

Supraoptimale Manganversorgung bewirkt eine Zunahme der antioxidativen Kapazität in Pfefferminzblättern

Jan A. Solbach, Lilian Schmidt, Johannes F. J. Max*

DGG-Proceedings, Vol. 8, 2018, No. 8, p. 1-5.
DOI: 10.5288/dgg-pr-js-2018

*Corresponding Author:

Johannes F. J. Max
Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung
Hochschule Geisenheim University
Von-Lade-Str. 1
65366 Geisenheim
Germany

Email: johannes.max@hs-gm.de

Supraoptimale Manganversorgung bewirkt eine Zunahme der antioxidativen Kapazität in Pfefferminzblättern

Jan A. Solbach^{1,2}, Lilian Schmidt¹, Johannes F. J. Max¹

¹Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung, Hochschule Geisenheim University

²Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Systemmodellierung Gemüsebau, Leibniz Universität Hannover.

1. Einleitung, Stand des Wissens, Zielsetzung

Mangan (Mn) spielt in primären und sekundären Stoffwechselprozessen eine wichtige Rolle. Seine physiologische Bedeutung im Metabolismus liegt hauptsächlich in der Fähigkeit zum Valenzwechsel (Pittman, 2005), in der Steuerung von Oxidations- und Reduktionsvorgängen sowie des Kohlenhydrat- und Eiweißstoffwechsels. Es ist an zahlreichen Enzymreaktionen beteiligt und vor allem wichtiger Cofaktor von antioxidativen Enzymen (Millaleo et al., 2010). Mn-Versorgung über dem Optimum kann jedoch photosynthetische Prozesse beeinträchtigen und zu Toxizitätssymptomen führen (Li et al., 2012). Die oxidativen Schäden werden dabei durch verstärkte Induktion von antioxidativen Systemen vermindert (Li et al., 2010). Somit kann auch die Bildung von sekundären Pflanzeninhaltsstoffen (Bsp. Anthocyane, Ascorbinsäure) durch supraoptimale Mn-Gaben verstärkt stattfinden, da diese oftmals antioxidative Wirkungen besitzen. Eine frühere Studie (Errenst, 2012) zeigte einen Anstieg der Monoterpengehalte bei Thüringer Pfefferminze (*Mentha x piperita* var. *piperita* 'Multimentha') - einer traditionellen, aromatischen Medizinalpflanze - unter gesteigerter Mn-Zufuhr. Weitere wertgebende Inhaltsstoffe wie Anthocyane oder Ascorbinsäure wurden dabei jedoch nicht betrachtet. Daher wurden die Auswirkungen zusätzlicher Mn-Gaben auf Wachstumsparameter sowie Konzentration wertgebender Inhaltsstoffe von Thüringer Pfefferminze in einem Gewächshausexperiment untersucht.

2. Material und Methoden

Stecklinge von Thüringer Pfefferminze (*Mentha x piperita* var. *piperita* 'Multimentha') wurden von Dezember 2014 bis Februar 2015 in einem Gewächshaus der Hochschule Geisenheim University kultiviert. Jeweils 10 Pflanzen pro Variante wurden in Quarzsand angezogen und für 26 Tage zweimal wöchentlich mit je 100 ml Nährlösung versorgt. Die Einzelpflanzen wurden als Wiederholungen angesehen und die Pflanzgefäße vollständig randomisiert auf dem Gewächshaustisch verteilt. Da zum Zeitpunkt der Ernte einige Pflanzen ausgefallen waren, ergeben sich z.T. unterschiedliche Stichprobenumfänge (entweder 9 oder 10). Die Nährlösungen enthielten den Mehrnähstoffdünger TeraKristalon Blau (N-P-K 19-6-20 + 3 Mg + 3 S + Spurenelemente) sowie Calcinit (Kalksalpeter 15 + 26 CaO, beide Yara GmbH & Co. KG, Dülmen) im Verhältnis 70:30 bei einem EC von 1,5 dS m⁻¹.

