

APARATURA

BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Wpływ fertygacji borem na plonowanie i zawartość składników pokarmowych w sałacie (*Lactuca sativa* L.) uprawianej w zamkniętym układzie nawożenia z recyrkulacją pożywki

BARTOSZ MARKIEWICZ, MACIEJ BOSIACKI, TOMASZ KLEIBER
UNIwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Katedra Żywienia Roślin

Słowa kluczowe: *Lactuca sativa* L., bor, plonowanie, hydroponika

STRESZCZENIE

Doświadczenie wegetacyjne przeprowadzono w nieogrzewanej szklarni na terenie Stacji Doświadczalnej Katedr Wydziału Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Celem przeprowadzonego doświadczenia było zbadanie wpływu wzrastających poziomów boru w pożywce stosowanej do fertygacji na plonowanie i zawartość składników pokarmowych w liściach sałaty (*Lactuca sativa* L.) oraz zastosowania hydroponiki w układzie z recyrkulacją pożywki do uprawy tego gatunku. Rośliny uprawiano w wełnie mineralnej z zastosowaniem fertygacji w zamkniętym układzie nawożenia z recyrkulacją pożywki. W doświadczeniu stosowano pożywki o zróżnicowanym poziomie boru: (kontrola) $0,0 \text{ mg B} \cdot \text{dm}^{-3}$, $0,4 \text{ mg B} \cdot \text{dm}^{-3}$, $0,8 \text{ mg B} \cdot \text{dm}^{-3}$, $1,6 \text{ mg B} \cdot \text{dm}^{-3}$. Stwierdzono istotny wpływ fertygacji borem na średnią masę wytwarzanych główek sałaty oraz zawartość azotu, fosforu, żelaza, manganu, miedzi i boru w liściach. Nie stwierdzono z kolei wpływu wzrastającego żywienia borem na zawartość potasu, magnezu, wapnia i cynku w liściach sałaty. Potwierdzono możliwość uprawy sałaty w systemach hydroponicznych z recyrkulacją pożywki.

Effect of boron fertigation on yield and nutrient content of lettuce grown (*Lactuca sativa* L.) in the closed fertigation system with recirculation of the nutrient solution

Keywords: *Lactuca sativa* L., boron, yielding, hydroponic system

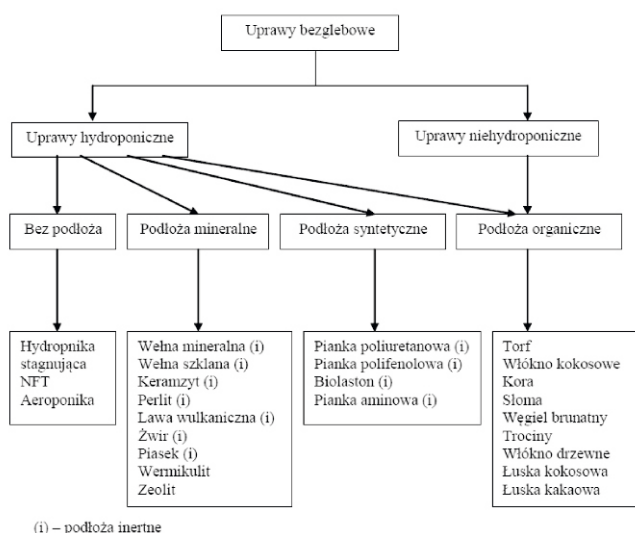
ABSTRACT

Experiment was conducted in an unheated greenhouse at the 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 evaluate the effect of increasing levels of boron in the nutrient solution used for fertigation on yield and nutrient content in the heads of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and the use of closed hydroponic system for growing this species. Plants were grown in rockwool with fertigation application in recirculating nutrient solution system. In experiment were used nutrient solution characterized varied content of boron: 0.0 mg B · dm⁻³, 0.4 mg B · dm⁻³, 0.8 mg B · dm⁻³, 1.6 mg B · dm⁻³. It was found a significant influence of boron fertigation on the average mass produced heads of lettuce and content of nitrogen, phosphorus, iron, manganese, copper and boron in leaves. There was no effect of increasing boron nutrition on the content of potassium, magnesium, calcium and zinc in the leaves of lettuce. It was confirmed the possibility of lettuce cultivation in hydroponic systems with recirculation of nutrient solution.

