

Sylwester Smoleń*, Włodzimierz Sady*, Joanna Wierzińska*

**WPŁYW NAWOŻENIA KI I KIO₃ NA EFEKTYWNOŚĆ POBIERANIA
JODU ORAZ ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH
W LIŚCIACH I OWOCACH ROŚLIN POMIDORA UPRAWIANYCH
W SYSTEMIE HYDROPONICZNYM CKP**

**THE EFFECT OF KI AND KIO₃ FERTILIZATION ON IODINE UPTAKE
EFFICIENCY AND CONTENT OF MINERAL ELEMENTS IN LEAVES AND
FRUITS OF TOMATO CULTIVATED IN HYDROPONICS (NFT SYSTEM)**

Słowa kluczowe: jod, biofortyfikacja, skład mineralny roślin, pomidor.

Key words: iodine, biofortification. mineral composition of plants, tomato.

*Vegetables biofortified with iodine can become an alternative, to iodized salt, source of this element in human diet. Iodine is not considered a plant micronutrient. For that reason, development of agronomic principles of biofortification requires evaluation of iodine influence on plant mineral nutrition and thus nutritional quality of vegetables. The aim of the study was to determine the effect of iodine applied in the form of I⁻ and IO₃⁻ on the effectiveness of iodine uptake and the content of mineral nutrients in leaves and fruits of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. 'Rambozo F₁'. Tomato cultivation was conducted in 2010 in nutrient film technique (NFT) system located in a green house.*

The following treatments were used in the study:

- 1) control;
- 2) 1 mg I·dm⁻³ introduced in the nutrient solution in the form of KI;
- 3) 1 mg I·dm⁻³ introduced in the nutrient solution as KIO₃.

Iodine content in fruits of plants grown in solution containing KI was almost four-time higher than in the control and more than three times higher than in plants fertilized with KIO₃. In lower (the oldest) and upper (the youngest – located above 6th cluster) leaves of tomato

* Dr inż. Sylwester Smoleń, prof. dr hab. Włodzimierz Sady, mgr inż. Joanna Wierzińska – Katedra Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych, Wydział Ogrodniczy, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Al. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków; tel.: 12 662 52 39; e-mail: s.smolen@ogr.ur.krakow.pl

plants treated with KI, respectively 8.3 and 2.1 times more iodine was noted than in corresponding parts of plants fertilized with KIO₃. Various effect of iodine application (depending on its chemical form) was found in respect to the level of P, K, Mg, Ca, S, Na, B, Cu, Fe, Mo, Mn and Zn in pinnate leaves, petioles (of the first leave above 3rd cluster) and in tomato fruits from 3rd cluster.

1. WPROWADZENIE

Biofortyfikacja roślin w jod (lub inne pierwiastki biogenne) polega na takim zwiększeniu stężenia danego pierwiastka np. Fe, Zn, Ca, Mg, Cu, I czy Se w jadalnej części plonu roślin, aby w sposób efektywny wprowadzić te składniki do łańcucha pokarmowego. W efekcie ma to spowodować poprawienie stanu zdrowia konsumentów – ludzi i zwierząt hodowlanych. Wzbogacenie roślin w jod może stać się alternatywą dla obecnie obowiązującej w wielu krajach profilaktyki jodowej, polegającej na jodowaniu soli kuchennej [Strzetelski 2005; White i Broadley 2005, 2009; Yang i in. 2007; Zhao i McGrath 2009].

Blisko 38% populacji ludzi na świecie żyje na terenach cechujących się niedoborem jodu, w związku z czym narażonych na ryzyko chorób tarczycy. Dlatego też w wielu krajach prowadzi się profilaktykę jodową polegającą na wprowadzeniu do żywności jodu przez jodowanie soli kuchennej. Jednakże straty jodu z soli kuchennej podczas produkcji, przechowywania, transportu i gotowania wynoszą nawet do 90% [Weng i in. 2008]. Skuteczność tej drogi introdukcji jodu do diety człowieka jest związana przede wszystkim z nadmiernym spożyciem soli. W globalnej skali doprowadziło to do zwiększenia zachorowalności ludzi na choroby układu krążenia, w tym na nadciśnienie tętnicze oraz na niektóre choroby nowotworowe. Zgodnie z zaleceniami Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) dąży się do ograniczenia o około połowę, dziennego spożycia soli kuchennej [Szponar, Ołtarzewski 2004]. W konsekwencji może doprowadzić to do znacznego pogorszenia podaży jodu w diecie [Szybiński 2005; He, MacGregor 2008; Wilmowska-Pietruszyńska 2008].

