Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Contribuição do nitrogênio contido no adubo verde para o desenvolvimento do morangueiro

Contribution of nitrogen contained in green manure for the development of strawberry

Anderson Ricardo Trevizam[1], Maria Ligia de Souza Silva[2], Marcelo Marques Lopes Müller[1], Juliano Tadeu Vilela de Resende[1], José Albertino Bendassolli[3]

[1] Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO), Campus CEDETEG, Departamento de Agronomia, Rua Simeão Camargo Varela de Sá, nº03, Vila Carli, CEP 85040-080, Guarapuava-PR. E-mail: aanrt@hotmail.com
[2] Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Ciência do Solo, Lavras, MG.
[3] Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), Laboratório de Isótopos Estáveis, Piracicaba, SP.

Recebido em: 19/08/2013 Aceito em: 02/07/2014

Resumo. O nitrogênio (N) é um dos nutrientes que apresenta grande importância no desenvolvimento do morangueiro. Uma das formas da inserção de N no solo é com a utilização de adubos verdes (AV). Neste contexto o objetivo do presente trabalho foi avaliar o aproveitamento do N contido na parte aérea e nas raízes dos AV para a cultura do morangueiro. O experimento foi instalado em esquema fatorial 2x5x2, sendo 2 AV (crotalária e milheto), 5 doses de N mineral (0, 200, 400, 600 e 800 mg vaso^{-1}) e 2 tratamentos (parte aérea marcada e não marcada com ^{15}N), com 3 repetições. A colheita da parte aérea (PA) do morangueiro ocorreu aos 180 dias após o transplante, onde as plantas foram lavadas, secas em estufa (65°C), pesadas, moídas e analisadas em relação à concentração de ^{15}N e N. A produção de matéria seca da PA aumentou em função das doses de N e não apresentou diferenças entre os AV. O aproveitamento do N contido na PA da crotalária diminuiu e da PA do milheto aumentou em função das doses de N mineral. O aproveitamento de N contido nas raízes dos AV aumentou em função das doses de N mineral. O maior aproveitamento de N, seja da PA ou raiz, foi obtido com a crotalária até mesmo no tratamento sem aplicação de N mineral.

Palavras-chave: isótopo, matéria orgânica, mineralização

Abstract. Nitrogen (N) is a nutrient that has great importance in the development of strawberry. One way of inserting N in the soil is through the use green manure (GM). In this context, the objective of this study was to evaluate the use of the N contained in the shoots and roots of GM for strawberry culture. The experiment was conducted in factorial 2x5x2, 2 AV (sunn hemp and millet), 5 doses of mineral N (0, 200, 400, 600 e 800 mg vaso^{-1}) and 2 treatments (shoot marked and unmarked with ^{15}N), with three replicates . The harvest of shoots (S) strawberry occurred at 180 days after transplantation, where the plants were washed, oven dried (65 °C), weighed, ground and analyzed for the concentration of ^{15}N and N. The S dry matter production increased due to N rates and showed no differences between the GM. The N recovery contained in the S of sunn hemp decreased and in the S of millet increased due to N rates. The use of N contained in the roots of GM increased due to N rates. The higher N recovery, either S or root, was obtained with sunn hemp even treatment without N fertilization.

Keywords: isotope, organic matter, mineralization

Introdução

A importância do nitrogênio (N) para a cultura do morangueiro é documentada em diversos trabalhos (Hochmuth et al., 1996; Cahadia, 1998; Vázquez-Gálvez et al., 2008), sendo que em todos é demonstrada sua importância em relação ao crescimento, entretanto ocorrem divergências sobre a influência do N sobre a produtividade da cultura. O exemplo desta contradição é citado por Darnell & Stutte (2001) onde são relatados estudos que não demonstram aumento de produtividade com o aumento da dose de 50 para 200 kg ha^{-1}, enquanto outros relatam um aumento significativo da produtividade em função da dose de N.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

No México, no vale de Zamora, a cultura do morango é a que mais gera emprego no campo e que mais recebe adubações nitrogenadas, sendo observadas doses acima de 600 kg ha^{-1} de N (Vázquez-Gálvez et al., 2008). Na Flórida, EUA as doses de N para a cultura do morango variam de 50 a 100 kg ha^{-1} (Hochmuth et al., 1996) e na Espanha entre 200 e 250 kg ha^{-1} (Cadahia, 1998). No Brasil são utilizadas doses de N ao redor de 120 kg ha^{-1} (Vignolo et al., 2011), entretanto ressalta-se que nos plantios desta cultura é recomendada a aplicação de 15 a 30 t ha^{-1} de esterco de curral curtido de 25 a 30 dias antes do transplante das mudas.

Uma das formas para se amenizar a utilização de N mineral é a inserção de matéria orgânica no sistema de cultivo do morangueiro, com o objetivo de fornecer N orgânico para o mesmo. Uma das formas é a utilização de adubos verdes (AV), que promove o aumento da matéria orgânica e o aumento da disponibilidade de macro e micronutrientes, dentre outras melhorias físicas e químicas no solo (Kiehl, 2010). Dentre todos os benefícios decorrentes da adubação verde destaca-se o aproveitamento do N contido nestes adubos.

Araújo et al. (2011) estudando o aproveitamento do N contido em feijão-de-porco, mucuna-cinza e sorgo para o cultivo do repolho, concluíram que o feijão-de-porco foi a fonte de N que mais contribuiu para a nutrição nitrogenada do repolho. Segundo os autores o aproveitamento do N aplicado na forma de AV, variou de 8 a 16%. Entretanto, Perin et al. (2004) avaliando o efeito residual da crotalária e do milheto sobre o diâmetro das inflorescências e produção de brócolo não observaram efeito destes AV, tanto na ausência quanto na aplicação de 150 kg ha^{-1} de N mineral. Porém, os autores descreveram que a crotalária elevou o teor e acúmulo de N nas folhas e inflorescências do brócolo.

Conforme descrito por Araújo et al. (2011), estudos sobre a dinâmica de N em sistema de produção de hortaliças são escassos, devido ao seu cultivo em solos com alto teor de matéria orgânica. Porém, os trabalhos sobre a dinâmica do N contido em AV, em geral, relatam o aproveitamento do N somente da parte aérea. Os trabalhos de forma geral não fornecem informações sobre o aproveitamento do N contido nas raízes dos AV que também são uma fonte de N para o sistema solo-planta (Khan et al., 2002; Vargas et al., 2011).