Die Mangankonzentrationen der Nährlösungen (0, 0,5, 1 oder 2 mmol L⁻¹) wurden entsprechend der Behandlungsvariante durch Zugabe von Mangan(II)-nitrat Hydrat (Mn(NO₃)₂ × H₂O, Carl Roth GmbH + Co. KG, Karlsruhe) eingestellt. Nach 26 Tagen wurden die Pflanzen geerntet und physiologische Parameter, Biomassedaten sowie wertgebende Inhaltsstoffe erfasst. Chlorophyllfluoreszenz-Messungen wurden mit dem Mini-PAM (Heinz Walz GmbH, Effeltrich) durchgeführt und der Chlorophyllgehalt der Blätter wurde nicht-invasiv durch Messungen mit dem N-Tester (basierend auf SPAD-502Plus, Yara GmbH & Co. KG, Dülmen) ermittelt. Zudem wurden die Anthocyan- und Flavonoidgehalte junger Blätter als Indices nicht-invasiv durch spektroskopische Messungen mit dem Dualex Scientific+ (Force-A, Orsay Cedex, Frankreich) erfasst. In getrockneten Blattproben wurde nach Kjeldahlaufschluss mittels ICP-OES der Mn-Gehalt bestimmt. Aus weiteren Blattproben wurde die antioxidative Kapazität von wasserlöslichen Stoffen mittels Lumineszenz-Messungen ermittelt (Protokoll der Analytik Jena AG, Jena). Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit SAS Version 8e (SAS, 2001, SAS Institute Inc., Cary, N.C., USA). Die Varianzanalyse (ANOVA) und die anschließenden Mittelwertvergleiche wurden mit Hilfe der Prozedur „GLM“ (General Linear Models) durchgeführt. Zum Vergleich der Mittelwerte der Mn-Stufen wurde der Student-Newman-Keuls-Test (SNK, $\alpha < 0,05$) eingesetzt.

3. Ergebnisse

Die optimale Quanteneffizienz des Photosystems II (F_v/F_m) und der Chlorophyllgehalt wurden durch die Manganzugaben nicht beeinflusst (Tabelle 1).

Tab. 1. Effekt von Mn auf die Trockenmasse (TM), den Chlorophyllgehalt (SPAD), die optimale Quanteneffizienz des Photosystems II (F_v/F_m) und den Anthocyanindex von Thüringer Pfefferminze. Prüfglieder mit unterschiedlichen Buchstaben sind statistisch unterscheidbar, n = 10 (SPAD), 18 (TM Spross), 10 (F_v/F_m) bzw. 10 (Anthocyanindex).

Parameter	0 mmol L ⁻¹	0,5 mmol L ⁻¹	1 mmol L ⁻¹	2 mmol L ⁻¹
TM Spross [g]	0,34 a	0,24 b	0,13 c	0,1 c
SPAD	34,3 a	34,8 a	33,4 a	33,8 a
F_v/F_m	0,84 a	0,83 a	0,82 a	0,82 a
Anthocyanindex	0,123 a	0,128 a	0,148 a	0,159 a

Jedoch ging mit jeder Zunahme der Mn-Konzentration der Nährlösung eine Reduktion der Biomasse (Tabelle 1) sowie verstärktes Auftreten von Chlorosen und Nekrosen an den Blättern einher (Abbildung 1, siehe auch Li et al., 2012).



Abb. 1. Visueller Vergleich von Thüringer Pfefferminze, die mit 0, 0,5, 1 und 2 mmol L⁻¹ Mangan behandelt wurden (v.l.n.r).

Die Mn-Konzentration in den Blättern stieg entsprechend der Mn-Gaben nahezu linear an (Abbildung 2).

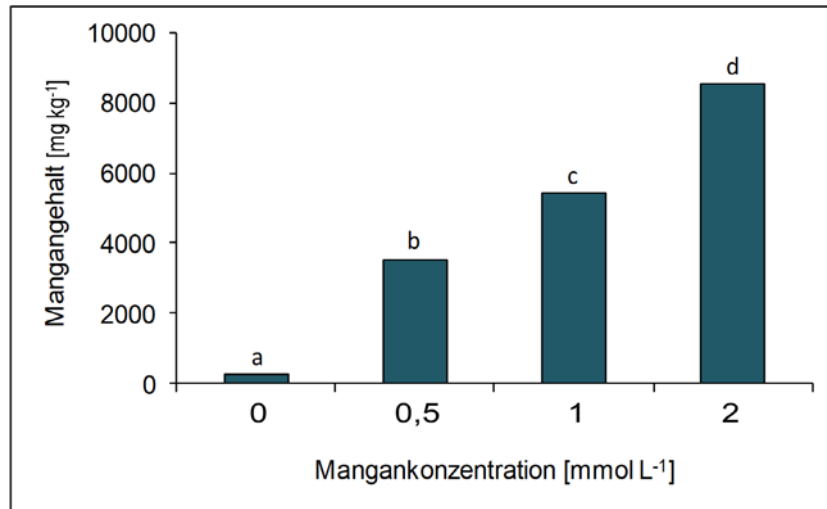


Abb. 2. Mangangehalt in Blättern von Thüringer Pfefferminze unter vier verschiedenen Mangangaben. Prüfglieder mit unterschiedlichen Buchstaben sind statistisch unterscheidbar, n = 9.

