

## ADUBAÇÃO NITROGENADA EM CAFEIROS COM BIOMASSA DE FEIJÃO-DE-PORCO

João Batista Silva Araujo<sup>1</sup>, Luisa Bastos Rodrigues<sup>2</sup>, Mateus Cupertino Rodrigues<sup>3</sup>,  
Hermínia Emilia Prieto Martinez<sup>4</sup>, Ricardo Henrique Silva Santos<sup>5</sup>

(Recebido: 2 de julho de 2013; aceito: 26 de setembro de 2013)

**RESUMO:** Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o crescimento, a produção do cafeeiro e a transferência de N da leguminosa para a cultura, sem a interferência do consórcio. Cultivaram-se cafeeiros em vasos, adubados com parte aérea de feijão-de-porco, enriquecido com <sup>15</sup>N em casa de vegetação, nas doses de 146 e 584 g planta<sup>-1</sup>, complementados com 30% de adubação mineral. O feijão-de-porco promoveu aumentos da produtividade do cafeeiro, dos teores de Ca<sup>2+</sup>, soma de bases, CTC efetiva e matéria orgânica do solo. Os teores foliares de N derivado do feijão-de-porco, cinco meses após a adubação, foram de 4,68% e 18,65% nas doses respectivas de 146 e 584 g planta<sup>-1</sup>. O percentual foliar, de N derivado do feijão-de-porco, nos cafeeiros é proporcional à dose fornecida.

**Termos para indexação:** *Canavalia ensiformis* (L.) DC., adubação verde, <sup>15</sup>N, altura e diâmetro de copa.

### NITROGEN FERTILIZATION OF COFFEE TREE WITH JACK-BEAN BIOMASS

**ABSTRACT:** The aim of this study was to evaluate the growth and production of coffee tree and transfer of N from biomass legumes to coffee tree cropping without the interference of field consortium. Coffee trees were cultivated in pots, and after shoots of jack bean, enriched with <sup>15</sup>N into the pots in greenhouse, at doses of 146 and 584 g plant<sup>-1</sup>, supplemented with 30% of mineral fertilizer. Jack-bean promotes increases coffee yield, the best index of soil quality (concentration of Ca<sup>2+</sup>, sum of bases, effective CEC, soil organic matter). Foliar N content derived from jack-bean, five months after fertilization, were 4.68% and 18.65% at the respective doses of 146 and 584 g plant<sup>-1</sup>. The percentage of N derived from jack bean in coffee leaves is proportional to the applied dose.

**Index terms:** *Canavalia ensiformis* (L.) DC., green manure, <sup>15</sup>N, plant height and canopy diameter.

## 1 INTRODUÇÃO

As leguminosas propiciam a incorporação de nitrogênio, fixado biologicamente, nos agroecossistemas e, também, a reciclagem de nutrientes do solo. Normalmente, o cultivo é feito em consórcio com cafeeiros. Entretanto, os efeitos das leguminosas consorciadas sobre a produtividade de cafeeiros são discutíveis e, às vezes contraditórios, e dependentes da biodiversidade consorciada (cultivares de cafeeiros e espécies leguminosas). Bergo et al. (2006) observaram aumentos de produtividade do cafeeiro consorciado com *Flemingia congesta* e *Mucuna aterrima* e diminuição com guandu (*Cajanus cajan*) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*); Paulo et al. (2006) observaram redução na produtividade com guandu, e produtividade igual à testemunha com *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, mucuna-anã (*Mucuna deeringiana*) ou soja.

As leguminosas alteram os atributos do solo, promovendo aumentos dos teores

de matéria orgânica, K, e CTC em solos de cafezais consorciados com guandu (PAULO et al., 2006). Promovem também o aumento dos teores foliares de N, em cafeeiros consorciados, com crotalaria (RICCI et al., 2005) e quando se associa a adubação verde com adubação mineral nitrogenada (BERGO et al., 2006).

Alguns autores produziram a biomassa de leguminosas fora do consórcio visando a sua aplicação imediata em cafezais. A palhada do amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) promoveu aumentos em altura, diâmetro da copa, volume da copa e número de ramos plagiotrópicos do cafeeiro, em relação à adubação nitrogenada (FIDALSKI; CHAVES, 2010), enquanto a parte aérea de mucuna-preta contribuiu para o cafeeiro com aumentos da circunferência do caule, número de nós, diâmetro da copa e número de folhas (VILELA et al., 2011).

O principal aporte nutricional quantitativo das leguminosas é o N, o qual pode ser estudado através de técnicas isotópicas. Snoeck, Zapata e

<sup>1</sup>INCAPER - Rod. BR 262 - Km 95 - Venda Nova do Imigrante - ES - 29375-000 - jaraujo\_vni@yahoo.com.br

<sup>2,3</sup> Universidade Federal de Viçosa - Av. P.H. Rolfs, s/nº - 36570-000 - Viçosa - MG - luisa.rodrigues@ufv.br, mateus.rodrigues@ufv.br

<sup>4</sup> Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Fitotecnia - Av. P.H. Rolfs s/nº - 36570-000 - Viçosa-MG - herminia@ufv.br

<sup>5</sup> Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Fitotecnia - Av. P.H. Rolf s/nº - 36570-000 - Viçosa-MG - rsantos@ufv.br

Domenach (2000) relatam, para a leucena, um teor de 52% N derivado da FBN e estimaram que 42,3% do N, nos tecidos de cafeeiros, foram derivados dessa leguminosa. Na cultura do milho, 23,4% a 16,5% de N foi derivado da parte aérea de crotalária suplementada com diferentes doses de uréia (SILVA et al., 2009a) e em folhas de videira, 14% e 20% de N foi derivado, respectivamente, de leguminosas precoces ou tardias (OVALLE et al., 2010).

As técnicas de diluição isotópica permitem aumentar a concentração de  $^{15}\text{N}$  acima da abundância natural do ar. O isótopo  $^{14}\text{N}$  possui uma abundância natural relativa de 99,634% de átomos, sendo o restante  $^{15}\text{N}$  com uma abundância natural relativa de 0,3663%. Desse modo, é possível utilizar o  $^{15}\text{N}$  como traçador isotópico, usando como estratégia de marcação o cultivo de adubos verdes, em ambiente controlado, visando à inibição da fixação biológica e absorção do  $^{15}\text{N}$ -fertilizante para alcançar a marcação desejada (AMBROSANO et al., 2003). Para avaliação de cafeeiros adubados com fertilizantes marcados, do ponto de vista prático, o melhor é amostrar folhas da porção vegetativa do ramo em produção, tanto em relação à concentração de N, quanto ao enriquecimento com  $^{15}\text{N}$  (FENILLI et al., 2007).

