

Nutrição nitrogenada e produção de brócolis cultivado com diferentes doses de mucuna em duas épocas

Rosileyde Gonçalves Siqueira¹, Ricardo Henrique Silva Santos², Denise Perigolo³, Segundo Urquiaga⁴, Rodolfo Gustavo Teixeira Ribas⁵, Luiz Alexandre Peternelli⁶

RESUMO

As pesquisas com adubação verde em olericultura tratam de estudos sobre espécies, época de aplicação e formas de manejo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de mucuna-cinza sobre o estado nutricional de N, a produtividade e a transferência de nitrogênio proveniente da fixação biológica (N-FBN) para o brócolis, na primavera-verão e no inverno-primavera. Os tratamentos consistiram de 0 a 12 t ha⁻¹ de mucuna-cinza acrescidos de 12 t ha⁻¹ de composto orgânico, além dos tratamentos adubação mineral, 12 t ha⁻¹ de mucuna, 25 t ha⁻¹ de composto e testemunha absoluta. Na primavera-verão as doses de mucuna resultaram em plantas com teor de N de 27,47 g kg⁻¹ e produtividade de 9,25 t ha⁻¹. No inverno-primavera o teor de N-FBN no N-total de brócolis em função das doses de adubação com mucuna-cinza ajustou-se a um modelo quadrático, atingindo 35,81% com a aplicação de 12 t ha⁻¹ da leguminosa. Ainda no inverno-primavera a produtividade em razão das doses de adubação com mucuna-cinza ajustou-se a um modelo linear, atingindo 14,16 t ha⁻¹. O fornecimento de 8 ou 12 t ha⁻¹ de mucuna resultou em produtividades superiores às obtidas com 25 t ha⁻¹ de composto, e a adubação com fertilizante mineral resultou em maior produtividade. O cultivo de inverno-primavera evidenciou a contribuição das doses de mucuna, as quais elevaram o teor de N-total, a transferência de N-FBN da mucuna e a produtividade da cultura.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* L. var. *itálica*, *Mucuna cinereum*, L., N-FBN, adubação orgânica.

ABSTRACT

Nitrogen nutrition and yield of broccoli cropped with different doses of velvet bean at two seasons

The research on green manuring of vegetable crops usually deals either with green manure species, timing or management while this paper aimed to evaluate the effects of doses of velvet-bean on N status and yield and on NBF-N transfer to broccoli crop in Spring-Summer and in Winter-Spring seasons. The treatments consisted from 0 to 12 t ha⁻¹ of velvet-bean residue plus 12 t ha⁻¹ of organic compost, besides mineral fertilizer, 12 t ha⁻¹ of velvet-bean, 25 t ha⁻¹ of compost and control. In the Spring-Summer season the doses of velvet-bean residue resulted in plants with 27.47 g kg⁻¹ of N and yield of 9.25 t ha⁻¹. In the Winter-Spring the accumulation of N-FBN in broccoli plants adjusted to a quadratic model reaching 35.81% of Total-N at the dose of 12 t ha⁻¹ of velvet-bean. Yet in the Winter-Spring season, broccoli yield adjusted to a linear model as a function of velvet-bean doses, reaching 14.16 t ha⁻¹. The supply of 8 or 12 t ha⁻¹ of velvet-bean residue resulted in higher yield than the supply of 25 t ha⁻¹ of compost and the

Recebido para publicação em agosto de 2008 e aprovado em julho de 2009

¹ Engenheira Agrônoma, Mestre. Doutoranda do Departamento de Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. rsiqueiraufv@gmail.com.

² Engenheiro Agrônomo, Doutor. Departamento de Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. rsantos@ufv.br.

³ Estudante do curso de Agronomia. Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. deniseperigolo@yahoo.com.br.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Doutor. EMBRAPA – Agrobiologia, Caixa Postal 74505, 23890-000 Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil. urquiaga@cnpab.embrapa.br.

⁵ Engenheiro Agrônomo, Mestre. EMATER-RO, Rua Humaitá, 3873, 78996, Colorado do Oeste, Rondônia, Brasil. ribasrgt@uol.com.br.

⁶ Engenheiro Agrônomo, Ph. Doctor. Departamento de Informática. Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. peternelli@dpi.ufv.br.

supply of mineral fertilizer resulted in the highest yields. Cropping in the Winter-Spring season allowed the contribution of velvet-bean dose to express. The increasing doses of velvet-bean enhanced the N content in leaves, the yield and the BNF-N transfer to the crop.

Key words: *Brassica oleracea* L. var. *italica*; *Mucuna cinereum*; L. BNF-N; organic fertilizer.

INTRODUÇÃO

A exigência nutricional do brócolis implica em doses altas de adubação nitrogenada. Fontes (1999) recomenda 150 kg ha⁻¹ de N, Toivonen *et al.* (1994) indicam de 125 a 250 e Filgueira (2000) de 150 a 200 kg ha⁻¹ de N. Parte dessa exigência poderia ser atendida pela adubação verde com leguminosas. Esta adubação tem o potencial de elevar rapidamente os teores de nitrogênio mineral no solo por até quatro semanas (Thönnissen *et al.*, 2000 a; Cobo *et al.*, 2002 a, b), indicando a possibilidade dessa prática em culturas com alta demanda por nitrogênio. Na região sudeste do Brasil, as Mucunas (*Mucuna sp.*) apresentam grande capacidade de produção de massa e fixação biológica de nitrogênio (FBN). A produção de massa seca pode alcançar 9 t ha⁻¹, acumulando mais de 130 kg ha⁻¹ de N (Cobo *et al.*, 2002 b). Em Viçosa-MG, 74% do N presente em mucuna cinza foi proveniente da fixação biológica (Diniz *et al.*, 2007). Em condições de verão na região de Viçosa, MG, metade do N presente na massa de mucuna-cinza foi liberada em 24 dias (Diniz *et al.*, 2007) e, segundo Marsola *et al.* (2000), suas perdas de N por volatilização são baixas quando comparadas com outras leguminosas.

