

Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado

Adriano Perin⁽¹⁾, Ricardo Henrique Silva Santos⁽¹⁾, Segundo Urquiaga⁽²⁾,
José Guilherme Marinho Guerra⁽²⁾ e Paulo Roberto Cecon⁽³⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Viçosa (UFV), Dep. de Fitotecnia, Avenida P.H. Rolfs, s/nº, CEP 36571-000 Viçosa, MG. E-mail: aperin@vicosa.ufv.br, rsantos@ufv.br ⁽²⁾Embrapa Agrobiologia, Caixa Postal 74505, CEP 23890-000 Seropédica, RJ. E-mail: urquiaga@cnpab.embrapa.br, gmguerra@cnpab.embrapa.br ⁽³⁾UFV, Dep. de Informática. E-mail: cecon@dpi.ufv.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos dos cultivos isolado e consorciado dos adubos verdes de verão crotalária (*Crotalaria juncea*) e milheto (*Pennisetum americanum*) na produção de fitomassa, nos teores e acúmulo de nutrientes e na fixação biológica de nitrogênio (FBN). O delineamento experimental adotado foi blocos ao acaso, com quatro repetições, em que os tratamentos constaram dos adubos verdes crotalária, milheto, crotalária + milheto e vegetação espontânea. A crotalária apresentou maior produção de fitomassa, que foi 108% maior que a da vegetação espontânea e 31% superior a do milheto. No consórcio crotalária + milheto, a leguminosa contribuiu com 65% da massa de matéria seca total. A presença da crotalária resultou em maiores teores de N e Ca, enquanto o milheto e as ervas espontâneas apresentaram maiores teores de potássio. O acúmulo de P e Mg foi fortemente influenciado pela produção de fitomassa, atingindo valores elevados com a presença da crotalária, ao passo que o acúmulo de N e Ca resultou tanto dos maiores teores quanto da maior produção de fitomassa nos tratamentos com a leguminosa. A FBN foi 61% na leguminosa quando consorciada e 57% quando isolada, incorporando ao solo via FBN 89 e 173 kg/ha de N, respectivamente, constituindo-se excelente estratégia de incremento de N ao solo.

Termos para indexação: *Crotalaria juncea*, *Pennisetum americanum*, planta de cobertura, matéria seca.

Phytomass yield, nutrients accumulation and biological nitrogen fixation by single and associated green manures

Abstract – The objective of this work was to evaluate the effects of sole and intercropping systems of the summer green manures sunnhemp (*Crotalaria juncea*) and millet (*Pennisetum americanum*) in phytomass yield, content and accumulation of nutrients and biological nitrogen fixation (BNF). The experimental design was a randomized complete block with four replicates, and treatments consisted of green manures sunnhemp, millet, sunnhemp + millet and spontaneous vegetation. The sunnhemp stood out in the phytomass yield, being 108% greater than the spontaneous vegetation and 31% superior to millet. In the sunnhemp + millet intercropping, the leguminous contributed with 65% of the total dry matter. The presence of sunnhemp resulted in larger contents of N and Ca, while millet and the spontaneous vegetation showed larger content of potassium. The accumulation of P and Mg was strongly influenced by the phytomass yield, reaching high values in the presence of sunnhemp, while the accumulation of N and Ca was a result of the largest contents as well as the largest phytomass yield in the treatments with the leguminous. The BNF was 61% in the intercropping and 57% in sole cropping, incorporating to soil via BNF 89 and 173 kg/ha of N, respectively, being an excellent strategy for increasing soil nitrogen.

Index terms: *Crotalaria juncea*, *Pennisetum americanum*, cover plants, dry matter.

Introdução

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes que mais limitam o crescimento das plantas nos trópicos. Portanto, o uso de adubos verdes, capazes de realizar a fixação biológica de nitrogênio (FBN) eficientemente, pode re-

presentar contribuições consideráveis na viabilidade econômica e sustentabilidade dos sistemas de produção (Boddey et al., 1997), por reduzir a necessidade da aplicação de N sintético.

