

SD 458

Nr. 74

# Auswirkungen der standort- und pflanzenartabhängigen Aufnahme von Boden-N auf die Schätzung der N<sub>2</sub>-Bindung von Leguminosen

Heuwinkel, H.<sup>1</sup>; Gutser, R.<sup>1</sup>; Schmidhalter, U.<sup>1</sup>; Claassen, N.<sup>2</sup>

## Einleitung und Fragestellung

Im Feld basiert die Quantifizierung der N<sub>2</sub>-Bindung einer Leguminose im Verlauf einer Vegetation auf den Einsatz einer Referenzpflanze. Diese gibt entweder die Menge an bodenbürtigem Stickstoff in der Leguminose an (Differenzmethode: ND (HAUSER 1987)) oder dessen <sup>15</sup>N-Gehalt (Natürliche Anreicherung: NA (SHEARER & KOHL 1993) bzw. Isotopenverdünnung: ID (DANSO et al. 1993)). Damit die Referenzpflanze tatsächlich die Aufnahmecharakteristik der Leguminose abbildet werden hohe Ansprüche an ihre Vergleichbarkeit mit der Leguminose gestellt. Für die ID zeigen DANSO et al. (1993), daß der Quotient aus dem Anteil Stickstoff am N-Ertrag, den eine Leguminose aus einer <sup>15</sup>N-Markierung zu dem aus dem Boden-N aufgenommen hat, ebenso in der Referenzpflanze vorliegen muß. Oftmals ist es schwierig Anforderungen, die an eine Referenzpflanze zu stellen sind, unter allen Bedingungen erfüllt zu sehen. Infolgedessen wird der gleichzeitige Einsatz mehrerer Referenzpflanzen empfohlen (WITTY & GILLER 1991). Zur Vermeidung des hohen Aufwandes, den eine Referenzpflanze bedeutet und zur Umgehung der Fehler, die sie einbringen kann, werden immer wieder Ansätze vorgestellt, die ohne Referenzpflanze arbeiten (PEOPLES et al. 1991, MCNEILL et al. 1998). Keiner dieser Ansätze hat sich bisher durchgesetzt, sicher auch deshalb, weil sie Annahmen machen, die schwierig zu erfüllen sind und/oder besondere Versuchsumstände erfordern.

In eigenen Versuchen erwies sich die Wahl der Referenzpflanze ebenfalls als schwierig (HEUWINKEL 1999). Deshalb wurde ein Parzellenversuch angelegt um einerseits diese, auch vom Standort beeinflusste, Problematik herauszuarbeiten und andererseits eine neue Auswertung der Daten aufzuzeigen, die keine Anforderungen an die Referenzpflanze stellt.

## Material und Methoden

Auf zwei Standorten (,Hangfuß' & ,Kuppe':Tab. 1) wurden einfaktorielle Blockversuche in gerechter Verteilung mit vier Wiederholungen angelegt. Geprüft wurde die Variabilität von Ertrag und N<sub>2</sub>-Bindung zweier Leguminosen verglichen mit vier Referenzpflanzen (Tab. 2).

Standort	Horizont	pH	N <sub>t</sub>	C <sub>t</sub>	Skelett g/kg Trockenboden	Bodenart	Tabelle 1: Bodenkenndaten der Versuchsstandorte (nach Scheinost (1995) zusammengestellt)
Hangfuß	Ap	6,3	1,5	13	70	Ls3	
	Unterboden	6,3			40	Lsu - Lt2	
Kuppe	Ap	5,8	1,2	11	180	Ls3	
	Unterboden	6,0			240	Sl4 - St2	

<sup>1</sup> Lehrstuhl für Pflanzenernährung, TU München, Am Hochanger 2, 85350 Freising, e-mail: [hauke@weihenstephan.de](mailto:hauke@weihenstephan.de)

<sup>2</sup> Institut für Agrikulturchemie, Georg-August-Universität Göttingen, 37000 Göttingen

Art	Sorte
Lupinus albus L.	Amiga
Pisum sativum L.	Profi
Avena sativa L.	Jumbo
Linum usitatissimum L.	Barbara
Brassica napus L. var. napus	Jumbo
Secale cereale L.	Sorom

