

ELLEN RÚBIA DINIZ

**EFEITO DE DOSES DE ADUBO VERDE EM CULTIVOS SUCESSIVOS DE
BRÓCOLIS, ABOBRINHA E MILHO**

Tese apresentada à Universidade Federal
de Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia,
para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

ELLEN RÚBIA DINIZ

**EFEITO DE DOSES DE ADUBO VERDE EM CULTIVOS SUCESSIVOS DE
BRÓCOLIS, ABOBRINHA E MILHO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Aprovada: 25 de fevereiro de 2011.

Prof. Mario Puiatti

Prof. Gilberto Bernardo de Freitas

Dr^a. Maria Aparecida N. Sedyama

Dr. Sanzio Mollica Vidigal

Prof. Ricardo Henrique Silva Santos
(Orientador)

BIOGRAFIA

Ellen Rúbia Diniz, filha de Luzia Fagundes Diniz e Durval Maria Diniz, nasceu em Rondonópolis no Mato Grosso em 12 de outubro de 1975.

Iniciou o curso de graduação em Agronomia em março de 1997, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, graduando em maio de 2002.

Em agosto de 2002 iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, na área de Agroecologia defendendo tese em novembro de 2004.

Em março de 2007 iniciou o curso de Doutorado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, na área de Agroecologia defendendo tese em fevereiro de 2011.

ÍNDICE

RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS.....	8

CAPÍTULO 1 - CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BRÓCOLIS ADUBADO COM DOSES DE *Mucuna pruriens* EM CASA DE VEGETAÇÃO

1- INTRODUÇÃO.....	10
2- MATERIAL E MÉTODOS.....	12
2.1- Localização e descrição do experimento.....	12
2.2- Composto orgânico.....	13
2.3- Adubo verde.....	13
2.4- Brócolis.....	15
2.5- Delineamento experimental e análise estatística.....	17
3- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4- CONCLUSÕES.....	33
5- REFERÊNCIAS.....	34

CAPÍTULO 2- DECOMPOSIÇÃO DA MASSA E MINERALIZAÇÃO DO NITROGÊNIO DE DOSES DE *Crotalaria juncea*

1- INTRODUÇÃO.....	36
2- MATERIAL E MÉTODOS.....	38
2.1- Localização e descrição do experimento.....	38
2.2- Produção do adubo verde.....	38
2.3- Decomposição do adubo verde e mineralização do nitrogênio.....	39
2.4- Delineamento experimental e análise estatística.....	40
3- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4- CONCLUSÕES.....	47
5- REFERÊNCIAS.....	48

CAPÍTULO 3 - ESTUDO DO EFEITO DE DOSES DE *Crotalaria juncea*
NO CRESCIMENTO E NA PRODUÇÃO DE BRÓCOLIS EM CAMPO

1- INTRODUÇÃO.....	50
2- MATERIAL E MÉTODOS.....	52
2.1- Localização e descrição do experimento.....	52
2.2- Composto orgânico.....	52
2.3- Adubo verde.....	53
2.4- Brócolis.....	54
2.5- Delineamento experimental e análise estatística	56
3- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4- CONCLUSÕES.....	63
5- REFERÊNCIAS	63

CAPÍTULO 4- EFEITO RESIDUAL DO ADUBO VERDE NO CULTIVO
SEQUENCIAL DE BRÓCOLIS, ABOBRINHA E MILHO

1- INTRODUÇÃO.....	65
2- MATERIAL E MÉTODOS.....	67
2.1- Localização e descrição do experimento.....	67
2.2- Composto orgânico.....	68
2.3- Adubo verde.....	68
2.4- Abobrinha italiana.....	70
2.5- Milho	71
2.6- Delineamento experimental e análise estatística	71
3- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	72
3.1- Abobrinha italiana.....	71
3.2- Milho.....	81
4- CONCLUSÕES.....	86
5- REFERÊNCIAS.....	87
DISCUSSÃO GERAL.....	90
CONCLUSÕES GERAIS.....	92

RESUMO

DINIZ, Ellen Rúbia. D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2011. **Efeito de doses de adubo verde em cultivos sucessivos de brócolis, abobrinha e milho.** Orientador: Ricardo Henrique Silva Santos. Co-orientadores: Luiz Alexandre Petterneli e Segundo Sacramento Urquiaga Caballero.

O objetivo do trabalho foi estudar o efeito de doses do adubo verde mucuna-cinza (*Mucuna pruriens*) sobre o crescimento, a produção do brócolis, a partição da massa da matéria seca e do nitrogênio na planta; estudar o crescimento e produção do brócolis cultivado com doses do adubo verde crotalária juncea (*Crotalaria juncea*) em condições de campo; estudar a decomposição e a mineralização do nitrogênio proveniente do adubo verde e avaliar o efeito residual e doses do adubo verde. Foram realizados quatro experimentos, sendo o primeiro em casa de vegetação e os outros em campo. Dois experimentos consistiram de quatro tratamentos principais com doses de 0, 3, 6, 9 t ha⁻¹ de adubo verde em base de massa seca, com adição de 12 t ha⁻¹ de composto orgânico e, dois tratamentos testemunhas: 100% da recomendação de nitrogênio mineral e testemunha absoluta. O adubo verde foi aplicado no dia do transplântio do brócolis, sendo que no primeiro experimento foi utilizado mucuna-cinza e no segundo foi utilizado crotalária juncea. Conjuntamente ao experimento de campo foi realizado outro experimento, em área anexa, para estudar a decomposição e a mineralização do nitrogênio da crotalária juncea no campo, sendo os tratamentos constituídos de três doses de adubo verde: 3, 6 e 9 t ha⁻¹ em base de matéria seca. Para isso as amostras de adubo verde foram adicionadas ao solo em área delimitada e em quantidade equivalente as dose de adubo verde, em seguida coberto com a tela de nylon. As amostras foram coletadas aos 0, 7, 15, 25, 40, 60, 90, 120 e 150 dias após. O quarto experimento avaliou-se o efeito residual do adubo verde nas mesmas parcelas experimentais do segundo experimento, em sistema de sucessão de culturas: brócolis com cultivo subsequente de abobrinha italiana seguido de milho. Não foi adicionada nenhuma fonte de nutrientes nas culturas subsequentes. A dose de 9 t ha⁻¹ de adubo verde, em casa de vegetação, proporcionou maior crescimento do brócolis. Não houve efeito dos tratamentos e nem das doses sobre a proporção de nitrogênio alocada nas diferentes partes das plantas de brócolis em relação ao total alocado na massa da planta inteira. Em média, a proporção de nitrogênio acumulada nas partes das plantas de brócolis em relação a planta inteira foram de: caule (15,26 %), pecíolo (5,51 %), folha (38,69 %), inflorescência (33,51 %) e raiz (6,84 %). O aumento da dose de adubo verde

com mucuna-cinza aumentou a produção de brócolis. Em média, o teor de nitrogênio nas partes das plantas que receberam dose de adubo verde foi: limbo foliar (2,07 %), pecíolo (0,84 %), caule (1,31 %) e inflorescência (3,28 %). O índice de colheita nas plantas que receberam adubação mineral foi maior do que o índice de colheita das plantas que receberam as doses de adubo verde. A adubação mineral aloca proporcionalmente mais massa na inflorescência. A produção de brócolis em vasos aumentou linearmente com o aumento das doses de adubo verde alcançando na maior dose 276,5 g planta⁻¹. Em condições de campo, a aplicação do adubo verde também favoreceu o maior crescimento do brócolis à medida que aumentou a dose, aumentou também a produção do brócolis, sendo a maior produção de brócolis de 344,29 g planta⁻¹ na dose de 9 t ha⁻¹ de adubo verde. Não houve efeito das doses do adubo verde sobre o teor de nitrogênio no limbo foliar das plantas de brócolis. A quantidade total de nitrogênio acumulada na planta inteira, folhas e pecíolo no cultivo com adubação mineral foi maior que a quantidade de nitrogênio acumulada nas plantas produzidas com adubo verde. A quantidade de nitrogênio acumulada na inflorescência das plantas produzidas com 9 t ha⁻¹ de adubo verde foi similar à produzida com adubação mineral. A maior produção de brócolis foi alcançada na dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde e foi similar à produção com adubação mineral. Tanto a decomposição do adubo verde quanto a mineralização do nitrogênio da crotalaria juncea não foram proporcionais às doses aplicadas. A mineralização do nitrogênio foi mais rápida que a mineralização da massa do adubo verde. O tempo geral necessário para a decomposição de 50% da massa nas doses 3, 6 e 9 t ha⁻¹ foi de 50, 102 e 119 dias e para a liberação da quantidade total do nitrogênio foi de 9, 24 e 32 dias, respectivamente. A mineralização da massa e do nitrogênio foi mais rápida na menor dose e até aos 12 dias a quantidade de nitrogênio liberada na dose 6 foi maior do que na dose 9 t ha⁻¹. Foi constatado efeito residual do adubo verde aplicado no brócolis no cultivo de abobrinha em sucessão. Houve efeito residual do nitrogênio do adubo verde na produção do milho em sucessão a abobrinha na dose de 9 t ha⁻¹, em relação a testemunha absoluta.

ABSTRACT

DINIZ, Ellen Rúbia. D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2011. **Rate effects of green manure on subsequent broccoli, zucchini and maize crops.** Adviser: Ricardo Henrique Silva Santos. Co-advisers: Luiz Alexandre Petterneli and Segundo Sacramento Urquiaga Caballero.

The objective of the research was to study the effect of rates of the green manure velvet bean (*Mucuna pruriens*) on the growth, yield, partition of dry matter and the nitrogen in the plant of broccoli; study the growth and yield of broccoli on rates of the green manure sunnhemp (*Crotalaria juncea*) in field conditions and to study the decomposition and mineralization of nitrogen from the green manure and to evaluate the residual effect and rates of green manure. Four experiments were conducted, the first in the greenhouse and the others on the field. Two experiments consisted of four main treatments with rates of 0, 3, 6, 9 t ha⁻¹ of green manure on a dry matter base, with the addition of 12 t ha⁻¹ compost and two control treatments: 100% recommendation of mineral nitrogen and absolute control. The green manure was applied on the transplanting of broccoli and in the first experiment was used velvet bean and the second was used sunnhemp. Along the field experiment was performed another experiment in an annexed area, to study the decomposition and nitrogen mineralization of sunnhemp in the field, the treatments consist of three rates of green manure: 3, 6 and 9 t ha⁻¹ in a dry matter base. For this, the samples of green manure were added to the soil in a defined area and in an amount equal to the amount of green manure and then covered with nylon fabric. The samples were collected at 0, 7, 15, 25, 40, 60, 90, 120 and 150 days. The fourth experiment evaluated the residual effect of green manure on the same plots of the second experiment, in sequence of crops: broccoli, zucchini and followed by maize. There was no source of nutrients added in subsequent crops. In a greenhouse, the rate of 9 t ha⁻¹ of green manure showed higher growth of broccoli. There was no effect of treatments and rates on the proportion of nitrogen allocated in different parts of broccoli plants in relation to the total mass allocated in the whole plant. The proportion of nitrogen accumulated in plant parts of broccoli for the whole plant was: stem (15,26%), petioles (5,51%), leaf (38,69%), inflorescence (33,51%) and root (6,84%). Increasing the rate of green manure velvet bean increased broccoli yields. The concentration of nitrogen in plant parts that received rate of green manure was: leaf (2,07%), petiole (0,84%), stem (1,31%) and inflorescence (3,28%). The rate of harvest index in plants that received mineral fertilizer was higher than the harvest index for

plants receiving rates of green manure. The mineral fertilization allocates proportionally more mass in the inflorescence. The broccoli yield in pots increased linearly with increasing rates of green manure at the highest rate reaching 276,5 g plant⁻¹. In field conditions, the application of green manure also takes to higher growth of broccoli as the rate increased and also increased the broccoli yield with the largest yield of 344,29 g plant⁻¹ of broccoli at a green manure rate of 9 t ha⁻¹. No effect of rates of green manure on the nitrogen content in the leaves of broccoli plants. The total amount of nitrogen accumulated in the whole plant, leaves and petioles in medium with mineral fertilizer was greater than the amount of nitrogen accumulated in plants grown with green manure. The amount of nitrogen accumulated in the inflorescence of plants grown with 9 t ha⁻¹ green manure was similar to that produced with mineral fertilizers. The highest yield of broccoli was achieved at rate 9 t ha⁻¹ and green manure production was similar with mineral fertilizer. Both of the decomposition of green manure biomass and the mineralization of nitrogen of sunnhemp were not proportional to the applied rates. The nitrogen mineralization was faster than the mineralization of green manure mass. The overall time required for decomposition of 50% of the mass in rates of 3, 6 and 9 t ha⁻¹ was 50, 102 and 119 days and the release of the total quantity of nitrogen was 9, 24 and 32 days respectively. The mass and mineralization of nitrogen was more rapid in the lowest rate and up to 12 days the amount of nitrogen released into the 6 rate was higher than the rate of 9 t ha⁻¹. It was observed residual effect of green manure applied in the cultivation of broccoli in succession of zucchini plants. There was residual effect of nitrogen from green manure in maize production in subsequent zucchini crop in rate of 9 t ha⁻¹, for absolute control.

INTRODUÇÃO GERAL

O estudo de práticas agrícolas como a adubação verde é fundamental para o sistema agrícola por ser um processo biológico, com uso de recurso local, de baixo custo energético e menos dependente da indústria, além de promover a diversidade dentro do sistema de produção.

Além do potencial de fornecer nutrientes, principalmente o nitrogênio atmosférico, 23 a 313 kg ha⁻¹ (Carvalho *et al.*, 2006), os adubos verdes apresentam características como a proteção do solo dos agentes climáticos (Nascimento & Lombardi Neto, 1999), contribui para o controle de espécies de ocorrência espontânea (Erasmus *et al.*, 2004), diminui o teor de Al⁺³ pela complexação (Pypers *et al.*, 2005), aumenta a população de fungos micorrízicos (Germani & Plenchette, 2005) e contribui para a disponibilização do fósforo (Randhawa *et al.*, 2005). Os adubos verdes ainda atuam na mobilização e ciclagem de nutrientes de camadas profundas (Duda *et al.*, 2003) e no acúmulo de nutrientes nas camadas superficiais do solo (Perin *et al.*, 2004).

A taxa de decomposição e mineralização do nitrogênio orgânico estão relacionados com a composição química e bioquímica dos adubos verdes. Características como o teor de nitrogênio, lignina e polifenóis e suas relações, associadas a outros fatores como o clima, ação dos micro-organismos e condições edáficas, estão diretamente relacionados ao processo de decomposição, acelerando ou retardando a mineralização da massa vegetal e dos nutrientes. Palm *et al.* (2001) sugerem que plantas utilizadas como adubos verdes em cultivos anuais devem ter o seu teor de nitrogênio maior do que 2,5 %, lignina e polifenóis abaixo de 15 e 4 % respectivamente, característica da maioria das leguminosas anuais.

O potencial de mineralização e imobilização do nitrogênio no solo foi estudado por Matos *et al.* (2008) em quatro leguminosas (*Arachis pintoi*, *Calopogonium mucunoides*, *Stylozanthos guyanensis* e *Stizolobium aterrimum*). A relação C/N das leguminosas variou de 12,1 a 15,8 %; o teor de celulose variou entre 27,8 e 32,3 %, de polifenóis variou entre 1,19 a 2,04 % e o teor de lignina variou entre 6,1 e 10,5 %. Para todas as leguminosas, a mineralização do nitrogênio foi maior na primeira semana e na sétima semana após a incubação. Nas outras semanas, a imobilização do nitrogênio predominou, especialmente até a quinta semana. Depois de sete semanas, o nitrogênio total mineralizado foi semelhante em todos os resíduos.

Houve tendência de maior mineralização de nitrogênio de *C. mucunoides*, em razão das menores concentrações de polifenóis e da relação polifenol/N. A longo prazo, o teor de celulose foi o principal fator controlador da mineralização de nitrogênio (Matos *et al.*, 2008).

Ao trabalharem com doze diferentes espécies, variedades e diferentes partes das plantas, Cobo *et al.* (2002) verificaram que mesmo plantas da mesma espécie podem apresentar concentrações de nutrientes diferentes, o que influencia diretamente as taxas de decomposição. Além da escolha da espécie de adubo verde, da escolha da época mais apropriada para o plantio, melhor época de corte, tipo de manejo adotado, a quantidade e a qualidade da massa a ser aplicada numa determinada cultura são fatores importantes envolvidos na utilização dos adubos verdes. São poucas as pesquisas que inter-relacionam esses fatores associados à produção das culturas e sua demanda por nutrientes. São necessários estudos mais esclarecedores que contribuam com informações científicas sobre os processos envolvidos na adubação verde.

A adubação verde ainda não é uma prática comum nos sistemas de produção e os problemas a serem estudados estão relacionados principalmente com a nutrição das plantas em relação à quantidade de massa fornecida, a forma como são fornecidos e a liberação desses nutrientes em relação a principal época de demanda pela cultura principal (Diniz *et al.*, 2007). A adubação verde pode proporcionar uma alta quantidade de nitrogênio no sistema de produção, em alguns casos essa quantidade pode chegar a mais de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio, principalmente se for considerado o nitrogênio presente nas raízes (Khan *et al.*, 2002). Esse nitrogênio pode ser aproveitado pra nutrir as culturas principais e favorecer a ciclagem de nutrientes no sistema.

A viabilidade da utilização de adubos verdes deve ser alvo de estudo científico visando encontrar informações que tornem possível a difusão dessa prática agrícola. A determinação dessa sincronia entre a aplicação dos adubos verdes e a demanda de nutrientes pelas culturas é o ponto chave para se obter maior eficiência na nutrição das culturas e na utilização do nitrogênio derivado da fixação biológica de nitrogênio (FBN) e da leguminosa.

São escassos trabalhos científicos que relatam o comportamento das plantas cultivadas com diferentes doses de adubos verdes. A comparação de resultados de diferentes artigos é difícil, pois os estudos com adubos verdes não relacionam as

doses utilizadas com as quantidades de nutrientes aplicados associando-os à produção ou crescimento das culturas.

Para melhor compreensão teórica, tanto dos processos que acontecem quando se utiliza adubos verde, quanto do comportamento do crescimento e da produção da cultura, foi estabelecida três hipóteses sobre o efeito da adubação verde sobre o crescimento e a produção do brócolis à medida que aumenta a dose do adubo verde. A Figura 1 exemplifica qualitativamente as três hipóteses.

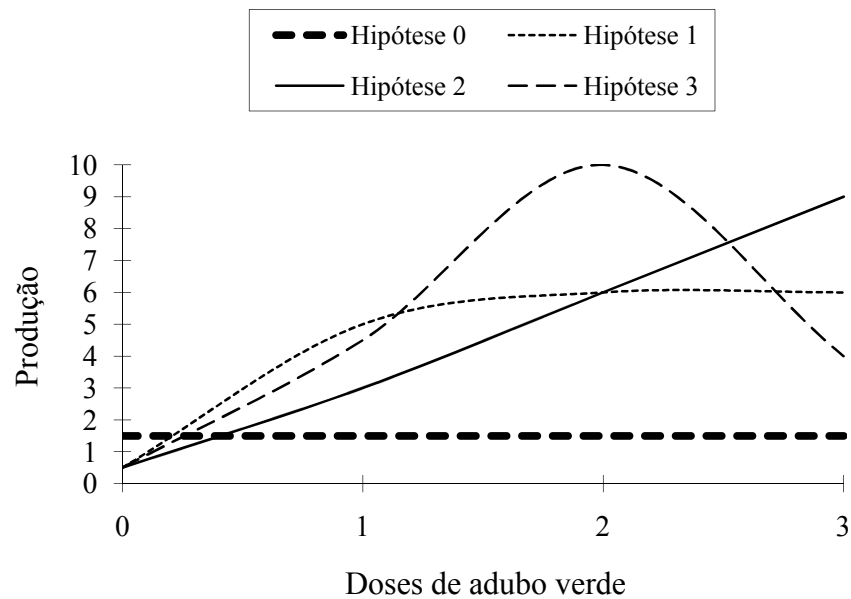


Figura 1. Possíveis efeitos das doses de adubo verde sobre a produção das culturas no cultivo sucessivo de brócolis-abobrinha-milho.

Para cada hipótese foi feito um fluxograma para apresentar as possíveis relações de causa e efeitos das doses do adubo verde sobre a produção do brócolis. O primeiro fluxograma (Figura 2), apresenta as prováveis causas do aumento e posterior estabilização da produção do brócolis (Hipótese 1), à medida que aumenta a dose de adubo verde. O questionamento a ser feito é por que a produção ficaria estável a partir de certa dose do adubo verde? A primeira possibilidade (a), seria devido a cultura do brócolis não atingir o seu máximo potencial produtivo com as doses aplicadas e, a diferença entre essas doses não seriam suficientes para obter incremento de produção (Figura 1). Possivelmente, a planta de brócolis poderia não

atingir o seu máximo potencial produtivo devido ao aumento do crescimento vegetativo em detrimento do reprodutivo (c), ou devido ao crescimento reduzido das plantas de brócolis com as doses de adubo verde aplicadas (d). O baixo crescimento das plantas de brócolis (d) pode ser explicado pela falta de sincronia entre a liberação de nutrientes do adubo verde e a absorção pela cultura (e), ou pela forma de aplicação do adubo verde conforme o manejo adotado (f). Na segunda possibilidade (b), as doses aplicadas poderiam ser suficientes para que a cultura do brócolis atingisse o seu máximo potencial produtivo, já nas doses mais baixas, não respondendo a doses maiores, estabilizando a produção (Figura 1).

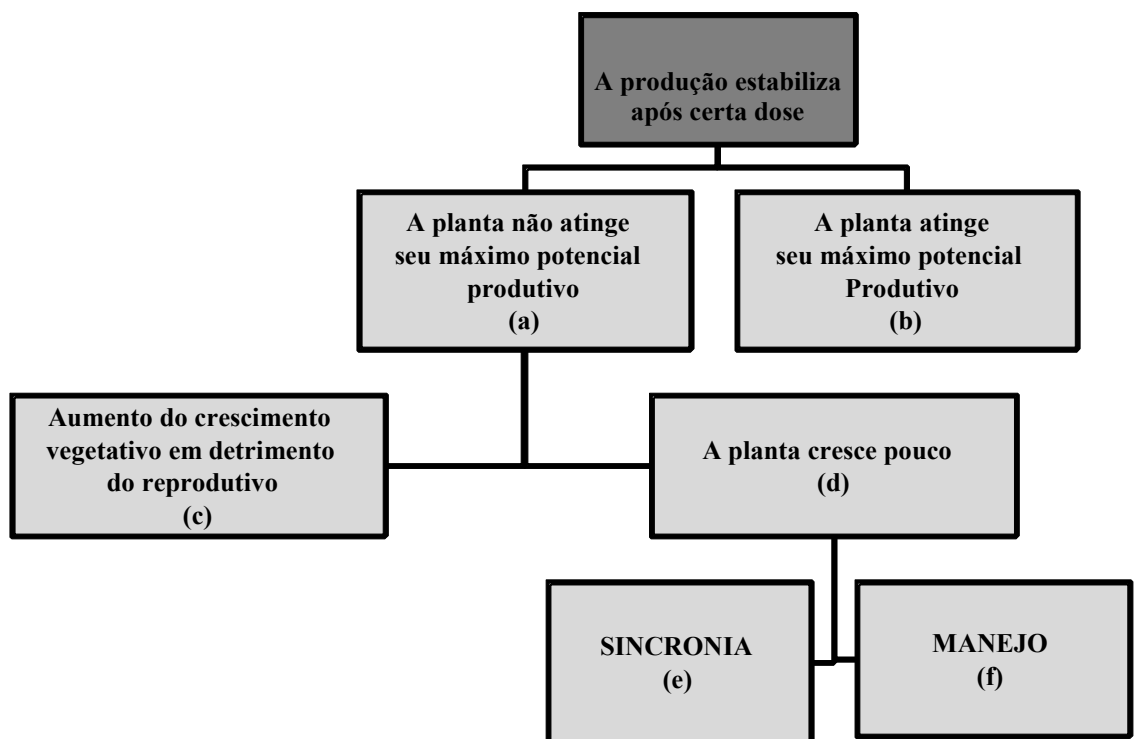


Figura 2. Fluxograma da hipótese 1. O aumento da dose de adubo verde não eleva a produção da cultura ou a produção de brócolis estabiliza a partir de certa dose de adubo verde.

O segundo fluxograma (Figura 3), apresenta prováveis causas do aumento linear da produção do brócolis, à medida que aumenta a dose de adubo verde (Hipótese 2). Neste caso o questionamento é: por que a produção das plantas de brócolis aumentaria linearmente com o aumento das doses do adubo verde? A primeira possibilidade (a) é de que o crescimento das plantas de brócolis seja similar mesmo com o aumento das doses de adubo verde (b), contudo, a produção

aumentaria à medida que aumentasse as doses de adubo verde. Dessa forma, as plantas com maior produção teriam índice de colheita mais elevado (c). Entretanto, o crescimento das plantas também poderia elevar com o aumento das doses de adubo verde (b), neste caso, a elevação do crescimento das plantas poderia ser atribuída à maior disponibilidade de água no solo (d), ou pelo aumento da disponibilidade de nutrientes à medida que aumenta a dose de adubo verde (e). Com isso, as plantas com maior crescimento resultariam também em produção mais elevada. O aumento da dose do adubo verde pode contribuir para aumentar a disponibilidade dos nutrientes, com o maior fornecimento da massa de adubo verde (g), ou disponibilizando os nutrientes que já tinham no solo (efeito primming) (f) (Figura 3).

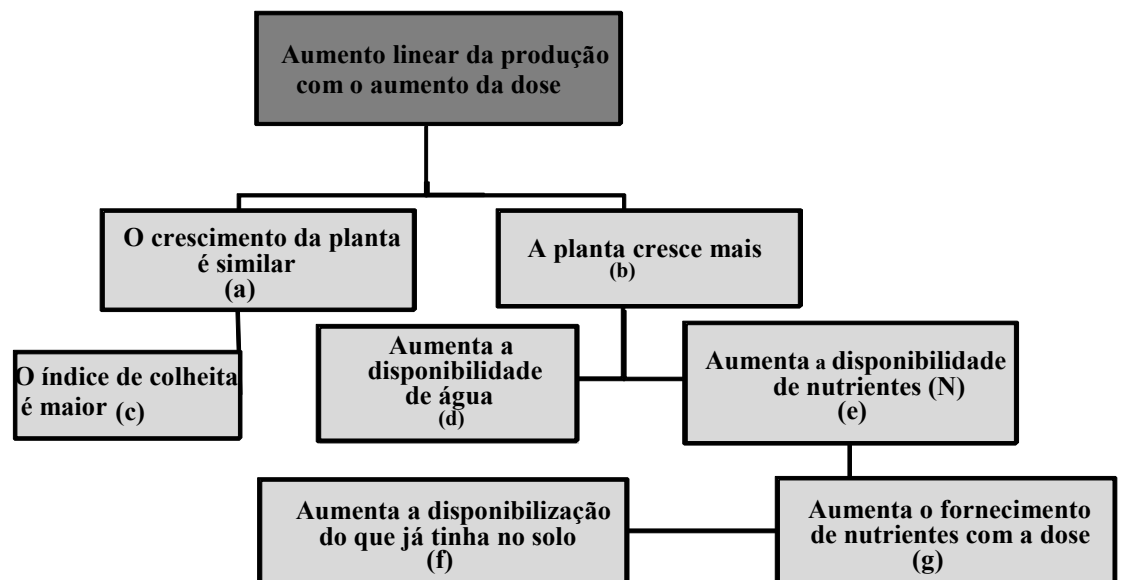


Figura 3. Fluxograma da hipótese 2. A produção do brócolis aumenta linearmente com o aumento da dose de adubo verde.

O terceiro fluxograma (Figura 4), apresenta as prováveis causas do aumento e posterior queda de produção do brócolis com o aumento das doses do adubo verde (Hipótese 3). Por que a planta de brócolis aumentaria a produção com o aumento das doses do adubo verde, com uma posterior queda? Para explicar esse efeito, a primeira possibilidade (a) é de que depois de determinada dose de adubo verde o crescimento da planta reduziria, diminuindo também a produção. Essa redução do crescimento da planta poderia estar sendo causada por fitotoxidez (c) ou por um desbalanço nutricional (d). A segunda possibilidade é de que o crescimento das plantas de

brócolis poderia ocorrer normalmente e a redução seria somente na produção (b) (Figura 4).

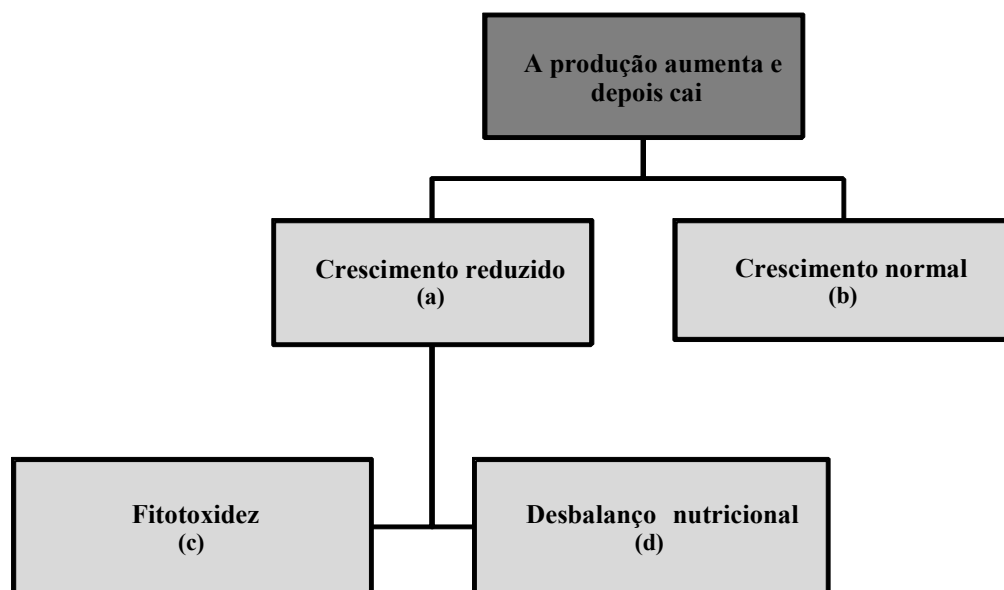


Figura 4. Fluxograma da hipótese 3. A produção da cultura aumenta inicialmente com o aumento da dose de adubo verde, e depois de certa dose a produção cai.