Considerando-se que o efeito das leguminosas cultivadas em consórcio pode acarretar problemas de competição com o cafeeiro e que as diversas variáveis do sistema devem ser estudadas para a compreensão do sistema produtivo é que se propôs o presente trabalho. Sendo assim, objetivou-se avaliar o teor de N derivado da leguminosa, o crescimento e a produção de cafeeiros adubados com biomassa da parte aérea de feijão-de-porco, e o efeito do fornecimento da leguminosa sobre características do solo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### Localização e descrição do experimento

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, localizada a 20°45'14"S e 42°52'53" W, a 650 m de altitude. O clima, segundo classificação de Köppen, é Cwa, mesotérmico úmido, com verões quentes e invernos secos. A temperatura máxima média e a temperatura mínima média são 26,1 e 14,0 °C, respectivamente, e precipitação de 1.221 mm ano<sup>-1</sup>.

Foram cultivadas 24 mudas *Coffea arabica* L. cv. Oeiras, em vasos de 60 L, plantadas em Mar/2009 e conduzidas até Jul/2011, com uma muda por vaso.

Oito vasos receberam adubação mineral (AM) exclusiva com doses de 100% (100-AM) e 30% (30-AM). Dezesesseis vasos receberam a dose 30-AM mais biomassa da parte aérea de feijão-de-porco (FP) em cobertura, sendo oito com 146 g/vaso (FP-1) e oito com 584 g/vaso (FP-2), à base de matéria seca. A metade dos vasos recebeu FP enriquecido com  $^{15}\text{N}$  em dez-2009 ( $^{15}\text{N}$ -FP1; Ano 1) e a outra metade em dez-2010 ( $^{15}\text{N}$ -FP2; Ano 2). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos e o N aportados constam na Figura 1 e Tabela 1. Os vasos foram preenchidos com substrato de subsolo (2/3) e areia (1/3), acrescidos de 63 g de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (75% de superfosfato simples e 25% de termofosfato magnésiano).

### Adubações

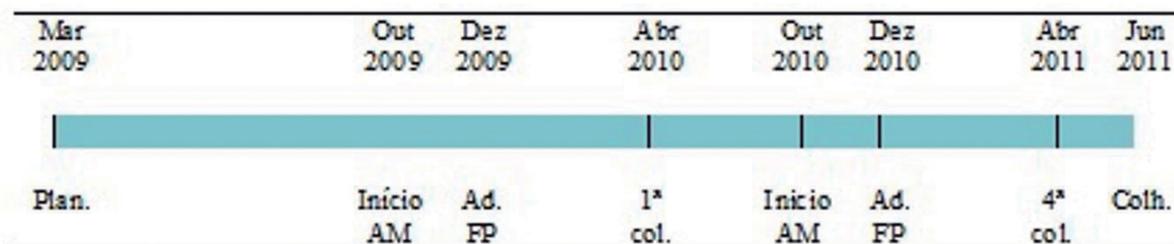
A adubação do substrato foi realizada de acordo com Guimarães et al. (1999), baseadas em análise de rotina (Tabela 2). Coletou-se, anualmente, quatro amostras simples por vaso até 20 cm de profundidade, antes das adubações.

O tratamento 100-AM foi utilizado para os cálculos de adubação e calagem, (Tabela 2) e a adubação de produção foi calculada para uma produção de 180 g planta<sup>-1</sup> de café beneficiado, para uma população teórica de 6.667 pl ha<sup>-1</sup>. O cálculo da necessidade de calagem foi realizado pelo método de neutralização do  $\text{Al}^{3+}$  e da elevação dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . Aplicou-se em ago/2009 21 g/vaso de calcário dolomítico mais 20 g/vaso de gesso, e em 2010, 54 g/vaso de calcário dolomítico, parcelado em set/10 e jan/11.

As adubações de pós-plantio, de 1º ano e de produção no tratamento 100-AM corresponderam a 15, 30 e 21 g/vaso de N via uréia, e 15, 30 e 31 g/vaso de  $\text{K}_2\text{O}$  via sulfato de potássio (Tabela 1), de outubro a fevereiro, divididas em oito parcelas para evitar risco de efeito salino. Aplicou-se 30 g planta<sup>-1</sup> por ano de FTE BR 12® (Zn: 9%; B: 1,8%; Cu: 0,8%; Mn: 2%), no tratamento 100-AM e 30% deste no restante.

### Produção de feijão-de-porco marcado ( $^{15}\text{N}$ -FP) e comum (FP)

O  $^{15}\text{N}$ -FP foi cultivado em casa de vegetação, em caixas de fibra de vidro de 500 L, preenchidas com 260 L de substrato e com área superior ao nível do substrato de 0,74 m<sup>2</sup>. O substrato foi preparado com areia lavada e vermiculita na proporção 1:1, em volume/volume, adubado com 300 mg dm<sup>-3</sup> de fósforo, na forma de super fosfato simples, 29



**FIGURA 1** - Linha do tempo do plantio (Plan.) até a 1ª colheita (Colh.), da 1ª a 4ª coleta foliar (col.), em cafeeiros com adubação mineral (AM) e feijão-de-porco (FP).

**TABELA 1** - Adubação mineral (AM), doses de feijão-de-porco (FP) e nitrogênio aplicado por tratamento em dois anos consecutivos de cultivo de cafeeiros em vasos.

Tratamento	AM	FP	Ano 1	N	Ano 2	N
	(%)	(g)		(g planta <sup>-1</sup> )		(g planta <sup>-1</sup> )
1	100	----	100-AM	30,0	100-AM	21,0
2	30	----	30-AM	9,0	30-AM	6,3
3	30	146	30-AM + <sup>15</sup> N-FP1	11,8	30-AM + FP	10,7
4	30	584	30-AM + <sup>15</sup> N-FP1	24,8	30-AM + FP	24,0
5	30	146	30-AM + FP	11,8	30-AM + <sup>15</sup> N-FP2	10,7
6	30	584	30-AM + FP	24,8	30-AM + <sup>15</sup> N-FP2	24,0

<sup>1</sup>100% e 30% de adubação mineral (100%-AM e 30-AM); 146g de feijão-de-porco + 30-AM (FP-1); 584g de FP + 30-AM (FP-2).