O presente trabalho objetivou avaliar o aproveitamento do N contido na parte aérea e nas raízes dos adubos verdes pela cultura do morangueiro.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR. O solo utilizado no experimento foi coletado em área de 2 x 3 m, na camada arável (0-20 cm de profundidade), passado em peneira com abertura da malha de 4 mm no próprio local de coleta e seco a sombra. Posteriormente, foi homogeneizado e acondicionado em sacos de 50 kg. Uma amostra de aproximadamente 1 kg de solo foi enviada para análise química, obtendo-se as seguintes características: pH($CaCl_2$) de 5,1; matéria orgânica de 40 g kg^{-1}; P (Mehlich-I) de 0,7 mg dm^{-3}; K de 2,1 $mmol_c$ kg^{-1}; H+Al de 41,4 $mmol_c$ kg^{-1}; Soma de Bases de 55,1 $mmol_c$ kg^{-1}; CTC de 96,5 $mmol_c$ kg^{-1} e saturação por bases (V%) de 57%. O solo foi classificado como Latossolo Bruno distrófico. O solo foi utilizado para a marcação dos adubos verdes com ^{15}N e para o experimento com morango.

Produção de adubos verdes marcados com ^{15}N

O solo foi pesado em porções de 4 kg e acondicionado em vasos, corrigido para um V% de 70% com adição de calcário calcítico e após homogeneização foi incubado por 15 dias com capacidade de retenção de água (CRA) a 60%.

A semeadura dos AV (milheto e crotalária) foi realizada com 10 a 15 sementes por vaso, e aos 10 dias após emergência (DAE) foi realizado desbaste, mantendo-se cinco plantas por vaso. A marcação isotópica dos adubos verdes foi realizada adicionando-se 300 mg de N por vaso, na forma de ureia, em solução enriquecida em 10 átomos de ^{15}N em excesso, parcelados em três aplicações de 100 mg por vaso, aos 20, 40 e 60 DAE. Tal procedimento de aplicação de N enriquecido foi realizado com a finalidade de se obter material vegetal com enriquecimento superior ou próximo a 2% de átomos de ^{15}N em excesso, valor satisfatório para estudo da dinâmica do N proveniente de adubos verdes. Para a obtenção de uma boa produção de material vegetal para a execução dos experimentos foram conduzidos 10 vasos por espécie de adubo verde.

Conjuntamente foram produzidos nas mesmas condições vasos com os adubos verdes sem aplicação de N marcado, adicionando-se N mineral na forma de ureia.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Os vasos foram adubados em uma única aplicação com 40 mg de P e 50 mg de K por vaso (na forma de KH_2PO_4) dez dias após a germinação. Os vasos receberam B (na forma de H_3BO_3), Cu, Mn e Zn (na forma de cloretos) na dose de 1 mg kg^{-1} de cada nutriente, 15 dias após a germinação.

A colheita dos AV foi realizada de acordo com o ciclo fisiológico de cada espécie, ocorrendo no inicio do florescimento ou emissão de espigueta, sendo que para a crotalária ocorreu aos 95 DAE e para o milheto aos 82 DAE. Os AV foram cortados rente ao solo, lavados com água destilada e fragmentados em pedaços de aproximadamente 0,02 m de comprimento. As raízes foram retiradas dos vasos com auxilio de água e lavadas em água corrente até a completa retirada do solo e por último submerso em água destilada por 15 minutos. Em seguida, o material vegetal foi seco em estufa com circulação forçada de ar a 65 ºC por 72 horas e pesado. Após secos os adubos verdes foram acondicionados em sacos de papel para posterior utilização no experimento com morango.

Todo o material vegetal de cada AV, nos respectivos tratamentos marcados e não marcados com ^{15}N, foi misturado e homogeneizado formando uma única amostra de cada AV, visando uma homogeneidade do material vegetal produzido. Em seguida, uma amostra de aproximadamente 10 g da parte aérea (PA) e uma de 5 g de raiz de cada AV foram moídas para análises químicas de C, ^{15}N e N total. Os resultados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Teores de N, ^{15}N e relação C/N nos adubos verdes

Adubo Verde	Nitrogênio		Átomos de ^{15}N		Relação C/N	
	g kg^{-1}		%			
	P.A.[(1)]	Raiz	P.A.	Raiz	P.A.	Raiz
[(2)]Milheto (^{15}N)	11,0	10,0	4,65	3,36	37	31
Milheto	15,9	15,4	-[(3)]	-	33	29
Crotalária (^{15}N)	11,0	7,0	1,96	1,57	22	20
Crotalária	12,0	9,0	-	-	23	22

(1) P.A. = Parte aérea; (2) ^{15}N-Referente aos adubos verdes marcados com o isótopo; (3) não determinado

Experimento com morango

O experimento foi instalado em esquema fatorial 2x5x2, sendo 2 AV (crotalária e milheto), 5 doses de N (0, 200, 400, 600 e 800 mg $vaso^{-1}$) e 2 marcações (parte aérea marca e não marcada com ^{15}N), com 3 repetições por tratamento, totalizando 60 vasos com capacidade de 2 kg de solo (parcelas experimentais). O solo foi corrigido previamente a um V% de 70, recomendado para a cultura.

Para a avaliação da mineralização dos AV, foi estabelecida uma única adubação verde, a qual foi definida pela produção de material vegetal dos AV. A proporção de PA/Raiz encontrada foi de aproximadamente 2, para ambos os AV. A dose estabelecida para os AV foi de 10 g $vaso^{-1}$ da PA em base de matéria seca combinada com a aplicação de 5 g $vaso^{-1}$ de raiz. Desta forma os tratamentos com as respectivas marcações foram realizados de acordo com a Tabela 2. Após a incorporação dos AV aos respectivos vasos, estes foram incubados por 15 dias com capacidade de retenção de água (CRA) a 60%.

Tabela 2. Tratamentos utilizados no experimento

	Tratamento	Enriquecido com ^{15}N	Sem enriquecimento
1	Milheto	Parte aérea	Raiz
2	Milheto	Raiz	Parte aérea
3	Crotalária	Parte aérea	Raiz
4	Crotalária	Raiz	Parte aérea

Nos vasos foi realizada a adubação com fósforo e potássio após a calagem, com aplicação de 1,3 g de superfosfato triplo e 0,7 g de cloreto de potássio. Após aplicação da adubação foi transplantada uma muda de morango (cultivar Albion) por vaso. A umidade do solo nos vasos foi mantida a 60% da CRA. As doses de N mineral (ureia) foram, realizadas em 4 aplicações aos 15, 60, 105 e 150 dias após o transplante (DAT). Durante o período do experimento foram realizadas 6

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

pulverizações com B (H_3BO_3) na concentração de 1 g L^{-1}, após o inicio do florescimento, espaçadas de 20 em 20 dias.

A colheita da PA do morangueiro ocorreu aos 180 DAT, onde as plantas foram lavadas, secas em estufa (65 °C), pesadas, moídas e analisadas em relação ao enriquecimento em ^{15}N e teor de N (Barrie & Prosser, 1996).

