

TOMASZ KLEIBER, BARTOSZ MARKIEWICZ

Katedra Nawożenia Roślin Ogrodniczych
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

TOLERANCJA SAŁATY (*LACTUCA SATIVA* L.) NA ZASOLENIE CZEŚĆ I. ZRÓŻNICOWANIE SKŁADU CHEMICZNEGO POŻYWEK ŚRODOWISKA KORZENIOWEGO

Streszczenie. Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu stosowania pożywek o wzrastającym zasoleniu na zmiany składu chemicznego środowiska korzeniowego dwóch odmian sałaty (*Lactuca sativa* L.) uprawianej w wełnie mineralnej. W efekcie zateżenia większości składników pokarmowych we wszystkich badanych kombinacjach stwierdzono tendencję do wzrostu zasolenia (wyrażonego jako EC) pożywek reprezentujących środowisko korzeniowe w stosunku do pożywki aplikowanej roślinom. Składnikami, których zawartość wzrosła w strefie korzeniowej, były (%): Cl (+234,1) > Ca (+63,8) > Na (+63,5) > S-SO₄ (+47,3) > N-NO₃ (+31,1) > Mg (+16,7) > Zn (+16,2) > Cu (+10,3) > Mn (+10,2) > N-NH₄ (+2,3), a EC wzrosło o 9,4%, podczas gdy szereg obniżania zawartości był następujący (%): Fe (-48,5) > P (-10,5) > K (-7,5).

Słowa kluczowe: *Lactuca sativa* L., pożywka, strefa korzeniowa, zasolenie

Wstęp

W Polsce, w intensywnych uprawach pod osłonami istotną rolę odgrywają podłoża inertne, głównie: wełna mineralna, keramzyt i pianka poliuretanowa (CHOHURA 2000, KLEIBER i KOMOSA w druku). Użycie wspomnianych podłoży wymaga zastosowania systemów dozujących pożywkę. Ze względu na zateżenie się składników w strefie korzeniowej roślin stosuje się 20-30-procentowy nadmiar pożywki, która wycieka z zagonów lub mat uprawowych. Zwykle nadmiar ten jest usuwany bezpośrednio do gleby (tzw. otwarte systemy nawożenia), powodując jej skażenie, a także zanieczyszczenie wód gruntowych. Szansą na poprawę sytuacji jest zaprzestanie usuwania wyciekających wód drenarskich do gleby i ponowne ich wykorzystanie do żywienia roślin (tzw. zamknięte

systemy nawożenia). Pociąga to jednak za sobą znaczne nakłady finansowe. Najtańszą alternatywą dla zaawansowanych technicznie układów z recyrkulacją pożywki jest zastosowanie tzw. hydroponiki stagnującej, z której pożywka dostarczana roślinom nie wycieka, a jej poziom jest okresowo uzupełniany. Na skutek przewagi transpiracji nad selektywnym pobieraniem jonów przez rośliny dochodzi do zateżnienia takiej pożywki, czyli wzrostu zasolenia w obrębie strefy korzeniowej roślin.

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu stosowania pożywek o zróżnicowanym składzie chemicznym – a w konsekwencji o wzrastającym zasoleniu (wyrażonym miarą ich EC) – na zmiany składu chemicznego ryzosfery sałaty uprawianej w wełnie mineralnej w systemie hydroponiki stagnującej i na tolerancję tej rośliny wobec wzrastającego zasolenia.

Material i metody

Doświadczenia vegetacyjne przeprowadzono w okresie od marca do maja 2009 roku w specjalistycznych szklarniach zlokalizowanych na terenie Stacji Doświadczalnej Katedr Wydziału Ogrodniczego Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Badano wpływ stosowania pożywek o wzrastającym zasoleniu: I (pożywka o stężeniu 50%, EC 1,60 mS·cm⁻¹), II (pożywka o stężeniu 100%, EC 2,50 mS·cm⁻¹), III (pożywka o stężeniu 150%, EC 3,50 mS·cm⁻¹), IV (pożywka o stężeniu 200%, EC 5,10 mS·cm⁻¹) na zmiany zawartości składników w środowisku korzeniowym sałaty uprawianej w wełnie mineralnej i tolerancję tej rośliny na wzrastające zasolenie. pH pożywek w strefie korzeniowej roślin mieściło się w zakresie 5,8-6,5.