**TABELA 2** - Resultados da análise química do substrato, antes e depois do cultivo com cafeeiros, fertilizados com adubação mineral e feijão-de-porco.

Data	Trat <sup>1</sup>	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(t)	(T)	V	MO
		-- mg dm <sup>3+</sup> --			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>3+</sup> -----						% dag kg <sup>-1</sup>		
12/2008	Substrato <sup>2</sup>	5,80	2,8	18,0	0,30	0,80	0,00	1,49	1,15	1,15	2,64	44,0	----
07/2009	100-AM	4,68	18,9	332,0	0,89	0,16	0,10	2,40	1,95	2,05	4,35	44,8	0,52
08/2010	100-AM	4,30	77,9	35,0	0,70	0,10	1,00	4,13	0,89	1,89	5,02	18,0	1,10
08/2010	30-AM	4,50	116,1	42,0	0,80	0,10	0,70	4,62	1,01	1,71	5,63	18,0	1,20
08/2010	FP-1	4,10	106,4	50,0	1,00	0,10	1,20	5,78	1,23	2,43	7,81	18,0	1,20
08/2010	FP-2	4,10	123,0	108,0	1,20	0,10	1,20	6,27	1,58	2,78	7,85	20,0	1,70

<sup>1</sup>100% e 30% de adubação mineral (100%-AM e 30-AM); 146g de feijão-de-porco + 30-AM (FP-1); 584g de FP + 30-AM (FP-2). <sup>2</sup>Análise do substrato sem adição dos adubos e corretivos. pH em água, 1:2,5; P – K: extrator Mehlich 1; H+Al: Extrator acetato de Cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0; matéria orgânica (MO) = C. Org. x 1,724 (Walkley-Black).

mg dm<sup>-3</sup> de K, na forma de sulfato de potássio e 130 mg dm<sup>-3</sup> de N, na forma de sulfato de amônio enriquecido com 2% de <sup>15</sup>N a.e. Os teores de Ca e Mg foram corrigidos para uma relação 3:1. A adubação com N e K foi parcelada aos 5, 12, 19, 25, 33, 37, 41 e 57 dias após a semeadura. Os micronutrientes foram aplicados via solução de Hoagland e Arnon (1950 apud MARTINEZ; CLEMENTE, 2011), na seguinte formulação: B = 46 μmol L<sup>-1</sup>; Cu = 0,3 μmol L<sup>-1</sup>; Fe + EDTA = 45 μmol L<sup>-1</sup>; Mn = 12,6 μmol L<sup>-1</sup>; Mo = 0,1 μmol L<sup>-1</sup> e Zn = 1,3 μmol L<sup>-1</sup> completando o volume para 1000 mL com água destilada, aplicando-se desta solução 0,5 mL dm<sup>-3</sup> de substrato. As sementes foram imersas em hipoclorito a 1% por cinco minutos, depois em álcool 70% por um minuto, lavadas com água destilada e semeadas. A irrigação foi feita duas vezes por dia e controlada pelo volume de água drenado na base das caixas, com aumento da irrigação na ausência de água drenada e diminuição no caso contrário, retornando às caixas o volume drenado. O FP foi semeado no campo, em 01/09/2009 e 27/09/2010, sem aplicação de corretivos e adubos, após a inoculação com estirpe de *Bradyrhizobium* apropriada, no espaçamento de 0,5 x 0,2 m, com uma semente por cova. O FP e o <sup>15</sup>N-FP foram aplicados nos vasos em 01/12/2009 e 22/12/2010. Na colheita, o FP encontrava-se no início do florescimento.

Na colheita, quatro amostras de FP e <sup>15</sup>N-FP foram pesadas, secas em estufa a 65 °C até biomassa constante, para a determinação de umidade.

As amostras foram trituradas em moinho Tipo Wiley e foi determinado o teor de N (método Kjeldahl). O FP apresentou 81,0% e 81,4% de umidade e 26,0 g kg<sup>-1</sup> e 30,3 g kg<sup>-1</sup> de N em dez/2009 e dez/2010, respectivamente. Quatro amostras de <sup>15</sup>N-FP foram pulverizadas em moinho de rolagem durante 24 horas e o enriquecimento de <sup>15</sup>N foi determinado em espectrômetro de massa Finnigan Mat, modelo Delta plus, do Laboratório de Nitrogênio da Embrapa Agrobiologia. O enriquecimento de <sup>15</sup>N do FP foi de 1,51% em 01/12/2009 e de 0,482% em 22/12/2010. Os teores de N no <sup>15</sup>N-FP foram de 17,2 g kg<sup>-1</sup> e 23,4 g kg<sup>-1</sup> nos dois anos seguidos e as doses foram ajustadas para fornecerem a mesma quantidade de N do FP.

## Crescimento e colheita

Foi avaliada a altura total (ALT), o diâmetro de copa (DC), e o crescimento da parte superior dos cafeeiros, demarcando-se o segundo entrenó a partir do ápice da planta, medindo-se as variáveis de crescimento acima do entrenó demarcado. Mediu-se acima do entrenó demarcado: altura (ALTm); número de ramos plagiotrópicos (NRPm) e de nós do ramo ortotrópico (NNOm). No ramo plagiotrópico do entrenó demarcado avaliou-se: comprimento do ramo (CRPm), número de nós (NNPm), número de nós reprodutivos (NNrPm) e número de folhas (NFPm). Ao final do experimento foi feita a contagem de Ponteiros Mortos (PM) na planta inteira e na parte superior da copa (PMPm). A avaliação, a partir do entrenó demarcado, representou o crescimento líquido dos cafeeiros nos períodos de abr-nov/2010 e de nov/2010 a mai/2011.

A colheita do café foi realizada semanalmente nos meses de abril a junho de 2011, colhendo-se apenas os frutos maduros. Os frutos foram secos na condição ambiente até 12% de umidade, beneficiados e pesados.

## Características do solo

Foram determinados o pH em água (relação 1:2,5); P e K (extrator Mehlich 1); Ca, Mg e Al (extrator KCl, 1 mol L<sup>-1</sup>); H + Al (Extrator acetato de Cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> – pH 7,0); e matéria orgânica (MO = C. Org. x 1,724. Walkley-Black) de acordo com Silva et al. (2009b).