A capacidade da adubação verde com leguminosas de elevar a produção olerícola é relatada por Espindola *et al.* (1997), Ribas *et al.* (2003) e Diniz *et al.* (2007). No entanto, ao utilizarem caupi (*Vigna unguiculata*) em pré-cultivo da cultura do brócolis, Schroeder *et al.* (1998) verificaram que a leguminosa não aumentou a produção de brócolis, devido à imobilização do N na massa microbiana e à mortalidade causada pelo transplante das mudas imediatamente à incorporação do adubo verde ao solo. No mesmo trabalho, o adubo verde reduziu a necessidade de adubação nitrogenada de cobertura de 168 para 84 kg ha⁻¹ de N.

No sistema de sucessão de culturas adubos verdes - milho - brócolis, a produção de brócolis não foi afetada pelo cultivo inicial de adubos verdes, provavelmente devido ao alto aproveitamento desse adubo pela cultura do milho, fazendo com que o suprimento de nutrientes fosse insuficiente à cultura (Perin *et al.*, 2004 a). A aplicação de mucuna-cinza (8,64 t ha⁻¹, 2,05%N) no dia do transplante resultou em maior produção de inflorescências de brócolis, quando comparado às aplicações aos 15, 30 e 45 dias após transplante (Diniz *et al.*, 2007), embora o teor de N-FBN no brócolis (23,60%) tenha sido similar em todas as

épocas de aplicação do adubo verde. Em estudo de Ribas *et al.*, (2003) a consorciação de *Crotalaria juncea* como a cultura do quiabeiro resultou em aumento de 11 e 13% na produtividade de quiabo quando se empregaram, respectivamente, duas e três linhas intercalares da leguminosa.

As pesquisas com adubação verde em olericultura tratam de estudos sobre época de aplicação do adubo verde (Diniz *et al.*, 2007), espécies de adubos verdes (Perin *et al.*, 2004 b; Perin *et al.*, 2006) e manejos (Ribas *et al.*, 2003; Perin *et al.*, 2004 a; Oliveira *et al.*, 2005; Schroeder *et al.*, 1998). Entretanto, há carência de estudos sobre o efeito de doses de adubo verde sobre a nutrição nitrogenada e a produção de olerícolas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de adubação verde sobre o estado nutricional de N e a produção de brócolis e, sobre a transferência de N-FBN para a cultura em duas estações do ano.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois cultivos em Viçosa-MG (20° 45' S e 42° 51' O, 650 metros sobre o nível do mar). O primeiro (primavera-verão) foi realizado de 27/10/2004 a 12/02/05 e o segundo (inverno-primavera), de 07/06/2005 a 06/09/2005. O solo da área experimental é classificado como Cambissolo Hístico distrófico (EMBRAPA, 1999), e suas características químicas na camada de 0,0 – 0,20 m antes da instalação dos experimentos são apresentadas na Tabela 1.

As condições de temperatura média e umidade relativa do ar durante os dois cultivos constam da Figura 1. Os experimentos foram irrigados por aspersão, sempre que necessário.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com cinco repetições. Foram estabelecidos oito tratamentos (Tabela 2). Os tratamentos dose compreenderam os quatro tratamentos em que havia doses de mucuna, ao passo que os tratamentos controle compreenderam outros quatro tratamentos para fins comparativos com os tratamentos dose. O adubo mineral nitrogenado (sulfato de amônio) foi parcelado, sendo aplicado 20% no plantio, 40% aos 40 dias e 40% aos 80 dias após transplante, tendo como base o trabalho de Fontes (1999). A primeira dose de sulfato de amônio foi incorporada, as demais foram aplicadas em cobertura. As mudas foram transplantadas

Tabela 1. Características químicas do solo das áreas experimentais na profundidade de 0,0 a 0,20 m

	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P-rem
		mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³						dag kg ⁻¹		mg L ⁻¹		
1ºcultivo	6,0	94,1	136	4,5	0,9	0,0	3,7	5,8	5,8	9,6	61,3	0,0	3,9	23,2
2ºcultivo	6,5	124,7	260	5,0	1,1	0,0	2,1	6,7	6,7	8,9	76,0	0,0	2,8	24,2

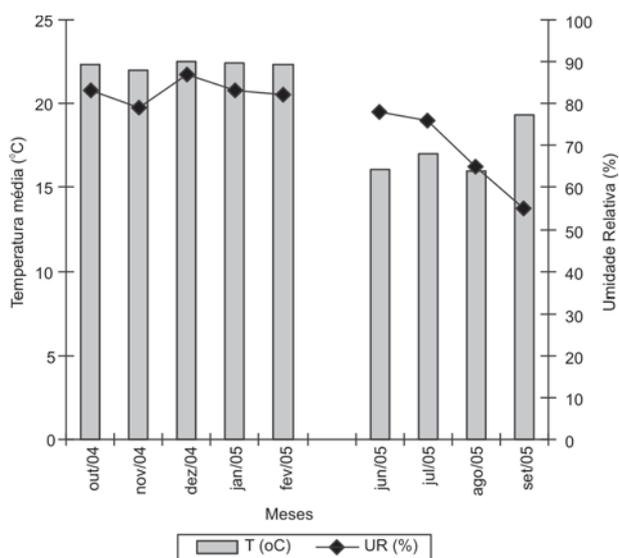
pH em H₂O (1:2,5)

P- K – Extrator Mehlich 1

Ca- Mg- Al – Extrator – KCl – 1mol/L

H +Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0

MO – Walkley Black.

