

Stickstoffaufnahme von Klee-Gras Beständen in Abhängigkeit des Kleeanteils und der N-Düngung

O. Huguenin-Elie¹, D. Nyfeler^{1,2}, E. Frossard² und A. Lüscher¹

¹Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholzstrasse 191, CH-8046; Email: olivier.huguenin@art.admin.ch

²Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH Zürich, Eschikon 33, CH-8315 Zürich

Einleitung und Problemstellung

Die in Symbiose zwischen Leguminosen und Knöllchenbakterien ablaufende symbiotische N₂-Fixierung stellt für den Futterbau eine Alternative dar zum Einsatz hoher N-Düngermengen. In der Schweiz sind deshalb Futterleguminosen in allen Standardmischungen für Ansaatwiesen enthalten. In weiten Regionen Europas wird jedoch der Anbau von hoch mit N gedüngten Reinbeständen ertragreicher Futtergräser dem Anbau von Klee-Gras-Mischungen oft vorgezogen. Der Grund dafür ist, dass Klee-Gras-Mischungen als weniger produktiv betrachtet werden und/oder weil es schwierig ist, den Kleeanteil in den Mischungen zu steuern. Dennoch stellen die steigenden N-Düngerpreise und die durch den Einsatz von mineralischen N-Düngern verursachten Umweltlasten eine effiziente Nutzung der N₂-Fixierung ins Zentrum eines kosteneffektiven und ressourcenschonenden Futterbaus. Um eine optimale Futterproduktion mit Klee-Gras-Mischungen und eine effiziente Nutzung der symbiotischen N₂-Fixierung zu vereinen, müssen die Wechselwirkungen zwischen Kleeanteil, Biomasseproduktion, N₂-Fixierung und N-Düngung besser bekannt sein.

Material und Methoden

In einem Feldversuch wurde eine Reihe von Reinkulturen und Mischungen aus *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium pratense* und *Trifolium repens* mit einem unterschiedlichen Kleeanteil (gemäss einem Simplex Design; Cornell, 2002) angesät. Der Kleeanteil in den Saadmischungen deckte den Bereich von 0 bis 100% Klee ab (Tab. 1). Die Parzellen wurden mit entweder 50, 150 oder 450 kg N ha⁻¹ J⁻¹ als Ammoniumnitrat gedüngt (als N50, N150 bzw. N450 bezeichnet). Die symbiotische N₂-Fixierung wurde mit Hilfe der ¹⁵N-Isotopenanreicherungsmethode gemessen. Die in diesem Artikel dargestellten Ergebnisse stammen aus dem zweiten Versuchsjahr nach der Ansaat.

Tab. 1: Relative Anteile (in %) der vier Arten in den Saatmischungen. Lp: *Lolium perenne*, Dg: *Dactylis glomerata*, Tp: *Trifolium pratense*, Tr: *Trifolium repens*

fett: Mischungen bei allen drei N-Düngungsstufen. Nicht fett: zusätzliche Mischungen bei 150 kg N ha⁻¹ J⁻¹.

	Zusammensetzung der Saatmischungen (Lp/Dg/Tp/Tr)			
Reinkulturen	(100/0/0/0)	(0/100/0/0)	(0/0/100/0)	(0/0/0/100)
Zwei Arten, ausgeglichen	(50/50/0/0)	(50/0/50/0)	(50/0/0/50)	
	(0/50/50/0)	(0/50/0/50)	(0/0/50/50)	
Vier Arten, extrem dominiert	(90/3/3/3)	(3/90/3/3)	(3/3/90/3)	(3/3/3/90)
Vier Arten, dominiert	(70/10/10/10)	(10/70/10/10)	(10/10/70/10)	(10/10/10/70)
Vier Arten, co-dominiert	(40/40/10/10)	(40/10/40/10)	(40/10/10/40)	
	(10/40/40/10)	(10/40/10/40)	(10/10/40/40)	
Vier Arten, ausgeglichen	(25/25/25/25)			

