

ELŻBIETA KOZIK, EWELINA WOJCIECHOWSKA, ANNA GOLCZ, ELŻBIETA MIELOSZYK

Katedra Żywnienia Roślin  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

## ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH MIKROSKŁADNIKÓW W LIŚCIACH SAŁATY (*LACTUCA SATIVA* L. VAR. *CAPITATA* L.) W ZALEŻNOŚCI OD POZIOMU I POSTACI ZASTOSOWANEGO ŻELAZA \*

CONTENT OF CHOSEN MICRONUTRIENTS IN LEAVES OF LETTUCE  
(*LACTUCA SATIVA* L. VAR. *CAPITATA* L.) DEPENDING ON THE LEVEL  
AND FORM OF THE APPLIED IRON

**Streszczenie.** W doświadczeniach z sałatką (*Lactuca sativa* L. var. *capitata* L.) odmiany ‘Sunny’ określono wpływ mineralnych i chelatowych związków żelaza, zastosowanych w różnych dawkach, na zawartość w jej liściach cynku, manganu i miedzi. Rośliny uprawiano wiosną i jesienią w podłożu organicznym. Zawartość mikroelementów oznaczono metodą ASA po mineralizacji na mokro w mieszaninie kwasu azotowego i nadchlorowego w stosunku objętościowym 3:1. Wykazano, że istotnie więcej cynku i manganu oraz mniej miedzi zawierały rośliny żywione żelazem w postaci mineralnej ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) niż w postaci chelatów (FeDTPA, FeEDDHMA, FeIDHA, FeEDTA + DTPA). Niezależnie od źródła żelaza, zwiększenie zawartości składnika w podłożu wpływało na zmniejszenie średniej zawartości cynku i manganu oraz zwiększenie zawartości miedzi w roślinach. Po zastosowaniu żelaza w postaci mineralnej w całym zakresie dawkowania zawartość cynku, manganu i miedzi w sałacie nie różniła się istotnie od uzyskanej w kombinacji kontrolnej.

**Słowa kluczowe:** sałata, siarczany żelaza, chelaty żelaza, cynk, mangan, miedź

---

\*Badania sfinansowano ze środków na naukę w latach 2010-2013 w ramach projektu badawczego nr N N310 0660 39.

## Wstęp

Uzyskanie dużego plonu roślin dobrej jakości zależy przede wszystkim od ilości składników dostępnych w podłożu (Titchenal i Dobbs, 2007; Walker i Connolly, 2008). Spośród mikrośladników najwięcej w skorupie ziemskiej znajduje się żelaza, jednak jego dostępność dla roślin, ze względu na bardzo złożony chemizm w środowisku glebowym, jest mała. Zróżnicowane nawożenie żelazem może mieć wpływ na pobieranie innych składników. Cohen i in. (1998), Korshunova i in. (1999), Roberts i in. (2004) oraz Schaaf i in. (2004) wykazali, że w pobieraniu przez rośliny żelaza, cynku, manganu i miedzi może ujawnić się antagonizm jonowy. Nadmierne odżywienie jednym z mikrośladników powoduje niedobór innego metalu ciężkiego (Kabata-Pendias i Mukherjee, 2007). Alam i in. (2001) oraz Morrissey i Guerinot (2009) uważają, że niedobór żelaza prowadzi do zwiększonego pobierania innych metali, z których wszystkie mogą być toksyczne.

Celem badań było określenie zawartości cynku, manganu i miedzi w sałacie uprawianej w podłożu organicznym po zastosowaniu mineralnych i chelatowych związków żelaza w różnych dawkach.

## Material i metody

W latach 2010-2012 w nieogrzewanej szklarni Stacji Doświadczalnej Wydziału Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu wykonano doświadczenia wegetacyjne z sałatą siewną (*Lactuca sativa* L. var. *capitata* L.) odmiany 'Sunny'.

