

# APARATURA

## BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

### Zależność między odczytem SPAD a zawartością składników pokarmowych w liściach pomidora przy zróżnicowanym poziomie żywienia manganem

*TOMASZ KLEIBER, BARTOSZ MARKIEWICZ, MACIEJ BOSIACKI*

**UNIwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Katedra Żywienia Roślin**

**Słowa kluczowe:** mangan, pomidor, liście, składniki pokarmowe, SPAD

#### **STRESZCZENIE**

Mangan jest podstawowym mikroelementem – zarówno jego niedobór, jak i nadmierne pobranie są niekorzystne dla roślin: niedobór zaburza proces fotosyntezy, a nadmiar może uszkadzać aparat fotosyntetyczny. Celem przeprowadzonych badań była ocena zależności pomiędzy wartościami SPAD (aparat SPAD 502; Konica Minolta), a zawartością składników pokarmowych w liściach pomidora uprawianego w wełnie mineralnej, przy zróżnicowanym poziomie żywienia manganem (w mg Mn·dm<sup>-3</sup>): 0; 0,3; 0,6; 1,2. Stwierdzono istotne zróżnicowanie wartości SPAD w zależności od poziomu żywienia manganem: w zakresie Mn 0,3-0,6 stwierdzono istotne obniżenie SPAD w stosunku do kombinacji kontrolnej. Największą wartość SPAD zaobserwowano przy Mn 1,2. Wykazano istotny wzrost SPAD (poza Mn 0,3) w miarę rozwoju roślin. Analiza statystyczna wykazała pozytywne skorelowanie pomiędzy odczytem SPAD a zawartością w liściach pomidora: wapnia: dla Mn 0 i Mn 0,6 – korelacja bardzo wysoka; Mn 1,2 – korelacja wysoka; magnezu – korelacja wysoka dla Mn 0,6; manganu: Mn 0 – korelacja wysoka; Mn 0,3-1,2 – korelacja bardzo wysoka; żelaza – bardzo wysoka dla Mn 0,3 i Mn 1,2; sodu - wysoka dla Mn 0 i Mn 0,6.

# Relationships between SPAD reading and nutrients content in tomato's leaves on differentiated levels of manganese nutrition

**Keywords:** manganese, tomato, leaves, nutrients, SPAD

## ABSTRACT

Manganese is an essential micronutrient – both deficiency like excess uptake of Mn are unfavourable for plants: deficiency disorders photosynthesis process when excess can damage the photosynthetic apparatus. The aim of conducted studies was estimation of relationships between SPAD values (apparatus SPAD 502; Konica Minolta) and content of nutrients in leaves of tomato growing in rockwool with differentiated levels of manganese nutrition (in mg Mn·dm<sup>-3</sup>): 0; 0.3; 0.6; 1.2. It was found significantly differentiation of SPAD values depended on the manganese nutrition level: in range Mn 0.3-0.6 – there was found significantly decreasing in relation to control combination. The highest SPAD values were found in case of Mn 1.2. It was found significantly increasing of SPAD values (except Mn 0.3) according with vegetation period. Statistical analyses showed positive correlation between SPAD reading and content in tomato leaves: calcium: for Mn 0 and Mn 0.6 – very high correlation; Mn 1.2 – high correlation; magnesium – high correlation for Mn 0.6; manganese – for Mn 0 – high correlation; Mn 0.3-1.2 – very high correlation; iron – very high for Mn 0.3 and Mn 1.2; sodium – high correlation for Mn 0 and Mn 0.6.

## 1. WSTĘP

Mangan (Mn) jest niezbędnym mikroelementem dla większości organizmów. W roślinach jest składnikiem budulcowym białek fotosyntetycznych, lignin, flawonoidów oraz wielu enzymów: dehydrogenaz, transferaz, hydroksylaz, dekarboksylaz [1, 2]. Z punktu widzenia fizjologii roślin, zarówno jego niedobór, jak i nadmiar są niekorzystne: niedobór zaburza proces fotosyntezy (fotolizę wody i transport elektronów, układ PS II), natomiast nadmiar może uszkadzać aparat fotosyntetyczny [3]. Próg tolerancji na mangan jest zróżnicowany w zależności od uwarunkowań genetycznych [4, 5]. Nadmierne pobieranie manganu przez rośliny może oddziaływać na różne procesy: aktywność enzymatyczną, absorpcję i translokację innych składników (fosforu, wapnia, magnezu, żelaza), jak również powodować stres oksydacyjny [6, 7].

