

KONCENTRACJA ANIONÓW Cl^- , SO_4^{2-} I NO_3^- W PODŁOŻU PODCZAS UPRAWY PAPRYKI OSTREJ (*CAPSICUM ANNUUM* L.)

Paweł Kujawski, Anna Golcz

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

Streszczenie. W doświadczeniach wazonowych z uprawą papryki ostrej (*Capsicum annuum* L. odm. 'Wulkan') w podłożu gleby mineralnej z torfem wysokim (v:v = 3:2) różnicowano rodzaj nawozu potasowego stosując KCl, K_2SO_4 i KNO_3 . Określono wpływ jonów Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} zawartych w tych nawozach na zasolenie oraz oddziaływanie tych anionów na skład chemiczny liści jako części wskaźnikowych. Aniony charakterystyczne dla zastosowanego rodzaju nawozu potasowego przeważały w podłożu w danej kombinacji. W fazie wzrostu wegetatywnego stwierdzono stosując K_2SO_4 największą koncentrację jonów SO_4^{2-} podwyższającą EC w podłożu. Rośliny żywione K_2SO_4 i KNO_3 w fazie wzrostu wegetatywnego zawierały w liściach więcej azotu w porównaniu z KCl.

Słowa kluczowe: zasolenie, Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- w podłożu, papryka

WSTĘP

Zasolenie to koncentracja soli w podłożu. W uprawach ogrodniczych, głównie pod osłonami, dominują w podłożu kationy Na^+ , K^+ i NH_4^+ oraz aniony Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} [12]. Ich wysokie i nadmierne stężenie wpływa na pogarszanie się właściwości podłoża, szczególnie zmniejszenie ich przepuszczalności, zmianę wartości pH oraz ograniczenie w pobieraniu jonów przez rośliny [13]. W warunkach nadmiernego stężenia soli w podłożu roślina narażona jest na zaburzenia we wzroście i rozwoju poprzez ograniczone pobieranie wody (susza fizjologiczna) oraz zachwianie równowagi jonowej [15,16]. Prowadzi to do wystąpienia zjawiska antagonizmu lub synergizmu jonów [2]. Nadmiar jonów Na^+ oraz Cl^- może być przyczyną zakłóceń w gospodarce jonowej roślin w wyniku ograniczonego pobierania zwłaszcza NO_3^- , K^+ i Ca^{+2} [4]. Duża zawartość Cl^- w podłożu zmniejsza pobieranie przez rośliny NO_3^- [2,10,11]. Mała zawartość azotanów sprzyja absorpcji nie

tylko Cl^- , ale także anionu SO_4^{2-} . Duża zawartość SO_4^{2-} utrudnia pobieranie anionu MoO_4^{2-} – niezbędnego do redukcji azotanów w roślinie [2]. Oddziaływanie roślin na zasolenie uzależnione jest od gatunku, a nawet odmiany [14] i modyfikowane przez szereg czynników środowiska [3].

Celem badań było określenie wpływu jonów Cl^- , SO_4^{2-} i NO_3^- , obecnych w nawozach potasowych KCl , K_2SO_4 i KNO_3 , na stężenie soli w podłożu w uprawie papryki ostrej oraz wykazanie zależności między zawartością tych składników w podłożu i w częściach wskaźnikowych rośliny.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2004 i 2005 w nieogrzewanej szklarni przeprowadzono doświadczenia z papryką ostrą odmiany ‘Wulkan’. Rozsadę przygotowano zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi dla tego gatunku i w fazie 8-10 prawidłowo wykształconych liści właściwych, w połowie maja, sadzono na miejsce stałe. Okres wegetacji wynosił cztery miesiące (V-VIII).

Paprykę uprawiano w wazonach o objętości 5 dm^3 w zagęszczeniu 4 rośliny na m^2 . W jednej kombinacji znajdowało się 16 roślin.

Podłożem była gleba mineralna z torfem wysokim w stosunku objętościowym $v:v = 3:2$, którą zwapnowano CaCO_3 , na podstawie krzywej neutralizacji do $\text{pH} = 6,5$.