**Figura 1.** Umidade relativa do ar (UR) e temperatura média dos meses de outubro de 2004 a fevereiro de 2005.

em espaçamento 0,6 x 0,6 m e cada parcela apresentava quatro linhas com 2,4 m de comprimento, com densidade populacional de 27.777 plantas ha⁻¹.

Os dados foram avaliados por meio de análise de variância, pelo teste F. Em seguida, foram submetidos à análise de regressão ou teste de médias. Os tratamentos de doses de adubo verde foram comparados com os tratamentos-controle por meio de contrastes, indicados na Tabela 3. Em todas as análises foi adotado o nível de 5% para significância. As análises foram realizadas com auxílio do Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG versão 9.1).

Tabela 2. Código e descrição dos tratamentos

Código	Tratamentos-dose ¹
C12AV0	12 t ha ⁻¹ de composto
C12AV4	12 t ha ⁻¹ de composto + 4 t ha ⁻¹ de adubo verde
C12AV8	12 t ha ⁻¹ de composto + 8 t ha ⁻¹ de adubo verde
C12AV12	12 t ha ⁻¹ de composto + 12 t ha ⁻¹ de adubo verde
Tratamentos-controle	
C25	25 t ha ⁻¹ de composto
AV12	12 t ha ⁻¹ de adubo verde
AM	Adubação mineral (150 kg N; 100 kg P ₂ O ₅ ; 100 kg K ₂ O / ha)
TA	Testemunha absoluta

¹ Valores expressos em matéria seca.

O composto orgânico empregado no experimento foi produzido no local com capim-napier e cama de aviário (proporção 3:1 em volume), compostados em pilhas com revolvimento manual. O teor de C no composto foi obtido pelo método de Walkley-Black, e o teor de N após digestão sulfúrica, conforme o método de Kjeldahl. Os teores de P, K, Ca, Mg e S foram determinados após digestão nítrico-perclórica. A dosagem de P foi feita após formação do complexo fosfato-molibdato, na presença de ácido ascórbico como redutor, a de K por fotometria de chama e as de Ca e Mg, por espectrofotometria de absorção atômica. O S foi dosado por turbidimetria do sulfato. No momento do transplante o composto apresentava umidade e densidade de 48,36% e 0,66 kg L⁻¹ respectivamente, relação C:N de 11,50 e teores de N, P, K, Ca, Mg e S de 14,15; 1,33; 4,49; 8,15; 3,42; e 5,60 g kg⁻¹. O composto foi distribuído e incorporado manualmente nos sulcos quatro horas antes do transplante das mudas em cada cultivo.

As plantas de mucuna-cinza, crescidas em área com o mesmo tipo de solo e localizadas a 15 m dos cultivos, foram cortadas no nível do solo, secadas em casa de vegetação e armazenadas até o momento de colocação no campo, nos dois cultivos. Foram coletadas amostras da massa da mucuna e determinado o teor de umidade após secagem em estufa a 70 °C. As amostras foram moídas em moinho tipo Willey e determinados os teores de C, N, P, K, Ca, Mg e S, conforme descrito anteriormente. A massa de mucuna apresentou C:N de 16,80 e teores de N, P, K, Ca, Mg e S de 26,64; 2,18; 43,25; 7,20; 2,26; e 1,07 g kg⁻¹. O adubo verde foi distribuído superficialmente nas parcelas experimentais, cobrindo toda a área conforme a dose de cada tratamento, uma hora antes do transplante.

Tabela 3. Grupos de contrastes para comparação do teor de nitrogênio foliar (g kg⁻¹) entre doses de mucuna-cinza e tratamentos controle nas duas épocas de cultivo

Contrastes	Primavera-Verão		Inverno-Primavera	
	Médias	Diferença	Médias	Diferença
C12AV0 X C25	19,95 – 25,56	-5,61 *	38,21 – 39,36	-1,15 ns
C12AV4 X C25	31,83 – 25,56	6,27 *	47,23 – 39,36	7,87 *
C12AV8 X C25	28,46 – 25,56	2,90 ns	52,15 – 39,36	12,79 *
C12AV12 X C25	29,65 – 25,56	4,09 ns	54,12 – 39,36	14,76 *
C12AV0 X AV12	19,95 – 22,36	-2,41 ns	38,21 – 45,49	-7,28 *
C12AV4 X AV12	31,83 – 22,36	9,47 *	47,23 – 45,49	1,74 ns
C12AV8 X AV12	28,46 – 22,36	6,10 *	52,15 – 45,49	6,66 *
C12AV12 X AV12	29,65 – 22,36	7,29 *	54,12 – 45,49	8,63 *
C12AV0 X AM	19,95 – 47,25	-27,30 *	38,21 – 48,01	-9,80 *
C12AV4 X AM	31,83 – 47,25	-15,42 *	47,23 – 48,01	-0,78 *
C12AV8 X AM	28,46 – 47,25	-18,79 *	52,15 – 48,01	4,41 *
C12AV12 X AM	29,65 – 47,25	-17,60 *	54,12 – 48,01	6,11 *
C12AV0 X TA	19,95 – 23,40	-3,45 ns	38,21 – 42,19	-3,89 ns
C12AV4 X TA	31,83 – 23,40	8,43 *	47,23 – 42,19	5,04 *
C12AV8 X TA	28,46 – 23,40	5,06 *	52,15 – 42,19	9,96 *
C12AV12 X TA	29,65 – 23,40	6,25 *	54,12 – 42,19	11,93 *
DMS (p < 0,05)		(4,73)		(4,95)

ns: Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

*: Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Foram plantadas mudas do cultivar de brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) Piracicaba Precoce produzidas em bandejas contendo composto orgânico peneirado. As mudas foram transplantadas em 27/09/04 e 07/06/2005 no primeiro e segundo cultivos, respectivamente, após gradagem e abertura dos sulcos.

