

Wie beeinflusst verringerte Stickstoff-Zufuhr die Biomasse und wertgebende Inhaltsstoffe von Pfefferminze?

Lilian Schmidt*, David Löffler, Frederik Langner, Johannes F. J. Max

DGG-Proceedings, Vol. 9, 2019, No. 9, p. 1-5.

DOI: 10.5288/dgg-pr-ls-2019

*Korrespondierender Autor:

Lilian Schmidt
Professur für Bodenkunde und Pflanzenernährung
Hochschule Geisenheim
Von-Lade-Str. 1
65366 Geisenheim
Deutschland

Email: Lilian.Schmidt@hs-gm.de

Wie beeinflusst verringerte Stickstoff-Zufuhr die Biomasse und wertgebende Inhaltsstoffe von Pfefferminze?

Lilian Schmidt, David Löffler, Frederik Langner, Johannes F. J. Max

Professur für Bodenkunde und Pflanzenernährung, Hochschule Geisenheim, Von-Lade-Straße 1, 65366 Geisenheim, Deutschland

1. Einleitung, Stand des Wissens, Zielsetzung

Pfefferminze ist eine wirtschaftlich bedeutende Pflanze: Das Kraut und das ätherische Öl der Pfefferminze werden in etwa 40 Phytopharmaka verwendet (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., 2014). Mit einem Anteil von 20 % an den nachgefragten Rohdrogen (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., 2014) ist Pfefferminze eine der wichtigsten Arzneipflanzen in Deutschland. Aufgrund ihres hohen Gehaltes an ätherischem Öl werden die Blätter auch in Kosmetika und in der Lebensmittelindustrie genutzt. Pfefferminze ist mit etwa 5,5 Tonnen Absatz die am stärksten gehandelte Sorte bei Mono-Kräutertees (Statista, 2019).

Der charakteristische Geruch und Geschmack der Pfefferminze wird vor allem durch die Gehalte an den Terpenen Menthol und Menthon sowie verschiedenen Mentholestern im ätherischen Öl bestimmt. Weiterhin enthält das Pfefferminzkräut auch Gerbstoffe, Flavonglykoside und andere sekundäre Pflanzenstoffe, die antioxidative Wirkungen haben können. Daher ist es von Interesse, sowohl das ätherische Öl als auch weitere wertgebende Inhaltsstoffe in der Pflanzenbiomasse anzureichern. Vor allem die Konzentrationen an Kohlenstoff-reichen Verbindungen können durch verringerte Düngung mit Stickstoff (N), erhöht werden (Hamilton et al., 2001). Allerdings kann N-Mangel auch zu einer verringerten Produktion an oberirdischer Biomasse führen, was nachteilig für die Anbauer von Pfefferminze ist.

In dieser Studie wurde untersucht, wie weit die N-Zufuhr bei Pfefferminze reduziert werden kann, um möglichst hohe Biomasse-Erträge und möglichst hohe Konzentrationen an wertgebenden Inhaltsstoffen (antioxidative Kapazität, Monoterpene) zu erreichen.

2. Material und Methoden

Stecklinge von Pfefferminze (*Mentha x piperita* L. 'Multimentha') wurden im Frühjahr 2017 in Töpfen mit Quarzsand angezogen. Die Pflanzen wurden nach Bedarf über Nährlösungen aus Ferty Basis-Dünger 2 (N-frei; Planta Düngemittel GmbH, Regenstauf) und zusätzlichen N-Gaben (als Ammoniumnitrat; Merck KGaA, Darmstadt) von 0 mmol/l, 1 mmol/l, 2,5 mmol/l oder 5 mmol/l versorgt. Destruktive Ernten erfolgten nach 34 Tagen (1. Ernte) und 60 Tagen (2. Ernte) der N-Behandlung. Dabei wurden die Trockenmassen von Blättern, Spross und Wurzeln erfasst. Die N-Gehalte der getrockneten und gemahlene Blätter wurden durch Aufschluss nach Kjeldahl und anschließender Quantifizierung durch Fließinjektionsanalyse (FIAstar 5000 Analyser; Foss GmbH, Hamburg) bestimmt. Für die Analysen der antioxidativen Kapazität und der Monoterpen-Gehalte wurden die beiden jüngsten, voll entwickelten Blätter entnommen. Die Blattproben wurden mit flüssigem Stickstoff gemahlen. Die antioxidative Kapazität von wasserlöslichen Stoffen wurde nach Extraktion in 80 %igem Ethanol mittels Lumineszenz-Messungen bestimmt (Protokoll der Analytik Jena AG, Jena). Einige Monoterpene wurden nach Extraktion in Dichlormethan und anschließenden GC-MS-Messungen quantifiziert (modifizierte Prozedur von Gershenzon et al., 2000). Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm R Studio (Version 1.0.153; R Core Team 2014).