1. WSTĘP

Bor jest mikroskładnikiem niezbędnym dla wzrostu i rozwoju roślin wyższych [1]. Zakres pomiędzy niedostatecznym a nadmiernym odżywieniem tym składnikiem jest stosunkowo niewielki [2]. Zarówno niedobór, jaki i nadmiar boru powodować może zaburzenia w wielu procesach fizjologicznych i metabolicznych roślin [3]. Toksyczne działanie boru na rośliny może wystąpić między innymi w następujących przypadkach: (a) w glebach, które są bogate w B, (b) w wyniku nadmiernego stosowania nawozów zawierających B oraz (c) stosowania do nawadniania wody o wysokim stężeniu boru [4]. Badania dotyczące kontrolowanego żywienia sałaty prowadzone są zarówno w podłożach organicznych [5-7], jak i w uprawach hydroponicznych [8-11]. Według Kowalskiej i Sadego [9] pożywka do uprawy hydroponicznej tego gatunku powinna zawierać 0,17 mg B · dm⁻³, natomiast według Lastra i in. [10] oraz Andriolo i in. [11] – 0,5 mg B · dm⁻³. Uprawa roślin w wełnie mineralnej, w układzie zamkniętym z recyrkulacją pożywki zaliczana jest do upraw hydroponicznych [12] (Rys. 1).

Celem przeprowadzonych badań było poznanie wpływu fertygacji borem na plonowanie i zawartość składników pokarmowych w sałacie masłowej uprawianej w wełnie mineralnej z zastosowaniem modułów uprawowych z recyrkulacją pożywki typu Wilma.



(i) – podłoża inerte

Rysunek 1 Klasyfikacja upraw bezglebowych (Komosa 2002)

Figure 1 Classification of soilless cultures

2. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Doświadczenia wegetacyjne przeprowadzono w specjalistycznych szklarniach uprawowych, zlokalizowanych na terenie Stacji Doświadczalnej Katedr Wydziału Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Badano wpływ składu chemicznego pożywek o zróżnicowanej zawartości boru (B-I – bez stosowania boru, 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 zawartość składników pokarmowych w częściach nadziemnych sałaty uprawianej w zamkniętym układzie nawożenia z recyrkulacją pożywki z wykorzystaniem modułów uprawowych Wilma (Rys. 2). Doświadczenie przeprowadzono w trzech replikacjach, z zastosowaniem sałaty masłowej (*Lactuca sativa* L.) odmiany 'Sunny'.



Rysunek 2 Uprawa sałaty masłowej w układzie hydroponicznym z recyrkulacją pożywki (fot. T. Kleiber)

Figure 2 Cultivation of lettuce in the closed fertigation system with recirculation of the nutrient solution

W doświadczeniach zastosowano pożywkę o następującym składzie chemicznym ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$): $\text{N-NH}_4 < 10$, N-NO_3 150, P-PO_4 50, K 150, Ca 150, Mg 50, Fe 3,00, Mn 0,50, Zn 0,44, Cu 0,03, pH 5,50, EC $1,8 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$. Woda, na bazie której sporządzono pożywki do fertygacji, zawierała (w $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$): N-NH_4 ślady, N-NO_3 3,7, P-PO_4 0,3, K 1,8, Ca 57,3, Mg 13,4, S-SO_4 58,3, Na 22,7, Cl 42,2, Fe 0,08, Mn 0,08, Zn 1,648, Cu ślady, B 0,011, Mo ślady, HCO_3 277,5, pH 7,00, EC $0,74 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$. W okresie wegetacji, przy użyciu aparatu Hydro-N, wykonywano odczyty spektrometrycznej intensywności zabarwienia blaszki liściowej (SPAD) – największych liści z poszczególnych roślin w danej kombinacji. Podczas zbioru roślin określono liczbę liści na roślinach w każdej kombinacji, a następnie części nadziemne ważono, określając plon świeżej masy główek sałaty. Do analiz chemicznych pobierano części nadziemne roślin. Zebrany materiał roślinny suszono w temperaturze 55°C , a następnie mielono. Do oznaczenia: ogólnych form azotu, fosforu, potasu, wapnia i magnezu materiał roślinny mineralizowano w stężonym kwasie siarkowym [13]; 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, w piecu muflowym. Po mineralizacji materiału roślinnego zostały wykonane jego analizy chemiczne 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 (ASA), bor – metodą kolorymetryczną z kurkuminą. Wyniki pomiarów biometrycznych oraz analiz chemicznych roślin poddano analizie statystycznej testem Duncana ($p = 0,05$).