Entre as espécies empregadas na adubação verde, as da família das leguminosas se destacam por forma-

rem associações simbióticas com bactérias fixadoras de N_2 , resultando aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo-planta (Perin et al., 2003), contribuindo com a nutrição das culturas subseqüentes (Andreola et al., 2000; Zotarelli, 2000). Outra característica importante das leguminosas é a baixa relação C/N, quando comparada a plantas de outras famílias. Este aspecto, aliado à grande presença de compostos solúveis, favorece sua decomposição e mineralização por microorganismos do solo e a reciclagem de nutrientes (Zotarelli, 2000).

Por outro lado, o emprego de não-leguminosas na adubação verde pode amenizar perdas de N mediante a imobilização temporária deste nutriente em sua biomassa (Andreola et al., 2000). Além disso, resíduos de gramíneas, em virtude de sua baixa taxa de decomposição, determinam melhor proteção do solo (Bortolini et al., 2000). Deste modo, a adubação verde, a partir do consórcio entre leguminosas e gramíneas, pode determinar a combinação de resíduos com características favoráveis, não só à proteção do solo (Bortolini et al., 2000) mas também à nutrição das plantas, pelo aporte de N pelas leguminosas via fixação biológica de nitrogênio.

Heinrichs & Fancelli (1999) destacaram que, no cultivo consorciado entre leguminosas e gramíneas na adubação verde de inverno, a gramínea geralmente propicia maior produção de fitomassa. Quanto às características fenológicas, Amado et al. (2000) verificaram que os adubos verdes de inverno aveia (*Avena strigosa*) e ervilhaca (*Vicia sativa*), quando isolados, apresentaram relação C/N superior a 45 e inferior a 15, respectivamente. Porém, o consórcio dessas duas espécies resultou em fitomassa tão elevada quanto a obtida na aveia isolada e acumulação de N semelhante à da ervilhaca isolada, mas com relação C/N em torno de 25 (Amado et al., 2000), valor considerado próximo ao equilíbrio entre os processos de mineralização e imobilização.

No entanto, há carência de informações relativas ao cultivo consorciado de gramíneas e leguminosas em relação à adubação verde de verão. Por isso, o melhor aproveitamento de suas potencialidades e a identificação de práticas de manejo que possam aumentar a produtividade das culturas, ainda é um desafio.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos dos cultivos isolado e consorciado dos adubos verdes de verão crotalária (*Crotalaria juncea*) e milheto (*Pennisetum americanum*) na massa de matéria seca, nos teores e acúmulo de nutrientes e na fixação biológica de nitrogênio.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Horta de Pesquisa do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, num Cambissolo, com as seguintes características químicas (0–20 cm): pH em H_2O (1:2,5), 5,3; Al^{+3} , 0,4 $cmol_c/dm^3$; Ca^{+2} , 4,3 $cmol_c/dm^3$; Mg^{+2} , 1,1 $cmol_c/dm^3$; K^+ , 117 mg/dm^3 e P disponível, 92,6 mg/dm^3 de solo. Na correção do Al^{+3} , foram aplicados 1.000 kg/ha de calcário dolomítico (PRNT 100%), de acordo com Alvarez Venegas & Ribeiro (1999), aos 90 dias que antecederam o plantio dos adubos verdes, após uma aração e duas gradagens.

O delineamento experimental adotado foi blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constaram dos adubos verdes crotalária, milheto, crotalária + milheto e vegetação espontânea. O tratamento crotalária + milheto foi estabelecido pelo plantio de 50% da população de cada espécie.

As parcelas tinham 48 m^2 (4x12 m), com 16 linhas espaçadas de 25 cm, numa densidade de 40 plantas/m linear. Por ocasião da semeadura, bactérias da estirpe BR 2001, do gênero *Rhizobium* da coleção de culturas da Embrapa Agrobiologia, foram inoculadas nas sementes da crotalária. Não foram realizadas intervenções no controle de ervas espontâneas, por causa do rápido crescimento dos adubos verdes.