Ergebnisse und Diskussion

Der N-Gehalt in den Gräsern ist mit einem Anstieg des Kleeanteils im Bestand in allen drei N-Düngungsstufen linear angestiegen (Abb. 1a, für *D. glomerata*). Zwischen den Grasreinkulturen und den Mischungen mit 80% Klee betrug dieser Anstieg im 1. Aufwuchs zirka 10 g N kg⁻¹ TM. Dies war vergleichbar mit dem Effekt auf den N-Gehalt, der in Grasreinkulturen mit einer Erhöhung der N-Düngung von 50 auf 450 kg N ha⁻¹ J⁻¹ erzielt wurde (Abb. 1a). Der N-Gehalt in den Kleepflanzen war vom Kleeanteil im Bestand und von der N-Düngung nicht beeinflusst (Resultate nicht gezeigt). In der Kleepflanze nahm jedoch der Anteil an N aus der symbiotischen N₂-Fixierung (%-Nsym) mit steigendem Kleeanteil stark ab (Abb. 1b, für *T. repens*). Dieser Effekt war stärker bei N450 als bei den anderen N-Verfahren. Auch eine Erhöhung der N-Düngung von 150 auf 450 kg N ha⁻¹ J⁻¹ führte in der Kleepflanze zu einer markanten Abnahme von %-Nsym.

Der Ertrag der Mischungen war bei allen drei N-Verfahren deutlich höher als derjenige der Reinkulturen (Abb. 2a; NYFELER *et al.*, 2008). Der Ertrag an Gesamtstickstoff war bei ausgeglichenen Mischungen bis zu 4,5 mal (N50) respektive 2,5 mal (N150) höher als in den Grasreinkulturen (Abb. 2b). Bei N50 stieg die Menge an geerntetem Symbiose-N (kg-Nsym) bis zu einem Kleeanteil im Bestand von 80 – 90% stark an (Abb. 2b). Dagegen stieg kg-Nsym bei N150 und N450 nur bis zu einem Kleeanteil von 60% respektive 50% an. Bei diesen zwei N-Düngungsstufen nahm kg-Nsym mit weiter steigenden Kleeanteilen im Bestand sogar ab. Dies wegen der starken Abnahme des Anteils an Nsym in der Kleepflanze (%-Nsym) zu Gunsten von N aus dem Dünger oder dem Boden. Bis zu einem Kleeanteil von 50% war die geerntete Menge an kg-Nsym bei den beiden Verfahren N50 und N150 ähnlich. Die symbiotische N₂-Fixierung wurde also von den zusätzlich gedüngten 100 kg N ha⁻¹ J⁻¹ nicht wesentlich beeinflusst, wenn die Kleepflanzen in Gesellschaft mit Gräsern gewachsen sind

(Abb. 1b und 2b). Hingegen war kg-Nsym bei N450 schon bei tiefen Kleeanteilen im Bestand reduziert im Vergleich zu den zwei anderen Düngungsstufen.

