

Sylwester Smoleń*

**WPŁYW NAWOŻENIA JODEM I AZOTEM NA SKŁAD MINERALNY
MARCHWI**

**THE EFFECT OF IODINE AND NITROGEN FERTILIZATION ON THE
MINERAL COMPOSITION OF THE CARROT**

Słowa kluczowe: mikroelementy, metale ciężkie, pierwiastki śladowe.

Key words: microelements, heavy metals, trace elements.

In 2008 carrot "Kazan F₁" was cultivated in a pot experiment on heavy soil with iodine application (in the concentration of 1 mg I·dm⁻³ of soil) in the form of KI and KIO₃. The experiment included variable nitrogen fertilization – control without N and combinations with N (in the concentration of 100 mg N·dm⁻³ of soil) supplied in the form of Ca(NO₃)₂ and (NH₄)₂SO₄. Among all tested elements (Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Li, Mn, Ni, Pb, Sb, Sr, Ti, V, Zn) significant effect of iodine fertilization in combination with different nitrogen forms was shown on the content of Al, B, Fe, Mn, Sr, Ti, Cd, Cu, Cr, Li i V in carrot storage roots. In combinations without nitrogen, iodine application in the form of KIO₃ resulted in higher concentration of Al and Li as well as lower Cu content, whereas KI treatment decreased uptake and accumulation of B, Fe, Ti and V in carrot roots. In combinations without N fertilization iodine supplementation (in both forms) led to lower concentration of Co, Mn and Sr as well as caused an increase in Cr accumulation when compared to control plants. Nitrogen fertilization both in the form of Ca(NO₃)₂ and (NH₄)₂SO₄ modified the effect of iodine (supplied as KI and KIO₃) on uptake and accumulation of Al, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Li, Ti and V in carrot storage roots.

1. WPROWADZENIE

Jod nie jest uznawany za pierwiastek niezbędny dla roślin, jednakże przy niskich stężeniach w glebie obserwowany jest jego pozytywny wpływ na rośliny. Przyczyny tego zjawia-

* **Dr inż. Sylwester Smoleń – 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: Sylwester.Smolen@interia.pl**

ska nie zostały jednak wyjaśnione [Kabata, Mukherjee 2007]. W dostępnej literaturze, poza wykazaniem antagonistycznym oddziaływaniem jodu na pobieranie chloru [Szkolnik 1980], brak jest doniesień na temat wpływu nawożenia jodem czy też interakcji jodu z nawożeniem innymi składnikami pokarmowymi na proces mineralnego żywienia roślin, a także na pobieranie i akumulację metali ciężkich przez rośliny.

Celem badań, których wyniki są prezentowane w niniejszej pracy, było określenie wpływu doglebowego nawożenia jodem w formie jodku (I^-) i jodanu (IO_3^-) w połączeniu ze zróżnicowanym (pod względem formy nawozu azotowego) nawożeniem azotem na zawartość mikroelementów pokarmowych, metali ciężkich i pierwiastków śladowych w korzeniach spichrzowych marchwi.

2. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Marchew „Kazan F₁” uprawiano w roku 2008 w pojemnikach ażurowych o wymiarach 60×40×20 cm, umieszczonych na terenie otwartym pod cieniówką. Pojemniki wypełniono glebą ciężką (pył ilasty o składzie granulometrycznym: 14% piasku, 45% pyłu, 41% iłu) o zawartości substancji organicznej 2,43%. Siew nasion wykonano w dniu 25.04.2008 r. Zawartość przyswajalnych form składników pokarmowych przed rozpoczęciem uprawy uzupełniono do poziomu: P 80 mg i K 170 mg·dm⁻³ gleby, stosując nawożenie KH₂PO₄ (w formie nawozu firmy Yara) opierając się na wynikach analizy chemicznych właściwości gleby. Nawożenia Mg i Ca nie wykonywano, ponieważ zawartość tych składników w glebie (Mg 107 mg i Ca 1026 mg·dm⁻³ gleby) pokrywała potrzeby pokarmowe marchwi. Zawartość azotu mineralnego w glebie przed rozpoczęciem uprawy wynosiła: N-NH₄ 2,4 mg i N-NO₃ 8,5 mg·dm⁻³ gleby.

