

APARATURA

BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Zastosowanie hydroponiki stagnującej w uprawie sałaty masłowej (*Lactuca sativa* L.) przy zróżnicowanym żywieniu borem

BARTOSZ MARKIEWICZ
KATEDRA ŻYWIENIA ROŚLIN
UNIwersytet PRZYRODNICZY W POZNANIU

Słowa kluczowe: plonowanie, indeks SPAD, makroelementy, mikroelementy

STRESZCZENIE:

Doświadczenie wegetacyjne przeprowadzono w latach 2013-2014 w szklarni nieogrzewanej Stacji Doświadczalnej Katedr Wydziału Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu wzrastających poziomów boru w pożywce stosowanej do fertygacji na plonowanie oraz zawartość składników pokarmowych w liściach sałaty masłowej (*Lactuca sativa* L.). Rośliny uprawiano w hydroponice stagnującej. W doświadczeniu stosowano pożywki o zróżnicowanej zawartości boru ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$): kontrola 0,011; 0,40; 0,80; 1,60. Wykazano istotny wpływ zawartości boru w pożywce na średni plon główek sałaty, indeks SPAD oraz zawartość azotu, fosforu, żelaza, manganu, miedzi i boru w główkach sałaty. Potwierdzono możliwość uprawy sałaty masłowej w hydroponice stagnującej.

Application of hydroponics stagnation system in the cultivation of butterhead lettuce (*Lactuca sativa* L.) at different boron nutrition

Keyword: yielding, SPAD index, macroelements, microelements

SUMMARY:

Experiment was conducted in the years 2013-2014 in an unheated greenhouse Experimental Station of the Departments of the Faculty of Horticulture and Landscape Architecture, University of Life Sciences in Poznan. The aim of this study was to determine the effect of increasing levels of boron in the liquid feed used for fertigation on yield and nutrient content in leaves of butterhead lettuce (*Lactuca sativa* L.). Plants were grown in hydroponics stagnant. In the experiment liquid feed with different boron content: ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$): control 0.011; 0.40; 0.80; 1.60 was used. It was found a significant influence of boron fertigation on the average mass produced heads of lettuce, SPAD index and content of nitrogen, phosphorus, iron, manganese, copper and boron in leaves. It has been confirmed the possibility of cultivation of butterhead lettuce in hydroponics.

1. WSTĘP

Hydroponika stagnująca klasyfikowana jest jako uprawa hydroponiczna bez podłoża [1]. Jest najtańszą metodą uprawy hydroponicznej, w której pożywka dostarczana roślinom nie wycieka w sposób niekontrolowany, a jej poziom jest okresowo uzupełniany [2-4]. Podczas uprawy roślin w hydroponice stagnującej nie dochodzi do zanieczyszczenia ujęć wody oraz gleb spowodowanego wyciekami pożywki z mat uprawowych. Nadmiar pożywki wyciekający z mat uprawowych w układach otwartych bez recyrkulacji pożywki może wynosić nawet 40% [4], a pożywka wyciekająca z mat uprawowych (tzw. przelew) jest bardziej skoncentrowana od pożywki dostarczanej roślinom [6]. W hydroponice stagnującej występuje zjawisko zatężania się składników pokarmowych powodujące wzrost stężenia soli w strefie korzeniowej roślin [2]. Zatężanie składników spowodowane jest przewagą transpiracji nad selektywnym pobieraniem jonów przez rośliny. Negatywny wpływ zasolenia na rośliny może być efektem działania dwóch mechanizmów: toksycznego indywidualnego oddziaływania jonu na roślinę (np. Na, B) lub przekroczenia granicy tolerancji roślin na sumaryczne stężenie soli [7]. Toksyczność boru może wystąpić w przypadku stosowania wody o dużej zawartości tego mikroelementu [8]. Naturalna zawartość boru w wodach podziemnych Polski wynosi 0,01 – 0,5 mg · dm⁻³ [9, 10]. Zawartość boru w wodzie stosowanej w ogrodnictwie nie przekracza 0,10 mg · dm⁻³ [11], lecz w rejonach intensywnej produkcji ogrodnictwa może wynosić 0,64 mg · dm⁻³ [12]. Pożywka do hydroponicznej uprawy sałaty powinna zawierać według różnych autorów (w mg · dm⁻³) od 0,17 [13] do 0,50 [14, 15]. Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu zróżnicowanego żywienia borem na plonowanie i zawartość składników pokarmowych w częściach nadziemnych sałaty masłowej uprawianej w hydroponice stagnującej.

2. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Doświadczenia wegetacyjne przeprowadzono w latach 2013-2014 w szklarni nieogrzewanej w Stacji Doświadczalnej Katedr Wydziału Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Badano wpływ składu chemicznego pożywek o zróżnicowanej zawartości boru: (B-I – kontrola, B-II – 0,4 mg B · dm⁻³,

B-III – 0,8 mg B · dm⁻³, B-IV – 1,6 mg B · dm⁻³) na plonowanie i skład chemiczny części nadziemnych sałaty uprawianej w hydroponice stagnującej. Doświadczenie przeprowadzono w trzech powtórzeniach, z zastosowaniem sałaty masłowej (*Lactuca sativa* L.) odmiany 'Sunny', a powtórzenie składało się z 4 roślin.

Nasiona wysiewano w pierwszej dekadzie marca każdego roku punktowo do paluszków z wełny mineralnej, które 48 godzin przed siewem wysycono pożywką. Sadzonki (w fazie 3-4 liści) wstawiano do wysyconych właściwą pożywką kostek uprawowych z wełny mineralnej (o wymiarach 10x10x10 cm), a te następnie do bezodpływowych pojemników PE o objętości 6,0 dm³ (4 rośliny w pojemniku). 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-roślina⁻¹. W doświadczeniach zastosowano pożywkę o następującym składzie chemicznym (mg·dm⁻³): N-NH₄ <10, N-NO₃ 150, P-PO₄ 50, K 150, Ca 150, Mg 50, Fe 3,00, Mn 0,50, Zn 0,44, Cu 0,03, pH 5,50, EC 1,8 mS·cm⁻¹. Woda, na bazie której sporządzono pożywki do fertygacji, zawierała (w mg·dm⁻³): N-NH₄ 0,4, N-NO₃ 1,1, P-PO₄ 0,68, K 4,7, Ca 63,5, Mg 14,4, S-SO₄ 56,9, Na 31,2, Cl 35,2, Fe 0,07, Mn śl., Zn 0,54, Cu śl., B 0,011, Mo śl., pH 7,44, EC 0,62 mS·cm⁻¹. Podczas wegetacji wykonywano odczyty spektrometrycznej intensywności zabarwienia blaszki liściowej (SPAD) przy użyciu aparatu Hydro-N. Pomiaru dokonano, wybierając największy liść z każdej rośliny w danym obiekcie. Zbiór roślin wykonywano jednorazowo w I dekadzie maja każdego z roku badań. Określono plon świeżej masy główki sałaty oraz liczbę liści na roślinach w każdym obiekcie. Do analiz chemicznych pobierano części nadziemne roślin. Zebrany materiał roślinny wysuszono w temperaturze 45-55°C, a następnie zmielono. W celu oznaczenia ogólnych form azotu, fosforu, potasu, wapnia i magnezu materiał roślinny mineralizowano w stężonym kwasie siarkowym [16], żelaza, manganu, cynku i miedzi w mieszaninie kwasu azotowego i nadchlorowego (v/v=3/1), a boru mineralizowano „na sucho”, w piecu muflowym w obecności wodorotlenku wapnia. Analizy chemiczne po mineralizacji materiału roślinnego zostały wykonane następującymi metodami: N – ogólny – metodą Kjeldahla na aparacie destylacyjnym Parnasa-Wagnera,

P – kolorymetrycznie z molibdenianem amonu, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu – metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS). Bor oznaczono metodą kolorymetryczną z kurkuminą. Wyniki pomiarów biometrycznych oraz analiz chemicznych roślin poddano analizie statystycznej testem Duncana ($\alpha = 0,05$).

3. WYNIKI I Dyskusja

Wykazano wpływ żywienia borem na masę wytworzonych przez rośliny główek sałaty (Tab. 1). Największy istotnie plon części nadziemnych sałaty (w g-roślina⁻¹) uzyskano w kombinacji B-IV (207,04) w porównaniu z kombinacjami B-I i B-III (193,08; 190,12). Według Bresia i in. [7] bor jest mikroskładnikiem mogącym w przypadku nadmiernego nim odżywienia toksycznie oddziaływać na roślinę. W przeprowadzonych badaniach własnych nie wykazano toksycznego wpływu boru na plonowanie sałaty w zakresie stężeń 0,011 do 1,60 mg · dm⁻³. Plon główek przy zróżnicowanym żywieniu sałaty borem był większy od średniego plonu uzyskanego przez innych autorów [17, 18]. Podobny plon części nadziemnych sałaty w uprawie hydroponicznej uzyskali Markiewicz i Kleiber [3] oraz Markiewicz i in. [19]. Większy plon sałaty w uprawie w torfie uzyskali Nurzyński i in. [20] oraz Jarosz [21]. Zróżnicowane żywienie sałaty borem w pożywce stosowanej do fertygacji nie miało wpływu na liczbę liści sałaty. Wykazano wpływ boru w pożywce stosowanej do fertygacji na intensywność zabarwienia blaszek liściowych (Tab. 1). Największą wartość indeksu SPAD (34,5) stwierdzono przy stosowaniu pożywki o największej zawartości boru (B-IV), istotnie najmniejszą