Die sehr hohen Werte von %-Nsym von über 90% (Abb. 1b) zeigen, dass bei N50 und N150 die Gräser bis zu einem Kleeanteil von 50 – 60% den verfügbaren mineralischen Stickstoff im Boden sehr gut ausräumten und deshalb der Klee kaum Boden- und/oder Dünger-N zur Verfügung hatte (HARTWIG, 1998). Dies bestätigt auch die Menge an Stickstoff, die von den Beständen als Summe der drei mineralischen Quellen Dünger-N, Boden-N und Transfer-N geerntet wurde (Abb. 2b). Die geerntete Menge aus diesen N-Quellen war bei den ausgeglichenen Mischungen grösser als bei den Grasreinkulturen, weil der Ertrag an Gesamtstickstoff mit steigendem Kleeanteil bis 50 – 60% Klee tendenziell schneller anstieg als kg-Nsym (Abb. 2b). Gemäss den Regressionen war der Unterschied zwischen Grasreinbeständen und Mischungen bezüglich dieser Menge bei zirka 50% Klee am Höchsten und erreichte bis zu $140 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ J}^{-1}$ bei N50. Das muss bedeuten, dass die Mischungen mehr Boden- und Dünger-N aufgenommen haben als die Grasreinkulturen und/oder, dass der N-Transfer in diesen Mischungen höher war als die Menge, die in einem Versuch mit *T. repens* und *L. perenne* gemessen wurde ($27 - 61 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ J}^{-1}$, ZANETTI *et al.*, 1997). Diese Resultate und die Tatsache, dass der Kleeanteil für den maximalen Ertrag tiefer lag als der Kleeanteil für die maximale symbiotische Fixierungsleistung (kg-Nsym) zeigt die grosse Bedeutung der Gräser für die Aufnahme des verfügbaren mineralischen Stickstoffs. Mit weniger als etwa 40 – 50% Gräser im Bestand wurde zwar vom Klee viel N fixiert, was sich aber nicht in einem entsprechenden Mehrertrag ausdrückte.

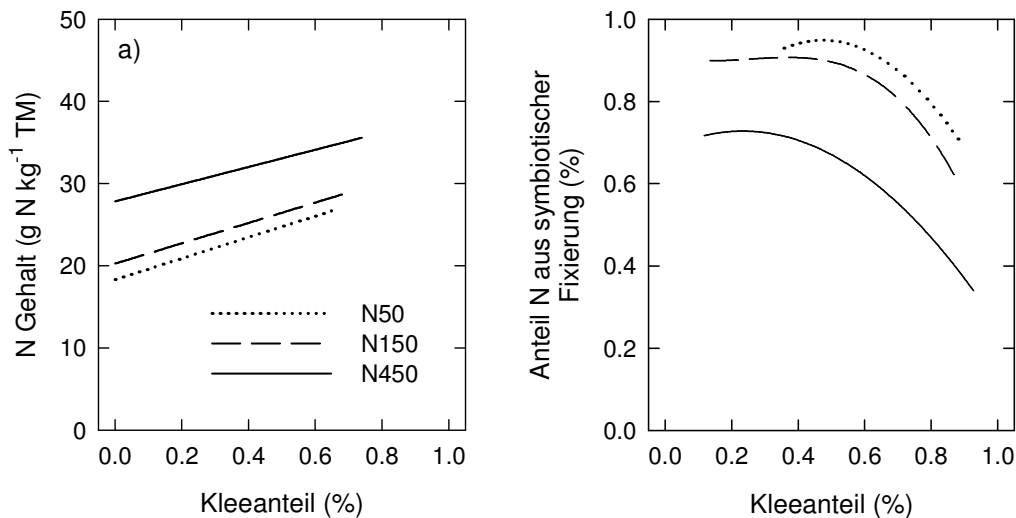


Abb. 1: Einfluss des Kleeanteils und der N-Düngung auf a) den Gehalt an Gesamtstickstoff von *Dactylis glomerata* und b) den Anteil an Stickstoff aus der symbiotischen N_2 -Fixierung in *Trifolium repens* (%-Nsym). Daten für den ersten Aufwuchs. Gezeigt sind Regressionen aus $n=39$ Messpunkten für N150 und $n=12$ Messpunkten für N50 und N450 (Adjusted R^2 für N50, N150 und N450 in a): 0,72, 0,28 und 0,82, und in b): 0,71, 0,57 und 0,30).