Czynnikami doświadczenia były:

1) postać żelaza:

- mineralna:
  - siarczan żelaza (II)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,
  - siarczan żelaza (III)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,
- chelatowa:
  - FeEDTA – 13% Fe,
  - FeDTPA – 9% Fe,
  - FeIDHA – 8,7% Fe,
  - FeEDDHMA – 6% Fe,
  - FeEDTA + DTPA – 8% Fe.

2) poziom żelaza:

- 5 poziomów – 50, 75, 100, 150, 300  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  podłoża.

Kontrolę stanowiło podłoże o wyjściowej zawartości żelaza 25  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Rośliny uprawiano w pojemnikach o objętości 6  $\text{dm}^3$  wypełnionych torfem wysokim, zwapnowanym na podstawie krzywej neutralizacji do pH w  $\text{H}_2\text{O}$  6,5 i wzbogaconym w składniki pokarmowe. Zawartość składników pokarmowych w podłożu doprowadzono do następujących poziomów: N – 180, P – 140, K – 220, Zn – 20, Mn – 20,

Cu – 5, B – 1, Mo – 1  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , a Fe – zgodnie ze schematem doświadczenia. Zastosowano następujące sole chemicznie czyste:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Po zwapnowaniu torfu zawartość wapnia i magnezu była wystarczająca: Ca – 2045, Mg – 160  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , dlatego nie uzupełniano tych składników.

Każdego roku około połowy kwietnia i połowy września rozsądę sałaty w fazie dwóch liści właściwych sadzono do pojemników z podłożem przygotowanym do uprawy, oddzielnie wiosną i jesienią. W każdym pojemniku sadzono cztery rośliny. Kombinacja obejmowała cztery powtórzenia, czyli było po 16 roślin w kombinacji. W fazie dojrzałości konsumpcyjnej rośliny ścinano i pobierano próbę średnią do analiz chemicznych, którą stanowiły cztery połówki główki sałaty z każdego pojemnika. Materiał roślinny suszono w temperaturze 45-50°C w suszarce wyciągowej i homogenizowano, a następnie mineralizowano w mieszaninie kwasów azotowego i nadchlorowego w stosunku objętościowym 3:1. Po mineralizacji oznaczano ogólne zawartości cynku, manganu i miedzi metodą spektrometrii absorpcji atomowej (ASA).

Wyniki analiz chemicznych poddano analizie statystycznej z wydzieloną kombinacją kontrolną (kontrola była wspólna dla całego doświadczenia). Wykonano dwuczynnikową analizę wariancji, oddzielnie dla doświadczeń przeprowadzonych wiosną i jesienią. Po stwierdzeniu istotnych różnic średnie pogrupowano według testu Newman-Keulsa ( $\alpha = 0,05$ ). Średnie nie różniące się istotnie zostały oznaczone tymi samymi literami.

Szczegółowy opis pozostałych warunków doświadczenia oraz wyniki dotyczące plonu roślin i zawartości żelaza w liściach przedstawiono w pracy Kozik i in. (2014).

## Wyniki i dyskusja

Zawartość mikroskładników w liściach sałaty przedstawiono dla kombinacji z sześcioma różnymi źródłami żelaza, wiosną w zakresie poziomów od 25 do 150  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , a jesienią w zakresie poziomów od 25 do 100  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . W obliczeniach statystycznych nie uwzględniono kombinacji, w których źródłem żelaza był chelat FeEDTA, oraz, w przypadku pozostałych źródeł żelaza, kombinacji z wyższymi poziomami żelaza (wiosną – 300  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , a jesienią – 150 i 300  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) – ze względu na brak kompletnych danych, wynikający z bardzo silnego osłabienia wzrostu roślin lub ich zamierania.

W obu cyklach uprawy średnio istotnie więcej cynku zawierały rośliny żywione żelazem w postaci mineralnej niż w postaci chelatów (tab. 1 i 2). Spośród kombinacji z chelatami najwięcej cynku zawierały rośliny, gdy źródłem żelaza był chelat FeDHA. Wiosną po zastosowaniu chelatów FeDTPA, FeEDDhMA i FeEDTA + DTPA zawartość cynku w sałacie nie różniła się istotnie. Jesienią istotnie mniej cynku zawierały rośliny uprawiane w podłożu z chelatem FeEDTA + DTPA.