(25,2) przy stosowaniu pożywki o najmniejszej zawartości boru (B-I). Nie stwierdzono istotnych różnic w wartości SPAD pomiędzy kombinacjami B-II i B-III (29,1 i 28,0). Uzyskane wyniki potwierdziły wcześniejsze badania własne autora. Zwiększenie wartości indeksu SPAD wraz ze wzrostem poziomu boru w pożywce stosowanej do fertygacji może świadczyć o wzroście zawartości chlorofilu w liściach sałaty [19]. Zależność między odczytem indeksu SPAD a zawartością chlorofilu potwierdzają badania innych autorów [22-24].

3.1 Zawartość makroskładników.

Największą zawartość azotu w główkach sałaty oznaczono w kombinacjach B-I (4,89 %N) i B-III (4,82 %N) (Rys. 2). Istotnie mniejszą zawartość azotu oznaczono w kombinacjach B-II (4,23%N) i B-IV (4,42). Oznaczone w badaniach własnych zawartości azotu w kombinacjach B-I, B-II i B-IV były zbliżone do wyników uzyskanych przez Markiewicza i in. [19], lecz większe od uzyskanych przez Markiewicza i Kleibera [3]. Zawartość azotu w częściach nadziemnych sałaty z upraw hydroponicznych jest mniejsza w porównaniu z wynikami uzyskanymi przez innych autorów w sałacie uprawianej w substracie torfowym [21]. Stwierdzono wpływ zawartości boru w pożywce na zawartość fosforu w główkach sałaty. Największą zawartość fosforu oznaczono w kombinacji kontrolnej B-I (0,97%P). Zwiększenie zawartości boru w pożywce miało istotny wpływ na zmniejszenie zawartości fosforu. Najmniejszą zawartość fosforu oznaczono w kombinacji B-IV (0,81%P). Zależność tę można wytłumaczyć antagonistycznym wpływem boru na pobieranie przez rośliny jonu H₂PO₄⁻. Uzyskane

Tabela 1 Wpływ wzrastającego żywienia borem na średnią masę główki, liczbę liści w główce i względny współczynnik zieloności liści (SPAD)

Table 1 The influence of boron nutrition on the average weight of head, leaves quantity in head and relative chlorophyll content (SPAD)

Poziom B			
I	II	III	IV
Masa główki (g-roślina ⁻¹)			
193,08 a*	200,25 ab	190,12 a	207,04 b
Liczba liści (liście-roślina ⁻¹)			
25,1 a	25,6 a	24,9 a	25,4 a
(SPAD)			
25,2 a	29,1 b	28,0 b	34,5 c

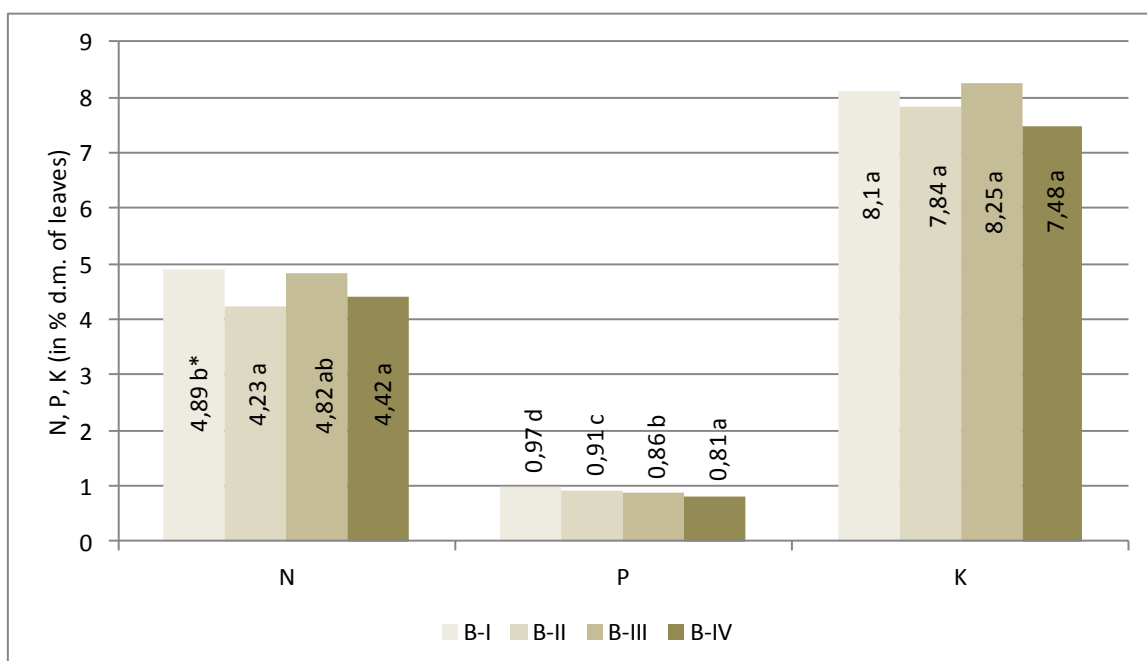
* Liczby oznaczone tą samą literą nie różniły się istotnie na poziomie $\alpha = 0,05$

