

TOMASZ KLEIBER, BARTOSZ MARKIEWICZ

Katedra Nawożenia Roślin Ogrodniczych
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

TOLERANCJA SAŁATY (*LACTUCA SATIVA* L.) NA ZASOLENIE CZĘŚĆ III. ZAWARTOŚĆ MIKROELEMENTÓW METALICZNYCH I SODU W ROŚLINACH

Streszczenie. Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu pożywek o wzrastającym zasoleniu: I (EC 1,60 mS·cm⁻¹), II (EC 2,50 mS·cm⁻¹), III (EC 3,50 mS·cm⁻¹), IV (EC 5,10 mS·cm⁻¹) na zmiany zawartości mikroelementów w częściach nadziemnych sałaty masłowej (*Lactuca sativa* L.) i ocena jej tolerancji na wzrastające zasolenie. Wraz ze wzrostem zasolenia pożywki wzrastały w niej poziomy żelaza, manganu, cynku, miedzi i sodu. Poziom zasolenia pożywki wpływał istotnie na zawartość żelaza, manganu, cynku, miedzi i sodu w główkach sałaty, a ponadto na zawartość żelaza, manganu, cynku i sodu w liściach zewnętrznych. Zasolenie pożywki nie wpływało istotnie na zawartość miedzi w liściach zewnętrznych. Odmiana nie wpływała istotnie na zawartość w nich żelaza, manganu, miedzi i sodu w główkach sałaty, przy jednoczesnym wpływie na zawartość cynku. W przypadku liści zewnętrznych sałaty odmiana istotnie różnicowała zawartość żelaza, manganu i sodu. Nie stwierdzono na roślinach objawów toksyczności spowodowanych nadmiernym zasoleniem pożywki, w zakresie od 1,60 do 5,10 mS·cm⁻¹.

Słowa kluczowe: *Lactuca sativa* L., mikroelementy, zawartość składników, zasolenie, tolerancja

Wstęp

Istotnym problemem intensywnego polskiego ogrodnictwa pod osłonami, wykorzystującego podłoże inertne, jest usuwanie tzw. wód drenarskich wprost do gleby (KOMOSA 2002, KLEIBER i KOMOSA 2008). Wody drenarskie to 20-30-procentowy nadmiar pożywki stosowany do przepłukiwania ze składników i zmniejszenia zasolenia mat uprawowych. Zwykle wody drenarskie oraz pożywki środowiska korzeniowego roślin, na skutek przewagi transpiracji nad pobieraniem składników pokarmowych, cechują się większym zasoleniem niż pożywka aplikowana pierwotnie roślinom (KOMOSA i OLECH

1996). Ma to destrukcyjny wpływ na gleby, jak również na ujęcia wód głębinowych (KOMOSA 2002). Szansą na poprawę tej sytuacji jest zastosowanie zamkniętych układów obiegu pożywki w gospodarstwie. Jedną z form wykorzystania wód drenarskich jest ich użycie do żywienia innych upraw. Przykładem może być hydroponiczna uprawa sałaty, w układzie stagnującej pożywki, z użyciem wód drenarskich z upraw pomidora (METODYKA... 2005). W uprawach tego typu, na skutek zateżenia się składników pokarmowych, silnie wzrasta zasolenie pożywek strefy korzeniowej roślin (KLEIBER i MARKIEWICZ 2010). Wcześniej zagadnieniem wpływu zasolenia na uprawę sałaty zajmowali się m.in.: ANDRIOLO i IN. (2005), BELTRÃO i IN. (1997), DE PASCALE i BARBIERI (1995), PÉREZ-ALFOCEA i IN. (2002), SCUDERI i IN. (2009), TESI i IN. (2003).

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu pożywek o zróżnicowanym zasoleniu: I (EC 1,60 mS·cm⁻¹), II (EC 2,50 mS·cm⁻¹), III (EC 3,50 mS·cm⁻¹), IV (EC 5,10 mS·cm⁻¹) na zmiany zawartości mikroelementów w częściach nadziemnych sałaty (główkach oraz liściach zewnętrznych) pod kątem tolerancji tej rośliny na wzrastające zasolenie. Poznanie reakcji sałaty na duże zasolenie pożywek przyczynić się może do wykorzystania takich pożywek (np. wód drenarskich z upraw pomidora) w hydroponicznej uprawie tego gatunku, z użyciem bezodpływowej hydroponiki stagnującej.