W doświadczeniach różnicowano rodzaj nawozu potasowego stosując KCl , K_2SO_4 i KNO_3 . W nawożeniu przedwegetacyjnym wzbogacono podłoże w makro- i mikroskładniki do następujących poziomów ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$): N – 250, P – 200, K – 300, Mg – 180, a mikroelementy do: Fe – 75, Mn – 35, Zn – 40, Cu – 10, B – 1,5, Mo – 1,5. W nawożeniu pogłównym uzupełniono tylko niedobory makroelementów. Podczas uprawy, w dwóch terminach (wzrost wegetatywny i pełnia owocowania) pobrano próby podłoża i części wskaźnikowych – (liście ze środkowej części łodygi), które poddano analizie chemicznej. Nawadnianie oraz ochronę chemiczną przed chorobami i szkodnikami wykonywano zgodnie z aktualnie przyjętymi zasadami. Nie stosowano zabiegu cięcia roślin. W drugiej dekadzie sierpnia, gdy owoce papryki osiągnęły dojrzałość fizjologiczną, przeprowadzono jednorazowy zbiór.

W podłożu oznaczono w wyciągu $0,03 \text{ M CH}_3\text{COOH}$ [9] zawartość następujących składników pokarmowych: N- NO_3 – metodą destylacyjną według Bremnera w modyfikacji Starcka, S- SO_4 i Cl – metodą nefelometryczną.

W wysuszonych (temp. $\pm 55^\circ\text{C}$) i zmielonych liściach oznaczono: N-ogółem – metodą Kjeldahl’a na aparacie Parnsa-Wagnera po spaleniu na mokro w kwasie sulfosalicylowym oraz S i Cl – metodą nefelometryczną po mineralizacji S – na mokro w mieszaninie kwasów HNO_3 i HClO_4 (3:1) oraz Cl – na sucho w piecu muflowym [1].

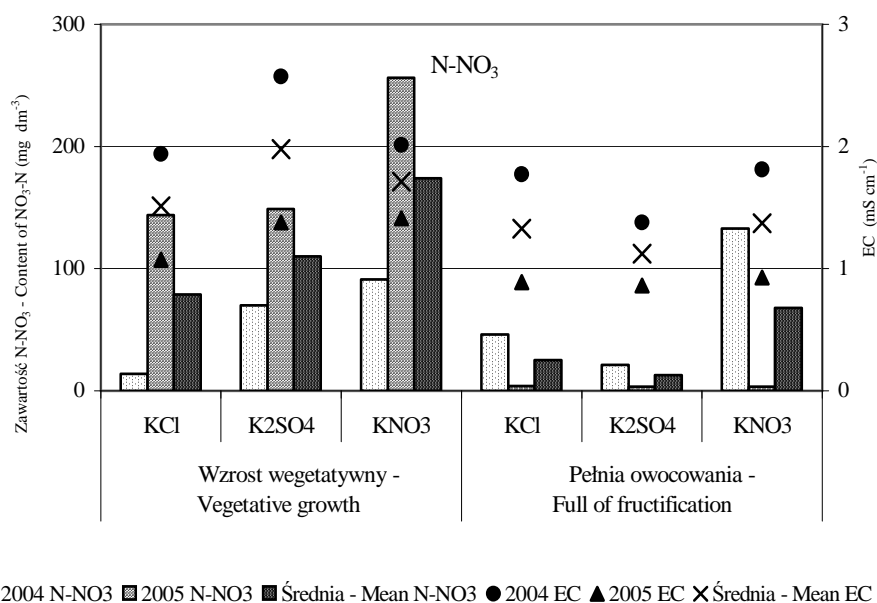
WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość poszczególnych składników pokarmowych w podłożu zmienia się pod wpływem różnych czynników, takich jak formy, rodzaje i dawki nawozów mineralnych, temperatura, intensywność światła, rodzaj podłoża, gatunek uprawianej rośliny [12].