Os dados obtidos permitiram calcular os seguintes parâmetros: porcentagem de N na planta proveniente da PA ou raiz do AV (%NppAV), quantidade de N na planta proveniente da PA ou raiz do AV (QNppAV), aproveitamento do N pela planta proveniente da PA ou raiz do AV, em % (ANppAV) de acordo com IAEA (2001). Entretanto calculou-se o aproveitamento total do N pela planta proveniente da PA + raiz do AV (%ApTAV) de acordo com a seguinte equação (Eq. 1).

$$\%ApTAV = \frac{\sum QNppAV}{(M_{PA} \times TN_{PA}) + (M_R \times TN_R)} \times 100 \qquad \text{Eq.1}$$

Onde: $\sum$QNppAV = Somatório das quantidades de nitrogênio na planta proveniente da PA e raiz do AV; M_{PA} = Matéria seca da PA do AV (10 g $vaso^{-1}$); TN_{PA} = Teor de N na PA do AV; M_R = Matéria seca da raiz do AV (5 g $vaso^{-1}$); TN_R = Teor de N na raiz do AV.

Os dados foram submetidos à análise de variância aplicando-se o teste F ao nível de 5% de probabilidade e análise de regressão. Nas análises de regressão os dados de matéria seca, teor e acúmulo de N na PA do morangueiro foram analisados com 6 repetições devido aos tratamentos terem recebido a mesma quantidade de AV, porem somente com alternância nas marcações isotópicas conforme descrito na Tabela 2 e os dados de %NppAV, QNppAV e ANppAV foram analisados estatisticamente com 3 repetições. As equações de regressão utilizadas foram as que melhor se ajustaram em função do R^2. Sendo o fator adubo verde significativo na analise de variância os dados referentes às mesmas doses de N, comparando-se os resultados de crotalária e milheto, foram submetidos ao teste de Tukey a 5%. Os dados foram analisados com auxílio do programa Assistat.

Resultados e Discussão

A produção de matéria seca (MS) da PA do morangueiro aumentou, para ambos os AV, em função das doses de N mineral aplicadas (Figura 1). A análise de variância e interação dos fatores dose de N e AV não apresentaram interação. A maior produção de MS foi obtida com a aplicação de 800 mg $vaso^{-1}$ de N, sendo de 13,4 e 12,6 g $vaso^{-1}$, respectivamente, para crotalária e milheto.

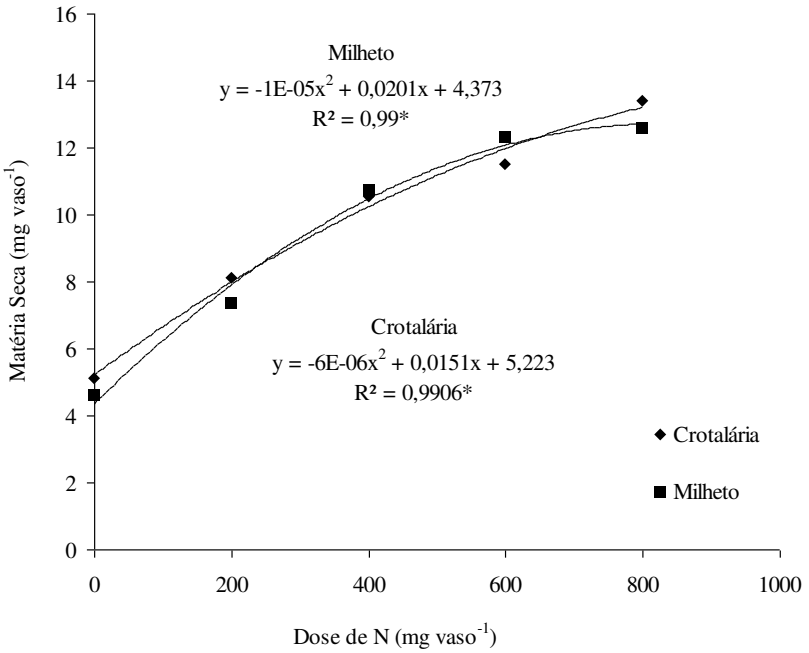

Figura 1. Produção de matéria seca da parte aérea do morangueiro em função das doses de nitrogênio mineral, para os tratamentos com crotalária e milheto. * Significativo a 5%

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Aumento da produção da MS foi observado por Vázquez-Gálvez et al. (2008) em experimento conduzido em campo no México, com doses de N de 0, 23, 77, 231, 693 e 1537 kg ha^{-1} de N na forma de $Ca(NO_3)_2$. Os autores encontraram a maior produção de MS na dose de 1537 kg ha^{-1}, valor este superior as doses aplicadas nos EUA (Hochmuth et al., 1996), Espanha (Cadahia, 1998) e Brasil (Raij et al., 1997). Aumento da produção da MS foi observado por Acuña-Maldonado & Pritts (2008) em experimento com morango, com doses de N em solução nutritiva.

Avaliando a produção de repolho em campo com pré-cultivo de crotalária juncea, Vargas et al. (2011) obtiveram produção de MS da cabeça do repolho semelhante, comparando-se os tratamentos onde foram somente manejadas as raízes da crotalária (sem a parte aérea) e daquele composto da planta inteira (parte aérea + raiz). Para a produção de berinjela não foram observadas diferenças na produção com o pré-cultivo dos AV crotalária e milheto (Castro et al., 2004).

O teor de N na PA do morangueiro aumentou em função das doses de N mineral aplicadas (Figura 2), para ambos os AV o maior teor foi obtido com a aplicação de 800 mg $vaso^{-1}$. Na análise de variância não foram observadas diferenças entre os AV em relação ao teor de N. Na folha e na coroa do morangueiro Darnell & Stutte (2001), em experimento com solução nutritiva, encontraram teores de 20,9 e 14,0 g kg^{-1}, respectivamente. Valores entre 25,1 a 30,6 g kg^{-1}, em folhas, foram encontrados por Reganold et al. (2010) em três variedades de morango cultivadas em sistema convencional e orgânico no estado da Califórnia-EUA. Os valores encontrados por esses autores estão próximos aos valores encontrados na PA do presente trabalho.

Segundo Otto et al. (2009) o N exerce grande influência no desenvolvimento vegetativo, na produtividade e na qualidade dos frutos do morangueiro. Em caso de deficiência ocorre diminuição do estado vegetativo das plantas e da produtividade, porem ocorre melhorias na qualidade organoléptica dos frutos (Passos, 1999). Entretanto, o excesso de N aumenta o desenvolvimento das plantas, reduzindo a indução floral e com atraso a floração, e consequentemente redução na qualidade dos frutos (Passos, 1999).