W praktyce badań środowiskowych, jak również ścisłych doświadczeń naukowych wykorzystuje się aparaty dokonujące pomiarów absorpcji światła przez tkanki liścia. Jednym z takich aparatów jest miernik SPAD 502 (Konica Minolta, Osaka, Japonia). Urządzenie zaopatrzone jest w dwa źródła światła o różnej długości: 650 nm (odpowiadającej maksymalnej absorpcji przez chlorofil a i b) oraz 940 nm (odpowiadającej dalekiej czerwieni, zatrzymywanej przez tkankę liścia) [8]. Na podstawie odczytów SPAD można dokonać oceny zawartości chlorofilu w liściach [9, 10], jak również oceniać stan odżywienia roślin np. w azot

[11-13]. Celem przeprowadzonych badań było określenie wartości SPAD w przypadku pomidora uprawianego przy zróżnicowanych poziomach żywienia manganem oraz ich wzajemnych relacji z zawartością składników pokarmowych w liściach roślin.

## 2. MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w szklarni Katedry Żywienia Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Dotyczyły ono relacji pomiędzy wartościami SPAD a zawartością składników pokarmowych w liściach pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) uprawianego w wełnie mineralnej, przy zróżnicowanym poziomie żywienia roślin manganem. Doświadczenia przeprowadzono w 4 powtórzeniach (powtórzenie stanowiły 2 rośliny rosnące w 1 macie uprawowej), w układzie 1-czynnikowym, gdzie badanym czynnikiem był poziom manganu w pożywce stosowanej do fertygacji roślin. Rośliny rosły w zagęszczeniu standardowym (2,5 rośliny·m<sup>-2</sup>).

### 2.1 Skład chemiczny wody i pożywki

Rośliny uprawiano z zastosowaniem fertygacji w układzie zamkniętym bez recyrkulacji. Skład chemiczny wody wodociągowej, na bazie której przygotowano pożywkę, był następujący (w mg·dm<sup>-3</sup>): N-NH<sub>4</sub> śl., N-NO<sub>3</sub> – 3,7, P-PO<sub>4</sub> – 0,3, K – 1,8, Ca – 57,3, Mg – 13,4, S-SO<sub>4</sub> – 58,3, Na – 22,7, Cl – 42,2, Fe – 0,08, Mn – 0,08, Zn – 1,648, Cu – śl., B – 0,011, Mo – śl., HCO<sub>3</sub> – 277,5, pH – 7,00,