Em ambos os cultivos, em cada parcela foram avaliadas as quatro plantas centrais, restando como bordadura as demais plantas da parcela. Nelas foram avaliados o teor de N e a produção de inflorescências. No cultivo de inverno-primavera foi avaliada também a transferência de N-FBN da mucuna-cinza para as plantas de brócolis.

Foram retiradas amostras da folha índice do brócolis, correspondente à folha recém desenvolvida mais próxima à inflorescência na época de floração (Boaretto *et al.*, 1999). A amostra foi acondicionada em estufa a 70 °C até atingir massa constante, em seguida moída em moinho tipo Willey e determinado o teor de N conforme descrito. Os dados foram expressos em g kg⁻¹.

No segundo cultivo a técnica da abundância natural de ¹⁵N (δ¹⁵N), descrita por Boddey *et al.* (1994), foi utilizada para determinação da transferência de N-FBN das doses de cinza para o brócolis. As amostras foram provenientes das mesmas folhas-índice utilizadas para avaliação do estado nutricional da cultura. Como referência, foram utilizadas as plantas de brócolis que receberam somente 12 t ha⁻¹ de composto orgânico.

A porcentagem de N-FBN no N-total do brócolis foi obtida pela equação:

$$\% \text{ N-FBN mucuna} = \frac{\delta^{15}\text{N brócolis referência} - \delta^{15}\text{N brócolis dose mucuna}}{\delta^{15}\text{N brócolis-referência}} \times 100$$

A produção foi avaliada pela massa da inflorescência fresca. As colheitas foram realizadas no período de 27/12/04 a 12/02/05 no primeiro cultivo e de 16/08/2005 a 06/09/2005 no segundo, conforme as inflorescências atingiam padrão comercial, sendo cortadas com 20 cm de comprimento total a partir do topo da inflorescência. Os dados foram expressos em g planta⁻¹. Os dados de produtividade foram obtidos pela multiplicação da produção por planta pela densidade populacional e expressos em t ha⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito dos tratamentos sobre o teor foliar de N. Apesar de as doses de adubo verde resultarem em plantas com teores de N similares entre si (p > 0,05), com média de 27,47 g kg⁻¹, as comparações com os tratamentos controle mostrou maiores teores quando se empregou adubação verde (Tabela 3). A comparação entre as plantas dos tratamentos dose de adubo verde e as plantas que receberam C25 mostrou que os teores nas plantas com C12AV0 foram significativamente menores que naquelas com C25, e C12AV4 resultou em teor mais elevado que C25. Os teores de N nas plantas adubadas com C12AV8 e C12AV12 não diferiram daquelas adubadas com C25. As comparações realizadas entre as doses e AV12 mostraram que apenas as plantas adubadas com C12AV0 não diferiram de AV12, ao passo que nas demais doses os teores foram maiores. A adubação mineral resultou em teores foliares de N maiores que os dos tratamentos-dose. Com exceção de C12AV0, todas as doses promoveram teores de N mais elevados que os da testemunha absoluta (Tabela 3).

Comparações entre os tratamentos controle (Tabela 4) indicam que o teor foliar de N nas plantas fertilizadas com AM foi superior ao daquelas dos demais tratamentos, os quais não diferiram entre si.

A data de distribuição da massa de mucuna-cinza sobre o solo não influenciou significativamente o teor foliar de N em outro experimento na mesma região, embora a adubação mineral resultasse nos maiores teores foliares de N e a testemunha absoluta, nos menores (Diniz *et al.*, 2007). No presente trabalho também a adubação mineral resultou nos maiores teores de N, ao passo que os menores valores foram encontrados nas plantas adubadas apenas com AV12.

Com exceção dos tratamentos C12AV4 e AM, os teores foliares de N no cultivo de primavera-verão estão abaixo da faixa adequada (30 a 55 g kg⁻¹), segundo Boaretto *et al.* (1999). Em trabalho com doses crescentes de N e K aplicados via fertirrigação à cultura do meloeiro, Torquato *et al.* (2002), além de não encontrarem efeito significativo nos teores foliares de N, observaram que estes estavam abaixo do recomendável. Nesses resultados, assim como nos resultados deste trabalho, embora as médias de teores de N foliar estejam abaixo da faixa ideal, as produções de alguns tratamentos foram similares às do tratamento com adubação mineral, cujo teor foliar de N é considerado adequado.

Plantas fertilizadas com adubação mineral apresentaram maior teor foliar de N que aquelas que receberam C25, possivelmente refletindo o maior acúmulo de N nas primeiras. Teores baixos e similares de N nas folhas em plantas sem fertilização ou que receberam C25 ou AV 12 não eram esperados. Tais resultados podem ser atribuídos, ao menos parcialmente, à imobilização no solo do N proveniente do composto ou do adubo verde (Aita *et al.*, 2001).