3. Ergebnisse

Die Gesamt-Trockenmasse und das Spross-zu-Wurzel-Verhältnis (Tabelle 1) waren am höchsten bei den Pflanzen mit N-Gaben von 5 mmol/l und am niedrigsten bei Gabe von 0 mmol N/l. Signifikante Verringerungen der Gesamt-Trockenmasse und des Spross-zu-Wurzel-Verhältnisses gab es bei der ersten Ernte bei Reduzierung der N-Zufuhr auf 1 mmol/l. Bei der zweiten Ernte bewirkte bereits eine Verringerung der N-Zufuhr um die Hälfte (d.h. von 5 auf 2,5 mmol/l) eine deutlich reduzierte Biomasse-Bildung (Tabelle 1).

Tabelle 1: Gesamt-Trockenmasse und Spross-Wurzel-Verhältnis (bezogen auf Trockenmasse) bei Minzepflanzen mit verschiedener N-Versorgung. Verschiedene Buchstaben in einer Spalte zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen (n = 10; bei Wurzel-Spross-Verhältnis: Fisher-LSD-Test; bei Gesamt-Trockenmasse: paarweiser Wilcoxon-Test; alle bei $\alpha = 0,05$).

Stickstoff aus Ammoniumnitrat [mmol/l]	Gesamt- Trockenmasse	Gesamt- Trockenmasse	Spross- Wurzel- Verhältnis	Spross- Wurzel- Verhältnis
	1. Ernte [g]	2. Ernte [g]	1. Ernte	2. Ernte
5,0	1,24 a	6,82 a	2,95 a	4,04 a
2,5	0,98 a	3,79 b	2,79 a	2,82 b
1,0	0,52 b	1,92 c	1,31 b	1,69 c
0,0	0,35 c	0,84 d	1,28 b	1,14 d

Die N-Konzentrationen in den Blättern nahmen an beiden Ernteterminen proportional zum N-Gehalt der verabreichten Nährlösung ab (Daten nicht gezeigt). Mit abnehmender N-Versorgung stieg dagegen die antioxidative Kapazität der Blätter (Abb. 1). Beim ersten Erntetermin war dies bei Verringerung der N-Zufuhr von 5 mmol/l auf 1 mmol/l signifikant nachweisbar, beim zweiten Erntetermin jedoch schon bei einer N-Zufuhr von 2,5 mmol/l.

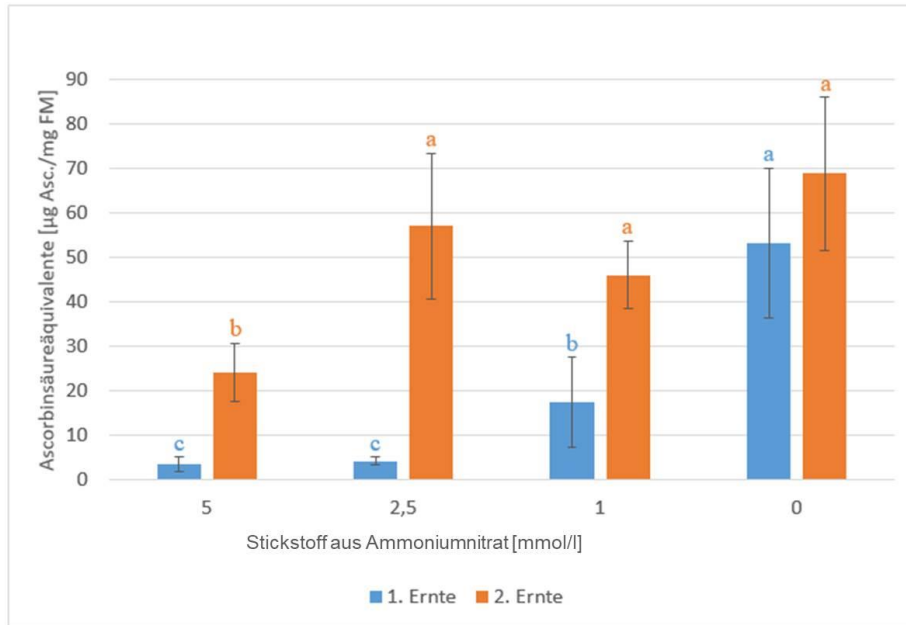


Abb. 1: Antioxidative Kapazität (als Ascorbinsäureäquivalente) von Minzepflanzen mit verschiedener N-Versorgung. Verschiedene Buchstaben innerhalb eines Erntetermins zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen (n = 5; paarweiser Wilcoxon-Test; $\alpha = 0,05$). Fehlerbalken zeigen Standardabweichungen.