Badaniami objęto objekty z doglebowym przedsięwzięciem nawożeniem jodem (I) i azotem (N), zróżnicowanym w następujący sposób pod względem formy aplikowanych nawozów:

- kontrola bez nawożenia N i I,
- nawożenie I w formie KI bez nawożenia N,
- nawożenie I w formie KIO₃ bez nawożenia N,
- nawożenie N+I w formie Ca(NO₃)₂ i KI,
- nawożenie N+I w formie Ca(NO₃)₂ i KIO₃,
- nawożenie N+I w formie (NH₄)₂SO₄ i KI,
- nawożenie N+I w formie (NH₄)₂SO₄ i KIO₃.

Azot i jod aplikowano jednorazowo przedsięwzięciem, w dawce 100 mg N·dm⁻³ gleby i 1 mg I·dm⁻³ gleby, tj. w przeliczeniu 200 kg N i 2 kg I·ha⁻¹. Aplikacja w formie: KI i KIO₃ – odczynniki cz.d.a., (KI – POCh; KIO₃ – Sigma Aldrich), Ca(NO₃)₂ – nawóz firmy Yara, (NH₄)₂SO₄ – nawóz Z.A. Kędzierzyn.

Zbór marchwi połączony z pobraniem prób gleby i korzeni spichrzowych do analiz chemicznych przeprowadzono 2.10.2008 r. W korzeniach spichrzowych marchwi oraz

w próbach gleby oznaczono zawartość: Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Li, Mn, Ni, Pb, Sb, Sr, Ti, V, Zn, techniką ICP-OES, z zastosowaniem wysokiej rozdzielczości spektrometru Prodigy Teledyne Leeman Labs. Zawartość wymienionych pierwiastków w marchwi oznaczono po mikrofalowej mineralizacji prób w 65% superczystym HNO_3 . W próbkach gleby zawartość wspomnianych pierwiastków oznaczono w ekstraktach 0,03 M CH_3COOH (z gleby o naturalnej wilgotności, pobranej bezpośrednio po zbiorze marchwi) oraz 1 M HCl (z gleby wysuszonej, zmielonej i przesianej przez sito o średnicy oczek 1 mm). Uzyskane wyniki weryfikowano statystycznie przy użyciu modułu ANOVA programu 'Statistica 8.0 PL' dla $P < 0,05$. Istotność różnic między obiektami była oceniana za pomocą testu Duncana.

3. WYNIKI I DYSKUSJA

Spośród przebadanych dziesięciu pierwiastków wykazano istotny wpływ zastosowanego nawożenia jodem i azotem na zawartość Al, B, Ba, Fe, Mn, Sr, Ti, Cd, Co, Cu, Cr, Li, Ni, V, Zn w marchwi (tabele 1 i 2). Zwiększenie zawartości Al, Ba, Fe, Mn, Cd, Ni, Zn, Co, Li i V w marchwi nawożonej $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ w stosunku do marchwi w kontroli, nienawożonej azotem i roślin nawożonych $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, znajduje potwierdzenie w badaniach Gębskiego i Mercika [1997] oraz Smolenia i Sady [2007] oraz w doniesieniach Gębskiego [1998] oraz Sady i Smolenia [2004].

Tabela 1. Zawartość Al, As B, Ba, Fe, Ga, Mn, Sr i Ti w korzeniach spichrzowych oraz w glebie po uprawie marchwi

Table 1. Concentration of Al, As B, Ba, Fe, Ga, Mn, Sr and Ti in carrot storage roots and in soil after carrot cultivation