Possivelmente as condições climáticas menos favoráveis ao cultivo na primavera-verão (Björkman & Pearson, 1998), representadas pelos valores de temperatura e umidade relativa da Figura 1, contribuíram para reduzir os efeitos esperados dos diferentes tratamentos.

No cultivo de inverno-primavera os tratamentos também influenciaram os teores foliares de N. O acúmulo de N-total em função das doses de adubação com mucuna-cinza (acrescidas de 12 t ha⁻¹ de composto) ajustou-se a um modelo quadrático (Figura 2), com ponto de máximo em 11,95 t ha⁻¹ de mucuna, correspondendo a 53,97 g kg⁻¹ de N.

A comparação entre as doses de adubo verde e os tratamentos controle no segundo cultivo consta da Tabela 3. A adição de adubo verde às 12 t ha⁻¹ de composto resultou em plantas com teores foliares de N maiores que os obtidos com o fornecimento de C25, o qual resultou em plantas com teores similares aos das plantas que receberam somente 12 t ha⁻¹ de composto. A adição de 8 ou 12 t ha⁻¹ de adubo verde resultou em plantas com maiores teores foliares de N que aquelas que receberam AV12, sugerindo que houve efeito aditivo entre a adubação verde e o composto nessas doses, o que não foi obtido nas doses menores de adubo verde. O fornecimento de C12AV4 ou C12AV8 resultou em plantas com teor foliar de N semelhante ao das plantas fertilizadas com AM, as quais apresentaram teores de N menores que as fertilizadas com C12AV12.

O fornecimento de C12 resultou em plantas com teor foliar de N similar ao das plantas sem qualquer fertilização. No entanto, a adição de 4 a 12 t ha⁻¹ de adubo verde resultou em plantas com teor foliar de N superior ao das plantas não-fertilizadas (TA).

No cultivo de inverno-primavera não houve diferença significativa entre os teores foliares de N de plantas fertilizadas com os tratamentos controle, as quais apresentaram teor médio de 46,13 g kg⁻¹.

No segundo cultivo, mesmo as plantas sem fertilização apresentaram teores foliares de N dentro da faixa recomendada por Boaretto *et al.* (1999), refletindo não só alta fertilidade inicial do solo – também presente no pri-

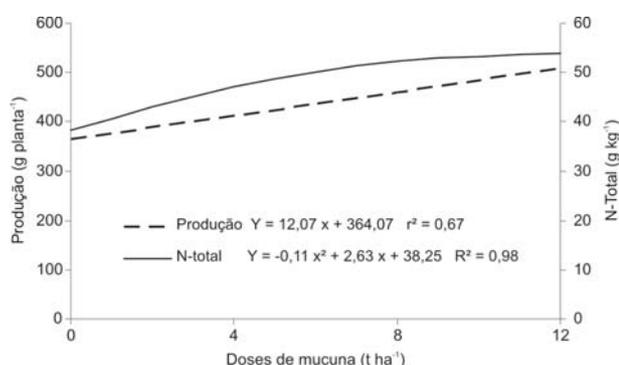


Figura 2. Produção e teor de N-Total em brócolis cultivados com doses crescentes de adubo verde acrescidas de 12 t ha⁻¹ de composto.

Tabela 4. Valores médios do teor de N nas folhas e da produção de brócolis nos tratamentos controle e nos cultivos de primavera-verão e de inverno-primavera

Tratamento	Teor N-foliar (g kg ⁻¹)		Produção (g planta ⁻¹)	
	Primavera-verão		Primavera-verão	Inverno-primavera
C25	25,56 b		330,11 ab	393,23 b
AV12	22,36 b		300,80 ab	444,60 b
AM	47,25 a		373,53 a	612,09 a
TA	23,40 b		258,32 b	387,77 b
CV (%)	12,45		24,44	17,69

Em cada coluna, médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan (p < 0,05).

meiro cultivo –, mas principalmente a adequação da época de cultivo (Figura 1). Esses aspectos também podem ser responsáveis pela ausência de diferenças significativas de teores de N e de produção entre plantas cultivadas com tratamentos díspares como TA, C25 e AM, embora permitisse a expressão do efeito da adubação verde em elevar o teor de N foliar.

A determinação da transferência de N-FBN do adubo verde para a cultura do brócolis não foi realizada no primeiro cultivo, devido à ausência de efeito das doses de adubo verde sobre a produção e o acúmulo de N.

No segundo cultivo o acúmulo de N-FBN, em função das doses de adubação com mucuna-cinza, ajustou-se a um modelo quadrático (Figura 3), sem, contudo, apresentar ponto de máximo no intervalo de doses estudado. Com a aplicação de C12AV12, as plantas de brócolis apresentavam 35,81% do N proveniente da fixação biológica ocorrida na mucuna. Em estudo de datas de incorporação de adubo verde mucuna-cinza para produção de brócolis em sistema orgânico, em média 23,60% do N no brócolis foi proveniente da FBN da mucuna incorporada (Diniz *et al.*, 2007). A transferência do nitrogênio da *C. juncea* em pré-cultivo à berinjela, na presença de esterco, é relatada por Castro *et al.* (2004). Foram adicionadas 6,5 t ha⁻¹ de massa seca de crotalária e foi determinado que 22,9% do nitrogênio da berinjela era derivado da FBN. O método de abundância natural não permite determinar a contribuição da leguminosa em fornecer N para a cultura, o qual é certamente maior que os valores de N-FBN detectados no brócolis.