No florescimento da crotalária e do milheto, ocorrido aos 68 dias após o plantio (DAP), as plantas de todas as parcelas pertencentes a área útil de 1 m^2 foram cortadas rente ao solo e pesadas para determinação da massa de matéria fresca. Retirou-se uma amostra de aproximadamente 250 g de massa de matéria fresca de cada parcela, que foi pesada e colocada em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C, até atingir massa constante, para quantificar a massa de matéria seca da parte aérea das plantas. Após secadas em estufa, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey, sendo os teores de P, K, Ca e Mg determinados conforme Braga & Defelippo (1974), enquanto o N orgânico foi determinado segundo Jackson (1958), e o N nítrico, conforme Cataldo et al. (1975). O acúmulo de nutrientes foi obtido pelo produto da massa de matéria seca com o teor dos nutrientes. A contribuição da FBN da crotalária foi estimada pela técnica de abundância natural de ^{15}N (delta, $\delta^{15}N$), conforme Boddey et al. (1994), com auxílio de um espectrômetro de massa Finnigan MAT, modelo Delta Plus. A contribuição da FBN foi estimada pela equação:

% FBN = $100(\delta^{15}\text{N planta testemunha} - \delta^{15}\text{N planta fixadora})/(\delta^{15}\text{N planta testemunha} - \text{B})$, sendo B a proporção de ^{15}N da planta fixadora crescida em condições de total dependência da fixação biológica de nitrogênio. Como referência de plantas não fixadoras de N_2 (testemunha), foram utilizados o milho, o capim-colonião (*Panicum maximum*) e o picão-preto (*Bidens pilosa*). Os dados foram submetidos a análise de variância, adotando-se o teste F, e os métodos comparados pelo teste Tukey, ambos a 5% de probabilidade, com auxílio do SAEG versão 8.0.

Resultados e Discussão

A crotalária apresentou maior produção de fitomassa do que a vegetação espontânea (Tabela 1). A elevada produção de fitomassa da leguminosa em curto período de tempo revela que esta espécie encontra-se adaptada às condições ambientais do experimento, podendo ser considerada como espécie potencial para o cultivo na Zona da Mata Mineira. A produção de fitomassa desses adubos verdes assemelham-se aos obtidos por Calegari & Wildner (1993) e por Ramos et al. (2001).

No consórcio crotalária + milho, a leguminosa contribuiu com 65% da produção total de fitomassa, evidenciando o seu elevado potencial de produção, mesmo quando cultivada em consórcio com uma gramínea. Este comportamento difere do observado por Heinrichs & Fancelli (1999), que constataram maior produção de fitomassa da gramínea no consórcio com uma leguminosa. A menor produção de fitomassa do milho, no consórcio, pode ser atribuída à competição por recursos naturais, mormente luz, pois a crotalária apresenta rápido estabelecimento e elevada taxa inicial de crescimento, comparativamente ao milho. O consórcio não apresentou vantagem em relação ao plantio isolado das espécies, de acordo com o índice Uso Eficiente da Terra (UET) (Willey, 1985), o qual atingiu valor de 0,95 no consórcio.

A menor produção de fitomassa obtida pelo milho, comparativamente a 14,2 Mg/ha, obtidos por Oliveira et al. (2002), deve-se, em parte, ao seu menor período de crescimento (68 DAP), ao passo que esta espécie foi amostrada aos 100 dias (Oliveira et al., 2002). Além disso, as condições edafoclimáticas predominantes em cada local podem também influenciar na capacidade de produção da fitomassa. Entretanto, a produção obtida foi superior a 6,0 Mg/ha, a qual segundo Darolt (1998) é a quantidade mínima de fitomassa adicionada em um sistema de rotação de culturas. Quanto à vegetação espontânea, o picão-preto, a serralha (*Sonchus oleraceus* L.) e a tiririca (*Cyperus rotundus* L.) foram as espécies predominantes. A menor produção de fitomassa proporcionada por essas espécies, quando comparada à adubação verde com leguminosas, corrobora dados de Favero et al. (2000).