Material i metody

Doświadczenia wegetacyjne przeprowadzono w okresie od marca do maja 2009 roku w szklarniach uprawowych zlokalizowanych na terenie Stacji Doświadczalnej Katedr Wydziału Ogrodniczego Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Badano wpływ pożywek o zróżnicowanym zasoleniu (wyrażonym w jednostkach EC): I (EC 1,60 mS·cm⁻¹), II (EC 2,50 mS·cm⁻¹), III (EC 3,50 mS·cm⁻¹), IV (EC 5,10 mS·cm⁻¹) na zmiany zawartości mikroelementów oraz sodu w częściach nadziemnych sałaty (główkach oraz liściach zewnętrznych), pod kątem jej tolerancji na wzrastające zasolenie. Wzrostowi zasolenia pożywki towarzyszył wzrost zawartości mikroelementów metalicznych i sodu. Doświadczenie przeprowadzono w pięciu powtórzeniach, z zastosowaniem dwóch odmian sałaty masłowej (*Lactuca sativa* L.): 'ISI 49017' oraz 'Brigitta' ('ISI 49008') z firmy ISI Sementi (Włochy).

Woda, na której bazie sporządzono pożywki do fertygacji, zawierała (mg·dm⁻³): N-NH₄ śl., N-NO₃ 3,7, P-PO₄ 0,3, K 1,8, Ca 57,3, Mg 13,4, S-SO₄ 58,3, Na 22,7, Cl 42,2, Fe 0,08, Mn 0,08, Zn 1,648, Cu śl., B 0,011, Mo śl., HCO₃ 277,5; odczyn pH wynosił 7,00, EC – 0,74 mS·cm⁻¹. Do sporządzania pożywek wykorzystywano nawozy pojedyncze i kompleksowe. Skład chemiczny pożywek przedstawiono w tabeli 1.

Szczegółowe zmiany pożywek reprezentujących środowisko korzeniowe w stosunku do pożywki aplikowanej roślinom podano w pracy KLEIBERA i MARKIEWICZA (2010).

Nasiona wysiewano punktowo do paluszków z wełny mineralnej, które 48 h przed siewem wysycono pożywką. Rostadę w fazie trzech-czterech liści wstawiano do wysyconych właściwą pożywką kostek uprawowych z wełny mineralnej (o wymiarach 10 × 10 × 10 cm), a te z kolei wstawiano do bezodpływowych pojemników PE o objętości 3,45 dm³. Pojemniki osłonięto czarno-białą folią (z nacięciami na rośliny), tworząc hydroponikę w układzie zamkniętym ze stagnującą pożywką. Rośliny podlewano, w zależności od potrzeb, dawką odpowiedniej pożywki wynoszącą 150-300 ml na roślinę.

Tabela 1. Skład chemiczny pożywek stosowanych do fertygacji ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) oraz ich zasolenie ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$)Table 1. Chemical composition of nutrient solutions used for fertigation ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) and their salinity ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$)

Składnik	Pożywki			
	I	II	III	IV
N-NH ₄	7,0	8,8	24,5	28,0
N-NO ₃	133,0	189,0	329,0	392,0
P	324,4	600,1	640,5	683,7
K	148,4	256,2	362,9	496,2
Ca	75,3	91,9	95,2	109,1
Mg	40,6	53,4	60,3	66,0
S-SO ₄	160,6	173,2	170,3	174,2
Fe	0,08	0,36	2,47	3,92
Mn	0,28	0,73	1,06	1,43
Zn	0,79	1,75	2,08	2,07
Cu	0,025	0,056	0,131	0,17
Na	31,4	32,1	34,2	37,0
Cl	54,3	49,3	52,0	48,0
EC	1,60	2,50	3,50	5,10

Do analiz chemicznych pobierano części nadziemne roślin, oddzielnie liście zewnętrzne oraz główki. Zebrany materiał roślinny suszono w temperaturze 45-50°C, a następnie mielono. Do oznaczenia ogólnych form żelaza, manganu, cynku i miedzi materiał roślinny mineralizowano w mieszaninie kwasów azotowego i nadchlorowego (3:1 v/v), a do oznaczenia sodu – w stężonym kwasie siarkowym (KAMIŃSKA i IN. 1972). Po mineralizacji wykonano oznaczenia Na, Fe, Mn, Zn i Cu metodą ASA (na aparacie Carl Zeiss Jena). Wyniki analiz chemicznych roślin poddano analizie statystycznej za pomocą testu Duncana ($\alpha = 0.05$).

