

Was will der Klee, was braucht die Öko-Kuh und was ist eigentlich da? Zur Rolle des Klees im Nährstoffzyklus Boden-Klee/Gras-Rind am Beispiel eines ökologisch bewirtschafteten Primäraufwuchses

B. MAHNKE, M.-T. MACHNER, J. MÜLLER, N. WRAGE-MÖNNIG

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

barbara.mahnke@uni-rostock.de

Einleitung und Problemstellung

Die Vielfalt an Bestandesbildnern des Wirtschaftsgrünlandes vermag sich sowohl positiv auf dessen Biomasseproduktion als auch auf diverse Ökosystemdienstleistungen auszuwirken (PIRHOFFER-WALZL *et al.*, 2013). Während die funktionelle Gruppe der Gräser hauptsächlich als Ertragsbildner und Energieträger des vom Grünland erworbenen Futters in Erscheinung tritt und die Silierbarkeit des Erntegutes erhöht, spielen die Leguminosen mit hohen Mineralstoff- und Rohproteingehalten und ihrer Funktion als Stickstofffixierer besonders im ökologischen Landbau eine wichtige Rolle (PÖTSCH, 2009). 21% der ökologisch bewirtschafteten Grünlandflächen in Deutschland zeigen mit der Gehaltsklasse A eine Phosphorunterversorgung und teilweise deutlich negative P-Salden auf (KOLBE, 2015). Gleichzeitig haben Leguminosen einen hohen, artspezifischen Phosphorbedarf. DAVIS (1991) ermittelte mithilfe eines Feldversuchs in Neuseeland für *Trifolium repens* kritische Gehalte (für 90% des maximalen Ertrages) von 0,31% bis 0,34% in der oberirdischen Biomasse, für *Lotus corniculatus* Werte von 0,21% und 0,23%. Zur Versorgung von Milchkühen und Aufzuchtrindern werden zudem Phosphorkonzentrationen von 2,6 g kg⁻¹ TM (bei 10 kg Milch d⁻¹) bis 4,2 g kg⁻¹ TM (bei 50 kg Milch d⁻¹) in der Gesamtration benötigt (GfE, 2001). Mit der Untersuchung des ersten Aufwuchses eines phosphorarmen Grünlandstandortes wurde geprüft, ob die für den Klee und die Versorgung von Milchkühen kritischen Phosphorkonzentrationen eingehalten werden können und wie es sich mit weiteren Nährstoffen verhält.

Material und Methoden

Auf einem ökologischen Versuchsstandort in Nordostdeutschland (53°54'56,006" N 12°29'30,319" E; 8,7°C durchschnittliche Jahrestemperatur, 607 mm mittlerer jährlicher Niederschlag, 1981-2010; Bodenart IIS, pH 6,6) wurden die Mineralstoffversorgung von Gräsern und Grünlandleguminosen sowie deren Nährstoffgehalte zum ersten Aufwuchs 2015 untersucht. Der Versuch wurde im Frühjahr 2014 mit vier Wiederholungen etabliert. Die Schnittnutzung erfolgte dreimal im Jahr. Im Frühjahr wurden 40 kg P ha⁻¹ (Phytag G25) sowie insgesamt 100 kg ha⁻¹ K₂O (Kainit) in zwei Gaben vor dem ersten und nach dem zweiten Schnitt gedüngt. Die untersuchten Leguminosenarten sind *Trifolium repens sylvestre* (kleinblättriger Weißklee), *Trifolium repens giganteum* (großblättriger Weißklee) und *Lotus corniculatus* (gewöhnlicher Hornklee). Die gedrillten Graspartner sind *Lolium perenne*, *Festuca pratensis*, *Poa pratensis* und *Phleum pratense*. Im April 2015 wurden Bodenproben gezogen (0-10 cm Tiefe) und mittels DL-Methode (RIEHM, 1948) bestimmt. Im Mai 2015 wurde der Aufwuchs von 1 m x 1 m großen Teilplots komplett geerntet, nach funktionellen Gruppen (Gräser, Kräuter, Leguminosen) sortiert, die Ertragsanteile frisch per Wägung ermittelt und in Trockenmasseertragsanteile umgerechnet. Die Mineralstoffgehalte des getrockneten Erntegutes wurden mittels MS-ICP bestimmt. Für die Analyse der P-, K-, Ca- und Mg-Gehalte erfolgte vorher eine Reaktion mit HNO₃ und H₂O₂ sowie Aufschluss in der Mikrowelle. Die Gruppe der Kräuter wurde bei der Analyse aufgrund ihres teilweise sehr geringen Ertragsanteils vernachlässigt. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm R (Version 3.0.2, R CORE DEVELOPMENT TEAM, 2011). Mittels t-Test, ANOVA und Tukey post hoc Test wurde geprüft, ob signifikante Unterschiede zwischen den Mineralstoffgehalten und Qualitätsparametern der untersuchten Varianten festzustellen sind. Die Signifikanzniveaus waren dabei: < 0.001 '****', < 0.01 '***', < 0.05 '**' und > 0.05 'n.s'.