Doświadczenie przeprowadzono w pięciu powtórzeniach (po dwie rośliny w każdym powtórzeniu, umieszczone indywidualnie w pojemnikach z PE o objętości 3,45 dm³), z zastosowaniem dwóch odmian sałaty masłowej (*Lactuca sativa* L.): ‘ISI 42017’ oraz ‘Brigitta’ 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. W doświadczeniach stosowano cztery pożywki o następującym składzie chemicznym (mg·dm⁻³):

- żywka I: N-NH₄ 7,0, N-NO₃ 133,0, P 324,4, K 148,4, Ca 75,3, Mg 40,6, S-SO₄ 160,6, Fe 0,08, Mn 0,28, Zn 0,79, Cu 0,025, Na 31,4, Cl 54,3; EC wynosiło 1,60 mS·cm⁻¹;
- żywka II: N-NH₄ 8,8, N-NO₃ 189,0, P 600,1, K 256,2, Ca 91,9, Mg 53,4, S-SO₄ 173,2, Fe 0,36, Mn 0,73, Zn 1,75, Cu 0,056, Na 32,1, Cl 49,6; EC wynosiło 2,50 mS·cm⁻¹;
- żywka III: N-NH₄ 24,5, N-NO₃ 329,0, P 640,5, K 362,9, Ca 95,2, Mg 60,3, S-SO₄ 170,3, Fe 2,47, Mn 1,06, Zn 2,08, Cu 0,131, Na 34,2, Cl 52,0; EC wynosiło 3,50 mS·cm⁻¹;
- żywka IV: N-NH₄ 28,0, N-NO₃ 392,0, P 683,7, K 496,2, Ca 109,1, Mg 66,0, S-SO₄ 174,2, Fe 3,92, Mn 1,43, Zn 2,07, Cu 0,174, Na 37,0, Cl 48,0; EC wynosiło 5,10 mS·cm⁻¹.

Nasiona wysiewano punktowo do paluszków z wełny mineralnej, które 48 h przed siewem wysycono pożywką. Rozsadę (w fazie trzech-czterech liści) wstawiano do wysyconych właściwą pożywką kostek uprawowych z wełny mineralnej (o wymiarach $10 \times 10 \times 10$ cm), a te z kolei wstawiono do bezodpływowych pojemników PE o objętości $3,45 \text{ dm}^3$. Pojemniki osłonięto czarno-białą folią (z nacięciami na rośliny), tworząc hydroponikę w układzie zamkniętym ze stagnującą pożywką. Rośliny podlewano, w zależności od potrzeb, dawką pożywki wynoszącą 150-300 ml na roślinę, utrzymując stały poziom pożywki na wysokości 2 cm od dołu kostki uprawowej.

Próby pożywek reprezentujących strefę korzeniową roślin pobierano o stałej porze doby, za pomocą pipety automatycznej, z połowy miąższości kostki uprawowej, w trzech terminach w trakcie wegetacji roślin: tydzień po posadzeniu, w połowie okresu wegetacji oraz w dniu likwidacji doświadczenia. Dane zawarte w tabelach 1 i 2 przedstawiają średnie zawartości składników ze wspomnianych terminów. Analizę chemiczną pożywek przeprowadzono bezpośrednio w badanych roztworach (bez ich stabilizacji) następującymi metodami: N-NH₄ i N-NO₃ – destylacyjnie według Bremnera w modyfikacji Starcka, P – kolorymetrycznie z wanadomolibdenianem amonu, K, Ca, Na – metodą fotometrii płomieniowej, Cl – nefelometrycznie z AgNO₃, S-SO₄ – nefelometrycznie z BaCl₂, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu v metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS, na aparacie Carl Zeiss Jena), EC – konduktometrycznie, pH – potencjometrycznie. Wyniki analiz chemicznych pożywek poddano analizie statystycznej testem Duncana ($\alpha = 0,05$).

