

Seropédica, RJ
Maio, 2006**Autores**

Ednaldo da Silva Araújo
Engº. Agrônomo, Ms., Doutorando
em Agronomia CPGA-CS-
UFRRJ/Embrapa Agrobiologia. BR
465 km 7, Seropédica, RJ,
CEP 23890-000, e-mail:
ednaldo@ufrj.br

Cláudia Pozzi Jantália
Engª. Agrônoma, Drª.,
Pós-doutoranda CNPq/Embrapa
Agrobiologia. BR 465 km 7,
Seropédica, RJ, CEP 23890-000,
e-mail: claudia@cnpab.embrapa.br

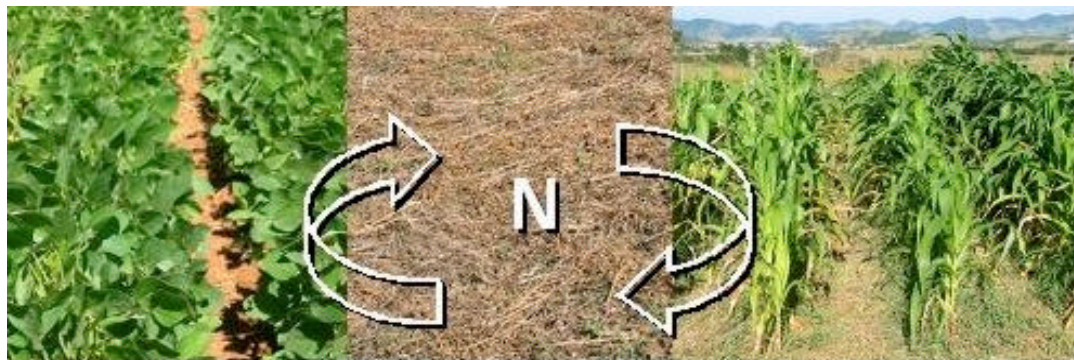
Robert Michael Boddey
Engº. Agrônomo, PhD,
Pesquisador da Embrapa
Agrobiologia. BR 465 km 7,
Seropédica, RJ, CEP 23890-000.,
e-mail: bob@cnpab.embrapa.br

Segundo Urquiaga
Engº. Agrônomo, PhD,
Pesquisador da Embrapa
Agrobiologia. BR 465 km 7,
Seropédica, RJ, CEP 23890000,
e-mail:
urquiaga@cnpab.embrapa.br

Bruno José Rodrigues Alves
Engº. Agrônomo, PhD,
Pesquisador da Embrapa
Agrobiologia, C. Postal 74505, BR
465 km 07, Seropédica/RJ, Brasil,
23851-970, e-mail:
bruno@cnpab.embrapa.br



Importância do N das Raízes da Soja para a Produtividade da Cultura Sucessora e para o Balanço de N do Sistema

**Introdução**

Os agroecossistemas tropicais oferecem muitas possibilidades de plantios contínuos e maior diversidade de espécies vegetais. Nestas condições, a composição de uma rotação de culturas é um aspecto chave que pode ser fundamental para o balanço de nutrientes do sistema de produção. Em uma rotação de culturas, é possível alterar a quantidade e a qualidade da espécie vegetal, conforme as necessidades e possibilidades de cada local.

Na grande parte das regiões brasileiras a matéria orgânica é o componente coloidal ao qual se atribui a maior parte da atividade de troca catiônica, respondendo pela quase totalidade da fertilidade natural dos solos. Além da importância nos processos físicos do solo, a matéria orgânica é o principal reservatório de nutrientes para as plantas, como o nitrogênio. Em contrapartida, uma vez que o N é um constituinte da matéria orgânica, sistemas de produção cuja entrada de N seja menor do que a saída irão diminuir suas reservas de matéria orgânica, ou seja, perderão fertilidade.

A entrada de N nos sistemas agrícolas pode ocorrer por processos naturais como a fixação biológica de nitrogênio (FBN) e deposição pela chuva, ou pela adição de fertilizantes minerais ou orgânicos. A partir daí, este elemento irá circular no sistema, sendo parcialmente extraído pelas plantas, com uma parte exportada nos produtos colhidos e outra permanecendo como resíduo das culturas.

As leguminosas assumem um papel importante na dinâmica de N nos sistemas de rotação de culturas, e a soja, a mais plantada em sistemas de produção de grãos possui alto potencial para obtenção de N através da FBN. Resultados de pesquisa mostram que esta cultura pode obter mais de 80% do N acumulado na planta inteira através deste processo, principalmente quando cultivada sob plantio direto (PD) (ZOTARELLI, 2000; MACEDO, 2003).