Beim ersten Erntetermin zeigten sich wenige Unterschiede im Terpenprofil der Minzeblätter mit unterschiedlicher N-Zufuhr (Daten nicht gezeigt). Die Gehalte an Neomenthol, (-)-Menthol und Pulegon wiesen jedoch signifikante Unterschiede zwischen den N-Versorgungsstufen auf, die sich zum zweiten Erntetermin noch stärker ausprägten (Abb. 2). Die Gehalte der anderen Terpene nahmen bei der zweiten Ernte bereits bei Reduzierung der N-Zufuhr von 5 mmol/l auf 2,5 mmol/l ab (Abb. 2).

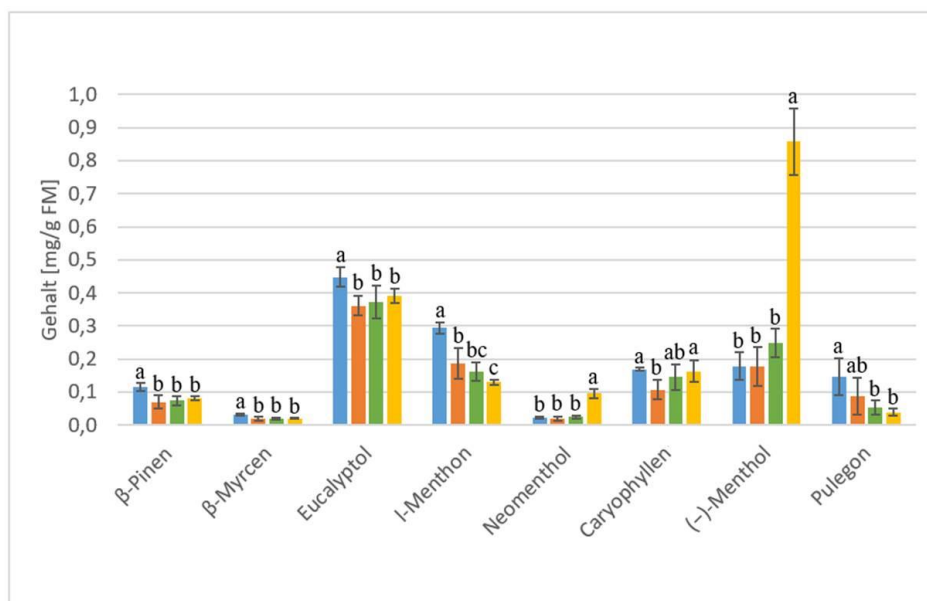


Abb. 2: Monoterpen- und Caryophyllen-Gehalte von Minze mit verschiedener N-Versorgung am zweiten Erntetermin. Verschiedene Buchstaben innerhalb eines Terpens zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen (Fisher-LSD-Test; $\alpha = 0,05$). $n = 5$. Fehlerbalken zeigen Standardabweichungen.

4. Diskussion

Am ersten Erntetermin gab es wenige Effekte durch eine Verringerung der N-Zufuhr von 5 mmol/l auf 2,5 mmol/l. Lediglich die Konzentrationen von Stickstoff sowie den Terpenen (-)-Menthol und Pulegon wurden signifikant beeinflusst. Die verringerten Konzentrationen an Pulegon, bei gleichzeitigem Anstieg der (-)-Menthol-Konzentrationen, weisen darauf hin, dass bei Verringerung der N-Zufuhr auf 2,5 mmol N/l bereits Seneszenz-Vorgänge eingeleitet werden (Gershenzon et al. 2000). Dennoch kann geschlossen werden, dass die N-Zufuhr von 2,5 mmol/l zum Zeitpunkt der ersten Ernte ausreichend war, um Stoffwechselforgänge und Wachstumsprozesse der Pflanze aufrecht zu erhalten. Dagegen bewirkte eine weitere Reduzierung der N-Zufuhr auf 1 mmol/l eine deutliche Verringerung der Gesamt-Biomasse und des Spross-zu-Wurzel-Verhältnisses. Letzteres wurde bei verringerter N-Zufuhr auch von Chrysargiris et al. (2017) bei Minze beobachtet. Dies bedeutet, dass die Minzepflanzen unter N-Mangel mehr Ressourcen in das Wurzelwachstum investieren, um durch die vergrößerte Wurzel-Oberfläche die Aufnahme des limitierenden Nährstoffs zu erhöhen und den N-Mangel dadurch zu kompensieren (Hermans et al., 2006).