EC – 0,735 mS·cm<sup>-1</sup>. Do fertygacji roślin, po ich posadzeniu na miejsce stałe, stosowano pożywkę standardową o następującym składzie chemicznym (w mg·dm<sup>-3</sup>): N-NH<sub>4</sub><14, N-NO<sub>3</sub> – 265, P – 50, K – 460, Ca – 110, Mg – 70, Na – 22,7, Cl – 60, S-SO<sub>4</sub> – 120, Fe – 1,7, Zn – 1,648, Cu – 0,08, B – 0,41, pH – 5,5, EC – 3,20 mS·cm<sup>-1</sup>. Pożywki do fertygacji roślin sporządzano ze standardowych nawozów pojedynczych i kompleksowych, przeznaczonych do upraw hydroponicznych, bardzo dobrze rozpuszczających się w wodzie i pozbawionych związków balastowych. Były nimi: chelat żelazowy Librel FeDP7 (7% Fe), saletra potasowa (13% N-NO<sub>3</sub>, 38,2% K), saletra wapniowa (14,5% N-NO<sub>3</sub>, 19,6% Ca), saletra magnezowa (11,0% N-NO<sub>3</sub>, 9,5% Mg) – zbiornik A; fosforan monopotasowy (22,3% P, 28,2% K), siarczan potasu (44,8% K, 17% S-SO<sub>4</sub>), siarczan magnezu (9,5% Mg, 12,7% S-SO<sub>4</sub>), siarczan miedzi (CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, 25,6% Cu), boraks (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·10H<sub>2</sub>O, 11,3% B) i molibdenian sodu (Na<sub>2</sub>Mo<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, 39,6% Mo) – zbiornik B. Pożywki zakwaszono do pH 5,5 kwasem azotowym (38%), a ilość azotu wniesiona z kwasem była uwzględniana w zakładanym poziomie azotu. Stężona 100-krotnie pożywka przygotowywana była w dwóch zbiornikach o pojemności 120 dm<sup>3</sup> każdy (zbiornik A i B). Koncentraty były rozcieńczane 100-krotnie do zbiornika głównego o pojemności 1000 dm<sup>3</sup> (co odpowiada 10 dm<sup>3</sup> koncentratu A i B), a następnie pożywka robocza dostarczana była roślinom systemem indywidualnego nawadniania kropłowego. Roztwór manganu (siarczan manganu MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O, 32,3% Mn rozpuszczony w wodzie) był przygotowywany i dodawany indywidualnie do poszczególnych 1000-litrowych zbiorników (w kombinacjach: 0,3; 0,6; 1,2 mg Mn·dm<sup>-3</sup>) w dniu rozcieńczania pożywki do zbiornika głównego. System fertygacji sterowany był komputerowo. W okresie intensywnego wzrostu i plonowania roślin (czerwiec-sierpień) dobowe zużycie pożywki wynosiło 3,0-3,5 dm<sup>3</sup>·roślina<sup>-1</sup> w 10-20 dawkach pojedynczych, przy zastosowaniu 20-30% wycieku nadmiaru pożywki z maty. W okresie wegetacji, w połowie każdego miesiąca (czerwiec, lipiec, sierpień), pobierano do analiz chemicznych części wskaźnikowe roślin, którymi był 8-9 liść od wierzchołka. Analizy materiału roślinnego wykonywano metodami standardowymi, stosowanymi w diagnostyce potrzeb pokarmowych roślin. W tych samych terminach (czerwiec, lipiec, sierpień – opisane w tekście jako termin: I, II, III) dokonano pomiarów wartości SPAD (syn. indeksu zazielenienia)

za pomocą aparatu SPAD 502 (Konica Minolta, Osaka, Japonia). Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej wnioskując przy  $\alpha=0,05$ . Na podstawie wyznaczonych współczynników korelacji liniowej (metodą Pearsona) określono jej moc według załączonej skali (Tab. 1).

**Tabela 1** Klasyfikacja korelacji w zależności od wartości współczynnika korelacji [14]

**Table 1** Classification of correlation depended on the values of coefficient of correlation

Współczynnik korelacji	Opis
0	Zmienne nie są skorelowane
0 < r < 0,1	Korelacja nikła
0,1 ≤ r < 0,3	Korelacja słaba
0,3 ≤ r < 0,5	Korelacja przeciętna
0,5 ≤ r < 0,7	Korelacja wysoka
0,7 ≤ r < 0,9	Korelacja bardzo wysoka
0,9 ≤ r < 1	Korelacja prawie pełna

### 3. WYNIKI I DYSKUSJA

#### 3.1 Indeks zazielenienia blaszki liściowej.

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono istotne zróżnicowanie badanego parametru, uzależnione zarówno od zawartości manganu stosowanego w pożywce do fertygacji roślin, jak i terminu analizy (Tabela 2). Najmniejszą wartość przyjmowała ona w przypadku stosowania 0,6 mg Mn·dm<sup>-3</sup> pożywki w I terminie (53,4 jednostki SPAD), a największą (62,4 jednostki SPAD) w III terminie badań, w przypadku 2-krotnie większego stężenia manganu w pożywce (1,2 mg Mn).