3. WYNIKI I Dyskusja

Stwierdzono istotny wpływ poziomu boru w pożywce stosowanej do fertygacji na masę wytworzonych przez rośliny główek sałaty (Tab. 1). Bor jest składnikiem mogącym w przypadku nadmiernego nim odżywienia toksycznie oddziaływać na roślinę [14]. Jednak w przeprowadzonych badaniach własnych najmniejszą masą charakteryzowały się rośliny przy stosowaniu pożywki B-I bez dodatku boru (plon $163,55 \text{ g} \cdot \text{roślina}^{-1}$), a największą rośliny przy B-IV (plon $220,11 \text{ g} \cdot \text{roślina}^{-1}$). Nie stwierdzono istotnych różnic w plonowaniu pomiędzy kombinacjami B-II i B-III (odpowiednio $193,33$ i $206,44 \text{ g} \cdot \text{roślina}^{-1}$). Uzyskany plon główek sałaty przy stosowaniu w pożywce do fertygacji $1,6 \text{ mg B} \cdot \text{dm}^{-3}$ był większy od średniego plonu uzyskanego przez Jarosza i Dziędę [5], ale mniejszy od uzyskanego przez Nurzyńskiego i in. [6] w uprawie tradycyjnej sałaty prowadzonej w torfie. Zbliżony plon główek sałaty uzyskali Markiewicz i Kleiber [15] w uprawie z wykorzystaniem hydroponiki stagnującej prowadzonej w wełnie mineralnej.

Poziom boru w pożywce stosowanej do fertygacji nie miał wpływu na liczbę liści sałaty w kombinacjach B-I, B-II i B-IV - istotnie największą liczbę liści otrzymano przy poziomie B-III ($25,7$ liścia-roślina $^{-1}$).

Poziom boru w pożywce stosowanej do fertygacji modyfikował istotnie intensywność zabarwienia blaszek liściowych (Tab. 1). Największą wartość SPAD ($32,7$) stwierdzono przy stosowaniu pożywki o największej zawartości boru (B-IV), istotnie najmniejszą ($24,5$) przy stosowaniu pożywki bez dodatku boru (B-I). Nie stwierdzono istotnych różnic w wartości SPAD pomiędzy B-II i B-III ($28,3$ i $29,2$). Pozytywną korelację między wartością SPAD, a zawartością chlorofilu całkowitego oraz chlorofilu a i chlorofilu b w sałacie stwierdzili Leon i in [16]. Zwiększenie wartości SPAD wraz ze wzrostem poziomu boru w pożywce stosowanej do fertygacji może świadczyć o wzroście zawartości chlorofilu w liściach sałaty.

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)			
163,55 a*	193,33 ab	206,44 ab	220,11 b
Liczba liści (liście·roślina ⁻¹)			
23,3 a	23,5 a	25,7 b	23,8 a
(SPAD)			
24,5 a	28,3 b	29,2 b	32,7 c

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

3.1 Zawartość makroskładników

Największą zawartość azotu w główkach sałaty oznaczono w kombinacji B-III (5,17 %N) (Tab. 2). Najmniejszą zawartość azotu oznaczono w kombinacji B-II (4,20 %N), nie różniącą się istotnie od zawartości azotu w kombinacji B-IV (4,78 %N). W badaniach innych autorów [5, 6, 17] w sałacie uprawianej w substracie torfowym oznaczono wyraźnie większe zawartości azotu ogólnego w porównaniu do badań własnych autorów. W badaniach własnych oznaczono 0,94 – 1,05 %P. Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości fosforu między kombinacjami B-I i B-III oraz B-II i B-IV. Stosowanie do fertygacji pożywek o zróżnicowanej zawartości boru nie miało wpływu na zawartość w sałacie kationów o charakterze zasadowym – potasu, wapnia i magnezu. Oznaczona za-

wartość fosforu, potasu, wapnia i magnezu była wyraźnie większe od przytaczanych przez innych autorów [5, 6, 18].