zawartości fosforu były zbliżone do wyników uzyskanych przez Abou-Hadid i in. [25] oraz Markiewicz i in. [19], lecz zdecydowanie mniejsze od wyników innych autorów [3, 26-28]. Nie wykazano wpływu pożywek o zróżnicowanej zawartości boru na zawartość potasu, wapnia i magnezu w częściach nadziemnych sałaty. W główkach sałaty oznaczono od 7,48%K do 8,25%K. Uzyskane zawartości potasu (z wyjątkiem kombinacji B-III) były większe od uzyskanych wcześniej przez autora wyników w uprawie sałaty masłowej w układzie zamkniętym z recyrkulacją pożywki przy zróżnicowanym poziomie żywienia borem [19]. Nie wykazano wpływu stężenia boru w pożywce na zawartość wapnia w główkach sałaty. Oznaczona zawartość wapnia mieszcząca się w przedziale od 1,89% (B-IV) do 1,99% (B-I) była większa od wartości podawanych przez innych autorów [3, 26-29]. Uzyskana w badaniach własnych zawartość magnezu w główkach sałaty mieściła się w przedziale 0,62% – 0,69% i była większa od zawartości uzyskanych przez Kleibera [18]. Nie wykazano wpływu żywienia borem na zawartość sodu w częściach nadziemnych sałaty. W przeprowadzonych badaniach zróżnicowane żywienie borem nie miało wpływu na zawartość w roślinach kationów o charakterze zasadowym. Zastosowanie w pożywce poziomów boru w zakresie od 0,011 do 1,60 nie miało wpływu na zawartość potasu, wapnia i magnezu w główkach sałaty [19].

Oznaczone zawartości fosforu, potasu, wapnia i magnezu w prezentowanych badaniach były wyraźnie większe od przytaczanych przez innych autorów [20, 28].