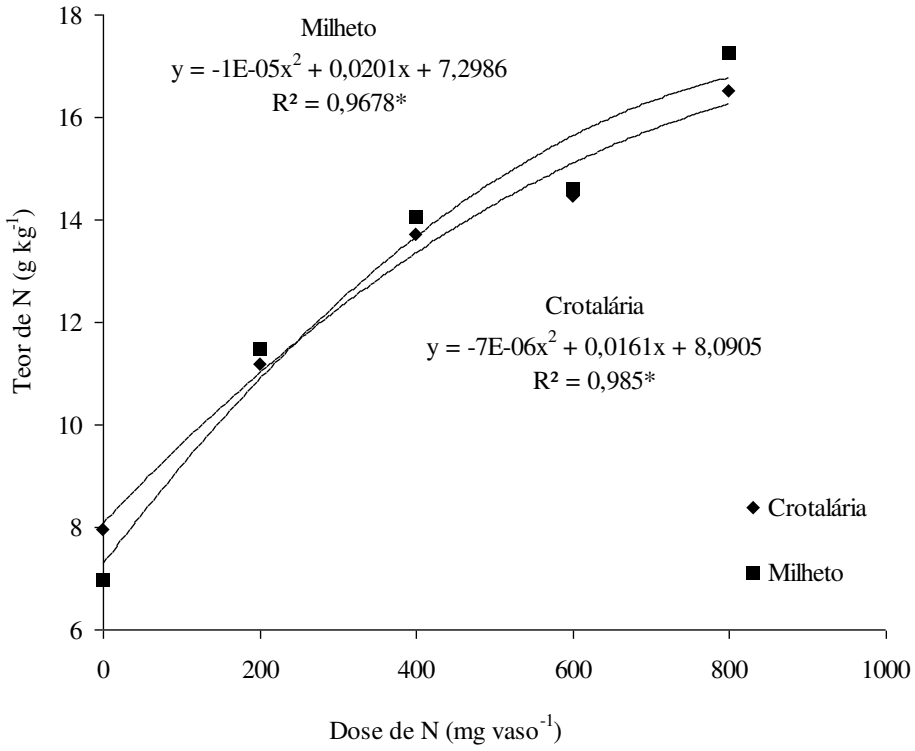

Figura 2. Teores de N na parte aérea do morangueiro em função das doses de nitrogênio mineral, para os tratamentos com crotalária e milheto. * Significativo a 5%

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

O acúmulo de N na PA aumentou com o incremento das doses de N mineral (Figura 3). Os maiores acúmulos de N, foram de 221 mg vaso^{-1} para a crotalária e 214 mg vaso^{-1} para o milheto, sendo obtidos com a maior dose de N mineral. Na análise de variância assim como para a produção de MS e acúmulo de N não foram observadas diferenças entre os AV. Em experimento com solução nutritiva conduzido por Acuña-Maldonado & Pritts (2008) as folhas do morango apresentaram acúmulo de N de 4,1 a 22,7 mg planta^{-1} em função das concentrações de N na solução nutritiva e sem aplicação complementar com N foliar e quando aplicado N foliar o acúmulo de N variou de 9,2 a 55,9 mg planta^{-1}.

Conforme se observou os parâmetros teor de N e acúmulo de N na PA do morangueiro, estes não diferiram entre a utilização de crotalária e milheto, porém no estudo conduzido por Castro et al. (2004) a berinjela não apresentou diferenças de produtividade com o pré-cultivo de milheto e crotalária. Os autores, no entanto concluíram que a quantidade de N introduzida pela fixação biológica derivada da adubação verde de pré-cultivo foi suficiente para compensar a quantidade de N exportada pela colheita dos frutos.

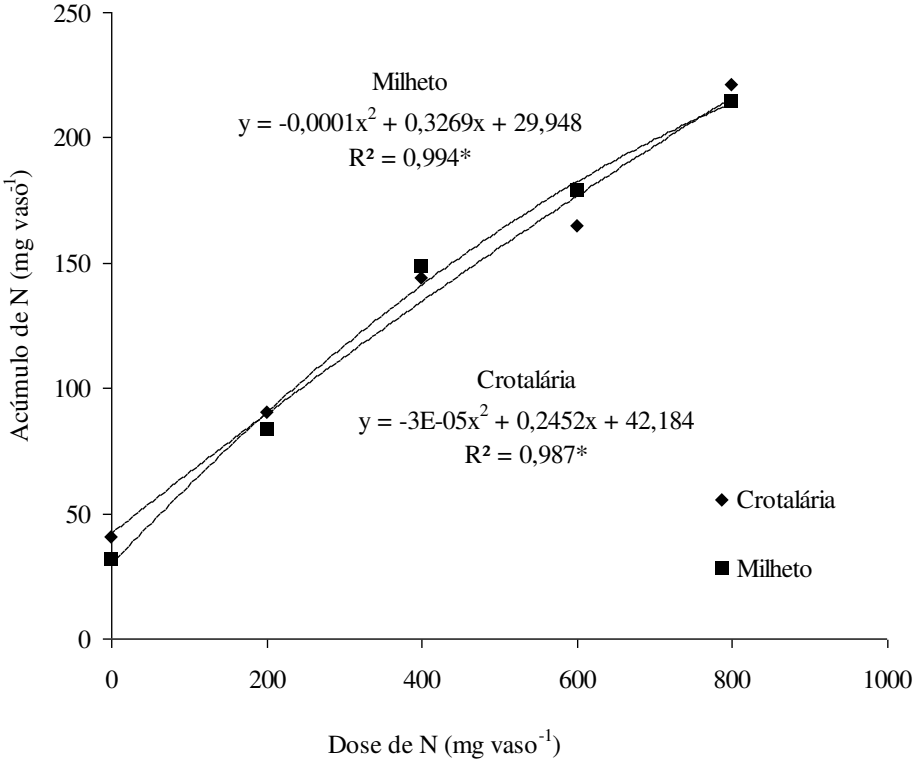

Figura 3. Acúmulo de N na parte aérea do morangueiro em função das doses de nitrogênio mineral, para os tratamentos com crotalária e milheto. * Significativo a 5%

A porcentagem de N na planta proveniente da PA do AV (%NppPAAV) para a PA do morangueiro apresentou diferença entre os AV, sendo de 14,9% para a crotalária na média geral e de 9,36% para o milheto na média geral (Tabela 3). A diferença entre a crotalária e o milheto foi de aproximadamente 37%. Conforme se observa na Figura 4A na PA ocorreu decréscimo da %NppPAAV. Sem a aplicação de N mineral os tratamentos controle (sem adição de N mineral) apresentaram diferenças entre os AV, sendo que a crotalária apresentou 37,3% de %NppPAAV e o milheto apresentou 18,5% de %NppPAAV. Com adição de N mineral para ambos os AVs ocorreu decréscimo da %NppPAAV do tratamento controle para a maior dose de N mineral de 85% para a crotalária e de 79% para o milheto. As maiores diferenças são observadas no tratamento controle e na dose de 200 mg vaso^{-1}, nas três maiores doses de

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

N não foram observadas diferenças entre os AV em relação a %NppPAAV.

Valores de 21,7 e 5% de %NppPAAV, para crotalária e milheto, respectivamente, foram encontrados por Espinal (2008) para a cultura do arroz. Os dados obtidos neste trabalho apresentaram valores menores para crotalária e maiores para o milheto, quando comparados aos valores obtidos por Espinal (2008).

