

Ist die Blatttemperatur ein Indikator für Konkurrenz zwischen Grünlandpflanzen?

K. SCHICK, J. MÜLLER, N. WRAGE-MÖNNIG

Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Grünland und Futterbauwissenschaften, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock, Deutschland

kristina.schick2@uni-rostock.de

Einleitung

In Grünlandpopulationen wird häufig ein positiver Zusammenhang zwischen Artenvielfalt und Produktivität gefunden (z.B. HECTOR *et al.*, 1999; TILMAN *et al.*, 1996). Bei einer Verringerung der Diversität kann es zu einer nachhaltigen Wirkung auf die Funktionalität und Stabilität der Ökosysteme kommen (NAEEM *et al.*, 1994, 2009; ISBELL, 2012). Studien über die Auswirkung der Diversitätsveränderung und das Zusammenspiel von Arten und ihrer Konkurrenz wurden oft in experimentellem Grünland durchgeführt. Einheitliche Wirkungen sowie allgemein gültige Zusammenhänge sind jedoch bisher schwer auszumachen (HUSTON *et al.*, 2000). Weiterhin sind Ergebnisse von experimentellem Grünland nicht ohne weiteres auf etabliertes Dauergrünland übertragbar (CALDEIRA *et al.*, 2001; ISSELSTEIN, 2005). Bisher sind Abschätzungen der Auswirkungen von Konkurrenz auf Einzelarten kosten- und zeitintensiv (z.B. Bestimmung der Konkurrenz um Wasser anhand von Kohlenstoffisotopenverhältnissen). Um zukünftige Untersuchungen der Konkurrenz zwischen Arten im Grünland zu erleichtern, möchten wir mithilfe von Infrarotthermografie eine Methode entwickeln, die die Konkurrenzverhältnisse um Ressourcen wie Wasser und Nährstoffe vereinfacht einschätzen und bewerten kann. Ein erster Versuch mit Infrarotmessungen an Blattoberflächen eines Grünlandbestandes wurde auf Dauergrünland durchgeführt. Es sollte die Hypothese getestet werden, inwieweit die Blatttemperatur des jüngsten, voll entwickelten Blattes einer Pflanze als Indikator für die Konkurrenz um Ressourcen dienen kann. Dabei lag der Fokus der Untersuchung auf der Konkurrenz um Wasser, da sie als Hauptfaktor der Temperaturosbildung der Blätter angesehen werden kann. Neben Wasser liegen jedoch noch weitere Einflussfaktoren vor, die ebenfalls Temperaturveränderungen bedingen können. Zwei davon, die Nährstoffversorgung und die pflanzenmorphologischen Unterschiede der Testarten, haben wir mit betrachtet.

Material und Methoden

Das Experiment wurde auf Dauergrünland, einer Glatthaferwiese auf lehmigem Sand, durchgeführt und befindet sich an der Versuchsstation der Universität Rostock, Deutschland (54°3'39" N, 12°4'52" E). Die Versuchsfläche wird durch extensive Pflegeschnitte bearbeitet und unterliegt keiner Düngung. Für den Versuch wurden zehn Flächen von jeweils 1 m² Größe abgesteckt (Kantenlängen 1 m × 1 m). Fünf der zehn Flächen wurden mit KAS (Kalkammonsalpeter) am 07. Mai und 27. Mai 2015 behandelt (300 kg ha⁻¹ KAS oder 81 kg N ha⁻¹ je Applikation). Am zweiten Applikationstag wurde zuvor ein Pflegeschnitt (8 cm Schnitthöhe) durchgeführt. Es wurden drei Testpflanzen ausgewählt, die eine große Präsenz im Bestand hatten: Rumex acetosa (Ra), Taraxacum officinale (To) und Dactylis glomerata (Dg). Die Temperaturen wurden mit dem Handthermometer Optris MS aufgenommen, welches zuvor auf Messgenauigkeit getestet wurde. Das stets jüngste, voll entwickelte Blatt der jeweiligen Testpflanzen wurde zur Messung verwendet. An insgesamt 15 Messtagen wurden die Blatttemperaturen der drei Testpflanzen je Fläche mit je 3 Messwiederholungen erhoben und gemittelt. Die Messungen fanden nur an Tagen mit stabiler Wetterlage (klarer Himmel) und bei keinem bis wenig Wind statt (Beaufortskala: 1- 2). Weiterhin wurden Wurzeltiefen sowie Pflanzenhöhen aus KUTSCHERA *et al.* (1982, 1992) für die entsprechenden Testpflanzen übernommen. Über die Software R, Version 0.99.491, wurden lineare gemischte Modelle erstellt und die Faktoren "Fläche" und „Messtag“ als Zufallseffekte sowie „Behandlung“ (gedüngt/ungedüngt) und „Pflanzenart“ als fixe Effekte eingesetzt (R Core Team, 2014). Unterschiede wurden über ANOVA und Tukey-Test ($\alpha = 0,05$) ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Wir konnten einen signifikanten Einfluss der Testarten auf die Blatttemperatur erkennen ($P < 0,001$). Die zwei Kräuter Ra und To unterschieden sich von Dg mit signifikant höheren Temperaturen (Abb.1, a.)