Tabelle 2: Pflanzenarten Versuch

Die  $^{15}\text{N}$ -Markierung erfolgte mit  $0,5 \text{ g N/m}^2$   $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ -Lösung (20 at%  $^{15}\text{N}$ ,  $^{15}\text{NH}_4:^{15}\text{NO}_3 = 1:1$ ) zum Auflaufen der Pflanzen. Weitere Düngungs- oder Pflegemaßnahmen, außer Hacken, wurden nicht durchgeführt. Die Ernte der Pflanzen erfolgte zur Gelbreife, wodurch zwischen der ersten und letzten Ernte ca. vier Wochen lagen (Details s. HEUWINKEL 1999). Meßgrößen: Nitrat (0,01 M  $\text{CaCl}_2$ -Lösung) in den Bodentiefen 0-30, 30-60, 60-90 und 90-120 cm zum Auflaufen und zur Ernte; Frischmasse- und Trockenmasseertrag des Aufwuchses (Trocknung:  $60^\circ\text{C}$  für  $\geq 48 \text{ h}$ ); N- und  $^{15}\text{N}$ -Gehalt (Messung am Massenspektrometer: SL 20-20 EUROPA SCIENTIFIC) des Saat- und Erntegutes.

### Ergebnisse und Diskussion

Sowohl der Standort als auch dessen Wechselwirkung mit der Pflanzenart veränderten den N-Ertrag und die Ausnutzung des zur  $^{15}\text{N}$ -Markierung eingesetzten Stickstoffs (FUE). So war der N-Ertrag aller Pflanzen im kolluvialen Hangfußbereich höher als auf der sandigeren Kuppe (Tab. 3). Relativ gesehen profitierte der Raps stärker vom besseren Standort ‚Hangfuß‘ als die anderen Pflanzen, obgleich er in beiden Fällen den geringsten Ertrag erreichte. Noch deutlicher wird diese von der Pflanzenart abhängige Differenzierung an der FUE. So zeigte Erbse auf dem ‚Hangfuß‘ die höchste Ausnutzung des Markierungs-N, während sie auf der Kuppe nur mittlere Werte erreichte (Tab.3). Lupine war ein Beispiel für deutliche Änderungen im N-Ertrag ohne aber ihren Platz in der Rangfolge nach FUE zu beeinflussen, wo sie auf beiden Standorten die nach Raps geringsten Werte erreichte (Tab. 3). Die Getreide waren vergleichsweise unauffällig. Sie nahmen beim Vergleich von Kuppe mit Hangfuß auf ersterem etwas weniger Markierungs-N auf als nach ihrem Ertragszuwachs zu erwarten war, was letztlich betätigte, daß die FUE vom Standort beeinflusst wurde.

Pflanzenart	Standort		Standort	
	Kuppe N-Ertrag [g /m <sup>2</sup> ]	Hangfuß	Kuppe % $^{15}\text{N}$ -Düngerausnutzung (FUE)	Hangfuß
Hafer	5,9	12,4	28	38
Lein	5,3	13,1	19	36
Roggen	4,6	10,0	19	30
Raps	2,4	8,6	5	21
Lupine	22,7	39,3	10	26
Erbse	15,2	26,8	17	43
<sup>#</sup> GD <sub>5%</sub> (Ref <sup>§</sup> )	2,3	4,4	11	15
<sup>#</sup> GD <sub>5%</sub> (alle <sup>§§</sup> )	6,5	7,1	13	14

Tabelle 3: N-Ertrag im Aufwuchs der Parzellenversuche und Ausnutzung des Markierungs-N durch die Pflanzen (Fertilizer Use Efficiency: FUE, nur bezogen auf Sproß-N).

<sup>#</sup> GD: Grenzdifferenz (TUKEY:  $p=0,05$ ); <sup>§</sup> Ref: Nicht-Leguminosen; <sup>§§</sup> alle: alle Pflanzen

Die Berechnung der  $\text{N}_2$ -Bindung mit der ND und ID führte besonders bei Erbse zu je nach Referenzpflanze widersprüchlichen Ergebnissen (Tab. 4). Es spiegelte sich hier sowohl das differenzierte Wachstum der Referenzpflanzen und Leguminosen wieder, als auch deren unterschiedliche Ausnutzung des Markierungs-N. Am Beispiel von Raps ist dies besonders

gut nachzuvollziehbar. Dieser als Referenz zur Erbse eingesetzt brachte auf beiden Standorten je nach Methode (ND oder ID) sehr verschiedene Bindeleistungen (bis zu Faktor 2). Das war dagegen mit Lupine nicht der Fall. Im ersten Fall kommen zwei Gründe in Frage: das schlechte Wachstum des Rapses an sich (Tab. 2) gepaart mit schlechter Ausnutzung des Markierungs-N, während die bei Erbse gut bis sehr gut war (Tab. 3). Beides war mit Lupine wohl ohne Bedeutung, da die Methoden ähnliche Ergebnisse erbrachten. Aus der FUE ließ sich sogar eine große Ähnlichkeit von Raps und Lupine in ihrer N-Aufnahme postulieren (Tab. 3). Daraus auf eine Eignung von Raps als Referenz zur Lupine für die Anwendung der ID und ND zu schließen wäre verfrüht. Ein Kriterium, das als wichtig bei der Festlegung einer Referenzpflanze angesehen wird, die Phänologie, war bei diesen Pflanzen in den Versuchen nämlich verschieden (HEUWINKEL 1999).