## Teor foliar de N-total e NdFP

Foram coletadas amostras do 3° ou 4° par de folhas, a partir do ápice de ramos plagiotrópicos do terço médio dos cafeeiros, em abril, junho e nov/2010 e em abr/2011. As folhas foram lavadas em água deionizada, secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingir biomassa constante. As determinações dos teores de N-total e do enriquecimento de <sup>15</sup>N seguiram os mesmos procedimentos adotados para o feijão-de-porco. A estimativa da fração do N proveniente da parte aérea do feijão-de-porco (NdFP) foi obtida pela equação (WARENBOURG, 1992):

$$\text{NdFP} = (\%^{15}\text{N a.e. no cafeeiro} / \%^{15}\text{N a.e. feijão-de-porco}) \times 100$$
 em que o %<sup>15</sup>N a.e. no cafeeiro é o percentual de átomos em excesso de <sup>15</sup>N nas folhas do cafeeiro; e %<sup>15</sup>N a.e. feijão-de-porco é o percentual de átomos em excesso de <sup>15</sup>N no feijão-de-porco.

### Análises estatísticas

A avaliação do crescimento e produção do cafeeiro, das características físico-químicas do solo e dos teores de N foi feita nos tratamentos 1; 2; 3 e 4. Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. A avaliação dos percentuais de NdFP foi feita nos tratamentos 3; 4; 5 e 6, utilizando o esquema de parcelas subdivididas no tempo. Adotou-se o nível de 5% de probabilidade, em todas as análises.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Crescimento e produção

Aos 26 meses, houve efeito significativo dos tratamentos ( $p < 0,05$ ), sobre as variáveis ALT e NNOM. Os tratamentos FP-2 e 100-AM resultaram em maior altura que 30-AM (Tabela 3). O maior número de nós ortotrópicos, acima do ponto marcado, foi obtido com 100-AM, em relação a 30-AM e os tratamentos com FP resultaram em valores intermediários entre as doses de AM. Não houve diferenças entre os tratamentos sobre as variáveis de crescimento, nos ramos demarcados (Tabela 4).

Houve diferenças de produção de frutos cereja e grãos beneficiados ( $p < 0,05$ ). A menor produção de frutos cereja e de café beneficiado foi obtida com 100% de AM e a maior produção com 584 g/vaso de FP (Tabela 5). O tratamento 30-AM resultou em uma produção intermediária de 375,8 g planta<sup>-1</sup> de café cereja e 20,12 g planta<sup>-1</sup> de café beneficiado.

Observaram-se diferenças significativas entre os tratamentos, quanto aos teores de Ca<sup>2+</sup>, SB, t e MO do solo ( $p < 0,05$ ). O tratamento FP-2 proporcionou maiores teores e 100-AM e FP-1 os menores, e o 30-AM resultou em condição intermediária, exceto quanto aos teores de MO, para a qual FP-2 foi superior a todos os tratamentos (Tabela 6). Nas variáveis Ca, SB e t o tratamento 30-AM resultou em valores intermediários.

### Teores foliares de N-total

Os teores foliares de N foram influenciados pelos tratamentos ( $p < 0,05$ ), nos meses de abril e jun/2010 e abr/2011. Em abr/2010, o teor foliar de N foi maior com o tratamento 100-AM (Tabela 7). Em jun/2010, a adubação mineral resultou em maiores teores que com feijão-deporco. Em abr/2011, o teor foliar de N foi maior no tratamento 100-AM, em relação a FP-1, e os tratamentos 30-AM e FP-2 resultaram em valores intermediários.

### N derivado da parte aérea do FP (NdFP), aplicado no primeiro ano (dezembro/2009) Final do primeiro período de crescimento (abril e junho de 2010)

Nas análises de abril e jun/2010, houve efeito da dose de FP ( $p < 0,05$ ), sobre o NdFP (Tabela 8). O NdFP foi cerca de quatro vezes maior com o tratamento FP-2, em relação a FP-1 (Tabela 8), proporcional à dose aplicada. Os percentuais foliares médios de NdFP, de abril e junho foram de 18,78% e 5,08%, sob as doses respectivas de 584 e 146 g/vaso de FP.

**TABELA 3** - Variáveis de crescimento de cafeeiros adubados com adubação mineral e parte aérea de feijão-deporco, avaliados em 05/2011, aos 26 meses após o plantio.

Tratamentos	ALT*	ALTm <sup>ns</sup>	NNOM*	NRPm <sup>ns</sup>	DC <sup>ns</sup>	PM <sup>ns</sup>	NPMm <sup>ns</sup>
	(cm)	(cm)					
100-AM	81,44 a	45,40	17,56 a	31,19	81,58	11,47	5,69
30-AM	67,70 b	36,90	13,75 b	24,00	61,13	10,25	7,00
FP-1	75,53 ab	42,73	15,00 ab	25,75	90,13	7,00	4,25
FP-2	83,53 a	42,85	16,25 ab	27,50	100,00	17,50	4,50
Média	77,05	41,97	15,64	27,11	38,69	11,56	5,36

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

\*significativo e <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

100% de Adubação mineral (100-AM); 30% de AM (30-AM); 146g planta<sup>-1</sup> de feijão-deporco + 30-AM (FP-1); 584g planta<sup>-1</sup> de FP + 30-AM (FP-2). Altura total (ALT); diâmetro da copa (DC); Número de Ponteiros Mortos (PM). Medias acima do nó demarcado: Altura (ALTm); número de nós do ramo ortotrópico (NROM); número de ramos plagiotrópicos (NRPm); número de Ponteiros Mortos (NPMm).

**TABELA 4** - Crescimento de ramos de abr/2010 a nov/2010 e mai/2011, em cafeeiros fertilizados com adubação mineral e parte aérea de feijão-de-porco.

Tratamentos <sup>1</sup>	Nov/2010				Mai/2011			
	CRPm <sup>ns</sup> (cm)	NNPm <sup>ns</sup>	NFPm <sup>ns</sup>	NNrPm <sup>ns</sup>	CRPm <sup>ns</sup> (cm)	NNPm <sup>ns</sup>	NFPm <sup>ns</sup>	PMPm <sup>ns</sup>
100-AM	23,33	9,64	12,47	5,60	37,34	15,44	0,90	1,79
30-AM	22,38	9,25	9,00	6,38	36,49	15,10	2,23	1,46
FP-1	25,59	9,00	12,13	6,13	41,09	14,75	2,50	1,00
FP-2	23,49	9,00	11,63	6,63	39,85	15,13	2,63	1,25
Média	23,70	9,22	11,31	6,18	38,69	15,10	2,06	1,38
CV (%)	10,31	11,82	16,31	12,8	20,48	18,99	131,25	47,39

ns: Sem diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>100% e 30% de adubação mineral (100%-AM e 30-AM); 146g de feijão-de-porco + 30-AM (FP-1); 584g de FP + 30-AM (FP-2).