Wyniki i dyskusja

Makroelementy. Stwierdzono istotny wpływ EC i składu chemicznego aplikowanych pożywek na zmiany zawartości *azotu amonowego* w ryzosferze (PSK) (tab. 1). Istotne zatężenie tego składnika oznaczono w pożywkach o mniejszym EC (1,60 i 2,50 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$), natomiast jego rozcieńczanie – w pożywkach o większym EC (3,50 i 5,10 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$). Zawartość *azotanów* (N-NO₃) zmniejszała się w środowisku strefy korzeniowej po zastosowaniu pożywki o najmniejszym zasoleniu (1,60 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$), a w pozostałych badanych kombinacjach istotnie wzrastała. Tendencje zmian zawartości *fosforu* w PSK były podobne jak w przypadku azotu amonowego. W kombinacjach o mniejszym EC (1,60 i 2,50 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$) poziom tego składnika istotnie się obniżał, natomiast w pozostałych dochodziło do jego istotnego zatężania. Z kolei zawartość potasu ulegała istotnemu zmniejszeniu w pożywkach I i II, natomiast zatężał się on w przypadku największego EC pożywki (5,10 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$). We wszystkich badanych kombinacjach stwierdzono istotny wzrost zawartości *wapnia* w środowisku strefy korzeniowej w stosunku do pożywki aplikowanej roślinom. Z kolei *magnez* istotnie zatężał się w pożywkach o mniejszym EC (I i II). Zmiany jego zawartości w pozostałych badanych kombinacjach nie były istotne. We wszystkich kombinacjach stwierdzono istotne zatężenie *siarki siarczanowej* (S-SO₄) w strefie korzeniowej roślin w stosunku do stosowanej do fertygacji pożywki.

Mikroelementy. Stwierdzono istotny wzrost zawartości *żelaza* w PSK w przypadku stosowania pożywki o najmniejszym EC, a jednocześnie jego istotny spadek w kombinacjach III i IV (tab. 2). We wszystkich kombinacjach – poza pożywką o EC 3,50 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$

Tabela 1. Wpływ pożywek o wzrastającym zasoleniu i wpływ odmiany na zmiany zawartości azotu amonowego, azotu azotanowego, fosforu, potasu, wapnia, magnezu i siarki siarczanowej w ryzosferze sałaty uprawianej w wełnie mineralnej ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)Table 1. The influence of nutrient solutions with increasing salinity level and influence of variety on the changes of chemical compositions of: ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfate sulfur in rhizosphere of lettuce growing in rockwool ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)

Miejsce pobrania pożywki (A)	Odmiana (B)	N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Ca	Mg	S-SO ₄
Pożywka I								
Pożywka aplikowana		7,0 a	133,0 a	324,4 b	148,4 b	75,3 a	40,6 a	160,6 a
Wełna mineralna	'ISI 42017'	15,8	129,5	371,0	99,9	101,5	51,3	231,2
	'Brigitta'	17,5	115,5	131,4	79,7	94,2	49,0	242,3
	Średnia	16,7 b	122,5 a	251,2 a	89,8 a	97,9 b	50,2 b	236,8 b
Pożywka II								
Pożywka aplikowana		8,8 a	189,0 a	600,1 b	256,2 b	91,9 a	53,4 a	173,2 a
Wełna mineralna	'ISI 42017'	14,0	250,3	374,9	210,1	141,0	63,7	251,6
	'Brigitta'	21,0	267,8	270,9	150,0	172,7	66,8	286,1
	Średnia	17,5 b	259,1 b	322,9 a	180,1 a	156,9 b	65,3 b	268,9 b
Pożywka III								
Pożywka aplikowana		24,5 b	329,0 a	640,5 a	362,9 a	95,2 a	60,3 a	170,3 a
Wełna mineralna	'ISI 42017'	17,5	402,5	711,8	361,2	163,5	68,2	246,9
	'Brigitta'	17,5	388,5	705,5	333,8	172,8	67,9	249,1
	Średnia	17,5 a	395,5 b	708,7 b	347,5 a	168,2 b	68,1 a	248,0 b
Pożywka IV								
Pożywka aplikowana		28,0 b	392,0 a	683,7 a	496,2 a	109,1 a	66,0 a	174,2 a
Wełna mineralna	'ISI 42017'	17,5	563,5	716,4	546,1	174,3	72,3	232,7
	'Brigitta'	19,3	616,0	741,3	556,9	197,0	74,5	258,6
	Średnia	18,4 a	589,8 b	728,9 b	551,5 b	185,7 b	73,4 a	245,7 b
Średnia dla A	Pożywka aplikowana	17,1 a	260,8 a	562,2 b	315,9 a	92,9 a	55,1 a	169,6 a
	Wełna mineralna	17,5 a	341,8 b	502,9 a	292,2 a	152,2 b	64,3 a	249,8 b
Średnia dla B	'ISI 42017'	16,2 a	336,5 a	543,5 b	304,3 a	145,1 a	63,9 a	240,6 a
	'Brigitta'	18,8 a	347,0 a	462,3 a	280,1 a	159,2 a	64,6 a	259,0 a

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

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.