A influência dos resíduos da soja na disponibilidade de N do solo, com reflexos no comportamento das culturas posteriores, foi relatado por ALVES et al. (2000). Em estudos realizados em Londrina-PR, a quantidade de resíduos de soja existente na superfície do solo diminuiu para menos da metade em menos de quinze dias o que representou uma transferência de 15 kg/ha de N para o solo, pouco antes da cultura de N do solo, e pela produtividade observada onde os resíduos da parte aérea da

soja haviam sido retirados seria possível deduzir que as raízes teriam uma participação importante na disponibilidade de N do solo para o trigo.

Enquanto a quantificação do N acumulado na parte aérea da soja pode ser feita de forma bastante simples, existe uma grande dúvida em relação ao total de N acumulado em seu sistema radicular. Estudos para quantificação do N acumulado pelo sistema radicular em condições de campo, ainda são limitados. A razão principal é de aspecto metodológico. Tradicionalmente, a acumulação de N em raízes tem sido estimada através de amostragem direta, seguindo etapas de escavação e peneiramento (BERGERSEN et al., 1992; ALVES et al., 2000) e a determinação do teor de N. Entretanto, sua eficiência é contestada (RUSSELL & FILLERY, 1996ab; McNEILL et al., 1997; KHAN et al., 2002), por considerar apenas o N presente nas raízes visíveis, ignorando o N do solo derivado dos fragmentos radiculares, exsudados e raízes mineralizadas durante o desenvolvimento da planta. Dessa forma, PEOPLES et al. (1995) e ZOTARELLI (2000) mostraram que a exportação de N nos grãos de culturas, como a soja, pode superar o total de N derivado da FBN acumulado pela planta e levar a balanços de N negativos para o solo.

RUSSELL & FILLERY (1996ab) realizaram estudos marcando leguminosas com o isótopo ^{15}N e afirmaram que o uso da técnica tradicional subestima largamente a quantidade de N acumulado nas raízes. Resumidamente, a técnica consiste no fornecimento de ^{15}N (normalmente uréia altamente enriquecida) através da parte aérea da planta. O isótopo do N se distribui pela planta e marca uniformemente todo o sistema radicular da cultura, o que é uma das pressuposições da técnica. Através desta técnica seria possível quantificar o N exsudado pelas raízes, o N mineralizado de raízes mortas e o N contido em raízes finas que não são recuperadas nas peneiras. Considerando estes resultados e vários outros publicados posteriormente, PEOPLES & HERRIDGE (2000) consideraram que o total de N acumulado no sistema radicular das leguminosas seria 30% do total de N acumulado na planta inteira, o que mudaria as estimativas de balanço de N para os sistemas agrícolas constituídos de leguminosas, entre outras espécies.

Embora seja reconhecida a limitação da técnica tradicional, a metodologia isotópica proposta para quantificar o total de N acumulado pelas raízes, durante o desenvolvimento da cultura, apresenta

pressuposições que precisam ser melhor investigadas. Além disso, torna-se importante estudar a relação entre as estimativas da quantidade de N acumulada no sistema radicular da soja e o aumento na disponibilidade de N do solo para culturas sucessoras, o que pode ser melhor investigado com a utilização de diferentes técnicas.

Face ao exposto, será relatado um estudo realizado em condições de campo, onde o balanço de N foi quantificado para a cultura da soja, e investigado qual o reflexo de seus resíduos no rendimento de sorgo, e na disponibilidade de N do solo em relação a uma área sob pousio, também plantada com sorgo. No cultivo da soja foi avaliado o N acumulado no sistema radicular, através das técnicas tradicional e isotópica, utilizando-se ^{15}N . Este estudo foi realizado na área experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ, em área de solo Argissolo Vermelho Amarelo distrófico com as seguintes características químicas: Al $0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Ca $2,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg $1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; P e K, 4 e 39 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, respectivamente.

Balanço de N na cultura da soja

O balanço de N para a cultura da soja considerou o N total acumulado pela planta, incluindo o N derivado de raízes não recuperadas na profundidade de 0 a 20 cm, obtido pela técnica de marcação isotópica de ^{15}N . Pela técnica de ureídos, a FBN supriu cerca de 95% do N requerido pela cultura sob plantio direto (PD) e 85% sob preparo convencional (PC) (Tabela 1). O índice de colheita de N (ICN), que representa a percentagem de N nos grãos em relação ao N-total acumulado na planta, foi de 74 e 76% no PD e PC, respectivamente, o que resultou em um balanço de N positivo para os dois sistemas de plantio.