Jod nie jest mikroskładnikiem pokarmowym roślin [Kabata-Pendias, Mukherjee 2007], dlatego też opracowanie agrotechnicznych zasad biofortyfikacji wymaga między innymi określenia wpływu tego pierwiastka na proces mineralnego żywienia roślin, a co za tym idzie na jakość biologiczną warzyw.

Celem badań było określenie wpływu nawożenia jodem (w formie KI i KIO₃) poprzez pożywkę na efektywność pobierania tego pierwiastka oraz na zawartość składników pokarmowych w liściach i owocach roślin pomidora uprawianych w systemie hydroponicznym cienkowiejskich kultur przepływowych (CKP).

2. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Rośliny pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) odmiany 'Rambozo F₁' uprawiano w szklarni w systemie hydroponicznym CKP, z recyrkulacją pożywki. Badania przeprowadzone w 2010 r. w szklarni Wydziału Ogrodniczego UR w Krakowie obejmowały następujące kombinacje:

- 1) kontrola – standardowa pożywka bez jodu;
- 2) pożywka standardowa wzbogacona w jod w stężeniu 1 mg l·dm⁻³ w formie KI;
- 3) pożywka standardowa wzbogacona w jod w stężeniu 1 mg l·dm⁻³ w formie KIO₃.

Jod do pożywki wprowadzono przez cały okres uprawy, począwszy od fazy pojawienia się zalążków kwiatów w pierwszym gronie. Pożywkę standardową (zawartość makro- i mikroskładników pokarmowych) dostosowaną do wymogów pomidora w poszczególnych fazach wzrostu [Wysocka-Owczarek 2001] przygotowano używając nawozów mineralnych.

Doświadczenie prowadzone było w czterech powtórzeniach, z czego jedno powtórzenie obejmowało 15 roślin pomidora. Rośliny były prowadzone do szóstego grona, po czym zostały ogłowione. Analizy chemiczne roślin wykonywano w następujących terminach:

- 1) przed ogłowieniem roślin – 01.06.2010 r.; w tym terminie wykonano analizę zawartości jodu w liściach dolnych (najstarszych) oraz w liściach najmłodszych – najbardziej wykształconych nad szóstym gronem;
- 2) w fazie dojrzewania owoców w trzecim gronie – 07.07.2010 r.; w tym terminie wykonano analizę prób owoców z trzeciego grona oraz liści i ogonków liściowych z pierwszego liścia nad trzecim gronem; w próbach tych oznaczono zawartość jodu oraz P, K, Mg, Ca, S, Na, B, Cu, Fe, Mo, Mn i Zn.

Zawartość jodu oraz P, K, Mg, Ca, S, Na, B, Cu, Fe, Mo, Mn i Zn w analizowanych próbach oznaczono przy użyciu wysokiej rozdzielczości spektrometru Prodigy Teledyne Leman Labs USA. Zawartość jodu w liściach i ogonkach liściowych oznaczono po inkubacji prób z TMAH (wodorotlenku tetrametyloamoni) według [PN-EN 15111 – 2008], a jod w owocach pomidora oznaczono techniką generacji par według metody Vtorushina i in. [2009]. Zawartość P, K, Mg, Ca, S, Na, B, Cu, Fe, Mo, Mn i Zn w liściach i ogonkach liściowych roślin pomidora oznaczono po mikrofalowej mineralizacji prób w 65% super czystym HNO₃ [Pasałowski, Migaszewski 2006].

Obliczenia statystyczne uzyskanych wyników wykonywano przy użyciu modułu ANOVA programu STATISTICA 9.0 PL dla $P < 0,05$. Istotność różnic między obiektami oceniono za pomocą testu Duncana.

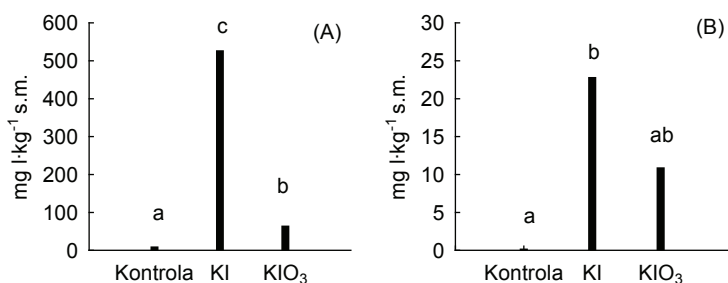
3. WYNIKI I DYSKUSJA

Największa zawartość jodu zarówno w liściach dolnych (najstarszych), jak i górnych (najmłodszych – nad szóstym gronem), odnotowano w roślinach uprawianych na pożywce