Ergebnisse und Diskussion

Die Nährstoffgehalte des Bodens lagen jeweils an der unteren Grenze der Bodengehaltsklasse B und damit auf einem niedrigen Niveau. Die Schwankungen waren dabei z. T. erheblich. Die niedrigsten Gehalte an Phosphor zeigte die Variante mit *L. corniculatus*. Signifikante Effekte der Kleevarianten waren aber nicht feststellbar (Tab. 1). Bis zu einem K₂O-Gehalt von 10 mg 100 g⁻¹ (=8,3 mg K 100 g⁻¹) und einem

P₂O₅-Gehalt von 10 mg 100 g⁻¹ (=4,4 mg 100 g⁻¹) sollte im ökologisch bewirtschafteten Grünland wegen des hohen Bedarfs von Klee eine entsprechende K- bzw. P-Düngung vorgenommen werden (DRANGMEISTER, 2011).

Tab. 1: Vergleich der Boden-Nährstoffgehalte in Versuchsgliedern mit unterschiedlichen Leguminosen. Signifikante Unterschiede waren nicht vorhanden.

		<i>T. repens sylvestre</i>	<i>T. repens giganteum</i>	<i>L. corniculatus</i>
P	mg 100 g ⁻¹	2,9 ± 1,3	3,2 ± 2,1	2,3 ± 0,7
K	mg 100 g ⁻¹	6,3 ± 1,6	5,8 ± 0,3	6,4 ± 2,2
Mg	mg 100 g ⁻¹	5,9 ± 1,4	6,3 ± 0,7	6,4 ± 1,4

n=12, 4 pro Art

Die Leguminosenarten konnten im kurzen Versuchszeitraum noch keinen signifikanten Effekt auf die Ertragsanteile der funktionellen Gruppen entfalten. Die Variante mit *T. repens sylvestre* zeigte bislang den größten Kräuteranteil, die mit *T. repens giganteum* den größten Gräseranteil, während die Bestände mit *L. corniculatus* im Mittel einen höheren Leguminosenanteil aufwiesen (Tab. 2).

Tab. 2: Vergleich der Trockenmasse-Ertragsanteile der funktionellen Gruppen und der Gesamterträge in Abhängigkeit von der angesäten Leguminose in der Mischung. Signifikante Unterschiede waren nicht vorhanden.

		<i>T. repens sylvestre</i>	<i>T. repens giganteum</i>	<i>L. corniculatus</i>
Anteil Gräser	%	63,0 ± 10,0	70,5 ± 27,4	54,3 ± 12,9
Anteil Leguminosen	%	26,5 ± 11,0	29,1 ± 27,8	41,5 ± 14,7
Anteil Kräuter	%	10,5 ± 7,1	0,4 ± 0,6	4,2 ± 6,9
Ertrag gesamt	dt ha ⁻¹	35,8 ± 9,2	30,4 ± 3,7	32,9 ± 11,3