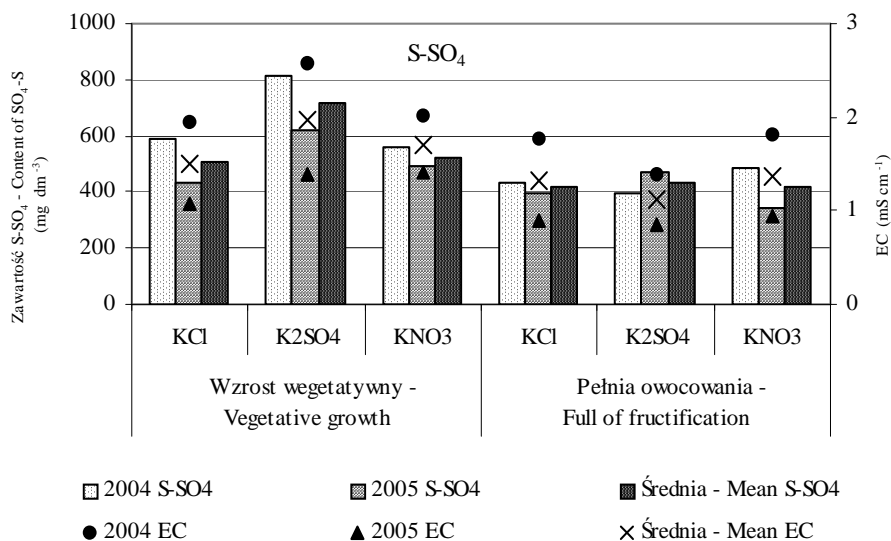
Papryka jest wrażliwa na podwyższoną koncentrację soli [5]. Zakres optymalnej zawartości potasu w podłożu jest szeroki [6]. Stosując nawozy potasowe należy zatem uwzględnić wniesiony z kationem K^+ anion Cl^- , SO_4^{2-} czy NO_3^- .

Zawartości $N-NO_3$, $S-SO_4$ i Cl oraz zasolenie przedstawiono na rysunkach 1-3.

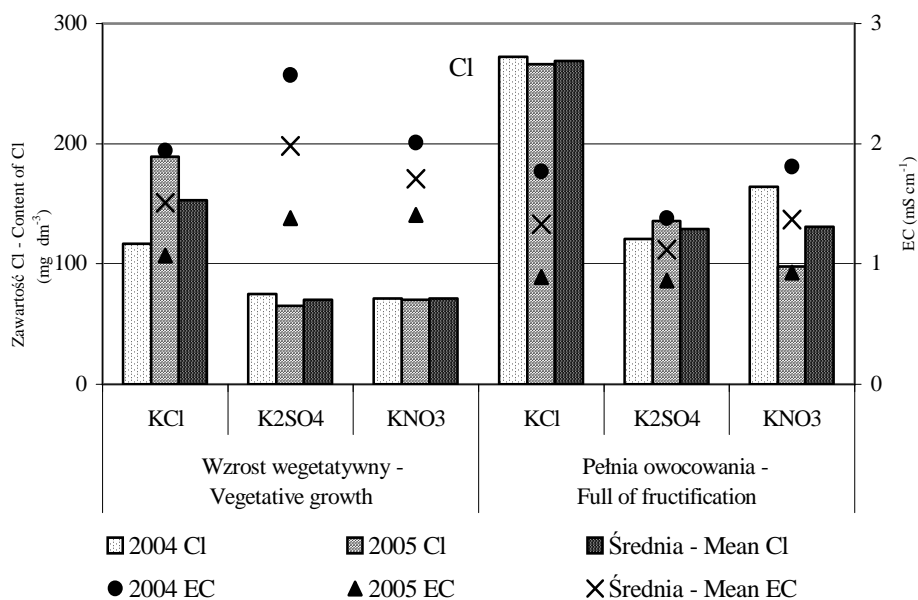
W podłożu, niezależnie od zastosowanego rodzaju nawozu potasowego, stwierdzono większą koncentrację soli w fazie wzrostu wegetatywnego papryki ostrej w porównaniu z fazą pełni owocowania. Prawidłowość ta jest dowodem na pobieranie i efektywne wykorzystanie składników z podłoża. Podczas uprawy obniżał się poziom azotanów, nieznacznie siarki. Wzrastał natomiast poziom chlorków w podłożu w wyniku nawożenia KCl i użytej wody do nawadniania. Można wnioskować, że jon chlorkowy jako mikroelement był w mniejszym stopniu wykorzystany przez paprykę do wzrostu i rozwoju.



Rys. 1. Zawartość $N-NO_3$ w podłożu i zasolenie w zależności od rodzaju nawozu potasowego
Fig. 1. Content of NO_3-N in substrate and salinity depending on potassium fertilizer type



Rys. 2. Zawartość S-SO₄ w podłożu i zasolenie w zależności od rodzaju nawozu potasowego
Fig. 2. Content of SO₄-S in substrate and salinity depending on potassium fertilizer type



Rys. 3. Zawartość Cl w podłożu i zasolenie w zależności od rodzaju nawozu potasowego
Fig. 3. Content of Cl in substrate and salinity depending on potassium fertilizer type

Podłoże w okresie uprawy zawierało duże zawartości siarczanów od 400 do 800 mg·dm⁻³, a głównym ich źródłem był siarczan magnezu i siarczan potasu (rys. 2). Różnice w zawartości tego anionu w kolejnych latach badań wynikały z konieczności uzupełnienia podłoża w magnez, do optymalnego dla papryki poziomu, stosując MgSO₄·7H₂O.