Quando se trata de culturas de ciclo curto, como as olerícolas, nem todo o nitrogênio do adubo verde é aproveitado num único ciclo de cultivo, mesmo que o adubo verde tenha uma alta taxa de decomposição e mineralização. Em curto prazo, em apenas um ciclo de cultivo de olerícola, apenas parte do nitrogênio contido no adubo verde pode ser considerado no suprimento nitrogenado da cultura. Parte do nitrogênio pode ser perdida por lixiviação ou volatilização. A outra parte do nitrogênio do adubo verde não aproveitada neste ciclo de cultivo vai para a matéria orgânica do solo e parte ainda fica no material vegetal ainda em decomposição, até que o adubo verde se decomponha completamente. Esse nitrogênio residual deve ser considerado e pode ser aproveitado por culturas subsequentes em um sistema de sucessão.

O principal destino do N-fertilizante não absorvido pelas plantas é o solo. Esse nitrogênio fica na camada superficial se incorpora a microbiota do solo e posteriormente na sua matéria orgânica (Gava *et al.*, 2006). Entretanto, ainda não se sabe o destino desse nitrogênio nos compartimentos da matéria orgânica do solo, nem a intensidade e a durabilidade do efeito residual para as culturas subsequentes. É

importante quantificar e monitorar esse efeito residual visando aumentar o benefício agrônomico da utilização do nitrogênio derivado do adubo verde nos sistemas de cultivos. Considerando esse efeito residual é possível diminuir a quantidade da adubação nitrogenada nas culturas. Esse efeito residual da adubação verde pode ser monitorado através de um sistema de sucessão de culturas olerícolas. Entretanto ainda não se sabe nem a intensidade e nem a durabilidade do efeito residual para as culturas subsequentes.

O efeito residual do nitrogênio do adubo verde num sistema de sucessão de culturas olerícolas pode estar relacionado com sua forma química no solo, ou também com a quantidade de nitrogênio na forma orgânica aplicada, assim como transformações do nitrogênio nos diversos compartimentos da matéria orgânica do solo. É importante quantificar e monitorar esse efeito residual visando aumentar o benefício agrônomico da utilização do nitrogênio derivado do adubo verde nos sistemas de cultivos.

A hipótese levantada para o estudo do efeito residual da adubação verde é que a adubação verde possui efeito residual no solo. A partir dessa hipótese, o objetivo foi de estudar o efeito de doses de adubo verde sobre o crescimento e a produção do brócolis. Para isso, foi montado inicialmente um experimento (Capítulo 1) para avaliar o efeito das doses do adubo verde mucuna-cinza sobre o crescimento e a produção do brócolis e sobre a partição da massa da matéria seca e do nitrogênio nas partes da planta.

Também foi estudada a decomposição e a mineralização do nitrogênio das doses de adubo verde aplicadas no campo (Capítulo 2). O estudo do crescimento e da produção do brócolis cultivado com doses do adubo verde crotalária em condições de campo está descrito no Capítulo 3. O efeito residual do adubo verde foi avaliado num esquema de sucessão de culturas após o cultivo de brócolis, com os cultivos de abobrinha italiana seguido de milho verde sem a adição de fertilizantes (Capítulo 4).

REFERÊNCIAS

CARVALHO AM; AMABILE RF. 2006. Cerrado: adubação verde. Planaltina,DF: Embrapa Cerrados, 369p.

COBO JG; BARRIOS E; KASS DCL; THOMAS RJ. 2002. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. *Plant and Soil* 240: 331-342.

DINIZ ER; SANTOS RHS; URQUIAGA S; PETERNELLI L A; BARRELLA T P; FREITAS G B. 2007. Green manure incorporation timing for organically grown broccoli. *Pesquisa agropecuária brasileira* 42: 199-206.

DUDA GP; GUERRA JGM; MONTEIRO MT; DE-POLLI H; TEIXEIRA MG. 2003. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. *Scientia Agricola* 60: 139-147.

ERASMO EAL; AZEVEDO WR; SARMENTO RA; CUNHA AM; GARCIA SLR. 2004. Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas daninhas. *Planta Daninha* 22: 337-342.

GAVA GJC; TRIVELIN PCO; OLIVEIRA MW; HEINRICHS R; SILVA MA. 2006. Balanço do nitrogênio da uréia (¹⁵N) no sistema solo-planta na implantação da semeadura direta na cultura do milho. *Bragantia* 65: 477-486.

GERMANI G; PLENCHETTE C. 2005. Potential of *Crotalaria* species as green manure crops for the management of pathogenic nematodes and beneficial mycorrhizal fungi. *Plant and Soil* 266: 333-342.

KHAN DF; PEOPLES MB; CHALK PM; HERRIDGE DF. 2002. Quantifying below-ground nitrogen of legumes. A comparison of ¹⁵N and non isotopic methods. *Plant and Soil* 239: 277-289.

MATOS; SÁ MENDONÇA; LIMA PC; COELHO MS; MATEUS RF; CARDOSO IM. 2008. Green manure in coffee systems in the region of Zona da Mata, Minas Gerais: characteristics and kinetics of carbon and nitrogen mineralization. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32: 2027-2035.

NASCIMENTO PC; LOMBARDI NETO F. 1999. Razão de perdas de solo sob cultivo de três leguminosas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 23: 121-125.

PALM CA; CATHERINE CN; DELVE RJ; CADISCH G; GILLER KE. 2001. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. *Agriculture Ecosystems and Environment* 83: 27-42.

PERIN A; SANTOS RHS; URQUIAGA S; GUERRA JGM.; CECON PR. 2004. Efeito residual da adubação verde no rendimento de brócolo (*Brassica oleraceae* L. var. *italica*) cultivado em sucessão ao milho (*Zea mays* L.). *Ciência Rural* 34: 1739-1745.

PYPERS P; VERSTRAETE S; THI CP; MERCKX R. 2005. Changes in mineral nitrogen, phosphorus availability and salt-extractable aluminium following the application of green manure residues in two weathered soils of South Vietnam. *Soil Biol. Biochem* 37: 163-172.

RANDHAWA PS; CONDRON LM; DI HJ; SINJAD S; MCLENAGHEN RD. 2005. Effect of green manure addition on soil organic phosphorous mineralisation, *Nutr. Cycl. Agroecosyst* 73: 181-189.

SILVA IR; MENDONÇA E SÁ. 2007. Matéria Orgânica do Solo. In: NOVAIS RF; ALVAREZ VH; BARROS NF; CANTARUTTI R B; NEVES JCL. eds. Fertilidade do Solo. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 275-374.

CAPÍTULO 1

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BRÓCOLIS ADUBADO COM DOSES DE *Mucuna pruriens* EM CASA DE VEGETAÇÃO

1- INTRODUÇÃO

Os efeitos de doses de adubos verdes na produção de olerícolas ainda são pouco conhecidos. São escassos os trabalhos científicos que demonstram o comportamento das plantas quando cultivadas com doses de adubos verdes. No entanto trabalhos com adubos orgânicos indicam que o aumento da dose pode alterar algumas características da planta.

O fornecimento de 4, 8 ou 12 t ha⁻¹ de massa do adubo verde mucuna-cinza (*Mucuna pruriens*) associados a 12 t ha⁻¹ de composto orgânico, embora não tenha elevado, a produtividade do brócolis, aumentou da transferência do nitrogênio provenientes da fixação biológica no brócolis com o aumento da dose, sendo 35,81 % de nitrogênio derivado da FBN na maior dose (Siqueira *et al.*, 2009). O efeito da aplicação de 0 a 80 t ha⁻¹ de composto orgânico sobre produção e qualidade da alface americana, resultou em comportamento quadrático, em todas as características avaliadas, sendo que a dose que proporcionou a máxima produção foi estimada na dose de 57 t ha⁻¹ (Yuri *et al.*, 2004).

A aplicação de doses crescentes de esterco de curral curtido (40, 80, 120 e 160 g de N planta⁻¹) para produção de maracujá doce resultou no aumento do número de frutos até a dose de 80 g de N planta⁻¹. A partir dessa dose a planta vegetou mais que produziu, efeito atribuído ao excesso de nitrogênio e outros nutrientes (Damato Junior *et al.*, 2005). Utilizando “cama” de aviário, nas doses de 12, 24 e 36 t ha⁻¹ como adubação suplementar à adubação verde na produção de repolho, Oliveira *et al.* (2003) constataram aumentos dos teores de nutrientes nos tecidos foliares diretamente proporcionais às doses. Também houve aumento da biomassa total da parte aérea, peso da cabeça e da produtividade, além de redução do ciclo da cultura com o aumento da dose de adubo orgânico.

A avaliação do crescimento das plantas é um aspecto fundamental para comparar os tratamentos que permitem melhor desempenho das plantas produzidas com doses de adubo verde. O crescimento da planta é avaliado diretamente pelo seu acúmulo de massa, que será tanto maior quanto melhores foram as condições do

ambiente onde a planta se encontra. A taxa de crescimento relativo, que é o diferencial de biomassa em relação ao tempo, expressa o acúmulo de massa e demonstra a eficiência do ganho de biomassa em relação a biomassa pré-existente. Quanto maior é a sua taxa, maior será sua velocidade de crescimento. A taxa de crescimento absoluto é o ganho de massa por unidade de tempo. Em estudo de crescimento da couve-flor, em plantas adubadas com 160 kg ha^{-1} de nitrogênio mineral, a maior taxa de crescimento relativo ($0,128 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}$) ocorreu aos 28 dias após o transplante, enquanto que a taxa de crescimento absoluto apresentou aumentos contínuos atingindo o seu máximo ($8,573 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) aos 69 dias (Castoldi *et al.*, 2009). Em brócolis, a maior taxa de crescimento relativo foi na quarta semana (22 aos 28 dias) após o transplantio, com $1,15 \text{ g g}^{-1} \text{ semana}$ utilizando 25 t ha^{-1} de composto orgânico (Diniz *et al.*, 2008).

No presente trabalho o fator a ser estudado é a liberação de nitrogênio da massa do adubo verde e a sua recuperação pelas plantas de brócolis. Para entender o funcionamento dos processos envolvidos no fornecimento de nutrientes pelos adubos verdes são necessários estudos sobre o potencial dos adubos verdes em fornecer nitrogênio às culturas, visando estabelecer uma relação entre as quantidades de nitrogênio fornecidas e as extraídas pelas culturas. Para isso é fundamental uma estimativa do acúmulo de massa da matéria seca total e da quantidade de nitrogênio acumulada pela cultura principal, com a finalidade de poder calcular as quantidades necessárias de massa do adubo verde a ser fornecida. Atualmente essa estimativa é baseada em informações de plantas cultivadas com adubação mineral e sem a estimativa da massa da matéria seca da raiz da cultura principal.

Os objetivos foram avaliar o efeito de doses do adubo verde mucuna-cinza no crescimento, produção do brócolis, na partição da massa da matéria seca e do nitrogênio em plantas de brócolis.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Localização e descrição do experimento

O trabalho foi conduzido na área da Agroecologia situado no Vale da Agronomia, área pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG. O experimento foi instalado em casa de vegetação em vasos de 30 L, com área superior de 0,15 m², sendo usado 20 L de substrato e uma planta de brócolis por vaso. O substrato foi composto de uma mistura solo:areia na proporção 1:1. O substrato foi adubado uniformemente para todos os tratamentos com 300 mg dm⁻³ de fósforo, 200 mg dm⁻³ de FTE BR12 e 150 mg dm³ de potássio. O fósforo e o FTE foram aplicados durante a mistura solo:areia. O potássio foi parcelado em 4 vezes: aos 0, 15, 30 e 60 dias após o transplante. A irrigação foi feita diariamente mantendo a capacidade de campo do solo e, com o recolhimento e devolução da água percolada ao vaso. Os resultados da análise química da amostra do substrato utilizado consta na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise química do substrato utilizado no experimento

pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m
	--mg dm ⁻³ --		-----cmol _c /dm ³ -----							--%--	
6,6	8,5	11	1,0	0,7	0,0	3,96	1,73	1,73	5,69	30	0

Foram estabelecidos sete tratamentos, quatro principais e três testemunhas conforme a Tabela 2. Os tratamentos principais consistiram de quatro doses de adubo verde: 0, 3, 6, 9 t ha⁻¹ em base de matéria seca, com adição de 12 t ha⁻¹ de composto orgânico em base de matéria seca, conforme Diniz *et al.* (2008). Os tratamentos testemunhas consistiram de um tratamento com 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio mineral, em aplicações parceladas, segundo Fontes (1999), um tratamento com 25 t ha⁻¹ de composto conforme Diniz *et al.* (2008) e um como testemunha absoluta sem adição de composto orgânico ou nitrogênio mineral. A fonte de fertilizante mineral utilizada foi à uréia.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos

Tratamentos	Descrição
Test AB	Testemunha absoluta
25CP	25 t ha ⁻¹ de composto
AM	Adubação mineral
0AV+12CP	0 t ha ⁻¹ de adubo verde aplicado no transplântio + 12 t ha ⁻¹ de composto
3AV+12CP	3 t ha ⁻¹ de adubo verde aplicado no transplântio + 12 t ha ⁻¹ de composto
6AV+12CP	6 t ha ⁻¹ de adubo verde aplicado no transplântio + 12 t ha ⁻¹ de composto
9AV+12CP	9 t ha ⁻¹ de adubo verde aplicado no transplântio + 12 t ha ⁻¹ de composto

2.2 – Composto orgânico

O composto orgânico foi produzido no setor de Agroecologia em novembro de 2008 e, teve como material de origem capim elefante e cama de frango. O composto foi montado em camadas, numa proporção 3:1 (v/v), com 30 % de umidade. Os materiais foram compostados em pilhas com revolvimento manual. O composto orgânico foi misturado ao substrato com FTE BR 12 e P momentos antes do transplântio das mudas, à exceção dos tratamentos testemunha absoluta e adubação mineral. A composição química do composto orgânico utilizado encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3. Teor de macronutrientes, matéria orgânica (MO) e relação C/N na massa seca do composto orgânico utilizado no experimento

N	P	K	Ca	Mg	S	MO	C/N
			%				
1,48	0,60	0,16	1,61	0,26	0,50	36,02	15,25

2.3 – Adubo verde

O adubo verde utilizado foi a leguminosa mucuna-cinza produzida no campo e colhida aos 65 dias após o plantio, correspondendo a 20 dias antes do dia da aplicação nos vasos. O adubo verde após colhido foi secado na sombra e posteriormente foi colocado em sacos de rafia e armazenado em galpão fechado. O plantio da leguminosa foi feita com inoculação das sementes com estirpe de *Bradyrhizobium sp.* As sementes foram plantadas na razão de 6 sementes por metro linear e 50 cm entre linhas. O adubo verde foi cortado ao nível do solo e amostras foram retiradas para determinar o teor de nitrogênio pelo método Kjeldahl conforme Tedesco *et al.* (1995). As amostras para análise foram secadas em estufa à 70° C por 48 horas em estufa de circulação forçada de ar. A análise química do adubo verde utilizado consta na Tabela 4.

Tabela 4. Teores de nitrogênio (N), polifenóis (Pol), lignina (Lig), celulose (Cel) e relação C/N, Lig/N, Pol/N e Lig/Pol na matéria seca do adubo verde *Mucuna pruriens*

N	Pol	Lig	Cel	C/N	Lig/N	Pol/N	Lig/Pol
-----%-----							
2,21	3,11	12,99	39,84	23,04	5,87	1,40	0,32

O adubo verde foi aplicado nos vasos em superfície no dia do transplante do brócolis, nas doses correspondentes a 3, 6 e 9 t ha⁻¹ em massa seca. Para o cálculo da quantidade aplicada em cada dose, em cada vaso, foi considerada a área ocupada por uma planta, 0,9 x 0,5 m, espaçamento recomendado para brócolis em campo. A quantidade total de nitrogênio aplicado nos tratamentos e em cada fonte: composto orgânico, adubo verde e adubação mineral, estão descritas na Tabela 5.

Tabela 5. Quantidade de nitrogênio aplicado (kg ha⁻¹) em cada fonte e total nos tratamentos, via composto orgânico, adubo verde e nitrogênio mineral

Tratamentos	Composto orgânico	Adubo verde	Adubação mineral	Total
Test AB	0	0	0	0
25CP	370,0	0	0	370,00
AM	0	0	150,0	150,00
0AV+12CP	177,6	0	0	177,60
3AV+12CP	177,6	66,3	0	243,90
6AV+12CP	177,6	132,6	0	310,20
9AV+12CP	177,6	198,9	0	376,50

Testemunha absoluta (Test AB); 25 t ha⁻¹ de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (9AV+12CP).

A decomposição da massa da mucuna-cinza foi avaliada pela diferença entre a perda de massa da matéria seca dos resíduos colocados sobre o substrato do vaso no momento do transplante e o resíduo final. Na colheita do brócolis, a massa da matéria seca remanescente em cada vaso foi recolhida e colocada para secar em estufa a 70°C e seguindo de pesagem. O teor total de nitrogênio foi determinado por Kjeldal segundo Tedesco *et al.* (1995). O carbono total foi calculado a partir do teor de matéria orgânica total determinado pelo método da perda por ignição segundo Kiehl (1985). Os polifenóis foram extraídos com metanol 50 % e determinados por colorimetria utilizando-se o reagente Folin-Denis (Frighetto & Valarini, 2000). Os teores de celulose e lignina foram obtidos via fibra detergente ácido a partir do material vegetal por ebulição com solução de ácido sulfúrico do brometo de cetiltrimetilamônio (Frighetto & Valarini, 2000).

A recuperação aparente do nitrogênio da adubação verde, composto orgânico ou do nitrogênio mineral pelas plantas de brócolis, foi calculado pela seguinte equação:

$$\text{REC N (\%)} = \frac{[\text{Next (AV ou CP ou AM)} - \text{Next (Test AB)}] \cdot 100}{\text{Qde de N aplicado (AV ou CP ou AM)}}$$

Onde REC N (%)= A recuperação aparente do nitrogênio da adubação verde, composto orgânico ou adubação mineral pelas plantas de brócolis; Next (kg ha⁻¹) com AV ou CP ou AM= Quantidade de nitrogênio extraída em kg ha⁻¹ pela massa total das plantas cultivadas com doses de adubo verde, composto orgânico ou nitrogênio mineral; Next (kg ha⁻¹) com Test AB= Quantidade de nitrogênio extraída em kg ha⁻¹ nas plantas de brócolis com a testemunha absoluta e Qde de N aplicado(kg ha⁻¹)= Quantidade de nitrogênio aplicado em kg ha⁻¹.

A eficiência fisiológica do uso do nitrogênio derivado da adubação verde, composto orgânico ou do fertilizante mineral pelas plantas de brócolis, foi calculado segundo Fageria *et al.* (2003) pela seguinte equação:

$$\text{EFUN(g g}^{-1}\text{)} = \frac{[\text{MS (AV ou CP ou AM)}] - [\text{MS (Test AB)}]}{\text{Qde de N total acumulado na planta}}$$

Onde EFUN (g g⁻¹)= A eficiência fisiológica do uso do nitrogênio derivado da adubação verde, composto orgânico ou do fertilizante mineral pelas plantas de brócolis ; MS (g) com AV ou CP ou AM= Produção de matéria seca em gramas nas plantas cultivadas com doses de adubo verde, composto orgânico ou nitrogênio mineral; MS (g) com Test AB= Produção de matéria seca em gramas nas plantas cultivadas com a testemunha absoluta; QdeNtotal acumulado na planta (g)= Quantidade total de nitrogênio acumulado pela planta em gramas em cada tratamento.

2.4 – Brócolis

O semeio do brócolis, híbrido de cabeça única ‘Legacy’ foi feito no dia 18/03/09 e as mudas transplantadas para os vasos no dia 11/04/09 e a colheita realizada no dia 13/07/09. O acúmulo de massa da matéria seca das plantas foi

avaliado indiretamente pela altura e pela área do dossel, conforme Diniz *et al.* (2008), devido a uma alta correlação entre a área do dossel e altura e o acúmulo de massa da matéria seca das plantas de brócolis. Foi feita uma avaliação a cada 10 dias a partir do transplante (DAT) até 60 dias para as variáveis de crescimento: altura da planta (cm) medida do solo até a gema apical e área do dossel (m²) calculada por duas medidas ortogonais da parte superior mais externa do dossel. Foram calculadas as taxa de crescimento relativo (TCR) e a taxa de crescimento absoluto (TCA) do brócolis segundo, Benincasa (1988).

A taxa de crescimento relativo foi calculada através da equação:

$$\text{TCR (cm cm}^{-1} \cdot 10 \text{ dias}^{-1}) = \frac{(\ln A_2 - \ln A_1)}{(t_2 - t_1)}$$

Onde TCR (cm cm⁻¹.10dias⁻¹) = taxa de crescimento relativo, lnP₂ = logaritmo neperiano da massa em gramas da planta na segunda amostragem; lnP₁ = logaritmo neperiano da massa em gramas da planta na amostragem anterior; t₂ e t₁ = 10 dias entre duas amostragens.

A taxa de crescimento absoluto foi calculada através da equação:

$$\text{TCA (cm.10dias}^{-1}) = \frac{(A_2 - A_1)}{(t_2 - t_1)}$$

Onde, A₂ = Altura da planta em cm na 2^a amostragem; A₁ = Altura da planta em cm na 1^a amostragem (amostragem anterior); t₂ e t₁ = 10 dias entre duas amostragens.

A produção do brócolis foi avaliada pela massa da matéria fresca da inflorescência colhida com 1,5 cm de pedúnculo floral. Na colheita a planta foi separada em partes: limbo foliar, pecíolo, caule, inflorescência e raiz. Após secagem em estufa a 70°C, as partes foram pesadas e foi determinado o teor de nitrogênio pelo método Kjeldhal conforme Tedesco (1995). A partir do teor de nitrogênio se calculou o acúmulo de nitrogênio nas partes e a proporção de nitrogênio para cada parte em relação à planta inteira.

O índice de colheita (IC) foi calculado pela seguinte equação:

$$\text{IC (\%)} = 100 \cdot \frac{(\text{MS produção comercial})}{(\text{MS total da planta})}$$

Onde, a MS produção comercial= Massa seca da inflorescência do brócolis e MS total da planta= Massa seca total produzida na planta de brócolis.

A relação parte aérea: raiz foi calculado pela seguinte equação:

$$\text{Relação PA/RA} = \frac{\text{MS da parte aérea da planta}}{\text{MS da raiz da planta}}$$

Onde, a MS total da parte aérea= Massa seca total da parte aérea das plantas de brócolis; MS da raiz da planta= Massa seca total da raiz da planta de brócolis.

2.5 – Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com quatro repetições no esquema de parcelas subdivididas no tempo para as variáveis de crescimento com ajuste dos modelos estatísticos da análise de crescimento, pela metodologia de superfície de resposta. Os dados foram avaliados por meio de análise de variância pelo teste F, regressão ou teste de médias ($p < 0,05$). As análises foram realizadas no Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, SAEG versão 9.1 (Funarbe, 2007).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 60 dias após o transplante do brócolis a área do dossel das plantas que receberam as doses de adubo verde foi maior do que a área do dossel das plantas da testemunha absoluta (Tabela 6). A área do dossel das plantas de brócolis que receberam 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto foi superior à das plantas que receberam 25 t ha⁻¹ de composto. Independente da dose estudada as plantas apresentaram crescimento similares ao obtido com a adubação mineral (Tabela 6).

Tabela 6. Área do dossel das plantas de brócolis aos 60 dias após o transplante, submetidos aos tratamentos principais e comparados às testemunhas pelo teste de Dunnett

Tratamentos	Área do dossel (m ²)
Test AB	0,90
25 CP	1,11
AM	1,19
0AV+12CP	1,17
3AV+12CP	1,34 ¹
6AV+12CP	1,26 ¹
9AV+12CP	1,49 ^{1 2}
DMS	0,34
CV(%)	18,51

Médias seguidas por 1, 2 ou 3 diferem da testemunha AB, 25 CP e AM, respectivamente pelo teste de Dunnett (p<0,05). Testemunha absoluta (Test AB); 25 t ha⁻¹ de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (9AV+12CP).

As plantas de brócolis foram influenciadas positivamente pelas doses de adubo verde e pelo tempo após o transplante (Figura 1). A área do dossel cresceu linearmente com o aumento das doses de adubo verde.

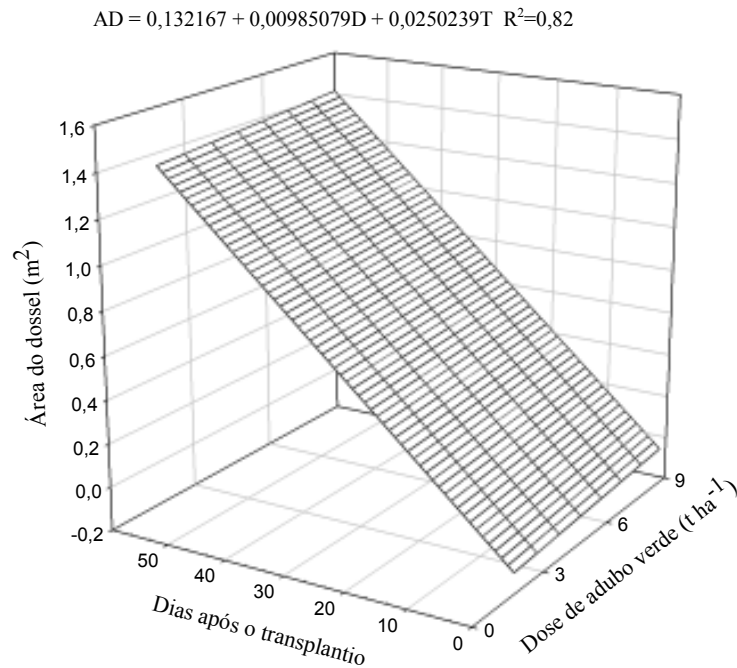


Figura 1. Efeito de doses de adubo verde (D) e dias após o transplântio (T), sobre a área do dossel (AD) das plantas de brócolis.

A taxa de crescimento relativo na doses 3 e 6 t ha⁻¹ apesar de apresentarem valores similares, o incremento da altura foi mais elevado na dose 6 t ha⁻¹ nos primeiros vinte dias. (Tabela 7). A maior taxa de crescimento relativo está relacionada com a maior dose de adubo verde e conseqüentemente com um maior suprimento de nitrogênio e outros nutrientes. Embora a dose 0 t ha⁻¹ tenha tido taxas de crescimento relativo mais elevadas do que na dose 3 e 6 t ha⁻¹, a taxa de crescimento absoluto na dose 3 e 6 t ha⁻¹ foi mais elevada em todas os dias, indicando maior ganho de altura com o passar dos dias após o transplântio. À medida que aumentou a dose de adubo verde a velocidade de crescimento das plantas se elevou e as plantas tiveram maior ganho em altura, resultado observado pela taxa de crescimento absoluto (Tabela 7).

Tabela 7. Taxa de crescimento relativo (TCR) em $\text{cm cm}^{-1} \cdot 10\text{dias}^{-1}$ por planta e taxa de crescimento absoluto (TCA) em $\text{cm} \cdot 10\text{dias}^{-1}$ por planta, calculadas a partir da altura das plantas de brócolis, medida a cada 10 dias após o transplante até aos 60 dias nas plantas cultivadas com diferentes doses de adubo verde + composto orgânico

Tempo Dias	Dose 0 t ha ⁻¹		Dose 3 t ha ⁻¹		Dose 6 t ha ⁻¹		Dose 9 t ha ⁻¹	
	TCR	TCA	TCR	TCA	TCR	TCA	TCR	TCA
0-10	0,69	2,40	0,52	2,71	0,58	3,02	0,91	3,33
10-20	0,43	2,63	0,37	2,94	0,39	3,25	0,49	3,55
20-30	0,32	2,86	0,29	3,17	0,29	3,47	0,35	3,78
30-40	0,26	3,08	0,24	3,39	0,24	3,70	0,27	4,01
40-50	0,22	3,31	0,20	3,62	0,20	3,93	0,22	4,23
50-60	0,19	3,54	0,18	3,85	0,18	4,15	0,19	4,46

O adubo verde remanescente nos vasos, retirado na colheita, apresentou em média 2,46 % de nitrogênio total e a massa da matéria seca remanescente era de 1,3, 2,6, e 3,9 t ha⁻¹, respectivamente nas doses de 3, 6 e 9 t ha⁻¹. Neste caso foram mineralizados da massa do adubo verde durante o período de cultivo, nas respectivas doses de 3, 6 e 9 t ha⁻¹, 31,98 kg ha⁻¹, 63,96 kg ha⁻¹ e 95,94 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

As perdas da massa da matéria seca do adubo verde adicionado aos vasos nas doses de 3, 6 e 9 t ha⁻¹ avaliados na colheita do brócolis, 90 dias após o transplante, ocorreu na mesma proporção. Houve uma decomposição, em média, de 57 % da quantidade inicial de massa da matéria seca adicionada no dia do transplante e uma mineralização, em média, de 51 % da quantidade de nitrogênio inicial em cada dose, embora a maior dose tivesse 3 vezes mais massa de adubo verde que a menor dose. Em outro estudo, aos 90 dias, a decomposição da massa da mucuna-cinza foi de 37 %, avaliada em sacolas de nylon (Carvalho *et al.*, 2008). Ambas as aplicações foram feitas em superfície, entretanto a relação C/N encontrada na mucuna do presente trabalho foi igual a 23 enquanto que a encontrada pelos autores foi igual 30, a maior relação C/N possivelmente contribuiu para diminuir a velocidade de decomposição. De acordo com Ribas *et al.* (2010), a liberação de nitrogênio dos resíduos de mucuna-cinza foi mais rápida do que a decomposição de sua massa diferente do encontrado no presente trabalho.

