

**ELLEN RÚBIA DINIZ**

**INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DE INCORPORAÇÃO DE ADUBO VERDE NA  
PRODUÇÃO DE BRÓCOLIS CULTIVADO ORGANICAMENTE**

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2004

ELLEN RÚBIA DINIZ

**INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DE INCORPORAÇÃO DE ADUBO VERDE NA  
PRODUÇÃO DE BRÓCOLIS CULTIVADO ORGANICAMENTE**

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

Aprovada: 24 de novembro de 2004.

---

Prof. Luiz Alexandre Peternelli  
(Conselheiro)

---

Prof. Herminia Emilia Prieto Martinez

---

Dr. Dejair Lopes de Almeida

---

Dr. Marcelo Grandi Teixeira

---

Prof. Ricardo Henrique Silva Santos  
(Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

Á Luzia minha mãe, por seu apoio incondicional;

Ao meu querido marido Cláudio, por estar sempre ao meu lado;

Ao meu filhote Rodrigo, por impulsionar minha vida;

Ao prof. Ricardo, pela amizade e orientação;

Aos queridos amigos, Maria Dalva, Tati, Sarita, Adriano, Tânia, Raquel, Cláudia, Carla, Luciana, Ana Paula, Luciene e Camile, pela amizade e convivência;

A minha família, pela torcida à minha felicidade;

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição de Plantas;

A todos os funcionários da Horta Velha.

e a Deus

## **Dedico**

Ao meu pai, Durval

Ao meu irmão, Erick

## **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 na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG em março de 1997 onde participou de diversas atividades na área de agroecologia, formando em maio de 2002. Em agosto de 2002 iniciou o curso de Mestrado em Agroecologia no Departamento de Fitotecnia, defendendo tese em novembro de 2004.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
1. Introdução geral.....	01
2. Revisão de literatura.....	02
2.1 O nitrogênio no sistema solo-planta-atmosfera.....	02
2.2 Papel da adubação verde no suprimento de nitrogênio em olerícolas....	03
2.3 Transferência do nitrogênio do adubo verde para a cultura principal.....	06
2.4 Decomposição de adubos verdes no solo.....	07
2.5 Composto orgânico.....	09
2.6 Brócolis.....	11
2.7 Mucuna cinza.....	11
2.8 Referências bibliográficas.....	11
3 Capítulo 1: Crescimento e produção de brócolis em função de doses de composto orgânico.....	16
3.1 Introdução.....	16
3.2 Material e Métodos.....	17
3.3 Resultados .....	20
3.4 Discussão.....	26
3.5 Conclusões.....	29
3.6 Referências bibliográficas.....	29
4 Capítulo 2: Datas de incorporação de adubo verde em brócolis orgânico.....	31
4.1 Introdução.....	31
4.2 Material e Métodos.....	32
4.3 Resultados .....	37
4.4 Discussão.....	47
4.5 Conclusões.....	50
4.6 Referências bibliográficas.....	50
Anexos.....	54

## RESUMO

DINIZ, Ellen Rúbia, M.S., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2004.  
**Influência da época de incorporação de adubo verde na produção de brócolis cultivado organicamente.** Orientador: Ricardo Henrique Silva Santos. Committee Members: Luiz Alexandre Peternelli and Segundo Sacramento Urquiaga Caballero.

O cultivo intensivo de olerícolas orgânicas demanda a produção de grandes quantidades de composto orgânico. A adubação verde tem capacidade de adicionar altos conteúdos de nitrogênio nos sistemas de produção, reduzindo a necessidade de composto. Entretanto sua utilização não é uma prática habitual entre os agricultores. É necessário adequar práticas de manejo para potencializar o aproveitamento do nitrogênio do adubo verde e diminuir a quantidade de composto requerida no cultivo de brócolis orgânico. Este trabalho objetivou estudar o crescimento e a produção do brócolis orgânico e a sincronização da liberação de nitrogênio por resíduos do adubo verde mucuna cinza. Foram conduzidos dois experimentos, ambos com o cultivar 'Domador', de cabeça única e com quatro repetições. O primeiro avaliou o crescimento, o desenvolvimento e a produção de brócolis cultivado com cinco doses de composto: 5, 10, 15, 20, e 25 Mg ha<sup>-1</sup> com base na matéria seca. Foi mensurando o acúmulo de matéria seca e as seguintes variáveis não-destrutivas: área do dossel, altura de plantas, diâmetro do caule e número de folhas. O segundo experimento avaliou o efeito das épocas de incorporação do adubo verde sobre o crescimento e a produção do brócolis, sendo constituído de nove tratamentos: 1) 12 Mg ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado no transplantio; 2) 12 Mg ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado 15 dias após o transplantio; 3) 12 Mg ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado 30 dias após o transplantio; 4) 12 Mg ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado 45 dias após o transplantio; 5) somente adubo verde aplicado no transplantio; 6) 25 Mg ha<sup>-1</sup> de composto; 7) 12 Mg ha<sup>-1</sup> de composto; 8) Adubação mineral e 9) Testemunha absoluta. No segundo experimento foram mensurados o teor de N-mineral no solo e a área do dossel. Nas folhas de brócolis foram determinados o teor de N-total e o teor de N proveniente da fixação biológica do adubo verde fornecido. O adubo verde (*Stizolobium cinereum*) foi incorporado superficialmente em uma única dose equivalente a 8,64 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca. As doses 12 Mg ha<sup>-1</sup> e 25 Mg ha<sup>-1</sup> correspondem a 60 e 100% da produção máxima de brócolis determinada no primeiro experimento. A maior produção do brócolis no primeiro experimento, 564 g

