

Bestimmung der biologischen N-Fixierung von Leguminosen und der Nitratauswaschung mittels Lysimetern

E. SPIESS und W. STAUFFER

Abstract

Biological nitrogen (N) fixation of pure stands of legumes and nitrate leaching were measured in a lysimeter trial on a N-free artificial soil substrate. Annual N offtake by aerial plant parts amounted to up to 497 kg N/ha averaged over six years. Apart from a small amount of N from atmospheric deposition crops could only take up biologically fixed N. Amounts of nitrate leached were low with annual mean values below 10 kg/ha.

Zusammenfassung

In einem Lysimeterversuch mit einem künstlichen Bodensubstrat ohne Stickstoff (N) wurden die biologische N-Fixierung von Leguminosen-Reinbeständen und die ausgewaschenen Nitratmengen ermittelt. Der jährliche Entzug durch die oberirdische Pflanzenmasse betrug im Mittel von sechs Jahren bis zu 497 kg N/ha. Abgesehen von einer geringen N-Menge aus der atmosphärischen Deposition kann dieser Stickstoff nur über die biologische N-Fixierung in die Pflanzen gelangt sein, weil die Kulturen nicht mit Stickstoff gedüngt wurden und keinen Bodenstickstoff aufnehmen konnten. Die ausgewaschenen Nitratmengen waren mit durchschnittlichen Werten von unter 10 kg N/ha/Jahr gering.

Einleitung

Die biologische N-Fixierung ist dank der Fähigkeit der Leguminosen, über die Knöllchenbakterien Luftstickstoff zu binden, weltweit eine der wichtigsten Inputgrößen des N-Kreislaufs. GALLOWAY (1998) schätzt die in terrestrischen Ökosystemen weltweit fixierte N-Menge auf 90'000-130'000 Mio. Tonnen. Auch in der schweizerischen Landwirtschaft spielt die N-Fixierung durch die Leguminosen eine bedeutende Rolle. Im Jahr 2002 machte sie mit 36'000 t N fast

ein Viertel des gesamten N-Eintrags in die Landwirtschaft aus und war damit nach den Mineraldüngern die zweitwichtigste Inputgrösse (SPIESS, 2005). Auf die gesamte Landwirtschaftliche Nutzfläche bezogen wurden über 30 kg N/ha/Jahr fixiert. Die Körnerleguminosen trugen mengenmässig nur wenig zu dieser Menge bei, denn über 90% stammten von Futterleguminosen. Davon wiederum wurde der grösste Teil in Dauerewiesen (620'000 ha) fixiert; die Ansaatwiesen mit einer viel geringeren Fläche (125'000 ha) machten aber dank eines mittleren Leguminosenanteils von 30% rund 40% der im Grasland fixierten N-Menge aus. Trotz der enormen Bedeutung der biologischen N-Fixierung für die Landwirtschaft ist der Wissensstand auf diesem Gebiet noch gering. Ungenügende Kenntnisse sind nicht nur über die fixierte N-Menge, sondern auch über den Einfluss der Leguminosen auf die Nitratauswaschung vorhanden.

Die biologisch fixierte N-Menge wird meistens mit Isotopen (BOLLER und NÖSBERGER, 1987; CHALK und SMITH, 1994) oder über die Differenzmethode (ELGERSMA et al., 1998) ermittelt. Aber auch die Bestimmung mit Hilfe von Lysimetern ist möglich, indem der N-Entzug eines Leguminosen-Reinbestands bestimmt wird. Zur Verhinderung der Aufnahme von Bodenstickstoff ist hierbei die Verwendung eines N-freien Bodensubstrats notwendig. Zudem dürfen die Kulturen nicht mit Stickstoff gedüngt werden. Dadurch können die Pflanzen ihren N-Bedarf nur über die N-Fixierung und in einem geringen Ausmass über die N-Deposition decken. Lysimeter haben den Vorteil, dass gleichzeitig auch die Nitratauswaschung gemessen werden kann. Aus diesen Gründen wurde ein Versuch mit Leguminosen auf Lysimetern durchgeführt.

Material und Methoden

Auf der Lysimeteranlage Bern-Liebefeld wurden Lysimetergefässe (1 m² Oberfläche und 1,50 m Tiefe) mit einer Mischung von Quarzsand und 3 % Bentonit gefüllt. Der N-Entzug durch vier bis fünf Schnittnutzungen pro Jahr sowie die ausgewaschene Nitratmenge wurden bei Reinbeständen von Luzerne, Rot- sowie Weissklee in zweifacher Wiederholung gemessen. Die Leguminosen wurden mit Superphosphat (50 kg P/ha/Jahr) und Patentkali (250 kg K/ha/Jahr) gedüngt. In die Auswertung wurden die sechs Hauptnutzungsjahre, die dem Ansaatjahr folgten, einbezogen.