z dodatkiem KI (rys. 1). W liściach dolnych i górnych roślin pomidora nawożonych jodkiem potasu stwierdzono odpowiednio 8,3 i 2,1 razy więcej jodu niż w liściach traktowanych KIO_3 . Należy wspomnieć, że w liściach i ogonkach liściowych pomidora (zebranych z pierwszego liścia nad trzecim gronem w fazie dojrzewania owoców) nawożonych KI stwierdzono odpowiednio 8,1 i 4,7 razy więcej jodu niż traktowanych KIO_3 – wyniki opublikowane wcześniej [Wierzińska i in. 2011].

Największą zawartość jodu w owocach pomidora w trzecim gronie stwierdzono w obiekcie z pożywką wzbogaconą w KI (rys. 2). Zawartość jodu w owocach tych roślin była prawie czterokrotnie większa niż w kontroli oraz ponad trzykrotnie większa niż w owocach roślin nawożonych KIO_3 .

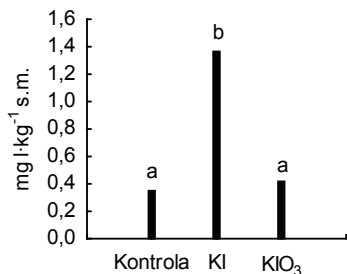
Uzyskane wyniki wskazują, że w uprawie hydroponicznej pomidora – zarówno w fazie wzrostu wegetatywnego, jak i generatywnego – forma jodkowa (I^-) jest lepiej pobierana przez rośliny niż forma jodanowa (IO_3^-). W zakresie preferencji roślin do pobierania jonu jodkowego i jodanowego uzyskane wyniki są zgodne z rezultatami badań Gondy i in. [2007] przeprowadzonych z uprawą pomidora i szpinaku. Podobne zależności uzyskali również Maćkowiak i Grossl w badaniach z uprawą ryżu [1999] oraz Borst-Pauwels [1961] w badaniach z uprawą m.in. jęczmienia, białej koniczyny, pomidorów, szpinaku czy też buraków. Również wyniki badań Bai i in. [2007] z hydroponiczną uprawą dwóch odmian sałaty 'Red-fire' i 'Rakuten' wykazały, że rośliny traktowane KI zawierały więcej jodu w porównaniu do traktowanych KIO_3 .



Rys. 1. Zawartość jodu w liściach dolnych – najstarszych (A) oraz w liściach najmłodszych – najbardziej wykształconych nad szóstym gronem (B)

Fig. 1. Iodine content in the lower – the oldest- (A) and the youngest leaves – the well formed leaves located above 6th cluster (B)

W porównaniu do kontroli aplikacja jodu w formie KI i KIO_3 spowodowała istotne zwiększenie zawartości Mg, Na, B i Mn oraz zmniejszenie zawartości K, S, Cu, Fe, Mo i Zn w liściach nad 3 gronem (tab. 1). Nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu obydwu form jodu na zawartość P i Ca w tych liściach.



Rys. 2. Zawartość jodu w owocach pomidora z trzeciego grona

Fig. 2. Iodine content in tomato fruits from 3rd cluster

Stwierdzono zróżnicowane oddziaływanie jodu (w zależności od aplikowanej formy) na zawartość P, K, Mg, S, Na, B, Cu, Fe, Mo, Mn i Zn w ogonkach liściowych z pierwszego liścia nad trzecim gronem (tab. 1). Dodatek do pożywki jodu w formie I⁻ oraz IO₃⁻ nie wpłynął w istotny sposób na zawartość Ca w ogonkach liściowych. Jod w formie KI i KIO₃ spowodował w stosunku do kontroli zmniejszenie zawartości K, S, Cu, Fe, Mo i Zn w ogonkach liściowych – przy czym w stosunku do S, Mo i Zn obie formy jodu w równy stopniu wpłynęły na obniżenie zawartości tych pierwiastków w ogonkach. Najmniejszą zawartość P, B, Fe, Mn i Zn w ogonkach odnotowano przy nawożeniu roślin pomidora KIO₃. Dodatek do pożywki jodku potasu spowodował zwiększenie zawartości Na i Mn oraz w największym stopniu zmniejszenie zawartości Cu w ogonkach liściowych.