Em todas as doses de adubo verde mais composto orgânico aplicadas, a dose de nitrogênio estava acima da recomendada para a produção do brócolis, todavia, no período correspondente ao ciclo do brócolis, somente foram mineralizados 51 % do nitrogênio. Relatos na literatura de estudos com adubos verdes associados a outros adubos orgânicos, utilizam quantidades de nitrogênio superiores ao recomendado à

cultura do brócolis. Foram utilizados 354,72 kg ha⁻¹ nitrogênio originados de 12 t ha⁻¹ de composto orgânico conjuntamente a 8,6 t ha⁻¹ de leguminosa por Diniz *et al.* (2007), 36 t ha⁻¹ de “cama” de aviário, com adubação verde suplementar em pré-cultivo com crotalária (4,5 t ha⁻¹ equivalente a 116,32 kg ha⁻¹ de N) utilizados por Oliveira *et al.* (2008). Maiores doses são usadas possivelmente porque nem todo o nitrogênio contido no adubo verde pode ser mineralizado do material vegetal no período de demanda da cultura. A disponibilidade do nitrogênio do adubo verde para as plantas, depende, além da quantidade aplicada, de outros fatores como a mineralização do nitrogênio. Entretanto, é importante considerar que o nitrogênio residual no adubo verde poderá ser aproveitado em culturas subsequentes.

Em estudo sobre a épocas de incorporação de adubo verde em brócolis orgânico utilizando mucuna-cinza, onde a dose aplicada do adubo verde foi 8,64 t ha⁻¹ conjuntamente a 12 t ha⁻¹ de composto orgânico, foi aplicado um total equivalente a 354,72 kg ha⁻¹ de N. Neste caso, houve aumento do teor do nitrogênio mineral no solo tão rapidamente quanto o fertilizante mineral (150 kg ha⁻¹ de N) ou a aplicação de 25 t ha⁻¹ de composto orgânico (370 kg ha⁻¹ de N), e a produção das plantas de brócolis foram similares (Diniz *et al.*, 2007). No presente trabalho a quantidade de nitrogênio aplicada foi de 347,1 kg ha⁻¹, aproximadamente à quantidade aplicada conforme Diniz *et al.* (2007) no tratamento com adubo verde, entretanto, a produção foi similar às plantas com adubação mineral, mas diferiram da produção com 25 t ha⁻¹ de composto orgânico.

Houve influência dos tratamentos sobre a massa da matéria seca nas diferentes partes das plantas de brócolis (Tabela 8). A aplicação de 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto aumentou a massa da matéria seca de todas as partes e da planta inteira em relação a testemunha absoluta. A massa da matéria seca do pecíolo, caule, raiz e planta inteira na dose de 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto foi superior a massa das plantas com adubação mineral. O acúmulo de massa no caule em plantas que receberam as doses 3, 6 e 9 t ha⁻¹ foi maior do que nas plantas testemunhas. Na dose 3 t ha⁻¹ a massa da matéria seca da planta inteira se apresentou superior somente à testemunha absoluta, nas doses 6 e 9 t ha⁻¹ a massa seca foi maior do que a massa das plantas de todas as testemunhas. A adubação verde aumentou a massa da matéria seca do caule e da planta inteira em relação a adubação mineral, principalmente nas duas maiores doses. Entretanto, aumento não refletiu em ganho de massa da matéria seca da inflorescência, que somente na dose 9 de t ha⁻¹

apresentou massa seca da inflorescência maior que as plantas da testemunha absoluta e 25 t ha⁻¹ composto (Tabela 8).

A massa da matéria seca da folha e da inflorescência nas plantas com adubos verdes foram similares às plantas com adubação mineral (Tabela 8). A adição de até 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto proporcionou produção de matéria seca de folhas e inflorescência semelhante à adubação mineral. A massa da matéria seca da inflorescência no tratamento 0 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto foi inferior a massa da matéria seca da inflorescência no tratamento com adubação mineral, sendo similar às demais testemunhas. A 9 t ha⁻¹ adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto resultou na produção da massa da matéria seca na planta inteira superior às plantas com adubação mineral (Tabela 8). No entanto, este acúmulo de massa não proporcionou maior produção de inflorescência em relação a adubação mineral (Tabela 8).

As plantas de brócolis cultivadas com as doses 6 e 9 t ha⁻¹ de adubo verde apresentaram massa da matéria seca das raízes superior à da testemunha absoluta, evidenciando o potencial do adubo verde associado a 12 t ha⁻¹ de composto orgânico em aumentar essa característica (Tabela 8). A massa da matéria seca das raízes das plantas cultivadas em todas as doses foi similares a testemunha 25 t ha⁻¹ de composto orgânico. Nas plantas que receberam dose de 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto a massa das raízes foi superior às plantas que receberam adubação mineral. A adição de 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto aumentou a massa das raízes nas plantas em relação às plantas que receberam nitrogênio mineral, provavelmente devido ao nitrogênio mineral adicionado estar em maior quantidade na solução do solo, proporcionando a essas plantas maior absorção do nitrogênio sem aumento da massa da raiz.

Tabela 8. Massa da matéria seca em gramas do limbo foliar (MSFo), pecíolo (MSPe), caule (MSCa), inflorescência (MSIn), raiz (MSRa) e da planta inteira (MSPI) das plantas de brócolis submetidas aos tratamentos principais comparados às testemunhas pelo teste de Dunnett

Tratamentos	MSFo	MSPe	MSCa	MSIn	MSRa	MSPI
Test AB	36,00	10,95	24,58	20,81	14,32	106,75
25 CP	48,20	16,42	28,74	21,10	19,43	133,90
AM	47,00	11,09	23,10	32,76	15,38	129,32
0AV+12CP	35,24	13,29	28,11	14,43 ³	17,43	108,50
3AV+12CP	49,41	13,81	36,06 ^{1 2 3}	29,24	18,65	147,17 ¹
6AV+12CP	55,79 ¹	17,42 ^{1 3}	37,06 ^{1 2 3}	31,36	20,29 ¹	161,93 ^{1 2 3}
9AV+12CP	58,64 ¹	22,75 ^{1 2 3}	40,56 ^{1 2 3}	38,00 ^{1 2}	22,87 ^{1 3}	182,82 ^{1 2 3}
DMS	16,63	5,16	6,71	11,57	5,47	28,21
CV(%)	22,93	22,27	14,01	30,22	19,42	15,50

Médias seguidas por 1, 2 ou 3 diferem da testemunha AB, 25 CP e AM, respectivamente pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). Testemunha absoluta (Test AB); 25 t ha⁻¹ de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (9AV+12CP).

Houve efeito de doses de adubo verde sobre a produção de massa da matéria seca da planta inteira (Figura 2) e das partes das plantas de brócolis (Figura 3 e 4), à exceção da raiz, que acumulou em média, 19,81g de massa da matéria seca independente da dose. A massa da matéria seca total da planta inteira aumentou linearmente com o aumento das doses de adubo verde e ao final as plantas acumularam 71,32g de massa na maior dose (Figura 2). Entre as partes das plantas de brócolis, o pecíolo apresentou maior quantidade de massa acumulada. As plantas de brócolis acumularam 62 % a mais de massa da matéria seca total da planta inteira na maior dose em relação à menor dose e 126 % a mais na inflorescência. Entretanto, o aumento da quantidade mineralizada de nitrogênio, somente no adubo verde, na maior dose em relação à menor dose foi de 200 %. Proporcionalmente, houve maiores ganhos de massa no limbo foliar e inflorescências que no caule e pecíolo.

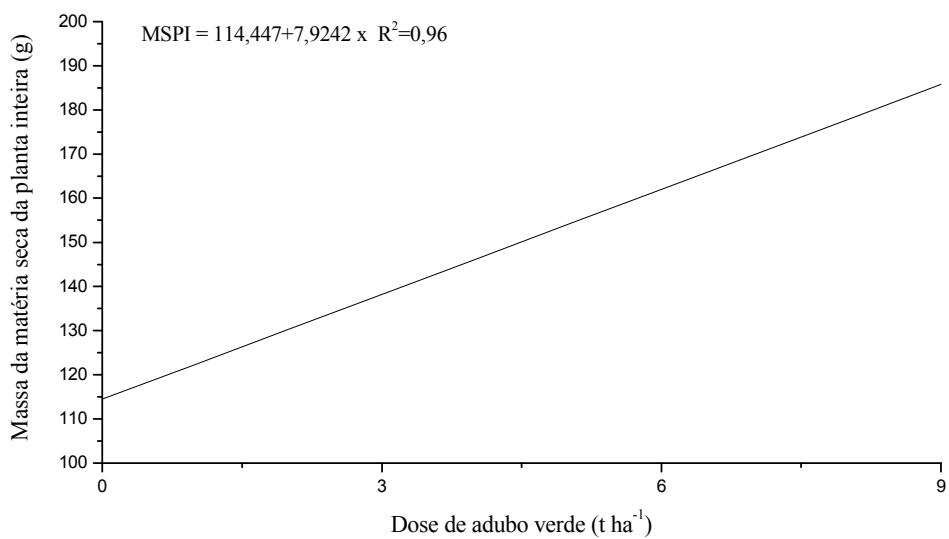


Figura 2. Efeito das doses de adubo verde na produção de massa da matéria seca da planta inteira de brócolis.

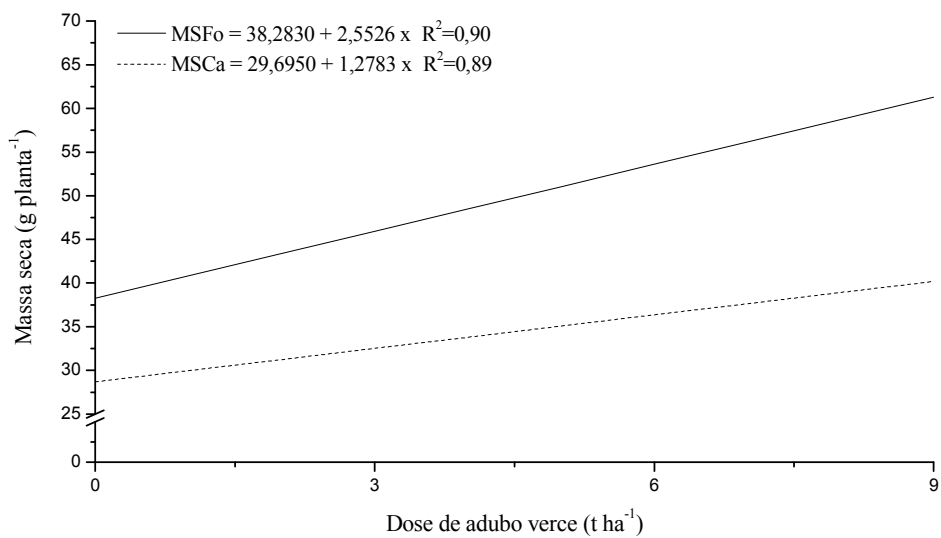


Figura 3. Efeito de doses do adubo verde na produção de massa da matéria seca do limbo foliar (MSFo) e do caule (MSCa) em plantas de brócolis.

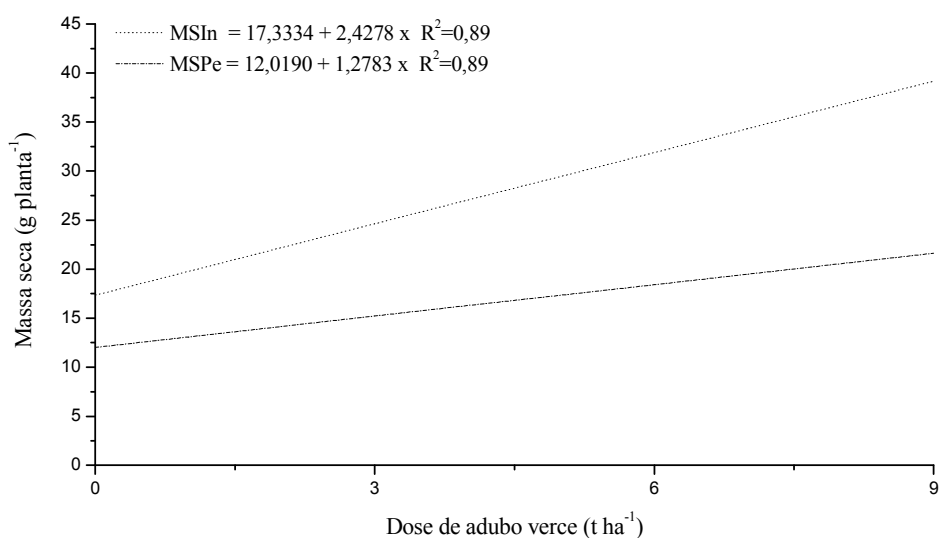


Figura 4. Efeito das doses de adubos verde na produção de massa da matéria seca da inflorescência (MSIn) e do pecíolo (MSPe) das plantas de brócolis.

Não houve diferença na percentagem de massa da matéria seca das partes da planta de brócolis em relação à massa da matéria seca da planta inteira nos tratamentos. A percentagem de massa seca nas partes das plantas de brócolis em relação a massa seca total foi: limbo foliar (33,88 %), pecíolo (10,85 %), caule (22,76 %), inflorescência (18,95 %) e raiz (13,53 %).

Houve efeito de tratamentos sobre a produção de inflorescência do brócolis (Tabela 9). A produção das plantas que receberam as doses 3, 6 e 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto foi maior do que a produção das plantas da testemunha absoluta. A produção das plantas na dose 6 e 9 t ha⁻¹ foi superior à produção da testemunha com 25 t ha⁻¹ de composto. Somente a produção das plantas no tratamento com a 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto foi similar a produção das plantas que receberam adubação mineral. Esses resultados diferem daqueles apresentados por Diniz *et al.* (2007) que ao aplicar 25 t ha⁻¹ de composto orgânico no brócolis produzido em campo obtiveram produção similar ao da adubação mineral.

Tabela 9. Produção de inflorescência de brócolis nos tratamentos principais comparados às testemunhas pelo teste de Dunnett

Tratamentos	Produção (g planta ⁻¹)
Test AB	137,40
25 CP	173,60
AM	332,80
0AV+12CP	149,20 ³
3AV+12CP	234,00 ^{1 3}
6AV+12CP	250,40 ^{1 2 3}
9AV+12CP	261,20 ^{1 2}
DMS	75,57
CV(%)	23,89

Médias seguidas por 1, 2 ou 3 diferem da testemunha AB, 25 CP e AM, respectivamente pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). Testemunha absoluta (Test AB); 25 t ha⁻¹ de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (9AV+12CP).

A produção de inflorescência de brócolis aumentou linearmente com o aumento das doses de adubo verde alcançando 276,5 g planta⁻¹ (Figura 5). Essa mesma cultivar produzida a campo, em cultivo de verão em plantio direto, produziu 370,8 g planta⁻¹, sendo a adubação de base de 2 t ha⁻¹ de cama de frango, 60 kg ha⁻¹ de N incorporados nas covas no plantio mais 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio mineral em cobertura parceladas em três vezes (Melo *et al.*, 2010). Considerando o DMS do presente trabalho, essa produção foi similar ao produzido no tratamento com adubação mineral e superior a produção das plantas que receberam a dose de 9 t ha⁻¹ de adubo verde onde foi aplicado 376,50 kg ha⁻¹ de N. Esses resultados indicam a necessidade de maior compreensão e ajuste das doses de nitrogênio aplicadas via adubação orgânica.

Em condições de campo, de acordo com Diniz *et al.* (2007), a produção de brócolis foi de 600,39 g planta⁻¹ em plantas cultivadas com 12 t ha⁻¹ de composto orgânico conjuntamente a 8,6 t ha⁻¹ de mucuna-cinza, num total de 354,72 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Oliveira *et al.* (2003) avaliaram o crescimento e a produção de repolho com doses 12, 24 e 36 t ha⁻¹ de “cama” de aviário, com adubação verde suplementar em pré-cultivo com *Crotalaria juncea* (4,5 t ha⁻¹ equivalente a 116,32 kg ha⁻¹ de N), e constataram aumentos diretamente proporcionais às doses tanto na biomassa total da parte aérea quanto no peso da cabeça e na produtividade, além de redução do ciclo da cultura. Entretanto, não há referência das quantidades totais de nitrogênio adicionadas com a cama de aviário. Considerando o teor de N de 2,96 % na cama de aviário, conforme encontrado por Oliveira *et al.* (2008) em trabalho subsequente, teriam sido fornecidos no solo 1065,60 kg ha⁻¹ de N na maior dose somente com a

cama de aviário. Comparando esses resultados aos do presente trabalho onde foi mineralizado 90,37 kg de N ha⁻¹ com a maior dose de adubo verde mais a aplicação de 177,6 kg de N ha⁻¹ com 12 t ha⁻¹ de composto orgânico totalizando 267,97 kg de N ha⁻¹, é possível inferir que a produção de brócolis pode ainda aumentar com doses maiores que 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto. Esses resultados evidenciam possível aumento de produção das plantas de brócolis utilizando maiores doses composto e de adubo verde em condições de campo.

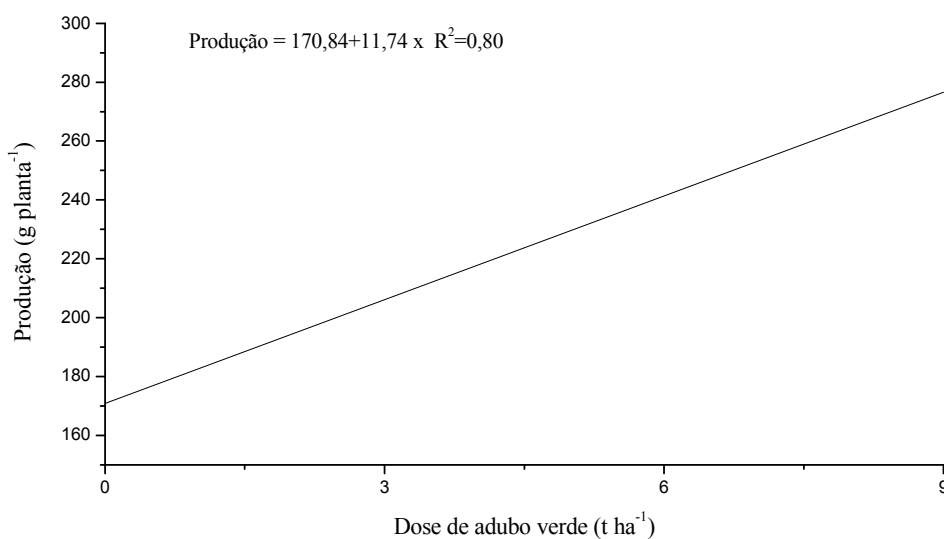


Figura 5. Efeito de doses de adubos verdes sobre a produção do brócolis.

Houve efeito dos tratamentos sobre a quantidade de nitrogênio acumulada nas partes e na planta inteira por ocasião da colheita (Tabela 10). A quantidade total de nitrogênio acumulada na planta inteira, folhas e pecíolo no tratamento com adubação mineral foi maior que a quantidade de nitrogênio acumulada nas plantas produzidas com adubo verde. A quantidade de nitrogênio acumulada na inflorescência das plantas produzidas com 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto foi similar à quantidade acumulada pelas plantas produzidas com adubação mineral. As plantas cultivadas com adubação mineral apresentaram uma maior quantidade de nitrogênio acumulada do que nas plantas cultivadas com doses de adubos verdes (Tabela 10).

Tabela 10. Quantidade de nitrogênio total acumulado por planta em gramas, no limbo foliar (QNFo), pecíolo (QNPe), caule (QNCa), inflorescência (QNIn), e planta inteira (QNPI) das plantas de brócolis submetidas aos tratamentos principais comparados às testemunhas pelo teste de Dunnett

Tratamentos	QNFo	QNPe	QNCa	QNIn	QNPI
Test AB	0,93	0,08	0,25	0,95	2,34
25 CP	1,08	0,13	0,35	0,75	2,52
AM	1,96	0,27	0,62	1,64	4,71
0AV+12CP	0,69 ³	0,16 ³	0,29 ³	0,50 ³	1,82 ³
3AV+12CP	1,01 ³	0,15 ³	0,41 ³	1,01 ³	2,77 ³
6AV+12CP	1,18 ³	0,13 ³	0,51 ¹	0,98 ³	2,98 ³
9AV+12CP	1,27 ³	0,16 ³	0,55 ¹	1,20	3,38 ³
DMS	0,63	0,11	0,17	0,48	1,06
CV(%)	35,24	45,10	25,92	31,62	23,52

Médias seguidas por 1, ou 3 diferem da testemunha AB, e AM, respectivamente pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). Testemunha absoluta (Test AB); 25 t ha⁻¹ de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (9AV+12CP).

Houve efeito de doses de adubo verde sobre a quantidade de nitrogênio acumulada na inflorescência e na planta inteira (Figura 5). À medida que aumentou a dose de adubo verde houve aumento da quantidade acumulada de nitrogênio na massa seca das plantas.

Ao determinar o acúmulo e a exportação de nutrientes pela cultura da couve-flor ‘Verona’, em campo, Castoldi *et al.* (2009) verificaram que dos 28 aos 56 dias após o transplântio ocorreu a maior exigência por nitrogênio. Neste caso, as folhas acumularam mais nitrogênio em detrimento ao caule e ao pecíolos, com acúmulo de 3,37; 0,34 e 1,11 g planta⁻¹, respectivamente. Já nas inflorescências, o acúmulo de nitrogênio foi contínuo durante seu desenvolvimento, apresentando um acúmulo de 3,50 g planta⁻¹ de N aos 69 DAT. Considerando-se a densidade plantada, 20.000 plantas por hectare, a exportação de N pela inflorescência, parte comercial foi de 70 kg ha⁻¹ e o total de N acumulado pela planta inteira aos 69 DAT foi de 9 g, o que correspondeu a 183 kg ha⁻¹ de N (Castoldi *et al.*, 2009).

No presente trabalho as folhas também acumularam maior quantidade de nitrogênio em detrimento ao caule e ao pecíolo. Na maior dose de adubo verde houve acúmulo de 1,27; 0,55 e 0,16 g planta⁻¹, respectivamente. O acúmulo de nitrogênio nas inflorescências das plantas que receberam a dose de 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto foi de 1,20 g planta⁻¹ aos 75 DAT. Considerando o efeito de doses e a população de 22.222 plantas no campo, na maior dose de adubo verde houve um

acúmulo total de nitrogênio nas plantas de 100,20 kg ha⁻¹ e uma exportação nas inflorescências de 45,77 kg ha⁻¹.

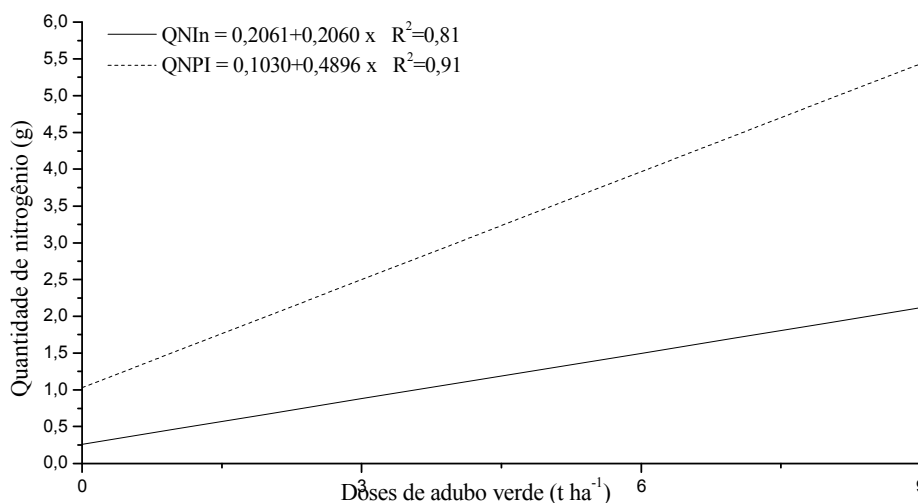


Figura 5. Efeito de doses de adubo verde mais composto sobre a quantidade de nitrogênio acumulado na inflorescência (QNIn) e na planta inteira (QNPI) do brócolis.

Houve efeito dos tratamentos sobre o teor de nitrogênio nas partes das plantas de brócolis (Tabela 11). Em todas as partes, o teor de nitrogênio nas plantas cultivadas com nitrogênio mineral foi maior que o teor de nitrogênio nas plantas cultivadas com adubos verde. O teor de nitrogênio na inflorescência do brócolis nas plantas da testemunha absoluta foi maior que nas plantas cultivadas com 6 e 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto. Esses resultados, possivelmente são devido ao efeito de concentração do nitrogênio nestas plantas, pois as plantas testemunhas absolutas tiveram seu crescimento reduzido e devido à baixa produção, não houve diluição do nitrogênio absorvido do solo. O teor de nitrogênio nas raízes das plantas que receberam 25 t ha⁻¹ de composto foram maiores que os teores na raízes das plantas cultivadas com 6 e 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto. Houve maior acúmulo de nitrogênio nas plantas que receberam o nitrogênio mineral. De acordo com Trani & Raij (1997) os teores de nitrogênio foliar considerados adequados para o brócolis estão entre 3,0 e 5,5 %. As plantas que receberam o tratamento com 9 t ha⁻¹ adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto, mesmo com teor de nitrogênio foliar abaixo da faixa adequada (Tabela 11) e, menor acúmulo de nitrogênio apresentaram produção similar às plantas que receberam a adubação

mineral (Tabela 11). As plantas que receberam o tratamento com adubação mineral, apresentaram teores de nitrogênio dentro da faixa adequada (Tabela 11).

Não houve efeito dos tratamentos e nem das doses de adubo verde sobre a proporção de nitrogênio alocada nas diferentes partes das plantas de brócolis em relação ao total alocado na massa da planta inteira. Em média, a proporção de nitrogênio acumulada nas partes das plantas em relação a planta inteira foram de: caule (15,26 %), pecíolo (5,51 %), folha (38,69 %), inflorescência (33,51 %) e raiz (6,84 %).

Tabela 11. Teores de nitrogênio (%) nas partes da planta de brócolis

Tratamentos	Folha	Pecíolo	Caule	Inflorescência	Raiz
Test AB	2,52	0,77	1,03	4,30	0,87
25 CP	2,18	0,75	1,24	3,50	1,05
AM	4,18	2,48	2,71	5,02	1,28
0AV+12CP	1,97 ³	1,22 ³	1,03 ³	3,45 ³	0,97 ³
3AV+12CP	1,98 ³	1,04 ³	1,14 ³	3,43 ³	0,95 ³
6AV+12CP	2,04 ³	0,73 ³	1,38 ³	3,15 ¹³	0,82 ²³
9AV+12CP	2,16 ³	0,73 ³	1,39 ³	3,23 ¹³	0,83 ²³
DMS	0,80	0,47	0,45	0,88	0,15
CV(%)	21,44	27,64	20,69	15,49	10,15

Médias seguidas por 1, 2 ou 3 diferem da testemunha AB, 25 CP e AM, respectivamente, pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). Testemunha absoluta (Test AB); 25 t ha⁻¹ de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (9AV+12CP).

À exceção da raiz, não houve efeito das doses de adubo verde sobre os teores de nitrogênio nas demais partes da planta de brócolis. À medida que aumentou a dose de adubo verde diminuiu o teor de nitrogênio nas raízes (Figura 6). Em média, os teores de nitrogênio nas demais partes das plantas que receberam as doses de adubo verde foram de: limbo foliar (2,07 %), pecíolo (0,84 %), caule (1,31 %) e inflorescência (3,28 %).

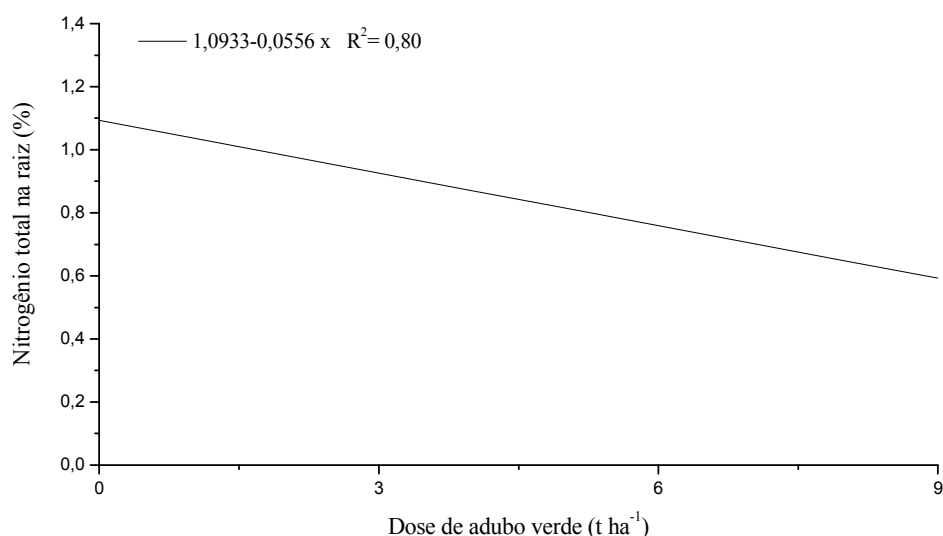


Figura 6. Efeito das doses de adubo verde sobre o teor de nitrogênio na raiz do brócolis.