Ein signifikanter Anstieg der antioxidativen Kapazität der Blätter bei Gabe von 1 mmol N/l zeigt, dass die Pflanzen, bedingt durch die unzureichende N-Versorgung, mehr freien Radikalen ausgesetzt waren, was unter anderem antioxidativ wirkende Enzyme aktiviert hat (Kovacic und Backor 2007). Ab 1 mmol/N nahm auch der Neomenthol-Gehalt der Blätter signifikant zu. Das bedeutet, dass aus Pulegon bei verringerter N-Zufuhr neben (-)-Menthol auch vermehrt Neomenthol synthetisiert wird.

Da die Pflanzen zum Zeitpunkt der ersten Ernte weniger Biomasse und somit einen niedrigeren N-Bedarf besaßen, wirkte sich der N-Mangel erst bei stärker reduzierter Zufuhr aus als zum Zeitpunkt der zweiten Ernte. Bei dieser, etwa vier Wochen später, wiesen die Pflanzen bereits bei einer Reduzierung der N-Zufuhr von 5 mmol/l auf 2,5 mmol/l deutlich weniger Biomasse und ein stark verringertes Spross-zu-Wurzel-Verhältnis auf. Auch die antioxidative Kapazität war bei 2,5 mmol N/l signifikant erhöht, was bedeutet, dass die Pflanzen erhöhtem oxidativen Stress, eventuell verursacht durch den N-Mangel, ausgesetzt waren. Allerdings wirkte sich das nicht auf die Konzentrationen der Monoterpene Neomenthol, (-)-Menthol und Pulegon aus. Deren Gehalte in den Blättern veränderten sich erst deutlich bei niedrigerer N-Zufuhr (1 mmol N/l) im Vergleich zur ersten Ernte. Generell deutet die Verringerung der Pulegon-Konzentrationen darauf hin, dass dieses verstärkt zu Neomenthol und (-)-Menthol umgewandelt wurde, was typisch bei älteren Blättern (Gershenzon et al. 2000, Rios-Esteva et al. 2008) und beim Übergang der Pflanzen von der vegetativen zur generativen Phase ist (Turner et al. 2012). Daraus kann gefolgert werden, dass durch die verringerte N-Zufuhr die Seneszenzvorgänge bei den

älteren Minzepflanzen stark beschleunigt wurden. Der N-Mangel wirkte sich bereits bei höheren N-Gaben aus als bei den jüngeren Minzepflanzen.

5. Schlussfolgerung

Eine Modulation der wertgebenden Inhaltsstoffe in den Blättern von Pfefferminze ist durch die Verringerung der N-Zufuhr um die Hälfte (von 5 mmol/l auf 2,5 mmol/l) und durch die Wahl später Erntetermine möglich, allerdings auf Kosten des Ertrags an oberirdischer Biomasse.

6. Literatur

Chrysargiris, A., Nikolaidou, E., Stamatakis, A. and Tzortzakis, N. (2017) Vegetative, physiological, nutritional and antioxidant behavior of spearmint (*Mentha spicata* L.) in response to different nitrogen supply in hydroponics. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 6: 52-61.

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2014) Nachfrage Rohdrogen in Deutschland 2011. <https://basisdaten.fnr.de/biobasierte-produkte/pflanzliche-arzneimittel/>

Gershenzon, J., McConkey, M.E. and Croteau, R.B. (2000) Regulation of Monoterpene Accumulation in Leaves of Peppermint. *Plant Physiology*, 122: 205-213.

Hamilton, J.G., Zangerl, A.R., DeLucia, E.H. and Berenbaum, M.R. (2001) The carbon-nutrient balance hypothesis. Its rise and fall. *Ecology Letters*, 4: 86–95.

Hermans, C., Hammond, J.P., White, P.J. and Verbruggen, N. (2006) How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? *Trends in Plant Science*, 11: 610–617.

Kovacik, J. and Backor, M. (2007) Changes of phenolic metabolism and oxidative status in nitrogen-deficient *Matricaria chamomilla* plants. *Plant and Soil*, 297: 255–265.

R Core Team (2014) R: A language and environment for statistical computing. <https://www.r-project.org/>

Rios-Estapa, R., Turner, G.W., Lee, J.M., Croteau, R.B. and Lange, B.M. (2008) A systems biology approach identifies the biochemical mechanisms regulating monoterpene essential oil composition in peppermint. *PNAS*, 105: 2818–2823.

Statista (2019) Absatz von Kräuter- und Früchtetee in Deutschland nach Art in den Jahren 2016 und 2017 (in Tonnen).

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/38232/umfrage/fruechtetee-und-kraeutertee-konsum-in-deutschland/>

Turner, G.W., Davis, E.M. and Croteau, R.B. (2012) Immunocytochemical localization of short-chain family reductases involved in menthol biosynthesis in peppermint. *Planta*, 235:1185-1195.