W owocach pomidora dodatek do pożywki KIO₃ spowodował zmniejszenie zawartości P, K, Ca, S, Na, B, Cu i Fe w stosunku do kontroli i nawożenia roślin KI (tab. 1).

Aplikacja jodku potasu do pożywki powodowała zwiększenie zawartości Na, B i Mn, a aplikacja jodanu potasu jej zmniejszenie w porównaniu do kontroli. Wprowadzenie KI do pożywki powodowało w stosunku do kontroli zmniejszenie zawartości molibdenu w owocach pomidora, a KIO₃ jego podwyższenie. Największą zawartość Cu i Fe w owocach odnotowano w obiekcie kontrolnym. Nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu obydwu form jodu na zawartość Zn w owocach.

Stosunkowo niewiele jest wyników badań dokumentujących wpływ egzogenego jodu na funkcjonowanie gospodarki mineralnej roślin. W pionierskich badaniach Hageman i in. [1942] odnotowali zwiększenie zawartości Mg, Ca, Cu i Mn, a zarazem zmniejszenie zawartości Fe w roślinach pomidora, wraz ze zwiększeniem dawki jodu aplikowanego dogłębowo w formie KI. Smoleń i Sady [2011b] stwierdzili zmniejszenie zawartości Ca i zwiększenie zawartości Fe w szpinaku pod wpływem fertygacji KI oraz KIO₃. W odniesieniu do wyników zamieszczonych w cytowanych pracach należy stwierdzić, że przyczyny uzyskania w naszych badaniach innych zależności w zakresie oddziaływania jodu na pobieranie Ca i Fe należałoby szukać w różnicach gatunkowych oraz uprawie roślin w warunkach hydroponicznych z zastosowaniem innych dawek jodu.

W badaniach Smolenia i Sady [2011a] oraz Smolenia i in. [2011] przeprowadzonych z uprawą szpinaku i sałaty forma KI powodowała zmniejszenie zawartości fosforu w tych warzywach liściowych. W naszych badaniach zmniejszenie zawartości fosforu w ogonkach i owocach pomidora dotyczyło tylko roślin uprawianych na pożywce wzbogaconej w KIO_3 .

Zmniejszenie zawartości miedzi zarówno w liściach, ogonkach liściowych, jak i owocach roślin pomidora uprawianych na pożywce wzbogaconej w KI oraz KIO_3 (tab .1) znajduje potwierdzenie w wynikach badań Smolenia [2009] dotyczących wazonowej uprawy marchwi. Wykazały one, że dogłębowa aplikacja KIO_3 powodowała zmniejszenie zawartości Cu w marchwi.

Tabela 1. Wpływ formy jodu na zawartość makro- i mikrośladników pokarmowych w pierwszym liściu nad trzecim gronem, w ogonkach liściowych z tego liścia oraz w owocach pomidora z trzeciego grona

Table 1. Effect of chemical form of iodine on the content of macro- and micronutrients in first leaves above the 3rd cluster, petioles from these leaves and tomato fruits harvested from 3rd cluster

Część rośliny	Obiekt	P	K	Mg	Ca	S	Na	B	Cu	Fe	Mo	Mn	Zn
		% s.m.							mg · kg ⁻¹ s.m.				
Liście pierzaste z pierwszego liścia nad trzecim gronem –	kontrola	1,32	5,6 bc	0,61 a	5,62	2,31 b	0,062 a	66,0 a	11,9 b	157,0 b	7,52 b	381,4 a	18,9 b
	KI	1,26	4,7 a	0,67 b	5,86	1,90 a	0,076 b	79,6 b	6,2 a	144,5 a	6,21 a	519,6 b	16,1 a
	KIO_3	1,27	4,8 ab	0,67 b	5,88	1,89 a	0,077 b	79,8 b	6,0 a	142,2 a	6,22 a	520,7 b	16,0 a
	test <i>F</i>	n.i.	*	*	n.i.	*	*	*	*	*	*	*	*
Ogonki liściowe z pierwszego liścia nad trzecim gronem	kontrola	1,20 b	9,26 c	0,99 ab	3,30	0,57 b	0,088 a	25,1 b	23,5 c	58,4 c	3,39 b	206,9 b	64,1 b
	KI	1,20 b	8,52 a	0,91 a	3,33	0,54 ab	0,106 b	26,6 b	8,9 a	47,7 b	2,98 a	280,9 c	62,4 ab
	KIO_3	0,98 a	8,70 b	1,01 b	3,16	0,52 a	0,090 a	24,9 a	14,5 b	42,5 a	2,82 a	156,6 a	56,6 a
	test <i>F</i>	*	*	*	n.i.	*	*	*	*	*	*	*	*
Owoce z trzeciego grona	kontrola	0,71 b	4,48 b	0,19 a	0,20 b	0,22 b	0,026 b	10,4 b	7,38 c	53,7 c	1,40 b	23,9 b	22,7
	KI	0,73 b	4,50 b	0,21 b	0,21 b	0,22 b	0,031 c	11,7 c	5,76 a	46,6 b	1,34 a	31,0 c	21,5
	KIO_3	0,58 a	4,04 a	0,19 a	0,17 a	0,18 a	0,023 a	9,1 a	6,20 b	44,7 ab	1,50 c	19,0 a	20,5
	test <i>F</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	n/i.