Pod wpływem wzrastających poziomów żelaza (niezależnie od źródła żelaza) stwierdzono zmniejszenie średniej zawartości cynku w roślinach w porównaniu z kombinacją kontrolną. Jedynie rośliny uprawiane w podłożach z  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  i z  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  w całym zakresie dawkowania żelaza miały zawartość cynku zbliżoną do roślin z kombinacji kontrolnej.

Kozik, E., Wojciechowska, E., Golcz, A., Mieloszyk, E. (2015). Zawartość wybranych mikrośladowców w liściach sałaty (*Lactuca sativa* L. var. *capitata* L.) w zależności od poziomu i postaci zastosowanego żelaza. Nauka Przyr. Technol., 9, 1, #13. DOI: 10.17306/J.NPT.2015.1.13

Tabela 1. Zawartość cynku, manganu i miedzi w liściach sałaty odmiany ‘Sunny’ uprawianej wiosną w zależności od źródła i poziomu żelaza w podłożu (średnia z lat 2010-2012) (mg·kg<sup>-1</sup> s.m.)

Table 1. Content of zinc, manganese and copper in the leaves of lettuce ‘Sunny’ variety grown in spring depending on the source and level of iron in the substrate (mean of 2010-2012) (mg·kg<sup>-1</sup> d.m.)

Źródło żelaza Source of iron	Poziom żelaza – Level of iron					
	kontrola control 25 mg·dm <sup>-3</sup>	50 mg·dm <sup>-3</sup>	75 mg·dm <sup>-3</sup>	100 mg·dm <sup>-3</sup>	150 mg·dm <sup>-3</sup>	średnio mean
Cynk – Zinc						
FeSO <sub>4</sub>	153,36 bc	153,75 bc	155,45 bc	158,96 c	156,92 bc	155,69 c
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	153,36 bc	162,12 c	161,50 c	159,46 c	155,23 bc	158,34 c
FeDTPA	153,36 bc	91,72 a	98,65 a	90,76 a	123,34 a-c	111,57 a
FeIDHA	153,36 bc	113,80 ab	124,57 a-c	122,70 a-c	130,41 a-c	128,97 b
FeEDDHMA	153,36 bc	101,69 a	101,71 a	105,18 a	105,58 a	113,50 a
FeEDTA + DTPA	153,36 bc	92,58 a	98,72 a	125,04 a-c	127,65 a-c	119,47 ab
Średnio Mean	153,36 b	119,28 a	123,43 a	127,02 a	133,19 a	
Mangan – Manganese						
FeSO <sub>4</sub>	351,57 f	329,52 f	333,06 f	335,73 f	324,12 f	334,80 d
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	351,57 f	351,52 f	342,36 f	339,66 f	332,88 f	343,60 d
FeDTPA	351,57 f	182,55 b-d	173,29 b-d	138,46 a-c	162,64 a-d	201,70 b
FeIDHA	351,57 f	260,55 e	209,14 c-e	223,36 de	220,29 de	252,98 c
FeEDDHMA	351,57 f	196,33 cd	154,89 a-d	166,65 a-d	123,02 ab	198,49 b
FeEDTA + DTPA	351,57 f	158,11 a-d	139,78 a-c	97,34 a	101,73 a	169,71 a
Średnio Mean	351,57 c	246,43 b	225,42 a	216,87 a	210,78 a	
Miedź – Copper						
FeSO <sub>4</sub>	9,42 a-e	9,34 a-e	9,44 a-e	9,32 a-e	8,86 a-d	9,28 b
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	9,42 a-e	6,10 a	6,55 ab	7,10 a-c	9,50 a-e	7,74 a
FeDTPA	9,42 a-e	10,97 b-e	13,81 e-g	16,40 fg	16,80 g	13,48 d
FeIDHA	9,42 a-e	8,34 a-d	10,33 a-e	10,03 a-e	10,69 a-e	9,76 b
FeEDDHMA	9,42 a-e	9,57 a-e	9,97 a-e	12,21 de-c	12,06 de	10,65 bc
FeEDTA + DTPA	9,42 a-e	11,30 c-e	9,40 a-e	13,00 d-f	15,91 fg	11,80 c
Średnio Mean	9,42 a	9,27 a	9,92 a	11,34 b	12,30 b	