Obiekt	Zawartość w korzeniach spichrzowych marchwi ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.)								
	Al	As	B	Ba	Fe	Ga	Mn	Sr	Ti
1. Kontrola (bez N i I)	56,8 c	0,66 a	27,3 cd	14,9 a	61,5 c	1,31 a	6,2 c	18,2 cd	3,5 c
2. KI (bez N)	55,7 c	0,87 a	26,0 b	15,0 a	50,4 b	1,28 a	5,2 b	16,2 b	2,9 b
3. KIO_3 (bez N)	69,1 e	0,40 a	26,7 bc	15,2 a	59,7 c	1,31 a	4,7 ab	14,7 a	3,8 cd
4. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KI}$	51,8 b	0,36 a	26,0 b	15,6 a	51,7 b	1,13 a	5,3 b	19,4 e	2,5 ab
5. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KIO}_3$	39,8 a	0,42 a	24,7 a	14,9 a	41,4 a	1,04 a	4,1 a	18,9 de	2,2 a
6. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{KI}$	75,7 f	0,30 a	28,1 d	18,4 b	73,7 e	1,21 a	15,9 d	17,9 c	4,0 c
7. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{KIO}_3$	63,5 d	0,44 a	27,9 cd	19,3 b	67,3 d	1,25 a	15,9 d	18,0 c	3,4 d
	Zawartość w glebie ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), oznaczana w 0,03 M CH_3COOH								
1. Kontrola (bez N i I)	0,65 a	1,67 a	0	0,15 a	0,38 a	0	0,25 a	0,59 a	0
2. KI (bez N)	0,54 a	1,22 a	0	0,19 a	0,16 a	0	0,40 a	0,72 b	0
3. KIO_3 (bez N)	0,53 a	1,43 a	0	0,19 a	0,18 a	0	0,37 a	0,71 b	0
4. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KI}$	0,53 a	1,34 a	0	0,17 a	0,21 a	0	0,36 a	0,88 c	0
5. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KIO}_3$	0,63 a	1,28 a	0	0,15 a	0,31 a	0	0,37 a	0,76 b	0
6. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{KI}$	0,72 a	1,41 a	0	0,14 a	0,30 a	0	0,34 a	0,58 a	0
7. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{KIO}_3$	0,62 a	1,54 a	0	0,14 a	0,23 a	0	0,31 a	0,52 a	0

Wpływ nawożenia jodem i azotem na skład mineralny marchwi

	Zawartość w glebie (mg·kg ⁻¹), oznaczana w 1 M HCl								
1. Kontrola (bez N i I)	1442,3 a	3,77 a	0,92 c	54,6 c	2234,0 b	1,81 a	348,8 c	15,8 b	7,84 a
2. KI (bez N)	1435,5 a	3,71 a	0,90 c	52,2 a	2114,9 a	1,75 a	310,1 b	15,6 ab	8,14 c
3. KIO ₃ (bez N)	1440,8 a	3,65 a	0,88 c	53,0 ab	2106,8 a	1,76 a	299,7 b	15,4 ab	7,95 ab
4. Ca(NO ₃) ₂ +KI	1473,3 ab	3,80 a	0,81 b	54,2 bc	2121,5 a	1,76 a	284,8 a	19,6 d	8,29 d
5. Ca(NO ₃) ₂ +KIO ₃	1506,6 b	3,87 a	1,10 d	54,7 c	2147,8 ab	1,80 a	299,1 b	18,8 c	8,59 e
6. (NH ₄) ₂ SO ₄ +KI	1506,1 b	3,83 a	0,73 a	54,3 bc	2066,6 a	1,76 a	276,8 a	15,3 ab	8,03 bc
7. (NH ₄) ₂ SO ₄ +KIO ₃	1469,1 ab	3,80 a	0,81 b	53,5 abc	2037,7 a	1,76 a	275,0 a	15,2 a	8,31 d

Uwaga! Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla P < 0,05.

Tabela 2. Zawartość Cd, Cu, Ni, Zn, Co, Cr, Li, Pb, Sb i V w korzeniach spichrzowych oraz w glebie po uprawie marchwi

Table 2. Concentration of Cd, Cu, Ni, Zn, Co, Cr, Li, Pb, Sb and, V in carrot storage roots and in soil after carrot cultivation