3.2 Zawartość mikrośkładników

Największą zawartość żelaza oznaczono w kombinacji B-I (166,0 mg · kg⁻¹), a najmniejszą przy B-II (102,0 mg · kg⁻¹). Nie wykazano różnic w zawartości żelaza między kombinacjami B-III i B-IV (Tab. 3). Według Hakerlerler i in. [19] optymalna zawartość żelaza w liściach sałaty wynosi 55,9 mg Fe · kg⁻¹. Zawartość mikroelementów w częściach nadziemnych sałaty zależy od formy dostarczanego składnika: mineralnej (siarczanowej) lub organicznej (chelat), obejmując zakres od 149,1 do 193,4 mg Fe·kg⁻¹ [20]. Stwierdzono wpływ fertygacji borem na zawartość manganu, miedzi i boru w liściach sałaty. Istotnie największą zawartość

Tabela 2 Wpływ wzrastającego żywienia borem na zawartość makroskładników w liściach sałaty (% w s.m.)

Table 2 Effect of increasing boron nutrition on the content of macronutrients in lettuce leaves (% d.m.)

Poziom B			
I	II	III	IV
N			
4,78 b*	4,20 a	5,17 c	4,48 a
P			
1,04 b	0,94 a	1,05 b	0,97 a
K			
8,02 a	8,21 a	7,87 a	8,29 a
Ca			
1,84 a	2,21 a	1,88 a	2,03 a
Mg			
0,67 a	0,63 a	0,63 a	0,68 a

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

manganu ($200,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) i boru ($88,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) oznaczono w kombinacji B-IV; natomiast miedzi ($14,30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) w kombinacji B-III. Oznaczona zawartość manganu i miedzi mieściła się w przedziale podawanym przez Winsor i Adams [21]. Nie stwierdzono wpływu fertygacji borem na zawartość cynku, która mieściła się w przedziale $118,5 - 132,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Były one zbieżne do zawartości podawanych przez Kozik i in. [20], lecz były wyraźnie większe od podawanych przez Hackerlerler i in. [19]. Zwiększenie zawartości boru w pożywce stosowanej do fertygacji miało istotny wpływ na zawartość tego mikroelementu w częściach nadziemnych sałaty. W badaniach własnych autorzy oznaczyli zawartość boru w przedziale $64,7 - 88,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Mniejszą zawartość boru w częściach nadziemnych uzyskali Diana i Beni [22] w doświadczeniu z uprawą sałaty w glebie mineralnej.

4. WNIOSKI

1. Stwierdzono istotny wpływ badanych poziomów boru na średnią masę wytwarzanych główek sałaty i intensywność zabarwienia blaszek liściowych.
2. Wykazano wpływ wzrastającego żywienia borem na zawartość azotu i fosforu w liściach. Wpływu takiego nie stwierdzono w przypadku potasu, wapnia i magnezu.
3. Zawartość boru w pożywce istotnie modyfikowała zawartość żelaza, manganu, miedzi i boru w główkach sałaty.
4. W badanym zakresie stężeń boru nie stwierdzono objawów toksyczności tego składnika.
5. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić przydatność układów hydroponicznych typu Wilma do uprawy sałaty w wełnie mineralnej z zastosowaniem recyrkulacji pożywki.