Kozik, E., Wojciechowska, E., Golcz, A., Mieloszyk, E. (2015). Zawartość wybranych mikrośladników w liściach sałaty (*Lactuca sativa* L. var. *capitata* L.) w zależności od poziomu i postaci zastosowanego żelaza. Nauka Przyr. Technol., 9, 1, #13. DOI: 10.17306/J.NPT.2015.1.13

Tabela 2. Zawartość cynku, manganu i miedzi w liściach sałaty odmiany 'Sunny' uprawianej jesienią w zależności od źródła i poziomu żelaza w podłożu (średnia z lat 2010-2012) ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.)  
Table 2. Content of zinc, manganese and copper in the leaves of lettuce 'Sunny' variety grown in autumn depending on the source and level of iron in the substrate (mean of 2010-2012) ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  d.m.)

Źródło żelaza Source of iron	Poziom żelaza – Level of iron				
	kontrola control $25 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	$50 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	$75 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	$100 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	średnio mean
Cynk – Zinc					
FeSO <sub>4</sub>	192,45 f	189,68 f	174,78 ef	186,00 ef	185,73 d
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	192,45 f	195,76 f	195,64 f	180,96 ef	191,20 d
FeDTPA	192,45 f	119,98 ab	133,43 a-d	123,06 a-c	142,23 b
FeIDHA	192,45 f	155,96 c-e	161,56 d-f	154,19 b-e	166,04 c
FeEDDHMA	192,45 f	130,69 a-d	134,09 a-d	136,17 a-d	148,35 b
FeEDTA + DTPA	192,45 f	113,42 a	108,77 a	106,09 a	130,18 a
Średnio Mean	192,45 b	150,92 a	151,38 a	147,74 a	
Mangan – Manganese					
FeSO <sub>4</sub>	355,96 e	344,35 e	337,46 e	343,53 e	345,33 d
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	355,96 e	348,35 e	350,32 e	333,19 e	346,96 d
FeDTPA	355,96 e	162,20 bc	162,29 bc	128,68 b	202,28 b
FeIDHA	355,96 e	272,34 d	261,92 d	232,78 d	280,75 c
FeEDDHMA	355,96 e	188,44 c	158,53 bc	147,86 bc	212,70 b
FeEDTA + DTPA	355,96 e	138,87 bc	74,59 a	78,67 a	162,02 a
Średnio Mean	355,96 d	242,42 c	224,19 b	210,78 a	
Miedź – Copper					
FeSO <sub>4</sub>	7,67 ab	9,25 bc	9,06 bc	8,58 a-c	8,64 b
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	7,67 ab	6,83 ab	6,37 a	6,18 a	6,76 a
FeDTPA	7,67 ab	10,39 cd	17,77 g	12,40 de	12,06 d
FeIDHA	7,67 ab	10,85 cd	14,71 f	13,77 ef	11,75 d
FeEDDHMA	7,67 ab	9,23 bc	9,42 bc	11,01 cd	9,33 b
FeEDTA + DTPA	7,67 ab	11,16 cd	11,23 cd	11,41 cd	10,37 c
Średnio Mean	7,67 a	9,62 b	11,42 d	10,56 c	

Zawartość manganu, podobnie jak cynku, była większa w roślinach uprawianych w podłożach z mineralną postacią żelaza (tab. 1 i 2). Rośliny uprawiane w podłożach z chelatem FeDTPA oraz z chelatem FeEDDHMA miały zbliżoną zawartość manganu, natomiast z chelatem FeEDTA + DTPA – najmniejszą.

Niezależnie od źródła żelaza przy wszystkich jego poziomach w podłożu średnia zawartość manganu w sałacie była mniejsza niż w roślinach z kombinacji kontrolnej. Dawkowanie żelaza w postaci siarczanów nie miało wpływu na zawartość manganu w sałacie.