Wyniki i dyskusja

Plonowanie. Plonowanie roślin omówiono w pracy MARKIEWICZA i KLEIBERA (2010). Autorzy stwierdzili istotny wpływ badanych poziomów zasolenia pożywek na *średnią masę główek*. Najmniejszą masą charakteryzowały się rośliny, do których podlewania stosowano pożywkę I i IV (odpowiednio 195,2 i 188,5 g), a największą – rośliny podlewane pożywką II (256,0 g).

Zawartość składników. Stwierdzono istotny wpływ składu pożywki na zawartość *żelaza* w główkach sałaty (tab. 2). Najmniejszą jego zawartością charakteryzowały się

rośliny żywione pożywką I ($133,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), a istotnie największą – rośliny żywione pożywką IV ($244,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), w której poziom żelaza sięgał $3,92 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości tego składnika pomiędzy badanymi odmianami, jednocześnie wykazano istotną interakcję odmiana \times pożywka. Stwierdzono – podobnie jak w przypadku główek – istotny wpływ pożywki na zawartość żelaza w liściach zewnętrznych (tab. 3). Istotnie najmniej tego składnika oznaczono w przypadku stosowania pożywki I ($189,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). W przypadku pozostałych badanych kombinacji zawartości były zbliżone ($245,7$ i $280,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, w pożywkach, odpowiednio, II i III).

Tabela 2. Wpływ pożywki i odmiany na zawartość mikroelementów i sodu w główkach sałaty
Table 2. The influence of nutrient solution and variety on the microelements and sodium content in lettuce heads

Odmiana	Pożywki				
	I	II	III	IV	średnia
Żelazo ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)					
'ISI 49017'	152,7 b*	177,6 ab*	241,1 cd*	207,0 bc*	194,6 a*
'Brigitta'	115,0 a*	140,6 a*	156,3 ab*	282,6 d*	173,6 a*
Średnia**	133,8 a	159,1 ab	198,7 b	244,8 c	
Mangan ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)					
'ISI 49017'	41,1 a*	111,0 d*	78,3 b*	86,6 bc*	79,2 a*
'Brigitta'	28,7 a*	89,5 bc*	75,4 b*	101,4 cd*	73,7 a*
Średnia**	34,9 a	100,2 c	76,8 b	94,0 c	
Cynk ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)					
'ISI 49017'	190,3 b*	240,3 c*	192,6 b*	138,0 a*	190,3 b*
'Brigitta'	157,0 a*	195,7 b*	183,5 b*	155,3 a*	172,9 a*
Średnia**	173,7 b	218,0 c	188,0 b	146,7 a	
Miedź ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)					
'ISI 49017'	8,20 bc*	7,50 b*	10,80 e*	8,60 bcd*	8,78 a*
'Brigitta'	3,60 a*	8,25 bc*	10,25 de*	9,90 cde*	8,00 a*
Średnia**	5,90 a	7,88 b	10,53 d	9,25 c	
Sód (% w s.m.)					
'ISI 49017'	0,62 f*	0,36 d*	0,30 bc*	0,24 a*	0,38 b*
'Brigitta'	0,56 e*	0,33 cd*	0,24 a*	0,25 ab*	0,34 a*
Średnia**	0,59 c	0,34 b	0,27 a	0,24 a	

*Wartości średnie w kolumnie oznaczone innymi literami różnią się istotnie przy $\alpha = 0,05$.

**Wartości średnie w wierszu oznaczone innymi literami różnią się istotnie przy $\alpha = 0,05$.

Tabela 3. Wpływ pożywki i odmiany na zawartość mikroelementów i sodu w liściach zewnętrznych sałaty

Table 3. The influence of nutrient solution and variety on the microelements and sodium content in outer leaves of lettuce