n=12, 4 pro Art

Während sich die untersuchten Mineralstoffgehalte der beiden funktionellen Gruppen Gräser und Leguminosen signifikant voneinander unterschieden, scheint die Leguminosenart keinen Einfluss darauf gehabt zu haben (Tab. 3). PETERSON et al. (2013) zeigten, dass die botanische Zusammensetzung der Grünlandnarbe schon in den ersten Jahren nach ihrer Etablierung wenig Einfluss auf die Mineralstoffgehalte hat, sondern diese hauptsächlich von der Bewirtschaftung der Fläche beeinflusst werden. Im Gegensatz zu unseren Ergebnissen stellten LIEBISCH et al. (2013) in Leguminosen höhere P-Gehalte als in Gräsern fest. Für eine optimale Versorgung sollte das N/P-Verhältnis der Gräser nach LIEBISCH et al. (2013) zwischen 5,5 und 9 liegen, was hier zutrifft. Kritische N/P-Verhältnisse bezüglich des Wachstums unterscheiden sich je nach Pflanzenart. Für *T. repens* liegt das kritische N/P-Verhältnis im Bereich 13-18 (GÜSEWELL et al., 2004). Unsere Ergebnisse weisen demnach auf eine möglicherweise unzureichende Versorgung des Weißklee hin. Zudem wurden die artspezifischen, auf den Ertrag bezogenen kritischen Phosphorkonzentrationen des Weißklee nach DAVIS (1991) von 0,31% bis 0,34% ebenso wie die Empfehlungen der GfE (2001) bezüglich der P-Konzentrationen größtenteils unterschritten. Die für *L. corniculatus* niedrigeren kritischen P-Konzentrationen nach DAVIS (1991) von 0,21% und 0,23% wurden im Mittel erreicht. *L. corniculatus* hat eine hohe Phosphornutzungseffizienz, kann also auch wenig P sehr effizient in Biomasse umsetzen (CASTILLO et al., 2013). Er stellt somit auf P-armen Standorten eine gute Alternative zum Weißklee dar und kann diesen deutlich in der Biomasseproduktion übertreffen (CASTILLO et al., 2013; DAVIS, 1991). Dieses Potenzial des Hornklee zeigte sich auch in unserem Versuch. Das geringe P-Angebot wurde von ihm effizient in Biomasse umgesetzt.

Auch Schwefelmangel (N/S > 15) kann zu einer verringerten Stickstofffixierung, zu Ertragsverlusten und geringeren Leguminosenanteilen führen (DIMITO & SADRAS, 2014, FISCHINGER et al. 2011, LEISEN et al., 2011). Unsere Grünlandfläche scheint ausreichend mit Schwefel versorgt zu sein. Bezüglich der Calciumkonzentrationen liegen die Empfehlungen der GfE (2001) bei 4,1 bis 6,7 g kg⁻¹ TM, im Falle des Magnesiums bei 1,6 g kg⁻¹ TM. Dieser Bedarf wird dank des hohen Anteils an Leguminosen in allen Varianten gedeckt.

Tab. 3: Vergleich der Mineralstoffgehalte und der nutritiven Parameter der funktionellen Gruppen sowie der einzelnen Leguminosenarten im Versuch. Signifikante Ergebnisse sind fett gedruckt.

		Gräser	Leguminosen	<i>T. repens sylvestre</i>	<i>T. repens giganteum</i>	<i>L. corniculatus</i>
P	g kg ⁻¹	2,5 ± 0,2	2,2 ± 0,3	2,2 ± 0,2	2,3 ± 0,2	2,1 ± 0,4
N	g kg ⁻¹	17,4 ± 2,9	38,9 ± 2,7	39,0 ± 2,3	38,1 ± 4,5	39,5 ± 0,8
C	g kg ⁻¹	418,3 ± 2,3	404,0 ± 5,8	403,0 ± 4,9	401,4 ± 5,4	407,6 ± 6,5
S	g kg ⁻¹	3,5 ± 0,2	3,2 ± 0,2	3,2 ± 0,2	3,1 ± 0,3	3,3 ± 0,3
Ca	g kg ⁻¹	3,7 ± 0,3	19,9 ± 2,6	19,7 ± 2,6	20,8 ± 2,3	19,3 ± 3,4
K	g kg ⁻¹	23,9 ± 2,4	26,0 ± 3,1	26,5 ± 3,1	28,2 ± 1,2	23,3 ± 2,7
Mg	g kg ⁻¹	1,1 ± 0,1	2,9 ± 0,3	2,7 ± 0,2	3,1 ± 0,3	2,8 ± 0,5
C/N	-	24,5 ± 3,5	10,4 ± 0,7	10,4 ± 0,5	10,6 ± 1,2	10,3 ± 0,1
N/P	-	6,9 ± 0,7	17,9 ± 2,6	17,8 ± 1,1	16,8 ± 1,4	19,2 ± 4,1
N/S	-	4,9 ± 0,6	12,2 ± 0,6	12,3 ± 0,3	12,2 ± 0,8	12,0 ± 0,8