Antagonizm między żelazem a cynkiem oraz żelazem a manganem stwierdzono tylko w kombinacjach z chelatami. Podobne zależności w doświadczeniach z sałatą po zastosowaniu chelatów żelaza wykazali Tyksiński i Komosa (2008) oraz Kozik i in. (2011), natomiast Avramaki i in. (2007) stwierdzili, że zwiększenie dawki żelaza w postaci chelatu FeEDDHA nie miało wpływu na zawartość cynku i manganu w liściach gardenii. Tyksiński (1993), podobnie jak w naszych badaniach, nie stwierdził istotnego wpływu wzrastających dawek żelaza w postaci siarczanowej na zawartość manganu i cynku w liściach sałaty uprawianej w substracie torfowym. Ghasemi-Fasaei i in. (2005) uważają, że zahamowanie przemieszczania manganu z korzeni do łodyg jest spowodowane obecnością żelaza.

Zawartość cynku w sałacie mieściła się w granicach 90,76-195,76 mg·kg<sup>-1</sup> s.m., a manganu – 74,59-355,96 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. Roorda van Eysinga i Smilde (1971), cytowani przez Winsora i Adamsa (1987), uważają, że w zdrowych główkach sałaty zawartość cynku mieści się w zakresie 30-330 mg·kg<sup>-1</sup> s.m., a zawartość manganu – w zakresie 16-150 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. Tyksiński (1992) uzyskał plony sałaty bez objawów niedoboru lub nadmiaru cynku nie różniące się w zakresie 80-290 mg·kg<sup>-1</sup> s.m., a manganu – w zakresie 220-720 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. Mills i Jones (1996) podają jako optymalne dla sałaty zawartości cynku 33-196 mg·kg<sup>-1</sup> s.m., a manganu – w przedziale 55-110 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. Dużo mniejsze zawartości tych śladników w liściach sałaty uprawianej w glebie mineralnej uzyskali Pillay i Jonnalagadda (2007) (Zn: 44,35-55,48 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. i Mn: 29,20-31,70 mg·kg<sup>-1</sup> s.m.) oraz w uprawie hydroponicznej Vadas i in. (2007) (Zn: 20-108 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. i Mn: 24-35 mg·kg<sup>-1</sup> s.m.).

Wiosną sałata uprawiana w podłożach z chelatem FeDTPA lub FeEDTA + DTPA zawierała średnio więcej miedzi niż w podłożach z mineralnymi postaciami żelaza oraz z chelatem FeIDHA (tab. 1). W kombinacjach z FeSO<sub>4</sub>, z chelatem FeIDHA i chelatem FeEDDHMA nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości miedzi w roślinach. Przy poziomach żelaza w podłożu 100 i 150 mg·dm<sup>-3</sup> średnia zawartość miedzi w sałacie była większa w porównaniu z zawartością, jaką miały rośliny przy niższych poziomach żelaza i w kombinacji kontrolnej.

Również jesienią zawartość miedzi w sałacie istotnie zależała od źródła i poziomu żelaza w podłożu (tab. 2). Dużą zawartością miedzi odznaczała się sałata uprawiana w podłożu z chelatem FeDTPA i z chelatem FeIDHA, a najmniejszą – z siarczanem żelaza III. Rośliny żywione żelazem w postaci siarczanu żelaza II i chelatu FeEDDHMA miały zbliżoną zawartość miedzi.

Niezależnie od źródła żelaza średnia zawartość miedzi w sałacie po zastosowaniu poziomów żelaza w zakresie od 50 do 100 mg·dm<sup>-3</sup> była istotnie większa niż w kombi-

nacji kontrolnej. Najwięcej miedzi w roślinach stwierdzono przy poziomie żelaza w podłożu  $75 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

W liściach sałaty uprawianej wiosną stwierdzono od  $6,10$  do  $16,80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m., a jesienią – od  $6,18$  do  $17,77 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. Podobny zakres zawartości miedzi w sałacie,  $7-17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m., podają Roorda van Eysinga i Smilde (1971), cytowani przez Winsor i Adams (1987). Mills i Jones (1996) wskazują dla sałaty przedział zawartości miedzi od  $6,0$  do  $16,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. Ylivainio i in. (2004) stwierdzili, że po zastosowaniu chelatów żelaza zawartość miedzi w sałacie uprawianej w piasku o odczynie kwaśnym wynosiła  $10,8-16,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m., a uprawianej w piasku o odczynie zasadowym –  $9,3-14,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.