Obiekt	Zawartość w korzeniach spichrzowych marchwi									
	(mg·kg ⁻¹ s.m.)				(µg·kg ⁻¹ s.m.)					
	Cd	Cu	Ni	Zn	Co	Cr	Li	Pb	Sb	V
1. Kontrola (bez N i I)	0,86 ab	3,31 c	0,29 a	23,9 a	108,5 bc	0	92,2 c	427,4 a	270,2 a	155,7 c
2. KI (bez N)	0,88 b	3,23 c	0,26 a	23,7 a	77,1 ab	40,0	87,9 bc	403,4 a	249,1 a	136,6 b
3. KIO ₃ (bez N)	0,88 b	2,94 b	0,31 a	24,9 a	93,3 ab	30,0	102,8 d	506,7 a	368,5 a	171,0 de
4. Ca(NO ₃) ₂ +KI	0,79 a	2,75 a	0,29 a	22,1 a	87,5 ab	0	78,3 b	384,2 a	246,9 a	138,1 b
5. Ca(NO ₃) ₂ +KIO ₃	0,80 a	2,59 a	0,40 a	22,0 a	64,0 a	60,0	56,8 a	284,2 a	350,0 a	110,4 a
6. (NH ₄) ₂ SO ₄ +KI	1,42 c	3,03 b	0,82 b	35,4 b	140,9 c	0	125,3 e	280,5 a	225,2 a	174,2 e
7. (NH ₄) ₂ SO ₄ +KIO ₃	1,55 d	3,23 c	0,88 b	36,3 b	129,1 c	30,0	108,8 d	567,6 a	360,0 a	161,0 cd
	Zawartość w glebie (µg·dm ⁻³), oznaczana w 0,03 M CH ₃ COOH									
1. Kontrola (bez N i I)	1,25 a	17,1 a	6,07 a	0,43 a	0	0	2,30 a	2,85 a	0	0
2. KI (bez N)	1,63 a	23,4 a	7,15 abc	0,53 a	0	0	2,83 ab	5,45 a	0	0
3. KIO ₃ (bez N)	1,53 a	22,7 a	6,90 abc	0,53 a	0	0	2,80 ab	2,03 a	0	0
4. Ca(NO ₃) ₂ +KI	1,48 a	21,2 a	6,77 abc	0,53 a	0	0	2,80 ab	1,88 a	0	0
5. Ca(NO ₃) ₂ +KIO ₃	1,40 a	21,0 a	6,38 ab	0,47 a	0	0	2,43 a	3,43 a	0	0
6. (NH ₄) ₂ SO ₄ +KI	1,40 a	22,8 a	7,80 c	0,49 a	0	0	4,08 c	4,03 a	0	0
7. (NH ₄) ₂ SO ₄ +KIO ₃	1,38 a	20,0 a	7,33 bc	0,48 a	0	0	3,58 bc	2,98 a	0	0
	Zawartość w glebie (mg·kg ⁻¹), oznaczana w 1 M HCl									
1. Kontrola (bez N i I)	1,06 b	5,17 a	3,31 c	56,9 a	2,16 d	1,65 a	0,89 a	29,5 b	0,18 a	6,97 a
2. KI (bez N)	1,00 ab	5,02 a	3,15 ab	51,7 a	1,93 c	1,67 a	0,91 a	27,9 a	0,15 a	6,79 a
3. KIO ₃ (bez N)	1,02 ab	5,08 a	3,14 ab	51,8 a	1,87 bc	1,62 a	0,91 a	28,0 a	0,12 a	6,82 a
4. Ca(NO ₃) ₂ +KI	1,06 b	5,23 a	3,09 a	56,8 a	1,78 b	1,64 a	0,94 ab	28,3 a	0,18 a	6,94 a
5. Ca(NO ₃) ₂ +KIO ₃	1,03 ab	5,16 a	3,17 ab	53,7 a	1,86 bc	1,67 a	1,01 c	28,6 a	0,18 a	6,95 a
6. (NH ₄) ₂ SO ₄ +KI	1,00 ab	5,15 a	3,22 b	55,9 a	1,67 a	1,63 a	0,97 bc	28,3 a	0,15 a	6,90 a
7. (NH ₄) ₂ SO ₄ +KIO ₃	0,98 a	5,22 a	3,15 ab	53,4 a	1,69 a	1,65 a	0,94 ab	27,8 a	0,12 a	6,70 a

Uwaga! Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla P < 0,05.

