



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria
Brasil

Perin, Adriano; Santos Silva, Ricardo Henrique; Urquiaga, Segundo; Guerra Marinho, José Guilherme;
Cecon, Paulo Roberto

Efeito residual da adubação verde no rendimento de brócolo (*Brassica oleraceae* L. var. *Italica*)
cultivado em sucessão ao milho (*Zea mays* L.)

Ciência Rural, vol. 34, núm. 6, nov.-dez., 2004, pp. 1739-1745

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33134611>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Efeito residual da adubação verde no rendimento de brócolo (*Brassica oleraceae* L. var. *Italica*) cultivado em sucessão ao milho (*Zea mays* L.)

Residual effect of the green manures in broccoli (*Brassica oleraceae* var. *Italica*) yield cultivated in succession to corn (*Zea mays* L.)

Adriano Perin¹ Ricardo Henrique Silva Santos² Segundo Urquiaga³
José Guilherme Marinho Guerra³ Paulo Roberto Cecon²

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito residual do cultivo isolado e consorciado dos adubos verdes crotalária (*Crotalaria juncea*) e milheto (*Pennisetum americanum*) sobre a transferência de Nitrogênio (N) e produção de brócolo, em sucessão ao milho, na ausência e presença da adubação de 150kg ha⁻¹ de N. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos da parcela constaram do pré-cultivo dos adubos verdes crotalária, milheto, crotalária + milheto e vegetação espontânea. Na subparcela, os tratamentos foram 150kg ha⁻¹ de N e testemunha (ausência de N-fertilizante no brócolo). A sucessão envolveu o cultivo dos adubos verdes (26/09/2001 a 03/12/2001), seguido pelo cultivo de milho (04/12/2001 a 28/05/2002) e brócolo híbrido Big Sur (05/06/2002 a 10/08/2002), em plantio direto, sobre os resíduos do milho. Não foi detectado efeito residual dos adubos verdes sobre o diâmetro, peso da matéria seca das inflorescências e produção de matéria seca do brócolo, tanto na ausência quanto na presença de N-fertilizante. A crotalária isolada em pré-cultivo elevou o teor e acúmulo de N nas folhas e inflorescência de brócolo, na ausência ou presença de 150kg ha⁻¹ de N. No consórcio crotalária + milheto, a presença da leguminosa elevou o teor e acúmulo de N, na inflorescência, comparativamente ao milheto isolado. O diâmetro das inflorescências do brócolo, nas parcelas sem N-fertilizante precedidas da crotalária, foi similar à vegetação espontânea + 150kg ha⁻¹ de N. Entretanto, a produção de brócolo e o teor e acúmulo de N, nas inflorescências, foram maiores após vegetação espontânea + 150kg ha⁻¹ de N do que após adubos

verdes sem N-fertilizante. O aproveitamento do N proveniente da fixação biológica pela inflorescência de brócolo foi 9,15%, quando isolada e 8,48%, quando consorciada.

Palavras-chave: *Crotalaria juncea*, plantas de cobertura, produção de brócolo, transferência de N.

ABSTRACT

The objectives of this work were to evaluate the residual effects of the single and intercropped sunnhemp (*Crotalaria juncea*) and millet (*Pennisetum americanum*) as green manures on nitrogen transfer and yield of broccoli crop in succession to corn in absence and presence of fertilization of 150kg ha⁻¹ of N. The experiment is a randomized block in split plot design and four replicates. The plot treatments were the previous cultivation of sunnhemp, millet, sunnhemp + millet and spontaneous vegetation. On subplots, the treatments were 150kg ha⁻¹ of N and control (absence of N-fertilizer on broccoli). The succession involved the cultivation of the green manures (September, 26th, 2001 to December, 03th, 2001), followed by corn crop (December, 04th, 2001 to May, 28th, 2002) and broccoli hybrid Big Sur (June, 05th, 2002 to August, 10th, 2002) in zero tillage on the corn residues. It was not detected residual effect of the green manures on the diameter, dry weight of flower buds and dry mass yield of broccoli, either in the absence or presence of N-fertilizer. The presence of the single sunnhemp on crop rotation elevated the content and accumulation of N in the leaves and flower buds of broccoli, either in the absence or presence of 150kg ha⁻¹ of N. In the intercrop sunnhemp and millet, the presence

¹Doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, Bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). E-mail: aperin@vicosa.ufv.br

²Engenheiro Agrônomo, DS, Professor adjunto, UFV, Avenida P. H. Rolfs, s/nº, 36571-000, Viçosa, MG. E-mail: rsantos@ufv.br, cecon@dip.ufv.br. Autor para correspondência.