planta<sup>-1</sup>, correspondente a 12,53 Mg ha<sup>-1</sup>, foi obtida com a dose de 25 Mg ha<sup>-1</sup> de composto orgânico. A área do dossel foi a variável de maior correlação com a produtividade e com o acúmulo de matéria seca, sendo a mais indicada para a avaliação do crescimento por método não destrutivo. O período de maiores taxas de crescimento relativo foi entre 10 e 30 dias enquanto o maior acúmulo de matéria seca foi entre 21 e 56 dias após o transplântio, na dose de 25 Mg ha<sup>-1</sup>. Na cultura do brócolis orgânico, a incorporação de adubo verde até 15 dias após o transplântio substitui metade da dose de composto orgânico ou a adubação mineral, sem prejuízo na produtividade. A incorporação de adubo verde é eficiente em elevar os níveis de nitrogênio mineral no solo tão rapidamente quanto com a aplicação de adubação mineral ou 25 Mg ha<sup>-1</sup> de composto orgânico. Os tratamentos resultaram em teores semelhantes de N-total nas folhas (3,77%). Nas plantas cultivadas com o fornecimento de adubo verde, 23,06% do N foi proveniente da fixação biológica na leguminosa incorporada. Os resultados sugerem que a alta disponibilidade de nitrogênio mineral no solo durante o período de altas taxas de crescimento relativo é mais importante para o crescimento e a produção do brócolis do que no período de maior acúmulo de massa seca.

## ABSTRACT

DINIZ, Ellen Rúbia, M.S., Universidade Federal de Viçosa, November 2004. **Effect of green manure incorporation time on organic broccoli production.** Adviser: Ricardo Henrique Silva Santos. Committee Members: Luiz Alexandre Peternelli and Segundo Sacramento Urquiaga Caballero.

The intensive cultivation of organic vegetables requires great amount of organic compost. The green manures can provide high quantities of nitrogen to the production systems, reducing compost needs. Nevertheless, green manuring is not an usual practice among farmers. It is necessary to suit management practices in order to improve green manure's nitrogen utilization and thus reduce compost needs on organic vegetable crop. This work aimed to study organic broccoli growth and yield and the synchronicity between nitrogen crop requirement and nitrogen release from green manure. Two experiments were carried out with 'Domador' broccoli and four repetitions. The first experiment evaluated the growth, development and yield of broccoli fertilized with five doses of organic compost: 5, 10, 15, 20, e 25 Mg ha<sup>-1</sup>, dry matter basis. It was measured broccoli dry matter accumulation and the following non-destructive growth parameters: canopy area, plant height, main stem diameter and number of leaves. The second experiment evaluated the effect of green manure incorporation time on broccoli growth and yield and on soil N-mineral content. Nine treatments were applied: 1) 12 Mg ha<sup>-1</sup> of compost + green manure applied at transplant; 2) 12 Mg ha<sup>-1</sup> compost + green manure applied 15 days after transplant; 3) 12 Mg ha<sup>-1</sup> compost + green manure applied 30 days after transplant; 4) 12 Mg ha<sup>-1</sup> compost + green manure applied 45 days after transplant; 5) Only green manure applied at transplant; 6) 25 Mg ha<sup>-1</sup> of compost; 7) 12 Mg ha<sup>-1</sup> of compost; 8) Mineral fertilizer e 9) Control. On broccoli leaves were determined both N-total and N-biological fixation content. The green manure (*Stizolobium cinereum*) was slightly incorporated at 8,64 Mg ha<sup>-1</sup> rate. The compost doses of 12 Mg ha<sup>-1</sup> and 25 Mg ha<sup>-1</sup> correspond, respectively to 60% and 100% of the highest yield obtained on the first experiment. On the first experiment the highest broccoli yield, 564 g plant<sup>-1</sup>, which represents 12,53 Mg ha<sup>-1</sup>, was obtained with 25 Mg ha<sup>-1</sup> of compost. The canopy area presented the highest correlation with dry matter accumulation and yield and is the best non-destructive parameter for broccoli growth evaluation. The highest relative growth rates were observed between 10 and 30 days while the higher dry matter accumulation



occurred between 21 and 56 days after transplant, on the dose of 25 Mg ha<sup>-1</sup> of compost. On organic broccoli crop, the incorporation of green manure until 15 days after transplant replaces either half of organic compost dose or mineral fertilizer with no yield decrease. The incorporation of green manure increased N-mineral content in soil as fast as either mineral fertilizer or the highest organic compost dose. Plants presented similar N-total content in leaves (3,77%) in all treatments. In broccoli plants cultivated with green manure, 23,06% of nitrogen in leaves came from biological fixation of the incorporated leguminous. The results suggest that high N-mineral availability in soil during the high relative growth rate period is more important for broccoli growth and yield than during higher dry matter accumulation period.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