Tabela 2. Wpływ pożywek o wzrastającym zasoleniu i wpływ odmiany na zmiany zawartości żelaza, manganu, cynku, miedzi, sodu, chlorków i zasolenie (wyrażone jako EC) w ryzosferze sałaty uprawianej w wełnie mineralnej

Table 2. The influence of nutrient solutions with increasing salinity level and influence of variety on the changes of chemical compositions of: iron, manganese, zinc, copper, sodium, chloride and salinity (expressed as EC) in rhizosphere of lettuce growing in rockwool

Miejsce pobrania pożywki (A)	Odmiana (B)	Fe	Mn	Zn	Cu	Na	Cl	EC (mS·cm ⁻¹)
		mg·dm ⁻³						
Pożywka I								
Pożywka aplikowana		0,08 a	0,28 b	0,79 a	0,025 a	31,4 a	54,3 a	1,60 a
Wełna mineralna	'ISI 42017'	0,19	0,08	0,98	0,028	43,4	139,3	1,68
	'Brigitta'	0,15	0,04	1,04	0,058	42,5	177,0	1,53
	Średnia	0,17 b	0,06 a	1,01 b	0,043 b	43,0 b	158,1 b	1,61 a
Pożywka II								
Pożywka aplikowana		0,36 a	0,73 b	1,75 a	0,056 a	32,1 a	49,6 a	2,50 a
Wełna mineralna	'ISI 42017'	0,31	0,52	1,86	0,090	51,2	186,2	3,02
	'Brigitta'	0,36	0,38	1,83	0,106	62,3	307,6	2,74
	Średnia	0,34 a	0,45 a	1,85 a	0,098 b	56,8 b	246,9 b	2,88 b
Pożywka III								
Pożywka aplikowana		2,47 b	1,06 a	2,08 a	0,131 a	34,2 a	52,0 a	3,50 a
Wełna mineralna	'ISI 42017'	0,69	1,35	2,41	0,128	57,5	148,9	4,06
	'Brigitta'	0,74	1,22	2,37	0,149	60,7	146,7	3,96
	Średnia	0,72 a	1,29 a	2,39 b	0,139 a	59,1 b	147,8 b	4,01 b
Pożywka IV								
Pożywka aplikowana		3,92 b	1,43 a	2,07 a	0,174 a	37,0 a	48,0 a	5,10 a
Wełna mineralna	'ISI 42017'	1,82	2,04	2,41	0,158	55,8	118,2	5,17
	'Brigitta'	2,79	2,13	2,58	0,135	67,0	139,0	5,64
	Średnia	2,31 a	2,09 b	2,50 b	0,147 a	61,4 b	128,6 b	5,41 a
Średnia dla A	Pożywka aplikowana	1,71 b	0,88 a	1,67 a	0,097 a	33,7 a	51,0 a	3,18 a
	Wełna mineralna	0,88 a	0,97 a	1,94 b	0,107 a	55,1 b	170,4 b	3,48 a
Średnia dla B	'ISI 42017'	0,75 a	1,00 a	1,92 a	0,101 a	52,0 a	148,2 a	3,48 a
	'Brigitta'	1,01 b	0,94 a	1,96 a	0,112 a	58,1 a	192,6 b	3,47 a

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

– zawartość *manganu* istotnie zmniejszała się w ryzosferze sałaty. Wykazano tendencję do zateżnienia *cynku* w PSK w stosunku do pożywki aplikowanej roślinom (poza kombinacją z pożywką II, w której zmiany zawartości tego składnika nie były istotne). W przypadku kombinacji o najmniejszym zasoleniu pożywki (I i II) stwierdzono istotne zateżnienie *miedzi* w ryzosferze sałaty. W pozostałych kombinacjach zmiany zawartości tego składnika nie były istotne. Odnotowano istotne zateżnienie w PSK chlorków i sodu, traktowanego jako składnik balastowy.