Tabela 3. Resultados da análise de variância para os fatores dose de N, adubo verde e sua interação para as variáveis N na planta proveniente do adubo verde (NppAV), quantidade de N na planta proveniente do adubo verde (QNppAV) e aproveitamento do N pela planta proveniente do adubo verde (ANppAV), obtidos com a parte aérea e raiz dos adubos verdes

Fator	GL	Parte Aérea			Raiz		
		NppAV	QNppAV	ANppAV	NppAV	QNppAV	ANppAV
		F	F	F	F	F	F
Doses de N (F1)	4	208,42*	1,49*	1,45*	125,01*	70,10*	41,45*
Adubo Verde (F2)	1	95,38*	87,00*	91,26*	519,09*	336,56*	1043,0*
Interação F1 x F2	4	34,19*	17,94*	17,80*	7,84*	5,79*	20,92*
CV%		12,89	9,90	9,92	7,25	10,00	12,59
		Médias					
Crotalária		14,94 a	14,00 a	12,84 a	2,52 a	2,76 a	9,21 a
Milheto		9,36 b	9,96 b	9,05 b	1,35 b	1,37 b	1,36 b

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Em relação à porcentagem de N na planta proveniente da raiz do AV (%NppRAV) ocorreu decréscimo com a aplicação de N mineral. Conforme se observa na Figura 4B ocorreram diferenças entre os AV, sendo na média geral de 2,52% para a crotalária e de 1,35% para o milheto (Tabela 3). As maiores diferenças são observadas no tratamento controle e na dose de 200 mg vaso^{-1}, sendo os maiores valores obtidos com a crotalária. A diferença entre os AV foi de aproximadamente 50%. Os valor encontrado por Espinal (2008) foi de 2,5% de NppRAV para ambos os AV.

A diferença entre os AV está relacionada com a relação C/N desses materiais, entretanto outros estudos demonstram que as relações lignina/N, polifenóis/N e lignina + polifenóis podem influenciar decomposição/mineralização (Oliveira et al., 2012). Em relação à lignina somente um grupo especifico de microorganismos é responsável pela degradação e os polifenóis têm um papel de proteção aos resíduos vegetais ao ataque de microorganismos. Outros fatores podem ter influenciado na decomposição da matéria orgânica entre eles estão as características químicas, físicas e mineralógicas do solo e a temperatura, umidade e aeração.

A quantidade de N na planta proveniente da PA do AV (QNppPAAV) para a PA do morangueiro apresentou diferenças entre os AV, sendo de 14 mg vaso^{-1} para a crotalária na média geral e de 9,96 mg vaso^{-1} para o milheto (Tabela 3). A diferença entre a crotalária e o milheto foi de aproximadamente 28,8%. Conforme se observa na Figura 5A, na PA ocorreu decréscimo da QNppPAAV para a crotalária e aumento para o milheto. A redução da QNppPAAV para a crotalária ocorreu do tratamento controle para a maior dose de N aplicada, enquanto que para o milheto o maior QNppPAAV (12,3 mg vaso^{-1}) foi obtido com a aplicação de 458 mg vaso^{-1}. O maior valor obtido com o milheto foi inferior ao valor obtido com o tratamento controle da crotalária (16,56 mg vaso^{-1}). As maiores diferenças são observadas no tratamento controle e na dose de 200 mg vaso^{-1}.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

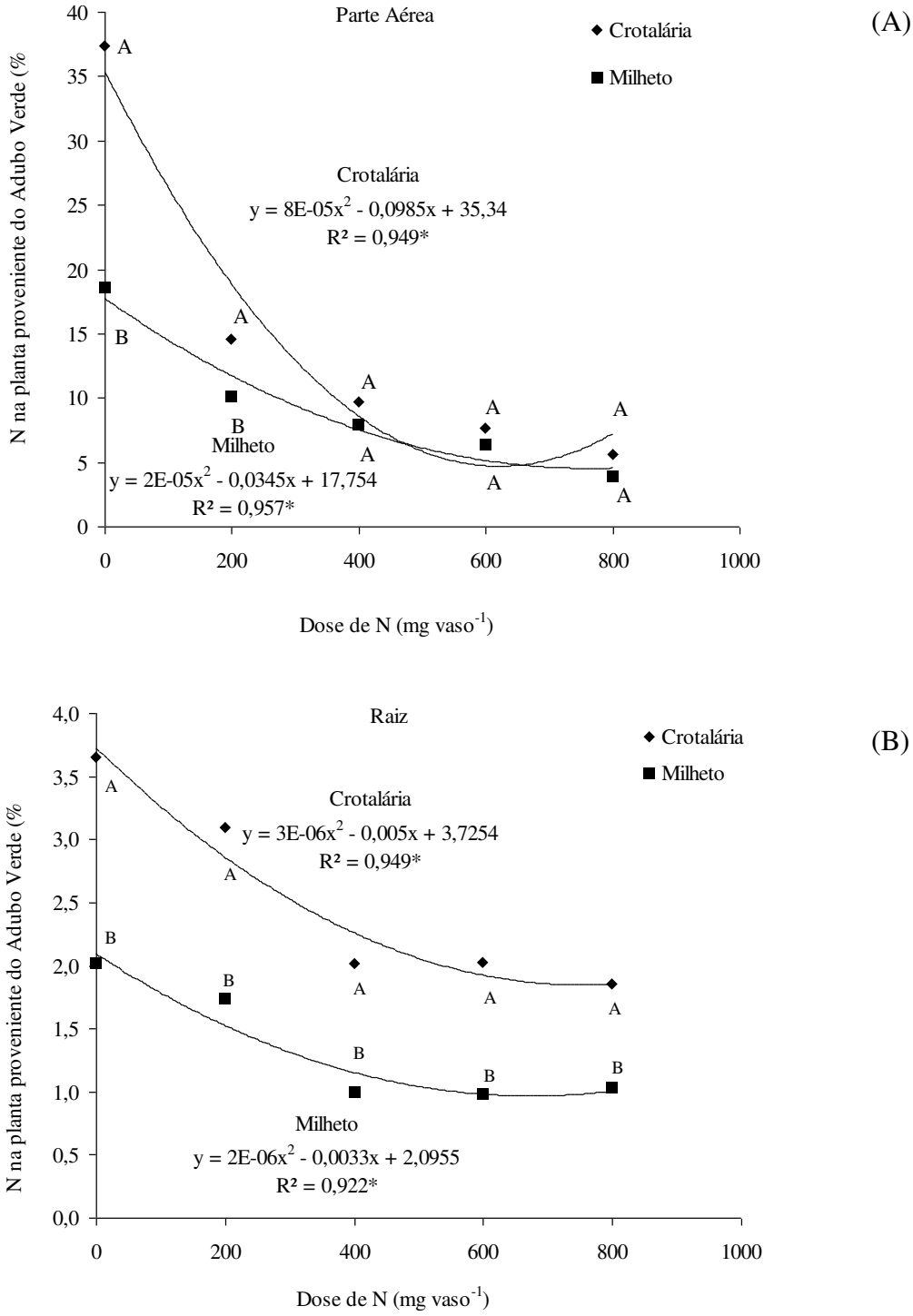

Figura 4. Nitrogênio na planta proveniente do adubo verde na parte aérea do morangueiro, contribuição da parte aérea (A) e das raízes (B) dos adubos verdes. * Significativo a 5%. Letras iguais na mesma dose de N, comparando-se os adubos verdes, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Em relação a quantidade de N na planta proveniente da raiz do AV (QNppRAV) ocorreu aumento com a aplicação de N mineral. Conforme se observa na Figura 5B ocorreram diferenças entre os AV, sendo na média geral de 2,76 mg vaso^{-1} para a crotalária e de 1,37 mg vaso^{-1} para o milheto (Tabela 3). Em todos os tratamentos foram observadas

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

diferenças entre os AV, sendo os maiores valores obtidos com a crotalária, com diferenças de até 55%.