Zastosowane nawozy KCl, K₂SO₄ oraz KNO₃ stanowiące źródło badanych anionów Cl⁻, SO₄⁻² i NO₃⁻ w niewielkim stopniu różnicowały wartość EC podłoża. Różnica średnich wartości skrajnych wynosiła 0,8 mS·cm⁻¹ i była zbliżona z wynikami innych prac [12].

Na podstawie średnich z dwóch lat badań stwierdzono, że w fazie wzrostu wegetatywnego papryki, największy wpływ na wzrost EC podłoża miały siarczany w porównaniu z chlorkami i azotanami, natomiast w fazie pełni owocowania azotany i chlorki.

Zawartości azotu ogółem, siarki i chlorków w częściach wskaźnikowych papryki ostrej w zależności od rodzaju nawozu potasowego przedstawiono w tabeli 1.

Zawartość N-ogółem w fazie wzrostu wegetatywnego była dwukrotnie większa niż w pełni owocowania.

Rośliny żywione K₂SO₄ i KNO₃ w fazie wzrostu wegetatywnego zawierały w liściach więcej azotu w porównaniu z KCl. Zależność tą potwierdzają inni autorzy, [2,7,8,10,11] którzy podają, że duża zawartość chloru w podłożu ogranicza pobieranie azotu przez rośliny. Tylko w 2004 roku w okresie pełni owocowania papryki oznaczono w kombinacji z KCl większą zawartość azotu ogółem w liściach w porównaniu z kombinacją KNO₃.

Analiza części wskaźnikowych papryki na zawartość siarki wykazała niewielkie różnice w poszczególnych fazach rozwojowych oraz kombinacjach nawozowych, mimo większej zawartości siarczanów w podłożu gdzie zastosowano potas w postaci K₂SO₄.

W fazie pełni owocowania średnia zawartości chlorków w liściach była o 126% do 252% większa niż w fazie wzrostu wegetatywnego.

W kombinacji z KCl średnia zawartość chlorków w liściach była większa o 0,26% i 0,12% w porównaniu z kombinacjami K₂SO₄ i KNO₃ w kolejnych fazach rozwojowych.

Tabela 1. Zawartość azotu ogółem, siarki i chlorków w liściach papryki w zależności od fazy rozwojowej roślin i zastosowanego rodzaju nawozu potasowego**Table 1.** Content of total-N, S and Cl in hot pepper leaves depending on the stage of plant development and applied potassium fertilizer type

Faza rozwojowa Stage of development	Rok badań Year of study	Rodzaj nawozu potasowego Potassium fertilizer type		
		KCl	K ₂ SO ₄	KNO ₃
N-ogółem – Total N (%)				
Wzrost wegetatywny Vegetative growth	2004	4,66	4,73	4,98
	2005	4,28	4,42	4,38
	Średnia – Mean	4,47	4,58	4,69
Pełnia owocowania Full fructification	2004	2,52	2,56	1,89
	2005	2,14	2,25	2,20
	Średnia – Mean	2,33	2,41	2,05
S (%)				
Wzrost wegetatywny Vegetative growth	2004	0,43	0,45	0,42
	2005	0,46	0,45	0,48
	Średnia – Mean	0,45	0,45	0,45
Pełnia owocowania Full fructification	2004	0,54	0,59	0,57
	2005	0,45	0,46	0,44
	Średnia - Mean	0,50	0,53	0,51
Cl (%)				
Wzrost wegetatywny Vegetative growth	2004	0,42	0,17	0,16
	2005	0,47	0,20	0,21
	Średnia – Mean	0,45	0,19	0,19
Pełnia owocowania Full fructification	2004	0,52	0,38	0,32
	2005	0,62	0,58	0,52
	Średnia – Mean	0,57	0,48	0,42

WNIOSKI

1. Aniony Cl⁻, NO₃⁻, SO₄⁻² charakterystyczne dla danego rodzaju nawozu potasowego KCl, K₂SO₄ i KNO₃ przeważały w podłożu w danej kombinacji.