³Engenheiro Agrônomo, PhD, Pesquisador da Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia, Seropédica, RJ. E-mail: urquiaga@cnpab.embrapa.br e gmguerra@cnpab.embrapa.br

of the leguminous elevated the content and accumulation of N in inflorescences, comparatively to the single millet. In the plots without N-fertilizer and cultivated with sunnhemp the diameter of broccoli buds was similar to spontaneous vegetation + 150kg ha⁻¹ of N. However, the yield of broccoli and the content and accumulation of N in buds were greater after spontaneous vegetation + 150kg ha⁻¹ of N than after green manures without N-fertilizer. The utilization the N from biological fixation by broccoli inflorescences was 9.15% when single and 8.48% when intercropped.

Key words: *Crotalaria juncea*, cover crops, yield broccoli, N transfer.

INTRODUÇÃO

As hortaliças são altamente exigentes em fertilizantes nitrogenados prontamente solúveis. Altas produtividades dependem da aplicação de elevadas doses de fertilizantes minerais, os quais são derivados de processos industriais de intenso uso energético, pois os solos de regiões tropicais são, originalmente, pobres em matéria orgânica. Alternativamente, práticas biológicas, como a adubação verde, aplicação de composto, rotação de culturas e consórcios são adotadas em vários programas de manejo e conservação do solo em diversos países, a fim de recuperar a fertilidade e reduzir o uso de fertilizantes minerais (URQUIAGA & ZAPATA, 2000).

Com a crescente preocupação pelo uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados sobre o ambiente, aumentou o interesse pela utilização de adubos verdes como fonte alternativa de nitrogênio (N) às culturas. O emprego de adubos verdes capazes de realizar a fixação biológica de nitrogênio (FBN) eficientemente pode representar contribuições consideráveis à viabilidade econômica e sustentabilidade dos agroecossistemas (BODDEY et al., 1997), pelo aporte de quantidades expressivas de N ao sistema solo - planta (PERIN et al., 2003), reduzindo assim a necessidade de N sintético. Além do aporte de N, os adubos verdes atenuam a erosão e desempenham papel fundamental na ciclagem de nutrientes, tanto dos aplicados através dos fertilizantes minerais e não aproveitados pelas culturas, quanto daqueles provenientes da mineralização da matéria orgânica do solo e do próprio material vegetal.

Apesar dos resultados experimentais demonstrarem o potencial de FBN pelas leguminosas (BODDEY et al., 1997; DÖBEREINER, 1997; RAMOS et al., 2001), nota-se escassez de estudos que caracterizem a contribuição dos adubos verdes na transferência desse nutriente às culturas em rotação. THOMAS & ASAKAWA (1993) relatam que o manejo

de nutrientes em sistemas agrícolas pode ser parcialmente manipulado através da quantidade e qualidade da matéria vegetal, de formas de manejo da matéria e das culturas de interesse, de tal modo que permita a sincronia entre a mineralização e a demanda de nutrientes pelas plantas em crescimento. Especificamente na adubação verde, é necessário desenvolver combinações de espécies e formas de manejo que associem a liberação de N da matéria às necessidades das hortaliças subseqüentes.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito residual do cultivo solteiro e consorciado dos adubos verdes crotalária (*Crotalaria juncea*) e milheto (*Pennisetum americanum*) sobre a transferência de N e produção de brócolo (*Brassica oleraceae* L. var. *Italica*) em sucessão com milho, na presença ou ausência da adubação nitrogenada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Horta de Pesquisa do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, num CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (EMBRAPA, 1999), com as seguintes características químicas (0-20cm): pH em H₂O (1:2,5) = 5,3; Al⁺³ = 0,4cmol/dm³; Ca⁺² = 4,3cmol/dm³; Mg⁺² = 1,1cmol/dm³; K⁺ = 117mg/dm³ e P disponível = 92,6mg/dm³ de solo. Para correção do Al⁺³, foi aplicado 1.000kg ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 100%), de acordo com ALVAREZ & RIBEIRO (1999). A localização geográfica se dá entre os paralelos 20° 45' de latitude sul e os meridianos 42° 51' de longitude oeste de Greenwich, numa altitude de 652 metros. O clima, segundo a classificação de Köppen, enquadra-se no tipo Cwa, com temperatura média anual de 19,4°C e precipitação média anual de 1.221mm.