As práticas convencionais de cultivo, para conduzirem a altos rendimentos produtivos, colocam em dúvida o compromisso com o meio ambiente e o consumo de alimentos saudáveis. Os sistemas convencionais estão geralmente associados à poluição de recursos hídricos, contaminação de alimentos por agrotóxicos, diminuição da infiltração de água e degradação da estrutura do solo (Ehlers, 1999).

A resposta para os problemas das práticas convencionais está associada à alternativas que utilizem processos ecológicos e insumos de baixo custo como adubação verde e compostagem, visando diminuir as perdas de nitrogênio, aumentar a reciclagem de nutrientes, melhorar a estrutura física e química do solo e contribuir para a dinâmica de microorganismos (Altieri, 2002).

Em sistemas agrícolas, são encontrados baixos níveis de nitrogênio total disponível no solo, sendo este um nutriente muito requerido pelas culturas e que contribui muito para o aumento do custo de produção. A adubação verde é uma alternativa no aporte de nitrogênio ao solo tanto em sistemas de produção convencional como orgânico, por ser um processo de baixo custo ao produtor e com alto potencial de fixação de nitrogênio, dependendo da espécie do adubo verde (Costa, 1992).

A compostagem é a base da produção na agricultura orgânica, entretanto, o uso complementar com adubação verde pode diminuir a quantidade necessária de composto utilizado. Há carência de informações sobre o crescimento e a produção de olerícolas em manejo orgânico.

A decomposição dos adubos verdes e a mineralização do nitrogênio são condições fundamentais para que esse nutriente passe para formas disponíveis às plantas. A liberação do nitrogênio fora de sincronia com as necessidades da cultura pode ocasionar perdas (Ladd *et al.*, 1981; Palm & Sanches, 1991).

Práticas de manejo adequadas são essenciais para que essas perdas sejam minimizadas. O uso de adubos verdes para suprir o nitrogênio nas culturas depende da simultaneidade entre a época de maior liberação de nutrientes e o estágio de maior demanda da cultura principal, da atividade microbiana no solo em mineralizar o nitrogênio orgânico e de condições climáticas (Thönnissen *et al.*, 2000a).

Para o uso da adubação verde em culturas de crescimento rápido e ciclo curto como olerícolas, é necessária a sincronia entre: liberação do nitrogênio do adubo verde e a absorção pela cultura principal. Diante disso, é essencial conhecer a curva de

crescimento e o acúmulo de biomassa da cultura principal, assim como, a taxa de liberação do nitrogênio do adubo verde para o solo. A partir da época de maior acúmulo de biomassa da cultura e da taxa de maior liberação de nitrogênio do adubo verde, estabelece-se a época mais adequada para a adição do adubo verde no solo, visando obter o máximo aproveitamento desse nitrogênio.

O uso da adubação verde como fonte de nitrogênio em olerícolas efetivamente não é uma prática comum. O processo requer comprovação da sua eficácia e praticidade adaptada aos diversos ambientes e sistemas de produção. É um desafio compreender a dinâmica da utilização dos adubos verdes, demonstrar a contribuição no suprimento de nutrientes e comprovar sua viabilidade em sistemas de produção de culturas de ciclo curto como olerícolas.

O objetivo geral do trabalho foi estudar a sincronização entre a liberação de nitrogênio por resíduos do adubo verde mucuna cinza, e o crescimento e produção de brócolis orgânico.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 O nitrogênio no sistema solo-planta-atmosfera**

O balanço do nitrogênio no sistema solo-planta-atmosfera é dado pela diferença entre a sua adição e remoção de cada parte do sistema. A remoção do nitrogênio ocorre através da absorção pelas culturas, erosão, volatilização e lixiviação e também pode ser imobilizado na biomassa microbiana, tornando-se indisponível à absorção (Yamada & Abdalla, 2000).

Do nitrogênio total dos solos agrícolas, 95% encontram-se em combinações orgânicas (Camargo *et al.*, 1999). Entretanto, este estoque de N-orgânico está sujeito ao processo de mineralização, sendo convertido em amônia (NH<sub>3</sub>) e esta, posteriormente pelo processo da nitrificação, é transformada em nitrito (NO<sub>2</sub>) e nitrato (NO<sub>3</sub>). Estes processos são afetados por fatores bióticos e abióticos, qualidade do resíduo vegetal e práticas de manejo.