Al, Li, Cu i Cd. W obiektach nienawożonych azotem doglebowa aplikacja KIO_3 w porównaniu do kontroli i nawożenia KI powodowała zwiększenie zawartości Al i Li oraz zmniejszenie zawartości Cu w marchwi (tabele 1 i 2). Spośród omawianych czterech pierwiastków w obiektach nienawożonych azotem aplikacja jodu w formie KI i KIO_3 nie powodowała istotnych zmian zawartości Cd w marchwi. W korzeniach spichrzowych marchwi natomiast nawożonej zarówno $Ca(NO_3)_2$, jak i $(NH_4)_2SO_4$, doglebowa aplikacja KIO_3 powodowała zmniejszenie zawartości Al i Li w porównaniu do zawartości tych pierwiastków w korzeniach roślin nawożonych KI. W marchwi nawożonej $(NH_4)_2SO_4$, natomiast aplikacja doglebowa KIO_3 powodowała zwiększenie zawartości Cd i Cu, czego nie odnotowano przy nawożeniu $Ca(NO_3)_2$.

Na tle zróżnicowanego nawożenia azotem aplikacja doglebowa jodu w formie KI i KIO_3 nie powodowała istotnych zmian zawartości Al, Cd i Cu w glebie, oznaczanych zarówno w wyciągu 0,03 M CH_3COOH , jak i 1 M HCl. Analiza gleby w 1 M HCl wykazała, że przy nawożeniu $Ca(NO_3)_2$ aplikacja KIO_3 , w porównaniu do zawartości przy aplikacji KI, spowodowała statystycznie istotne zwiększenie zawartości Li w glebie, choć zmiany te były stosunkowo niewielkie. Ponieważ w obiekcie nawożonym $Ca(NO_3)_2$ i KIO_3 stwierdzono zmniejszenie zawartości Li w marchwi (w stosunku do aplikacji $Ca(NO_3)_2$ i KI) dlatego też przedstawione zależności mogą w pośredni sposób wskazywać na potencjalną możliwość inhibującego oddziaływania (złożonej interakcji) IO_3^- i NO_3^- a pośrednio również Ca^{2+} i K^+ , podawanych łącznie roślinom w postaci soli $Ca(NO_3)_2$ i KIO_3 , na pobieranie Li przez marchew. Przyczynę wspomnianych zależności można upatrywać w prawdopodobnym oddziaływaniu nawożenia $Ca(NO_3)_2+KIO_3$ na przemianę Li w glebie w formy (specjacje) słabiej pobierane przez rośliny. W pewnym stopniu ta hipoteza znajduje uzasadnienie w opisanych wyżej wynikach analizy gleby w 1 M HCl.

B, Fe i V. W porównaniu do kontroli, w obiektach nienawożonych azotem, po zastosowaniu KI stwierdzono w marchwi niższą zawartość B, Fe i V (przy czym zawartość B była na zbliżonym poziomie do poziomu w marchwi nawożonej KIO_3), a po nawożeniu KIO_3 większą zawartość V (tabele 1 i 2). W obiektach nawożonych azotem, zarówno w formie $Ca(NO_3)_2$, jak i $(NH_4)_2SO_4$, aplikacja KIO_3 w porównaniu do nawożenia jodem w formie KI powodowała zmniejszenie zawartości Fe i V w marchwi, jak również B, ale tylko po nawożeniu $Ca(NO_3)_2$. Zawartość B w korzeniach spichrzowych roślin z obydwu obiektów nawożonych $(NH_4)_2SO_4$ była podobna.

Warto zwrócić uwagę, że zawartość w glebie Fe (oznaczonego w wyciągach 0,03 M kwasu octowego) we wszystkich obiektach kształtowała się na podobnym poziomie. Zawartość B i V, podobnie jak i Co, Cr, Sb, Ga i Ti, w tych samych ekstraktach była mniejsza od możliwości ich oznaczenia techniką ICP-OES. Analiza zawartości B, Fe i V w 1 M HCl wykazała, że aplikacja KIO_3 w porównaniu do KI w obiektach nawożonych azotem zarówno w formie soli $Ca(NO_3)_2$, jak i $(NH_4)_2SO_4$, powodowała zwiększenie zawartości B, czego nie odnotowano w glebie nienawożonej azotem. W glebie nienawożonej azotem nawożenie KI i KIO_3 powo-