A fitomassa do milho apresentou os menores teores de N e Ca (Tabela 1). A crotalária apresentou teor de N mais elevado que o milho, não diferindo, entretanto, daquele encontrado na vegetação espontânea e no consórcio crotalária + milho, e assemelhando-se ao obtido por Ramos et al. (2001). A fitomassa do consórcio crotalária + milho apresentou o dobro de N, quando comparada à do milho isolado. Tal efeito deve-se ao grande potencial da crotalária para fixar biologicamente o N atmosférico (Urquiaga & Zapata, 2000; Ramos et al., 2001), principalmente quando consorciada com uma gramínea, que é grande competidora pelo N do solo. Os teores de P e Mg, embora foram significativamente iguais entre os diferentes adubos verdes, apresentaram valores superiores aos comumente encontrados na literatura, que são 0,009 e 0,159 g/kg de P e K, respectivamente, para a crotalária, e 0,007 e 0,342 g/kg de P e K, respectivamente, para o milho (Calegari et al., 1993). Os resultados observados provavelmente estão relacionados, também, aos teores elevados destes nutrientes no solo da área experimental. O maior teor de K na vegetação espontânea em relação à crotalária

Tabela 1. Produção de fitomassa e teores de nutrientes na parte aérea de adubos verdes de verão, aos 68 dias após o plantio⁽¹⁾.

| Tratamento | Fitomassa (Mg/ha) | N | P | K Ca Mg | | |
|----------------------|-------------------|--------|--------|---------|---------|--------|
| | | | | (g ha) | | |
| Crotalária | 9,34A | 0,327A | 0,035A | 0,314B | 0,098A | 0,068A |
| Milho | 7,12AB | 0,139B | 0,038A | 0,483AB | 0,051B | 0,060A |
| Crotalária + milho | 8,04AB | 0,271A | 0,038A | 0,418B | 0,081AB | 0,057A |
| Vegetação espontânea | 4,49B | 0,284A | 0,037A | 0,626A | 0,092AB | 0,061A |
| CV (%) | | 13,42 | 13,99 | 19,82 | 25,91 | 15,72 |

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

(isolada ou consorciada) está de acordo com os resultados de Favero et al. (2000), sugerindo que as espécies espontâneas foram mais eficientes na absorção deste nutriente.

Em relação ao acúmulo de nutrientes, a crotalária apresentou o maior acúmulo de N e Ca quando isolada, e elevou os estoques desses nutrientes no plantio consorciado, comparativamente à gramínea isolada (Tabela 2). Este efeito é decorrente tanto da maior fitomassa quanto dos teores mais elevados de N e Ca da crotalária (Tabela 1).

A presença da leguminosa (isolada ou consorciada) aumentou a quantidade de N incorporado no sistema. O maior acúmulo de N pela crotalária (305 kg/ha de N), quando comparado aos dados de Ramos et al. (2001) (195 kg/ha de N), deve-se à sua maior produção de fitomassa, visto que o teor de N obtido foi similar ao encontrado pelos autores citados. Dessa forma, a capacidade de acúmulo de grande quantidade de N em curto intervalo de tempo, cerca de 4,5 kg/ha/dia de N, faz da crotalária uma espécie de grande potencial na utilização como adubo verde.

Embora as espécies espontâneas tenham produzido menos fitomassa (Tabela 1), acumularam quantidade de K similar aos demais tratamentos (Tabela 2), por causa do elevado teor desse nutriente (Tabela 1). Assim, as ervas espontâneas podem promover os mesmos efeitos de ciclagem de K que as espécies empregadas na adubação verde.