Comprimento (CRPm); e Número de Nós (NNPm), Folhas (NFPm) e ponteiros mortos (PMPm) no ramo plagiotrópico demarcado.

**TABELA 5** - Médias das variáveis de café cereja, em coco e beneficiado (Benef.), de cafeeiros adubados com adubação mineral e parte aérea de feijão-de-porco.

Tratamentos <sup>1</sup>	Cereja	Coco <sup>ns</sup>	Benef.
	(g planta <sup>-1</sup> )	(g planta <sup>-1</sup> )	(g planta <sup>-1</sup> )
100AM	173,4 b	63,9	16,37 b
30AM	375,8 ab	94,9	20,12 ab
FP1	508,4 a	131,9	38,53 ab
FP2	593,7 a	159,9	54,61 a
CV (%)	34,27	55,68	50,67

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>100-AM: 100% de Adubação mineral; 30-AM: 30% de Adubação mineral; FP1: 146g de FP + 30%-AM; FP2: 584g de FP + 30%-AM.

**TABELA 6** - Médias de pH, P, K, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, H+Al, soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC total (T), saturação por bases (V) e matéria orgânica (MO) em solos fertilizados com adubação mineral e feijão-de-porco, 34 meses após o plantio de cafeeiros. Viçosa, 2012.

Tratamento <sup>1</sup>	pH <sup>ns</sup>	P <sup>ns</sup>	K <sup>ns</sup>	Ca <sup>2+*</sup>	Mg <sup>2+ns</sup>	H+Al <sup>ns</sup>
		(mg dm <sup>-3</sup> )	(mg dm <sup>-3</sup> )	(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )
100-AM	5,30	28,43	31,0	0,90 b	0,43	2,53
30-AM	5,32	30,22	30,5	1,00 ab	0,47	2,85
FP-1	5,30	30,17	32,7	0,92 b	0,40	2,72
FP-2	5,47	34,52	48,7	1,37 a	0,55	2,77
CV(%)	6,23	10,47	34,64	16,50	21,99	18,79
Tratamento <sup>1</sup>	SB*	(t)*	(T) <sup>ns</sup>	V <sup>ns</sup>	MO*	
	(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	(%)	(g kg <sup>-1</sup> )	
100-AM	1,413 b	1,413 b	3,947	36,00	1,667 b	
30-AM	1,555 ab	1,580 ab	4,403	36,00	1,650 b	
FP-1	1,408 b	1,408 b	4,130	34,00	1,800 b	
FP-2	2,050 a	2,050 a	4,818	42,75	2,550 a	
CV(%)	15,73	15,24	11,65	16,84	6,23	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

ns: Sem diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

<sup>1</sup> 100% e 30% de adubação mineral (100%-AM e 30-AM); 146g de feijão-de-porco + 30-AM (FP-1); 584g de FP + 30-AM (FP-2).

**TABELA 7** - Teores foliares de N-total (%) em cafeeiros adubados com feijão-de-porco e adubação mineral, amostrados em Abr, Jun e Nov/2010 e Abr/2011.

Tratamento	Abr/2010	Jun/2010	Nov/2010 <sup>ns</sup>	Abr/2011
100-AM	4,01 a	4,51 a	3,82	2,14 a
30-AM	3,30 b	4,09 a	2,99	2,08 ab
FP-1	2,79 b	3,25 b	2,51	1,60 b
FP-2	3,04 b	3,17 b	2,39	2,03 ab
DMS	0,65	0,50	1,58	0,52

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

<sup>1</sup>100% e 30% de adubação mineral (100%-AM e 30-AM); 146g de feijão-de-porco + 30-AM (FP-1); 584g de FP + 30-AM (FP-2).

**TABELA 8** - N derivado da parte aérea de feijão-de-porco (NdFP) aplicado em dez/2009, em folhas de cafeeiros avaliadas em abr-jun/2010 e em Nov/2010 e abr/2011.

FP	Abr/2010	Jun/2010	Média
(g planta <sup>-1</sup> )		NdFP (%)	
584	19,28	18,27	18,78 a
146	5,27	4,88	5,08 b
CV (%)		6,65	
FP	Nov/2010	Abr/2011	Média
(g planta <sup>-1</sup> )		NdFP (%)	
584	17,20 aA	10,74 aB	14,77
146	3,88 bA	3,50 bA	3,69
CV parcela (%):		13,29	
CV sub parcela (%):		17,35	

Médias seguidas de pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade.

### Segundo período de crescimento (nov/2010 e abr/2011)

Na amostragem foliar de nov/2010 e abr/2011 houve interação entre as doses de FP e os meses ( $p < 0,05$ ), e o NdFP foi maior com 584 g/vaso de FP (Tabela 9). O NdFP diminuiu de nov/2010 para abr/2011, na dose de 584 g/vaso, e foi igual nas duas datas, com 146 g/vaso por g planta<sup>-1</sup> (Tabela 8).

### Efeito da aplicação de FP no segundo ano

Nos tratamentos com feijão-de-porco marcado, aplicado em dez/2010, com amostragem foliar em abr/2011, houve efeito significativo da leguminosa sobre o NdFP, sendo os percentuais de 35,4% e 9,6%, nas doses respectivas de 584 e 146 g/vaso de <sup>15</sup>N-FP.

### Crescimento

A dose de 30% de adubo mineral foi suficiente para nutrir o cafeeiro até o início

do período reprodutivo. Porém, ao final desse período, houve maior altura e número de nós na parte superior do ramo ortotrópico, com 100% da adubação mineral e 584 g planta<sup>-1</sup> de feijão-de-porco mais 30% de adubação mineral. Bergo et al. (2006) observaram efeitos positivos de *Flemingia congesta* e negativos de feijão-de-porco em consórcio sobre a altura e o diâmetro da copa de cafeeiros. Esse efeito negativo contrasta com o presente trabalho, permitindo sugerir que a competição no consórcio pode interferir nos benefícios do aporte de nutrientes pelas leguminosas.

Em condições de campo, Fidalsky e Chaves (2010) verificaram o potencial de 20 t/ha de matéria seca de leguminosas, em substituição a 95 kg N ha<sup>-1</sup>, relatando maior altura, volume da copa e produtividade com leucena e mucuna-cinza porém, com fornecimentos de 522 a 626 kg N ha<sup>-1</sup>, bem acima de 25,3 a 118,0 kg N ha<sup>-1</sup> do presente trabalho.