2. W fazie wzrostu wegetatywnego papryki jon SO₄⁻² podwyższał EC w podłożu w większym stopniu niż Cl⁻ i NO₃⁻.

3. W części wskaźnikowej, niezależnie od zastosowanego rodzaju nawozu potasowego, najwięcej N-ogółem oznaczono w fazie wzrostu wegetatywnego, a chlorków w pełni owocowania, natomiast poziom siarki był wyrównany podczas całego okresu wegetacji papryki ostrej.

4. Stwierdzono mniejszą zawartość N-ogółem w liściach papryki ostrej stosując w nawożeniu KCl w porównaniu z K_2SO_4 i KNO_3 .

PIŚMIENNICTWO

1. **Bakuła T., Kamieńska W., Kardasz T., Strahl A., Walczak K.:** Metody badań laboratoryjnych w stacjach chemiczno-rolniczych. Cz. II. Badanie materiału roślinnego. IUNG Puławy, 25-83, 1972.
2. **Gorlach E., Mazur T.:** Chemia rolna. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.
3. **Grattan S.R., Grieve C.M.:** Salinity – mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78, 127-157, 1999.
4. **Kopcewicz J., Lewak S.:** Podstawy fizjologii roślin. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1998.
5. **Kortuby-Amacher J., Koenig R., Kitchen B.:** Salinity and plant tolerance. Electronic publishing: wysywig://main3/http://searchpdf.adobe.com/proxies/2/8/7/53.html, 1-3, 2000.
6. **Malinowski D., Starck J.R.:** Influence of changes in potassium and calcium levels and ratio of these elements in the nutrient solution on the growth and yield of paprika cultivated in mineral wool. *Ann. Warsaw Agricult. Univ.-SGGW, Horticulture*, 16, 15-24, 1992.
7. **Mengel K., Kirkby E.A.:** Podstawy żywienia roślin. PWRiL, Warszawa 1983.
8. **Muraka I., Jacson T., Moore D.:** Effects of N, K and Cl on N components of Russet Burbank potatoes. *Agron. J.*, 65, 868, 1973.
9. **Nowosielski O.:** Zasady opracowywania zaleceń nawozowych w ogrodnictwie. PWRiL, Warszawa, 1988.
10. **Nurzyński J.:** Plonowanie papryki w zależności od nawożenia azotowo – potasowego. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 211, 16, 63-71, 1986.
11. **Nurzyński J.:** Nawożenie a skład chemiczny warzyw. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 333, 57, 235-239, 1999.
12. **Nurzyński J.:** Nawożenie roślin ogrodniczych, Wydawnictwo AR w Lublinie, 2003.
13. **Shannon M.C., Grieve C.M.:** Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae*, 78, 5-38, 1999.
14. **Starck Z.:** Fizjologiczna reakcja roślin na zasolenie ze szczególnym uwzględnieniem roli regulatorów wzrostu. *Wiadomości Botaniczne*, 24, 3, 177-190, 1980.
15. **Starck Z., Chołuj D., Niemyska B.:** Fizjologiczna reakcja roślin na niekorzystne warunki środowiska. Wydawnictwo SGGW, 1995.
16. **Wahome P.K., Jesch H.H., Gritter I.:** Mechanisms of salt stress tolerance in two rose rootstocks *Rosa hinensis* 'Major' ad *Rosa rubiginosa*. *Scientia Horticulturae*, 87, 207-216, 2001.

CONCENTRATION OF ANIONS Cl^- , SO_4^{2-} AND NO_3^- IN SUBSTRATE DURING THE GROWING OF HOT PEPPER (*CAPSICUM ANNUUM L.*)

Paweł Kujawski, Anna Golcz

Department of Horticultural Plant Nutrition, Agricultural University
ul. Zgorzelecka 4, 60-198 Poznań
e-mail: pawelmkujawski@op.pl

Abstract. In pot experiments, hot pepper (*Capsicum annuum L.*) cultivar 'Wulkan' was grown in a substrate of mineral soil with raised peat (v:v = 3:2); potassium fertilizer type was differentiated using KCl, K_2SO_4 and KNO_3 . The effect of Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} ions contained in the applied fertilizer on the salinity, as well as the effect of these anions on the chemical composition of leaves

as the representative part were determined. Anions characteristic of the applied potassium fertilizer type dominated in the substrate of the given combination. In the stage of vegetative growth, using K_2SO_4 , the highest concentration of SO_4^{2-} was found which exceeded EC in the substrate. Plants fertilized with K_2SO_4 and KNO_3 in the stage of vegetation growth contained more nitrogen in leaves in comparison with KCl nutrition.

Keywords: salinity, Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , pepper