O N derivado da FBN, e acumulado nas raízes da soja não recuperadas pelo método tradicional de escavação (NRnr), representou cerca de 47% do N, derivado da FBN, deixado no solo pela planta de soja no PD e a 65% no PC. Esses dados reforçam a importância da contribuição do N acumulado pelo sistema radicular da soja. Cabe ressaltar que o balanço de N sem considerar a contribuição do NRnr, estimado pelo método de marcação foliar com ^{15}N , foi também positivo, correspondendo a uma entrada de 38 kg N ha^{-1} no PD e de 16 kg N ha^{-1} no PC.

Tabela 1 – Acumulação de N nos grãos, N derivado da FBN e balanço de N para a cultura da soja em sistemas de plantio direto (PD) e convencional (PC) sob um Argissolo Vermelho Amarelo em Seropédica, RJ.

Sistema de plantio	Saída			Entrada		
	N-total nos grãos kg ha ⁻¹	ICN %	FBN ¹ %	N-FBN ² (PA+Rr) ² kg ha ⁻¹	N-FBN ³ (Rnr) ³	Balanço de N kg ha ⁻¹
PD	151,09±25	73,9 ± 1,0	95,2± 7,3	188,7± 32	33,8±11	71,41± 13
PC	169,42±13	76,5 ± 2,1	84,6± 8,2	185,5± 12	29,9±9,0	45,98± 15

¹ FBN obtida pela técnica de abundância relativa de ureídeos

² N derivado da FBN na parte aérea total e raízes recuperadas mecanicamente

³ N derivado da FBN nas raízes não recuperadas (0 a 20 cm)

Neste estudo, a quantidade de N fixado simbioticamente pela soja foi suficiente para compensar o N removido na colheita. Entretanto, GONZÁLEZ et al. (1997) retrata que, para o cultivo da soja nas condições da Argentina, com um rendimento médio de 3,8 Mg grãos ha⁻¹ houve uma exportação de 178 kg N ha⁻¹ nos grãos, sendo que a FBN (33%) contribuiu com apenas cerca de 79 kg N ha⁻¹ causando, desta forma, um balanço negativo de aproximadamente 99 kg N ha⁻¹, por ciclo de cultivo. Resultados encontrados por ZOTARELLI (2000), mostraram um balanço de N negativo, cerca - 24 kg N ha⁻¹ no PC e de - 6 kg N ha⁻¹ no PD. Outros autores têm encontrado balanços de N negativos para cultura da soja (CHANDEL et al., 1989). Cabe ressaltar que estes autores não contabilizaram o NRnr, que, como mostrado neste trabalho, pode contribuir com uma parcela significativa de N ao solo.

Rendimento de grãos, acumulação de matéria seca e nitrogênio pela cultura do sorgo

O sorgo obteve um bom desenvolvimento e alcançou uma produção de grãos média de 3,7 Mg ha⁻¹. O pré-cultivo com soja favoreceu a produção do sorgo, que foi 36% superior à obtida após o pousio. A acumulação de matéria seca na palha seguiu a mesma tendência, onde a soja proporcionou um aumento de 35% em relação ao pousio. A produção de grãos do sorgo em sucessão à soja foi de 4,1 Mg ha⁻¹ (Tabela 2).

A acumulação de N nos grãos do sorgo após o pousio foi aproximadamente 38% menor que a acumulação de N no sorgo após a cultura da soja. Considerando a produção de palha essa diferença foi de 40%. O ICN foi 7% maior no sorgo cultivado em sucessão à soja quando comparado ao sorgo após o pousio.

Tabela 2 - Produção de grãos; palha; N-total nos grãos e na palha; e índice de colheita de N (ICN) para o sorgo após soja e pousio em sistema de plantio direto (PD) e plantio convencional (PC)

Sorgo em sucessão a	Matéria seca grão	Matéria seca Palha	N-grão	N-palha
	Mg ha ⁻¹			
Soja PD	4,13 (0,67)	8,08 (1,50)	51,61 (10,82)	46,34 (10,64)
Soja PC	4,06 (0,58)	8,13 (1,16)	54,84 (6,31)	59,43 (11,13)
Pousio	2,88 (0,39)	5,76 (0,77)	32,81 (5,63)	37,11 (5,20)
CV (%)	19,76	20,52	24,14	25,15
Contraste 1	*	*	*	*

Valores médios de 4 repetições; número entre parênteses é igual ao erro padrão da média; * - significativo a 5% de probabilidade no teste F; 1 - índice de colheita de N; 2 - eficiência de recuperação do N fertilizante sulfato de amônio

Contraste 1: Pousio x Soja

A disponibilidade de N no solo (valor A) após o cultivo da soja foi 43% superior à disponibilidade de N no solo sob pousio, o que significou um incremento médio de 68 kg N ha⁻¹ do N para a planta de sorgo.