## Wnioski

1. Zróżnicowane nawożenie żelazem wpływało istotnie na zawartość mikrośkładników w liściach sałaty.

2. W obu cyklach uprawy po zastosowaniu żelaza w postaci mineralnej rośliny zawierały istotnie więcej cynku i manganu, a mniej miedzi niż po zastosowaniu żelaza w postaci chelatów.

3. Niezależnie od źródła żelaza, zwiększenie jego zawartości w podłożu wpływało na zmniejszenie zawartości cynku i manganu oraz zwiększenie zawartości miedzi w liściach sałaty.

4. Wzrastające dawki żelaza w postaci mineralnej nie miały istotnego wpływu na zawartość mikrośkładników w sałacie.

## Literatura

- Alam, S., Kamei, S., Kawai, S. (2001). Effect of iron deficiency on the chemical composition of the xylem sap of barley. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 47, 643–649.
- Avramaki, E., Chatzissavvidis, C., Papadakis, I. (2007). Effects of different iron sources on mineral concentration of gardenia (*Gardenia jasminoides* Ellis) plants. *J. Biol. Res.*, 6, 227–230.
- Cohen, C. K., Fox, T. C., Garvin, D. F., Kochian, L. V. (1998). The role of iron-deficiency stress responses in stimulating heavy metal transport in plants. *Plant Physiol.*, 116, 1063–1072.
- Ghasemi-Fasaee, R., Ronaghi, A., Maftoun, M., Karimian, N. A., Soltanpour, P. N. (2005). Iron–manganese interaction in chickpea as affected by foliar and soil application of iron in a calcareous soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 36, 13–14, 1717–1725.
- Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A. B. (2007). Trace elements from soil to human. Berlin: Springer.
- Korshunova, Y. O., Eide, D., Clark, W. G., Guerinot, M. L., Pakrasi, H. B. (1999). The *IRT1* protein from *Arabidopsis thaliana* is a metal transporter with a broad substrate range. *Plant Mol. Biol.*, 40, 37–44.
- Kozik, E., Tyksiński, W., Bosiacki, M. (2011). A comparison of efficiency of organic and mineral iron compounds in the greenhouse cultivation of lettuce. *J. Elem.*, 16, 1, 59–68.
- Kozik, E., Wojciechowska, E., Mieloszyk, E. (2014). Wpływ zróżnicowanego żywienia żelazem na plon i zawartość żelaza w liściach sałaty (*Lactuca sativa* L. var. *capitata* L.) uprawianej w torfie. *Apar. Bad. Dydakt.*, 19, 4, 321–328.