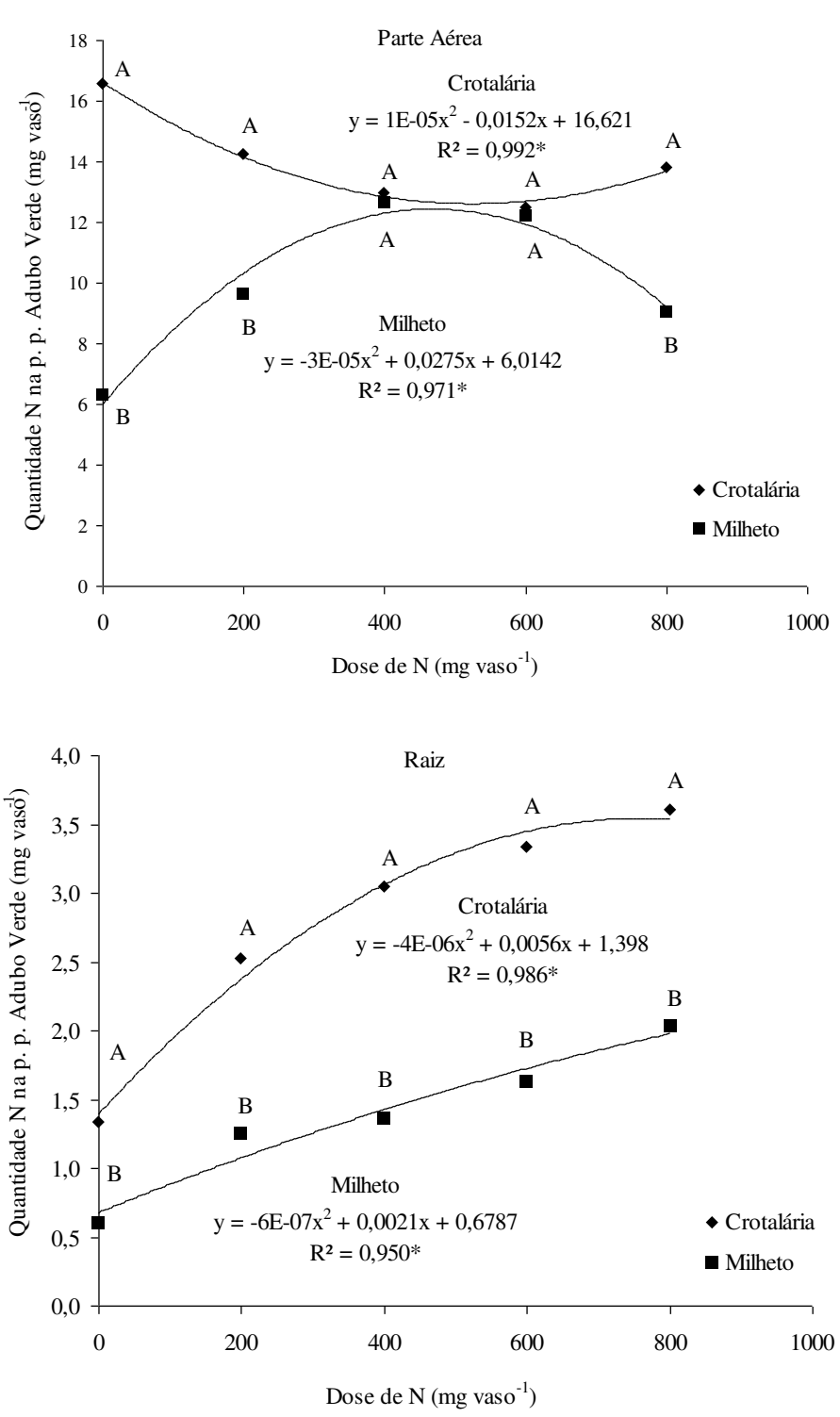

Figura 5. Quantidade de N na planta proveniente do adubo verde na parte aérea do morangueiro, contribuição da parte aérea (A) e das raízes (B) dos adubos verdes. * Significativo a 5%. Letras iguais na mesma dose de N, comparando-se os adubos verdes, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

A porcentagem de aproveitamento do N proveniente da PA do AV (%ANppPAAV) para a PA do morangueiro apresentou diferenças entre os AV, sendo de 12,8% para a crotalária na média geral e de 9,0% para o milheto (Tabela 3). A diferença da crotalária para o milheto foi ao redor de 29,5%. Conforme se observa na Figura 6A na PA ocorreu um decréscimo da %ANppPAAV para a crotalária e um aumento para o milheto..