Tabela 3 Wpływ wzrastającego żywienia borem na zawartość mikroskładników w liściach sałaty ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
Table 3 Effect of increasing boron nutrition on the content of micronutrients in lettuce leaves ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Poziom B			
I	II	III	IV
Fe			
166,0 c*	102,0 a	133,3 b	132,8 b
Mn			
180,4 a	181,2 a	184,4 a	200,8 b
Zn			
125,4 a	118,5 a	123,5 a	132,0 a
Cu			
5,30 a	12,15 b	14,30 c	14,15 c
B			
64,7 a	67,1 a	75,1 b	88,2 c

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

LITERATURA

- [1] Matouh T., Boron in plant cell walls. *Plant and Soil.*, 193: 1997, 59-70.
- [2] Keren R., Bingham F. T., Boron in Water, Soils, and Plants. *Advances in Soil Science*, vol. 1., 1985, 229-276.
- [3] Herrera-Rodriguez M. B., Gonzalez-Fontes A., Rexach J., Camacho-Cristobal J. J., Maldonado J. M., Navarro-Gochicoa M. T., Role of boron in vascular plants and response mechanisms to boron stresses. *Plant Stress*, 4: 2010, 115-122.
- [4] Nable R. O., Banuelos G. S., Paull J. G., Boron toxicity. *Plant and Soil*, 193: 1997, 181-198.
- [5] Jarosz Z., Dzida K., Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotowo-potasowego na plonowanie i skład chemiczny sałaty. *Acta Agrophysica*, 7(3), 2006, 591-597.

- [6] Nurzyński J., Dzida K., Nowak L., Plonowanie i skład chemiczny sałaty w zależności od nawożenia azotowego i wapnowania. *Acta Agrophysica*, 14(3), 2009, 683-689.
- [7] Kozik E., Ruprik B., Skład chemiczny sałaty uprawianej w różnych podłożach przy wzrastającym nawożeniu azotem. *Roczniki Akademii Rolniczej w Pozn. CCCXXIII, Ogrodn.*, 31, cz. 1: 2000, 351-355.
- [8] Kleiber T., Markiewicz B., Tolerancja sałaty (*Lactuca sativa* L.) na zasolenie. Cz. I. Zróżnicowanie składu chemicznego pożywek środowiska korzeniowego. *Nauka Przyr. Technol.*, 4, 4, 2010, #46.
- [9] 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.* 22/1 (2010): 37-44.
- [10]. Lastra O., Tapia M. L., Razeto B., Rojas M., Response of hydroponic lettuce cultivars to different treatments of nitrogen: growth and foliar nitrate content. *INDONESIA.*, Vol. 27(1), 2009, 83-89.
- [11] 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, v. 23, n.4, 2005, 931-934.
- [12] Komosa A., Podłoża inertne – postęp czy inercja? *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Lublin, z. 485: 2002, 147-167.
- [13] IUNG. Analytical methods in agricultural-chemistry stations. Part II. Plant analyses. IUNG Puławy (Poland): 1972, 25-83.
- [14] Breś W., Golcz A., Komosa A., Kozik E., Tyksiński W., *Żywnienie roślin ogrodniczych*. Wyd. UP w Poznaniu, 2009.
- [15] 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.*, 4, 4, 2010, #47.
- [16] León A., Viña S., Frezza D., Chaves A., Chiesa A., Estimation of Chlorophyll Contents by Correlations between SPAD-502 Meter and Chroma Meter in Butterhead Lettuce. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38 (19-20), 2007, 2877-2885.
- [17] Krzebietke S., Response of butter lettuce (*Lactuca sativa* L.) to different forms of nitrogen fertilizers with chlorine and sulphates *J. Elementol.*, 13(4): 2008, 581-588.
- [18] Jarosz Z., Wpływ nawozu Pentakeep® V na plonowanie oraz zawartość wybranych makro- i mikroelementów w sałacie. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska*. Lublin., Vol. XXII (1), 2012, 1-8.
- [19] 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.*, 29(2-3), 1992, 87-94.
- [20] 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*, 7(3), 2008, 25-31.
- [21] Winsor G., Adams P., *Glasshouse Crops.*, Volume: 3, 1987, 119-125.
- [22] Diana G., Beni C., Effect of organic and mineral fertilization on soil boron fractions. *Agra. Med.* Vol. 136, 2006, 70-78.