De acordo com Yoneyama (1996), os solos durante a gênese acumularam nitrogênio e a maioria deles, tornaram-se enriquecidos em <sup>15</sup>N se comparado à razão <sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N do N<sub>2</sub> atmosférico e de maneira geral apresentam razão <sup>15</sup>N médio de +7‰, à exceção de solos de floresta que estão por volta de +1‰. O nitrogênio do ar apresenta 0,3663‰ de <sup>15</sup>N e o restante 99,6337‰ de <sup>14</sup>N (Urquiaga & Zapata, 2000). Com adição

do nitrogênio proveniente da fixação biológica do ar atmosférico, resulta que o nitrogênio do solo fica relativamente enriquecido com  $^{14}\text{N}$ , em relação ao  $^{15}\text{N}$ , reduzindo o valor do  $^{15}\text{N}$ .

Para os diversos organismos fixadores de nitrogênio os valores do N-fixado variam de +0,05‰ a -3,4‰ (Shearer & Kohl, 1993). A entrada de nitrogênio no solo pela fixação biológica do nitrogênio reduz o seu valor de  $^{15}\text{N}$ . Solos com cultivo contínuo de leguminosas fixadoras devem apresentar  $^{15}\text{N}$  menor do que um solo cultivado com uma cultura não fixadora de  $\text{N}_2$ . Devido à marcação natural que ocorre nos solos, principalmente nos agricultáveis, é possível usar esta característica para estimar a contribuição relativa de duas fontes de nitrogênio: do nitrogênio do solo e o da leguminosa, por meio da técnica da abundância natural de  $^{15}\text{N}$ .

## **2.2 Papel da adubação verde no suprimento de nitrogênio em olerícolas**

Mappaona & Kitou (1994) avaliaram a influência de oito adubos verdes incorporados duas semanas antes do transplante de repolho (*Brassica oleracea* L. convar. *capitata* (L.)). Houve maior concentração de nutrientes e menor conteúdo de água na parte comercializável, com a adubação verde, independente da espécie. A produção de matéria seca do repolho apresentou alta correlação com o teor de nutrientes dos adubos verdes adicionados ao solo: fósforo (0,728), potássio (0,989), cálcio (0,967) e magnésio (0,876), resultando no aumento de 5,26% a 23,95% em produção, dependendo da espécie do adubo verde. Assim, fatores diferentes do acúmulo de nitrogênio e outros nutrientes pelos adubos verdes, tais como a diferença na capacidade de mineralização do nitrogênio no solo entre os adubos verdes, podem afetar a produção do cultivo sucessivo. A incorporação dos adubos verdes proporcionou melhoria em propriedades químicas no solo. Espécies de adubos verdes com alta capacidade de fixação biológica de nitrogênio como *Crotalaria juncea* e *Glicine max* proporcionaram respectivamente 0,6 e 0,8 mg kg<sup>-1</sup> de nitrato e fósforo disponível no solo mesmo após a colheita.

Em cultivo de mandioca (*Manihot esculenta*), Nogueira *et al.* (1992), utilizaram como adubo verde *Crotalaria juncea*. A leguminosa apresenta 2,83% de nitrogênio e o plantio feito 60 dias após a incorporação de crotalária no estágio de floração. O adubo verde proporcionou plantas mais altas, maior índice de colheita, maior produção de ramas e folhas, assim como produtividade de 19.838 kg ha<sup>-1</sup> de raízes

comparativamente a 17.163 kg ha<sup>-1</sup> produzidos sem adubo verde. O aumento no teor de nitrogênio de 4,04% para 4.43% e P no limbo e pecíolo da mandioca foi influenciado pelo uso da adubação verde. A adição de matéria orgânica favorece a solubilização do fósforo e aumenta a sua disponibilidade favorecendo a sua absorção. Um dos mecanismos propostos é que a produção de ácidos orgânicos possui componentes ativos no processo de quelação do Fe<sup>+3</sup>, o que promove a liberação dos fosfatos a ele ligados.

A produção de batata-doce foi beneficiada quando leguminosas foram incorporadas 15 dias antes do plantio das ramas. O pré-cultivo com crotalária ou mucuna preta (*Mucuna aterrima*) e vegetação espontânea, promoveram maior taxa de colonização radicular da batata-doce e aumento no número de propágulos infectivos de fungos micorrízicos arbusculares indígenas, quando comparados com o cultivo sem vegetação. Os adubos verdes favoreceram a proliferação desses fungos, que possuem potencial para atuarem na absorção de nutrientes com baixa mobilidade, como o P, além de promoverem a fixação biológica de nitrogênio (Espíndola *et al.*, 1998).