- Mills, H. A., Jones, J. B. Jr. (1996). *Plant analysis handbook II: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Athens: Micro-Macro Publishing.
- Morrissey, J., Guerinot, M. L. (2009). Iron uptake and transport in plants: the good, the bad and the ionome. *Chem. Rev.*, 109, 10, 4553–4567.
- Pillay, V., Jonnalagadda, S. B. (2007). Elemental uptake by edible herbs and lettuce (*Lactuca sativa*). *J. Environ. Sci. Health Part B*, 42, 423–428.
- Roberts, L. A., Pierson, A. J., Panaviene, Z., Walker, E. L. (2004). Yellow stripe 1. Expanded roles for the maize iron-phytosiderophore transporter. *Plant Physiol.*, 135, 112–120.
- Schaaf, G., Ludewig, U., Erenoglu, B. E., Mori, S., Kitahara, T., von Wiren, N. (2004). ZmYS1 functions as a proton-coupled symporter for phyto siderophore- and nicotianamine-chelated metals. *J. Biol. Chem.*, 279, 9091–9096.
- Titchenal, C. A., Dobbs, J. (2007). A system to assess the quality of food sources of calcium. *J. Food Compos. Anal.*, 20, 717–724.
- Tyksiński, W. (1992). Reakcja sałaty szklarniowej na zróżnicowane nawożenie mikroelementami. *Rocz. AR Pozn. Rozpr. Nauk.*, 233.
- Tyksiński, W. (1993). Reakcja sałaty szklarniowej uprawianej w torfie na zróżnicowane nawożenie mikroelementami. VI. Interakcje między mikroelementami. *Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN*, 75, 155–160.
- Tyksiński, W., Komosa, A. (2008). After effect of iron chelated on yielding and iron content in greenhouse lettuce. *Acta Sci. Pol. Hort. Cult.*, 7, 2, 3–10.
- Vadas, M. T., Zhang, X., Curran, M. A., Ahner, A. B. (2007). Fate of DTPA, EDTA and EDDS in hydroponic media and effects on plant mineral nutrition. *J. Plant Nutr.*, 30, 8, 1229–1246.
- Walker, E. L., Connolly, E. L. (2008). Time to pump iron: iron-deficiency-signaling mechanisms of higher plants. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 11, 530–535.
- Winsor, G., Adams, P. (1987). *Diagnosis of mineral disorders in plants*. Vol. 3. Glasshouse crops. London: Her Majesty's Stationery Office.
- Ylivainio, K., Jaakkola, A., Aksela, R. (2004). Effects of Fe compounds on nutrient uptake by plants grown in sand media with different pH. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 167, 602–608.

## CONTENT OF CHOSEN MICRONUTRIENTS IN LEAVES OF LETTUCE (*LACTUCA SATIVA* L. VAR. *CAPITATA* L.) DEPENDING ON THE LEVEL AND FORM OF THE APPLIED IRON

**Summary.** In experiments with lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *capitata* L.) ‘Sunny’ variety, the effect of mineral and chelated iron compounds used in different doses, on the content of zinc, manganese and copper in leaves was determined. Plants were grown in spring and autumn in organic substrate. Content of micronutrients was determined with AAS method after wet digestion in a mixture of nitric and perchloric acid in a ratio of 3:1. It was demonstrated that significantly more of zinc and manganese and less copper contained plants fed with mineral form of iron ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) than in the chelated form ( $\text{FeDTPA}$ ,  $\text{FeEDDHMA}$ ,  $\text{FeIDHA}$ ,  $\text{FeEDTA} + \text{DTPA}$ ). Regardless of the source of iron, the increase in content of this nutrient in the substrate affected the reduction of the average content of zinc and manganese and increase of the copper content in plants. After application of mineral form of iron in all dosage, content of zinc, manganese and copper in the lettuce was not significantly different from that obtained in the control combination.

**Key words:** lettuce, iron sulfates, iron chelates, zinc, manganese, copper



Kozik, E., Wojciechowska, E., Golcz, A., Mieloszyk, E. (2015). Zawartość wybranych mikroskładników w liściach sałaty (*Lactuca sativa* L. var. *capitata* L.) w zależności od poziomu i postaci zastosowanego żelaza. *Nauka Przyr. Technol.*, 9, 1, #13. DOI: 10.17306/J.NPT.2015.1.13

---

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Elżbieta Kozik, Katedra Żywnienia Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Zgorzelecka 4, 60-198 Poznań, Poland, e-mail:kozik@up.poznan.pl*

*Zaakceptowano do opublikowania – Accepted for publication:*

*24.10.2014*

*Do cytowania – For citation:*

*Kozik, E., Wojciechowska, E., Golcz, A., Mieloszyk, E. (2015). Zawartość wybranych mikroskładników w liściach sałaty (*Lactuca sativa* L. var. *capitata* L.) w zależności od poziomu i postaci zastosowanego żelaza. *Nauka Przyr. Technol.*, 9, 1, #13. DOI: 10.17306/J.NPT.2015.1.13*