Possivelmente, o efeito complementar da aplicação da biomassa associada com adubação mineral, tenha permitido resultado promissor com o feijão-de-porco, visto que Fidalsky e Chaves (2010) identificaram a necessidade de complementação dos adubos verdes.

### Produtividade

A maior produtividade do cafeeiro no tratamento com 30% de adubação mineral mais 584 g planta<sup>-1</sup> de feijão-de-porco em relação à adubação com 100% de adubação mineral, indicam que a associação entre a fonte mineral e a orgânica foi mais eficiente. O aporte total de N na implantação e nos anos agrícolas de 2009/10 e 2010/11 foi respectivamente de 15, 30 e 21 g planta<sup>-1</sup> com 100 % de adubação mineral, e 9, 33, e 24 g planta<sup>-1</sup> com 584 g planta<sup>-1</sup> de feijão-de-porco mais 30% da adubação mineral, com as doses totais aproximadas. O aumento da produtividade do cafeeiro com feijão-de-porco permite supor que, na ausência do consórcio, houve complementação da adubação mineral sem um provável efeito alelopático indicado por Bergo et al. (2006).

### Características físicas e químicas do solo

Registrou-se o aumento da matéria orgânica nos tratamentos com adubação mineral, comparativamente à análise inicial do substrato (jul/2009), foi de 221% e 217%, respectivamente para 100% e 30% da adubação mineral. Esse aumento se deve, provavelmente, ao crescimento das raízes, ao acúmulo de matéria orgânica proveniente da queda de folhas do cafeeiro e a da biomassa das plantas daninhas. Com 584 g/vaso de feijão-de-porco, o aumento de matéria orgânica foi de 390% e esse maior acúmulo contribuiu para os maiores valores de Ca<sup>2+</sup>, SB e CTC efetiva em relação a 100% de adubação mineral e 164 g/vaso de feijão-de-porco, podendo explicar a maior produtividade de grãos beneficiados com feijão-de-porco, na maior dose.

Outros autores verificaram a contribuição dos adubos verdes para a melhoria dos índices de qualidade do solo, encontrando-se: aumentos dos teores de K, P, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SB e com as leguminosas mucuna-cinza e amendoim forrageiro (VILELA et al., 2011); aumentos de 35% no carbono orgânico, sob a copa de cafeeiros adubados com leucena, após dez anos de cultivo intercalar (BALOTA; CHAVES, 2011); elevação dos teores de K com mucuna-cinza, leucena, guandu e amendoim forrageiro (FIDALKY; CHAVES, 2010).

Os valores baixos de pH e saturação por bases foram recorrentes na análise de solos, indicando que a correção do substrato pelo método da “neutralização do Al<sup>3+</sup> e elevação dos teores de Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>” não foi adequado nas condições do experimento. A aplicação de 1/3 da calagem e gesso em ago/09 foi insuficiente para a correção do substrato, observando-se pH entre 4,1 e 4,5 e saturação por bases entre 18% e 29%. Por essa razão foi aplicada a calagem total no ano seguinte, em duas parcelas (set/10 e jan/11) com elevação do pH para 5,3 a 5,5, neutralização do Al<sup>3+</sup> e elevação da saturação por bases de 36% a 43%, porém sem atingir o valor recomendado de 60% (GUIMARÃES et al., 1999).

Além disso, a acidificação do solo não rizosférico é devida, também, à adição de fertilizantes e a grande quantidade de nutrientes absorvidos pelo cafeeiro, conforme observado por Balota e Chaves (2011), em cafeeiros que apresentaram pH não rizosférico de 4,4 e 6,0 e saturação por bases de 34% e 62% sob a copa de cafeeiros e nas entrelinhas, respectivamente.

### Teores de N-total

O maior teor foliar de N, nos cafeeiros com 100% de adubação mineral, em relação a 146 g de feijão-de-porco mais 30% de adubação mineral em abr/2011, pode ser decorrente da menor produtividade de 16,37 g planta<sup>-1</sup> do primeiro em relação ao segundo, com 38,53 g planta<sup>-1</sup>. A maior produtividade pode ter levado à maior exportação de N para os frutos e menores teores foliares, pelo processo de drenagem preferencial. Durante o crescimento dos frutos, ocorre decréscimo nos teores de macronutrientes nas folhas de cafeeiros (VALARINI; BATAGLIA; FAZUOLI, 2005), com grande acúmulo de matéria seca e nutrientes nos frutos (FENILLI et al., 2007; LAVIOLA et al., 2008).

Mesmo com menores aportes de N com 30% de adubação mineral, os teores foliares de N foram maiores que nos tratamentos complementados com feijão-de-porco, sugerindo uma menor disponibilidade de N com a leguminosa. O parcelamento da adubação mineral é benéfico para o cafeeiro (SOBREIRA et al., 2011), porém esse fator não foi predominante sobre os teores foliares porque o acréscimo de FP aos 30% de AM induziu a uma redução dos teores, podendo-se inferir que a dinâmica de decomposição do FP também levou à redução dos teores foliares de N.

Os menores teores foliares com o feijão-de-porco podem decorrer da liberação parcial do N, durante a sua decomposição e da imobilização na biomassa microbiana. As leguminosas apresentam relação C:N baixa e aumentam os teores de N disponível no solo (AMBROSANO et al., 2003), contudo há decomposição e mineralização rápida no início, seguida de uma mineralização lenta do N (ESPINDOLA et al., 2006). Matos et al. (2011) relataram mineralização em litterbags de 32% do N em 15 dias,  $T_{1/2}$  acima de 72 dias e cerca de 80% até 360 dias, em quatro leguminosas diferentes. Portanto, pode-se supor que apenas parte do N do FP foi disponibilizado e, como a biomassa microbiana aumenta com a aplicação de leguminosas (BALOTA; AULER, 2011; BALOTA; CHAVES, 2011), parte do N mineralizado tende a ficar retido na biomassa microbiana e ser re-mineralizado posteriormente (BALOTA; AULER, 2011; MATOS et al., 2011).