O delineamento experimental adotado foi blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas, com 4 repetições. As parcelas apresentaram área de 32m² (8m x 4m) e as subparcelas de 16m² (4m x 4m). Os tratamentos da parcela constaram do pré-cultivo dos adubos verdes crotalária, milheto, crotalária + milheto (60 plantas/m² de cada espécie) e vegetação espontânea, sendo o picão preto (*Bidens pilosa*), a serralha (*Sonchus oleraceae* L.) e a tiririca (*Cyperus rotundus* L.) as espécies predominantes. Na subparcela, os tratamentos foram 150kg ha⁻¹ de N e testemunha (ausência de N-fertilizante no brócolo).

Na semeadura dos adubos verdes (26/09/2001), estirpes de bactérias BR 2001 do gênero *Rhizobium* da coleção de culturas da Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia, foram inoculadas nas sementes da crotalária. Os adubos

verdes foram roçados aos 68 dias após a semeadura (DAS) (03/12/2001), sendo quantificada a produção de matéria seca de parte aérea após secagem, em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C, até atingir matéria constante. O N orgânico foi determinado conforme JACKSON (1958) e o N-NO_3^- conforme CATALDO et al. (1975). O acúmulo de N foi estimado a partir do produto entre o teor de nitrogênio (N orgânico + N-NO_3^-) com a produção total de matéria seca (Mg ha^{-1}). Foi determinada ainda a fixação biológica de nitrogênio atmosférico da crotalária pela técnica de abundância natural de ^{15}N (delta, $\delta^{15}\text{N}$) (BODDEY et al., 1994). A produção de matéria seca (Mg ha^{-1}) foi 9,34, 7,12, 8,04 e 4,49 para a crotalária, milheto, crotalária + milheto e vegetação espontânea, respectivamente. Já o acúmulo, de N (kg ha^{-1}) nestes mesmos tratamentos foi 305, 97, 218 e 126, enquanto que o aporte de nitrogênio derivado da fixação biológica foi 174kg ha^{-1} para a crotalária isolada e 89kg ha^{-1} quando consorciada ao milheto. No consórcio com o milheto, a crotalária foi responsável pela produção de 65% da matéria seca ($6,07\text{Mg ha}^{-1}$) e acumulação de 66% de nitrogênio (144kg ha^{-1}).

Em 04/12/2001, efetuou-se a semeadura de milho sobre os resíduos dos adubos verdes, recebendo a adubação de 30kg ha^{-1} de P_2O_5 e 30kg ha^{-1} de K_2O , em todas as parcelas. Nas subparcelas que receberam N-fertilizante, a dose aplicada no milho foi 90kg ha^{-1} de N na forma de uréia. Aos 7 dias após a colheita e acamamento dos resíduos da cultura do milho pelo rolo-faca (05/06/2002), foram abertas covas no espaçamento de $0,50\text{m} \times 1,00\text{m}$ para o transplântio direto do brócolo híbrido Big Sur, cujas mudas foram preparadas em sementeira, 30 dias antes do transplante (DAT).

O N-fertilizante aplicado no brócolo foi na forma de sulfato de amônio, em quatro aplicações: 20% no transplântio, 20% aos 20 DAT, 30% aos 40 DAT e 30% aos 50 DAT, de acordo com FONTES (1999). Os demais nutrientes foram aplicados em todos os tratamentos de acordo com a interpretação da análise de solo e recomendação de FONTES (1999), aplicando-se o equivalente a 50kg ha^{-1} de P_2O_5 , 100kg ha^{-1} de K_2O , 10kg ha^{-1} de $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ e $0,25\text{kg ha}^{-1}$ de Na_2MoO_4 . Os nutrientes P e B foram aplicados no transplântio, o K acompanhou as épocas de aplicação do N, enquanto que o Mo foi aplicado via foliar, sendo as pulverizações realizadas aos 15 e 35 DAT. O controle mecânico de ervas espontâneas foi realizado aos 20 DAT.