A planta absorve isótopos de N do solo na mesma proporção em que esses estão disponibilizados. Assim, o resultado obtido evidencia o aumento da disponibilidade de N proporcionado pelo adubo verde e o potencial da FBN suprir parte da demanda de N em sistema de produção orgânica, como já relatado por Diniz *et al.* (2007).

Houve efeito dos tratamentos sobre a produção do brócolis, não se verificando, entretanto, efeito das doses

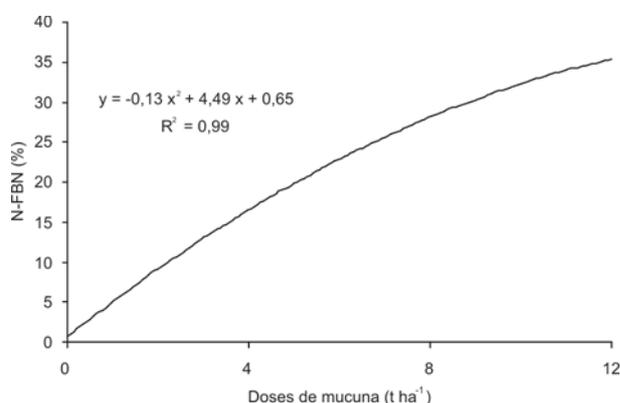


Figura 3. Teor de N-FBN no N-Total em plantas de brócolis cultivadas com doses crescentes de adubo verde acrescidas de 12 t ha⁻¹ de composto.

de mucuna, que resultaram em produção média 333,13 g por planta, equivalente a 9,25 t ha⁻¹. Contudo, em algumas situações as doses de mucuna resultaram em produções diferentes daquelas dos tratamentos-controle (Tabela 5). Também houve diferença entre as produções nos tratamentos controle (Tabela 4).

A ausência de diferença significativa de produção em função das doses de mucuna pode ser atribuída às condições climáticas da região no cultivo de primavera-verão (Figura 1). As temperaturas máximas nos meses de janeiro e fevereiro chegaram a ultrapassar 30 °C, o que causa prejuízos à produção (Björkman & Pearson, 1998), tendo em vista que essa foi a época de maior número de colheitas. O fato de o experimento ter sido conduzido numa época desfavorável (Filgueira, 2000) resultou em produtividade média baixa (9,01 t ha⁻¹).

Não houve diferença significativa entre os efeitos de doses de adubo verde e da adubação com 25 t ha⁻¹ de composto ou aquelas adubadas somente com 12 t ha⁻¹ de composto (Tabela 5), resultado que difere dos resultados encontrados por Diniz *et al.* (2008), que relatam cerca de 50% de aumento da produção com a maior dose de composto. Entretanto, observa-se que as doses de 4 e 8 t ha⁻¹ de adubo verde, associadas ao composto, resultaram aumento de produtividade, igualando-se estatisticamente ao tratamento AM.

A adubação com 12 t ha⁻¹ de composto, com ou sem adubo verde, resultou na maior produtividade, comparativamente à testemunha (Tabela 5). A comparação das médias entre os tratamentos-controle mostra que apenas a aplicação de adubação mineral resultou em maior produção que a testemunha absoluta (Tabela 4). Os tratamentos C25, AV12 e AM resultaram em produções estatisticamente similares.

As maiores produções resultaram da aplicação de fertilizante mineral, alcançando 10,38 t ha⁻¹ e teor foliar de N de 47,25 g kg⁻¹. Em seguida, a aplicação de C12AV8 e C12AV4 resultou, respectivamente, 9,40 e 9,35 t ha⁻¹, valores inferiores ao de 16 t ha⁻¹ relatado por Trevisan *et al.* (2003) no Rio Grande do Sul, com o cultivar Piracicaba Precoce. Neste estudo a AM resultou em pouco mais de 10 t ha⁻¹, reforçando que as condições climáticas na época do cultivo não foram as mais adequadas.

A produção aumentou linearmente com o incremento das doses de adubo verde (Figura 2), todas acrescidas de 12 t ha⁻¹ de composto. A maior produção, 508,91 g por planta, correspondente a 14,13 t ha⁻¹, foi obtida com a dose de 12 t ha⁻¹ de mucuna, acrescida de 12 t ha⁻¹ de composto. Nessa dose o teor foliar foi de 53,97 g kg⁻¹ de N, dos quais 35,81% provenientes da FBN.

As comparações entre os tratamentos dose e os tratamentos controle constam na Tabela 5. O fornecimento de 8 ou 12 t ha⁻¹ de adubo verde, acrescido de 12 t ha⁻¹ de

Tabela 5. Grupos de contrastes para comparação das produções de brócolis (g por planta) entre doses de mucuna-cinza e tratamentos controle nas duas épocas de cultivo