O índice de colheita nas plantas que receberam adubação mineral foi maior do que as plantas que receberam adubo verde (Tabela 12). O índice de colheita relaciona a produção de inflorescência com a produção total de massa pela planta, indicando a eficiência com que a planta converte o total de massa produzida em produto comercial. O IC de 16,1 % das plantas produzidas com 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto comparado ao IC de 25,7 % das plantas cultivadas com adubação mineral, para produção similares, indicando que as plantas cultivadas com adubação mineral foram mais eficientes na alocação de massa para a inflorescência.

Tabela 12. Índice de colheita de brócolis nos tratamentos principais comparados às testemunhas pelo teste de Dunnett

Tratamentos	Índice de colheita
Test AB	13,52
25 CP	15,74
AM	25,45
0AV+12CP	18,13 ³
3AV+12CP	18,45 ³
6AV+12CP	17,92 ³
9AV+12CP	16,61 ³
DMS	6,47
CV(%)	23,42

Médias seguidas por 3 diferem da testemunha AM, respectivamente pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). Testemunha absoluta (Test AB); 25 t ha⁻¹ de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (9AV+12CP).

A recuperação aparente do nitrogênio foi maior nas plantas cultivadas com adubação mineral em relação aquelas cultivadas com o adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto ou 25 t ha⁻¹ de composto (Tabela 13). Esta maior recuperação aparente do nitrogênio na adubação mineral possivelmente está relacionada com a maior disponibilidade do nitrogênio no solo. Araujo *et al.* (2005) estudando a recuperação do nitrogênio da uréia e da crotalária no solo e em plantas de trigo, constataram maior recuperação do nitrogênio no solo derivado da crotalária (85,1 %) do que derivada da uréia (24,9 %) e, menor recuperação do nitrogênio na planta de trigo derivada da crotalária (8 %) que derivada da uréia (61 %). Os autores concluíram que o nitrogênio na forma mineral está mais disponível tanto para a absorção pela planta quanto para eventuais perdas do sistema.

A eficiência de recuperação da adubação verde isoladamente, utilizando a dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde como testemunha, aumenta para 10,7, 10,6 e 12,6 % nas doses 3, 6 e 9 t ha⁻¹ de adubo verde, respectivamente. Dessa forma, a recuperação do nitrogênio do adubo verde é maior do que a recuperação do nitrogênio do composto, possivelmente, porque o nitrogênio do adubo verde está numa forma mais disponível do que o nitrogênio derivado do composto orgânico.

Apesar da baixa recuperação aparente do nitrogênio em plantas cultivadas com 9 t ha⁻¹ de adubos verde + 12 t ha⁻¹ de composto, essas plantas apresentaram eficiência fisiológica 4,7 vezes maior, que a eficiência fisiológica apresentada pelas plantas cultivadas com adubação mineral. O baixo índice de colheita das plantas cultivadas com 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto possivelmente foi devido ao maior acúmulo de massa na planta inteira, principalmente no caule e na raiz. Entretanto, esse maior acúmulo de massa nas plantas cultivadas com 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto ocorreu com uma maior eficiência fisiológica no uso do nitrogênio do que nas plantas cultivadas com adubação mineral.

Tabela 13. Recuperação aparente do nitrogênio (% N Rec) e eficiência fisiológica de utilização do nitrogênio (EFUN em g g^{-1}) das plantas de brócolis

Tratamentos	Rec N (%)	EFUN (g g^{-1})
25 CP	1,08	10,77
AM	35,11	4,79
0AV+12CP	-6,51	0,96
3AV+12CP	4,56	13,96
6AV+12CP	5,89	17,93
9AV+12CP	8,45	21,99

25 t ha^{-1} de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha^{-1} de adubo verde + 12 t ha^{-1} de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha^{-1} de adubo verde + 12 t ha^{-1} de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha^{-1} de adubo verde + 12 t ha^{-1} de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha^{-1} de adubo verde + 12 t ha^{-1} de composto (9AV+12CP).

Não houve efeito dos tratamentos e nem das doses de adubo verde na relação parte aérea:raiz das plantas. Independente do tratamento as plantas não alteraram o equilíbrio entre raiz e parte aérea. Em média a relação parte aérea: raiz foi de 6,62.

4 – CONCLUSÕES

- As quantidades de massa de *Crotalaria juncea* aplicadas influenciaram positivamente a produtividade do brócolis;
- A proporção de massa da matéria seca entre as partes da planta de brócolis não é influenciada pela massa de adubo verde aplicada;
- As taxas de crescimento relativo e absoluto das plantas de brócolis são influenciadas positivamente pela quantidade de massa de adubo verde aplicada;
- O aumento da dose de adubo verde não altera a relação parte aérea:raiz das plantas de brócolis.

5 - REFERÊNCIAS

ARAÚJO ASF; TEIXEIRA GM; CAMPOS AX; SILVA FC; AMBROSANO EJ; TRIVELIN PCO. 2005. Utilização de nitrogênio pelo trigo cultivado em solo fertilizado com adubo verde (*Crotalaria juncea*) e/ou uréia. *Ciência Rural* 35: 284-289.

BENINCASA MMP. 1988. Análise de crescimento de plantas. Jaboticabal: FUNEP. 42p.

CARVALHO AM; BUSTAMANTE MMC; SOUSA JJGA; VIVALDI LJ. 2008. Decomposição de resíduos vegetais em latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32: 2831-2838.

CASTOLDI R; CHARLO HCO; VARGAS PFT; BRAZ L. 2009. Crescimento, acúmulo de nutrientes e produtividade da cultura da couve-flor. *Horticultura Brasileira* 27: 438-446.

DAMATO JUNIOR ER; LEONEL S; PEDROSO CJ. 2005. Adubação orgânica na produção e qualidade de frutos de maracujá-doce. *Revista Brasileira de Fruticultura* 23: 188-190.

DINIZ ER; SANTOS RHS; URQUIAGA SS; PETERNELLI LA; BARRELLA TP; FREITAS GB. 2007. Green manure incorporation timing for organically grown broccoli. *Pesquisa agropecuária brasileira* 42: 199-206.

DINIZ ER; SANTOS RHS; URQUIAGA S; PETERNELLI LA; BARRELLA TP; FREITAS GB. 2008. Crescimento e produção de brócolis em sistema orgânico em função de doses de composto. *Ciência e Agrotecnologia*, 32:1428-1434.

FAGERIA NK; SANTOS AB; STONE LF. 2003. Manejo de nitrogênio em arroz irrigado. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 58), p. 4.

FONTES PCR. 1999. Brócolos. In: RIBEIRO AC; GUIMARÃES PTG; V. ALVAREZ VH. (Ed). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação*. Viçosa, MG. p.183.

FRIGHETTO RTS; VALARINI PJ. 2000. Coords. *Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo: manual técnico*. Jaguariúna: Embrapa meio ambiente, 198p.

FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES – FUNARBE. SAEG Sistema para análises estatísticas. Versão. 9.1. Viçosa-MG, 2007.

KIEHL JB. 1985. Fertilizantes orgânicos. São Paulo. Ed. Agron. Ceres. 492p.

MELO RAC; MADEIRA NR; PEIXOTO JR. 2010. Cultivo de brócolos de inflorescência única no verão em plantio direto. *Horticultura Brasileira*, 28:23-28.

OLIVEIRA FL; RIBAS RGT; JUNQUEIRA RM; PADOVAN MP; GUERRA JGM; ALMEIDA DL; RIBEIRO RLD. 2003. Uso do pré-cultivo de *Crotalaria juncea* e de doses crescentes de “cama” de aviário na produção do repolho sob manejo orgânico. *Agronomia* 37: 60-66.

OLIVEIRA FL; GUERRA JGM; ALMEIDA DL; RIBEIRO RLD; SILVA EE; SILVA VV; ESPINDOLA JA. 2008. Desempenho de taro em função de doses de cama de aviário, sob sistema orgânico de produção. *Horticultur Bras*, 26:149-153.

RIBAS RGT; SANTOS RHS; SIQUEIRA RG; DINIZ ER; PETERNELLI LA; FREITAS GB. 2010. Decomposição, liberação e volatilização de nitrogênio em resíduos culturais de mucuna-cinza (*Mucuna cinerea*) *Ciência e agrotecnologia*, 34:878-885.

SIQUEIRA RG; SANTOS RHS; PERIGOLO D; URQUIAGA S; RIBAS R GT; PETERNELLI LA. 2009. Nutrição nitrogenada e produção de brócolis cultivado com diferentes doses de mucuna em duas épocas. *Revista Ceres* 56: 826-833.

TEDESCO MJ; GIANELLO C; BISSANI CA; BOHNEN H; VOLKEISS SJ. 1995. Análise de solo, plantas e outros materiais. Departamento de solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 174p.

TRANI PE; RAIJ B. 1997. Hortaliças. In.: RAIJ B. van; CANTARELLA H; QUAGGIO JA; FURLANI A M C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Boletim Técnico. p.163.

YURI J E; RESENDE GM; JUNIOR R; MOTA JH; SOUZA RJ. 2004. Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. *Horticultura brasileira* 22: 127-130.

CAPÍTULO 2

DECOMPOSIÇÃO DA MASSA E MINERALIZAÇÃO DO NITROGÊNIO DE DOSES DE *Crotalaria juncea*

1- INTRODUÇÃO

A adoção de práticas que favoreçam os processos biológicos tais como a fixação biológica de nitrogênio e a ciclagem de nutrientes em sistemas de produção de culturas, contribui para aumentar a sustentabilidade da agricultura. A adubação verde com leguminosas possui a capacidade da fixação biológica de nitrogênio, acumulando também outros nutrientes do solo na sua massa (Perin *et al.*, 2004) portanto, além de adicionar nitrogênio no sistema, a adubação verde tem capacidade de acumular outros nutrientes nas camadas mais superficiais do solo (Silva *et al.*, 2002). A adubação verde tem efeitos benéficos nas propriedades químicas do solo (Alcântara *et al.*, 2000) e, através do processo de decomposição da massa e da mineralização dos nutrientes, estes são disponibilizados às culturas.

A dinâmica do nitrogênio dos adubos verdes no sistema solo-planta é distinta e mais complexa do que a dos adubos minerais nitrogenados solúveis. A velocidade de decomposição da massa vegetal depende da sua composição química e bioquímica, características que atribuem qualidades diferentes às espécies de adubos verdes. Essa diferença na qualidade resulta em diferentes taxas de decomposição de massa e mineralização de nutrientes (Monteiro *et al.*, 2002; Gama-Rodrigues *et al.*, 2007; Matos *et al.*, 2008). A mineralização pode ser diferente dentro de uma mesma espécie, pois a composição química e bioquímica pode mudar com a idade das plantas, com o manejo, e devido as condições edafoclimáticas. Além disso, a velocidade de liberação dos nutrientes para o solo também pode ser diferente entre os nutrientes (Perin *et al.*, 2006; Gama-Rodrigues *et al.*, 2007).

O processo de decomposição da massa e liberação do nitrogênio, estão relacionados com os seguintes fatores: teor de nitrogênio, relação C/N, teores de lignina e polifenóis e suas relações associados ao clima, ação dos microrganismos e condições edáficas. Tais fatores podem ser modificados pelo sistema de manejo, em razão da forma de como a adubação verde é aplicada na cultura e do grau de revolvimento do solo (Vargas & Scholles, 2000).

Além da escolha da espécie, da época mais apropriada para o plantio, da melhor época de corte, do manejo, da quantidade e qualidade da massa a ser aplicada

do adubo verde existem outros fatores que estão envolvidos na utilização da adubação verde como os processos de mineralização dos nutrientes, imobilização, lixiviação e outras transformação da matéria orgânica do solo.

Ao avaliar as leguminosas *Arachis pintoi*, *Calopogonium mucunoides*, *Stylozanthus guyanensis* e *Stizolobium aterrimum*, Matos *et al.* (2008) identificaram como principal fator controlador da mineralização do nitrogênio, a longo prazo, o teor de celulose, entretanto, outras características bioquímicas, como o teor de polifenóis e relação polifenol:nitrogênio também influenciaram na velocidade de decomposição. Em outro estudo com leguminosas herbáceas perenes, *Arachis pintoi*, *Pueraria phaseoloides*, *Macroptilium atropurpureum*, houve rápida liberação de nitrogênio e os teores de celulose e hemicelulose mostraram-se correlacionados negativamente com as perdas de massa seca, e a liberação de nitrogênio foi correlacionada negativamente com os teores de carbono e hemicelulose (Espíndola *et al.*, 2006).

Os processos de decomposição do adubo verde e da mineralização do nitrogênio podem estar diretamente relacionados com o fator quantidade de massa e, conseqüentemente com a quantidade de nitrogênio aplicada. É importante considerar previamente que nem todo o nitrogênio aplicado via adubo verde fica disponível a cultura, mesmo quando aplicado em quantidades superiores ao recomendado, principalmente em se tratando de cultura de ciclo curto como as olerícolas. Parte desse nitrogênio, fica no material vegetal por um determinado tempo, até a sua completa mineralização.

As informações sobre a decomposição e a liberação de nitrogênio de adubos verde dão suporte à prática da adubação verde no manejo das culturas comerciais, visando aumentar a eficiência da adubação verde nos sistemas de produção. A avaliação da decomposição dos adubos verdes permite melhor compreensão do fornecimento de nutrientes para as culturas, relacionando-os com o tempo e a quantidade aplicada. O estudo do processo de decomposição e da mineralização do nitrogênio de doses de adubos verdes podem esclarecer e contribuir com mais informações sobre a utilização dos adubos verdes como fonte de nitrogênio de origem biológica para as culturas.

O objetivo com o trabalho foi avaliar a decomposição da massa e a mineralização do nitrogênio de doses do adubo verde *Crotalaria juncea*.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Localização e descrição do experimento

O trabalho foi conduzido no campo, na área de Agroecologia situado no Vale da Agronomia, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG, no período de 26/03/10 a 27/08/10.

Os tratamentos consistiram de três doses de adubo verde: 3, 6 e 9 t ha⁻¹ em base de matéria seca. A parcela experimental consistiu de uma área de 30 x 30 cm onde foi adicionada em superfície a quantidade de massa equivalente às dose de adubo verde e coberto com a tela de nylon com malha de 4 x 4 mm. O adubo verde foi aplicado sobre o solo mesma relação talo:folha produzido no campo e coberto com as telas de nylon. Os resultados da análise química do solo na camada de 0 a 20 cm consta no Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo na camada de 0-20 cm da área experimental

MO	P-rem	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m	
g kg ⁻¹	mg l ⁻¹		-mg dm ⁻³ -		-----cmol _c /dm ³ -----								%	
24	26,9	6,5	7,0	96	2,7	0,4	0,0	2,81	3,35	3,35	6,16	54	0,0	

A decomposição do adubo verde foi avaliada pela perda de massa da matéria seca colocada sobre o solo e coberta com telas. As telas foram distribuídas no dia 26/03/10 numa área de cultivo que recebeu irrigação periodicamente por aspersão. As amostras foram coletadas aos 0, 7, 15, 25, 40, 60, 90, 120 e 150 dias. Após a coleta, as amostras da massa remanescente do adubo verde foram limpas para retirar o solo aderido e colocadas para secar em estufa a 70°C por 48 horas em estufa de circulação forçada de ar. Em seguida as amostra foram pesadas, moídas e analisadas quanto ao teor de nitrogênio. O teor total de nitrogênio foi determinado por Kjeldal, segundo Tedesco *et al.* (1995).

2.2 – Produção do adubo verde

O adubo verde utilizado foi a leguminosa *Crotalaria juncea* produzida no campo no período de 04/09/09 à 13/11/09 e colhida com 70 dias. O plantio do adubo verde foi feito com inoculação das sementes com estirpe de *Bradyrhizobium spp.* As sementes foram plantadas na razão de 40 sementes por metro linear e 50 cm entre linhas. O adubo verde foi cortado ao nível do solo e colocado sobre uma lona para secar em casa de vegetação por duas semanas. Em seguida o adubo verde foi picado

em pedaços de 30 cm e colocados em sacos de rafia e guardados em galpão fechado, até a instalação do experimento. Amostras do adubo verde na mesma relação talo:folha produzidos no campo foram retiradas e secadas em estufa à 70° C por 48 horas em estufa de circulação forçada de ar. O teor total de nitrogênio foi determinado por Kjeldal, segundo Tedesco *et al.* (1995). O carbono total foi calculado a partir do teor de matéria orgânica total determinada pelo método da perda por ignição, segundo Kiehl (1985). Os polifenóis foram extraídos com metanol 50 % e determinados por colorimetria utilizando-se o reagente Folin-Denis (Frighetto & Valarini, 2000). Os teores de celulose e lignina foram obtidos via Fibra detergente ácido a partir do material vegetal por ebulição com solução de ácido sulfúrico 0,5 M mais brometo de cetiltrimetilamônio (Frighetto & Valarini, 2000). A composição do adubo verde se encontra na Tabela 2.

Tabela 2. Teores de nitrogênio (N), polifenóis (Pol), lignina (Lig), celulose (Cel) e relação C/N, Lig/N, Pol/N e Lig/Pol na matéria seca do adubo verde *Crotalaria juncea*

N	Pol	Lig	Cel	C/N	Lig/N	Pol/N	Lig/Pol
-----%							
1,89	1,56	11,89	39,39	26,55	6,29	0,84	7,62

2.3 –Decomposição do adubo verde e mineralização do nitrogênio

Para o estudo das taxas de decomposição da matéria seca e da mineralização do nitrogênio do adubo verde, utilizou-se modelos de regressão não lineares, conforme proposto por Wieder & Lang (1982) citados por Aita & Giacomini (2003). O modelo assintótico (modelo 1) ou modelo exponencial duplo (modelo 2) têm as seguintes equações matemáticas:

$$\text{Modelo 1 . MSR ou NR} = A e^{-kat} + (100-A)$$

$$\text{Modelo 2 . MRS ou NR} = A e^{-kat} + (100-A) e^{-kbt}$$

Onde, MSR e NR = percentagem de matéria seca e nitrogênio remanescentes no tempo t (dias); t = tempo de amostragem de 0 a 150 dias; k_a = taxa constante de decomposição da matéria seca e de liberação de nitrogênio do compartimento mais decomponível (A); k_b = taxa constante de decomposição da matéria seca e de liberação de nitrogênio do compartimento de decomposição mais lenta (100-A). A MSR em tempo, foi calculada a partir percentagem de massa seca inicial amostrada no tempo 0. O NR em cada tempo foi calculado a partir da relação entre a quantidade de massa seca e o teor de nitrogênio obtido em cada tempo.

O modelo considera que a tanto a massa seca quanto o nitrogênio do adubo verde podem ser divididos em dois compartimentos. No modelo 1, apenas a MSR ou o NR de um dos compartimentos (A) são mineralizados no período de tempo avaliado, diminuindo exponencialmente a uma taxa constante. No segundo compartimento (100-A), a fração não mineralizada no tempo avaliado é considerada como recalcitrante e, por isso, não sofre transformação. No modelo 2, a MSR ou o NR dos dois compartimentos diminuem exponencialmente a taxas constantes, sendo que a primeira fração (A) é mineralizada a taxas mais elevadas do que a segunda fração (100-A), considerada recalcitrante. A partir dos valores da constante de decomposição da MSR ou do NR em cada compartimento, calculou-se o tempo de meia vida ($t_{1/2}$), ou seja, o tempo necessário para que 50 % da matéria seca ou nitrogênio daquele compartimento seja mineralizado para o solo. O tempo de meia vida ($t_{1/2}$) = $\ln 0,5/k$, segundo (Paul & Clark, 1996).

2.4 – Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições. As análises foram realizadas no Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, SAEG versão 9.1 (Funarbe, 2007).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Decomposição da massa do adubo verde

A decomposição da massa do adubo verde na dose de 3 t ha⁻¹ ajustou-se ao modelo exponencial duplo, enquanto que as doses de 6 e 9 t ha⁻¹ ajustou-se ao modelo assintótico (Tabela 3). Na dose 3 t ha⁻¹ de adubo verde, durante o período avaliado, a decomposição da massa ocorreu tanto no compartimento mais decomponível, com uma taxa de decomposição mais elevada, quanto no compartimento de decomposição mais lento, com uma menor taxa de decomposição. Nas doses 6 e 9 t ha⁻¹, a decomposição da massa no período avaliado ocorreu 62,87 e 63,43 % no compartimento mais decomponível (Figura 1).

Tabela 3. Taxa de decomposição da massa, k_a e k_b , nos compartimentos A e 100-A, respectivamente e tempo de meia vida ($t_{1/2}$) correspondente

Dose ms (t ha ⁻¹)	k_a (A) (dia ⁻¹)	k_b (100-A) (dia ⁻¹)	$t_{1/2} k_a$ (A) (dias)	$t_{1/2} k_b$ (100-A) (dias)
3	0,23647	0,00515	3	134
6	0,01542	-	44	-
9	0,01302	-	53	-

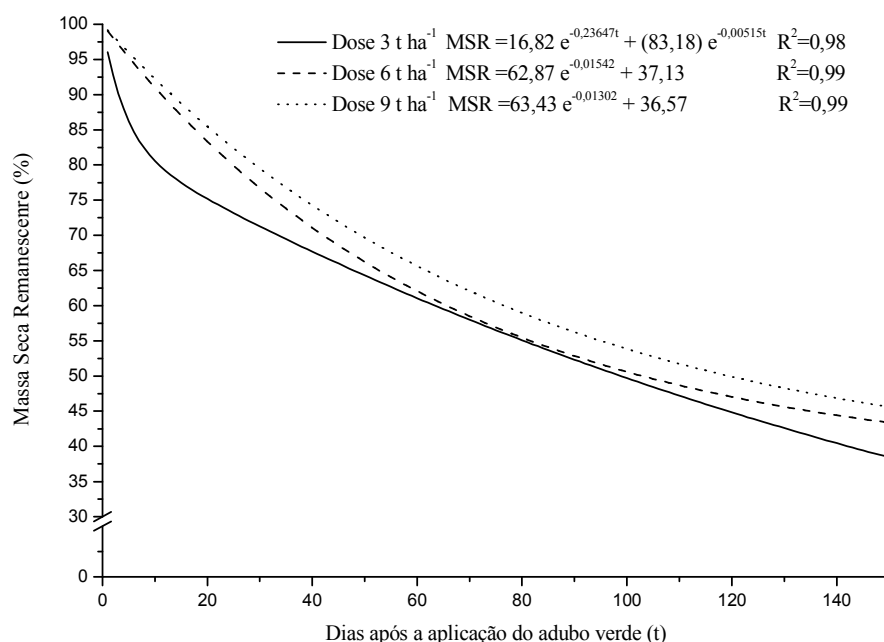


Figura 1. Efeito do tempo de decomposição em dias (t) sobre a massa da matéria seca remanescente (MSR) nas doses de 3, 6 e 9 t ha⁻¹ de adubo verde.

Na dose 3 t ha⁻¹, o t_(1/2) para a decomposição da massa, correspondeu à 3 dias no compartimento de decomposição mais decomponível e 134 dias no compartimento de decomposição mais lenta (Tabela 4). Nas doses 6 e 9 o t_(1/2) para a decomposição da massa correspondeu a 44 e 53 dias no compartimento de decomposição mais rápida, respectivamente (Tabela 4). Entretanto, o tempo geral para decomposição de 50 % da massa de adubo verde independente do compartimento foi de 98, 102 e 120 dias nas doses 3, 6 e 9 t ha⁻¹, respectivamente. O melhor ajuste do modelo assintótico aos valores de MSR nas doses 6 e 9 t ha⁻¹, indica que a diminuição das quantidades de massa nos resíduos da dose 3 t ha⁻¹ foi proporcionalmente maior do que aquela ocorrida nessas doses. A melhor distribuição do tecido vegetal sobre o solo na menor dose pode ter proporcionado maior lixiviação dos compostos solúveis aumentando sua decomposição inicial, pois compostos carbonados e nitrogenados solúveis em água são lixiviados mais rapidamente do tecido vegetal (Aita & Giacomini, 2003).

A decomposição das plantas de cobertura dependem de processos biológicos influenciados por condições de clima, manejo e solo e, apesar da complexidade da dinâmica do nitrogênio das leguminosas ser influenciada por vários fatores, durante o processo de decomposição, a relação C/N no tecido vegetal governa o padrão de decomposição (Amado *et al.*, 2002; Aita & Giacomini, 2003). Esses autores ressaltam que quando as espécies de gramíneas e leguminosas são consorciadas a decomposição dos resíduos depende da proporção entre as espécies que compõem o consórcio e da relação C/N resultante. Entretanto, o presente estudo demonstra que, considerando uma mesma espécie, o padrão de decomposição pode ser modificado quando se utilizada diferentes quantidade de massa e, essa mudança influencia a liberação do nitrogênio, principalmente no início do processo de decomposição.

Além das características químicas e bioquímicas das plantas, a dose também é importante fator a ser considerado na recomendação da adubação verde, por influenciar tanto na decomposição como na mineralização do nitrogênio. Palm *et al.* (2001) sugerem que plantas utilizadas como adubos verdes em cultivos anuais devem ter o seu teor de nitrogênio igual ou superior a 2,5 % e, caso o teor de nitrogênio esteja abaixo, os teores de lignina e polifenóis devem estar abaixo de 15 e 4 %, respectivamente. No presente trabalho, apesar do baixo teor de nitrogênio (1,89 %), os teores de lignina (11,89 %) e de polifenóis (1,56 %), estão dentro dos valores sugeridos por Palm *et al.* (2001), logo a crotalária utilizada pode ser aplicada como

adubo verde. Os resultados demonstram que para garantir uma liberação mais rápida do nitrogênio para as culturas no período inicial do ciclo da cultura doses menores de adubo verde como 3 t ha^{-1} , poderão ser aplicadas. Entretanto, se a aplicação do adubo verde for suprir uma demanda de nitrogênio ao longo do ciclo de culturas de ciclo curto, como as olerícolas, a aplicação de maiores doses fornecerá além de uma mineralização de nitrogênio inicial mais rápida, também uma maior quantidade de nitrogênio.

A rápida decomposição e mineralização na dose 3 t ha^{-1} , possivelmente, está relacionada a um maior contato do tecido vegetal com o solo, o que proporcionou aumento da atividade microbiana, acelerando o processo de decomposição especialmente na fração de decomposição mais rápida. A maior distribuição do tecido vegetal sobre o solo na menor dose proporcionou não só maior decomposição no compartimento mais lábil como também no compartimento de decomposição mais lenta. O percentual de massa no compartimento de decomposição mais rápida nas doses 6 e 9 t ha^{-1} apesar de similares, a taxa de decomposição na dose 6 t ha^{-1} foi maior do que na dose 9 t ha^{-1} (Tabela 3). Neste caso, a maior distribuição do tecido vegetal sobre o solo na dose 6 t ha^{-1} em relação a dose 9 t ha^{-1} , possivelmente, também proporcionou uma maior decomposição da massa no compartimento de decomposição mais rápida.

Em trabalho sobre a decomposição e a mineralização do nitrogênio da massa de *Crotalaria juncea* utilizada para cobertura morta do solo foi verificado que, após 35 dias de cultivo de alface, a massa seca e o nitrogênio remanescente foram de 49,3 % e 32,7%, respectivamente (Oliveira *et al.*, 2008). No presente trabalho, os valores apresentados aos 35 dias para massa seca e o nitrogênio remanescentes foram 69 % e 39 % para a dose 3 t ha^{-1} , 73 % e 46 % para a dose 6 t ha^{-1} 76 % e 48 % para a dose 9 t ha^{-1} (Figura 1 e 2). Entretanto, tais autores não consideraram o efeito da dose na avaliação e foi feita uma camada uniforme de massa com espessura de 5,0 cm sobre os canteiros. A avaliação da decomposição foi feita pela amostragem de 25 g de material acondicionadas em sacolas de polietileno de 40 x 30 cm, com malha de 2 mm, distribuídas na superfície das parcelas experimentais (Oliveira *et al.*, 2008); proporcionalmente, a dose adicionada foi menor do que a menor dose estudada no presente trabalho. Possivelmente, a decomposição avaliada em resíduos vegetais diretamente sobre o solo seja mais rápida do que em sacolas de nylon (*litter bags*), devido ao contato direto do solo com os tecidos vegetais.

Mineralização do nitrogênio do adubo verde

A mineralização do nitrogênio ajustou-se ao modelo exponencial duplo para todas as doses (Tabela 4). Tanto a decomposição como a mineralização do nitrogênio do adubo verde crotalária foi mais rápida na dose de 3 t ha⁻¹ (Figuras 1 e 2).

Tabela 4. Taxa de mineralização do nitrogênio, k_a e k_b , nos compartimentos A e 100-A, respectivamente e tempo de meia vida ($t_{1/2}$) correspondente

Dose ms (t ha ⁻¹)	k_a (A) (dia ⁻¹)	k_b (100-A) (dia ⁻¹)	$t_{1/2} k_a$ (dias)	$t_{1/2} k_b$ (dias)
3	0,38903	0,00775	1,8	89,4
6	0,28940	0,00802	2,4	86,4
9	0,07705	0,00781	9,0	88,7

O tempo geral para a liberação de 50 % da quantidade total do nitrogênio foi de 9, 24 e 32 dias nas doses 3, 6 e 9 t ha⁻¹ de adubo verde, respectivamente. De maneira geral a velocidade de liberação do nitrogênio em leguminosas é mais rápida do que a decomposição da massa (Diniz *et al.*, 2007; Ribas *et al.*, 2010).