Na colheita do brócolo (entre 50 e 65 DAT), as plantas pertencentes à área útil de 4m^2 (8 plantas/subparcela) foram cortadas rente ao solo, para quantificação da matéria fresca de folhas, caule e

inflorescência. Retirou-se uma amostra de cada porção da planta, que foi pesada e colocada em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C, até atingir matéria constante, para quantificar a produção de matéria seca das plantas. Após secagem em estufa, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey, para determinação do teor de N de acordo com metodologia descrita por JACKSON (1958) para N orgânico e CATALDO et al. (1975) para N-NO_3^- . O acúmulo de N foi obtido pelo produto da quantidade de matéria seca com o teor do nutriente (N orgânico + N-NO_3^-). A proporção de N, nas plantas de brócolo, proveniente dos adubos verdes, foi estimada pela técnica de abundância natural de ^{15}N (delta, $\delta^{15}\text{N}$), como descrito por BODDEY et al. (1994), com auxílio de um espectrômetro de matéria Finnigan MAT®, modelo Delta Plus®, o qual estimou o $\delta^{15}\text{N}$ das amostras. Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG) versão 8.0. Para comparação das médias adotou-se teste F, seguidos de teste Tukey, ambos a 5% de probabilidade. A interação adubos verdes x N-fertilizante foi desdobrada, independentemente da significância, devido ao objetivo em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância não revelou efeito interativo entre os adubos verdes e N-fertilizante para nenhuma das variáveis avaliadas. Entretanto, a interação foi desdobrada, aplicando-se contrastes ortogonais entre os tratamentos com adubação verde sem N-fertilizante versus a vegetação espontânea + N-fertilizante, em função do objetivo do trabalho.

Na ausência ou presença de 150kg ha^{-1} de N, não foi detectado efeito residual dos adubos verdes sobre o diâmetro, o peso das inflorescências e nem sobre a produtividade das inflorescências e das plantas do brócolo (Tabela 1). Tais resultados indicam que, no plano de sucessão adotado, os adubos verdes proporcionaram o mesmo desempenho de brócolo que a vegetação espontânea.

Comportamento similar também é relatado por SCHROEDER et al. (1998), ao verificarem que a adubação verde com caupi (*Vigna unguicula* L.) não foi suficiente para fornecer N à produção comercial de brócolo, fato atribuído pelos autores à imobilização do nutriente na matéria microbiana. No entanto, os mesmos autores verificaram que a adubação verde com caupi associada a 84kg ha^{-1} de N proporcionou maior rendimento de brócolo, quando comparada à aplicação de 168kg ha^{-1} de N na

Tabela 1 - Diâmetro, peso fresco e produtividade de matéria verde e seca da inflorescência e da planta de brócolo cultivado após milho precedido de adubos verdes, na ausência e presença de 150 kg ha⁻¹ de N. UFV, Viçosa, MG, 2002.

Adubo verde	Com N-fertilizante (150 kg ha ⁻¹)					Sem N-fertilizante				
	Inflorescência				Planta*	Inflorescência				Planta*
	Diâmetro	Peso	M. verde	M. seca	M. seca	Diâmetro	Peso	M. verde	M. seca	M. seca
	(cm)	(g inflor. ⁻¹)	-----kg ha ⁻¹ -----			(cm)	(g planta ⁻¹)	-----kg ha ⁻¹ -----		
Crotalária	17,4 a	357 a	7.150 a	864 a	2.512 a	13,1 a	154 a	3.083 a	416 a	1.430 a
Milheto	16,2 a	308 a	6.162 a	839 a	2.381 a	12,0 a	120 a	2.400 a	367 a	1.172 a
Crotalária + milheto	16,4 a	333 a	6.660 a	860 a	2.354 a	17,8 a	155 a	3.100 a	469 a	1.589 a
Veg. espontânea	15,4 a	290 a	5.800 a	772 a	2.348 a	12,0 a	116 a	2.333 a	407 a	1.268 a
CV (%)	18	29	29	11	20	18	29	29	11	20

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si (p = 0,05) pelo teste Tukey.