Odmiana	Pożywki				
	I	II	III	IV	średnia
Żelazo (mg·kg ⁻¹)					
'ISI 49017'	182,8 a*	282,8 c*	299,5 c*	283,2 c*	262,1 b*
'Brigitta'	195,2 a*	208,7 ab*	261,0 bc*	262,4 bc*	231,8 a*
Średnia**	189,0 a	245,7 b	280,2 b	272,8 b	
Mangan (mg·kg ⁻¹)					
'ISI 49017'	105,5 ab*	210,8 d*	163,8 cd*	140,3 bc*	155,1 b*
'Brigitta'	57,7 a*	142,9 bc*	156,7 bc*	148,4 bc*	126,4 a*
Średnia**	81,6 a	176,8 b	160,3 b	144,3 b	
Cynk (mg·kg ⁻¹)					
'ISI 49017'	272,8 cd*	294,6 d*	256,9 cd*	136,7 a*	240,2 a*
'Brigitta'	253,5 cd*	217,6 bc*	226,4 c*	171,1 ab*	217,1 a*
Średnia**	263,1 b	256,1 b	241,6 b	153,9 a	
Miedź (mg·kg ⁻¹)					
'ISI 49017'	8,10 a*	6,75 a*	8,15 a*	6,05 a*	7,26 a*
'Brigitta'	6,25 a*	7,80 a*	6,50 a*	6,45 a*	6,75 a*
Średnia**	7,18 a	7,28 a	7,33 a	6,25 a	
Sód (% w s.m.)					
'ISI 49017'	0,58 f*	0,45 d*	0,37 c*	0,30 a*	0,43 a*
'Brigitta'	0,65 g*	0,50 e*	0,33 b*	0,36 c*	0,46 a*
Średnia**	0,62 d	0,48 c	0,35 b	0,33 a	

*Wartości średnie w kolumnie oznaczone innymi literami różnią się istotnie przy $\alpha = 0,05$.**Wartości średnie w wierszu oznaczone innymi literami różnią się istotnie przy $\alpha = 0,05$.

Wykazano istotny wpływ odmiany oraz występowanie interakcji odmiana × pożywka oddziałującej istotnie na zawartość żelaza w liściach zewnętrznych. HAKERLERLER i IN. (1992) stwierdzili, że optymalna zawartość żelaza w liściach sałaty wynosi 55,9 mg·kg⁻¹. Jest to wartość wyraźnie mniejsza od oznaczonej w naszych badaniach. Z kolei GÜL i IN. (2007) twierdzą, że zawartości tego mikroelementu, w zależności od stosowanego podłoża, mieścić się mogą w zakresie od 91,2 do 126,5 mg·kg⁻¹. KOZIK i IN. (2008) podają, że na zawartość mikroelementów w liściach sałaty wpływa forma dostarczanego składnika: mineralna (siarczanowa) lub organiczna (chelat). Wspomniani autorzy poda-

ją, że w zależności od zastosowanej formy zawartości żelaza mogą wynosić od 149,1 do 193,4 mg·kg⁻¹. Są to wartości zbliżone z uzyskanymi przez autorów niniejszej pracy. Odmienne wyniki dotyczące wpływu zasolenia pożywki na zawartość żelaza w liściach sałaty przedstawiają ABOU-HADID i IN. (1996), którzy stwierdzili, że wzrostowi EC pożywki towarzyszy zmniejszenie zawartości żelaza w roślinach: z 950,48 do 836,95 oraz z 925,71 do 826,63 mg·kg⁻¹. Wspomniane zawartości są wyraźnie większe od oznaczonych w niniejszych badaniach.

Podobnie jak w przypadku żelaza, stwierdzono istotny wpływ stosowanej pożywki na zawartość *manganu*, zarówno w główkach, jak i w liściach zewnętrznych sałaty. Istotnie najmniejszą zawartością tego mikroelementu cechowały się główki sałaty uprawianej w pożywce I (34,9 mg·kg⁻¹), a największą – główki sałaty uprawianej w pożywkach II i IV (odpowiednio 100,2 i 94,0 mg·kg⁻¹). Podobnie jak w przypadku żelaza, wykazano istotną interakcję między badanymi czynnikami a manganem. Najmniejszą zawartością manganu w liściach zewnętrznych oznaczały się rośliny podlewane pożywką I (81,6 mg·kg⁻¹). W pozostałych kombinacjach zawartości tego składnika nie różniły się istotnie i wynosiły od 144,3 mg·kg⁻¹ w pożywce IV do 176,8 mg·kg⁻¹ w pożywce II. Odmiana wpływała istotnie na zawartość manganu w badanych częściach roślin. Więcej tego składnika oznaczono w przypadku odmiany 'ISI 49017'. Zbliżony do oznaczonych w niniejszych badaniach zakres zawartości manganu (50-200 mg·kg⁻¹) podają WINSOR i ADAMS (1987). Wyraźnie mniejszą zawartość, równą 22,0 mg·kg⁻¹, podają z kolei HAKERLERLER i IN. (1992). GÜL i IN. (2007) oznaczyli zawartości manganu w liściach sałaty mieszczące się w zakresie od 42,92 do 66,22 mg·kg⁻¹. KOZIK i IN. (2008) podają, że zawartości tego składnika mogą wynosić, w zależności od formy nawozu, w przypadku uprawy tradycyjnej w torfie od 174,4 do 346,8 mg·kg⁻¹. ABOU-HADID i IN. (1996) stwierdzili, podobnie jak autorzy niniejszej pracy, że wraz ze wzrostem zasolenia pożywki wzrastała w roślinach zawartość manganu.