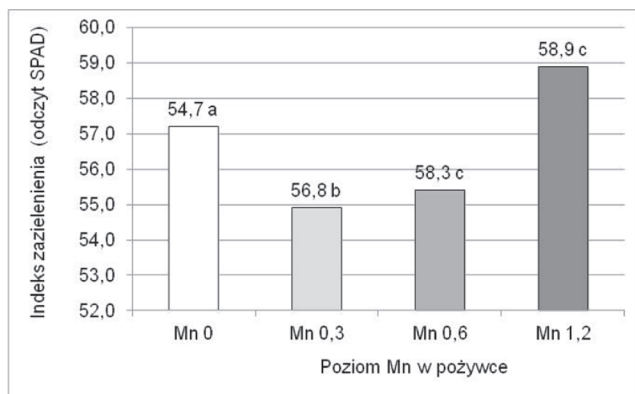
**Tabela 2** Wpływ zawartości manganu w pożywce oraz terminu odczytu na intensywność zazielenienia blaszki liściowej pomidora (w jednostkach SPAD)

**Table 2** Influence of manganese content in nutrient solution and term of reading on the green color intensity of blade of tomato (in SPAD units)

Poziom Mn [mg Mn·dm <sup>-3</sup> pożywki]	Termin		
	I	II	III
0	54,6 ab	58,9 d	58,1 cd
0,3	55,4 abc	53,9 a	55,4 abc
0,6	53,4 a	55,4 abc	57,4 bcd
1,2	55,4 abc	58,8 d	62,4 e

Stwierdzono istotny wpływ poziomu manganu na badany parametr. W przypadku kombinacji kontrolnej (bez stosowania żywienia manganem) indeks zazielenienia był istotnie większy,

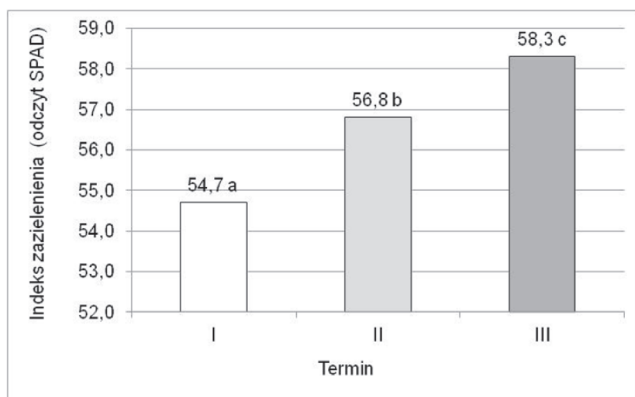
niż w kombinacjach 0,3 i 0,6 mg Mn·dm<sup>-3</sup> (Rys. 1). Z kolei najintensywniejszy stwierdzono w przypadku największego stężenia manganu (1,2 mg Mn·dm<sup>-3</sup>).



**Rysunek 1** Wpływ zawartości manganu w pożywce (mg Mn·dm<sup>-3</sup>) na indeks zazielenienia blaszki liściowej pomidora (średnia z 3 terminów badań)

**Figure 1** Influence of manganese content in nutrient solution (mg Mn·dm<sup>-3</sup>) on the green index color intensity of blade of tomato (mean from 3 terms of studies)

Dla średniej z badanych poziomów manganu wykazano istotny wzrost intensywności zazielenienia blaszki liściowej pomidora w miarę rozwoju roślin (Rys. 2). Była ona istotnie najmniejsza w pierwszym terminie (54,7 jednostek SPAD), a największa w ostatnim terminie analiz (58,3 jednostki SPAD).



**Rysunek 2** Wpływ terminów badań na indeks zazielenienia blaszki liściowej pomidora (średnia z 4 badanych poziomów manganu w pożywce)

**Figure 2** Influence of term studies on the green index color intensity of blade of tomato (mean from 4 tested content of manganese in nutrient solution)

Przeprowadzona analiza korelacji liniowej pomiędzy odczytami dokonanymi aparatem SPAD 502 wykazała pozytywną zależność w przypadku odżywiania roślin: wapniem (dla Mn 0 i Mn 0,6 – korelacja bardzo wysoka; Mn 1,2 – korelacja wysoka) oraz magnezem (korelacja wysoka przy Mn

0,6) (Tabela 3). W przypadku azotu, fosforu, potasu, wapnia (dla Mn 0,3), magnezu (dla Mn 0; Mn 0,3; Mn 1,2) stwierdzono korelację nikłą do przeciętnej.