Contrastes	Primavera-Verão		Inverno-Primavera	
	Médias	Diferença	Médias	Diferença
C12AV0 X C25	330,42 – 330,11	0,31 ns	341,92 – 393,23	-51,31 ns
C12AV4 X C25	336,72 – 330,11	6,61 ns	420,94 – 393,23	27,71 ns
C12AV8 X C25	338,42 – 330,11	8,31 ns	481,33 – 393,23	88,10 *
C12AV12 X C25	327,27 – 330,11	-2,84 ns	522,66 – 393,23	129,43 *
C12AV0 X AV12	330,42 – 300,80	29,62 ns	341,92 – 444,60	-102,68 *
C12AV4 X AV12	336,72 – 300,80	35,92 ns	420,94 – 444,60	-23,66 ns
C12AV8 X AV12	338,42 – 300,80	37,62 ns	481,33 – 444,60	36,73 ns
C12AV12 X AV12	327,27 – 300,80	26,47 ns	522,66 – 444,60	78,06 *
C12AV0 X AM	330,42 – 373,53	-43,11 *	341,92 – 612,09	-270,17 *
C12AV4 X AM	336,72 – 373,53	-36,81 ns	420,94 – 612,09	-191,15 *
C12AV8 X AM	338,42 – 373,53	-35,11 ns	481,33 – 612,09	-130,76 *
C12AV12 X AM	327,27 – 373,53	-46,26 *	522,66 – 612,09	-89,43 *
C12AV0 X TA	330,42 – 258,32	72,10 *	341,92 – 387,77	-45,85 ns
C12AV4 X TA	336,72 – 258,32	78,40 *	420,94 – 387,77	33,17 ns
C12AV8 X TA	338,42 – 258,32	80,10 *	481,33 – 387,77	93,56 *
C12AV12 X TA	327,27 – 258,32	68,95 *	522,66 – 387,77	134,89 *
DMS (p < 0,05)		(38,13)		(70,20)

ns: Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

*: Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

composto, resultou em produções superiores às obtidas com 25 t ha⁻¹ de composto, representando uma possibilidade de redução de uso da compostagem na produção orgânica, à semelhança do relatado por Diniz *et al.* (2007). A utilização do adubo verde como complemento à adubação orgânica já no primeiro ano permite a obtenção de cabeças de repolho com peso e padrões comerciais, mostrando a possibilidade do emprego de adubação verde na produção orgânica dessa hortaliça (Fontanetti *et al.*, 2006).

A aplicação de 12 t ha⁻¹ de adubo verde resultou em produção maior somente que 12 t ha⁻¹ de composto, mas inferior à obtida com o fornecimento de C12AV12. O resultado sugere que o papel nutricional do composto foi incrementado pela adição do adubo verde, à semelhança de resultados de incremento da fertilização mineral com a adição concomitante de adubo verde relatado por Scivittaro *et al.* (2000).

A fertilização com adubo mineral resultou em maior produção do que as obtidas com quaisquer doses de adubo verde (Tabela 5), embora as diferenças sejam decrescentes com o incremento das doses da leguminosa. Somente as doses de 8 ou 12 t ha⁻¹ de mucuna, acrescidas de 12 t ha⁻¹ de composto, resultaram em rendimentos superiores aos obtidos por plantas sem fertilização. Reduzido efeito do adubo verde comparativamente à fertilização mineral com N é relatado por önnissen *et al.* (2000 a b), sendo atribuído à ta de sincronismo entre a liberação de nitrogênio pelo adubo verde e a sua demanda pelas culturas de tomate ou repolho. No referido trabalho, a libera-

ção de nitrogênio do adubo verde *Glycine max* culminou com 80 a 120 kg ha⁻¹ N-NO₃ e 10 a 15 kg ha⁻¹ de N-NH₄ entre duas e seis semanas após a incorporação, com declínio após cinco a oito semanas.

A comparação entre os tratamentos controle (Tabela 4) indica que a adubação mineral resultou em produção maior que as obtidas com os demais tratamentos, os quais foram similares entre si. A ausência de diferença significativa entre TA, C25 e AV12 poderia ser atribuída à alta fertilidade inicial do solo e à limitação do fornecimento de N pelo composto e de outros nutrientes pelo adubo verde (Perin *et al.*, 2004; Schroeder *et al.*, 1998; önnissen *et al.*, 2000 a).

No cultivo de inverno-primavera, a produção foi coerente com o teor de N nas folhas da cultura. As diferenças entre os tratamentos observadas na Tabela 3 apresentam padrão similar ao das diferenças de produção presentes na Tabela 5. Aumentos do teor de N-total e N-FBN em plantas que receberam adubação verde com mucuna (Figuras 2 e 3) resultaram em maiores produções nestes tratamentos (Figura 2).

No inverno-primavera os teores de N foliar foram superiores em cerca de 80% aos verificados na primavera-verão. Recomenda-se que estudos futuros com adubação verde em olerícolas sejam realizados em épocas ou em condições climáticas adequadas às culturas, assim como recomenda-se a condução de pesquisas em solos com fertilidade mais baixa do que as utilizadas no presente trabalho.

CONCLUSÕES

No cultivo de primavera-verão não houve efeito das doses de mucuna sobre a produção ou o teor foliar de N. As maiores produções resultaram da aplicação de fertilizante mineral, que atingiram 10,37 t ha⁻¹ e teor foliar de N de 47,25 g kg⁻¹.

No cultivo de inverno-primavera a maior produção, 14,13 t ha⁻¹, foi obtida com a dose de 12 t ha⁻¹ de mucuna, acrescida de 12 t ha⁻¹ de composto. Nesta dose o teor foliar foi de 53,97 g kg⁻¹ de N. Essa produção é inferior à de 17,0 t ha⁻¹, obtida com fertilizante mineral, a qual resultou em teor foliar de 48,01 g kg⁻¹.