n=12, 4 pro Art

Schlussfolgerungen

Auf unterversorgten Grünlandstandorten ist gerade im ökologischen Landbau eine Phosphor- und Kalidüngung dringend zu empfehlen, um den hohen Bedarf der Leguminosen hinsichtlich dieser Nährstoffe abzudecken und so ihr Ertragspotenzial sowie ihre Stickstofffixierung und -bereitstellung für die gesamte Narbe zu erhöhen. In einer gezielten Phosphordüngung liegt außerdem das Potenzial, die Qualität des Futters mit einer Erhöhung des Phosphorgehaltes zu verbessern und auf eine Zufütterung eher verzichten zu können. Wenngleich die Leguminosenart keinen signifikanten Effekt auf die Mineralstoffgehalte zeigte, so kann mit der Wahl einer bestimmten Leguminosenart doch eine standortangepasste Bewirtschaftung erfolgen und auch dadurch der Leguminosenanteil und der Ertrag der Fläche erhöht werden. Dafür wäre eine gezielte Untersuchung kritischer Mineralstoffgehalte verschiedener Leguminosenarten für die gemäßigten Breiten wünschenswert.

Literatur

- CASTILLO, C., ACUÑA, H., ZAGAL, E. & INOSTROZA, L. (2013): Phosphorus absorption and use efficiency by Lotus spp. under water stress conditions in two soils: A pot experiment. Chilean journal of agricultural research 73, 31-40.
- DAVIS, M. R. (1991): The comparative phosphorus requirements of some temperate perennial legumes. Plant and Soil 133, 17-30.
- DIMITO, G. A. & SADRAS, V. O. (2014): How do phosphorus, potassium and Sulphur affect plant growth and biological nitrogen fixation in crop and pasture legumes? A meta-analysis. Field Crops Research 156, 161-171.
- DRANGMEISTER, H. (2011): Ökologische Grünlandbewirtschaftung Weidewirtschaft-Schnittnutzung-Pflege, D2 Spezieller Pflanzenbau, Informationsmaterialien über den ökologischen Landbau (Landwirtschaft einschließlich Wein-, Obst- und Gemüsebau) für den Unterricht an landwirtschaftlichen Berufs- und Fachschulen, BLE.
- FISCHINGER, S. A., BECKER, K. & LEITHOLD, G. (2011): Auswirkungen unterschiedlicher S-Versorgungszustände auf den N-Flächenertrag eines Luzerne-Grasbestandes. In: Leithold, G., Becker, K., Brock, C., Fischinger, S., Spiegel, A.-K., Spory, K., Wilbois, K.-P. & Williges, U. (Hrsg) (2011): Es geht ums Ganze: Forschen im Dialog von Wissenschaft und Praxis. Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Justus-von-Liebig-Universität Gießen, 15.-18. März 2011, Verlag Dr. Köster Berlin, 183-184.
- GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt a. M.
- GÜSEWELL, S. (2004): N:P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance. New Phytologist 164, 243-266.
- KOLBE, H. (2015): Wie ist es um die Bodenfruchtbarkeit im Ökolandbau bestellt: Nährstoffversorgung und Humusstatus? Bodenfruchtbarkeit - Grundlage erfolgreicher Landwirtschaft (BAD Tagungsband 2015), Bundesarbeitskreis Düngung (BAD), Frankfurt/Main, 89-123.

LEISEN, E., HOF-KAUTZ & LASER, H. (2011): Schwefelmangel bei Grünland und Klee gras? Praxistest und Status-quo-Analyse, <http://www.oekolandbau.nrw.de/forschung/projekte-versuche-nrw/detail.php?mID=707&seite=8&limit=30&sortierung=thema&passend=Alle&text=&top5=Alle%20Kategorien&adresseID=Alle%20Institutionen&projekt=Alle%20Projekte&richtung=DESC&>. Stand: 03.06.2016

PIRHOFFER-WALZL, K., ERIKSEN, J., RASMUSSEN, J., HØGH-JENSEN, H., SØEGAARD, K. & RASMUSSEN, J. (2013): Effect of four plant species on soil 15N-access and herbage yield in temporary agricultural grasslands. *Plant Soil* 371, 313-325.

PÖTSCH, E. M. (2009): Einflussfaktoren auf Ertrag und Qualität von Grünlandfutter. Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Tierärztetagung 2009, 5-14.

R CORE DEVELOPMENT TEAM (2011): R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

RIEHM (1948): Arbeitsvorschrift zur Bestimmung der Phosphorsäure und des Kaliums nach Lactatverfahren. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde* 40, 152-156, 170-172.