A mineralização do nitrogênio não foi proporcional entre as doses do adubo verde crotalária (Figura 2). A taxa de mineralização do nitrogênio diminuiu no compartimento de decomposição mais rápida à medida que aumentou a dose do adubo verde. Houve uma rápida liberação de nitrogênio na fase inicial do processo de mineralização, independente da dose. A dose de 3 t ha⁻¹ mineralizou mais rapidamente o nitrogênio, seguido das doses 6 e 9 t ha⁻¹ (Figura 2). Ao final de 150 dias após a aplicação do adubo verde mais de 80 % do nitrogênio aplicado inicialmente via adubo verde já havia sido mineralizado para o solo em todas as doses (Tabela 5).

Tabela 5. Quantidade de massa da matéria seca e nitrogênio adicionado com a adubação verde, mineralizado aos 150 dias e percentual remanescente aos 150 dias

aplicada (t ha ⁻¹)	Quantidade de massa		Quantidade de nitrogênio		
	MSR aos 150 dias (t ha ⁻¹)	(%)	aplicado (kg ha ⁻¹)	NR aos 150 dias (kg ha ⁻¹)	(%)
3	1,15	38,41	56,70	9,24	16,30
6	2,60	43,35	113,40	20,97	18,50
9	4,10	45,56	170,10	31,84	18,72

O percentual de nitrogênio remanescente na massa do adubo verde foi maior na dose 9 t ha⁻¹ do que na dose 6 t ha⁻¹ (Figura 1). Até aos 12 dias, a quantidade de

nitrogênio mineralizada na dose 6 t ha⁻¹ foi mais elevada do que na dose 9 t ha⁻¹. Aos 12 dias, o percentual de massa decomposta nas doses de 6 e 9 t ha⁻¹ correspondeu a 10,6 e 9,1 %, respectivamente, enquanto que a proporção de nitrogênio mineralizada na dose 6 t ha⁻¹ foi 46 % mais elevada do que na dose de 9 t ha⁻¹. Uma maior quantidade de nitrogênio foi mineralizado na dose 6 t ha⁻¹ até 12 dias. Em média as doses 6 e 9 t ha⁻¹ liberaram aos 12 dias 49 kg ha⁻¹ de nitrogênio, a partir daí a dose 9 t ha⁻¹ proporcionou maior liberação (Figura 3).

A diferença na percentagem de nitrogênio liberada na dose 6 t ha⁻¹ em relação a dose 9 t ha⁻¹ diminuiu com o passar do tempo, tornando-se similar a partir de 50 dias (Figura 2). Mesmo com uma quantidade de nitrogênio liberada a partir da aplicação suficiente para o arranque inicial na maioria das culturas anuais de ciclo curto, outros processos como a imobilização também pode estar atuando. O potencial de mineralização e imobilização do nitrogênio de leguminosas foi avaliado por Matos *et al.* (2008) durante sete semanas e, resultou em uma maior mineralização na primeira semana, seguida de mineralização negativa, especialmente até a terceira ou quinta semanas devido a predominância do processo de imobilização, após este período o nitrogênio voltou à mineralização positiva.

Aos 60 e aos 90 dias, a decomposição da massa foi de 68 e 75 % respectivamente, na dose de 3 t ha⁻¹, mais rápida do que a decomposição encontrada por Carvalho *et al.* (2008), neste estudo o processo de decomposição da crotalária (C/N= 21) utilizando sacos de tela de náilon incorporados ao solo, a decomposição foi mais rápida do que quando os sacos foram deixados em superfície, neste caso, aos 60 e aos 90 dias, a decomposição da crotalária foi de 17 e 39 % respectivamente, quando incorporada e, 16 e 33 %, respectivamente, quando deixado em superfície, na dose de 2,5 t ha⁻¹, estimada a partir da área do sacos de tela de náilon, mesmo com uma relação C/N mais alta na crotalária utilizada no presente estudo, a decomposição foi mais rápida. Esse resultado, possivelmente, se deve ao contato direto do material vegetal com o solo na superfície, além das condições de umidade favorecidas pela irrigação no presente experimento, nestes estudos o fator umidade pode estar influenciando a decomposição mais do que o modo de aplicação.

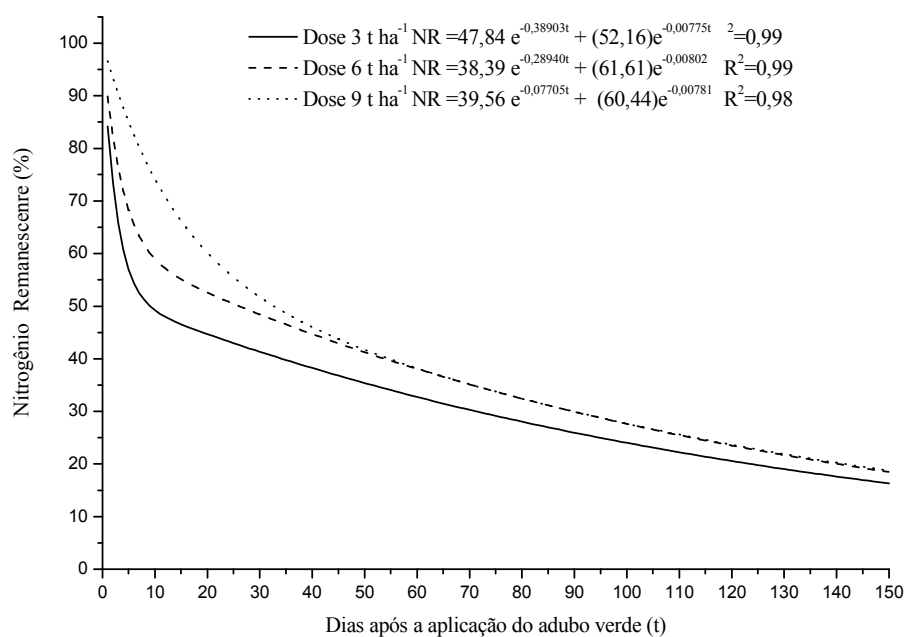


Figura 2. Efeito do tempo de decomposição em dias (t) sobre a massa da matéria seca remanescente (NR) nas doses de 3, 6 e 9 t ha⁻¹ de adubo verde.

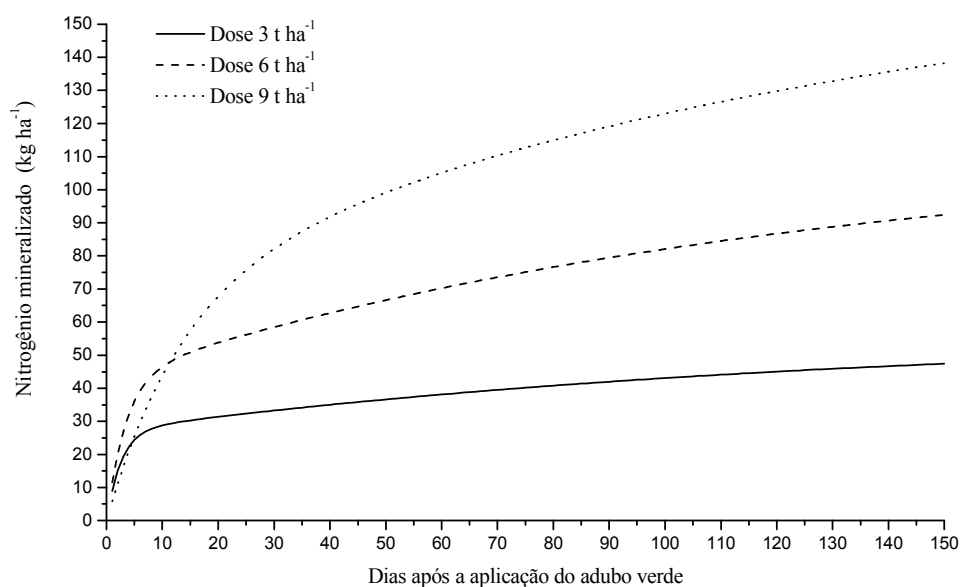


Figura 3. Efeito do tempo de decomposição em dias sobre a mineralização acumulada do nitrogênio (kg ha⁻¹) nas doses de 3, 6 e 9 t ha⁻¹ de adubo verde.

A taxa de mineralização do nitrogênio do compartimento de decomposição mais rápida diminuiu com o aumento da dose, apresentando um tempo de meia vida ($t_{1/2}$) de 1,8, 2,4 e 9 dias para as dose 3, 6 e 9 t ha⁻¹, respectivamente (Tabela 4).

Todavia, em cada dose metade do nitrogênio total, independente do compartimento, foi mineralizado para o solo aos 9 dias para a dose 3 t ha⁻¹, aos 26 dias para a dose 6 t ha⁻¹ e aos 32 dias para a dose 9 t ha⁻¹.

A mineralização do nitrogênio aos 150 dias após a aplicação do adubo verde foi de 47 kg ha⁻¹ de N na dose 3 t ha⁻¹, 92 kg ha⁻¹ de N na dose 6 t ha⁻¹ e 138 kg ha⁻¹ de nitrogênio na dose 9 t ha⁻¹, esses valores correspondem a 83 % para dose 3 t ha⁻¹ e 81 % para as doses 6 e 9 t ha⁻¹ (Tabela 5). Entretanto, além da mineralização do nitrogênio, outros processos como a imobilização e lixiviação, e a volatilização possivelmente poderá atuar na decomposição. No estudo feito por Ribas *et al.* (2010) os autores verificaram há um aumento da perda por volatilização a medida que aumenta a dose da mucuna-cinza, com perda de aproximadamente 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio na dose de 8 t ha⁻¹. Na maior dose devido ao menor contato com o solo, há formação de amônia diretamente na massa vegetal em decomposição, devido à sua alcalinização, resultando em volatilização sem passar pelo solo, como relatado por Janzen & Mcginn (1991). Considerando que há uma maior perda relativa de nitrogênio em doses mais elevadas, os resultados do presente trabalho evidenciam a importância do ajuste de dose de adubos verde associada ao tempo e a quantidade de nitrogênio necessária às culturas.

4 - CONCLUSÕES

- A decomposição da massa e a mineralização do nitrogênio é mais rápida em menores doses de *Crotalaria juncea* principalmente nos primeiros dias após a aplicação;
- A mineralização do nitrogênio é mais rápida do que a decomposição da massa em qualquer doses de *Crotalaria juncea*;
- Após 150 dias da aplicação da *Crotalaria juncea* cerca de 17,8 % da massa e 42 % do nitrogênio permaneceram nos tecidos desse adubo verde.

5 - REFERÊNCIAS

AITA, C. & GIACOMINI S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. R. Bras. Ci. Solo, 27:601-612, 2003.

ALCÂNTARA, F.A.; NETO, A.E.F.; PAULA, M.B.; MESQUITA, H.A.; MUNIZ, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo vermelho-escuro degradado. Pesq. Agropec. Bras., 35:277-288, 2000.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 26:241-248, 2002.

CARVALHO, A.M.; BUSTAMANTE, M.M.C.; SOUSA JUNIOR, J.G.A.; VIVALDI, L.J. Decomposição de resíduos vegetais em latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. R. Bras. Ci. Solo, 32:2831-2838, 2008.

DINIZ, E.R.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; PETERNELLI, L. A.; BARRELLA, T.P.; FREITAS, G.B. Green manure incorporation timing for organically grown broccoli. Pesq. Agropec. Bras., 42:199-206, 2007.

ESPINDOLA, J.AA, GUERRA JGM; ALMEIDA DL; TEIXEIRA MG; URQUIAGA S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. R. Bras. Ci. Solo, 30:321-328, 2006.

FRIGHETTO, R.T.S. & VALARINI, P.J. Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo: manual técnico. Jaguariúna: Embrapa meio ambiente, 2000. 198p.

FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES – FUNARBE. SAEG Sistema para análises estatísticas. Versão. 9.1. Viçosa-MG, 2007.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; GAMA-RODRIGUES. E.F.; BRITO. E.C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste Fluminense (RJ). R. Bras. Ci. Solo, 31: 1421-1428, 2007.

JANZEN HH & MCGINN S. Volatile loss of nitrogen during decomposition of legume green manure. Soil Biology and Biochemistry, 23:291-297, 1991.

KIEHL JB. Fertilizantes orgânicos. São Paulo. Ed. Agron. Ceres. 1985. 492p.

MATOS, E.S; MENDONÇA, E. S.; LIMA, P.C.; COELHO, M.S; MATEUS, R.F.; CARDOSO, I.M. Green manure in coffee systems in the region of Zona da Mata, Minas Gerais: characteristics and kinetics of carbon and nitrogen mineralization. R. Bras. Ci. Solo, 32:2027-2035, 2008.

MONTEIRO, H.C.F.; CANTARUTTI, R.B.; JUNIOR, D.M.; REGAZZI, A.J.; FONSECA, D.M. Dinâmica de decomposição e mineralização de nitrogênio em

função da qualidade de resíduos de gramíneas e leguminosas forrageiras. Rev. Bras. Zootecnia 31: 1092-1102, 2002.

OLIVEIRA, F.F.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R.L.D.; ESPINDOLA, J.A.A.; RICCI, M.S.F.; CEDDIA, M.B. 2008. Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. Hort. Brasileira 26:216-220, 2008.

PALM, C.A.; CATHERINE, C.N.; DELVE, R.J.; CADISCH, G.; GILLER, K.E. 2001. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. Agric. Ecos. Environment 83:27-42, 2001.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. Soil microbiology and biochemistry. 2.ed. Califórnia, Academic Press, 1996. 340p.

PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.S.; CECON, P.R.; GUERRA, J.G.M.; FREITAS, G.B. Sunnhemp and millet as green manure for tropical maize production. Scientia Agricola, 63:453-459, 2006.

PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M.; CECON, P.R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. Pesq. Agropec. Bras., 39:35-40, 2004.

RIBAS, R.G.T.; SANTOS, R.H.S.; SIQUEIRA, R.G.; DINIZ, E.R.; PETERNELLI, L.A.; FREITAS, G.B. 2010. Decomposição, liberação e volatilização de nitrogênio em resíduos culturais de mucuna-cinza (*Mucuna cinerea*). Ciência e agrotecnologia 34: 878-885, 2010.

SILVA, J.A.A.; VITTI, G.C.; STUCHI, E.S.; SEMPIONATO, O.R. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranja-'Pêra'. R. Bras. Fruticultura 24: 225-230, 2002.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKEISS, S.J.. Análise de solo, plantas e outros materiais. Departamento de solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995. 174p.

VARGAS, L.K. & SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um solo Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 24:35-42, 2000.

WIEDER, R.K. & LANG, G.E. 1982. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. Ecology, 63:1636-1642, 1982.

CAPÍTULO 3

ESTUDO DO EFEITO DE DOSES DE *Crotalaria juncea* NO CRESCIMENTO E NA PRODUÇÃO DE BRÓCOLIS EM CAMPO

1- INTRODUÇÃO

Embora existam estudos sobre nutrição e recomendações de adubação para o cultivo comercial de brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica*), raramente se encontram estudos que abordam os efeitos de quantidades de nutrientes provenientes de adubos verdes sobre o crescimento e produção dessa cultura. Na literatura consultada, não foram encontrados trabalhos relacionando doses de adubos verdes com a produção ou crescimento de brócolis. Entretanto, trabalhos realizados com outros tipos de adubos orgânicos como composto orgânico ou esterco são encontrados (Oliveira *et al.*, 2003; Yuri *et al.*, 2004; Damato Junior *et al.*, 2005).

A influência de doses de composto orgânico na produção e qualidade de sementes de brócolis Ramoso Santana foi avaliada utilizando quatro doses de composto orgânico, equivalentes à 0, 30, 60, 90 e 120 t ha⁻¹ com 0,72 % de N e 40 % de MO. À medida que aumentou a dose de composto orgânico aumentou a produção de sementes de brócolis (número e massa) por planta (Magro *et al.*, 2010).

A disponibilização do nitrogênio para as plantas é diferente quando se utiliza fertilizantes minerais solúveis e fertilizantes derivados de fontes orgânicas. Os fertilizantes nitrogenados minerais solúveis possuem alta concentração com 100 % do nitrogênio prontamente disponível. As fontes de fertilizantes orgânicos, adubos verdes, compostos orgânicos derivados do processo de compostagem, esterco, resíduos de origem agroindustrial como tortas, palhas e bagaços (Silva, 2008), além de possuírem constituição química diversas, apresentam grandes variações na concentração de nutrientes.

A adubação verde com leguminosas permite uma mineralização de nitrogênio mais lenta comparada com a mineralização de nitrogênio de fertilizantes minerais. A mineralização do nitrogênio do adubo verde é afetada por processos biológicos do solo, pelas condições edafoclimáticas, pela espécie e características químicas e bioquímicas do material. Ao trabalharem com doze espécies, variedades e diferentes partes das plantas, Cobo *et al.* (2002) verificaram que mesmo plantas da

mesma espécie podem apresentar concentrações de nutrientes diferentes, o que influencia diretamente as taxas de decomposição.

O processo de compostagem de resíduos orgânicos é um modelo otimizado do processo natural de humificação da matéria orgânica (Canellas & Rumjanek, 2005). O efeito residual do composto orgânico pode ser atribuído às formas mais estáveis derivada do processo de humificação da matéria orgânica durante o processo. Além do efeito imediato de liberação de nutrientes para as culturas, o composto orgânico possui efeito residual no solo, beneficiando as culturas subsequentes (Santos *et al.*, 2001). Da quantidade total de nitrogênio de compostos orgânicos produzidos com esterco animal, 50 % estariam prontamente disponíveis para as plantas ao passo que em compostos orgânicos produzidos com restos de peixaria, 15 % do nitrogênio total estariam disponíveis (Brinton junior & Seekins, 1994).

Independente da fonte adicionada ao solo, para que a cultura absorva o nitrogênio ele precisa ser liberado na forma mineral. Em estudo com a utilização do nitrogênio derivado de adubo verde ^{15}N -crotalaria e ^{15}N -uréia pelo trigo, em fertilização conjugada e separada, Araújo *et al.* (2005), verificaram que a recuperação do nitrogênio no solo derivado da uréia aplicado conjuntamente à crotalaria, foi superior quando comparado a aplicação de ^{15}N -uréia. O trigo utilizou o ^{15}N -uréia como a principal fonte de nitrogênio, indicando que nesta forma o nitrogênio estava mais disponível no solo. Entretanto, a percentagem da recuperação do nitrogênio derivado da uréia ou da crotalaria poderiam ser modificados com a mudança das doses da crotalaria.

A recomendação da adubação verde nos sistemas de cultivos ainda apresenta pouco suporte científico e poucos estudos abordam os efeitos de quantidades de nutrientes provenientes de adubos verdes sobre o crescimento e produção das culturas. São necessários estudos que avaliem e esclareçam os processos envolvidos no sistema solo-planta no fornecimento de nutrientes por adubos verdes às culturas. A avaliação do crescimento das plantas é um aspecto fundamental para caracterizar a performance da cultura produzida com diferentes doses de adubo verde.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito das doses do adubo verde *Crotalaria juncea* sobre o crescimento, produção e sobre a eficiência do uso e da recuperação aparente do nitrogênio.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Localização e descrição do experimento

O trabalho foi conduzido no campo, na área de Agroecologia situado no Vale da Agronomia, área pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG. Foram estabelecidos sete tratamentos, quatro principais e três testemunhas (Tabela 1). Os tratamentos principais consistiram de quatro doses de adubo verde: 0, 3, 6, 9 t ha⁻¹ em base de matéria seca, com adição de 12 t ha⁻¹ de composto orgânico em base de matéria seca conforme Diniz *et al.* (2008). Os tratamentos testemunhas consistiram de um tratamento com adubação mineral segundo Fontes (1999), um tratamento com 25 t ha⁻¹ de composto em base de matéria seca conforme Diniz *et al.* (2008) e um outro como testemunha absoluta sem adição de composto orgânico ou fertilizante mineral. A parcela experimental constou de cinco linhas espaçadas de 0,8 m com 4 m de largura e 3 m de comprimento. Análise química prévia do solo utilizado no experimento consta na Tabela 2.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos

Tratamentos	Descrição
Test AB	Testemunha absoluta
25CP	25 t ha ⁻¹ de composto
AM	Adubação mineral
0AV+12CP	0 t ha ⁻¹ de adubo verde aplicado no transplântio + 12 t ha ⁻¹ de composto
3AV+12CP	3 t ha ⁻¹ de adubo verde aplicado no transplântio + 12 t ha ⁻¹ de composto
6AV+12CP	6 t ha ⁻¹ de adubo verde aplicado no transplântio + 12 t ha ⁻¹ de composto
9AV+12CP	9 t ha ⁻¹ de adubo verde aplicado no transplântio + 12 t ha ⁻¹ de composto

Tabela 2. Análise química do solo (0-20 cm) da área experimental

MO	P-rem	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m
dag k ⁻¹	mg l ⁻¹		-mg dm ⁻³					cmol/dm ³				%	
2,4	26,9	6,5	7,0	96	2,7	0,4	0,0	2,81	3,35	3,35	6,16	54	0,0

2.2 – Composto orgânico

O composto orgânico foi produzido no setor de Agroecologia e teve como material de origem capim elefante e cama de frango numa proporção 3:1 (v/v), com 30 % de umidade. Os materiais foram compostados em pilhas com revolvimento manual. O composto orgânico foi aplicado nos sulcos de plantio, à exceção dos tratamentos testemunha absoluta e adubação mineral. Os teores de macronutrientes no composto orgânico, relação C/N e matéria orgânica constam na Tabela 3.

Tabela 3. Teor de macronutrientes, matéria orgânica (MO) e relação C/N na matéria seca do composto orgânico utilizado no experimento

N	P	K	Ca	Mg	S	MO	C/N
1,73	0,83	0,40	2,12	0,35	0,63	32,72	10,63

2.3 – Adubo verde

O adubo verde utilizado foi a leguminosa *Crotalaria juncea* produzida no campo e colhida com 70 dias após o plantio. O plantio da leguminosa foi feita com inoculação das sementes com estirpe de *Bradyrhizobium spp.* As sementes foram plantadas na razão de 40 sementes por metro linear e 50 cm entre linhas. O adubo verde foi cortado ao nível do solo e colocado sobre uma lona para secar em casa de vegetação por duas semanas. Em seguida o adubo verde foi picado em pedaços de 30 cm e colocados em sacos de ráfia e guardados em galpão fechado, até a instalação do experimento. O adubo verde foi aplicado nas parcelas logo após o transplântio do brócolis e amostras foram coletadas para análises químicas. O teor total de nitrogênio foi determinado por Kjeldal segundo Tedesco *et al.* (1995). O carbono total foi calculado a partir do teor de matéria orgânica total determinada pelo método da perda por ignição segundo Kiehl (1985). Os polifenóis foram extraídos com metanol 50 % e determinados por colorimetria utilizando-se o reagente Folin-Denis (Frighetto & Valarini, 2000). Os teores de celulose e lignina foram obtidos via fibra detergente ácido a partir do material vegetal por ebulição com solução de ácido sulfúrico e brometo de cetiltrimetilamônio (Frighetto & Valarini, 2000). A composição do adubo verde se encontra no Tabela 4.

Tabela 4. Teores de nitrogênio (N), polifenóis (Pol), lignina (Lig), celulose (Cel) e relação C/N, Lig/N, Pol/N e Lig/Pol na matéria seca do adubo verde *Crotalaria juncea*

N	Pol	Lig	Cel	C/N	Lig/N	Pol/N	Lig/Pol
1,89	1,56	11,89	39,39	26,55	6,29	0,84	7,62

A quantidade total de nitrogênio aplicado nos tratamentos e em cada fonte: composto orgânico, adubo verde e adubação mineral está descrita na Tabela 5.

Tabela 5. Quantidade de nitrogênio aplicado (kg ha^{-1}) em cada fonte e total nos tratamentos, via composto orgânico, adubo verde e nitrogênio mineral

Tratamentos	Composto orgânico	Adubo verde	Adubação mineral	Total
Test AB	0	0	0	0
25CP	432,5	0	0	432,5
AM	0	0	150,0	150,0
0AV+12CP	207,6	0	0	207,6
3AV+12CP	207,6	56,7	0	264,4
6AV+12CP	207,6	113,4	0	321,0
9AV+12CP	207,6	170,1	0	377,7

Testemunha absoluta (Test AB); 25 t ha^{-1} de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha^{-1} de adubo verde + 12 t ha^{-1} de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha^{-1} de adubo verde + 12 t ha^{-1} de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha^{-1} de adubo verde + 12 t ha^{-1} de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha^{-1} de adubo verde + 12 t ha^{-1} de composto (9AV+12CP).

A mineralização da massa do adubo verde crotalária e do nitrogênio está descrita no capítulo 2. A quantidade de nitrogênio mineralizada da massa do adubo verde nas doses de 3, 6 e 9 até aos 90 dias após o transplântio do brócolis foi de 41,9, 79,45 e 119,16 kg ha^{-1} de nitrogênio respectivamente.

2.4 - Brócolis

O transplântio do brócolis do híbrido de cabeça única ‘Taurus’ foi feito logo após a aplicação do composto. As mudas foram transplantadas para o campo no dia 26/03/10 com espaçamento de 0,8 m entre sulcos e 0,5 m entre plantas. O crescimento do brócolis foi avaliado pelo acúmulo de massa da matéria seca da parte aérea das plantas ao longo do ciclo até a colheita. Foi amostrada uma planta por parcela a cada 15 dias, cada planta amostrada possuía bordaduras. As plantas foram colocadas para secagem em estufa a 70 °C por 72 horas em estufa de circulação forçada de ar, seguido de pesagem. Foram calculadas as taxa de crescimento relativo (TCR) e a taxa de crescimento absoluto (TCA) do brócolis segundo, Benincasa (1988).

A taxa de crescimento relativo foi calculada através da equação:

$$\text{TCR (g g}^{-1}\cdot 10\text{dias}^{-1}) = \frac{(\ln P_2 - \ln P_1)}{(t_2 - t_1)}$$

Onde TCR ($\text{g g}^{-1}\cdot 10\text{dias}^{-1}$) = taxa de crescimento relativo, $\ln P_2$ = logaritmo neperiano da massa em gramas da planta na segunda amostragem; $\ln P_1$ = logaritmo neperiano da massa em gramas da planta na amostragem anterior; t_2 e t_1 = 10 dias entre duas amostragens.

A taxa de crescimento absoluto foi calculada através da equação:

$$\text{TCA (g.10dias}^{-1}\text{)} = \frac{(P_2 - P_1)}{(t_2 - t_1)}$$

Onde TCA (g.10dias⁻¹)= taxa de crescimento absoluto, P₂= Massa em gramas da planta na 2^a amostragem; P₁= Massa em gramas da planta na 1^a amostragem (amostragem anterior); t₂ e t₁= 10 dias entre duas amostragens.

A produção do brócolis foi avaliada pela massa da matéria fresca da inflorescência colhida com 1,5 cm de pedúnculo floral. Na colheita amostras do limbo foliar das plantas foram coletadas e colocadas para secagem em estufa a 70° C por 48 horas em estufa de circulação forçada de ar. Após secagem as amostras foram moídas para determinar o teor de nitrogênio pelo método Kjeldahl conforme Tedesco *et al.* (1995).

A recuperação aparente do nitrogênio da adubação verde, composto orgânico ou do nitrogênio mineral pelas plantas de brócolis, foi calculado pela seguinte equação:

$$\text{REC N (\%)} = \frac{[\text{Next (AV ou CP ou AM)} - \text{Next (Test AB)}] \cdot 100}{\text{Qde de N aplicado (AV ou CP ou AM)}}$$

Onde REC N (%)= A recuperação aparente do nitrogênio da adubação verde, composto orgânico ou adubação mineral pelas plantas de brócolis; Next (kg ha⁻¹) com AV ou CP ou AM= Quantidade de nitrogênio extraída em kg ha⁻¹ pela massa total das plantas cultivadas com doses de adubo verde, composto orgânico ou nitrogênio mineral; Next (kg ha⁻¹) com Test AB= Quantidade de nitrogênio extraída em kg ha⁻¹ nas plantas de brócolis com a testemunha absoluta e Qde de N aplicado com AV ou CP ou AM (kg ha⁻¹)= Quantidade de nitrogênio aplicado em kg ha⁻¹ em cada tratamento.

A eficiência fisiológica do uso do nitrogênio derivado da adubação verde, composto orgânico ou do fertilizante mineral pelas plantas de brócolis, foi calculado segundo Fageria *et al.* (2003) pela seguinte equação:

$$\text{EFUN(g g}^{-1}\text{)} = \frac{[\text{MS (AV ou CP ou AM)}] - [\text{MS (Test AB)}]}{\text{Qde de N total acumulado na planta}}$$

Onde EFUN (g g^{-1}) = A eficiência fisiológica do uso do nitrogênio derivado da adubação verde, composto orgânico ou do fertilizante mineral pelas plantas de brócolis ; MS (g) com AV ou CP ou AM = Produção de matéria seca em gramas nas plantas cultivadas com doses de adubo verde, composto orgânico ou nitrogênio mineral; MS (g) com Test AB = Produção de matéria seca em gramas nas plantas cultivadas com a testemunha absoluta; QdeNtotal acumulado na planta (g) = Quantidade total de nitrogênio acumulado pela planta em gramas.

2.5 – Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com quatro repetições no esquema de parcelas subdivididas no tempo para as variáveis de crescimento com ajuste dos modelos estatísticos da análise de crescimento, pela metodologia de superfície de resposta. Os dados foram avaliados por meio de análise de variância pelo teste F, regressão ou teste de médias ($p < 0,05$). As análises foram realizadas no Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, SAEG versão 9.1 (Funarbe, 2007).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento do crescimento das plantas de brócolis em função das doses de adubo verde demonstrou que com o passar dos dias após o transplântio e à medida que aumentou a dose do adubo verde aumentou também o acúmulo da massa da matéria seca das plantas (Figura 1).