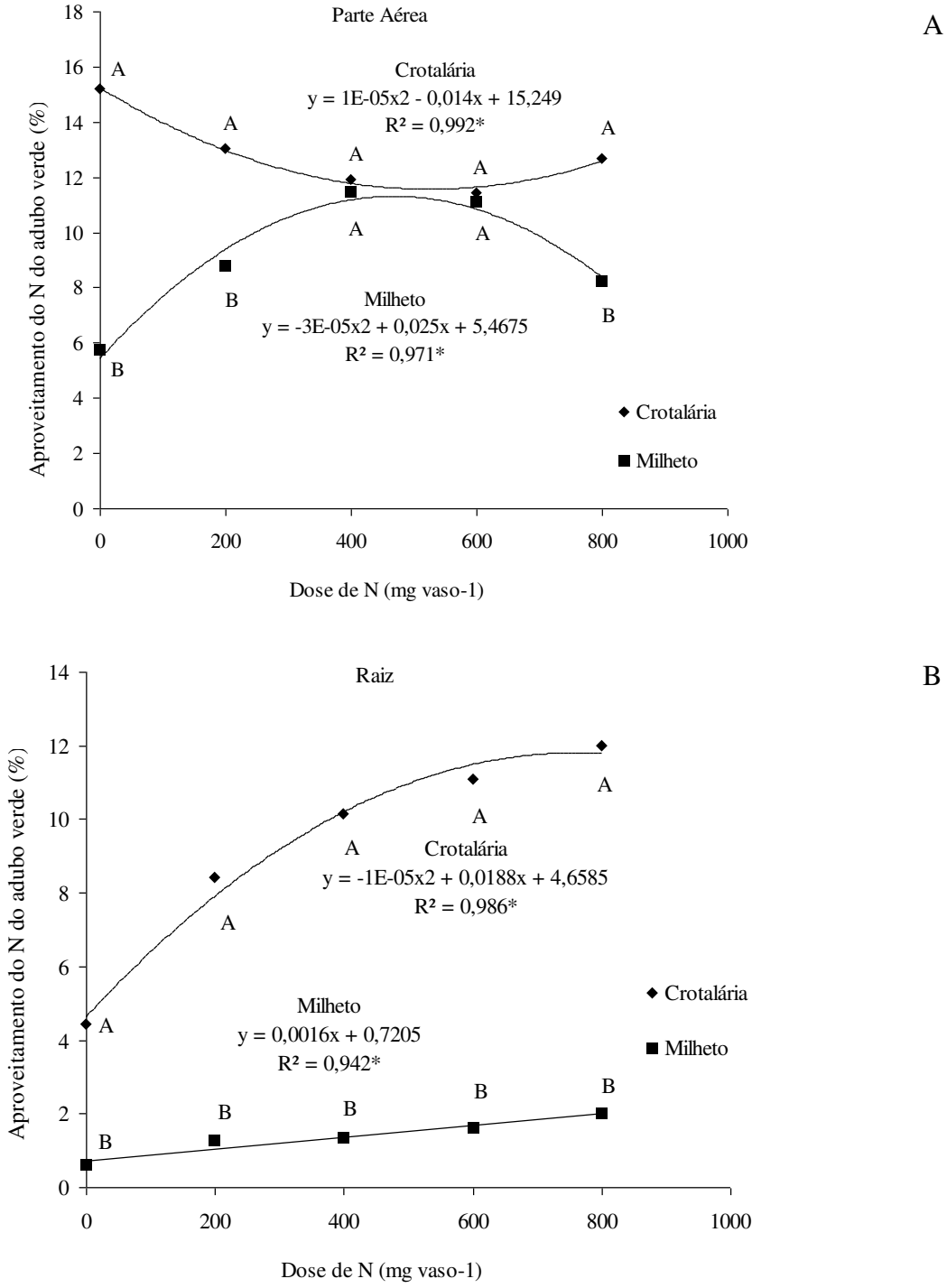

Figura 6. Aproveitamento do N proveniente do adubo verde na parte aérea do morangueiro, contribuição da parte aérea (A) e das raízes (B) dos adubos verdes. * Significativo a 5%. Letras iguais na mesma dose de N, comparando-se os adubos verdes, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Em relação a porcentagem de aproveitamento do N proveniente da raiz do AV (%ANppRAV) ocorreu aumento com a aplicação de N mineral. Conforme se observa na Figura 6B ocorreram diferenças entre os AV, sendo na média geral de 9,2% para a crotalária e de 1,36% para o milheto (Tabela 3). Em todos os tratamentos foram observadas diferenças entre os AV, sendo os maiores valores obtidos com a crotalária, com diferenças de até 83%.

Espinal (2008) encontrou 9,6 e 4,6% de %ANppPAAV, respectivamente para crotalária e milheto, para parte aérea do arroz. Para a %ANppRAV o autor encontrou 6,3 e 5,3% respectivamente para crotalária e milheto. Araújo et al. (2011) estudando o aproveitamento de N contido em AV para o cultivo do repolho encontraram aproveitamento de 16% com feijão-de-porco, 9% com mucuna e 8% com sorgo. Os resultados obtidos pelos autores com feijão-de-porco e sorgo estão próximos ao obtido com a crotalária e milheto com aproveitamento médio de 12,8 e 9%, respectivamente.

O menor aproveitamento do N das raízes em relação ao N da parte aérea dos AV está relacionada a menor concentração de carboidratos solúveis e a maior concentração de lignina e polímeros fenólicos nas raízes em relação a parte aérea (Gallet & Lebreton, 1995).

Apesar das avaliações compartimento, ou seja, o N derivado da raiz ou da PA dos AV calculou-se o aproveitamento total do N contido na PA e nas raízes dos AV pela PA do morangueiro, considerando-se as duas fontes de N (raiz e PA) dos tratamentos os quais continham essas fontes marcadas com ^{15}N para os respectivos AV. Conforme se observa na Figura 7 a adição de N mineral para a crotalária não promoveu um melhor aproveitamento do N, sendo menor em relação ao tratamento controle. Para o milheto ocorreu um aumento do aproveitamento do N em função das doses de N mineral aplicadas, sendo o maior aproveitamento obtido (8,4%) com a aplicação de 460 mg vaso^{-1} de N mineral.

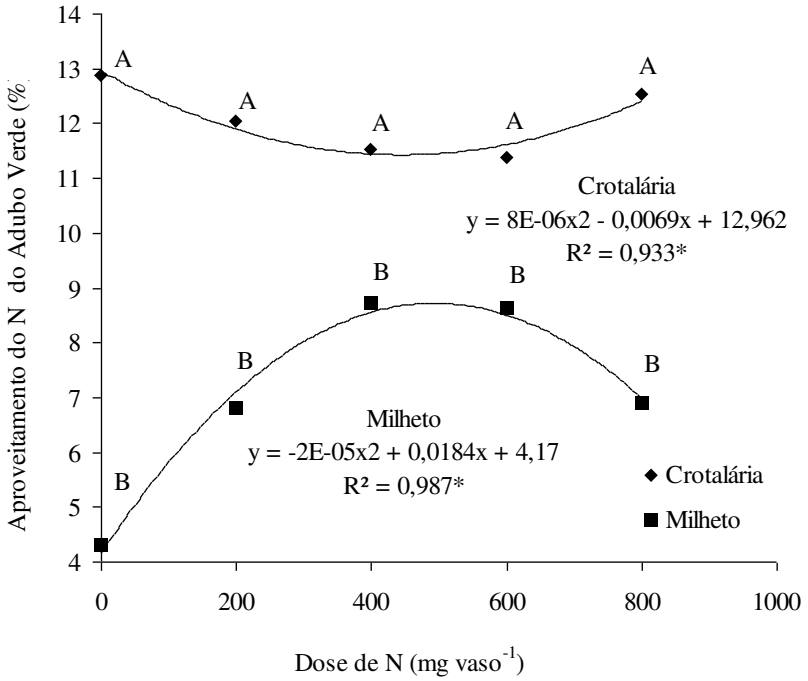

Figura 7. Aproveitamento total do N proveniente do adubo verde na parte aérea do morangueiro, considerando parte aérea e raiz do adubo verde. * Significativo a 5%. Letras iguais na mesma dose de N, comparando-se os adubos verdes, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

O maior aproveitamento de N neste caso foi obtido com a crotalária. Em média, a crotalária apresentou 12,06% de aproveitamento enquanto o milheto apresentou 7,06% de aproveitamento. A

diferença entre os AV foi de 41% e todos os tratamentos apresentaram diferenças entre os AV. Aproveitamentos de N obtido através do ^{15}N são poucos para as culturas olerícolas, sobretudo com a utilização de crotalária e milheto como fontes de N. Aproveitamento de 19% do N contido na crotalária foi obtido com cana-de-açúcar (Ambrossano et al., 2011) e valores de 17,5% para milheto e 26,1% para crotalária foram obtidos com milho (Silva et al., 2009).