3.2 Zawartość mikrośladników.

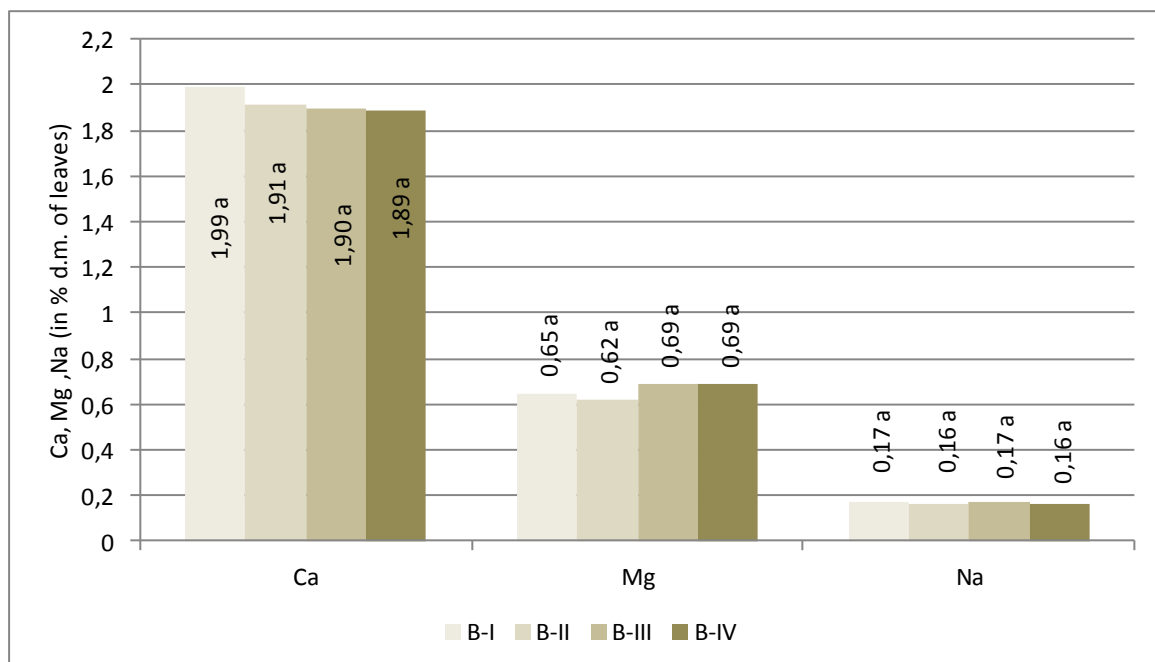
Wykazano wpływ zróżnicowanych stężeń boru w pożywce na zawartość mikrośladników metalicznych w częściach nadziemnych sałaty (Rys. 3). Istotnie większą zawartość żelaza oznaczono w kombinacji B-I ($152,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) w porównaniu z kombinacją B-III ($133,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Zawartość żelaza w liściach sałaty według innych autorów może być bardzo zróżnicowana i wynosić nawet ponad $800 \text{ mg Fe} \cdot \text{kg}^{-1}$ [25]. Według Winsor i Adams [30] optymalna zawartość żelaza w liściach sałaty wynosi od 50,0 do $200 \text{ mg Fe} \cdot \text{kg}^{-1}$. Istotnie największą zawartość manganu ($198,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) oznaczono w kombinacji B-IV. Oznaczone zawartości manganu były mniejsze od wyników uzyskanych przez Kleibera [18] w badaniach nad zróżnicowanym żywieniem sałaty manganem, ale zbieżne z wynikami innych autorów [31]. Nie wykazano wpływu żywienia borem na zawartość cynku mieszcząca się w przedziale $113,8 - 129,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Wyniki były zbliżone do zawartości podawanych przez Kozik i in. [31], lecz wyraźnie większe od uzyskanych przez Hakerlerler i in. [32]. Najmniejszą istotnie zawartość mie-



* Liczby oznaczone tą samą literą nie różniły się istotnie na poziomie $\alpha = 0,05$

Rysunek 1 Wpływ wzrastającego żywienia borem na zawartość N, P, K w liściach sałaty (% s.m.)

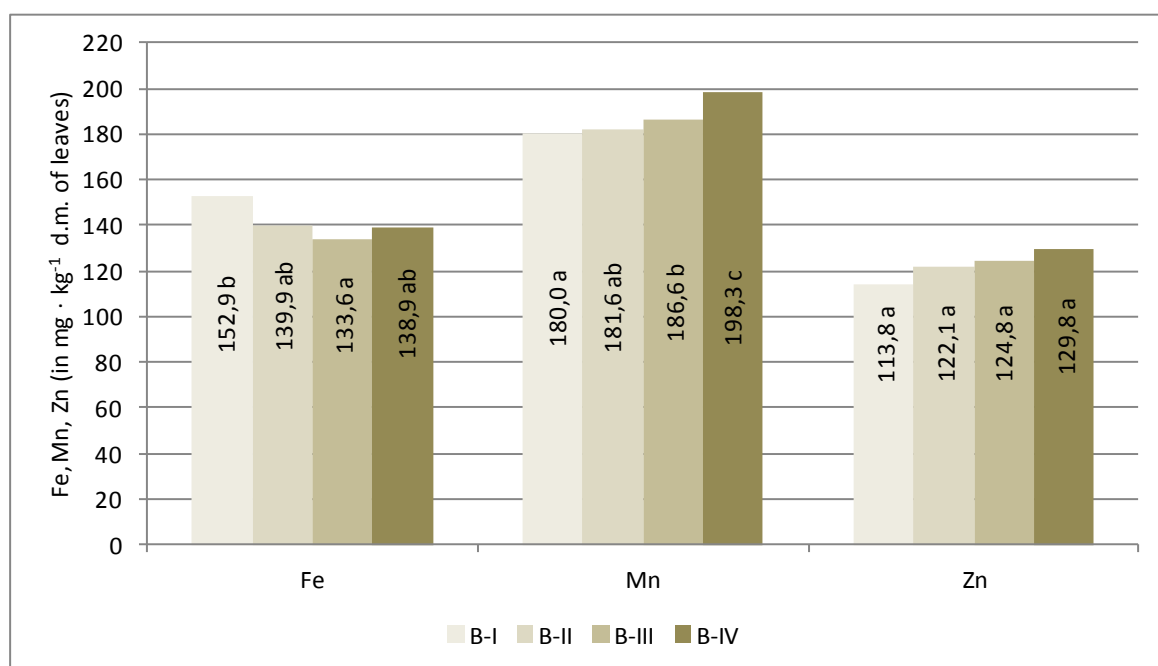
Figure 1 Effect of increasing boron nutrition on the content of N, P, K in lettuce leaves (% d.m.)