De acordo com Espíndola *et al.* (1998), a relação C:N dos adubos verdes é um dos fatores que podem acarretar imobilização do nitrogênio pela população microbiana do solo, reduzindo sua disponibilidade, com conseqüente diminuição na produção. A relação C: N dos adubos verdes feijão de porco (*Canavalia ensiformes*) (16,5:1), e mucuna preta (17,4:1), em relação à vegetação espontânea (38,8:1) resultou em maior disponibilidade de nutrientes e aumento na produção na batata-doce. A produção de batata-doce correlacionou positivamente com as quantidades de nitrogênio (r=0,83), P (r=0,98) e K (r=0,88) na biomassa de feijão de porco, guandu, mucuna preta e crotalária. O aporte de nitrogênio ao solo e o retorno do fósforo e potássio ao solo pelos adubos verdes proporcionaram maior produtividade à batata-doce ao contrário do efeito deletério de quando o adubo verde foi plantado, porém retirado da área antes do plantio das ramas. Em razão do maior fornecimento de nutrientes, os adubos verdes feijão de porco e mucuna preta proporcionaram maior produção de matéria seca no cultivo subsequente de batata-doce (17,68 t ha<sup>-1</sup>) comparado à adubação verde feita com a vegetação espontânea (9,29 t ha<sup>-1</sup>) e à ausência de vegetação (14,01 t ha<sup>-1</sup>).

Thönnissen *et al.* (2000b), estudaram o cultivo de tomateiros supridos nutricionalmente apenas por adubos verdes, e por nitrogênio mineral. Quando foi utilizado somente os adubos verdes *Glycine max*, *Indigofera tinctoria*, e *Vigna radiata*,

a produção foi de 25,2 t ha<sup>-1</sup> na estação seca, frente a 41,52 t ha<sup>-1</sup> na estação chuvosa. Neste caso, para suprir a demanda nutricional do tomateiro usando adubação verde na estação seca, uma combinação de adubo verde e fertilizante mineral foi mais apropriada. A produção de tomates utilizando apenas adubo verde na época chuvosa foi similar à fertilização de 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio mineral. A liberação gradual de nitrogênio durante a decomposição, comparada à aplicação pontual de nitrogênio fertilizante é responsável pela maior produtividade do tomateiro na estação chuvosa. Esses autores verificaram também que a resposta do tomateiro aos adubos verdes foi maior em solo de menor fertilidade. De acordo com Harris *et al.* (1994), em solos férteis apenas pequenas variações na produção são encontradas em função da adubação verde.

Num sistema de sucessão caupi-brócolis estudado por Schroeder *et al.* (1998), o caupi acumulou em média 4.187 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca e 103 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, sendo incorporado após o estágio reprodutivo. O brócolis foi transplantado aproximadamente duas semanas após a incorporação do adubo verde. A prática resultou em menor peso da cabeça, menor produtividade e menor teor de nitrato no pecíolo não havendo resposta em termos de produção comercial. Esse resultado se repetiu por três anos consecutivos. O fornecimento de nitrogênio apenas através dos resíduos de caupi não foi suficiente para suprir a demanda nutricional do brócolis. Entretanto a produção comercial obtida com 168 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio mineral, qual foi similar à produção com 84 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio mineral adicionado aos 103 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio do resíduo de caupi. Porém, os autores não recomendam a utilização desse resíduo para a produção de brócolis, devido ao caupi ter resultado em morte de plantas de brócolis logo após o transplantio. Esses autores comentam que a possível causa dessa mortalidade pode ser o efeito alelopático do caupi.

A falta de sincronismo entre a liberação de nitrogênio orgânico pelo adubo verde e a sua demanda pela cultura principal, faz com que a aplicação de nitrogênio mineral tenha mais êxito. No trabalho realizado por Thönnissen *et al.* (2000a), a liberação de nitrogênio do adubo verde *Glycine max* culminou com 80 a 120 kg ha<sup>-1</sup> N-NO<sub>3</sub> e 10 a 15 kg ha<sup>-1</sup> de N-NH<sub>4</sub> entre duas e seis semanas após a incorporação, com declínio após cinco a oito semanas, mantendo o nível de nitrogênio mineral no solo neste tempo. A absorção de nitrogênio pelo tomate ou repolho iniciou-se, respectivamente de uma a três semanas após o transplantio. A maior liberação de

nitrogênio pelos adubos verdes ocorreu por volta da quarta semana após a aplicação. É importante considerar também que a taxa de decomposição foi maior quando o resíduo foi incorporado ao solo em relação ao deixado sobre a superfície.

Utilizando mistura de centeio (*Secale cereale*) e *Vicia villosa* como adubos verdes incorporados duas semanas antes do semeio de cenoura, verificaram que a resposta na produção de raízes foi pequena, obtendo 100 t ha<sup>-1</sup> no tratamento com adubo verde frente à 96 t ha<sup>-1</sup> no tratamento sem adubo verde e 96 t ha<sup>-1</sup> no tratamento quando o adubo verde foi plantado porém removido antes do plantio da cenoura. Entretanto consideráveis diferenças nos teores de nitrogênio disponível no solo, entre os tratamentos foram encontrados na profundidade de 0 a 25 cm (Thorup-Kristensen & Boogaard, 1999). A cenoura é capaz de absorver o nitrogênio disponível do adubo verde numa profundidade de até 100 cm no solo. O sistema radicular da cenoura foi mais uniformemente distribuído quando o adubo verde forneceu menor quantidade de NH<sub>4</sub> + NO<sub>3</sub>, do que quando essa quantidade foi maior.