Objęśnienie:

* – średnie różnią się istotnie, n.i. – brak istotnego zróżnicowania; średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla $P < 0,05$.

4. PODSUMOWANIE

W podsumowaniu należy stwierdzić, że wpływ jodu na gospodarkę mineralną roślin jest zróżnicowany i uzależniony od wielu czynników, między innymi od:

- 1) formy i dawki jodu,
- 2) sposobu jego aplikacji,
- 3) warunków prowadzenia uprawy,

a także

- 4) cech genotypowych roślin.

W prezentowanych w niniejszej pracy badaniach stwierdzono zróżnicowany wpływ jodu i jodanu potasu na zawartość poszczególnych składników pokarmowych w liściach, ogonkach liściowych i owocach pomidora. W pośredni sposób wskazuje to na istnienie odrębnych mechanizmów oddziaływania (interakcji) w transportowaniu i zaopatrywaniu części wegetatywnych i generatywnych roślin w jod oraz w makro- i mikroskładniki pokarmowe. Może to wynikać z oddziaływania jodu z tymi składnikami w pożywce (tworzenie specjalnych połączeń jodu ze składnikami pokarmowymi) lub z metabolizmu tego pierwiastka w korzeniach lub liściach – tworzenie organicznych związków z udziałem jodu (połączeń z aminokwasami, białkami, kwasami organicznymi). Związki te w różnym stopniu mogą być transportowane z korzeni do liści (owoców) lub z liści do owoców. Potwierdzenie tej hipotezy wymaga przeprowadzenia dalszych badań ukierunkowanych na zbadanie mechanizmów metabolizmu jodu oraz zawartości organicznych form jodu w roślinach.

5. WNIOSKI

1. Zawartość jodu w owocach roślin uprawianych na pożywce wzbogaconej w KI była prawie czterokrotnie większa niż w kontroli oraz ponad trzykrotnie większa niż w roślinach nawożonych KIO₃.
2. W liściach dolnych (najstarszych) i górnych (najmłodszych – nad szóstym gronem) roślin pomidora nawożonych KI stwierdzono odpowiednio 8,3 i 2,1 razy więcej jodu niż traktowanych KIO₃.
3. Stwierdzono zróżnicowane oddziaływanie jodu (w zależności od aplikowanej formy) na zawartość P, K, Mg, Ca, S, Na, B, Cu, Fe, Mo, Mn i Zn w liściach pierzastych i ogonkach liściowych (w pierwszym liściu nad trzecim gronem) oraz owocach pomidora z trzeciego grona.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w roku 2010 jako projekt badawczy nr N N310 080238 grant MNiSW pt. Efektywność biofortyfikacji pomidora w jod w uprawie hydroponicznej z recyrkulacją pożywki.