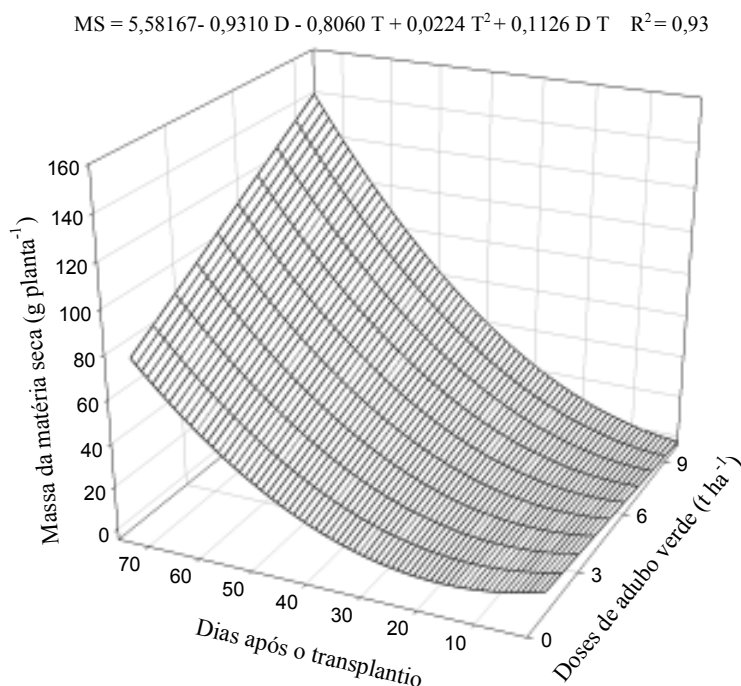


Figura 1. Efeito das doses de adubo verde (D) + composto e dos dias após o transplântio (T) sobre a massa da matéria seca (MS) das plantas de brócolis.

A maior taxa de crescimento relativo foi nos primeiros 10 dias do plantio do brócolis na dose 9 t ha⁻¹ (Tabela 6). A dose 9 t ha⁻¹ apresentou as maiores taxas de crescimento relativo associadas a um maior ganho de massa. Plantas com taxas de crescimento relativo mais altas apresentaram a capacidade de produzir maior quantidade de massa em relação a massa pré-existente. Embora a taxa de crescimento absoluto seja baixa nos primeiros 10 dias, neste período a taxa de crescimento relativo é alta, pois há um grande investimento da planta em tecidos fotossinteticamente ativos que contribuirão para a formação de massa na planta. À medida que a planta cresce a capacidade de formação de novos tecidos por unidade de massa vai diminuindo com o tempo. Com o aumento da dose de adubo verde aumenta a taxa de crescimento absoluto. Quanto maior a dose de adubo verde, maior

foi o ganho de massa das plantas de brócolis, verificado pela taxa de crescimento absoluto (Tabela 6).

Tabela 6. Taxa de crescimento relativo (TCR) em g/g por 10 dias e taxa de crescimento absoluto (TCA) em g/10dias por planta, calculadas a partir da massa seca das plantas de brócolis, medida a cada 10 dias após o transplântio até aos 70 dias em plantas cultivadas com diferentes doses de adubo verde + composto orgânico

Tempo Dias	Dose 0 t ha⁻¹		Dose 3 t ha⁻¹		Dose 6 t ha⁻¹		Dose 9 t ha⁻¹	
	TCR	TCA	TCR	TCA	TCR	TCA	TCR	TCA
0-10	1,61	0,72	1,30	0,51	1,54	0,73	1,98	1,31
10-20	0,20	1,10	1,23	1,70	1,92	5,43	1,92	8,80
20-30	1,18	2,49	1,32	6,53	0,94	9,91	0,83	13,29
30-40	0,94	5,64	0,80	11,02	0,63	14,40	0,56	17,78
40-50	0,84	12,13	0,58	15,51	0,48	18,89	0,43	22,26
50-60	0,58	16,62	0,45	19,99	0,39	23,37	0,35	26,75
60-70	0,44	21,10	0,37	24,48	0,32	27,86	0,30	31,24

Houve efeito dos tratamentos sobre a produção de brócolis (Tabela 7). A produção das plantas de brócolis na testemunha absoluta foi inferior a todos os tratamentos com doses de adubo verde. A produção das plantas produzidas com 25 t ha⁻¹ de composto foi superior à produção das plantas produzidas com a dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto e similar à dose produzida com 3 t ha⁻¹ + 12 t ha⁻¹ de composto, entretanto foi inferior às produzidas com as doses 6 e 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto. O tratamento 25 t ha⁻¹ de composto continha 432,5 kg ha⁻¹ de nitrogênio e cada dose de adubo verde continha além do nitrogênio do adubo verde, mais 207,6 kg ha⁻¹ de nitrogênio via composto orgânico.

Do total de nitrogênio aplicado com o composto conjuntamente ao mineralizado com o adubo verde, foi adicionado na dose de 6 e 9 t ha⁻¹ a quantidade de 287,0 e 326,7 kg ha⁻¹ de nitrogênio respectivamente. Mesmo contendo mais nitrogênio no tratamento com 25 t ha⁻¹ de composto, a planta produziu menos. Provavelmente a dinâmica de aproveitamento do nitrogênio derivado apenas do composto orgânico seja diferente dos outros tratamentos, pois as plantas não responderam nem na produção nem nas demais variáveis de crescimento como nas plantas que receberam com 9 t ha⁻¹ de adubo verde ou adubo mineral. A decomposição mais lenta do esterco, quando comparada com a de adubos verdes, foi relatada por Palm *et al.* (2001), onde materiais orgânicos de rápida decomposição possuem um efeito a curto prazo na fertilidade do solo, enquanto outros materiais

possuem efeito a longo prazo. Em estudo feito por Silva & Menezes (2007) com adição de 15 t ha⁻¹ de esterco ou 3 t ha⁻¹ de crotalária ou ainda 7,5 t ha⁻¹ de esterco conjuntamente à 3 t ha⁻¹ de crotalária incorporados para o cultivo de batata, os autores constataram que a concentração de nitrogênio mineral no solo quando aplicado somente esterco foi menor do que a concentração de nitrogênio mineral no solo nos tratamentos quando foi aplicado crotalária conjuntamente a esterco ou somente crotalária. A crotalária elevou a quantidade de nitrogênio mineral do solo no período inicial de cultivo e a combinação com o esterco foi mais eficaz para disponibilizar nutrientes ao longo do ciclo da batata do que a aplicação somente de esterco ou somente crotalária.

Apesar de o esterco ter adicionado mais nutrientes ao solo, não necessariamente levou à maior disponibilização de nutrientes para as plantas (Silva & Menezes, (2007). No presente estudo a aplicação de 25 t ha⁻¹ de composto orgânico, apesar de ter adicionado mais nutrientes ao solo, não necessariamente levou à maior disponibilização de nutrientes para as plantas, no período de demanda da cultura do brócolis.

Tabela 7. Produção de brócolis nos tratamentos principais comparados às testemunhas pelo teste de Dunnett

Tratamentos	Produção (g planta ⁻¹)
Test AB	11,00
25 CP	123,90
AM	397,77
0AV+12CP	102,01 ^{1 2 3}
3AV+12CP	136,26 ^{1 3}
6AV+12CP	271,70 ^{1 2 3}
9AV+12CP	346,26 ^{1 2}
DMS	72,00
CV(%)	20,69

Médias seguidas por 1, 2 ou 3 diferem da testemunha AB, 25 CP e AM, respectivamente pelo teste de Dunnett (p<0,05). Testemunha absoluta (Test AB); 25 t ha⁻¹ de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (9AV+12CP).

O processo de compostagem de materiais orgânicos é um modelo otimizado do processo natural de humificação da matéria orgânica (Canellas & Rumjanek, 2005). Possivelmente, a alta estabilização das formas dos nutrientes presentes no composto orgânico reflete em sua baixa disponibilidade no solo e conseqüentemente em baixos níveis de produção quando comparados com as plantas que receberam com 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto orgânico .

Houve efeito das doses de adubo verde sobre a produção do brócolis (Figura 2). À medida que aumentou a dose adubo verde aumentou também a produção do brócolis. A maior produção de brócolis foi de 344,29 g planta⁻¹ na dose de 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto, essa produção foi equivalente a 7,65 t ha⁻¹ de massa fresca de inflorescência. Em cultivo de verão em plantio direto, esse mesmo híbrido em condições de campo adubado com 2 t ha⁻¹ de cama de frango, 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio, incorporado nas covas de plantio, mais 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma mineral em cobertura parcelado em três vezes, produziu 370,8 g planta⁻¹ (Melo *et al.*, 2010), produção similar a encontrada no presente trabalho, entretanto com nitrogênio de fonte mineral e em maior quantidade do que a quantidade de nitrogênio mineralizada com 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto orgânico (326,7 kg ha⁻¹).

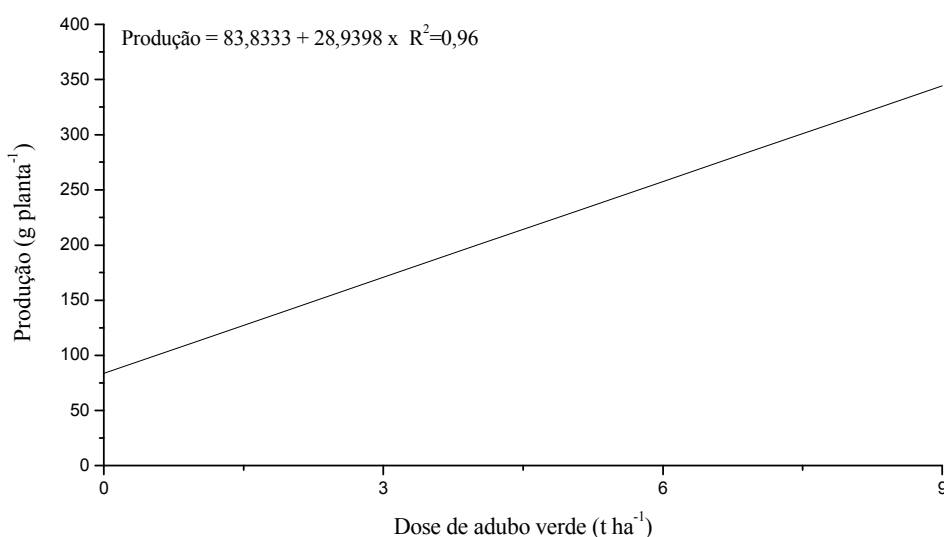


Figura 2. Efeito das doses de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto orgânico sobre a produção do brócolis.

Houve efeito dos tratamentos sobre o teor de nitrogênio no limbo foliar das plantas de brócolis (Tabela 8). As plantas que receberam as doses de 3 e 9 t ha⁻¹ apresentaram teores de nitrogênio no limbo foliar maiores do que as plantas que receberam 25 t ha⁻¹ de composto. As plantas que receberam as doses de 0 e 6 t ha⁻¹ apresentaram teor de nitrogênio no limbo foliar menores do que as plantas que receberam o nitrogênio mineral. Mesmo as plantas de brócolis cultivadas com

adubação mineral com maior teor de nitrogênio no limbo foliar do que os tratamentos com doses de adubo verde, o valor de nitrogênio total foi abaixo dos valores referência. De acordo com Trani & Rajj (1997) os teores de nitrogênio foliar considerado adequado para o brócolis estão entre 3,0 e 5,5 % de nitrogênio. Não houve efeito das doses do adubo verde sobre o teor de nitrogênio no limbo foliar das plantas de brócolis (1,88 %), apresentando um teor médio abaixo dos valores referência.

Tabela 8. Teor de nitrogênio no limbo foliar coletados na colheita e massa seca das plantas de brócolis aos 75 dias após o transplântio nos tratamentos principais comparados às testemunhas pelo teste de Dunnett

Tratamentos	Teor de nitrogênio (%)	Massa seca (g planta ⁻¹)
Test AB	1,74	34,75
25 CP	1,56	93,25
AM	2,29	181,25
0AV+12CP	1,80 ³	78,40 ^{1 3}
3AV+12CP	1,98 ²	102,00 ^{1 3}
6AV+12CP	1,75 ³	116,40 ^{1 3}
9AV+12CP	1,95 ²	152,13 ^{1 2 3}
DMS	0,35	21,01
CV(%)	20,69	11,04

Médias seguidas por 2 e/ou 3 diferem da testemunha 25 CP e/ou AM, respectivamente pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). Testemunha absoluta (Test AB); 25 t ha⁻¹ de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (9AV+12CP).

A quantidade de nitrogênio acumulada na planta inteira (quantidade extraída), e a quantidade de nitrogênio acumulada pela inflorescência do brócolis (quantidade exportada), foi calculada a partir da relação entre o teor de nitrogênio encontrado no limbo foliar do brócolis produzido em campo associado às proporções de massa e teores de nitrogênio do brócolis nos órgãos em relação à planta inteira, descrito no Capítulo 1. Dessa forma, estimou-se a quantidade de nitrogênio alocada na planta inteira e na inflorescência do brócolis produzido em campo. A quantidade de nitrogênio acumulada na planta inteira de brócolis produzida no campo nas doses 0, 3, 6 e 9 t ha⁻¹ foram de 36,19, 46,22, 51,77 e 74,96 kg ha⁻¹ de nitrogênio respectivamente. Nas plantas cultivadas com a adubação mineral essa quantidade acumulada foi de 117,03 kg ha⁻¹, nas plantas cultivadas com 25 t ha⁻¹ de composto foi de 33,26 kg ha⁻¹ e na testemunha absoluta foi de 12,26 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Em média 33,51 % do nitrogênio foi extraído para a inflorescência em cada tratamento e

consequentemente exportado para fora da área de cultivo. A quantidade de nitrogênio residual da área pode ser aproveitada por culturas subsequentes.

A recuperação aparente do nitrogênio foi maior nas plantas cultivadas com adubação mineral do que nas plantas cultivadas com o adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto ou 25 t ha⁻¹ de composto (Tabela 9).

Tabela 9. Recuperação aparente do nitrogênio (% N Rec) e eficiência fisiológica de utilização do nitrogênio (EFUN em g g⁻¹) das plantas de brócolis

Tratamentos	Rec N (%)	EFUN (g g⁻¹)
25 CP	4,37	40,34
AM	52,51	35,39
0AV+12CP	9,19	27,49
3AV+12CP	12,60	30,35
6AV+12CP	11,09	40,22
9AV+12CP	16,06	38,59

25 t ha⁻¹ de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (9AV+12CP).

Entretanto, a quantidade de nitrogênio aplicada nos tratamento com adubo verde + composto foi 2,5 vezes maior do que a quantidade de nitrogênio aplicada no tratamento com adubação mineral. Quando compara a eficiência de recuperação do nitrogênio das plantas na menor dose de adubo verde onde foi aplicada uma menor quantidade de nitrogênio, mais próxima a da adubação mineral, observa-se que a recuperação é ainda menor. A maior recuperação aparente do nitrogênio na adubação mineral possivelmente está relacionada com a menor disponibilidade do nitrogênio no solo da adubação orgânica, ainda mais do composto orgânico isoladamente do que da aplicação conjunta da adubação verde mais composto orgânico. Apesar da baixa recuperação aparente do nitrogênio nas plantas cultivadas com 9 t ha⁻¹ de adubos verde + 12 t ha⁻¹ de composto comparativamente às plantas as cultivadas com adubação mineral, estas apresentaram uma eficiência fisiológica similar à apresentada pelas plantas cultivadas com adubação mineral.

4 – CONCLUSÕES

- As quantidades de massa de *Crotalaria juncea* aplicadas influenciaram positivamente o crescimento e a produtividade do brócolis;
- A recuperação aparente do nitrogênio aplicado com a *Crotalaria juncea* é pequena e não está constantemente associada a quantidade de massa aplicada;
- A eficiência fisiológica do uso do nitrogênio não está associada às doses de *Crotalaria juncea* aplicadas.

5 - REFERÊNCIAS

ARAÚJO ASF; TEIXEIRA GM; CAMPOS AX; SILVA FC; AMBROSANO EJ; TRIVELIN PCO. 2005. Utilização de nitrogênio pelo trigo cultivado em solo fertilizado com adubo verde (*Crotalaria juncea*) e/ou uréia. *Ciência Rural* 35: 284-289.

BENINCASA MMP. 1988. Análise de crescimento de plantas. Jaboticabal: FUNEP. 42p.

BRINTON JUNIOR WF; SEEKINS MD. 1994. Evaluation of farm plot conditions and effects of fish scrap compost on yield and mineral composition of field grown maize. *Compost Science & Utilization* 2: 10-15.

CANELLAS LP; RUMJANEK VM. 2005. Espectroscopia na região do Ultravioleta-Visível. In: CANELLAS LP; SANTOS G A. *Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas*. p.126-142.

COBO JG; BARRIOS E; KASS DCL; THOMAS RJ. 2002. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. *Plant and Soil* 240: 331-342.

DAMATO JUNIOR ER; LEONEL S; PEDROSO CJ. 2005. Adubação orgânica na produção e qualidade de frutos de maracujá-doce. *Revista Brasileira de Fruticultura* 23: 188-190.

DINIZ ER; SANTOS RHS; URQUIAGA S; PETERNELLI LA; BARRELLA TP; FREITAS GB. 2008. Crescimento e produção de brócolis em sistema orgânico em função de doses de composto. *Ciência e Agrotecnologia*, 32: 1428-1434.

FAGERIA NK; SANTOS AB; STONE LF. 2003. Manejo de nitrogênio em arroz irrigado. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 58), p. 4, 2003.

FONTES PCR. 1999. Brócolos. In: RIBEIRO AC; GUIMARÃES PTG; V. ALVAREZ VH. (Ed). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação*. Viçosa, MG. p.183.

FRIGHETTO RTS; VALARINI PJ. 2000. Coords. Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo: manual técnico. Jaguariúna: Embrapa meio ambiente, 198p.

FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES – FUNARBE. SAEG Sistema para análises estatísticas. Versão. 9.1. Viçosa-MG, 2007.

KIEHL JB. 1985. Fertilizantes orgânicos. São Paulo. Ed. Agron. Ceres. 492p.

MAGRO FO; ARRUDA N; CASA J; SALATA AC; CARDOSO A; FERNANDES DM. 2010. Composto orgânico na produção e qualidade de sementes de brócolis. *Ciência e Agrotecnologia* 34: 596-602.

MELO RAC; MADEIRA NR; PEIXOTO JR. 2010. Cultivo de brócolos de inflorescência única no verão em plantio direto. *Horticultura Brasileira* 28: 23-28.

OLIVEIRA FL; RIBAS RGT; JUNQUEIRA RM; PADOVAN MP; GUERRA JGM; ALMEIDA DL; RIBEIRO RLD. 2003. Uso do pré-cultivo de Crotalária juncea e de doses crescentes de “cama” de aviário na produção do repolho sob manejo orgânico. *Agronomia* 37: 60-66.

PALM CA.; GILLER KE; MAFONGOYA PL; SWIFT MJ. 2001. Management of organic matter in the tropics: translating theory into practice. *Nutr. Cycling Agroecosy* 61: 63-75.

SANTOS RHS; SILVA F; CASALI VWD; CONDE AR. 2001. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. *Pesquisa agropecuária brasileira* 36: 1395-1398.

SILVA CA. 2008. Uso de Resíduos Orgânicos na Agricultura In: SANTOS GA; SILVA LS; CANELLAS LP; CAMARGO FAO (eds). *Fundamentos da Matéria orgânica do solo: Ecosistemas Tropicais e Subtropicais*. Porto Alegre: Metrópole. p. 597-624.

SILVA TO; MENEZES RSC. 2007. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, Crotalaria juncea: II - disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 31: 51-61.

TEDESCO MJ; GIANELLO C; BISSANI CA; BOHNEN H; VOLKEISS SJ. 1995. Análise de solo, plantas e outros materiais. Departamento de solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 174p.

TRANI PE; RAIJ B. 1997. Hortaliças. In.: RAIJ B. van; CANTARELLA H; QUAGGIO JA; FURLANI A M C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Boletim Técnico. p.163.

YURI J E; RESENDE GM; JUNIOR R; MOTA JH; SOUZA RJ. 2004. Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. *Horticultura brasileira* 22: 127-130.

CAPÍTULO 4

EFEITO RESIDUAL DO ADUBO VERDE NO CULTIVO SEQUENCIAL DE BRÓCOLIS, ABOBRINHA E MILHO

1- INTRODUÇÃO

As leguminosas quando utilizadas como adubos verdes, além de adicionar nitrogênio via FBN, atuam na ciclagem do nitrogênio e de outros nutrientes concentrando-os nas camadas mais superficiais do solo (Silva *et al.*, 2002). Contudo, a utilização do nitrogênio derivado da FBN em adubos verdes é baixa. O percentual de nitrogênio absorvido pelas culturas varia de 12,45 a 22,9 % do total derivado da FBN (Castro *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2006; Diniz *et al.*, 2007), e cerca de 20 % do total do nitrogênio aplicado como adubos verdes (Scivittaro *et al.*, 2000) enquanto que a eficiência da adubação mineral nitrogenada solúvel, varia entre 26 % e 61 % (Figueiredo *et al.*, 2005; Alves *et al.*, 2006; Lange *et al.*, 2008). Portanto, a eficiência da adubação verde em fornecer o nitrogênio é menor do que a eficiência da adubação mineral nitrogenada solúvel.

A maior eficiência da adubação com fertilizantes minerais solúveis possivelmente se deve à alta concentração de nutrientes na sua formulação e por estarem em formas nitrogenadas solúveis e disponíveis às plantas na solução do solo. Entretanto, independente da fonte, o principal destino do nitrogênio não absorvido pelas plantas é o solo. O nitrogênio não absorvido pelas plantas pode ser perdido ou ficar indisponível temporariamente às culturas. Essa perda do nitrogênio pode ocorrer pelos processos de lixiviação, volatilização ou desnitrificação e a sua indisponibilidade pode acontecer devido à imobilização temporária dos nutrientes ou à incorporação em formas orgânicas na matéria orgânica do solo.

Na literatura há estudos com adubos verdes e utilização conjunta com fontes suplementares de nutrientes tais como o esterco bovino, cama de aviário ou composto orgânico (Oliveira *et al.*, 2003; Oliveira *et al.*, 2005; Diniz *et al.*, 2007). Em tais trabalhos as quantidades totais de nitrogênio adicionadas por todas as fontes foram superiores às recomendadas para as culturas.

O potencial de mineralização e imobilização do nitrogênio de leguminosas no solo, avaliado durante sete semanas por Matos *et al.* (2008), resultou em maior mineralização na primeira semana, seguida de mineralização negativa devido a

imobilização do nitrogênio que predominou especialmente até a terceira ou quinta semana, após o período de imobilização, o nitrogênio voltou à mineralização positiva, ficando potencialmente disponível às culturas. No período de imobilização do nitrogênio, é indispensável uma fonte nitrogenada complementar para suprir às culturas. Tais resultados sugerem o significativo efeito residual dos adubos verdes, os quais poderiam ser evidenciados em cultivos sequenciais na mesma área.

Entretanto, este não tem sido considerado na maioria dos estudos com adubos verdes. Em culturas de ciclo curto como as olerícolas, apenas uma parte do nitrogênio derivado da adubação verde pode ser considerada, a curto prazo no suprimento nitrogenado da cultura. A outra parte, não aproveitada no primeiro ciclo de cultivo, pode ser aproveitada em cultivos subsequentes. Portanto é importante quantificar e monitorar o efeito residual da adubação verde visando aumentar o benefício agrônômico da sua utilização nos sistemas de cultivos.

A abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L. cv. Caserta), é uma cultura de ciclo curto com início da colheita entre 45 e 60 dias após a semeadura. Recomenda-se, de acordo com Carrijo *et al.* (1999), a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma mineral. A recomendação com adubação orgânica, de acordo com Souza & Resende (2006), é de com 30 t ha⁻¹ de composto ou 7,5 t ha⁻¹ de esterco de galinha curtido.

A produtividade de grãos de milho (*Zea mays* L.) pode atingir patamares de 10 a 14 t ha⁻¹ em cultivos utilizando fertilizantes minerais de alta solubilidade. A recomendação de nitrogênio para produção de milho, de acordo com Alves *et al.* (1999) é de 10-20 kg ha⁻¹ no plantio e de 60 a 140 kg ha⁻¹ em cobertura, para produtividade variando entre 4 e 8 t ha⁻¹.

O brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) de colheita única, produz uma inflorescência central, compacta (tipo “cabeça”), possui ciclo curto e alta exigência nutricional, requerendo doses de nitrogênio, tais como 150 kg ha⁻¹ (Fontes, 1999) e de 150 a 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio segundo Filgueira (2000). No sistema orgânico de produção, Souza & Resende, (2006) recomendam para a cultura do brócolis, 30 t ha⁻¹ de composto orgânico em peso úmido, 30 t ha⁻¹ esterco de curral ou 10 t ha⁻¹ de esterco de galinha.

O objetivo do trabalho foi estudar o efeito residual das doses de adubo verde com *Crotalaria juncea* acrescido de 12 t ha⁻¹ de composto orgânico aplicados no cultivo de brócolis, na sucessão abobrinha italiana-milho.

2 – MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 – Localização e descrição do experimento

O trabalho foi conduzido no campo, na área da Agroecologia situado no Vale da Agronomia, em área pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG. O estudo do efeito residual do nitrogênio proveniente da adubação verde foi realizado num sistema de sucessão de culturas organizado em três cultivos. O primeiro cultivo foi o de brócolis, o segundo e o terceiro cultivos constaram das culturas abobrinha italiana e milho, respectivamente. O brócolis foi cultivado no período de 26/03/10 a 16/06/10 e, após a colheita, os restos culturais foram deixados na área e picados com facão em suas respectivas parcelas. A análise química do solo, antes do cultivo de brócolis, consta na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo (0-20 cm) da área experimental

MO	P-rem	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m
dag k ⁻¹	mg l ⁻¹		-mg dm ⁻³ -		-----cmol _c /dm ³ -----								%
2,4	26,9	6,5	7,0	96	2,7	0,4	0,0	2,81	3,35	3,35	6,16	54	0,0

Os sete tratamentos foram estabelecidos no cultivo de brócolis sendo, quatro principais e três testemunhas. Os tratamentos principais consistiram de quatro doses de adubo verde: 0, 3, 6, 9 t ha⁻¹ em base de matéria seca, com adição de 12 t ha⁻¹ de composto orgânico em base de matéria seca conforme Diniz *et al.* (2008). Os tratamentos testemunhas consistiram de um tratamento com 100 % da recomendação com fertilizante mineral para a cultura de brócolis, segundo Fontes (1999), um tratamento com 25 t ha⁻¹ de composto em base de matéria seca, conforme Diniz *et al.* (2008) e um outro como testemunha absoluta sem adição de composto orgânico ou nitrogênio mineral (Tabela 2). A parcela experimental constou de cinco linhas espaçadas de 0,8 m com 4 m de largura e 3 m de comprimento. A adubação verde foi aplicada em superfície no dia do transplântio do brócolis. Após o cultivo de brócolis, não foi adicionado nenhuma fonte de nutrientes nas culturas subsequentes.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos

Tratamentos	Descrição
0AV+12CP	0 t ha ⁻¹ de adubo verde aplicado no transplântio + 12 t ha ⁻¹ de composto
3AV+12CP	3 t ha ⁻¹ de adubo verde aplicado no transplântio + 12 t ha ⁻¹ de composto
6AV+12CP	6 t ha ⁻¹ de adubo verde aplicado no transplântio + 12 t ha ⁻¹ de composto
9AV+12CP	9 t ha ⁻¹ de adubo verde aplicado no transplântio + 12 t ha ⁻¹ de composto
Test AB	Testemunha absoluta
25CP	25 t ha ⁻¹ de composto
AM	Adubação mineral

2.2 – Composto orgânico

O composto orgânico foi produzido no setor de Agroecologia e teve como material de origem capim elefante e cama de frango numa proporção 3:1 (v/v). Os materiais foram compostados em pilhas com revolvimento manual por 120 dias. Nos tratamentos que levaram composto, este foi aplicado nos sulcos de plantio uma única vez antes do transplântio do brócolis. A análise química do composto orgânico utilizado consta na Tabela 3.

Tabela 3. Teor de macronutrientes e relação C/N na matéria seca do composto orgânico utilizado no experimento

N	P	K	Ca	Mg	S	C/N
----- % -----						
1,73	0,83	0,40	2,12	0,35	0,63	10,63

Teores totais determinados no extrato ácido (ácido nítrico com ácido perclórico) N – Kjeldahl C – Ignição da MO - Kiehl

2.3 – Adubo verde

O adubo verde utilizado foi a leguminosa *Crotalaria juncea* produzida no campo por 70 dias, no período de 04/09/09 à 13/11/09. O plantio da leguminosa foi feita com inoculação das sementes com *Bradirhizobium* spp. As sementes foram plantadas na razão de 40 sementes por metro linear e 50 cm entre linhas. O adubo verde foi cortado ao nível do solo e colocado sobre uma lona para secar em casa de vegetação por duas semanas. Em seguida o adubo verde foi picado em pedaços de 30 cm e colocados em sacos de rafia e guardados em galpão fechado, até a instalação do experimento. Amostras do adubo verde na mesma relação talo:folha produzidos no campo foram retiradas e secadas em estufa a 70° C por 48 horas em estufa de circulação forçada de ar até massa constante para determinação do teor de nitrogênio.