Niezależnie od EC badanych pożywek i ich składu chemicznego, w przypadku średniej z badanych kombinacji stwierdzono istotne zmniejszenie zawartości fosforu, przy jednoczesnym wzroście poziomu azotu azotanowego, wapnia i siarki siarczanowej w pożywce pobranej ze strefy korzeniowej w stosunku do zawartości tych składników w pożywce dostarczanej roślinom (tab. 1). Średnie zmiany zawartości azotu amonowego, potasu i magnezu nie były statystycznie istotne. W przypadku mikroelementów i sodu stwierdzono istotne zateżnienie się cynku, sodu i chlorków przy jednoczesnym zmniejszaniu się zawartości żelaza we wszystkich pożywkach pobieranych ze strefy korzeniowej roślin.

Stwierdzono istotnie większe zawartości fosforu w pożywkach pobranych ze środowiska korzeniowego odmiany ‘ISI 42017’, w stosunku do pożywki aplikowanej roślinom. Z kolei PSK w przypadku odmiany ‘Brigitta’ odznaczała się istotnie większą zawartością żelaza i chlorków.

Badane poziomy zasolenia. Badaniom poddano cztery pożywki o zróżnicowanym poziomie zasolenia: 1,60, 2,50, 3,50, 5,10 mS·cm⁻¹. W rezultacie zateżnienia składników pokarmowych w pożywkach środowiska korzeniowego w stosunku do pożywek aplikowanych roślinom stwierdzono wzrost ich EC – w przypadku pożywki II i III różnice te były statystycznie istotne (tab. 1). KOMOSA i OLECH (1996) twierdzą, że wzrost EC pożywki jest wynikiem jej zateżnienia spowodowanego przewagą transpiracji wody nad pobieraniem składników pokarmowych przez części nadziemne roślin oraz selektywnym pobieraniem jonów. Zateżnienie składników w środowisku korzeniowym zachodzi również w przypadku innych gatunków roślin uprawianych w systemie hydroponicznym w welnie mineralnej, m.in. pomidora. Potwierdzają to wcześniejsze badania DYŚKI i KOWALCZYKA (2005), NURZYŃSKIEGO (2004) czy PAWLIŃSKIEJ (2003). Zbliżone wyniki badań przytaczają także BLOEMHARD i VAN MOOLENBROEK (1995) oraz BÖHME (1995).

KARIMAEI i IN. (2004) zbadali wpływ zróżnicowanego zasolenia pożywek, o EC w zakresie od 1,4 do 2,7 mS·cm⁻¹, na wzrost i stan odżywienia sałaty. Autorzy ci stwierdzili w przypadku stosowania pożywki o największym zasoleniu zmniejszenie liczby liści, powierzchni największego liścia, plonu świeżej i suchej masy, a także świeżej i suchej masy liści. ANDRIOLO i IN. (2005) w swoich badaniach nad wpływem zasolenia na wzrost i rozwój sałaty wykazali pozytywny wpływ wzrostu zasolenia pożywki (w zakresie od 0,83 do 2,81 mS·cm⁻¹) na zawartość suchej masy w liściach sałaty. Wzrost zasolenia pożywki do 3,73-4,72 mS·cm⁻¹ istotnie pogarszał wzrost i rozwój roślin.

Szczegółowe dane dotyczące wzrostu, rozwoju i plonowania, a także zawartości składników w częściach nadziemnych badanych odmian sałaty przedstawiono w kolejnej pracy autorów (MARKIEWICZ i KLEIBER 2010). Przez cały okres badań nie zaobserwowano na roślinach symptomów wskazujących na nadmierną zawartość składników

(lub ich toksyczność) ani też chorób fizjologicznych, wynikających m.in. z trudności z pobieraniem i przemieszczaniem wapnia (spowodowanych m.in. nadmiernym zasoleniem), mimo iż EC pożywek polecane do uprawy badanego gatunku sałaty wynosi, w zależności od fazy rozwojowej roślin, od 0,7 (na siedem dni przed zbiorem) do 2,3 mS·cm⁻¹ (tuż po ukorzeniu się roślin) (METODYKA... 2005).