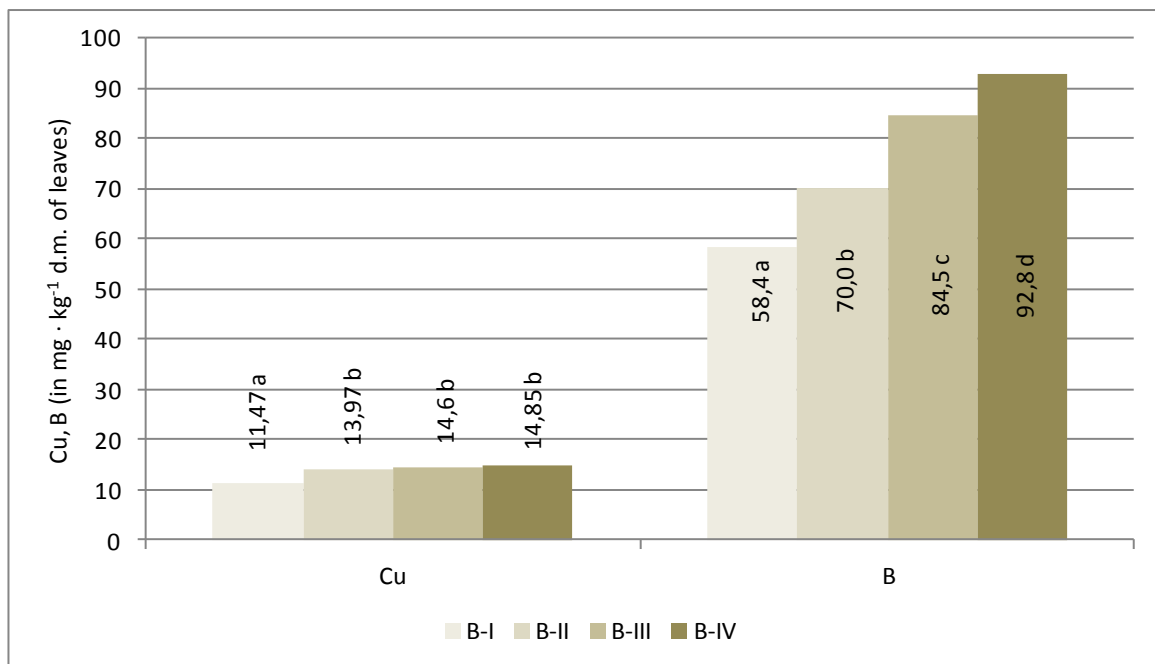
Rysunek 2 Wpływ wzrastającego żywienia borem na zawartość Ca, Mg i Na w liściach sałaty (% s.m.)
Figure 2 Effect of increasing boron nutrition on the content of Ca, Mg and Na in lettuce leaves (% d.m.)

dzi ($11,47 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) oznaczono w kombinacji kontrolnej (B-I). Oznaczona zawartość manganu i miedzi mieściła się w przedziale podawanym przez Winsor i Adams [30] oraz Tyksińskiego [33]. Wykazano istotny wpływ poziomu boru w pożywce stosowanej do fertygacji na zawartość boru w częściach nadziemnych sałaty. Największą zawartość boru oznaczono w kombinacji B-IV ($92,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). W przeprowadzonych badaniach stwierdzono takie same zależności jak w przypadku uprawy sała-

ty masłowej w układzie zamkniętym z recykulacją pożywki przy zróżnicowanym żywieniu borem. [19]. Uzyskane wyniki były większe od zawartości boru w główkach sałaty uzyskanych przez innych autorów [34]. Zwiększenie zawartości boru w pożywce stosowanej do fertygacji nie spowodowało przekroczenia zawartości boru w częściach nadziemnych powyżej zawartości $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ uważanej za zawartość toksyczną dla roślin [35].