Resultate und Diskussion

Der jährliche N-Entzug der Pflanzen war im Durchschnitt der sechs Jahre bei Luzerne mit 497 kg N/ha am höchsten, gefolgt von Rotklee mit rund 376 kg N/ha und Weissklee mit 281 kg N/ha (*Abbildung 1*). Mit Ausnahme einer geringen Menge von etwa 25 kg N/ha aus der Deposition kann dieser Stickstoff nur über die biologische N-Fixierung in die Pflanzen gelangt sein. In anderen Versuchen mit ungedüngtem Klee gras lagen die fixierten N-Mengen in der gleichen Gröszenordnung (BOLLER und NÖSBERGER, 1987; DEPRez et al., 2004; ELGERSMA und HASSINK, 1997; ELGERSMA et al., 1998). Da in der vorliegenden Studie nur der N-Entzug durch die oberirdische Pflanzenmasse erfasst wurde, nicht aber die N-Menge in den Wurzeln, Stolonen und Stoppeln, wurde die gesamte N-Fixierung letztlich unterschätzt (JØRGENSEN et al., 1999). Der N-Entzug nahm im Laufe des Versuchs bei allen Kulturen stark ab, was mehrheitlich eine Folge der sinkenden Erträge war. Diese nahmen infolge der Verschlechterung der Pflanzenbestände und von Krankheiten ab. Mit Durchschnittswerten von über 100 dt TS/ha wurden

Autoren: DI Ernst SPIESS und Dr. Werner STAUFFER, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8046 ZÜRICH, ernst.spiess@art.admin.ch

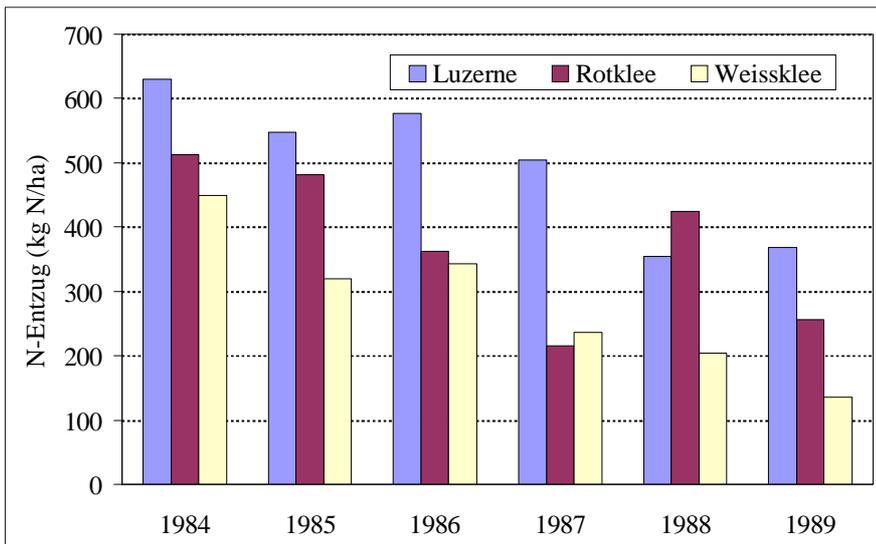


Abbildung 1: N-Entzug der drei Leguminosen in den sechs Untersuchungsjahren.

Tabelle 1: Ertrag, N-Gehalt und N-Entzug der drei Leguminosen sowie Niederschlag, Sickerwassermenge, Nitratgehalt und ausgewaschene Nitratmenge (Mittelwerte von sechs Jahren).

	Luzerne	Rotklee	Weissklee
Ertrag (dt TS/ha)	136	115	78
N-Gehalt (g N/kg TS)	37	32	35
N-Entzug (kg N/ha)	497	376	281
Niederschlag (mm)		1 061	
Sickerwassermenge (mm)	525	598	643
Nitratgehalt (g NO ₃ /l)	3.2	6.0	5.1
Nitratauswaschung (kg N/ha)	4	8	7