**Tabela 3** Współczynniki korelacji (r) pomiędzy odczytem SPAD (indeksem zazielenienia) a zawartością makroelementów w liściach pomidora

**Table 3** Coefficient of correlation (r) between SPAD reading (the green index color intensity) and macroelement contents in tomato leaves

Kombinacja [mg Mn·dm <sup>-3</sup> ]	N	P	K	Ca	Mg
Mn 0	-0,06	0,49	0,47	0,80	-0,19
Mn 0,3	0,15	-0,23	-0,49	0,02	0,05
Mn 0,6	0,32	-0,05	-0,14	0,82	0,53
Mn 1,2	0,47	-0,05	-0,41	0,61	0,17

Analiza statystyczna wykazała pozytywne skorelowanie pomiędzy odczytem SPAD a zawartością manganu w liściach pomidora: Mn 0 – korelacja wysoka; Mn 0,3-1,2 – korelacja bardzo wysoka (Tabela 4). W przypadku żelaza korelacja była słaba (dla Mn 0,6), przeciętna (przy Mn 0), bardzo wysoka (przy Mn 0,3 i Mn 1,2). W przypadku cynku i miedzi stwierdzono korelację nikłą do słabej. W przypadku sodu korelacje były zróżnicowane: słaba (przy Mn 0,3), przeciętna (przy Mn 1,2) oraz wysoka (Mn 0 i Mn 0,6).

**Tabela 4** Współczynniki korelacji pomiędzy odczytem SPAD (indeksem zazielenienia) a zawartością mikroelementów i sodu w liściach pomidora

**Table 4** Coefficient of correlation (r) between SPAD reading (the green index color intensity) and microelement and sodium contents in tomato leaves

Kombinacja [mg Mn·dm <sup>-3</sup> ]	Fe	Mn	Zn	Cu	Na
Mn 0	-0,44	0,40	-0,31	-0,05	0,56
Mn 0,3	0,73	0,89	0,03	-0,12	-0,16
Mn 0,6	0,28	0,87	0,15	-0,18	0,63
Mn 1,2	0,89	0,89	0,22	-0,04	0,38

Odmienne niż w badaniach własnych – w przypadku jabłoni – istnieje wysoce istotna zależność pomiędzy intensywnością zabarwienia blaszek liściowych a zawartością w nich azotu [11]. SPAD może mieć również zastosowanie w diagnostyce żywienia pomidora azotem [12, 13]. Natomiast inni autorzy twierdzą [15], że metoda SPAD nie jest wiarygodna dla określenia stanu odżywienia tym składnikiem sadzonek pomidora. Na podstawie pomiarów intensywności zabarwie-



nia blaszek liściowych dokonanych aparatem SPAD można dokonać przeliczenia zawartości chlorofilu w liściach pomidora, posługując się wzorem [9, 10]: Odczyt SPAD = zawartość chlorofilu (mg·g<sup>-1</sup> świeżej masy) × 27,3+6,6.

Wraz ze wzrostem zawartości chlorofilu w liściach wzrasta ich absorpcja światła [16]. Wykorzystanie absorpcji zakresów światła – zastosowane między innymi w aparacie SPAD-502 – jest prostą, szybką i nie destrukcyjną metodą oszacowania zawartości chlorofilu w liściach [17, 18]. Liniowa zależność pomiędzy wartością SPAD a zawartością chlorofilu w liściach stwierdzona została w przypadku filodendrona [8]. W przypadku tego gatunku na oznaczoną wartość SPAD wpływa poziom żywienia roślin makroelementami [19]. Warunki świetlne wpływają istotnie na wartość indeksu zazielenienia liści sałaty oraz zawartość w nich chlorofilu [20]. Podobną relację stwierdzono także w przypadku innych gatunków roślin, między innymi pomidora [21]. Relacja pomiędzy pomiarami SPAD a ekstrahowanym chlorofilem jest charakterystyczna i specyficzna dla różnych gatunków roślin [18]. Tendencję do zmian wartości indeksu zazielenienia liści stwierdzono także w przypadku wzrastającego żywienia cebuli manganem [22]. W przypadku trzech gatunków traw (*Festuca arundinacea* Schreb., *Lolium perenne* L., *Lolium multiflorum* Lam.) stwierdzono ścisłą zależność pomiędzy wartością SPAD a zawartością azotu w liściach [23]. U dziurawca kielichowatego (*Hypericum calycinum* L.) na wartość indeksu SPAD wpływa stosowanie preparatów kondycjonujących [24].