Rysunek 3 Wpływ wzrastającego żywienia borem na zawartość Fe, Mn i Zn w liściach sałaty ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
Figure 3 Effect of increasing boron nutrition on the content of Fe, Mn i Zn in lettuce leaves ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)



Rysunek 4 Wpływ wzrastającego żywienia borem na zawartość Cu i B w liściach sałaty ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
Figure 4 Effect of increasing boron nutrition on the content of Cu and B in lettuce leaves ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

4. WNIOSKI

1. Wykazano istotny wpływ zawartości boru w pożywce na średni plon główek sałaty, oraz intensywność zabarwienia blaszek liściowych wyrażoną wartością indeksu SPAD.
2. Stwierdzono wpływ wzrastającego żywienia borem na zawartość azotu i fosforu w częściach nadziemnych sałaty.
3. Nie stwierdzono wpływu żywienia borem na zawartość kationów o charakterze zasadowym (potasu, wapnia, magnezu i sodu).

4. Stężenie boru w pożywce miało istotny wpływ na zawartość żelaza, manganu, miedzi i boru w główkach sałaty.

5. Nie stwierdzono objawów toksyczności boru w hydroponicznej uprawie sałaty masłowej do zawartości $1,60 \text{ mg B} \cdot \text{dm}^{-3}$.

6. Wykazano dużą tolerancję sałaty masłowej na zawartość boru w pożywce stosowanej do fertygacji.

LITERATURA

- [1] Komosa A., Podłoża inertne – postęp czy inercja? Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, Lublin, 2002, z. 485, 147-167.
- [2] Kleiber T., Markiewicz B., Tolerancja sałaty (*Lactuca sativa* L.) na zasolenie. Cz. I. Zróżnicowanie składu chemicznego pożywek środowiska korzeniowego. Nauka Przyr. Technol., 2010, 4, 4, #46.
- [3] Markiewicz B., Kleiber T., Tolerancja sałaty (*Lactuca sativa* L.) na zasolenie. Cz. II. Wzrost, rozwój, plonowanie i zawartość składników pokarmowych w częściach nadziemnych roślin. Nauka Przyr. Technol., 2010, 4, 4, #47.
- [4] Kleiber T., Markiewicz B., Tolerancja sałaty (*Lactuca sativa* L.) na zasolenie. Część III. Zawartość mikroelementów metalicznych i sodu w roślinach. Nauka Przyr. Technol., 2010, 4, 4, #48.