Apesar da baixa produtividade por planta com 100% de adubação mineral, o teor foliar de 3,83 dag kg<sup>-1</sup> avaliado no estágio de chumbinho estava acima do limite de 2,50 dag kg<sup>-1</sup> indicado como baixo (GUIMARÃES et al., 1999). O mesmo teor encontrava-se acima da faixa crítica entre 2,24-3,38 dag kg<sup>-1</sup> (MARTINEZ, 2003) e acima de 2,25 e 2,79 dag kg<sup>-1</sup> (FARNEZI; SILVA; GUIMARAES, 2009), indicando que a adubação adotada não foi subdimensionada.

#### **Percentuais foliares de NdFP Abril e junho de 2010 (Primeiro período de crescimento após a aplicação do FP marcado)**

Ambrosano et al. (2009) relatam percentuais de 40% a 42,4% de N derivado da parte aérea de crotalária ou mucuna-preta, como única fonte de N, na parte aérea de milho aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após a emergência. Essa variação nas datas de amostragem também ocorreu nas folhas dos cafeeiros entre os meses de abr-jul/2010, indicando que as leguminosas proporcionaram um fornecimento constante de N evidenciados pelos teores foliares semelhantes nas duas datas.

Resultados da proporção de NdFP em culturas, relatados por diversos autores, são variados. Ovalle et al. (2010) observaram em folhas de videira médias 15% e 28% de NdFP precoces e tardias, respectivamente, com doses de N variando de 68 a 194 kg ha<sup>-1</sup>, complementando 40 kg N ha<sup>-1</sup> de adubação mineral. Ambrosano et al. (2011) obtiveram 10,9% N derivado de crotalária em folhas de cana-de-açúcar adubadas com 196 kg ha<sup>-1</sup> de N com a leguminosa, e Araújo et al. (2005) obtiveram 12,8% de NdFP na parte

aérea de trigo, aplicando 100 kg ha<sup>-1</sup> de N com crotalária. O percentual de 18,78% com a dose equivalente a 101 kg ha<sup>-1</sup> de N (população de cafeeiros estimada em 6.667 pl ha<sup>-1</sup>), encontra-se próximo dos valores de Ovalle et al. (2010) em consórcio e mais altos que os observados por Ambrosano et al. (2011) e Araújo et al. (2005) com aplicação da parte aérea de crotalária em trigo e milho, indicando boa resposta do cafeeiro ao FP. O teor médio de NdFP, aos 5 e 7 meses após a aplicação da menor dose de FP (3,8 g de N por planta) em dez/2009, foi de 5,08% e bem abaixo dos teores observados pelos autores supracitados em videira, trigo e milho. Como a dose de 146 g/vaso foi estimada para uma produção de feijão-de-porco aos 40 dias, a realização do corte, ao final desse período de crescimento resultaria em uma contribuição pequena para o cafeeiro.

#### **Nov/2010 e abr/2011 (segundo período de crescimento após a aplicação do FP marcado)**

Nesse período, teve início um novo ciclo de adubação com os adubos minerais a partir de outubro e com o feijão-de-porco não marcado em dez/2010. O NdFP determinado no 17º mês após a aplicação indica que houve um efeito residual maior da dose de 584 g/vaso de feijão-de-porco, com 10,74% de NdFP, em relação a 3,5% na dose de 146 g/vaso. Tal resultado permite supor que parte do N foi mineralizado do FP e absorvido pelo cafeeiro, durante o primeiro ano após a adubação e o restante do N que permaneceu foi gradativamente mineralizado da matéria orgânica remanescente. Esse N pode permanecer na parte mais recalcitrante da matéria orgânica ou através do aumento da biomassa dos microorganismos do solo impulsionado pela adição da leguminosa (BALOTA; CHAVES, 2010).

Em experimento com cana-de-açúcar, Ambrosano et al. (2011) aplicaram 70 kg ha<sup>-1</sup> de N através de sulfato de amônio (SA) e 196 kg ha<sup>-1</sup> com *Crotalaria juncea* e relataram frações de NdFP em folhas de 11,1% e 5,5%, e de N-SA de 6,9% e 1,7%, no primeiro e segundo anos após a aplicação, respectivamente. No presente trabalho, a aplicação de 584 g/vaso de feijão-de-porco (15,2 g/vaso de N-FP, no Ano 1, promoveu teores de NdFP de 18,78% no ano de aplicação e 10,74% no ano seguinte. Como nos trabalhos de Ambrosano et al. (2011), as doses de N do feijão-de-porco foram maiores que as de N mineral, tendo fornecido aos cafeeiros 15,8 g planta<sup>-1</sup> de N proveniente de 584 g/vaso de feijão-de-porco e 9 g planta<sup>-1</sup> de N pelo adubo mineral.

Por essa razão, se pode afirmar que houve resposta do cafeeiro à aplicação do FP.

Silva et al. (2009a) relatam teores de N derivado de crotalária (1,0 g N vaso<sup>-1</sup>) na parte aérea de milho diminuindo de 44,6% a 14,0%, nas doses de ureia de 0,0 a 2,25 g/vaso. De forma semelhante, o teor foliar variou com a dose de FP e por isso, o efeito complementar da leguminosa depende da dose aplicada. No presente experimento, as doses de N foram de 3,8 e 15,8 g/vaso em FP-1 e FP-2, respectivamente, para uma dose 9 g/vaso de N mineral.

#### Teores de NdFP em cafeeiros adubados com FP em dez/2010

Em abr/2011, após a aplicação do feijão-de-porco em dez/2010, o NdFP foi de 35,4% e 9,6%, com a proporção de 3,7:1, similar à proporção aplicada de feijão-de-porco de 4:1 (584g/146g).

Os maiores percentuais de NdFP do feijão-de-porco aplicado no segundo ano podem ser devidos à maior proporção de N fornecido pelo FP, em relação à adubação mineral. O N mineral fornecido foi de 30 g planta<sup>-1</sup> no primeiro ano e de 21 g planta<sup>-1</sup> no segundo, correspondendo a uma redução de 30%. As proporções entre o N do FP e o N da adubação mineral aplicados nos dois anos seguidos, respectivamente, foram de 0,31 e 0,70 na dose de 146 g planta<sup>-1</sup> de FP e de 1,76 e 2,81 na dose de 584 g planta<sup>-1</sup>. Na menor dose de FP, o aumento do N aplicado nos vasos foi proporcional a 124% e na maior dose foi de 60%.