A composição do adubo verde se encontra na Tabela 4.

Tabela 4. Teores de nitrogênio (N), polifenóis (Pol), lignina (Lig), celulose (Cel) e relação C/N, Lig/N, Pol/N e Lig/Pol na matéria seca do adubo verde *Crotalaria juncea*

N	Pol	Lig	Cel	C/N	Lig/N	Pol/N	Lig/Pol
-----%							
1,89	1,56	11,89	39,39	26,55	6,29	0,84	7,62

A recuperação aparente do nitrogênio da adubação verde, composto orgânico ou do nitrogênio mineral pelas plantas de abobrinha, foi calculado pela seguinte equação:

$$\text{REC N (\%)} = \frac{[\text{Next (AV ou CP ou AM)} - \text{Next (Test AB)}] \cdot 100}{\text{Qde de N aplicado (AV ou CP ou AM)}}$$

Onde REC N (%) = A recuperação aparente do nitrogênio da adubação verde, composto orgânico ou adubação mineral pelas plantas de brócolis; Next (kg ha⁻¹) com AV ou CP ou AM = Quantidade de nitrogênio extraída em kg ha⁻¹ pela massa total das plantas cultivadas com doses de adubo verde, composto orgânico ou nitrogênio mineral; Next (kg ha⁻¹) com Test AB = Quantidade de nitrogênio extraída em kg ha⁻¹ nas plantas de brócolis com a testemunha absoluta e Qde de N aplicado (kg ha⁻¹) = Quantidade de nitrogênio aplicado em kg ha⁻¹.

A eficiência fisiológica do uso do nitrogênio derivado da adubação verde, composto orgânico ou do fertilizante mineral pelas plantas de abobrinha, foi calculado segundo Fageria *et al.* (2003) pela seguinte equação:

$$\text{EFUN (g g}^{-1}\text{)} = \frac{[\text{MS (AV ou CP ou AM)}] - [\text{MS (Test AB)}]}{\text{Qde de N total acumulado na planta}}$$

Onde EFUN (g g⁻¹) = A eficiência fisiológica do uso do nitrogênio derivado da adubação verde, composto orgânico ou do fertilizante mineral pelas plantas de brócolis; MS (g) com AV ou CP ou AM = Produção de matéria seca em gramas nas plantas cultivadas com doses de adubo verde, composto orgânico ou nitrogênio mineral; MS (g) com Test AB = Produção de matéria seca em gramas nas plantas

cultivadas com a testemunha absoluta; QdeNtotal acumulado na planta (g) = Quantidade total de nitrogênio acumulado pela planta em gramas.

2.4 – Abobrinha italiana

O semeio da abobrinha italiana tipo Caserta foi feito em badejas de poliestireno no dia 20/07/10, sendo transplantada para o campo no dia 09/08/10 com espaçamento de 0,8 m entre sulcos e 0,6 m entre plantas. O crescimento da abobrinha foi avaliado pelo acúmulo de massa da matéria seca da parte aérea das plantas ao longo do ciclo até a colheita. Foi amostrada uma planta por parcela a cada 15 dias, por dois meses. Na última colheita de frutos, a parte aérea das plantas foi coletada e separada em partes: limbo foliar, pecíolo, caule e fruto. No florescimento foi amostrado o limbo foliar de folhas novas completamente expandidas para a avaliação do status nutricional de nitrogênio. As amostras foram colocadas para secagem em estufa a 70° C por 48 horas em estufa de circulação forçada de ar, e após a secagem foram pesadas e moídas.

A taxa de crescimento relativo foi calculada através da equação:

$$\text{TCR (g g}^{-1}\text{.15dias}^{-1}\text{)} = \frac{(\ln P_2 - \ln P_1)}{(t_2 - t_1)}$$

Onde TCA (g.15dias⁻¹)= taxa de crescimento absoluto, P₂= Massa em gramas da planta na 2^a amostragem; P₁= Massa em gramas da planta na 1^a amostragem (amostragem anterior); t₂ e t₁= 15 dias entre duas amostragens.

A taxa de crescimento absoluto foi calculada através da equação:

$$\text{TCA (g.15dias}^{-1}\text{)} = \frac{(P_2 - P_1)}{(t_2 - t_1)}$$

Onde, P₂= Massa em gramas da planta na 2^a amostragem; P₁= Massa em gramas, da planta na 1^a amostragem (amostragem anterior); t₂ e t₁= tempo entre duas amostragens.

A produtividade da abobrinha foi determinada pela massa da matéria fresca dos frutos colhidos com 1,5 cm de pedúnculo floral ao longo do período de produção em quatro plantas por parcela e os dados foram convertidos para área de 1 ha. O período de colheita dos frutos foi de 21/09/10 a 06/10/10. Após secagem em estufa as amostras das partes das plantas de abobrinha foram pesadas e moídas. O teor de

nitrogênio foi determinado pelo método Kjeldhal. A partir do teor de nitrogênio foi calculado o acúmulo de nitrogênio nas partes da planta e a proporção de nitrogênio correspondente a cada parte em relação à planta inteira.

2.5 – Milho

O milho híbrido AG 1051 foi semeado dia 25/10/10 com 0,8 m entre sulcos e 5 sementes por metro. A germinação ocorreu dia 30/10/10. A amostragem foliar para a avaliação do estado nutricional do milho foi feita no terço médio da folha oposta abaixo da primeira espiga, excluída a nervura central, coletada por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina (embonecamento) (Cantarella *et al.*, 1996). Foi determinado o teor de nitrogênio pelo método Kjeldhal conforme Tedesco *et al.* (1995). A produção da matéria seca da parte aérea, colmo, folhas, pendão e espiga com palha, foi determinada por ocasião da maturação fisiológica, em duas plantas na área útil da parcela, extrapolando-se os resultados para a produção por hectare. A produção foi determinada pela massa total de grãos da parcela útil de 1,6 m x 1,5 m, com os dados de produção expressos por hectare, sendo a umidade de grãos corrigida para 12 %.

2.6 – Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com quatro repetições no esquema de parcelas subdivididas no tempo para as variáveis de crescimento com ajuste dos modelos estatísticos da análise de crescimento, pela metodologia de superfície de resposta. Os dados foram avaliados por meio de análise de variância pelo teste F, regressão ou teste de médias ($p < 0,05$). As análises foram realizadas no Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, SAEG versão 9.1 (Funarbe, 2007).

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Abobrinha italiana

O crescimento das plantas de abobrinha italiana foi influenciado positivamente pelas doses de adubo verde e pelo dias após o transplântio (Figura 1). A massa da matéria seca foi maior nas plantas onde houve a aplicação da maior dose de adubo verde e aumentou à medida que passaram os dias após o transplântio.

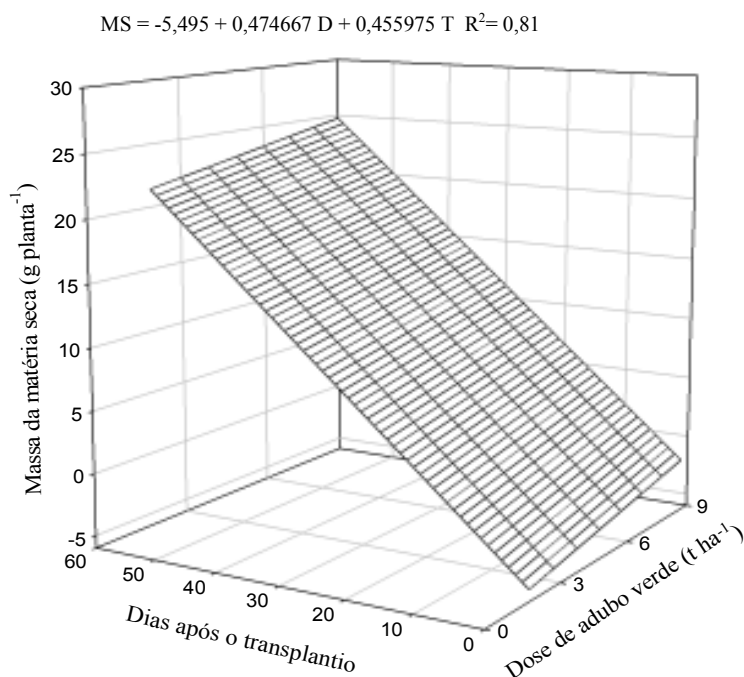


Figura 1. Efeito residual das doses de adubo verde (D) e dos dias após o transplântio (T) sobre a massa da matéria seca das plantas (MS) de abobrinha italiana cultivada na sucessão brócolis-abobrinha italiana.

Entre as doses de adubo verde, a taxa de crescimento relativo foi mais elevada nas doses de 6 e 9 t ha⁻¹ nos primeiros 15 dias após o transplântio. Ao longo do tempo as plantas de abobrinha cultivadas com as doses de 6 e 9 t ha⁻¹ de adubo verde também acumularam mais massa seca até os 60 dias, resultado evidenciado por valores mais elevados da taxa de crescimento absoluto. Entre 15 e 30 dias, foi o período em que as plantas apresentaram taxas de crescimento relativo mais elevadas. As plantas de abobrinha acumularam mais massa à medida que aumentou as doses de adubo verde. A taxa de crescimento absoluto, numa mesma semana, foi maior à medida que aumentou a dose de adubo verde (Tabela 5).

Tabela 5. Taxa de crescimento relativo (TCR) ($\text{g g}^{-1} \cdot 15\text{dias}^{-1}$) e Taxa de crescimento absoluto (TCA) ($\text{g} \cdot 15\text{dias}^{-1}$) das plantas de abobrinha, nas doses 3, 6 e 9 t ha^{-1} de adubo verde, a cada 15 dias após o transplântio

Tempo Dias	Dose 0 t ha^{-1}		Dose 3 t ha^{-1}		Dose 6 t ha^{-1}		Dose 9 t ha^{-1}	
	TCR	TCA	TCR	TCA	TCR	TCA	TCR	TCA
0-15	0,66	0,36	0,62	0,33	0,96	0,61	0,95	0,60
15-30	1,97	4,52	2,30	6,30	2,23	8,14	2,34	9,15
30-45	1,01	9,13	0,79	8,50	0,62	7,88	0,66	9,50
45-60	0,28	4,65	0,52	10,50	0,50	11,00	0,51	13,20

Houve influência dos tratamentos sobre a massa da matéria seca das partes das plantas de abobrinha e da planta inteira (Tabela 6). A massa da matéria seca do limbo foliar e dos pecíolos nas plantas dos tratamentos com aplicação de adubo verde foi similar a massa seca das folhas, pecíolos e caule nas testemunhas com 25 t ha^{-1} de composto e adubação mineral. A massa da matéria seca em todas as partes e na planta inteira nas doses 3, 6 e 9 t ha^{-1} de adubo verde foi superior à massa da testemunha absoluta. A massa da matéria dos frutos e da planta inteira na dose de 9 t ha^{-1} de adubo verde foi similar à massa das plantas com adubação mineral e superior à massa das plantas da testemunha absoluta e 25 t ha^{-1} de composto (Tabela 6).

Tabela 6. Massa da matéria seca em gramas da folha (MSFo), pecíolo (MSPe), caule (MSCa), fruto (MSFru) e planta inteira (MSPI) das plantas de abobrinha submetidas aos tratamentos principais comparados às testemunhas pelo teste de Dunnett

Tratamentos	MSFo	MSPe	MSCa	MSFru	MSPI
Test AB	5,92	1,45	1,30	24,88	32,26
25 CP	16,75	6,42	4,27	66,93	90,11
AM	16,77	6,87	3,75	120,98	144,63
0AV+12CP	11,95 ¹	4,15 ²	2,92 ¹	56,93 ³	73,03 ^{1 3}
3AV+12CP	19,12 ¹	6,90 ¹	3,90 ¹	71,75 ^{1 3}	97,77 ^{1 3}
6AV+12CP	16,50 ¹	6,17 ¹	4,05 ¹	79,02 ^{1 3}	101,70 ^{1 3}
9AV+12CP	19,80 ¹	8,60 ¹	4,42 ¹	116,64 ^{1 2}	145,04 ^{1 2}
DMS	5,03	3,23	1,45	34,14	34,82
CV(%)	18,81	31,80	23,51	25,37	20,30

Médias seguidas por 1, 2 ou 3 diferem da testemunha AB, 25 CP e AM, respectivamente pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). Testemunha absoluta (Test AB); 25 t ha^{-1} de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha^{-1} de adubo verde + 12 t ha^{-1} de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha^{-1} de adubo verde + 12 t ha^{-1} de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha^{-1} de adubo verde + 12 t ha^{-1} de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha^{-1} de adubo verde + 12 t ha^{-1} de composto (9AV+12CP).

Houve efeito residual das doses de adubo verde para a massa da matéria seca dos frutos e da planta inteira (Figura 2) e das folhas de abobrinha (Figura 3). À medida que aumentou a dose de adubo verde houve um aumento linear na massa

seca, com um acúmulo de massa na planta inteira de 137,39 g planta⁻¹ nas parcelas com a maior dose de adubo verde.

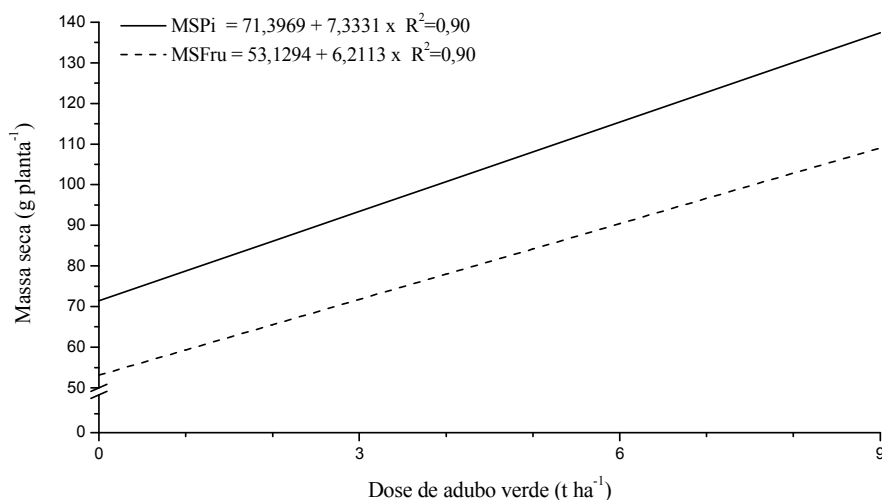


Figura 2. Efeito residual das doses de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto orgânico sobre a massa da matéria seca planta inteira (MSPi) e nos frutos (MSFru) de abobrinha italiana cultivada na sucessão brócolis-abobrinha italiana.

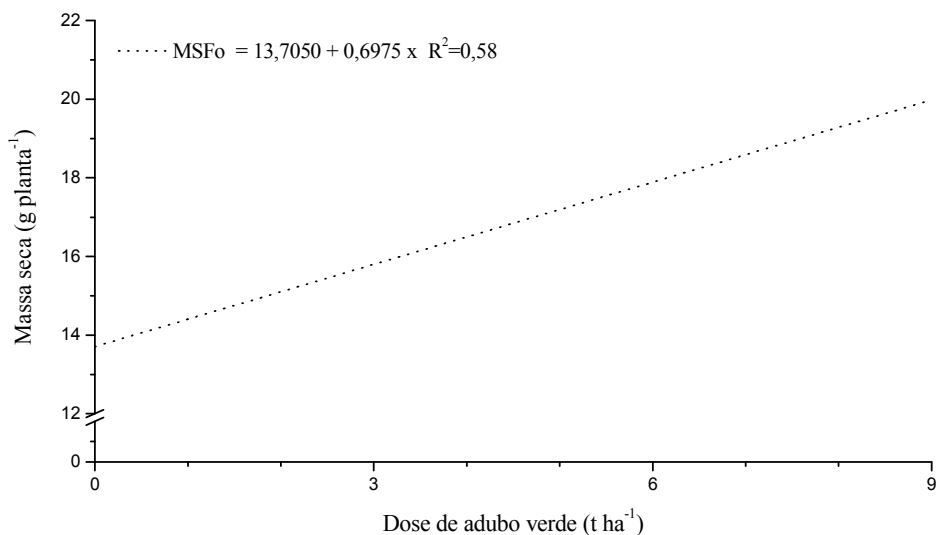


Figura 3. Efeito residual das doses de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto orgânico sobre a massa da matéria seca do limbo foliar (MSFo) de abobrinha italiana cultivada na sucessão brócolis-abobrinha italiana.

Não houve efeito dos tratamentos sobre a percentagem de massa da matéria seca das partes das plantas de abobrinha. Independente do tratamento, a percentagem de massa da matéria seca acumulada nas partes em relação ao acúmulo total de

massa na planta inteira foi similar com os seguintes valores médios: limbo foliar (16,11 %), pecíolo (5,70 %), caule (3,69 %) e fruto (74,48 %).

Houve influência dos tratamentos sobre a produção de frutos da abobrinha italiana (Tabela 7). A produção das plantas nos tratamentos que receberam o adubo verde foi maior do que a produção nas plantas da testemunha absoluta. A produção das plantas na maior dose de adubo verde foi superior à produção das plantas na testemunha com 25 t ha⁻¹ de composto e similar a produção das plantas com adubação mineral. Com as doses de 0, 3 e 6 t ha⁻¹ a produção das plantas foi inferior a obtida com adubação mineral e similar a obtida com 25 t ha⁻¹ de composto. O baixo efeito residual do composto orgânico pode estar relacionado a decomposição lenta da sua matéria orgânica. De acordo com Marchi *et al.* (2008), o predomínio de carbono-ácido húmico sobre carbono-ácido fúlvico, significa um maior aporte de carbono ao solo e baixa mineralização de nutrientes, o que possivelmente explicaria o baixo efeito residual do composto orgânico na dose de 25 t ha⁻¹ sobre a produtividade da abobrinha.

Tanto a adubação verde na dose de 9 t ha⁻¹ quanto a adubação mineral, apresentaram efeito residual na produção de abobrinha. Santos *et al.* (2001) estudando o efeito da aplicação de composto orgânico, na presença e ausência de adubo mineral, sobre o crescimento e produção de alface, observaram efeito residual da adubação da hortaliça com composto orgânico, o que não foi verificado na adubação mineral. O efeito residual da adubação mineral pode estar relacionado ao teor da matéria orgânica do solo, uma vez que no solo utilizado no presente trabalho o teor de matéria orgânica foi 63 % maior do que no solo utilizado por Santos *et al.* (2001).

A produção de frutos de abobrinha cultivada em túneis plásticos com diferentes manejos culturais variou de 390 g planta⁻¹ a 463,6 g planta⁻¹ (Lúcio *et al.*, 2008). No estado de São Paulo, maior produtor de abobrinha italiana no Brasil, a média de produtividade em 2006 foi de 14,23 t ha⁻¹ (Camargo Filho & Camargo, 2008). No presente estudo a produtividade da abobrinha italiana, na maior dose de adubo verde foi de 14,96 t ha⁻¹ e na adubação mineral de 15,51 t ha⁻¹, valores similares aos cultivos comerciais (Tabela 7).

Tabela 7. Produção e produtividade de frutos de abobrinha, nos tratamentos principais comparados às testemunhas pelo teste de Dunnett

Tratamentos	Produção (g planta ⁻¹)	Produtividade (t ha ⁻¹)
Test AB	139,01	3,19
25 CP	376,00	8,58
AM	679,61	15,51
0AV+12CP	319,81 ³	7,30 ³
3AV+12CP	403,06 ^{1 3}	9,20 ^{1 3}
6AV+12CP	443,91 ^{1 3}	10,13 ^{1 3}
9AV+12CP	655,21 ^{1 2}	14,96 ^{1 2}
DMS	191,79	4,37
CV(%)	25,37	25,37

Médias seguidas por 1, 2 ou 3 diferem da testemunha AB, 25 CP e AM, respectivamente pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). Testemunha absoluta (Test AB); 25 t ha⁻¹ de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (9AV+12CP).

Considerando apenas o efeito de doses, a produção de frutos da abobrinha italiana aumentou linearmente com o aumento das doses de adubo verde alcançando 612,56 g planta⁻¹ na dose de 9 t ha⁻¹, quantidade equivalente a 13,98 t ha⁻¹ (Figura 4).

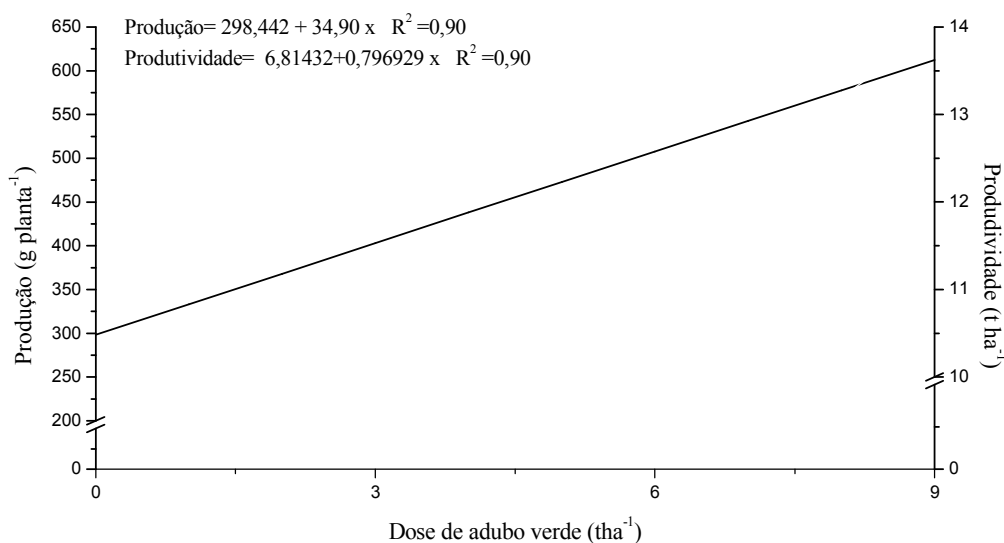


Figura 4. Efeito residual das doses de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto orgânico sobre a produção ou produtividade de abobrinha cultivada na sucessão brócolis-abobrinha italiana.

Houve influência dos tratamentos sobre a quantidade de nitrogênio acumulado nas partes das plantas de abobrinha (Tabela 8). A quantidade de nitrogênio acumulada nas partes e na planta inteira dos tratamentos que receberam anteriormente o adubo verde foi maior do que a quantidade acumulada nas plantas da testemunha absoluta. A quantidade de nitrogênio acumulada nos frutos e na planta

inteira na dose residual de 9 t ha⁻¹, foi superior a quantidade de nitrogênio acumulada nas plantas da testemunha absoluta ou com 25 t ha⁻¹ de composto (Tabela 8).

A quantidade de nitrogênio acumulada nas plantas da testemunha com adubação mineral foi superior à quantidade encontrada nas plantas cultivadas com a dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde e similar às quantidades encontradas nas plantas da doses 3, 6 e 9 t ha⁻¹ de adubo verde, para as variáveis frutos e plantas inteira, para as demais variáveis foi similar (Tabela 8).

Tabela 8. Quantidade de nitrogênio acumulado (g) no limbo foliar (QN_{Fo}), pecíolo (QN_{Pe}), caule (QN_{Ca}), fruto (QN_{Fru}), e planta inteira (QN_{PI}) da planta de abobrinha submetida aos tratamentos principais comparados às testemunhas pelo teste de Dunnett

Tratamentos	QN _{Fo}	QN _{Pe}	QN _{Ca}	QN _{Fru}	QN _{PI}
Test AB	0,185	0,025	0,036	0,498	0,745
25 CP	0,330	0,075	0,065	1,396	1,868
AM	0,369	0,076	0,064	2,055	2,566
0AV+12CP	0,299	0,054	0,043	1,052 ^{1 3}	1,448 ³
3AV+12CP	0,377 ¹	0,067 ¹	0,072 ¹	1,403 ¹	1,920 ¹
6AV+12CP	0,354 ¹	0,063 ¹	0,071 ¹	1,358 ¹	1,846 ¹
9AV+12CP	0,450 ¹	0,104 ¹	0,092 ¹	2,165 ^{1 2}	2,812 ^{1 2}
DMS	0,15	0,07	0,03	0,48	1,06
CV(%)	21,10	32,00	30,12	31,62	23,52

Médias seguidas por 1, 2 ou 3 diferem da testemunha AB, CP e AM, respectivamente pelo teste de Dunnett (p<0,05). Testemunha absoluta (Test AB); 25 t ha⁻¹ de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (9AV+12CP).

Houve efeito residual linear das doses de adubo verde sobre a quantidade de nitrogênio acumulada nos frutos e na planta inteira (Figura 5) e no limbo foliar nas plantas de abobrinha italiana (Figura 6).

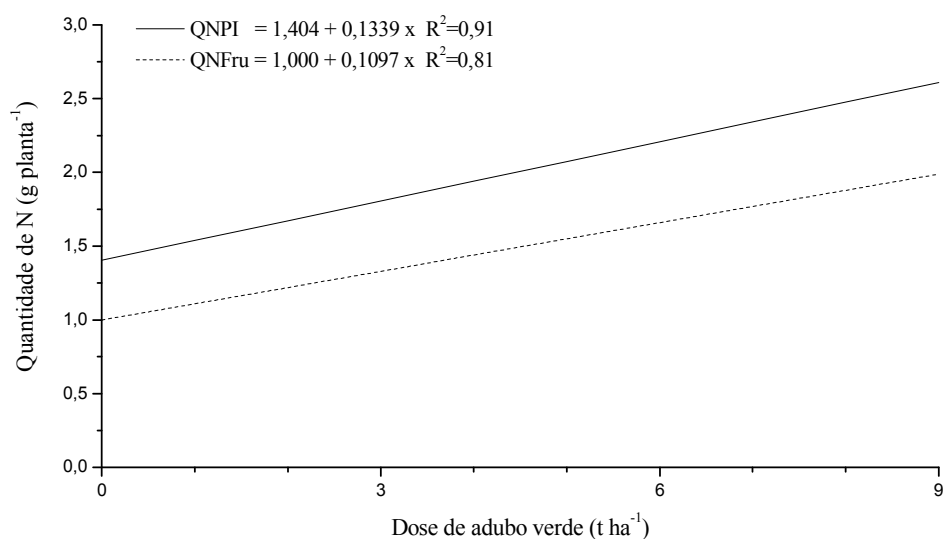


Figura 5. Efeito residual das doses de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto orgânico sobre a quantidade de nitrogênio acumulado nos frutos (QN Fru) e na planta inteira (QN PI) de abobrinha cultivadas na sucessão brócolis-abobrinha italiana.

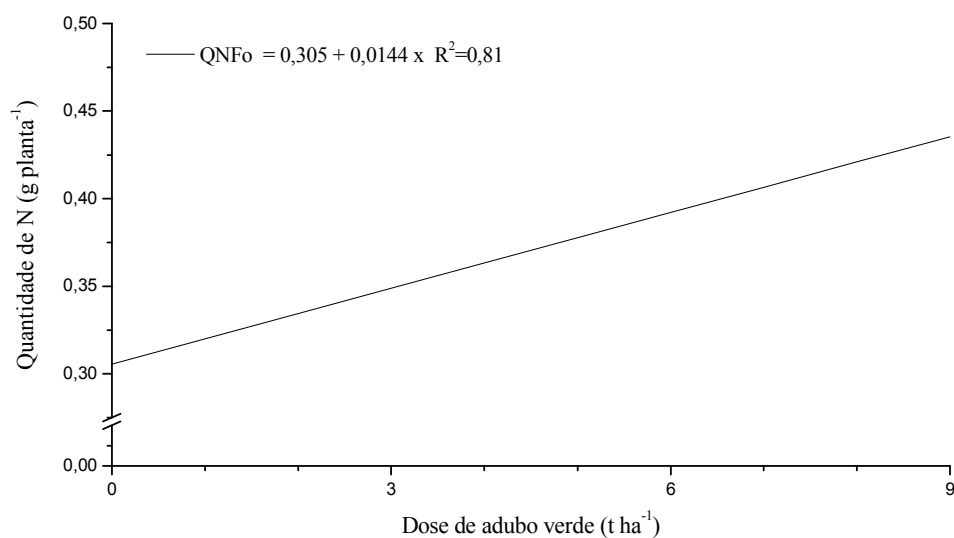


Figura 6. Efeito residual das doses de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto orgânico sobre a quantidade de nitrogênio acumulado no limbo foliar (QN Fo) de abobrinha italiana cultivada na sucessão brócolis-abobrinha italiana.

Houve efeito dos tratamentos sobre o teor de nitrogênio no limbo foliar, pecíolo e caule das plantas de abobrinha (Tabela 9). Não houve efeito dos tratamentos sobre o teor de nitrogênio nos frutos que foi em média de 1,90 %. A exceção das plantas cultivadas na testemunha absoluta, nas demais testemunhas as

plantas tiveram os teores nitrogênio similares aos teores encontrados nas plantas com doses de adubo verde (Tabela 9). Possivelmente o maior teor de nitrogênio nas plantas da testemunha absoluta se deve ao efeito de concentração do nitrogênio na planta. As plantas testemunhas absolutas além da baixa produção apresentaram crescimento reduzido de suas partes, com isso a drenagem do nitrogênio absorvido nas folhas para os frutos foi baixa se concentrando no limbo foliar. Entretanto, apesar dos altos teores de nitrogênio no limbo foliar, as quantidades totais acumuladas em todas as partes da planta e na planta inteira nas plantas da testemunha absoluta foram inferiores às quantidades acumuladas das plantas que receberam adubo verde (Tabela 8).

Houve efeito linear das doses de adubo verde sobre o teor de nitrogênio no caule (Figura 7). Não houve efeito dos tratamentos sobre a proporção de nitrogênio acumulado nas plantas de abobrinha. Em média a proporção de nitrogênio acumulada nas partes das plantas de abobrinha foi: limbo foliar (19,40 %); pecíolo (3,62 %); caule (3,73 %) e fruto (73,23 %).