* A produtividade de matéria seca da planta do brócolo inclui apenas folhas e caule.

ausência da adubação verde, reduzindo em 50% a dose de N-fertilizante à cultura.

Ressalta-se, no entanto, que na área experimental foi cultivado milho para fins de produção de grãos, entre o manejo dos adubos verdes e o plantio do brócolo. Dessa forma, os efeitos dos adubos verdes, a longo prazo, foram suprimidos pela exploração imediata do milho. Nesse cultivo, o consórcio crotalária + milheto sem N-fertilizante conferiu maior rendimento de milho que a testemunha (vegetação espontânea + 90kg ha⁻¹ de N) (8.442kg ha⁻¹ contra 6.569kg ha⁻¹ de grãos) dispensando, dessa forma, a aplicação de N-fertilizante na cultura. Tal constatação também foi evidenciada por ARF et al. (1999), ao verificarem que a produção de trigo foi inferior nos pré-cultivos que envolviam milho consorciado aos adubos verdes labe-labe (*Dolichos lab-lab*) e mucuna preta (*Mucuna aterrima*), em comparação ao trigo cultivado em sucessão à adubação verde.

No entanto, SILVA (2002) evidenciou efeito residual do emprego, por dois anos sucessivos, da adubação verde com crotalária (*Crotalaria juncea*) isolada ou consorciada ao sorgo, na produtividade de brócolo. Porém, ao contrário de SILVA (2002), que cultivou apenas um ciclo de brócolo como cultura econômica no período de um ano, nesse trabalho, a área foi explorada com duas culturas econômicas no mesmo ano agrícola (milho e brócolo). Dessa forma, efeitos residuais das culturas antecessoras pronunciavam-se diferentemente para cada sistema adotado. As respostas dependem, em parte, das práticas de manejo do solo e resíduos vegetais, culturas empregadas e intensidade de exploração da área.

A presença da crotalária nos pré-cultivos resultou maior teor e acúmulo de N nas folhas e inflorescências, tanto na ausência quanto na presença de 150kg ha⁻¹ de N (Tabela 2). Apesar desse efeito não ter resultado maior produtividade do brócolo (Tabela

Tabela 2 - Teor e acúmulo de Nitrogênio (N) nas folhas e inflorescência do brócolo cultivado após milho precedido de adubos verdes, na ausência e presença de 150kg ha⁻¹ de N. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

Adubo verde	Com N-fertilizante (150 kg ha ⁻¹)				Sem N-fertilizante			
	teor de N		acúmulo de N		teor de N		acúmulo de N	
	folha	infloresc.	folha	infloresc.	folha	infloresc.	folha	infloresc.
	-----dag kg ⁻¹ -----		-----kg ha ⁻¹ -----		-----dag kg ⁻¹ -----		-----kg ha ⁻¹ -----	
Crotalária	5,11 a	3,12 a	70 a	27 a	4,61 a	1,30 a	37 a	5,28 a
Milheto	4,05 b	1,71 c	52 b	14 c	3,19 b	0,76 bc	20 b	2,81 a
Crotalária + milheto	4,89 a	2,37 b	59 b	20 b	3,50 b	1,03 ab	30 ab	4,80 a
Veg. espontânea	4,06 b	2,35 b	53 b	18 b	3,65 b	0,51 c	24 b	2,10 a
CV (%)	6	10	9	12	6	10	9	12

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si (p = 0,05) pelo teste Tukey.

1), vale salientar que o aumento no conteúdo protéico é um aspecto importante do ponto de vista nutricional do brócolo.

A adubação verde com leguminosas é um efetivo recurso de suprimento de N para o cultivo de hortaliças, notadamente quando a taxa de liberação de N dos resíduos esteja sincronizada com a demanda pelas culturas (THÖNNISSEN et al., 2000). O efeito residual da crotalária deve-se, em parte, à sua elevada produção de matéria e capacidade de fixação biológica de N₂. Destaca-se que, a partir do processo FBN, a crotalária aportou ao solo o equivalente a 173 e 89kg ha⁻¹ de N quando isolada e consorciada ao milho, respectivamente. Ressalta-se ainda que, desse total, 13kg ha⁻¹ de N foram exportados pelos grãos de milho. De acordo com HARRIS & HESTERMAN (1990), a maior proporção de N da matéria das leguminosas usadas na adubação verde tem como destino o solo, ficando estocado na forma orgânica. Contudo, este efeito não se traduziu em maior produção de brócolo.