Espécies capazes de realizar FBN apresentam valores de $\delta^{15}\text{N}$ menores do que aquelas não fixadoras crescendo no mesmo solo (Resende, 2000), sendo tanto maior a proporção de FBN quanto maior a diferença em $\delta^{15}\text{N}$ entre as espécies (Tabela 3). Dessa forma, a elevação em 7% do N fixado biologicamente pela crotalária consorciada ao milho, comparativamente à crotalária isolada, decorre da redução em 0,415 $\delta^{15}\text{N}$ (Tabela 3). Tal comportamento pode ser consequência da maior capacidade da gramínea em competir pelo N mineral do solo,

proveniente da mineralização da matéria orgânica. A proporção do N acumulado derivado da FBN varia de acordo com a disponibilidade de N mineral no solo, com a eficiência fixadora de N pelas estirpes de bactérias introduzidas via inoculação das sementes e/ou com a população de bactérias presentes originalmente no solo (Aita, 1997). Do total de N acumulado pela crotalária (305 kg/ha), 57% foram derivados da FBN, sendo o restante proveniente do solo. Este percentual corrobora os valores encontrados na literatura (Resende, 2000; Urquiaga & Zapata, 2000; Ramos et al., 2001).

Ao se considerar a capacidade de acúmulo de N pela crotalária (Tabela 2), constatou-se que esta leguminosa foi capaz de incorporar ao solo, via FBN, cerca de 173 e 89 kg/ha de N quando isolada e consorciada, respectivamente (Tabela 3), constituindo-se em excelente estratégia de fornecimento de N ao solo. Zotarelli (2000) também relatou que apenas a introdução de uma leguminosa para adubação verde na rotação de culturas poderia contribuir de forma significativa no aumento de N no solo, podendo até mesmo permitir redução da fertilização com nitrogênio (Da Ros & Aita, 1996; Amado et al., 2000). Segundo Zotarelli (2000), a contribuição do N derivado da FBN pelo tremoço (*Lupinus albus* L.) poderia compensar a exportação desse nutriente pela colheita do milho. Conforme esse autor, o N adicionado por esta leguminosa via FBN, é uma das explicações para a produtividade do milho ter passado de 4,5 Mg/ha para 10,0 Mg/ha de uma safra para outra. Dessa maneira, a melhoria no balanço de N por meio da introdução de leguminosas na adubação verde é particularmente importante em solos tropicais, visto serem estes originalmente pobres neste nutriente, constituindo-se em fator limitante à produção de cereais mais exigentes em N, como o milho. Portanto, a utilização desta prática poderia resultar numa economia significativa de fertilizantes nitrogenados, assegurando maior sustentabilidade aos agroecossistemas.

Tabela 2. Acúmulo de nutrientes na parte aérea de adubos verdes de verão⁽¹⁾.

| Tratamento | N | P | K | Ca | Mg |
|----------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|
| | ----- (g ha) ----- | | | | |
| Crotalária | 305,04A | 32,48A | 293,28A | 90,87A | 64,03A |
| Milheto | 96,79C | 28,84AB | 325,06A | 38,37B | 43,07AB |
| Crotalária + milheto | 218,49B | 28,85AB | 336,80A | 64,91AB | 46,28AB |
| Vegetação espontânea | 126,38C | 16,84B | 277,70A | 40,09B | 27,24B |
| CV (%) | 20,30 | 26,32 | 26,09 | 36,28 | 28,75 |

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Valores de abundância natural de ^{15}N ($\delta^{15}\text{N}$) de leguminosas usadas na adubação verde e contribuição da fixação biológica de nitrogênio (FBN). Média de quatro repetições.

| Tratamento | $\delta^{15}\text{N}$ (‰) ⁽¹⁾ | FBN (%) | FBN (kg/ha) ⁽²⁾ |
|--------------------|------------------------------------------|---------|----------------------------|
| Crotalária | 3,435 | 57,039 | 173,215 |
| Crotalária + milho | 3,020 | 61,059 | 89,063 |

⁽¹⁾O valor de $\delta^{15}\text{N}$ da planta não fixadora de N_2 foi $9,323 \pm 0,669$ em que utilizaram-se quatro repetições de cada uma das espécies milho, camim-colonião e picão-preto. ⁽²⁾Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Conclusões

1. A produção de fitomassa de crotalária é 108% maior que a de vegetação espontânea e 31% superior a do milho.

2. A crotalária consorciada ao milho contribui com 65% da fitomassa produzida e eleva a produtividade em 13% comparativamente ao cultivo isolado do milho.