W miarę wzrostu intensywności żywienia pomidora manganem stwierdzono, aczkolwiek nie udowodnioną statystycznie, tendencję do obniżenia plonowania roślin (o 9,5%) porównując kombinację 0,6 mg Mn z 1,2 mg Mn [25]. Świadczyć to może o stresie roślin wywołanym nadmiernym stężeniem składnika, w przypadku kombinacji 1,2 mg Mn. Interesujący jest fakt, że w przy-

padku tej kombinacji oznaczono istotnie największy indeks SPAD, mogący świadczyć o największej w tej kombinacji zawartości chlorofilu. W literaturze podawane są przykłady wzrostu zawartości chlorofilu w roślinach uprawianych w warunkach stresu np. wodnego [26]. Co ciekawe, wykazano także ujemną korelację pomiędzy indeksem SPAD a intensywnością fotosyntezy – co pozwala przypuszczać, że nie ilość chlorofilu, lecz jego aktywność fotosyntetyczna decyduje o intensywności tego procesu. Chlorofil pełnić może w roślinach także inne funkcje np. ochronne – w przypadku stresu wywołanego niekorzystnymi czynnikami zewnętrznymi [26].

W podsumowaniu można stwierdzić, że odczyty zazielenienia blaszki liściowej wykonywane przy użyciu miernika SPAD 502 – z uwagi na ich wysoką korelację z zawartością między innymi manganu w częściach wskaźnikowych roślin – mogą być cennym uzupełnieniem standardowych metod chemicznych wykorzystywanych w diagnostyce żywienia roślin.

#### 4. WNIOSKI

1. Stwierdzono istotny wzrost wartości SPAD (poza Mn 0,3) wraz z trwaniem okresu wegetacji.
2. Wykazano istotne zróżnicowanie wartości odczytu SPAD w zależności od poziomu żywienia roślin manganem. Zwiększenie żywienia manganem w zakresie Mn 0,3-0,6 powodowało istotne obniżenie wartości SPAD w stosunku do kombinacji kontrolnej. Największą wartość SPAD oznaczono przy Mn 1,2.
3. Analiza statystyczna wykazała pozytywne skorelowanie pomiędzy odczytem SPAD a zawartością w liściach pomidora:
  - a) wapnia: dla Mn 0 i Mn 0,6 – korelacja bardzo wysoka;
  - b) manganu: Mn 0 – korelacja wysoka; Mn 0,3-1,2 – korelacja bardzo wysoka;
  - c) żelaza – bardzo wysoka przy Mn 0,3 i Mn 1,2.

#### LITERATURA

- [1] Humphries J.M., Stangoulis J.C.R., Graham R.D., Manganese. W: Handbook of Plant Nutrition (red.) A.V. Barker, D.J. Pilbeam; Taylor & Francis Group, 2007, 351-374.
- [2] Lidon F.C., Barreiro M., Ramalho J., Manganese accumulation in rice: implications for photosynthetic functioning. J. Plant Physiol., 161, 2004, 1235-1244.
- [3] Millaleo R., Reyes-Díaz M., Ivanov A.G., Mora M.L., Alberdi M., Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms., J. Soil Sci. Plant Nutr. 10(4), 2010, 476-494.