Stwierdzono istotny wpływ pożywki na zawartość *cynku* w główkach sałaty. Istotnie najmniejszą zawartość tego składnika oznaczono w sałacie nawożonej pożywką IV (146,7 mg·kg⁻¹), a największą – w sałacie nawożonej pożywką II (218,0 mg·kg⁻¹). Odmiana 'ISI 49017' zawierała istotnie więcej badanego składnika (190,3 mg·kg⁻¹) w porównaniu do 'Brigitte': 172,9 mg·kg⁻¹. Stwierdzono również istotny wpływ pożywki na zawartość cynku w liściach zewnętrznych. Zawartość tego składnika była istotnie najmniejsza w przypadku stosowania pożywki IV (153,9 mg·kg⁻¹), a w przypadku pozostałych pożywek nie wykazano istotności różnic. Nie stwierdzono wpływu odmiany, przy jednocześnie istotnej interakcji odmiana × pożywka, na zawartość cynku w liściach zewnętrznych. Wyraźnie mniejszą zawartość tego składnika w liściach sałaty, wynoszącą 30 mg·kg⁻¹, podają HAKERLERLER i IN. (1992). Również mniejsze zawartości cynku w liściach sałaty przytaczają GÜL i IN. (2007). Autorzy ci stwierdzili, że – w zależności od stosowanego podłoża – zawartości tego składnika mieszczą się w zakresie od 60,86 do 75,57 mg·kg⁻¹. Mniejsze od oznaczonych w niniejszych badaniach zawartości cynku podają KOZIK i IN. (2008): od 110,7 do 187,3 mg·kg⁻¹. W niniejszych badaniach wykazano istotne zmniejszenie się zawartości cynku w roślinach wraz ze wzrostem EC pożywki. Zbliżone wyniki badań podają ABOU-HADID i IN. (1996).

Stwierdzono istotny i pozytywny wpływ wzrostu EC pożywki na zawartość *miedzi* w główkach sałaty. Najmniej tego składnika oznaczono w kombinacji zasilanej pożywką I (5,90 mg·kg⁻¹), a istotnie więcej – w kombinacji zasilanej pożywką III (10,53

mg·kg⁻¹). Podobnie jak w przypadku żelaza i manganu, odmiana nie różnicowała zawartości miedzi w roślinie. Nie stwierdzono wpływu badanych czynników na zawartość miedzi w liściach zewnętrznych. Zawartości tego mikroelementu mieściły się w zakresie od 6,25 do 7,33 mg·kg⁻¹ (odpowiednio dla pożywek IV i III). Zbliżony zakres zawartości miedzi w liściach sałaty (5-15 mg·kg⁻¹) przytaczają WINSOR i ADAMS (1987). Z kolei HAKERLERLER i IN. (1992) podają, że optymalna zawartość miedzi dla tej rośliny wynosi 5 mg·kg⁻¹. Oznaczone w naszych badaniach zawartości miedzi są zbliżone do tych, które oznaczyli GÜL i IN. (2007). Z kolei KOZIK i IN. (2008) podają znacznie większe zawartości tego składnika, mieszczące się w zakresie od 14,3 do 27,9 mg·kg⁻¹. ABOU-HADID i IN. (1996) podają, że wraz ze wzrostem EC pożywki zawartości miedzi w liściach sałaty zmniejszały się (w kolejnych sezonach: z 34,3 do 31,61 oraz z 31,64 do 21,47 mg·kg⁻¹).