Szereg zateżania się i zmniejszania zawartości składników pokarmowych i sodu. Szczegółowy wpływ badanych poziomów zasolenia na zmiany zawartości składników pokarmowych w pożywkach środowiska korzeniowego w stosunku do pożywki aplikowanej roślinom zamieszczono w tabeli 3. Dla średniej z badanych kombinacji szereg zmniejszania się zawartości składników w pożywkach pobranych ze środowiska korzeniowego kształtował się następująco (za 100% przyjęto zawartość składnika w pożywce stosowanej do podlewania roślin; %): Fe (-48,5) > P (-10,5) > K (-7,5). Szereg zateżania był następujący (%): Cl (+234,1) > Ca (+63,8) > Na (+63,5) > S-SO₄ (+47,3) > N-NO₃ (+31,1) > Mg (+16,7) > Zn (+16,2) > Cu (+10,3) > Mn (+10,2) > N-NH₄ (+2,3), a EC wzrastało o 9,4%.

Tabela 3. Procentowy wzrost lub spadek zawartości składników pokarmowych, sodu oraz zasolenia w pożywkach środowiska korzeniowego w stosunku do pożywki aplikowanej roślinom (zawartość składnika w pożywce aplikowanej roślinom przyjęto za 100%)

Table 3. The percentage of increasing or decreasing of the nutrient contents, sodium and salinity in nutrient solutions within the root zone in relation to the nutrients applied to the plants (the nutrient contents in nutrient solution applied to the plants accepted as 100%)

Składnik	Pożywka I	Pożywka II	Pożywka III	Pożywka IV	Średnia
N-NH ₄	+138,6	+98,9	-28,6	-34,3	+2,3
N-NO ₃	-7,9	+37,1	+20,2	+50,5	+31,1
P	-22,6	-46,2	+10,6	+6,6	-10,5
K	-39,5	-29,7	-4,2	+11,1	-7,5
Ca	+30,0	+70,7	+76,7	+70,2	+63,8
Mg	+23,6	+22,3	+12,9	+11,2	+16,7
S-SO ₄	+47,4	+55,3	+45,6	+41,0	+47,3
Fe	+112,5	-5,6	-70,9	-41,1	-48,5
Mn	-78,6	-38,4	+21,7	+46,2	+10,2
Zn	+27,8	+5,7	+14,9	+20,8	+16,2
Cu	+72,0	+75,0	+6,1	-15,5	+10,3
Na	+36,9	+76,9	+72,8	+65,9	+63,5
Cl	+191,2	+397,8	+184,2	+167,9	+234,1
EC	+0,6	+15,2	+14,6	+6,1	+9,4

W pożywkach reprezentujących strefę korzeniową roślin uprawianych w podłożach inertnych, czyli pozbawionych kompleksu sorpcyjnego, zwykle występuje zmniejszenie

zawartości, czyli retrogradacja, fosforu, żelaza i manganu. Dotyczy to m.in. upraw anthurium prowadzonych w keramzycie (KLEIBER i KOMOSA 2008), jak również pomidora uprawianego w wełnie mineralnej (KOMOSA i IN. 2009) czy ogórka (PIRÓG i IN. 2009). Podobne tendencje zmian zawartości tych składników podają SAVVAS i MANOS (1999). PAWLIŃSKA (2003) z kolei twierdzi, że w pożywkach reprezentujących środowisko korzeniowe pomidora uprawianego w wełnie mineralnej najsilniej zatężają się żelazo, bor i sód, przy jednoczesnym zmniejszeniu zawartości fosforu. Odmienne od uzyskanych w naszych badaniach wyniki przedstawia CHOHURA (2000), według którego składnikiem ulegającym najsilniejszemu zatężeniu w środowisku korzeniowym jest miedź. Wzrost zawartości wapnia i magnezu w pożywkach środowiska korzeniowego jest typowy dla uprawy w wełnie mineralnej.

Wnioski

1. Wykazano istotny wpływ składu chemicznego pożywki na zawartość składników pokarmowych w pożywkach reprezentujących strefę korzeniową roślin.
2. W efekcie zatężania większości składników pokarmowych stwierdzono tendencję do wzrostu zasolenia pożywek ryzosfery w stosunku do pożywki aplikowanej roślinom.
3. W uprawie sałaty masłowej szereg zmniejszania się zawartości składników w pożywkach środowiska korzeniowego w stosunku do pożywki aplikowanej roślinom był następujący (%): Fe (-48,5) > P (-10,5) > K (-7,5). Z kolei zatężaniu ulegały (%): Cl (+234,1) > Ca (+63,8) > Na (+63,5) > S-SO₄ (+47,3) > N-NO₃ (+31,1) > Mg (+16,7) > Zn (+16,2) > Cu (+10,3) > Mn (+10,2) > N-NH₄ (+2,3), a EC wzrastało o 9,4%.