### **2.3 Transferência do nitrogênio do adubo verde para a cultura principal**

A transferência do <sup>15</sup>N marcado nos adubos verdes soja e *Indigofera* sp. para o cultivo do tomateiro variou de 8,9% a 15% em função da incorporação no solo. Já em relação á época de plantio, essa recuperação do nitrogênio marcado foi maior quando o plantio das mudas foi feito logo após a incorporação (10,3%) em relação ao plantio 15 dias após a incorporação (8,5%). Grande parte do nitrogênio proveniente da decomposição da soja, incorporada na estação seca, foi disponibilizado no período de maior demanda de nitrogênio pelo tomateiro quando transplantado logo após a incorporação (Thönnissen *et al.*, 2000b).

A contribuição do nitrogênio do adubo verde mucuna preta (*Mucuna aterrima*) marcado com <sup>15</sup>N, representou 10% do total acumulado na parte aérea de plantas de milho (Scivittaro *et al.*, 2000). É possível que essa baixa absorção se deva a imobilização do nitrogênio e às perdas ocorridas durante o cultivo e, principalmente no período que antecedeu a incorporação do adubo verde ao solo, que foi de quatro meses após o corte.

## 2.4 Decomposição de adubos verdes no solo

O conhecimento de características físicas, químicas e biológicas dos adubos verdes permite explorar o seu potencial, tanto na fertilização de culturas quanto no aporte de matéria orgânica em sistemas de cultivo.

A taxa de decomposição do adubo verde possibilita estimar a época adequada de distribuição deste resíduo no campo, visando a sincronia entre a época de maior liberação de nutrientes para o solo e o estágio de maior absorção pela cultura de interesse (Stute & Posner, 1995).

A taxa de decomposição da biomassa varia com a espécie da leguminosa (Thomas & Asakawa, 1993). A decomposição recebe influência da composição química do resíduo vegetal, relação C:N, C:P, teor de celulose, hemicelulose, lignina e polifenóis, quando os fatores ambientais permanecem constantes (Demétrio *et al.*, 1998). Os fatores ambientais como temperatura, umidade, aeração, teor de matéria orgânica no solo, atuam sobre os microrganismos decompositores, que são os principais agentes no processo de decomposição.

Adubos verdes com alto teor de nitrogênio podem liberar esse elemento rapidamente. No entanto, polifenóis e compostos reativos que podem formar polímeros estáveis com muitas formas de nitrogênio, alteram sua liberação para o solo (Palm & Sanchez, 1991). Esses autores verificaram que a mineralização do nitrogênio do adubo verde correlacionou com a percentagem de nitrogênio ou de lignina no material foliar, mas esteve correlacionado negativamente com a concentração de polifenóis  $r = -0,63$ , ou com a relação polifenóis: nitrogênio,  $r = -0,75$ . Mecanismos que explicam a baixa mineralização de materiais ricos em polifenóis incluem a formação de polímeros estáveis entre polifenóis e grupos amino e nitrosaminação, uma reação química do nitrito ( $\text{NO}_2$ ) com polifenóis. Os adubos verdes com alto teor de polifenóis ou com alta relação polifenóis: nitrogênio podem não ser prontamente utilizáveis como fonte de nitrogênio.

Estudando o impacto da mudança de temperatura na amonificação, mineralização e imobilização do nitrogênio em trevo com C:N = 12,4, Cookson *et al.* (2002) verificaram que a liberação do nitrogênio mineral nesse resíduo em solo incubado ocorre em duas fases: primeiro a mineralização da fração lábil e depois a fração mais recalcitrante, independente da temperatura.



A concentração de nitrogênio mineral no solo com o adubo verde aumenta significativamente com o aumento da temperatura. Baixas temperaturas inibem a nitrificação, podendo causar inicialmente acúmulo de amônia no solo, pelo menos até os nitrificantes se aclimatarem. Em condições de campo, o nitrogênio na biomassa microbiana e a taxa de imobilização total, aumentaram quando a temperatura do solo estava mais baixa. A imobilização foi um processo dominante em condições de campo e laboratório quando a temperatura diminuiu. Isto sugere que um súbito período de frio, numa época de alta demanda por nitrogênio para o crescimento da cultura principal, poderá limitar a disponibilidade de nitrogênio (Cookson *et al.*, 2002).

Harris *et al.* (1994), investigaram o destino do nitrogênio proveniente de adubos verdes e encontraram que 19% do nitrogênio aplicado estavam imobilizados na biomassa microbiana e 38% estavam em outras frações orgânicas não microbianas, enquanto que menos de 5% foi recuperado em frações inorgânicas disponíveis para serem absorvidas pela cultura principal.