Outros autores observaram variações do percentual de N, com variação nas doses de N-mineral ou de N do adubo verde, que corroboram com os resultados de elevação do N derivado do FP com o aumento das doses de FP ou da proporção entre o N da leguminosa em relação ao N mineral. Ovalle et al. (2010) verificaram, em folhas de videira, consorciadas com leguminosas tardias e precoces, percentuais de 20% N derivado de tardias e de 14% das precoces. Nos dois anos de cultivo, as leguminosas tardias forneceram mais N que as precoces, sendo as quantidades de N no 1º ano de 128 e 68 kg ha<sup>-1</sup> e no 2º ano de 194 e 157 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O aumento do percentual de N derivado de leguminosa com a diminuição proporcional do N-mineral, foi observado por Silva et al. (2009b), que obtiveram redução de 44,6% a 14,0% na parte aérea de milho, com o fornecimento constante de crotalária e variação nas doses de ureia. Nos dois casos, tanto a variação na dose de leguminosa, quanto na proporção promovem a variação nos percentuais foliares de N derivados dos adubos.

## 4 CONCLUSÕES

Até o início da fase reprodutiva, os cafeeiros adubados com feijão-de-porco complementado com adubação mineral crescem de forma similar àqueles adubados com adubação mineral completa.

A adubação com o feijão-de-porco promove aumentos da produtividade do cafeeiro, do teor de Ca<sup>2+</sup>, soma de bases, CTC efetiva e matéria orgânica do solo.

O percentual de N, derivado do feijão-de-porco nos cafeeiros é proporcional à dose fornecida.

A adubação com feijão-de-porco apresenta efeito residual em anos consecutivos, contribuindo para a nutrição nitrogenada dos cafeeiros.

## 5 REFERÊNCIAS

AMBROSANO, E. J. et al. <sup>15</sup>N-labeled nitrogen from green manure and ammonium sulfate utilization by the sugarcane ratoon. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 68, n. 3, p. 361-368, June 2011.

\_\_\_\_\_. Nitrogen-15 labeling of *Crotalaria juncea* green manure. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 181-184, Jan./Mar. 2003.

\_\_\_\_\_. Nitrogen supply to corn from sunn hemp and velvet bean green manures. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 66, n. 3, p. 386-394, May/June 2009.

ARAÚJO, A. S.F. et al. Utilização de nitrogênio pelo trigo cultivado em solo fertilizado com adubo verde. (*Crotalaria juncea*) e/ou ureia. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 284-289, mar./abr. 2005.

BALOTA, E. L.; AULER, P. A. M. Soil carbon and nitrogen mineralization under different tillage systems and permanent groundcover cultivation between orange trees. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 33, p. 637-648, 2011.

BALOTA, E. L.; CHAVES, J. C. D. Enzymatic activity and mineralization of carbon and nitrogen in soil cultivated with coffee and green manures. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1573-1583, out. 2010.

\_\_\_\_\_. Microbial activity in soil cultivated with different summer legumes in coffee crop. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 54, n. 1, p. 35-44, Jan./Feb. 2011.

BERGO, L. C. et al. Avaliação de espécies leguminosas na formação de cafezais no segmento da agricultura familiar no Acre. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 36, n. 1, p. 19-24, mar. 2006.

- ESPINDOLA, J. A. A. et al. Decomposição e mineralização de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 321-328, mar./abr. 2006.
- FARNEZI, M. M. M.; SILVA, E. B.; GUIMARÃES, P. T. G. Diagnóstico nutricional de cafeeiros da região do Alto Jequitinhonha (MG): normas dris e faixas críticas de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 969-978, ago. 2009.
- FENILLI, T. A. B. et al. The  $^{15}\text{N}$  isotope to evaluate fertilizer nitrogen absorption efficiency by the coffee plant. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 79, n. 4, p. 767-776, dez. 2007.
- FIDALSKI, J.; CHAVES, J. C. D. Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) IAPAR-59 à aplicação superficial de resíduos orgânicos em um latossolo vermelho distrófico típico. **Coffee Science, Lavras**, v. 5, n. 1, p. 75-86, jan./abr. 2010.
- GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CSFSEMG/UFV, 1999. p. 289-302.
- LAVIOLA, B. G. et al. Acúmulo em frutos e variação na concentração foliar de NPK em cafeeiro cultivado em quatro altitudes. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 19-31, jan./mar. 2008.
- MARTINEZ, H. E. P. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 703-713, jun. 2003.
- MARTINEZ, H. E. P.; CLEMENTE, J. M. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa, MG: UFV, 2011. 76 p.
- MATOS, E. S. et al. Decomposition and nutrient release of leguminous plants in coffee agroforestry systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 141-149, fev. 2011.
- OVALLE, C. et al. Estimating the contribution of nitrogen from legume cover crops to the nitrogen nutrition of grapevines using a  $^{15}\text{N}$  dilution technique. **Plant and Soil**, The Hague, v. 334, n. 1, p. 247-259, Sept. 2010.
- PAULO, E. M. et al. Produtividade do cafeeiro Mundo Novo enxertado e submetido à adubação verde antes e após recepção da lavoura. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 115-120, 2006.
- RICCI, M. S. F. et al. Growth rate and nutritional status of an organic coffee cropping system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 2, p. 138-144, Apr. 2005.
- SILVA, E. C. et al. Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 2, p. 118-127, fev. 2009a.
- \_\_\_\_\_. Métodos de análises químicas para avaliação de fertilidade de solo. In: SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2009b. p. 107-189.
- SNOECK, D.; ZAPATA, F.; DOMENACH, A. M. Isotopic evidence of the transfer of nitrogen fixed by legumes to coffee trees. **Biotechnology Agronomy Society and Environment**, Colchester, v. 4, n. 2, p. 95-100, 2000.
- SOBREIRA, F. M. et al. Adubação nitrogenada e potássica de cafeeiro fertirrigado na fase de formação, em plantio adensado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 9-16, jan. 2011.
- VALARINI, V.; BATAGLIA, O. C.; FAZUOLI, L. C. Macronutrientes em folhas e frutos de cultivares de café arábica de porte baixo. **Bragantia**, Campinas, v. 64, p. 661-672, 2005.
- VILELA, E. F. et al. Crescimento inicial de cafeeiros e fertilidade do solo adubado com mucuna, amendoim forrageiro ou sulfato de amônio. **Coffee Science, Lavras**, v. 6, n. 1, p. 27-35, jan./abr. 2011.
- WARENBURG, F. R. Nitrogen fixation in soil and plant systems. In: KNOWLES, R.; BLACKBURN, T. H. (Ed.). **Nitrogen isotope techniques**. New York: Academic, 1992. p. 127-156.