Tabelle 4: N<sub>2</sub>-Bindung von Erbse und W.Lupine berechnet nach N-Differenzmethode (ND) bzw. <sup>15</sup>N-Isotopenverdünnungsmethode (ID) in Abhängigkeit von Referenzpflanze und Standort. Zum Vergleich ist das Ergebnis nach der Boden-N - Markierungs-N - Beziehung (STR) aufgeführt.

Referenzpflanze	Hangfuß				Kuppe			
	Erbse		Lupine		Erbse		Lupine	
Methodik:	ND <sup>#</sup>	ID <sup>#</sup>	ND	ID	ND	ID	ND	ID
N <sub>2</sub> -Bindung [g N/m <sup>2</sup> ]								
Hafer	17	13	29	31	10	12	17	21
Lein	15	11	28	30	10	10	17	20
Roggen	19	13	31	31	11	11	18	20
Raps	20	9	32	28	13	8	20	18
Mittel	17,8	11,4	30,0	29,8	11,1	10,2	18,2	19,6
nach STR <sup>#</sup>	13,0		29,4		10,7		19,5	

<sup>#</sup>: ND = Erweiterte N-Differenzmethode; ID = <sup>15</sup>N-Isotopenverdünnungsmethode;  
STR = Boden-N - Markierungs-N - Beziehung

Um der Problematik der Referenzpflanze zur Leguminose zu entgehen, wurde eine andere Auswertung der mit <sup>15</sup>N-Markierung entstandenen Werte vorgenommen. Aufbauend auf dem von Danso et al. (1993) formulierten Quotienten (s.o.) als Grundvoraussetzung für Referenzpflanzen in der ID wurde geschlossen, daß, solange die Pflanzen kein N<sub>2</sub> aufnehmen, statt Anteile auch N-Mengen den Quotienten wiedergeben. Mit diesem Ansatz konnte gezeigt werden, daß für Nicht-Leguminosen ein hochsignifikanter, linearer Zusammenhang zwischen der Aufnahme von Stickstoff aus einer <sup>15</sup>N-Markierung und dem Boden besteht, den der Standort modifiziert (Abb. 1). Er wurde als Boden-N – Markierungs-N - Beziehung bezeichnet und mit STR (von: Soil-N - Tracer-N - Relationship) abgekürzt.

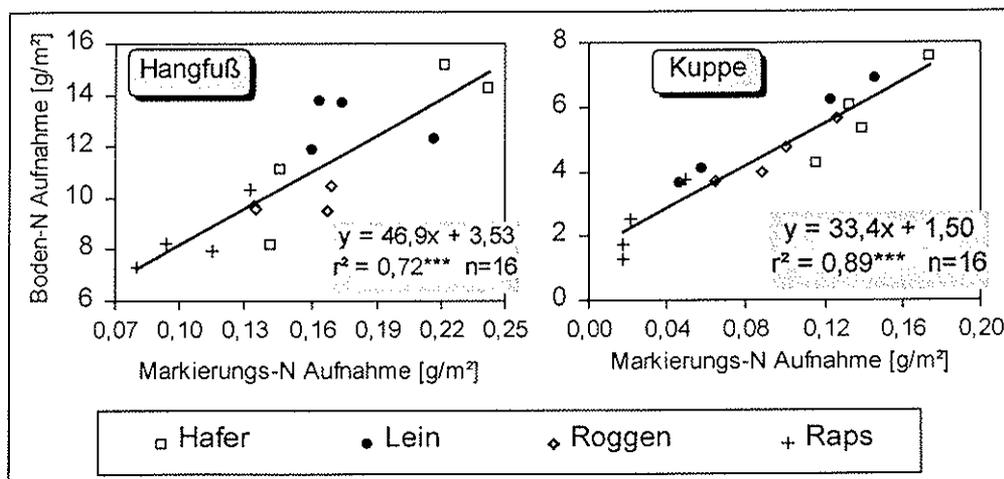


Abbildung 1:  
Beziehung zwischen der Aufnahme an Markierungs-N und der Aufnahme von Boden-N durch Nicht-Leguminosen in Abhängigkeit vom Standort (Achsenkalibrierung beachten).