Die antioxidative Kapazität der Blätter stieg mit zunehmender Mangangabe an, war jedoch nur bei 2 mmol Manganzufuhr pro Liter signifikant erhöht gegenüber Kontrollpflanzen ohne Mangangabe und den mit 0,5 mmol Mangan pro Liter behandelten Pflanzen (Abbildung 3). Die Ascorbinsäure-Equivalente der mit 2 mmol Mn L⁻¹ behandelten Pflanzen war doppelt so hoch wie die der Kontrollpflanzen und nahm um circa 73 % gegenüber den mit 0,5 mmol Mn L⁻¹ behandelten Pflanzen zu.

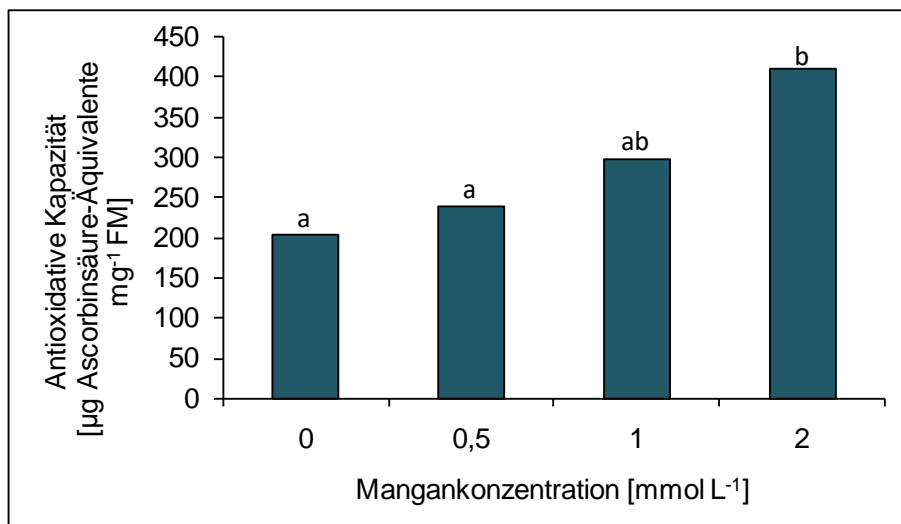


Abb. 3. Antioxidatives Potential von Blättern der Thüringer Pfefferminze unter vier verschiedenen Mangangaben. Prüfglieder mit unterschiedlichen Buchstaben sind statistisch unterscheidbar, n=6

Der Anthocyangehalt in den Blättern nahm unter steigender Mn-Konzentration tendenziell zu (Tabelle 1), zeigte aber keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungen. Der Flavonoidgehalt der Blätter unterschied sich nicht zwischen den vier Mn- Konzentrationsstufen (Daten nicht gezeigt).

4. Diskussion

Supraoptimale Manganzufuhr hatte keinen signifikanten Einfluss auf die maximale Quanteneffizienz des Photosystems II (F_v/F_m) und den Gehalt an Blattpigmenten (Chlorophyll, Anthocyane, Flavonoide) bei Thüringer Pfefferminze (Tabelle 1). Dies deutet darauf hin, dass photosynthetische Prozesse infolge von supraoptimalen Mangangaben und somit erhöhtem Auftreten von oxidativen Schäden nicht beeinträchtigt wurden. Bei Zitruspflanzen führten erhöhte Mangangaben dagegen zu verringerten Photosyntheseaktivitäten, was sich unter anderem in reduzierten F_v/F_m -Werten zeigte (Li et al., 2010). Allerdings wurden die Experimente an Minze im Winter durchgeführt, so dass die Lichtintensität im Gewächshaus durchschnittlich unter $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PAR lag (Daten nicht gezeigt), was Schwachlicht-Bedingungen entspricht. Tatsächlich gab es bei Bohne, Reis und Sonnenblume ebenfalls keine Effekte von hohen Mangangaben unter vergleichbar niedrigen Lichtintensitäten auf F_v/F_m (Hajiboland et al., 2007a; 2007b).

