</sub>	Średnie dla A Mean for A
I	Saxa	I	3909	3216
		II	5454	
	Carmen	I	1925	
		II	1575	
II	Saxa	I	4200	3354
		II	5454	
	Carmen	I	2071	
		II	1692	
III	Saxa	I	5280	3858
		II	6271	
	Carmen	I	2071	
		II	1809	
IV	Saxa	I	5659	4215
		II	7321	
	Carmen	I	2129	
		II	1750	
Średnia dla B – Mean for B		Saxa	5443	
		Carmen	1878	
Średnia dla C – Mean for C		Saxa	3405	
		Carmen	3916	

NIR<sub>0,05</sub> dla A – LSD<sub>0,05</sub> for A = 190,8, NIR<sub>0,05</sub> dla B – LSD<sub>0,05</sub> for B = 134,9, NIR<sub>0,05</sub> dla C – LSD<sub>0,05</sub> for C = 134,9.

Głównym celem badań było wykazanie, czy istnieje zależność między zawartością azotanów, a dawką fosforu w podłożach. Trójczynnikowa analiza wariancji wykazała, że w roku 2002 druga dawka fosforu ( $75 \text{ mg P}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) nie wpłynęła na zawartość azotanów w stosunku do kontroli (pierwsza dawka fosforu). Trzecia i czwarta dawka fosforu ( $150$  i  $300 \text{ mg P}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) spowodowały istotny wzrost zawartości azotanów w stosunku do kontroli i dawki drugiej. W roku 2003 istotny wzrost zawartości azotanów w zgrubieniach rzodkiewki w stosunku do kontroli oraz drugiej i trzeciej dawki stwierdzono po zastosowaniu największej dawki fosforu tj.  $300 \text{ mg P}\cdot\text{dm}^{-3}$ .

**Tabela 4.** Zawartość azotanów w zgrubieniach rzodkiewki uprawianej wiosną 2003 roku, wartości średnie dla kombinacji ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  świeżej masy)

**Table 4.** Nitrates content in colosities of radish grown in spring 2003, mean value for combinations ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  fresh matter)

Dawka P P dose A	Odmiany Cultivars B	Poziom pH pH level C	N-NO <sub>3</sub>	Średnie dla A Mean for A
I	Saxa	I	4288	3099
		II	4550	
	Carmen	I	1779	
		II	1779	
II	Saxa	I	4434	3077
		II	4463	
	Carmen	I	1663	
		II	1750	
III	Saxa	I	4259	3233
		II	5013	
	Carmen	I	1882	
		II	1780	
IV	Saxa	I	5338	3712
		II	5804	
	Carmen	I	1838	
		II	1867	
Średnia dla B – Mean for B		Saxa	4769	
		Carmen	1792	
Średnia dla C – Mean for C		Saxa	3185	
		Carmen	3376	

NIR<sub>0,05</sub> dla A – LSD<sub>0,05</sub> for A = 267,2, NIR<sub>0,05</sub> dla B – LSD<sub>0,05</sub> for B = 189,0, NIR<sub>0,05</sub> dla C – LSD<sub>0,05</sub> for C = 189,0.

Michalik i in. [6] stwierdzili, że nawożenie marchwi dużymi dawkami fosforu powoduje wzrost zawartości azotanów. Mc Arthur i Knowles [5] zaobserwowali pozytywny wpływ zwiększania zasobności gleby w fosfor wyrażający się obniżeniem zawartości azotanów w ziemniakach. Biczak i in. [1] w trzyletnich doświadczeniach z porem wykazali, że rosące dawki fosforu powodowały obniżenie zawartości azotanów, jednak różnic nie udowodniono statystycznie. Ci sami autorzy w trzyletnich doświadczeniach z selerem uzyskali prawidłowości odwrotne – rosące dawki fosforu spowodowały wzrost zawartości azotanów. Różnic również nie udowodniono. Buwalda i Warmenhowen [2] obniżając zawartość fosforu w pożywce w doświadczeniu z sałata stwierdzili obniżenie zawartości azotanów. Analizując wpływ nawożenia fosforem między innymi na zawartość azotanów w kapuście brukselskiej, Kołota i Dobromilska [4] stwierdzili, że był on z reguły nieistotny. Również Zawartka i in. [7] stwierdzili, że nawożenie fosforem nie miało istotnego wpływu na zawartość azotanów w owocach pomidora. W prezentowanej pracy badano także wpływ odmiany oraz poziomu pH na akumulację azotanów w rzodkiewce. W obu latach badań stwierdzono, że odmiana 'Carmen' akumulowała 2,7 do 2,9 razy mniej azotanów niż odmiana 'Saxa'. Drugi poziom pH, wyższy od poziomu pierwszego o 0,2-0,7 jednostki pH sprzyjał większej zawartości azotanów.