Der Achsenabschnitt, den die Regression aufweist, zeigt die Schwierigkeit auf mit einer bestimmten Pflanze als Referenz zu arbeiten. Je nach Wachstum der Pflanzen kommt diesem konstanten Anteil nicht-markierten Stickstoffs eine mehr oder weniger verdünnende Wirkung für den  $^{15}\text{N}$ -Gehalt der zu vergleichenden Pflanzen zu. Diese N-Fraktion kann deshalb fälschlich dem Boden-N oder dem fixierten Stickstoff zugeordnet werden, wenn die ID oder ND angewandt werden.

Die STR kann nur vorliegen, wenn die Ausbringung des  $^{15}\text{N}$  den Boden-N tatsächlich nur markierte. Dann kann aber angenommen werden, daß sie in gleicher Weise für Leguminosen gilt. Deren Aufnahme an Markierungs-N ist meßbar und damit ihre Aufnahme von Boden-N über die STR. Nach Abzug des Boden- und Markierungs-N vom N-Ertrag bleibt der fixierte Stickstoff, der in Tab. 4 eingetragen wurde. Diese Bindeleistung unterschied sich deutlich von den Einzelwerten der anderen Methoden, wenig aber von deren Mittelwert über alle Referenzpflanzen. Nur am Standort ‚Hangfuß‘ zeigte sich mit Erbse die geringere Empfindlichkeit dieses Ansatzes gegenüber Verschiebungen in den Relationen von N-Ertrag und FUE bei Leguminose und Referenzpflanze.

### Schlußfolgerungen

Die dargelegte neue Vorgehensweise zur Messung der  $\text{N}_2$ -Bindung von Körnerleguminosen löst sich durch den Verzicht auf eine spezifische Auswahl der Referenzpflanze von darin begründeten Fehleinschätzungen der ID und ND-Methode. Sie könnte auch einen Ansatz darstellen pflanzenverfügbaren Stickstoff zu beschreiben.

Für eine uneingeschränkte Anwendung zur Messung der  $\text{N}_2$ -Bindung ist noch nachzuweisen, daß die Annahme zulässig ist, Leguminosen folgen der in der STR beschriebenen Aufnahmecharakteristik.

### Literatur

- DANSO, S.K.A., G. HARDARSON und F. ZAPATA (1993). Misconceptions and practical problems in the use of  $^{15}\text{N}$  soil enrichment techniques for estimating  $\text{N}_2$  fixation. *Plant and Soil* 152, 25-52.
- HAUSER, S. (1987). Schätzung der symbiontisch fixierten Stickstoffmenge von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) mit erweiterten Differenzmethoden. Dissertation, Universität Göttingen. 175p.
- HEUWINKEL, H. (1999).  $\text{N}_2$ -Fixierung von Körnerleguminosen: Aussagekraft und Weiterentwicklung vorhandener Meßmethoden am Beispiel *Lupinus albus* L.. Dissertation, TU München. 236p.
- MCNEILL, A.M., C.J. PILBEAM, H.C. HARRIS und R.S. SWIFT (1998). Use of residual fertilizer  $^{15}\text{N}$  in soil for isotope dilution estimates of  $\text{N}_2$  fixation by grain legumes. *Australian Journal of Agricultural Research* 49, 821-828.
- PEOPLES, M.B., F.J. BERGERSEN, G.L. TURNER, C. SAMPET, B. RERKASEM, A. BHROMSIRI, D.P. NURHAYATI, A.W. FAIZAH, M.N. SUDIN, M. NORHAYATI und D.F. HERRIDGE (1991). Use of the natural enrichment of  $^{15}\text{N}$  in plant available soil N for the measurement of symbiotic  $\text{N}_2$  fixation. In: *Stable Isotopes in plant nutrition, soil fertility and environmental studies*. Proceedings, IAEA, Wien, IAEA-SM-313/47, 117-129.
- SHEARER, G. und D.H. KOHL (1993). Natural abundance of  $^{15}\text{N}$ : Fractional contribution of two sources to a common sink and use of isotope discrimination. In: KNOWLES, R. und T.H. BLACKBURN (eds.). *Nitrogen Isotope Techniques*. Academic Press, San Diego, pp. 89-125.
- WITTY, J.F. und K.E. GILLER (1991). Evaluation of errors in the measurement of biological nitrogen fixation using  $^{15}\text{N}$  fertilizer. In: *Stable Isotopes in plant nutrition, soil fertility and environmental studies*. Proceedings, IAEA, Wien, IAEA-SM-313/100, 59-72.