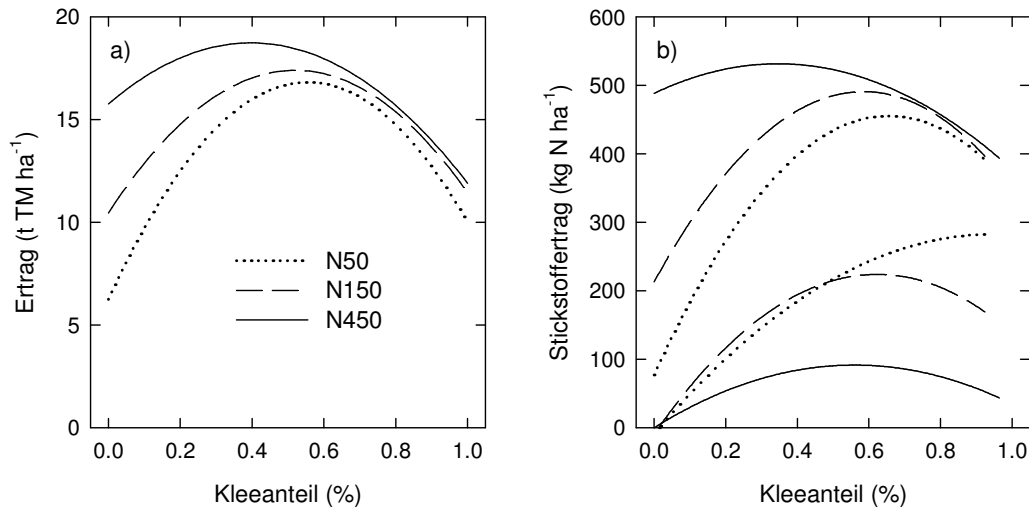


Abb. 2: Einfluss des Kleeanteils und der N-Düngung auf a) den Biomasse-Ertrag und b) den Ertrag an Gesamt-N (obere 3 Kurven) und an Symbiose-N (kg-Nsym, untere 3 Kurven) im zweiten Jahr. Die N-Menge zwischen den Kurven für Gesamt-N und kg-Nsym zeigt die geerntete N-Menge aus den drei Quellen Dünger-N, Boden-N und Transfer-N. Gezeigt sind Regressionen aus $n=50$ Messpunkten für N150 und $n=18$ für N50 und N450 (Adjusted R^2 zwischen 0,45 und 0,87 ausser für Gesamt-N bei N450 mit $R^2 = 0,09$).

Schlussfolgerungen

Mit dem Anbau von ausgeglichenen Klee-Gras-Mischungen erreichte man gleichzeitig eine Verbesserung der N-Ernährung der Graspflanzen und eine optimale Nutzung der symbiotischen N₂-Fixierungsleistung der Kleepflanzen. Dadurch wurden mit Mischungen deutlich höhere Futtererträge und geerntete Gesamtstickstoff-Mengen erzielt als mit Gras- oder Klee-Reinkulturen. Bei einer N-Düngung von bis zu 150 kg N ha⁻¹ nahmen die Mischungen mit mindestens 40 - 50% Gräsern im Bestand den verfügbaren Stickstoff im Boden mindestens gleich gut auf wie die Grasreinkulturen. Mit weniger als 40 – 50% Gräser im Bestand wurde zwar viel N fixiert, was aber auch bei einer N-Düngung von nur 50 kg N ha⁻¹ J⁻¹ nicht ertragsrelevant war.

Literatur

- NYFELER, D., HUGUENIN-ELIE, O., SUTER, M. FROSSARD, E. & LÜSCHER, A. (2008): Well-balanced grass-legume mixtures with low nitrogen fertilization can be as productive as highly fertilized grass monocultures. *Grassland Science in Europe* 13, 197-199.
- HARTWIG, U.A. (1998): The regulation of symbiotic N₂ fixation: a conceptual model of N feedback from the ecosystem to the gene expression level. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 1, 92-120.
- ZANETTI, S., HARTWIG, U., VAN KESSEL, C., LÜSCHER, A., HEBEISEN, T., FREHNER, M., FISCHER, B., HENDREY, G., BLUM, H. & NÖSBERGER, J. (1997). Does nitrogen nutrition restrict the CO₂ response of fertile grassland lacking legumes? *Oecologia* 112, 17-25.