#### WNIOSKI

1. Wzrost zawartości azotanów w zgrubieniach rzodkiewki nastąpił po zastosowaniu największej dawki fosforu tj. 300 mg P·dm<sup>-3</sup>.
2. Odmiana 'Carmen' akumulowała w roku 2002 – 2,9 razy mniej azotanów, a w 2003 – 2,7 razy mniej azotanów niż odmiana 'Saxa', niezależnie od poziomu pH i dawki fosforu.
3. Dawki fosforu 75 i 150 mg P·dm<sup>-3</sup> spowodowały wzrost plonu rzodkiewki w stosunku do kontroli. Dawka 300 mg P·dm<sup>-3</sup> obniżyła plon w stosunku do dawek 75 i 150 mg P·dm<sup>-3</sup>. Obniżony plon był na poziomie kontroli.

#### PIŚMIENNICTWO

1. **Biczak R., Herman B., Gurgul E.:** Wpływ nawożenia azotem, fosforem i potasem na zawartość azotanów oraz azotynów w warzywach. *Chemia i inżynieria ekologiczna*, T. 5, nr 7, 543-552, 1998.
2. **Buwalda F., Warmenhowen M.:** Growth – limiting phosphate nutrition suppresses nitrate accumulation in greenhouse lettuce. *Journal of Experimental Botany*, 50(335), 813-821, 1999.
3. **Cieślik E., Krowontka J.:** Zawartość azotanów i azotynów w bulwach ziemniaka w zależności od poziomu nawożenia fosforem. *Acta Agr. et Silv. Series Agraria*, Vol XXXV, 13-20, 1997.
4. **Kołota E., Dobromilska R.:** Wpływ nawożenia azotem i fosforem na plonowanie oraz skład mineralny kapusty brukselskiej. *Roczniki Nauk Rolniczych, seria A*, tom 109, z. 3, 107-119, 1992.

5. **Mc Arthur D.A.J., Knowles N.R.:** Influence of vesicular – arbuscular mycorrhizal fungi on the response potato to phosphorus deficiency. *Plant Physiol.*, 101, 147-160, 1993.
6. **Michalik H., Bąkowski J., Czapski J.:** Wpływ poziomu i formy nawożenia azotem, fosforem i potasem oraz wzrastającymi dawkami magnezu i mikrośladnikami na zawartość azotanów i azotynów w marchwi. *Biuletyn Warzywniczy*, 26, 2, 123-137, 1982.
7. **Zawartka L., Ulatowska., Kowalski S.:** Działanie zróżnicowanego nawożenia fosforem i potasem na zawartość azotanów w owocach pomidora. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. z. 440*, 403-409, 1996.

## EFFECT OF DIFFERENTIATED PHOSPHORUS FERTILIZATION DOSES ON THE YIELD OF RADISH AND ITS CONTENT OF NITRATES

*Wojciech Tyksiński, Elżbieta Kozik, Maciej Bosiacki*

Department of Horticultural Plant Fertilization, Agricultural University  
ul. Zgorzelecka 4, 60-198 Poznań  
e-mail: knaw@au.poznan.pl

**Abstract.** In spring 2002 and 2003, a pot experiment in a greenhouse was carried out on radish (grown in a mixture of mineral soil and raised peat, 1:1). The aim was to investigate the effect of differentiated phosphorus doses, plant cultivar and pH level on the content of nitrates in the radish colosities. A significant increase of nitrates content was found under the influence of the highest dose of phosphorus, i.e. 300 mg P·dm<sup>-3</sup>. Doses of 75 and 150 mg P·dm<sup>-3</sup> increased the yield of radish as compared with the control. ‘Carmen’ cultivar accumulated almost three times less nitrates than ‘Saxa’ cultivar. An increase of substrate reaction by 0.2-0.7 pH units (2<sup>nd</sup> level of pH) increased the content of nitrates in radish.

**Key words:** radish, nitrates, cultivars, phosphorus doses