Para a cultura do morango Monroy et al. (2002) encontraram aproveitamento de 22% da aplicação de sulfato de amônio aos 91 dias após o transplante, valor este superior aos resultados obtidos. Entretanto trata-se do aproveitamento de uma fonte solúvel de N em relação aos dados obtidos no presente trabalho, porem o aproveitamento de N da crotalária alcançou até 13%.

Conclusão

O maior aproveitamento de N, seja da PA ou raiz, foi obtido com a crotalária, inclusive no tratamento sem aplicação de N mineral.

Agradecimentos

À CAPES pela bolsa de pós-doutorado do primeiro autor e auxilio financeiro através do projeto de pesquisa AUX-PE-PNPD 2202/2009.

Referências

ACUÑA-MALDONADO, L.E.; PRITTS, M.P. Carbon and nitrogen reserves in perennial strawberry affect plant growth and yield. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 133, n. 6, p. 735-742, 2008.

ARAÚJO, E.S.; GUERRA, J.G.M.; ESPINDOLA, J.A.A.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M.; MARTELLETO, L.A.P.; ALVES, B.J.R. Recuperação no sistema solo planta de nitrogênio derivado da adubação verde aplicada à cultura do repolho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.7, p.729-735, 2011.

AMBROSSANO, E.J.; TRIVELIN, P.C.O.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G.M.B.; SCHAMMASS, E.A.; MURAOKA, T.; ROSSI, F. 15N‑labeled nitrogen from green manure and ammonium sulfate utilization by the sugarcane ratoon. **Scientia Agricola**, v.68, n.3, p.361-368, 2011.

BARRIE, A.; PROSSER, S.J. Automated analysis of light-element stable isotopes by isotope ratio mass spectrometry. In: BOUTTON, T.W.; YAMASAKI, S. **Mass Spectrometry of soils**. New York-EUA: Marcel Dekker, 1996, p. 1-46.

OLIVEIRA, L.B.; ACCIOLY, A.M.A.; MENEZES, R.S.C.; ALVES, R.N.; BARBOSA, F.S.; SANTOS, C.L.R. Parâmetros indicadores do potencial de mineralização do nitrogênio de compostos orgânicos. **Idesia**, v. 30, n. 1, p.65-73, 2012.

CAHADIA, L. C. Fertirrigación: Cultivos hortícolas y ornamentales. Espanha: Ediciones Mundi Prensa, 1998. 475p.

CASTRO, C. M.; ALVES, B. J. R.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.8, p.779-785, 2004.

DARNELL, R.; STUTTE, G.W. Nitrate concentration effects on NO_3-N uptake and reduction, growth, and fruit yield in strawberry. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 125, n. 5, p. 560–563, 2001.

ESPINAL, F.S.C. **Adubação nitrogenada com uréia e adubos verdes na cultura do arroz e efeito residual no feijoeiro**. Piracicaba-SP: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2008. 96p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2008.

GALLET, C.; LEBRETON, P. Evolution of phenolic patterns in plants and associated litters and humus of a mountain forest ecosystem. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 27, n.1, p. 157- 166, 1995.

HOCHMUTH, G.J.; ALBREGTS, E.E.; CHANDLER, C.C.; CORNELL, J.; HARRISON, J. Nitrogen fertigation requirements of drip-irrigated strawberries. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v.121, p.660-665, 1996.

IAEA - International Atomic Energy Agency. Use of isotope and radiation methods in soil and water management and crop nutrition. Vienna: IAEA, 2001. 247p. (Training course series, 14).

KHAN, D.F.; PEOPLES, M.B.; HERRIDGE, D.F. Quantifying below-ground nitrogen of legumes. 1. Optimising procedures for ^{15}N shoot-labelling. **Plant and Soil**, v. 245, n. 2, p. 327-334, 2002.

KIEHL, E.J. Novos fertilizantes orgânicos. Piracicaba-SP: Editora Degaspari, 2010. 248p.

MONROY, J.; VERA–NUÑEZ, J. A.; CARRERA, M. A.; GRAGEDA–CABRERA, O. A.; PEÑA–CABRIALES, J. J. Absorción de nitrógeno (^{15}N) y productividad del agua por el cultivo de la fresa *(Fragaria* X *ananassa)* en "El Bajio", México. **Terra**, v.20, n.1, p.65-69, 2002.

OTTO, R.F.; MORAKAMI, R.K.; REGHIN, M.Y.; CAIRES, E.F. Cultivares de morango de dia neutro: produção em função de doses de nitrogênio durante o verão. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.2, p.217-221, 2009.

PASSOS, F.A. Nutrição, adubação e calagem do morangueiro. In: DUARTE FILHO, J.; CANÇADO, G.M.A.; REGINA, M.A.; ANTUNES, L.E.C.; FADINI, M.A.M. **Morango: tecnologia de produção e processamento**. Caldas-MG: Epamig, 1999, p.159-167.

PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M.; CECON, P.R. Efeito residual da adubação verde no rendimento de brócolo (*Brassica oleraceae* L. var. Italica) cultivado em sucessão ao milho (*Zea mays* L.). **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1739-1745, 2004.

RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

REGANOLD, J.P.; ANDREWS,P.K.; REEVE, J.R.; CARPENTER-BOGGS, L.; SCHADT,C.W.; ALLDREDGE, J.R.; ROSS, C.F.; DAVIES, N.M.; ZHOU, J. Fruit and soil quality of organic and conventional strawberry agroecosystems. **PLoS ONE**, v. 5, n.9, p. e12346, 2010.

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; VILLANUEVA, F.C.A.; ESPINAL, F.S.C. Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 2, p. 118-127, 2009.

VARGAS, T.O.; DINIZ, E.R.; SANTOS, R.H.S.; LIMA, C.T.A.; URQUIAGA, S.; CECON, P.R. Influência da biomassa de leguminosas sobre a produção de repolho em dois cultivos consecutivos. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.4, p.562-568, 2011.

VÁZQUEZ-GÁLVEZ, G.; CÁRDENAS-NAVARRO, R.; LOBIT, P. Efecto del nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento de fresa regada por goteo y gravedad. **Agricultura Técnica em México**, v. 34, n. 2, p. 235-241, 2008.

VIGNOLO, G.K.; ARAÚJO, V.F.; KUNDE, R.J.; SILVEIRA, C.A.P.; ANTUNES, L.E.C. Produção de morangos a partir de fertilizantes alternativos em pré-plantio. **Ciência Rural**, v.41, n.10, p.1755-1761, 2011.