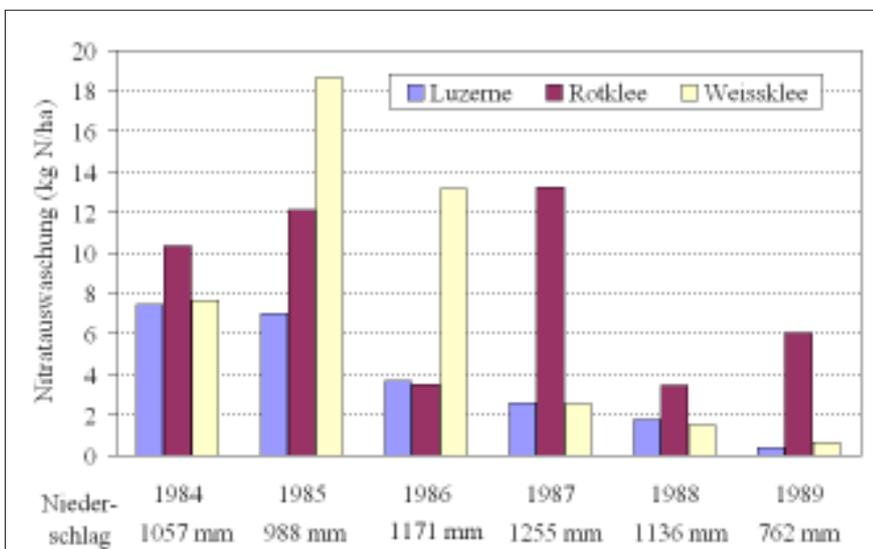


Abbildung 2: Nitratauswaschung unter den drei Leguminosenarten und Niederschlagsmengen in den sechs Untersuchungsjahren.

bei Luzerne und Rotklee beachtliche Erträge festgestellt. Die N-Gehalte der Pflanzen schwankten von Jahr zu Jahr und nahmen während des Versuches ebenfalls leicht ab.

Bei einem mittleren jährlichen Niederschlag von 1039 mm war die Sickerwas-

sermenge unter Weissklee mit 643 mm am höchsten und unter Luzerne mit 525 mm am geringsten (Tabelle 1). Die Sickerwassermenge nahm hauptsächlich mit steigenden Niederschlägen zu. Sinkende Erträge führten aber infolge der geringeren Transpiration ebenfalls zu

mehr Sickerwasser. Die ausgewaschene Nitratmenge lag bei allen Kulturen im Durchschnitt aller Jahre unter 10 kg N/ha/Jahr. Es waren beträchtliche Schwankungen von Jahr zu Jahr zu verzeichnen (Abbildung 2), die stärker auf Unterschiede im Nitratgehalt als in der Sickerwassermenge zurückzuführen waren. Die Nitratgehalte waren mit Durchschnittswerten zwischen 3.2 (Luzerne) und 6.0 mg NO₃/l (Rotklee) niedrig. Nur einzelne Monatswerte überstiegen 20 mg NO₃/l. Die Nitratauswaschung war vermutlich durch die Verwendung eines künstlichen Bodensubstrats tief ausgefallen. Bei Einsatz eines natürlichen Bodens hätte die Mineralisierung des Humus in Perioden mit fehlendem oder geringem N-Bedarf der Pflanzen ebenfalls zur Auswaschung beitragen können.

Literatur

- BOLLER, B.C. and J. NÖSBERGER, 1987: Symbiotically fixed nitrogen from field-grown white and red clover mixed with ryegrasses at low levels of ¹⁵N-fertilization. *Plant and Soil* 104, 219-226.
- CHALK, P.M. and C.J. Smith, 1994: ¹⁵N isotope dilution methodology for evaluating the dynamics of biologically fixed N in legume-non-legume associations. *Biol. Fertil. Soils* 17, 80-84.
- DEPREZ, B., R. LAMBERT, C. DECAMPS and A. PEETERS, 2004: Nitrogen fixation by red clover (*Trifolium pratense*) and lucerne (*Medicago sativa*) in Belgian leys. In: Lüscher A., Jeangros B., Kessler W., Huguenin O., Lobsiger M., Millar N. and Suter D. (Eds.): *Land use systems in grassland dominated regions. Proc. of the 20th General Meeting of the EGF, Luzern, 21-24 June 2004. British Grassland Society, Reading. Grassland Science in Europe* 9, 469-471.
- ELGERSMA, A. and J. HASSINK, 1997: Effects of white clover (*Trifolium repens* L.) on plant and soil nitrogen and soil organic matter in mixtures with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Plant and Soil* 197, 177-186.
- ELGERSMA, A., M. NASSIRI and H. SCHLEPERS, 1998: Competition in perennial ryegrass-white clover mixtures under cutting. 1. Dry-matter yield, species composition and nitrogen fixation. *Grass and Forage Science* 53, 353-366.
- GALLOWAY, J.N., 1998: The global nitrogen cycle: changes and consequences. *Environmental Pollution* 102, S1, 15-24.
- JØRGENSEN, F.V., E.S. JENSEN and J.K. SCHJOERRING, 1999: Dinitrogen fixation in white clover grown in pure stand and mixture with ryegrass estimated by the immobilized ¹⁵N isotope dilution method. *Plant and Soil* 208, 293-305.
- SPIESS, E., 2005: Die Stickstoffbilanz der Schweiz. In: Herzog F. und Richner W. (Eds.): *Evaluation der Ökomassnahmen - Bereich Stickstoff und Phosphor. Schriftenreihe der FAL Nr. 57, Agroscope FAL Reckenholz, Zürich, 26-31.*