- [5] Kowalczyk W., Dyśko J., Felczyńska A., Tendencje zmian zawartości wybranych składników mineralnych w wodach stosowanych do fertygacji warzyw uprawianych pod osłonami. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 2013, (2/1).
- [6] Kleiber T., Pollution of the natural environment in intensive cultures under greenhouses. *Arch. of Environ. Protection*, 2012, 38, 2, 45-53.
- [7] Breś W., Golcz A., Komosa A., Kozik E., Tyksiński W., Żywnienie roślin ogrodniczych. Wyd. UP w Poznaniu, 2009.
- [8] Nable R. O., Banuelos G. S., Paull J. G., Boron toxicity. *Plant and Soil*, 1997, 193, 181-198.
- [9] Witczak S., Adamczyk A. F., Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczenia wód podziemnych i metod ich oznaczania. Tom II. Biblioteka Monitoringu Środowiska, 1995, PIOŚ, Warszawa.
- [10] RMS, Dziennik Ustaw. 2008, no. 143 item 896.
- [11] Breś W., Kleiber T., Trelka T., Quality of water used for drip irrigation and fertigation of horticultural plants. *Folia Hort.*, 2010, 22(2), 67-74.
- [12] Kowalczyk W., Dyśko J., Felczyńska A., Evaluation of the nutrient elements pollution level of the groundwater intakes on the concentrated areas of greenhouse production. *Nowości Warzywnicze*, 2010.
- [13] Kowalska I., Sady W., Effects of polyethylene film covering the greenhouse, nitrogen fertiliser form, and foliar nutrition on the yield and quality of lettuce. *Folia Horticulturae Ann.*, 2010, 22/1, 37-44.
- [14] Andriolo J. L., Luz G. L., Witter M. H., Godoi R. S., Barros G. T., Bortolotto O. C., Growth and yield of lettuce plants under salinity. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 2005, 23, 4, 931-934.
- [15] Lastra O., Tapia M. L., Razeto B., Rojas M., Response of hydroponic lettuce cultivars to different treatments of nitrogen: growth and foliar nitrate content. *IDESIA*, 2009, 27(1), 83-89.
- [16] IUNG. Analytical methods in agricultural-chemistry stations. Part II. Plant analyses. IUNG Puławy (Poland), 1972, 25-83.
- [17] Kozik E., Wojciechowska E., Mieloszyk E., Wpływ zróżnicowanego żywienia żelazem na plon i zawartość żelaza w liściach sałaty (*Lactuca sativa* L. var. *capitata* L.) uprawianej w podłożu torfowym. *Aparatura Badawcza i Dydaktyczna*, 2014, 19(4), 321-328.
- [18] Kleiber T., Effect of Manganese Nutrition on Content of Nutrient and Yield of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Hydroponic Ecological Chemistry and Engineering S*, 2014, 21(3), 529-537.
- [19] Markiewicz B., Bosiacki M., Kleiber T., Wpływ fertygacji borem na plonowanie i zawartość składników pokarmowych w sałacie (*Lactuca sativa* L.) uprawianej w zamkniętym układzie nawożenia z recyrkulacją pożywki. *Aparatura Badawcza i Dydaktyczna*, 2013, 18(4), 317-322.
- [20] Nurzyński J., Dzida K., Nowak L., Plonowanie i skład chemiczny sałaty w zależności od nawożenia azotowego i wapnowania. *Acta Agrophysica*, 2009, 14(3), 683-689.
- [21] Jarosz Z., Wpływ nawozu Pentakeep® V na plonowanie oraz zawartość wybranych makro- i mikroelementów w sałacie. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Lublin*, 2012, Vol. XXII (1), 1-8.
- [22] Wang Q., Chen J., Stamps R. H., Y Li., Correlation of visual quality grading and SPAD reading of green-leaved foliage plants. *J Plant Nutr.*, 2005, 28, 1215-1225.
- [23] Fukuda N., Suzuki V., Ikeda H., Effects of supplemental lighting from 23:00 to 7:00 on growth of vegetables cultured by NFT. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, 2000, 69, 76-83.
- [24] Kleiber T., Markiewicz B., Bosiacki M., Zależność między odczytem SPAD a zawartością składników pokarmowych w liściach pomidora przy zróżnicowanym poziomie żywienia manganem; *Aparatura Badawcza i Dydaktyczna*, 2012, 3, 63-68.
- [25] Abou-Hadid A. F., Abd-Elmoniem E. M., El-Shinawy M. Z., Abou-Elound M., Electrical conductivity effect on growth and mineral composition of lettuce plants in hydroponic system. *Acta Hort.*, 1996, 434, 59-66.
- [26] Gül A., Eroğul D., Öztan F., Tepecik M., Effect of growing media on plant growth and nutrient status of crisp-head lettuce. *Acta Hort.*, 2007, 729, 367-371.

- [27] Karimaei M. S., Massiha S., Mogaddam M., Comparison of two nutrient solutions effect on growth and nutrient levels of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars. *Acta Hort.*, 2004, 644, 69-74.
- [28] Jarosz Z., Dzida K., Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotowo-potasowego na plonowanie i skład chemiczny sałaty. *Acta Agrophysica*, 2006, 7(3), 591-597.
- [29] Kleiber T., Starzyk J., Bosiacki M., Effect of nutrient solution, Effective Microorganisms (EM-a), and assimilation illumination of plants on the induction of the growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in hydroponic cultivation. *Acta Agrobot.*, 2013, 66(1), 27-38. DOI: 10.5586/aa.2013.004.
- [30] Winsor G., Adams P., *Glasshouse Crops*. 1987, Volume: 3, 119-125.
- [31] Kozik E., Tyksiński W., Komosa A., Effect of chelated and mineral forms of micronutrients on their content in leaves and the yield of lettuce. Part II. Copper. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 2008, 7(3), 25-31.
- [32] Hakerlerler H., Anac D., Gul A. and Saatci N., Topraksız yetiştirme ortamlarının sera koşullarında yetiştirilen marulun azot fraksiyonlarına ve besin maddeleri miktarına etkileri. *J. Ege Univ. Fac. Agric.*, 1992, 29(2-3), 87-94.
- [33] Tyksiński W., Reakcja sałaty szklarniowej uprawianej w torfie na zróżnicowane nawożenie mikroelementami. III. Zmiany zawartości mikroelementów w roślinach. *PTPN, Pr. Kom. Nauk Rol. Leś.*, 1986, 61, 239-248.
- [34] Diana G., Beni C., Effect of organic and mineral fertilization on soil boron fractions. *Agra. Med.*, 2006, Vol. 136, 70-78.
- [35] Kabata-Pendias A., Pendias H., *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 1999.