Com a aplicação de N-fertilizante, o teor de N nas folhas e inflorescências do brócolo nos pré-cultivos que envolviam crotalária (isolada ou consorciada ao milho) foi significativamente superior aos pré-cultivos com milho ou vegetação espontânea (Tabela 2). Este efeito foi responsável pelo maior acúmulo de nitrogênio na inflorescência, visto que a produtividade da inflorescência (Tabela 1) foi similar em ambos os tratamentos. Nota-se, portanto, que a combinação entre a leguminosa e N-fertilizante otimizou a eficiência da adubação nitrogenada, possivelmente estimulando a mineralização do N estocado, na forma orgânica, derivado da crotalária.

O teor de nutrientes nas folhas do brócolo é, segundo RAIJ et al. (1996), um indicador do estado nutricional, sendo a faixa de 3 a 5,5% de N considerada

ideal. Comparando os valores da Tabela 2 com os teores apontados pela literatura (SHELP & LIU, 1992; RAIJ et al., 1996) como sendo ideais para a máxima produtividade, percebe-se que o teor de N em todos os tratamentos encontra-se dentro da faixa considerada adequada.

Na tabela 3, são apresentados os contrastes ortogonais entre a vegetação espontânea + 150kg ha⁻¹ de N, (representando o cultivo convencional) com o efeito residual dos pré-cultivos na ausência de N-fertilizante. Nas parcelas sem N-fertilizante, onde houve o cultivo da crotalária isolada ou consorciada ao milho, o diâmetro das inflorescências do brócolo foi similar à vegetação espontânea + 150kg ha⁻¹ de N. Entretanto, a produção de matéria verde e seca, o teor e acúmulo de N nas inflorescências foram maiores após a vegetação espontânea + 150kg ha⁻¹ de N do que após adubos verdes sem N-fertilizante. Tais evidências sugerem que, na sucessão adubo verde/milho/brócolo, não é recomendado o cultivo da hortaliça, mesmo em solo de alta fertilidade (como o caso do solo em estudo), sem o uso de N-fertilizante.

A quantidade de nitrogênio atmosférico transferido ao brócolo via crotalária foi baixa, representando 9,15% na inflorescência e 5,66% nas folhas do brócolo após o cultivo isolado da crotalária, 8,48% na inflorescência e 5,34% nas folhas após o consórcio com milho (Tabela 4). Além disso, entre 0,41 e 0,48kg N ha⁻¹ exportados pela inflorescência foram derivados da FBN realizada pela crotalária. Ressalta-se ainda que os resultados apresentados na Tabela 4 desconsideram o N contido no sistema radicular do brócolo, subestimando portanto o total transferido a esta cultura, a exemplo do relatado por AZAM et al. (1995).

Tabela 3 - Diâmetro, produtividade de matéria verde e seca e teor e acúmulo de Nitrogênio (N) nas inflorescências de brócolo cultivado após milho precedido de adubos verdes, na ausência e presença da adubação nitrogenada versus a vegetação espontânea + 150 kg ha⁻¹ de N. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

Adubo verde	Inflorescência de brócolo				
	Diâmetro	Massa verde	Massa seca	Teor N	Acúmulo N
	cm	g infloresc	kg ha ⁻¹	dag kg ⁻¹	kg ha ⁻¹
Crotalária	13,07 ^{ns}	154,17 *	416 *	1,30 *	5,28 *
Milho	11,97 *	120,00 *	367 *	0,76 *	2,81 *
Crotalária+milho	16,75 ^{ns}	155,00 *	469 *	1,03 *	4,80 *
Veg. espontânea	11,96 *	116,67 *	409 *	0,51 *	2,10 *
Veg. espontânea + 150kg ha ⁻¹ de N	15,38	290,00	772	2,35	18,18

** Médias seguidas de ** para cada variável diferem (p = 0,05) pelo teste t da média da vegetação espontânea + 150kg N ha⁻¹.