Literatura

- 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.
- BLOEMHARD C.M.J., MOOLENBROEK J. VAN, 1995. Management of mineral elements of roses grown in closed rockwool systems. *Acta Hortic.* 401: 481-489.
- BÖHME M., 1995. Evaluation of organic, synthetic and mineral substrates for hydroponically grown cucumber. *Acta Hortic.* 401: 209-217.
- CHOHURA P., 2000. Zawartość składników pokarmowych w strefie korzeniowej, stan odżywienia i plonowanie pomidora szklarniowego w podłożach inertnych. Maszynopis. Katedra Ogrodnictwa AR, Wrocław.
- DYŚKO J., KOWALCZYK W., 2005. Changes of macro- and micronutrients concentrations in root medium and drainage water during tomato cultivation in rockwool. *Veg. Crops Res. Bull.* 62: 96-111.
- KARIMAEI M.S., MASSIHA S., MOGADDAM M., 2004. Comparison of two nutrient solution's effect on growth and nutrient levels of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars. *Acta Hortic.* 644: 69-76.
- 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., KOMOSA A., w druku. Guide values for anthurium (*Anthurium cultorum* Birdsey) grown in expanded clay. *J. Plant Nutr.*

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., 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.
- KOMOSA A., PIRÓG J., KLEIBER T., 2009. Changes of macro- and micronutrients in the root environment of greenhouse tomato grown in fiber wood. Veg. Crops Res. Bull. 70: 71-80.
- MARKIEWICZ B., KLEIBER T., 2010. Tolerancja sałaty (*Lactuca sativa* L.) na zasolenie. Część II. Wzrost, rozwój, plonowanie i zawartość składników w częściach nadziemnych roślin. Nauka Przyr. Technol. 4, 4, #47.
- METODYKA integrowanej produkcji sałaty pod osłonami. 2005. Red. F. Adamicki, B. Nawrocka. Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa, Warszawa.
- NURZYŃSKI J., 2004. Wpływ koncentracji składników pokarmowych w podłożach z wełny mineralnej, torfu oraz piasku na plonowanie pomidora szklarniowego. W: X Sympozjum Naukowe „Efektywność stosowania nawozów w uprawach ogrodnictwa”. Kraków, 17-18 czerwca 2004. Wyd. AR, Poznań: 261-268.
- PAWLIŃSKA A., 2003. Wpływ podłoża i pożywek na skład chemiczny ryzosfery, stan odżywienia roślin i plonowanie pomidora szklarniowego. Maszynopis. Katedra Nawożenia Roślin Ogrodnictwa AR, Poznań.
- PIRÓG J., KOMOSA A., MARKIEWICZ B., 2009. The effect of wood fiber density on the content of macro- and microelements in root environment of greenhouse cucumber. Veg. Crops Res. Bull. 70: 81-89.
- SAVVAS D., MANOS G., 1999. Automated composition control of nutrient solution in closed soil-less culture systems. J. Agric. Eng. Res. 73: 29-33.

LETTUCE (*LACTUCA SATIVA* L.) TOLERANCE TO SALINITY PART I. DIFFERENTIATION OF CHEMICAL COMPOSITION OF NUTRIENT SOLUTION IN ROOT ZONE

Summary. The main aim of the conducted studies was estimation of applying nutrient solutions effect with increasing salinity level on the chemical changes of root environment in case of two cultivars of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown in rockwool. In all of the tested combinations, as a result of increasing concentration, most of nutrients increasing salinity was found of nutrient solutions (expressed as EC) representing root environment with relation to nutrient solution applied to plants. Nutrients which concentration increased in root zone were (%): Cl (+234.1) > Ca (+63.8) > Na (+63.5) > S-SO₄ (+47.3) > N-NO₃ (+31.1) > Mg (+16.7) > Zn (+16.2) > Cu (+10.3) > Mn (+10.2) > N-NH₄ (+2.3), EC increased by about 9.4%, while the series of decreasing contents was (%): Fe (-48.5) > P (-10.5) > K (-7.5).

Key words: *Lactuca sativa* L., nutrient solution, root zone, salinity

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 I. Zróżnicowanie składu chemicznego pożywek środowiska korzeniowego. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 4, #46.*