dowało w porównaniu z kontrolą w podobnym stopniu zmniejszenie zawartości Fe oznaczanego w 1 M HCl. Należy podkreślić, że również w obiektach nawożonych azotem zawartość Fe w glebie była niższa niż w kontroli – nie wykazano jednak wpływu formy aplikowanego jodu na zawartość Fe w glebie. We wszystkich obiektach zawartość V w glebie oznaczanego w 1 M HCl była podobna. Generalnie zatem wykazane zmiany zawartości B, Fe i V w marchwi pod wpływem nawożenia jodem na tle zróżnicowanego nawożenia azotem nie miały związku z oddziaływaniem badanych czynników doświadczenia na zawartość tych pierwiastków w glebie, oznaczanych zarówno w 0,03 M kwasie octowym, jak i 1 M HCl. Należy jednak zauważyć, że przy zmniejszeniu zawartości B w marchwi nawożonej $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KIO}_3$ stwierdzono wyraźne zwiększenie zawartości tego pierwiastka w glebie, oznaczanego w 1 M HCl. Fakt ten może wskazywać na istnienie potencjalnego inhibującego oddziaływania IO_3^- i NO_3^- (a pośrednio również Ca^{2+} i K^+ podawanych łącznie roślinom w postaci soli $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ i KIO_3) na pobieranie B przez marchew. Inną przyczyną uzyskanych wyników mogła być przemiana B w glebie pod wpływem nawożenia $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KIO}_3$, w formy (specjacje), które były słabiej pobierane przez rośliny.

Mn i Sr. W porównaniu do kontroli w obiektach nienawożonych azotem aplikacja jodu zarówno w formie KI jak i KIO_3 powodowała zmniejszenie zawartości Mn i Sr w marchwi przy czym KIO_3 w tym zakresie wykazywał silniejsze oddziaływanie (tab. 1). Zmniejszenie w marchwi zawartości Mn w tych obiektach skorelowane było z wykazaną mniejszą zawartością tego pierwiastka w glebie po ekstrakcji 1 M HCl. W porównaniu z kontrolą w marchwi uprawianej w glebie z tych obiektów stwierdzono istotne zwiększenie zawartości Sr, oznaczanego w 0,03 M kwasie octowym. Hipotetyczną przyczyną obniżenia zawartości Sr w marchwi pod wpływem nawożenia jodem mogło być zatem przejście Sr pod wpływem zwiększonej podaży I^- i IO_3^- w formy mniej przyswajalne dla roślin. Należy podkreślić, że pomimo wykazanego istotnego zróżnicowania zawartości Sr (oznaczanego w 0,03 M kwasie octowym i 1 M HCl) w obiektach nawożonych azotem w formie soli $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ oraz $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, aplikacja KI jak i KIO_3 nie miała istotnego wpływu na zawartość Sr w marchwi. Aplikacja KIO_3 w porównaniu do nawożenia KI powodowała zmniejszenie zawartości Mn w marchwi nawożonej $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (czego nie wykazano w przypadku nawożenia siarczanem amonu), co było skorelowane z nieznacznym, choć istotnym statystycznie zwiększeniem zawartości Mn w glebie oznaczanego w 1 M HCl.

Co i Cr. W porównaniu do kontroli w obiektach nienawożonych azotem aplikacja jodu zarówno w formie KI jak i KIO_3 przyczyniła się do nieznacznego obniżenia zawartości Co oraz zwiększenia zawartości Cr w marchwi (tabele 1 i 2). Aplikacja KIO_3 w porównaniu do nawożenia KI powodowała wzrost zawartości Cr w marchwi nawożonej $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ i $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, nie wykazano jednak istotnego zróżnicowania pomiędzy obiektami badań w zawartości Cr w glebie oznaczanego w 1 M HCl. Należy zauważyć, że pomimo wykazanego istotnego zróżnicowania zawartości Co (oznaczanego w 1 M HCl) w glebie to na tle nawożenia azotem w formie soli $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ i $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ aplikacja KI jak i KIO_3 nie miała istotnego wpływu na zawartość Co w marchwi.