- [4] Foy C., Scott B., Fisher J., Genetic differences in plant tolerance to manganese toxicity. W: R.D. Graham, R.J. Hannam, N.J. Uren (red.), Manganese in Soil and Plants, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holandia, 1988, 293-307.
- [5] Horst W.J., The physiology of manganese toxicity. W: R.D. Graham, R.J. Hannam, N.J. Uren (red.), Manganese in Soil and Plants, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holandia, 1988, 175-188.
- [6] Ducic T., Polle A., Transport and detoxification of manganese and copper in plants, *Braz. J. Plant Physiol*, 17, 2005, 103-112.
- [7] Lei Y., Korpelainen H., Li C., Physiological and biochemical responses to high Mn concentrations in two contrasting *Populus cathayana* populations, *Chemosphere*, 68, 2007, 686-694.
- [8] Wang Q., Chen J., Stamps R.H., Li Y. Correlation of visual quality grading and SPAD reading of green-leaved foliage plants, *J. Plant Nutr.*, 28, 2005, 1215-1225.
- [9] Shenker M., Oliver I., Helmann M., Hadar Y., Chen Y., Utilization by tomatoes of iron mediated by a siderophore produced by *Rhizopus arrhizus*, *J. Plant Nutr.*, 15, 1992, 2173-2182.
- [10] Shenker M., Plessner O.E., Tel-Or E., Manganese nutrition effects on tomato growth, chlorophyll concentration, and superoxide dismutase activity, *J. Plant Physiol.*, 161, 2004, 197-202.
- [11] Treder W., Cieśliński G., Ocena odżywienia jabłoni azotem za pomocą miernika SPAD-502, *Folia Horticult. Supl.*, 2, 2003, 168-170.
- [12] Rezende Fontes P.C., de Araujo Ch., Use of a chlorophyll meter and plant visual aspect for nitrogen management in tomato fertigation, *J. of Appl. Hort.*, 8(1), 2006, 8-11.
- [13] Gianquinto G., Sambo P., Borsato D., Determination of SPAD threshold values for the optimisation of nitrogen supply in processing tomato, *Acta Hort.*, 700, 2006, 159-166.
- [14] Stanisław A., Podstawy statystyki dla prowadzących badania naukowe. Odcinek 21: Analiza korelacji, *Medycyna Praktyczna*, 10, 2000, 176-181.
- [15] Mercado-Luna A., Rico-García E., Lara-Herrera A., Soto-Zarazúa G., Ocampo-Velázquez R., Guevara-González R., Herrera-Ruiz G., Torres-Pacheco I., Nitrogen determination on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seedlings by color image analysis (RGB), *Afric. J. of Biotech.*, 9(33), 2010, 5326-5332.
- [16] Rezende Fontes P.C., Ronchi C.P., Critical values of nitrogen indices in tomato plants grown in soil and nutrient solution determined by different statistical procedures, *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 37(10), 2002, 1421-1429.
- [17] Guimarães T.G., Fontes P.C.R., Pereira P.R.G., Alvarez V.H.V., Monnerat P.H., Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivados em dois tipos de solo, *Bragantia*, 58(1), 1999, 209-216.
- [18] Samsone I., Andersone U., Vikmane M., Ieviņa B., Pakarna G., Ievinsh G., Nondestructive methods in plant biology: an accurate measurement of chlorophyll content by a chlorophyll meter, *Acta Universitatis Latviensis*, 723, Biology, 2007, 145-154.
- [19] Komosa A., Kleiber T., Wojtysiak P., Nutrition of lacy tree philodendron (*Philodendron bipinnatifidum* Schott et Endl.). Part I. Plant growth and yielding, *Acta Sci. Pol., Hort. Cultus*, 10(3), 2011, 89-98.
- [20] Fukuda N., Nishimura S., Fumiki Y., Effect of supplemental lighting during the period from middle of night to morning on photosynthesis and leaf thickness of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and tsukena (*Brassica campestris* L.), *Acta Hort.*, 633, 2004, 237-244.
- [21] 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.*, 69, 2000, 76-83.
- [22] Kleiber T., Golcz A., Krzesiński W., The effect of magnesium nutrition on onion (*Allium cepa* L.). Part I. Yielding and nutrient status, *Ecol. Chem. Eng. S*, 19(1), 2012, 97-105.
- [23] Gáborčík N., Relationship between contents of chlorophyll (a+b) (SPAD values) and nitrogen of some temperate grasses, *Photosynthetica*, 41(2), 2003, 285-287.
- [24] Janowska B., Trelka T., Effect of preparations from the Chrysal series and benzyladenine on the postharvest longevity of shoots of the St. John's wort (*Hypericum calycinum* L.), *Nauka Przym. Technol.* 4(1), 2010, #8.
- [25] Klama J., Kleiber T., Wpływ fertygacji manganem na liczebność mikroflory podłoża oraz plonowanie pomidora uprawianego w wełnie mineralnej, *Nauka Przym. Technol.*, 4, 6, 2010, #82.
- [26] Olszewska M., Reakcja koniczyny białej uprawianej na dwóch typach gleb na stres wodny, *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 3(2), 2004, 203-213.