Pelo relatado acima, e também por outras contribuições (PEOPLES & HERRIDGE, 2000; KHAN et al., 2002), o sistema radicular da cultura da soja acumula uma parcela significativa de N, normalmente não contabilizada por métodos convencionais, que pode aumentar a produtividade das culturas sucessoras e garantir um balanço de N positivo para o solo. Para isso, práticas como o uso do PD, devem ser usadas para que ocorra alta contribuição da FBN para a cultura.

Referências Bibliográficas

ALVES, B. J. R.; OLIVEIRA, O. C. de; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Métodos isotópicos. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Org.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 337-357.

ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Transformação do nitrogênio em rotações de culturas sob sistemas plantio direto. In: WORKSHOP SOBRE NITROGÊNIO NA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 2000, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. p. 9-31. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 26; Embrapa Agrobiologia. Documentos, 128).

BERGERSEN, F. J.; TURNER, G. L.; GAULT, R. R.; PEOPLES, M. B.; MORTHORPE, L. J.; BROCKWELL, J. Contributions of nitrogen in soybean crop residues to subsequent crops and to soil. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 43. p. 155-169. 1992.

CHANDEL, A. S.; PANDEY, K. N.; SAXENA, S. C. Symbiotic nitrogen fixation and nitrogen benefits by nodulated soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) to implanted crops in northern India. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 66, n. 1, p. 73-77, 1989.

GONZÁLEZ, N.; PERTICARI, A.; GURFINKEL, B. S.; CÁRCERS, E. R. Nutricion nitrogenada. In: GIORDA, L. M.; BAIGORRI, H. E. J. (Ed.). **El cultivo de la soja en Argentina**. Cordoba: INTA, 1997. p. 189-198.

KHAN, D. F.; PEOPLES, M. B.; HERRIDGE, D. F. Quantifying below-ground nitrogen of legumes. 1. Optimising procedures for ¹⁵N shoot-labelling. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 245, p. 327-334, 2002.

MACEDO, R. A. T. **Influência de fatores de manejo sobre a fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja em áreas experimentais e de produção no Noroeste do Paraná**. 2003. 56 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

McNEILL, A. M.; ZHU, C.; FILLERY, I. R. P. Use of in situ ¹⁵N-labelling to estimate the total below-ground nitrogen of pasture legumes in intact soil-plant systems. **Australian Journal of Agricultural Research**, New Delhi, v. 48 p. 295-304, 1997.

PEOPLES, M. B.; GAULT, R. R.; LEAN, B.; SYKES, J. D.; BROCKWELL, J. Nitrogen fixation by soybean in commercial irrigated crops of central and southern New South Wales. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 27, n. 4/5, p. 553-561, 1995.

PEOPLES, M. B.; HERRIDGE, D. F. Quantification of biological nitrogen fixation in agricultural systems. In: PEDROSA, F. O.; HUNGRIA, M.; YATES, G.; NENTON, W. E. (Ed.). **Nitrogen fixation: from molecules to crop productivity**. Dordrecht: Kluwer, 2000. p. 519-524.

RUSSELL, C. A.; FILLERY, I. R. P. In situ ¹⁵N labelling of Lupin below-ground biomass. **Australian Journal of Agricultural Research**, New Delhi, v. 47, p. 1035-1046, 1996a.

RUSSELL, C. A.; FILLERY, I. R. P. Estimates of below-ground biomass nitrogen, dry matter, and nitrogen turnover to wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, New Delhi, v. 47, p. 1047-1059, 1996b.

ZOTARELLI, L. **Balanço de nitrogênio na rotação de culturas em sistemas de plantio direto e convencional na região de Londrina-PR**. 2000. 128 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

Circular Técnica, 14

Exemplares desta publicação podem ser adquiridas na:

Embrapa Agrobiologia
BR465 – km 7
Caixa Postal 74505
23851-970 – Seropédica/RJ, Brasil
Telefone: (0xx21) 2682-1500
Fax: (0xx21) 2682-1230
Home page: www.cnpab.embrapa.br
e-mail: sac@cnpab.embrapa.br



1ª impressão (2006): 50 exemplares

Comitê de publicações

Eduardo F. C. Campello (Presidente)
José Guilherme Marinho Guerra
Maria Cristina Prata Neves
Verônica Massena Reis
Robert Michael Boddey
Maria Elizabeth Fernandes Correia
Dorimar dos Santos Felix (Bibliotecária)

Expediente

Revisor e/ou ad hoc: Helvécio De-Polli e Marcelo Grandi Teixeira
Normalização Bibliográfica: Dorimar dos Santos Félix.
Editoração eletrônica: Marta Maria Gonçalves Bahia.