Stwierdzono istotny różnicujący wpływ pożywki na zawartość sodu w główkach sałaty. Najmniej tego składnika oznaczono w przypadku stosowania do podlewania roślin pożywek III i IV (odpowiednio 0,27 i 0,24%), a najwięcej – z zastosowaniem pożywki I (0,59%). Istotnie większą zawartością tego składnika cechowała się odmiana 'ISI 49017'. Istniała interakcja między czynnikami: pożywka × odmiana. Wykazano, podobnie jak w przypadku zawartości sodu w główkach, istotne zmniejszenie zawartości tego składnika w liściach zewnętrznych wraz ze wzrostem EC pożywek. Najmniejszą zawartością sodu charakteryzowały się rośliny zasilane pożywką IV (0,33%), a największą – rośliny zasilane pożywką I (0,62%). Odmiana nie wpływała na zawartość tego składnika, ale jednocześnie istniała istotna korelacja: odmiana × pożywka.

W badaniach MARKIEWICZA i KLEIBERA (2010) poziom zasolenia pożywki w zakresie od 1,6 do 5,1 mS·cm⁻¹ istotnie wpływał na zawartość w główkach sałaty: fosforu, potasu i magnezu, nie modyfikował z kolei zawartości azotu i wapnia. Badany czynnik nie wpływał na zawartość azotu w liściach zewnętrznych, przy równoczesnym różnicowaniu fosforu, potasu, wapnia i magnezu.

Pomimo stosowania do fertygacji roślin pożywek o poziomie zasolenia wyraźnie przekraczającym poziom optymalny dla uprawy sałaty (METODYKA... 2005), nie stwierdzono uszkodzeń roślin wynikających z nadmiernego zasolenia, a tym samym nadmiernych stężeń składników. Wydaje się, że z punktu widzenia wzrostu, rozwoju oraz żywienia roślin możliwa jest uprawa sałaty w hydroponice stagnującej, co jest pożądane ze względów ekologicznych.

Wnioski

1. Poziom zasolenia pożywki i zawartość w niej żelaza, manganu, cynku, miedzi i sodu miały istotny wpływ na zawartość tych pierwiastków w główkach sałaty.
2. Zasolenie pożywki istotnie modyfikowało zawartość żelaza, manganu, cynku i sodu w liściach zewnętrznych sałaty, nie wpływało z kolei na zawartość miedzi.
3. Odmiana nie wpływała istotnie na zawartość w główkach sałaty żelaza, manganu, miedzi i sodu, przy jednoczesnym wpływie na zawartość cynku. Odmiana istotnie różnicowała z kolei zawartość żelaza, manganu i sodu w liściach sałaty.