^{ns} = não significativo (p = 0,05) pelo teste t.

Tabela 4 - Valores de abundância natural de ^{15}N ($\delta^{15}\text{N}$) na inflorescência e na folha de brócolo, percentagem e total de N transferido da fixação biológica de nitrogênio pela crotalária isolada e consorciada ao milho. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

Adubo verde	Inflorescência do brócolo			Folha do brócolo		
	$\delta^{15}\text{N}$	N transferido		$\delta^{15}\text{N}$	N transferido	
	(‰)	%	kg ha ⁻¹	(‰)	%	kg ha ⁻¹
Crotalária	8,785 b	9,152 a	0,484 a	9,800 b	5,660 a	2,100 a
Milho ¹	9,670 a	-	-	10,388 a	-	-
Mrotalária + milho	8,850 b	8,480 a	0,407 a	9,833 b	5,343 a	1,602 a

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si (p = 0,05) pelo teste t

¹Espécie utilizada como testemunha para estimar a taxa de transferência de N pela crotalária.

CONCLUSÕES

Não houve efeito residual dos adubos verdes crotalária e milho sobre o diâmetro das inflorescências e produção de brócolo, tanto na ausência quanto na presença de 150kg ha⁻¹ de N, quando cultivado após a cultura do milho. A presença da crotalária elevou o teor e acúmulo de N nas folhas e inflorescências do brócolo, tanto na ausência quanto na presença de 150kg N ha⁻¹, mesmo após o cultivo intermediário do milho. No esquema de sucessão crotalária/milho/brócolo, o aproveitamento pelo brócolo do N fixado biologicamente pela crotalária é baixo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ VENEGAS, V.H.; RIBEIRO, A.C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C. et al. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5.apr. Viçosa, MG : UFV, 1999. p.43-60.

ARF, O. et al. Efeitos na cultura do trigo da rotação com milho e adubos verdes, na presença e na ausência de adubação nitrogenada. **Bragantia**, Campinas, v.58, n.2, p.323-334, 1999.

AZAM, F. et al. Effects of ammonium and nitrate on mineralization of nitrogen from leguminous residues. **Biology and Fertility of Soils**, New York, v.20, p.49-52, 1995.

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

BODDEY, R.M. et al. The contribution of biological nitrogen fixation for sustainable agricultural systems in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.29, n.5/6, p.787-799, 1997.

CATALDO, D.A. et al. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitrification of salicylic acid. **Communication Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.6, n.1, p.71-81, 1975.

DÖBEREINER, J. Biological nitrogen fixation in the tropics: Social and economic contributions. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.29, n.5/6, p.771-774, 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília : Embrapa Produção de Informações; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

FONTES, P.C.R. Brócolos. In: RIBEIRO, A.C. et al. (eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa, MG : UFV, 1999. p.183.

HARRIS, G.H.; HESTERMAN, O.B. Quantifying the nitrogen contribution from alfafa to soil and two succeeding crops using Nitrogen-15. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, n.1, p.129-134, 1990.

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

PERIN, A. et al. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.7, p.791-796, 2003.

RAIJ, B.V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas : Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim 100).

RAMOS, M.G. et al. 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**, Valparaíso, v.91, p.105-115, 2001.

SCHROEDER, J.L. et al. Utilization of cowpea crop residues to reduce fertilizer nitrogen inputs with fall broccoli. **Crop Science**, Madison, v.38, p.741-749, 1998.

SILVA, V.V. **Efeito do pré-cultivo de adubos verdes na produção orgânica de brócolos (*Brassica oleraceae* L. var. *italica*) em sistema de plantio direto**. 2002. 86f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Curso de Pós graduação em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SHELP, B.J.; LIU, L. Nutrient uptake by field-grown broccoli and net nutrient mobilization during inflorescence development. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.140, p.151-155, 1992.

THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.25, p.1351-1361, 1993.

THÖNNISSEN, C. et al. Legume decomposition and nitrogen release when applied as green manures to tropical vegetable production systems. **Agronomy Journal**, Madison, v.92, p.253-260, 2000.

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