Num estudo conduzido em casa de vegetação, Janzen & Mcginn (1991), mediram a volatilização de  $\text{NH}_3$  do adubo verde lentilha (*Lens culinaris*), de acordo com a disposição do resíduo no solo. A evolução do  $\text{NH}_3$  a partir da incorporação do adubo verde foi desprezível, representando menos que 0,05% do nitrogênio aplicado. Em contraste, uma apreciável volatilização foi observada quando o adubo verde foi aplicado à superfície. Após 14 dias, 14 % do nitrogênio aplicado foram volatilizados. Essa quantidade perdida por volatilização representa a fração mais lábil do nitrogênio total.

A incorporação do AV ao solo previne perdas por volatilização de  $\text{NH}_3$ . A Volatilização de amônia apresenta um fluxo inicial rápido, aparentemente da amonificação do nitrogênio lábil do adubo verde, seguido por um período indefinido de volatilização lenta da fração mais recalcitrante. A perda por volatilização de  $\text{NH}_3$  do nitrogênio lábil ao decompor adubo verde, pode apreciavelmente diminuir seu benefício à cultura principal (Janzen & Mcginn, 1991).

O nível de nitrato do solo pode ser reduzido na profundidade de maior concentração de raízes pela população microbiana, durante a decomposição de tecidos com alto teor de carbono. A redução do nível de nitrato do solo foi verificada quando não foi aplicado N fertilizante no pré-plantio, onde o resíduo de caupi foi incorporado (Schroeder *et al.*, 1998).

De acordo com Franzluebbbers *et al.* (2002), a cinética de mineralização e da decomposição de adubos verdes é diferente em condições de solo úmido e seco. Em condições onde os solos estão sujeitos a ciclos de umedecimento e secagem entre períodos eventuais de chuva ou irrigação, a formação e perda de nitrato pode reduzir-se conservando mais o nitrogênio do solo do que um solo continuamente úmido, devido à baixa população de microorganismos.

Thonnissen *et al.* (2000a) determinaram o tempo e a quantidade de nitrogênio liberado dos adubos verdes, soja (*Glycine max*) e indigofera (*Indigofera tinctoria*), para produção de tomates. As mudas foram transplantadas imediatamente após a aplicação do adubo verde, que foi incorporado ou deixado superficialmente sobre o solo. Os adubos verdes se decompuseram rapidamente, perdendo 30 a 70% de sua biomassa, em média dentro de 5 semanas após a aplicação. A menor relação C:N (10,6) e o alto conteúdo inicial de nitrogênio (4,2%) de indigofera proporcionou uma decomposição mais rápida, na estação seca, comparada com a soja (C:N= 12,2; N= 3,9%). O conteúdo de nitrato do solo teve um aumento máximo de 80-120 kg NO<sub>3</sub>-N ha<sup>-1</sup> com incorporação de soja. Este pico de liberação de nitrogênio ocorreu em média da quinta à sexta semana. O nitrato foi mais rapidamente liberado para o solo quando os adubos verdes foram incorporados. Mensurou-se uma redução de 10 a 50 Kg ha<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub> entre 3 e 8 semanas após a aplicação do adubo verde, que deveu-se parcialmente à absorção pelo tomate. De 119,3 kg N ha<sup>-1</sup> incorporados ao solo para produção de tomates, 19,5 kg ha<sup>-1</sup> foi extraído pela cultura, 64 kg ha<sup>-1</sup> foi encontrado no solo principalmente na forma de substâncias húmicas e 35,8% não foi encontrado (Thonnissen *et al.*, 2000a).

## **2.5 Composto orgânico**

O composto orgânico é definido por Kiehl (2001) como fertilizante composto obtido por processo bioquímico, natural ou controlado, com mistura de resíduos de origem vegetal ou animal.

De acordo com Maynard (1994), durante a compostagem combinações instáveis, como a amônia, são transformadas em formas mais estáveis que podem ser decompostas no solo por microorganismos, tornando-se disponíveis às plantas. A liberação de nutrientes pela atividade microbiana é relativamente lenta, reduzindo o potencial de perdas por lixiviação, tornando os nutrientes disponíveis ao longo do cultivo. Em três anos consecutivos num sistema de cultivo intensivo de olerícolas com

tomate, berinjela, pimentão, brócolis e couve flor, utilizando  $56 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ , este autor verificou que a produção pode ser igual ou maior do que com a utilização de fertilizante mineral.

Embora muitos resíduos orgânicos possam ser aplicados diretamente ao solo, num estudo feito por Kashmanian & Rynk (1995), mostrou que a compostagem é uma técnica adotada por muitos produtores nos Estados Unidos. O motivo pela preferência do uso do composto ao esterco animal ou resíduo sem compostar é o fato de ter um produto final estável, mais homogêneo, isento de ervas daninhas e que contribui ao aumento da fertilidade do solo.