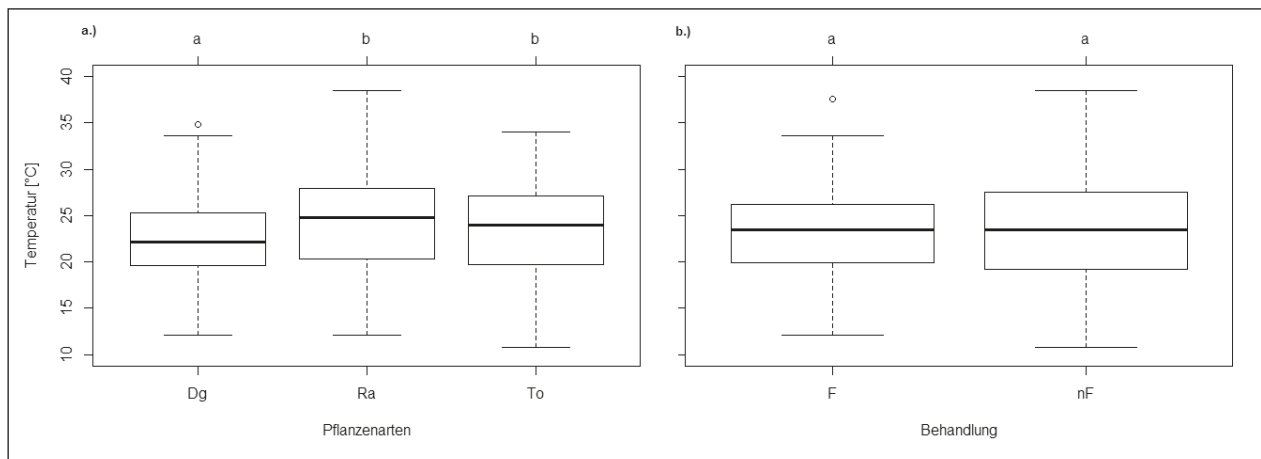


Abbildung 1: a.) Temperaturverteilung [°C] der Pflanzenarten *Dactylis glomerata* (Dg), *Rumex acetosa* (Ra) und *Taraxacum officinale* (To) aller Testflächen und Messtage insgesamt mit Tukey Test. b.) Temperaturverteilung [°C] aller Pflanzenarten, Testflächen und Messtage insgesamt, aufgeteilt nach Behandlung der Flächen, gedüngt (F) und ungedüngt (nF) mit Tukey Test.

An sieben von fünfzehn Messtagen war ein signifikanter Einfluss durch den Faktor "Pflanzenart" vorhanden. An fünf dieser sieben Messtage war dafür Ra mit den höchsten Temperaturen ausschlaggebend (Messtage 4 – 8). An den zwei übrigen Messtagen (Messtag 11 & 14) besaß To die höchsten Temperaturwerte. Dg zeigte an keinem Messtag die höchsten Messwerte (Tab. 1). Damit besaß die höchstgewachsene Testpflanze (Dg) durchgängig die niedrigsten Temperaturen, während Ra als niedrigste Pflanze durchschnittlich die höchsten Temperaturen hatte. To lag mit dem Wachstum und der Blatttemperatur im Durchschnitt zwischen Dg und Ra.

Tabelle 1: Temperaturmittelwerte [°C] von *Dactylis glomerata* (Dg), *Taraxacum officinale* (To) und *Rumex acetosa* (Ra) aller Testflächen je Messtag, mit Standardabweichung (in Klammern) und Tukey Test (signifikante Unterschiede zwischen den Arten mit hochgestellten Buchstaben gekennzeichnet).