Literatura

- ABOU-HADID A.F., ABD-ELMONIEM E.M., EL-SHINAWY M.Z., ABOU-ELSOUND M., 1996. Electrical conductivity effect on growth and mineral composition of lettuce plants in hydroponic system. *Acta Hort.* 434: 59-66.
- ANDRIOLO J.L., LUZ G.L., WITTER M.H., GODOI R.S., BARROS G.T., BORTOLOTO O.C., 2005. Growth and yield of lettuce plants under salinity. *Hortic. Brasil.* 23, 4: 931-934.
- BELTRÃO J., TRINDADE D., CORREIA P.J., 1997. Lettuce yield response to salinity of sprinkle irrigation water. *Acta Hort.* 449: 623-627.
- DE PASCALE S., BARBIERI G., 1995. Effect of soil salinity from long-term irrigation with saline-sodic water on yield and quality of winter vegetable crops. *Sci. Hort.* 64: 145-157.
- GÜL A., EROĞUL D., ÖZTAN F., TEPECİK M., 2007. Effect of growing media on plant growth and nutrient status of crisp-head lettuce. *Acta Hort.* 729: 367-371.
- HAKERLERLER H., ANAC D., GÜL A., SAATCI N., 1992. Topraksız yetiştirme ortamlarının sera koşullarında yetiştirilen marulun azot fraksiyonlarına ve besin maddeleri miktarına etkileri. *J. Ege Univ. Fac. Agricult.* 29, 2-3: 87-94.
- KAMIŃSKA W., KARDASZ T., STRAHL A., BALUCKA T., WALCZAK K., FILIPEK P., 1972. Metody analiz w stacjach chemiczno-rolniczych. Część II. Analiza roślin. IUNG, Puławy.
- KLEIBER T., KOMOSA A., 2008. Differentiation of microelements contents in nutrient solution and drainage water in growing of anthurium (*Anthurium cultorum* Birdsey) in expanded clay. *Acta Sci. Pol. Hort. Cultus* 7, 1: 53-62.
- KLEIBER T., MARKIEWICZ B., 2010. Tolerancja sałaty (*Lactuca sativa* L.) na zasolenie. Część I. Zróżnicowanie składu chemicznego pożywek środowiska korzeniowego. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 4, #46.
- KOMOSA A., 2002. Podłoża inertne – postęp czy inercja? W: Materiały z Konferencji: Aktualne trendy w produkcji i stosowaniu podłoży ogrodniczych. Lublin 6-7.06.2002. PTNO, Lublin: 15-31.
- KOMOSA A., OLECH R., 1996. Changes of nutrient solution in greenhouse tomato grown with a closed fertilization system I. Macronutrients. *Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN* 81: 253-260.
- KOZIK E., TYKSIŃSKI W., KOMOSA A., 2008. Effect of chelated and mineral forms of micronutrients on their content in leaves and the yield of lettuce. Part II. Copper. *Acta Sci. Pol. Hort. Cultus* 7, 3: 25-31.
- MARKIEWICZ B., KLEIBER T., 2010. Tolerancja sałaty (*Lactuca sativa* L.) na zasolenie. Część II. Wzrost, rozwój, plonowanie i zawartość składników pokarmowych w częściach nadziemnych roślin. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 4, #47.
- METODYKA integrowanej produkcji sałaty pod osłonami. 2005. Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa, Warszawa.
- PÉREZ-ALFOCEA F., BALIBREA M.E., PARRA M., BOLARÍN M.C., 2002. Increasing salt tolerance in tomato and lettuce by inducing plant adaptation: haloconditioning. *Acta Hort.* 573: 369-375.
- SCUDERI D., GIUFFRIDA F., NOTO G., 2009. Effects of salinity and plant density on quality of lettuce grown in floating system for fresh-cut. *Acta Hort.* 843: 219-225.
- TESI R., LENZI A., LOMBARDI P., 2003. Effect of salinity and oxygen level on lettuce grown in a floating system. *Acta Hort.* 609: 383-387.
- WINSOR G., ADAMS P., 1987. Diagnosis of mineral disorders in plants. *Glasshouse Crops* 3: 119-125.

LETTUCE (*LACTUCA SATIVA* L.) TOLERANCE TO SALINITY PART III. METALLIC MICROELEMENTS AND SODIUM CONTENT IN PLANTS

Summary. The main aim of the conducted studies was estimation of nutrient solution with increasing salinity level: I (EC 1.60 mS·cm⁻¹), II (EC 2.50 mS·cm⁻¹), III (EC 3.50 mS·cm⁻¹), IV (EC 5.10 mS·cm⁻¹) on the changing microelement content in aboveground plants parts, concentrating on butterhead lettuce tolerance to increasing salinity level. Along with increasing salinity level of nutrient solution, levels of iron, manganese, zinc, copper and sodium were increasing. The nutrient solution salinity levels significantly influenced the iron, manganese, zinc, copper and sodium content in lettuce head – and moreover, on iron, manganese, zinc and sodium contents in outer leaves. The nutrient solution salinity has no significant influence on the copper content in case of outer leaves. The varieties have no significant influence on iron, manganese, copper and sodium in lettuce heads, but it influences the zinc content. In case of lettuce outer leaves the variety significantly differentiated the content of iron, manganese and sodium. The symptoms of toxicity of excessive salinity nutrient solution levels range from 1.60 to 5.10 mS·cm⁻¹, have not been found on plants.

Key words: *Lactuca sativa* L., microelements, nutrient content, salinity, tolerance

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Tomasz Kleiber, Katedra Nawożenia Roślin Ogrodniczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Zgorzelecka 4, 60-198 Poznań, Poland, e-mail: tkleiber@up.poznan.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

13.05.2010

Do cytowania – For citation:

*Kleiber T., Markiewicz B., 2010. Tolerancja sałaty (*Lactuca sativa* L.) na zasolenie. Część III. Zawartość mikroelementów metalicznych i sodu w roślinach. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 4, #48.*