3. A crotalária apresenta maiores teores e acúmulo de N e Ca, enquanto o milho e as ervas espontâneas apresentam maiores teores de potássio.

4. A fixação biológica de N_2 é de 61% na crotalária consorciada e 57% quando cultivada isoladamente, incorporando ao solo 89 e 173 kg/ha de N, respectivamente.

Referências

AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M.R.; DALMILIN, R.S.D. (Coord.). **Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto**. Santa Maria: UFSM; Pallotti, 1997. p.76-111. Palestras apresentadas no III curso.

ALVAREZ VENEGAS, V.H.; RIBEIRO, A.C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ VENEGAS, V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1999. p.43-60.

AMADO, T.J.C.; MILENICZUK, J.; FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.179-189, 2000.

ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.867-874, 2000.

BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. Quantificação

da fixação biológica de nitrogênio associada a plantas utilizando o isótopo ^{15}N . In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa-CNPAP, 1994. p.471-494.

BODDEY, R.M.; SÁ, J.C.D.M.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. The contribution of biological nitrogen fixation for sustainable agricultural systems in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, p.787-799, 1997.

BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.897-903, 2000.

BRAGA, J.M.; DEFELIPPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **Revista Ceres**, v.21, p.73-85, 1974.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; COSTA, M.B.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M.B.B. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: Assessoria de Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1993. p.1-55.

CALEGARI, A.; WILDNER, L.P. Adubação verde no Paraná. In: COSTA, M.B.B. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: Assessoria de Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1993. p.83-121.

CATALDO, D.A.; AARÓN, M.; SCHARDER, M.; YOUNGS, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitrification of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.6, p.71-81, 1975.

DAROLT, M.R. Princípios para implantação e manutenção de sistemas. In: _____. **Plantio direto: pequena propriedade sustentável**. Londrina: Iapar, 1998. p.16-45 (Circular, 101).

DA ROS, C.O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.135-140, 1996.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L.M.; ALVARENGA, R.C.; NEVES, J.C.L. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.171-177, 2000.

HEINRICHS, R.; FANCELLI, A.L. Influência do cultivo consorciado de aveia preta (*Avena strigosa* Schieb.) e ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.) na produção de fitomassa e no aporte de nitrogênio. **Scientia Agricola**, v.56, p.27-31, 1999.

JACKSON, M.L. Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: _____. (Ed.). **Soil chemical analysis**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1958. p.183-204.

OLIVEIRA, T.K. de; CARVALHO, G.J. de; MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1079-1087, 2002.

PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.791-796, 2003.

RAMOS, M.G.; VILLATORO, M.A.A.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. Quantification of the contribution of biological nitrogen fixation to tropical green manure crops and the residual benefit to a subsequent maize crop using ^{15}N -isotope techniques. **Journal of Biotechnology**, v.91, p.105-115, 2001.

RESENDE, A.S. **A fixação biológica de nitrogênio (FBN) como suporte da produtividade e fertilidade nitrogenada dos solos na cultura de cana-de-açúcar**: uso de adubos verdes. 2000. 123p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. **Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe**. Porto Alegre: Gênese, 2000. 110p.

WILLEY, R.W. Evaluation and presentation of intercropping advantage. **Experimental Agriculture**, v.21, p.119-133, 1985.

ZOTARELLI, L. **Balço de nitrogênio na rotação de culturas em sistema de plantio direto e convencional na região de Londrina - PR**. 2000. 134p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

Recebido em 17 de junho de 2003 e aprovado em 2 de dezembro de 2003