Ti. W obrębie obiektów nienawożonych azotem aplikacja KI powodowała obniżenie zawartości Ti w marchwi w porównaniu do kontroli, co było skorelowane ze zwiększoną zawartością Ti w glebie oznaczanego w 1 M HCl (tab. 1). Z kolei w marchwi nawożonej $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ aplikacja KIO_3 w porównaniu do KI powodowała istotne zmniejszenie zawartości Ti w marchwi czemu towarzyszyło zwiększenie zawartości Ti w glebie oznaczanego w 1 M HCl. Powyższe wyniki wskazują, że oddziaływanie nawożenia jodem w formie KI i KIO_3 na zawartość Ti w marchwi oraz na stopień rozpuszczalności (dostępności dla roślin) tego pierwiastka w glebie ulegają zmianom pod wpływem nawożenia $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

W zakresie wykazanego istotnego oddziaływania nawożenia jodem w formie KI i KIO_3 (na tle zróżnicowanego nawożenia azotem) na zawartość: Al, B, Fe, Mn, Sr, Ti, Cd, Co, Cu, Cr, Li i V w marchwi trudno jest w pełni obiektywny sposób przedyskutować uzyskane wyniki z rezultatami badań innych autorów ze względu na brak w dostępnej autorowi literaturze jakichkolwiek informacji, które poruszałyby te zagadnienia.

4. WNIOSKI

1. Spośród przebadanych dziewiętnastu pierwiastków na tle zróżnicowanego nawożenia azotem wykazano istotny wpływ nawożenia jodem na zawartość Al, B, Fe, Mn, Sr, Ti, Cd, Cu, Cr, Li i V w marchwi.
2. W obiektach nienawożonych azotem wykazano, że jod w formie KIO_3 powodował wzrost zawartości Al i Li oraz zmniejszenie zawartości Cu, natomiast jod w formie KI powodował zmniejszenie zawartości B, Fe, Ti i V w marchwi.
3. W porównaniu do kontroli w obiektach nienawożonych azotem aplikacja jodu zarówno w formie KI jak i KIO_3 wpłynęła na zmniejszenie zawartości Co, Mn i Sr oraz na zwiększenie zawartości Cr w marchwi.
4. Nawożenie azotem zarówno w formie $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ jak i $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ wpłynęło na zmianę, w porównaniu do obiektów nienawożonych azotem oddziaływania jodu w formie KI i KIO_3 na pobieranie i akumulację Al, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Li, Ti i V w marchwi.
5. Oprócz zawartości B, Mn, Li, Ti i Sr wykazane zmiany zawartości Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe i V w marchwi pod wpływem nawożenia jodem na tle nawożenia azotem w formie $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ i $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, generalnie nie miały związku z oddziaływaniem czynników doświadczenia na zawartość tych pierwiastków w glebie oznaczanych zarówno w 0,03 M kwasie octowym, jak i 1 M HCl.

PIŚMIENNICTWO

- GĘBSKI M., MERCIK S. 1997. Effectiveness of fertiliser form in accumulation of zinc, cadmium and lead in lettuce (*Lactuca sativa* L.) and red beet (*Beta vulgaris* var. *circulata* L.). Ecological aspects of nutrition and alternatives for herbicides in horticulture. International Sem. 10–15 June 1997, Warsaw: 23–25.

- GĘBSKI M. 1998. Czynniki glebowe oraz nawozowe wpływające na przyswajanie metali ciężkich przez rośliny. *Postępy Nauk Rolniczych* 5: 3–16.
- KABATA-PENDIAS A., MUKHERJEE A.B. 2007. *Trace elements from soil to human*. Springer, Berlin.
- SADY W., SMOLEŃ S. 2004. Wpływ czynników glebowo-nawozowych na akumulację metali ciężkich w roślinach. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu XXXCLVI, Ogrodnictwo* 37: 269–277.
- SMOLEŃ S., SADY W. 2007. The effect of nitrogen fertilizer form and foliar application on Cd, Cu and Zn concentrations in carrot. *Folia Horticulturae* 19/1:87–96.
- SZKOLNIK M. 1980. *Mikroelementy w życiu roślin*. PWRiL, Warszawa.