Messtag	Dg	To	Ra
1	16.5 (3.3)	18.6 (4.0)	16.4 (2.8)
2	13.1 (2.8)	12.5 (3.5)	12.4 (1.9)
3	18.6 (1.0)	19.0 (0.7)	18.8 (0.4)
4	21.6 (1.5) ^a	24.3 (3.3) ^b	27.0 (3.3) ^c
5	22.3 (4.1) ^a	24.7 (1.3) ^{ab}	26.6 (2.4) ^b
6	21.7 (4.2) ^a	25.8 (3.2) ^b	27.7 (3.0) ^b
7	22.0 (3.1) ^a	24.7 (2.5) ^{ab}	26.5 (4.7) ^b
8	28.2 (4.8) ^a	27.9 (1.2) ^a	32.0 (3.5) ^b
9	20.2 (2.7) ^{ab}	19.5 (1.5) ^a	22.9 (4.5) ^b
10	20.3 (1.5)	19.9 (2.4)	20.6 (2.3)
11	23.5 (1.5) ^a	26.2 (2.3) ^b	24.9 (1.4) ^b
12	26.2 (1.6)	27.2 (2.9)	27.7 (1.4)
13	25.9 (1.3)	27.9 (1.9)	26.6 (3.3)
14	27.4 (1.4) ^a	29.9 (2.4) ^b	28.4 (2.1) ^{ab}
15	19.9 (3.2)	20.2 (4.4)	20.1 (4.9)

Der Abstand der Messblätter vom Boden stellte bei der Temperaturentwicklung einen entscheidenden Einfluss dar, da die Bodenwärmeabstrahlung die Pflanzentemperaturen bedingen kann. Größere Temperaturunterschiede sind insbesondere nach dem Pflegeschnitt (ab Messtag 4, siehe Tab. 1) aufgetreten,

da die zu messenden jüngsten Blätter der Kräuter Ra und To lange sehr bodennah verblieben. Nur Dg zeigte im Wachstum eine schnelle Entfernung vom Boden nach dem Schnitt, was zu niedrigeren Temperaturen durch geringeren Bodenwärmeeinfluss führte. Die Höhe der Arten (nach Schnitt und morphologischen Gegebenheiten) steht somit in Relation zu den gemessenen Temperaturen und sollte mit einer festgelegten Messhöhe für Folgeversuche bedacht werden. Es konnte keine Abhängigkeit zwischen den Blattemperaturen und den Wurzellängen der Testarten gefunden werden. Dies könnte an der Nutzung von Literaturdaten für die Wurzellängen liegen. Die reduzierte Konkurrenz zwischen verschiedenen tief wurzelnden Grünlandarten in Mono- sowie Mischkulturen wurde schon häufiger beschrieben (z.B. HOEKSTRA *et al.*, 2014; BERENDSE, 1982; VON FELTEN *et al.*, 2009, 2012). Daher wird zukünftig auf die individuellen Wurzeltiefen mehr Augenschein gelegt, um mögliche Rückschlüsse auf die Temperaturentwicklungen der Arten ziehen zu können. Entgegen unserer Erwartung, zeigte die Düngung keinen signifikanten Effekt auf die Blattemperaturen ($P > 0,599$). Jedoch war ein Trend zu niedrigeren Temperaturen auf den gedüngten Testflächen im Vergleich zu den ungedüngten (durchschnittliche Temperatur gedüngter zu ungedüngten Flächen: 22,8 °C zu 23,1 °C) erkennbar (Abb. 1, b.)). Auch konnte ein höherer Biomasseaufwuchs auf den gedüngten Flächen festgestellt werden, der den Düngeeinfluss bestätigt (Trockensubstanz gedüngte zu ungedüngte Flächen gesamt: 2027,3 g/m² zu 1382,3 g/m²). In zukünftigen Versuchen soll vor allem die Weiterentwicklung der Methodik im Vordergrund stehen. Wir möchten noch genauere Messergebnisse mit sensitiverer Technik erzielen, sowie den Messverlauf noch weiter präzisieren. Dabei soll der Messvorgang noch genauer durchdacht werden, um unerwünschte Einflussfaktoren und Fehlerquellen zu vermeiden.

Schlussfolgerungen

Es wird häufig angenommen, dass Ressourcen in artenreichem Grünland effizienter genutzt werden als in artärmeren Beständen, da durch komplementäre Lebensweisen die interspezifische Konkurrenz geringer ist als die intraspezifische. Eine direkte Untersuchung der Konkurrenz im agrarischen Dauergrünland ist methodisch anspruchsvoll. Durch Einsatz der Thermografie sehen wir Chancen, eine verbesserte Methode zur Erforschung des Konkurrenzverhaltens, insbesondere um die Ressource Wasser, im Dauergrünland zu erhalten. Die Blattemperaturen stehen im direkten Zusammenhang mit der Wasserversorgung sowie der Transpiration. Wichtige Ressourcen wie Wasser und Nährstoffe können die gegebene Transpiration und somit Temperaturentwicklung des Blattes maßgeblich beeinflussen. Die Infrarottemperaturerhebung könnte eine Unterstützung in der Erforschung kompetitiven Verhaltens zwischen Grünlandarten darstellen. Es bedarf jedoch einer einheitlichen Messmethodik, mit sehr genauer Technik und standardisiertem Messverhalten, um Zusammenhänge zwischen Blattemperaturen und Einflussfaktoren, wie Düngegaben, zu verdeutlichen.