A contribuição do N-FBN na nutrição do brócolis no cultivo de inverno-primavera ajustou-se a um modelo quadrático com o aumento das doses de mucuna, atingindo 35,81% do N foliar.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG (CAG 1819/05) e ao CNPq (301549/2005-2), pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- Aita C, Basso CJ, Ceretta CA, Gonçalves, CN, Da Ros, CO (2001) Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogênio ao milho. *Brasileira de Ciência do Solo*, 25:157-1165.
- Björkman T & Pearson KJ (1998) High temperature arrest of inflorescence development in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* L.). *Journal of Experimental Botany*, 49 :101-106.
- Boaretto AE, Chitolina JC, Raji B van, Silva FC da, Tedesco MJ & Carmo CAF de S do (1999) Amostragem, acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química. In: Silva FC da (Org.) *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes*. Brasília, EMBRAPA- Comunicação para Transferência de Tecnologia. p. 49-73.
- Boddey RM, Alves BJR & Urquiaga S (1994) Quantificação da fixação biológica de nitrogênio associada a plantas utilizando o isótopo 15N. In: HUNGRIA M & ARAÚJO RS (Eds.) *Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola*. Brasília, Embrapa-CNPq. p. 471-494.
- Castro MC de D, Alves BJR, Almeida DJ de & Ribeiro R de LD (2004) Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39:779-785.
- Cobo JG, Barrios E, Kass DCL & Thomas R (2002a) Nitrogen mineralization and crop uptake from surface-applied leaves of green manure species on a tropical volcanic-ash soil. *Biology and Fertility of Soils*, 36:87-92.
- Cobo JG, Barrios E, Kass DCL & Thomas RJ (2002b) Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. *Plant and Soil*, 240:331-342.
- Diniz ER, Santos RHS, Urquiaga SS, Peternelli LA, Barrella TP & Freitas GB de (2007) Green manure incorporation timing for organically grown broccoli. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:199-206.
- Diniz ER, Santos RHS, Urquiaga SS, Peternelli LA, Barrella TP & Freitas GB de (2008) Crescimento e produção de brócolis em sistema orgânico em função de doses de composto. *Ciência e Agrotecnologia*, 32:1428-1434.
- EMBRAPA (1999). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, Embrapa Produção de Informações. 412p.
- Espindola JAA, Almeida DL, Guerra JGM, Silva EMR & Souza FA (1997) Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 33:339-347.
- Filgueira Far (2000) *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 1ª Ed. Viçosa, Editora UFV. 402p.
- Fontanetti A, Carvalho GJ de, Gomes LAA, Almeida K de, Moraes RG de M & Teixeira CM (2006) Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. *Horticultura Brasileira*, 24:146-150.
- Fontes PCR (1999) Brócolis. In: Ribeiro AC, Guimarães PTG & Alvarez VH (Eds.) *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação*. Viçosa, CFSEMG. p.183.
- Marsola T, Miyazawa M & Pavan MA (2000) Desenvolvimento e calibração de um sistema coletor de amônia volatilizada do solo. In: FERTBIO 2000, Santa Maria. Anais SBSCS, CD-ROOM.
- Oliveira FL, Ribas RGT, Junqueira RM, Padovam MP, Guerra JGM, Almeida DL, Ribeiro RLD (2005) Desempenho do consórcio entre repolho e rabanete com pré-cultivo de crotalaria, sob manejo orgânico. *Horticultura Brasileira*, 23:184-188.
- Perin A, Santos RHS, Urquiaga SS, Cecon PR, Guerra JGM & Freitas GB de de (2006) Use of sunhemp and millet as green manure for tropical maize production. *Scientia Agricola*, 63:453-459.
- Perin A, Santos RHS, Urquiaga SS, Guerra JGM & Cecon PR (2004a) Efeito residual da adubação verde no rendimento de brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cultivado em sucessão ao milho (*Zea mays* L.). *Ciência Rural*, 34:1739-1745.
- Perin A, Santos RHS, Urquiaga SS, Guerra JGM & Cecon PR (2004b) Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39:35-40.
- Ribas RGT, Junqueira RM, Oliveira FL de, Guerra JGM, Almeida DL de, Alves BJR & Ribeiro R de LD (2003) Desempenho do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) consorciado com *Crotalaria juncea* sob manejo orgânico. *Revista Agronomia*, 37: 79-83.
- Schroeder JL, Kahn BA & Lynd JQ (1998) Utilization of cowpea crop residues to reduce fertilizer nitrogen inputs with fall broccoli. *Crop Science*, 38:741-749.
- Scivittaro WB, Muraoka T, Boaretto AE & Trivelin PCO (2000) Utilização de nitrogênio de adubos verde e mineral pelo milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 917-926.
- Thönnissen C, Midmore DJ, Ladha JK & Schmidhalter U (2000a) Legume decomposition and nitrogen release when applied as green manures to tropical vegetable production systems. *Agronomy Journal*, 92:253-260.
- Thönnissen C, Midmore DJ, Ladha JK & Schmidhalter U (2000b) Tomato crop response to short-duration legume green manures in tropical vegetable systems. *Agronomy Journal*, 92:245-253.
- Toivonen PMA, Zebaarth BJ & Bpwen PA (1994) Effect of nitrogen fertilization on head size, Vitamin C content and storage life of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Canadian Journal Plant Science*, 75:607-610.
- Torquato EM, Fernandes AL & Grassi Filho H (2002) Avaliação do estado nutricional e produção do meloeiro rendilhado (*Cucumis melo reticulatus* Naud) em função da adubação nitrogenada e potássica, aplicada via água de irrigação. In: FERTBIO 2002, Rio de Janeiro. Anais, SBSCS. CD-ROOM.
- Trvisan JN, Martins GAK, Lúcio AD, Castaman C, Marion RR & Trvisan BG (2003) Rendimento de cultivares de brócolis semeadas em outubro na região centro do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, 33:233-239.