Die erhöhte Manganzufuhr wirkte sich möglicherweise nicht auf die Produktion von Photoassimilaten aus, aber beeinflusste deren Umsetzung: Statt in Wachstum wurden Kohlenstoffverbindungen wahrscheinlich verstärkt in sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe investiert. Das könnte erklären, warum mit steigender Manganzufuhr eine Erhöhung der antioxidativen Kapazität in den Blättern zu beobachten war (Abbildung 3). Wahrscheinlich ist der unter supraoptimaler Mn-Versorgung beobachtete Anstieg der antioxidativen Kapazität in erster Linie im Zusammenhang mit einer steigenden Produktion von Monoterpenen zu sehen, was nicht im Rahmen dieser Studie untersucht wurde, aber bereits in anderen Experimenten beobachtet werden konnte (Errenst, 2012). Auch die Akkumulation von Mangan in der Pflanze (Shenker et al., 2004; Hajiboland et al., 2007a; Li et al., 2010; Errenst 2012; Li et al., 2012) und eine damit zusammenhängende Reduktion der Biomasse (Li et al., 2010; Errenst 2012; Li et al., 2012) wurde bereits in anderen wissenschaftlichen Arbeiten gezeigt. Die toxischen Effekte von hohen Mangangaben, welche sich beispielsweise in Nekrosen und chlorotischen Flecken äußert, konnten bei Thüringer Pfefferminze schon bei zusätzlicher Gabe von $0,5 \text{ mmol Mangan pro Liter}$ erfasst werden (Abbildung 1). Die trotzdem unveränderten Chlorophyllgehalte (Tabelle 1) bei hoher Manganzufuhr wurden ebenfalls bei Zitrus (Li et al., 2010), Bohnen (Hajiboland et al., 2007b) und bei früheren Versuchen mit Thüringer Pfefferminze (Errenst, 2012) berichtet, wobei auch reduzierte Chlorophyllgehalte infolge übermäßiger Mangangaben bekannt sind (z.B. Shenker et al., 2004).

5. Schlussfolgerung

Eine supraoptimale Manganzufuhr verringert die Blatttrockenmasse, was sich nachteilig auf den Ertrag an Pfefferminze auswirkt. Allerdings führt dies zu einer Erhöhung des antioxidativen Potentials, was vermutlich auf eine Erhöhung der wertgebenden Monoterpengehalte zurückzuführen ist. Derartige Effekte könnten für Minze-Produzenten von großem Interesse sein. In diesem Zusammenhang wäre zu untersuchen, in welchem Mn-Konzentrationsbereich der Effekt gesteigerter Monoterpensynthese zu erreichen ist ohne das signifikante Reduktionen der Trockenmasseproduktion auftreten.

6. Literatur

Errenst, R.G. (2012). Variation wertschöpfender Inhaltsstoffe von Medizinal-Pflanzen durch Stickstoff- und Manganbehandlung. Bachelorarbeit. FH Aachen, Campus Jülich.

Hajiboland, R. und Hasani, B.D. (2007a). Effect of Cu and Mn toxicity on chlorophyll fluorescence and gas exchange in rice and sunflowers under different light intensities. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 3: 4-17.

Hajiboland, R. und Hasani, B.D. (2007b). Responses of antioxidant defense capacity and photosynthesis of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants to copper and manganese toxicity under different light intensities. *Acta Biologica Szegediensis*, 51: 93-106.

Li, Q., Chen, L.S., Jiang, H.X., Tang, N., Yang, L.T., Lin, Z.H., Li, Y. und Yang, G.H. (2010). Effects of manganese-excess on CO₂ assimilation, ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase, carbohydrates and photosynthetic electron transport of leaves, and antioxidant systems of leaves and roots in *Citrus grandis* seedlings. *BMC Plant Biology*, 10: 42.

Li, P., Song, A., Zhaojun, L., Fenliang, F. und Yongchao L. (2012). Silicon ameliorates manganese toxicity by regulating manganese transport and antioxidant reactions in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant and Soil*, 354: 407-419.

Millaleo, R., Reyes-Díaz, M., Ivanov, A.G., Mora, M.L. und Alberdi M. (2010). Manganese as essential and toxic element for plants: Transport, accumulation and resistance mechanisms. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10: 476-494.

Pittman J.K. (2005). Managing the manganese: Molecular mechanisms of manganese transport and homeostasis. *New Phytologist*, 167: 733-742.

Shenker, M., Plessner, O.E. und Tel-Or, E. (2004). Manganese nutrition effects on tomato growth, chlorophyll concentration and superoxide dismutase activity. *Journal of Plant Physiology*, 161: 197-202.