Literatur

- BERENDSE F. (1982): Competition between plant-populations with different rooting depths. 3. Field experiments, *Oecologia*, 53, 50 - 55.
- CALDEIRA, M. C., RYEL, R. J., LAWTON, J. H. & PEREIRA, J. S. (2001): Mechanisms of positive biodiversity-production relationships: insights provided by $\delta^{13}C$ analysis in experimental Mediterranean grassland plots. *Ecology Letters*, 4, 439-443.
- HECTOR, A., SCHMID, B., BEIERKUHNEIN, C., CALDEIRA, M. C., DIEMER, M., DIMITRAKOPOULOS, P., FINN, J. A., FREITAS, H., GILLER, P. S., GOOD, J., HARRIS, R., HOCHBERG, P., HUSS-DANELL, K., JOSHI, J., JUMPPONEN, A., KORNER, C., LEADLEY, P., LOREAU, M., MINNS, A., MULDER, C. P. H., O'DONOVAN, G., OTWAY, S. J., PEREIRA, J. S., PRINZ, A., READ, D. J., SCHERER-LORENZEN, M., SCHULZE, E.-D., SIAMANTZIOURAS, A.-S. D., SPEHN, E. M., TERRY, A. C., TROUMBIS, A. Y., WOODWARD, F. I., YACHI, S. & LAWTON, J. H. (1999): Plant diversity and productivity experiments, in European grasslands. *Science*, 286, 1123 - 127.
- HOEKSTRA, N. J., FINN, J. A., HOFER, D. & LÜSCHER, A. (2014): The effect of drought and interspecific interactions on depth of water uptake in deep- and shallow-rooting grassland species as determined by $\delta^{18}O$ natural abundance. *Biogeosciences*, 11, 4493–4506.
- HUSTON, M. A., AARSEN, L. W., AUSTIN, M. P., CADE, B. S., FRIDLEY, J. D., GARNIER, E., GRIME, J. P., HODGSON, J., LAUENROTH, W.K., THOMPSON, K., VANDERMEER, J. H. & WARDLE, D. A. (2000): No consistent effect of plant diversity on productivity. *Science*, 289,1255a.
- ISBELL, F. (2012): Causes and Consequences of Biodiversity Declines. *Nature Education Knowledge* 3, 54.
- ISSELSTEIN, J. (2005): Enhancing grassland biodiversity and its consequences for grassland management and utilisation. In: McGilloway DA (ed) XX international grassland congress, keynote lectures. Wageningen Academic Publishers, Wageningen.
- KUTSCHERA, L., LICHTENEGGER, E. & SOBOTIK, M. (1982): Wurzelatlas mitteleuropäischer Gründlandpflanzen, Volume 1 Monocotyledoneae, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 516 pp.

KUTSCHERA, L., LICHTENEGGER, E. & SOBOTIK, M. (1992): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen, Volume 2 Pteridophyta und Dicotyledoneae (Magnoliopsida), Part 1 Morphologie, Anatomie, Ökologie, Verbreitung, Soziologie, Wirtschaft, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York, 851 pp.

NAEEM, S., BUNKER, D. E., HECTOR, A., LOREAU, M. & PERRINGS, C. (2009): Biodiversity, Ecosystem Functioning, and Human Wellbeing: An Ecological and Economic Perspective. Oxford, UK: Oxford University Press.

NAEEM, S., THOMPSON, L. J., LAWLER, S. P., LAWTON, J. H. & WOODFIN, R. M. (1994): Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. *Nature*, 368, 734-737.

R CORE TEAM (2014): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

TILMAN, D., WEDIN, D. A. & KNOPS, J. (1996): Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature*, 379, 718-720.

VON FELTEN, S., HECTOR, A., BUCHMANN, N., NIKLAUS, P. A., SCHMID, B. & SCHERER-LORENZEN, M. (2009): Belowground nitrogen partitioning in experimental grassland plant communities of varying species richness. *Ecology*, 90, 1389–1399.

VON FELTEN, S., NIKLAUS, P. A., SCHERER-LORENZEN, M., HECTOR, A., & BUCHMANN, N. (2012): Do grassland plant communities profit from N partitioning by soil depth? *Ecology*, 93, 2386–2396.