PIŚMIENNICTWO I AKTY PRAWNE

- BAI G., NAKAHARA T., MURASE H., UENO D., AKAO S., SOMEYA T., INOUE K. 2007. Marking by introducing iodine into lettuce grown in hydroponics to certify the provenance. *J. Sci. High Technol. Agric.* 19 (3): 137–140.
- BORST-PAUWELS G.W.F.H. 1961. Iodine as a micronutrient for plants. *Plant Soil* 14 (4): 377–392.
- GONDA K., YAMAGUCHI H., MARUO T., SHINOHARA Y. 2007. Effects of iodine on growth and iodine absorption of hydroponically grown tomato and spinach. *Hort. Res. Japan* 6 (2): 223–227.
- HAGEMAN R.H., HODGE E.S., MCHARGUE J.S. 1942. Effect of potassium iodide on the ascorbic acid content and growth of tomato plants. *Plant Physiol.* 17 (3): 465–72.
- HE F.J., MACGREGOR G.A. 2008. A comprehensive review on salt and health and current experience of worldwide salt reduction programmes. *J. Human Hypertension* 1–22.
- KABATA-PENDIAS A., MUKHERJEE A.B. 2007. Trace elements from soil to human. Springer.
- MACKOWIAK C.L., GROSSL P.R. 1999. Iodate and iodine effects on iodine uptake and partitioning in rice (*Oryza sativa* L.) grown in solution culture. *Plant and Soil* 212: 135–143.
- PASŁAWSKI P., MIGASZEWSKI Z.M. 2006. The quality of element determinations in plant materials by instrumental methods. *Polish J. Environ. Stud.* 15 (2a): 154–164.
- PN-EN 15111 – 2008. Artykuły żywnościowe – Oznaczanie pierwiastków śladowych – Oznaczanie zawartości jodine metodą ICP MS (spektrometria masowa z plazmą wzbudzoną indukcyjnie). Polski Komitet Normalizacyjny.**
- SMOLEŃ S. 2009. Wpływ nawożenia jodem i azotem na skład mineralny marchwi. *Ochr. Środ. i Zas. Nat.* 40: 270–277.
- SMOLEŃ S., SADY W. 2011a. Influence of iodine fertilization and soil application of sucrose on mineral composition of spinach plants. *Acta Sci. Pol. Hort. Cult. (w druku)*
- SMOLEŃ S., SADY W. 2011b. Influence of iodine form and application method on the effectiveness of iodine biofortification, nitrogen metabolism as well as the content of mineral nutrients and heavy metals in spinach plants (*Spinacia oleracea* L.). *Scien. Hort. (w recenzji)*.
- SMOLEŃ S., ROŻEK S., LEDWOŻYW-SMOLEŃ I., STRZETELSKI P. 2011. Preliminary evaluation of the influence of soil fertilization and foliar nutrition with iodine on the efficiency of iodine biofortification and chemical composition of lettuce. *J. Element. (w druku)*.
- STRZETELSKI P. 2005. Występowanie i przemieszczanie jodu w systemie gleba-roślina. *Post. Nauk Roln.* 6: 85–100.
- SZPONAR L., OŁTARZEWSKI M. 2004. Spożycie sodu wśród dzieci i młodzieży w Polsce czynnikiem ryzyka zagrożenia zdrowia. *Pediatr. Pol.* 2004: 79 (12): 983–992.

- SZYBIŃSKI Z. 2005. Niedobór jodu w ciąży – nadal aktualny problem zdrowia publicznego. *Endokrynol. Pol.* 56, 1: 65–71.
- VTORUSHINA E.A., SAPRYKIN A.I., KNAPP G. 2009. Use of Oxidation and Reduction Vapor Generation for Lowering the Detection Limits of Iodine in Biological Samples by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spektrometry. *J. Analyt. Chem.* 64, 2, 129–135.
- WENG H.X., YAN A.L., HONG C.L., QIN Y-C., PAN L. XIE L.L. 2008. Biogeochemical transfer and dynamics of iodine in a soil–plant system. *Environ Geochem Health*. DOI 10.1007/s10653-008-9193-6.
- WHITE P.J., BROADLEY M.R. 2005. Biofortifying crops with essential mineral elements. *Trends Plant Sci.* 10 (12): 586–593.
- WHITE P.J., BROADLEY M.R. 2009. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytol.* 182 (1): 49–84.
- WILMOWSKA-PIETRUSZYŃSKA A. 2008. System opieki zdrowotnej w Polsce a bezpieczeństwo zdrowotne ludności. W: A. Potrykowska, E. Orzełek (red.) *Biuletyn Rządowej Rady Ludnościowej* 53: 87–101.
- WIERZBIŃSKA J., SMOLEŃ S., SADY W. 2011. Wpływ formy jodu na efektywność pobierania tego pierwiastka, plonowanie oraz gospodarkę azotem roślin pomidora uprawianych w systemie CKP. *Episteme* (w druku).
- WYSOCKA-OWCZAREK M. 2001. *Pomidory pod osłonami. Uprawa tradycyjna i nowoczesna. Wydanie III*, Hortpress, Warszawa.
- YANG X-E., CHEN W-R., FENG Y. 2007. Improving human micronutrient nutrition through biofortification in the soil-plant system: China as a case study. *Environ. Geochem. Health.* 29 (5): 413–28.
- ZHAO F.-J., MCGRATH S.P. 2009. Biofortification and phytoremediation. *Curr. Opin. Plant Biol.* 12: 373–380.