Tabela 9. Teor de nitrogênio (%) nas partes da planta de abobrinha

Tratamentos	Limbo	Pecíolo	Caule
Test AB	3,17	1,84	2,82
25 CP	1,99	1,12	1,55
AM	2,21	2,48	1,72
0AV+12CP	2,52 ¹	1,33	1,48 ¹
3AV+12CP	2,00 ¹	0,88 ¹	1,04 ¹
6AV+12CP	2,11 ¹	1,01 ¹	1,75 ¹
9AV+12CP	2,25 ¹	1,23 ¹	2,11 ¹
DMS	0,55	0,53	0,63
CV(%)	13,55	24,77	18,99

Médias seguidas por 1 diferem da testemunha AB pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). Testemunha absoluta (Test AB); 25 t ha⁻¹ de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (9AV+12CP).

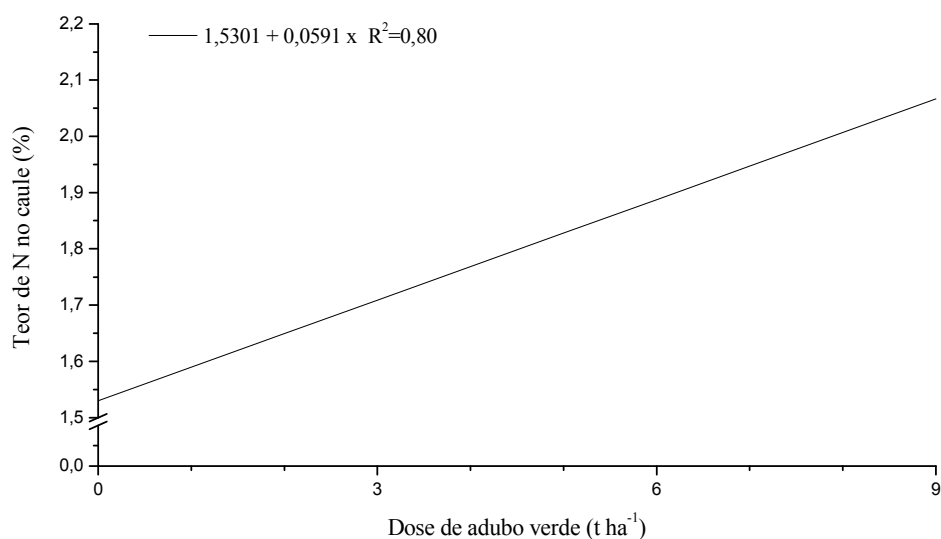


Figura 7. Efeito residual das doses de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto orgânico sobre o teor de nitrogênio no caule de abobrinha italiana cultivada na sucessão brócolis-abobrinha italiana.

O valor de referência para o teor de nitrogênio na cultura da abobrinha italiana é de 4,02 %, em amostras do tecido do limbo foliar de folhas novas completamente expandidas, coletadas no início do florescimento das plantas (Fontes, 1999). No presente trabalho as plantas referentes aos tratamentos que receberam adubação verde, apresentaram o teor de nitrogênio no início do florescimento abaixo do valor de referência (Tabela 10). No entanto, os tratamentos com doses de adubo verde apresentaram valores similares aos das plantas testemunhas que receberam adubação mineral ou 25 t ha⁻¹ de composto orgânico. Apesar dos teores de nitrogênio estarem abaixo dos valores de referência, a produção das plantas na dose de 9 t ha⁻¹ e com adubação mineral foram similares às plantas de cultivos comerciais.

As plantas cultivadas na dose 0 t ha⁻¹ + 12 t ha⁻¹ de composto apresentaram o teor de nitrogênio no limbo foliar no estágio de florescimento inferior ao das plantas testemunhas (Tabela 10).

Tabela 10. Teor de nitrogênio (%) no limbo foliar da planta de abobrinha coletada no florescimento

Tratamentos	Folha
Test AB	3,43
25 CP	2,76
AM	2,89
0AV+12CP	2,31 ^{1 2 3}
3AV+12CP	2,88 ¹
6AV+12CP	2,53 ¹
9AV+12CP	2,76 ¹
DMS	0,40
CV(%)	8,93

Médias seguidas por 1 diferem da testemunha AB pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). Testemunha absoluta (Test AB); 25 t ha⁻¹ de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (9AV+12CP).

As quantidades totais de nitrogênio aplicadas inicialmente em todos os tratamentos constam na Tabela 11. As quantidades de nitrogênio acumuladas na planta inteira e na inflorescência do brócolis (exportada pelo órgão comercial) foram calculadas a partir da relação entre o teor de nitrogênio encontrado no limbo foliar no brócolis produzido em campo e as proporções de matéria seca e quantidades de nitrogênio do brócolis encontrados no estudo feito em ambiente protegido, descrito no Capítulo 1. Dessa forma, estimou-se a quantidade de nitrogênio alocada na planta inteira e na inflorescência. As quantidades de nitrogênio extraídas pelas plantas de brócolis produzidas no campo nas doses 3, 6 e 9 t ha⁻¹, foram de 37,97, 45,25 e 60,18 kg ha⁻¹ de nitrogênio respectivamente.

O percentual de nitrogênio exportado pelas plantas de brócolis cultivadas com as doses de adubo verde em relação a quantidade aplicadas, foram em média de 6,57 % e variou de 12,10 kg ha⁻¹ na dose 0 t ha⁻¹ a 28,20 kg ha⁻¹ na dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde (Tabela 11). No cultivo da abobrinha em sucessão, o percentual de nitrogênio exportado pelas plantas cultivadas com as doses de adubo verde, em relação a quantidade total (composto orgânico mais a quantidade de nitrogênio liberada do adubo verde, durante o ciclo da cultura no campo e, retirado a quantidade exportada pela abobrinha, foram em média de 11,54 %, variando de 20,83 kg ha⁻¹ na dose 0 t ha⁻¹ a 41,40 kg ha⁻¹ na dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde (Tabela 11). Para as plantas cultivadas com a adubação mineral a proporção extraída no cultivo de brócolis foi de 26,08 % (39,13 kg ha⁻¹) e para o cultivo de abobrinha italiana foi de 38,61 % (42,81 kg ha⁻¹) (Tabela 11). A abobrinha italiana extraiu mais nitrogênio em seu órgão comercial do que o brócolis, pois a quantidade de matéria seca comercial é maior.

Mesmo com uma quantidade maior de nitrogênio aplicada nas plantas do tratamento com 25 t ha⁻¹ de composto do que nas plantas que receberam a dose de 9 t ha⁻¹ de adubo verde + composto (Tabela 11), o tratamento com adubação verde apresentou um efeito residual maior. O resultado sugere que a adição conjunta de adubo verde mais composto pode ser mais vantajosa do que utilização de apenas composto orgânico isoladamente, por resultar numa maior recuperação do nitrogênio da quantidade aplicada.

Tabela 11. Quantidade de nitrogênio (kg ha⁻¹) aplicado com o composto orgânico e com a adubação verde antes do plantio do brócolis; mineralizado do adubo verde no campo, durante o ciclo do brócolis e durante o ciclo da abobrinha; exportada pela inflorescência do brócolis e pelos frutos da abobrinha italiana e saldo final de nitrogênio no solo

Tratamento	Quantidade	N mineralizado		Exportado		Saldo
	aplicada	brócolis	abobrinha	brócolis	abobrinha	N
Test AB	0	0	-	4,6	10,3	-14,9
25 CP	432,5	432,5	-	12,5	29,1	390,8
AM	150,0	150,0	-	39,1	42,8	68,0
0AV+12CP	207,6	207,6	-	12,1	20,8	174,86
3AV+12CP	264,3	249,5	8,4	17,3	27,6	294,72
6AV+12CP	321,0	287,0	19,8	19,4	34,5	257,18
9AV+12CP	377,7	326,5	29,4	28,2	41,4	300,12

Testemunha absoluta (Test AB); 25 t ha⁻¹ de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (9AV+12CP).

Houve efeito residual tanto do adubo verde como da adubação mineral, pois mesmo sem a aplicação de fertilizante no cultivo da abobrinha italiana, a produção das plantas com a maior dose de adubo verde e das plantas cultivadas com adubação mineral foram similares.

Sem computar as perdas de nitrogênio no sistema solo-planta-atmosfera que não foram avaliadas, depois do cultivo da abobrinha italiana, restaram ainda em média 83,9 % do nitrogênio aplicado inicialmente nos tratamentos com doses de adubo verde e 50,85 % do nitrogênio aplicado nas plantas que receberam adubação mineral.

A recuperação aparente do nitrogênio foi maior nas plantas cultivadas com o nitrogênio residual da adubação mineral do que nas plantas cultivadas com o efeito residual do adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto ou 25 t ha⁻¹ de composto (Tabela 12). Apesar da baixa recuperação aparente do nitrogênio nas plantas cultivadas com 9 t ha⁻¹ de adubos verde + 12 t ha⁻¹ de composto comparativamente às plantas as

cultivadas com adubação mineral estas apresentaram uma eficiência fisiológica similar a eficiência fisiológica apresentada pelas plantas cultivadas com adubação mineral (Tabela 12).

Tabela 12. Recuperação aparente do nitrogênio residual (% N Rec) e eficiência fisiológica de utilização do nitrogênio do nitrogênio residual (EFUN em $g\ g^{-1}$) das plantas de abobrinha

Tratamentos	Rec N (%)	EFUN ($g\ g^{-1}$)
25 CP	5,55	30,97
AM	31,86	43,79
0AV+12CP	7,41	28,16
3AV+12CP	10,34	34,12
6AV+12CP	8,44	37,62
9AV+12CP	14,05	40,11

25 t ha⁻¹ de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (9AV+12CP).

3.2 - Milho

Não houve efeito dos tratamentos e das doses de adubo verde sobre o teor de nitrogênio no milho. Os valores de referência para o teor de nitrogênio adequada à cultura do milho indicados por Cantarella *et al.* (1996) estão na faixa de 2,7 a 3,5 % e os valores indicados por Fontes (1999) estão na faixa de 2,75 a 3,25 %. No presente trabalho independente dos tratamentos, as plantas apresentaram o teor de nitrogênio no início do embonecamento abaixo dos valores de referência (0,99 %). A partir de uma diagnose visual, foi observado clorose foliar generalizada nas plantas iniciando nas folhas mais velhas em todos os tratamentos.

O aporte de resíduos de materiais vegetais nos sistemas de produção pode incrementar os estoques de nitrogênio tanto nas frações mais lábeis quanto nas frações mais estáveis da matéria orgânica do solo (Silva & Mendonça, 2007) e, os nutrientes mineralizados no processo de decomposição do adubo verde poderão ser imobilizados pela microbiota do solo (Matos *et al.*, 2008) ou utilizados na síntese de novos compostos orgânicos, ou mineralizados para a solução do solo e resintetizados em formas mais estáveis na matéria orgânica do solo.

A quantidade de nitrogênio mineralizada das doses de adubo verde (linha contínua) e projeção da quantidade de nitrogênio mineralizada (linha pontilhada) por hectare durante todo o período de cultivo na sucessão brócolis-abobrinha-milho consta na Figura 8.

É provável que a intensidade e a durabilidade do efeito residual da adubação verde para as culturas, não dependa apenas da composição química e bioquímica do material e da quantidade de nitrogênio aplicada. Associados a esses fatores, possivelmente, o também o tempo de aplicação do adubo verde pode influenciar na formação de compostos nitrogenados mais recalcitrantes no solo, um vez que subtraindo as quantidades de nitrogênio aplicadas das exportadas no presente trabalho, restaram ainda uma variação de cerca de 50 % a 91 % de nitrogênio nos tratamentos (Tabela 11).

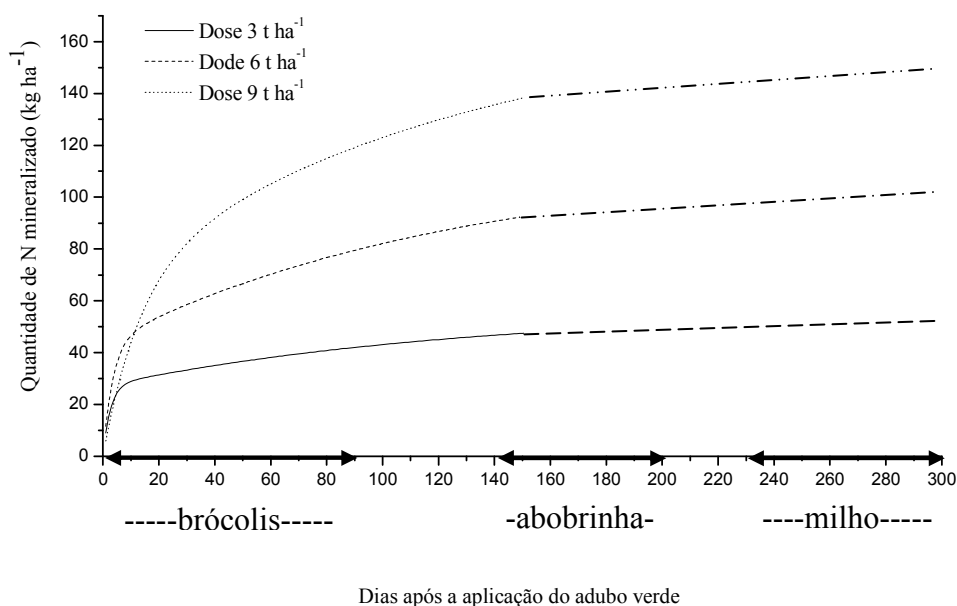


Figura 8. Quantidade de nitrogênio mineralizada das doses de adubo verde durante o período avaliado (linha contínua) e projeção da quantidade de nitrogênio mineralizada (linha pontilhada) durante o período de cultivo na sucessão brócolis-abobrinha italiana-milho.

Não houve efeito dos tratamentos e das doses de adubo verde sobre o acúmulo de matéria seca do milho, em média, as plantas acumularam 5373,1 kg ha⁻¹. Houve efeito dos tratamentos e das doses de adubo verde sobre a produção do milho (Tabela 13). Houve baixo aproveitamento do nitrogênio residual nas plantas de milho. A produção das plantas de milho na dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde foi superior somente à produção das plantas no tratamento testemunha absoluta. A produção das plantas produzidas com 25 t ha⁻¹ de composto e com adubação mineral foram similares à produção das plantas produzidas com doses de adubo verde. As plantas de milho não responderam ao efeito residual do adubo verde em relação ao acúmulo

de massa da matéria seca. Possivelmente esse resultado seja devido à baixa disponibilidade do nitrogênio derivado do adubo verde e do composto orgânico devido a sua incorporação em formas orgânicas na matéria orgânica do solo.

Tabela 13. Produtividade de grãos de milho, nos tratamentos principais comparados às testemunhas pelo teste de Dunnett

Tratamentos	Produtividade (kg ha⁻¹)
Test AB	2027,60
25 CP	3259,89
AM	3006,25
0AV+12CP	2200,52
3AV+12CP	2296,87
6AV+12CP	2603,12
9AV+12CP	3998,95 ¹
DMS	1318,86
CV(%)	27,14

Médias seguidas por 1 diferem da testemunha AB pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). Testemunha absoluta (Test AB); 25 t ha⁻¹ de composto (25CP); Adubação mineral (AM); Dose 0 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (0AV+12CP); Dose 3 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (3AV+12CP); Dose 6 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (6AV+12CP); Dose 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto (9AV+12CP).

Houve efeito das doses de adubo verde sobre a produtividade do milho (Figura 9). À medida que aumentou a dose adubo verde aumentou de forma quadrática a produtividade do milho. A maior produtividade de milho foi de 3998,95 kg ha⁻¹ cultivado sob o efeito residual da dose de 9 t ha⁻¹ de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto. Silva *et al.* (2006) verificaram efeito residual do nitrogênio da crotalária aplicada em cobertura no ano anterior, os autores obtiveram produtividade de milho variando de 6129 e 5012 kg ha⁻¹. Os autores relataram a alta permanência de nitrogênio no solo e que a resposta ao efeito residual se apresenta diferentemente em cada sistema e depende principalmente das condições climáticas, do sistema de cultivo, da cultura, do manejo e das características do resíduo (Silva *et al.*, 2006).

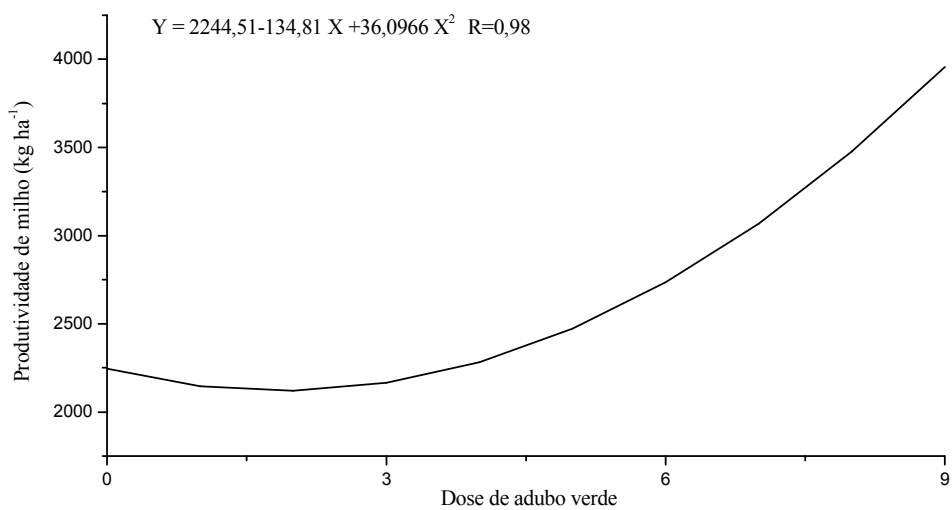


Figura 9. Efeito residual das doses de adubo verde + 12 t ha⁻¹ de composto orgânico aplicados no cultivo de brócolis sobre a produtividade do milho cultivado na sucessão brócolis-abobrinha-milho.

4 - CONCLUSÕES

- A *Crotalaria juncea* apresenta efeito residual na produtividade de abobrinha e milho, cultivados em sucessão a sua aplicação na cultura do brócolis;
- O efeito residual é dependente da quantidade de massa de *Crotalaria juncea* aplicada, com os maiores efeitos nas maiores doses.

5 - REFERÊNCIAS

ALVES VMC; VASCONCELLOS CA; FREIRE FM; PITTA GVE; FRANÇA GE; FILHO AR; ARAÚJO JM; VIEIRA JR; LOUREIRO JE. 1999. Milho. In: RIBEIRO AC; GUIMARÃES PTG; ALVAREZ VH. eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. p.314-316.

ALVES BJR; LINCOLN Z; FERNANDES FM; HECKLER JC; MACEDO RAT; BODDEY R M; JANTALIA CP; URQUIAGA S. 2006. Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. *Pesquisa agropecuária brasileira* 41: 449-456.

BENINCASA MMP. 1988. Análise de crescimento de plantas. Jaboticabal: FUNEP. 42p.

CAMARGO FILHO WP; CAMARGO FP. 2008. Planejamento da produção sustentável de hortaliças folhosas: organização das informações decisórias ao cultivo. *Informações Econômica* 38: 27-36.

CANELLAS LP; ESPINDOLA JAA; REZENDE CE; CAMARGO PB; ZANDONADI D B; RUMJANEK VM; GUERRA JGM; TEIXEIRA MG; BRAZ-FILHO R. 2004. Organic matter quality in a soil cultivated With perennial herbaceous legumes. *Sci. Agric* 61: 53-61.

CANTARELLA H; RAIJ BV; CAMARGO CEO. 1996. 13 cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA H; QUAGGIO JO; FURLANI, AMC. eds. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação. (Boletim técnico, 100). p.43-71.

CARRIJO VI; CORREIA LG; TRANI PE. 1999. Abóbora Italiana. In: RIBEIRO AC; GUIMARÃES PTG; ALVAREZ VH. eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. p.175.

CASTRO MCD; ALVES BJ R; ALMEIDA DJ; RIBEIRO RLD. 2004. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. *Pesquisa agropecuária brasileira* 39: 779-785.

DINIZ ER; SANTOS RHS; URQUIAGA SS; PETERNELLI LA; BARRELLA TP; FREITAS GB. 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. 2008. Crescimento e produção de brócolis em sistema orgânico em função de doses de composto. *Ciência e agrotecnologia* 32: 1428-1434.

FAGERIA NK; SANTOS AB; STONE LF. 2003. Manejo de nitrogênio em arroz irrigado. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 58), p. 4, 2003.

FILGUEIRA FAR. 2000. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 402p.

FIGUEIREDO CC; RESCK DVS; GOMES AC; URQUIAGA S. 2005. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. *Pesquisa agropecuária brasileira* 40: 279-287.

FONTES PCR. 1999. Brócolos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; V. ALVAREZ, V.H. eds. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação*. p.183.

FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES – FUNARBE. SAEG Sistema para análises estatísticas. Versão. 9.1. Viçosa-MG, 2007.

LANGE A; LARA-CABEZAS WAR; TRIVELIN PCO. 2008. Recuperação do nitrogênio das fontes sulfato e nitrato de amônio pelo milho em sistema semeadura direta. *Pesquisa agropecuária brasileira* 43: 123-130.

LUCIO AD; CARPES RH; STORCK L; LOPES SJ; LORENTZ LH; PALUDO AL. 2008. Variância e média da massa de frutos de abobrinha-italiana em múltiplas colheitas. *Horticultura Brasileira* 26: 335-341.

MARCHI ECS; ALVARENGA MAREZENDE; MARCHI G; SILVA CA; FILHO JLS. 2008. Efeito da adubação orgânica sobre as frações de carbono de solos cultivados com alface americana. *Ciência e Agrotecnologia* 32: 1760-1766.

MATOS ES; MENDONÇA ES; LIMA PC; COELHO MS; MATEUS RF; CARDOSO IM. 2008. Green manure in coffee systems in the region of Zona da Mata, Minas Gerais: characteristics and kinetics of carbon and nitrogen mineralization. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32: 2027-2035.

OLIVEIRA FL; RIBAS RGT; JUNQUEIRA RM; PADOVAN MP; GUERRA JGM; ALMEIDA DL; RIBEIRO RLD. 2003. Uso do pré-cultivo de *Crotalaria juncea* e de doses crescentes de “cama” de aviário na produção do repolho sob manejo orgânico. *Agronomia* 37: 60-66.

OLIVEIRA FL; RIBAS RGT; JUNQUEIRA RM; PADOVAN 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.

SANTOS RHS; SILVA F; CASALI VWD; CONDE AR. 2001. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. *Pesquisa agropecuária brasileira* 36: 1395-1398.

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.

SILVA JAA; VITTI GC; STUCHI ES; SEMPIONATO OR. 2002. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranjeira-'Pêra'. *Revista Brasileira de Fruticultura* 24: 225-230.

SILVA EC; MURAOKA T; BUZETTI S; TRIVELIN PCO. 2006. Manejo de nitrogênio no milho em Latossolo Vermelho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 41: 477-486.

SILVA IR; MENDONÇA ES. Matéria Orgânica do Solo. 2007. In: NOVAIS R F; ALVAREZ VH.; BARROS NF; CANTARUTTI RB.; NEVES JCL. eds. Fertilidade do Solo. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 275-374.

SOUZA JL; RESENDE P. 2006. Manual de horticultura orgânica. 2. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil. 843p.

TEDESCO MJ; GIANELLO C; BISSANI CA; VOLKWEISS SJ. 1995. Análise de solo, plantas e outros materiais. Boletim Técnico de Solos n 5. 174p.

DISCUSSÃO GERAL

O crescimento das plantas de brócolis foi influenciado positivamente pelas doses de adubo verde mais composto orgânico e pelo dias após o transplântio, tanto no cultivo em casa de vegetação como no cultivo em campo. À medida que aumentaram as doses de adubo verde, aumentou também a velocidade de crescimento das plantas, evidenciada pela taxas de crescimento relativo e taxas de crescimento absoluto. De maneira geral, as plantas de brócolis alocaram mais biomassa e acumularam mais nitrogênio quando cultivadas em casa de vegetação. Entretanto, em campo as plantas apresentaram maiores produtividades de inflorescência. Possivelmente, o maior acúmulo de massa na casa de vegetação foi devido a maior estímulo na produção vegetativa promovido pelo ambiente, devido a menores variações de temperatura, menor luminosidade e maior exploração dos nutrientes pelas raízes nos vasos.

A quantidade de nitrogênio mineralizada inicialmente na dose 6 t ha⁻¹ de adubo verde no campo foi mais elevada que na dose de 9 t ha⁻¹. Com o passar do tempo, a quantidade de nitrogênio mineralização na dose 6 t ha⁻¹ de adubo verde foi diminuindo. Essa maior liberação de nitrogênio na dose de 6 t ha⁻¹ de adubo verde é importante principalmente considerando o ciclo curto das olerícolas, pois maiores quantidades de nitrogênio do adubo verde podem ser liberadas no início do ciclo, logo quando aplicados. A dose de 3 t ha⁻¹ de adubo verde teve a mineralização de nitrogênio mais rápida. Menores doses mineralizam rapidamente o nitrogênio, por outro lado, a quantidade mineralizada pode não ser suficiente para suprir a demanda por nutrientes à cultura.

Em casa de vegetação, aos 90 dias após o transplântio do brócolis, ocasião da colheita, a decomposição da massa da mucuna-cinza, em média, foi 12 % mais rápida do que a decomposição da crotalária aos 90 dias no campo sendo proporcional às doses aplicadas. Entretanto, a mineralização do nitrogênio da crotalária no campo, em média, foi 20 % mais rápida do que a mineralização do nitrogênio da mucuna-cinza em casa de vegetação não sendo proporcional às doses aplicadas. Possivelmente a velocidade de decomposição da massa da mucuna-cinza em casa de vegetação foi favorecida por característica químicas e bioquímicas do seu tecido vegetal, devido a mais baixa relação C/N e maior teor de nitrogênio. Já a mineralização mais rápida do nitrogênio da crotalária pode estar relacionada à maior

atividade microbiana nos tecidos vegetais, favorecida pela maior área de contato dos tecidos vegetais com o solo a campo.

A recuperação aparente do nitrogênio do adubo verde mais composto orgânico nas plantas de brócolis foi maior do que a recuperação aparente do nitrogênio somente do composto orgânico independente do local de cultivo. Tanto a recuperação aparente do nitrogênio derivado da adubação verde mais composto orgânico e da adubação mineral, quanto à eficiência fisiológica do nitrogênio das plantas cultivadas com adubação verde mais composto orgânico e da adubação mineral, no campo, foram maiores do que em casa de vegetação. A extração de nutrientes pelas plantas de brócolis em casa de vegetação foi maior que a campo. Possivelmente, o ambiente em casa de vegetação proporcionou às plantas uma maior absorção de nitrogênio do solo, devido à maior exploração pelas raízes das plantas nos vasos. As plantas cultivadas como testemunhas absolutas acumularam menos nitrogênio, quando cultivadas em campo, o que favoreceu uma maior recuperação do nitrogênio derivado da adubação verde aplicada + composto orgânico do que quando as plantas foram cultivadas em casa de vegetação.

O efeito residual do adubo verde associado ao composto orgânico também resultou em respostas nas plantas de abobrinha semelhantes aos apresentados nas plantas de brócolis. A recuperação do nitrogênio residual da adubação verde mais composto orgânico ou nitrogênio mineral nas plantas abobrinha foi menor que a recuperação do nitrogênio aplicado no brócolis. A recuperação do nitrogênio residual derivado do composto orgânico na dose de 25 t ha⁻¹ pela abobrinha foi maior que a recuperação do nitrogênio pelo brócolis nesse tratamento. Tanto a recuperação do nitrogênio quanto a eficiência fisiológica das plantas foi maior no campo do que em casa de vegetação, independente se primeiro ou segundo cultivos. Possivelmente devido ao menor acúmulo de nitrogênio na testemunha absoluta com uma utilização mais eficiente do nitrogênio acumulado.

O nitrogênio do adubo verde aplicado conjuntamente ao composto orgânico no primeiro cultivo em campo, além de ser absorvido pelo brócolis, parte possivelmente foi perdido do sistema solo-planta por processos de lixiviação, volatilização e desnitrificação, não computados neste estudo. Parte do nitrogênio residual foi recuperado pela cultura subsequente de abobrinha. A outra parte possivelmente está na matéria orgânica do solo. As plantas de milho cultivadas após o cultivo da abobrinha apresentaram além do baixo valor do teor de nitrogênio foliar

em relação aos valores de referência, um baixo aproveitamento do efeito residual da adubação verde. Entretanto, o possível estoque de nitrogênio no solo resultante após os cultivos de brócolis-abobrinha-milho, sugerem que uma alta quantidade de nitrogênio possivelmente poderá ser disponibilizada e recuperada em cultivos subsequentes.

CONCLUSÕES GERAIS

- A *Crotalaria juncea* apresenta efeito de doses na produção de brócolis e efeito residual na produção dos cultivos subsequentes de abobrinha e milho;
- A adubação verde mesmo não sendo uma prática comum nos sistemas de produção, embora importante como um processo em sistemas agrícolas mais sustentáveis, torna-se fundamental estudos que relacionem a quantidade de nitrogênio mineralizada com as possíveis perdas no ambiente, visando aumentar a sua viabilidade na produção das culturas;
- Estudos sobre quantidades de nitrogênio aplicados via adubo verde aplicado isoladamente ou conjuntamente a composto orgânico devem ser realizados com objetivo de identificar o destino do nitrogênio residual nos compartimentos da matéria orgânica do solo associadas a formas de recuperação às plantas.