O teor de carbono e nitrogênio e a relação C:N do composto são parâmetros que medem sua qualidade. Esta qualidade do composto é influenciada pelas características dos materiais de origem (Fauci *et al.*, 1999). A capacidade do composto em disponibilizar o nitrogênio no solo depende da quantidade e forma do C e N presente (Hadas & Portnoy, 1997).

Além do N, o composto possui os outros macronutrientes e micronutrientes essenciais às plantas, entretanto somente uma porção destes então imediatamente disponíveis (Krogmann *et al.*, 1997), contribuindo não só para suprir a exigência nutricional das plantas mas também para manter a fertilidade do solo.

O monitoramento dos teores de  $\text{NO}_3$  e  $\text{NH}_4$  disponível no solo ao longo do ciclo da cultura são parâmetros utilizados em vários estudos para prever a taxa de mineralização e a disponibilidade de nitrogênio, com o objetivo de avaliar a dinâmica do composto, e seu efeito sobre a cultura (Krogmann *et al.*, 1997; Hadas & Portnoy, 1997; Maynard, 1994).

A aplicação de doses crescentes de composto para o cultivo de brócolis entre 30 e  $60 \text{ t ha}^{-1}$ , e alface entre 15 e  $30 \text{ t ha}^{-1}$ , incrementou tanto a altura como o acúmulo de matéria seca, independentemente do tipo de solo (Shiralipour *et al.*, 1996).

O composto orgânico possui grande efeito residual, dependendo da dose aplicada em pré-plantio. De acordo com Castro *et al.* (2003), não foi observado efeito da adubação de cobertura quando da aplicação de  $40 \text{ t ha}^{-1}$  de composto orgânico no pré-plantio. Essa quantidade de composto foi suficiente para suprir a exigência nutricional do morangueiro durante todo o ciclo.

Santos *et al.* (2001) observaram o efeito residual progressivo do composto orgânico com o aumento crescente ( $0$  a  $91,2 \text{ t ha}^{-1}$ ) das doses aplicadas, sobre o

crescimento e a produção da alface cultivada entre 80 e 110 dias após a incorporação. O composto contribuiu também para o aumento nos teores de fósforo e CTC do solo, enquanto que a adubação mineral não apresentou efeito residual.

## 2.6 Brócolis

De acordo com Filgueira (2000), o brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*), pode tanto apresentar apenas uma cabeça única central ou uma cabeça central menor com várias ramificações e botões grandes. No Brasil predominam-se as cultivares do grupo ramoso que apresentam um grande número de ramificações laterais e botões grandes, possibilitando várias colheitas. Dependendo da variedade após 50 a 90 dias após o transplante no campo inicia-se a produção de brócolis.

O brócolis é uma hortaliça de crescimento rápido e exigente em fertilidade, requerendo alta suplementação de nitrogênio; em média 150 kg ha<sup>-1</sup> de N (Filgueira, 2000; Fontes, 1999; Toivonen *et al.*, 1994).

## 2.7 Mucuna cinza

A mucuna cinza (*Stizolobium cinereum*) é uma leguminosa de clima tropical também conhecida por mucuna fosqueada, possui folhas trifolioladas, flores brancas e sementes de cor cinza, com hilo branco saliente. É uma planta de crescimento inicial rápido, bastante agressiva promovendo uma rápida cobertura do solo. Sua floração plena ocorre entre 130 e 150 dias e o ciclo completo é de 210 a 240 dias (Costa, 1992). De acordo com Darolt (1998), a biomassa fresca de mucuna cinza é de 20-46 t ha<sup>-1</sup>, enquanto que a biomassa seca é de 5-9 t ha<sup>-1</sup>.

## 2.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTIERI, M.A. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.1971, p.1-24, 2002.

CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C.; VIDOR, C. Nitrogen fraction in the microbial biomass in soil of southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.181-185, 1999.

CASTRO, R.L.; CASALI, V.W.D.; BARRELLA, T.P.; CRUZ, C. Produtividade de cultivares de morangueiro em sistema de cultivo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.2, p. 227-230, 2003.

COOKSON, W.R.; CORNFORTH, I.S.; ROWARTH, J.S. Winter soil temperature (2-15°C) effects on nitrogen transformations in clover green manure amended or unamended soils; a laboratory and field study. **Soil Biology and Biochemistry**, v.34, p.1401-1415, 2002.

COSTA, M.B.B. (Org.) **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. 346 p.

DAROLT, M.R. **Plantio Direto**: pequena propriedade sustentável. Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina, PR. 1998. 225p.

DEMÉTRIO, R.; GUERRA, J.G.M.; SANTOS, G.A.; ALMEIDA, D.L.; DE-POLLI, H.; CAMARGO, F.A.O. Absorção de nitrogênio do solo pelo milho influenciada pela adição de diferentes resíduos de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.4, p.481-486, 1998.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável**: origens e perspectivas de um novo paradigma. 2ª edição, Guaíba, RS. 1999. 157 p.

ESPÍNDOLA, J.A.A.; ALMEIDA, D.L.; GUERRA, J.G.M.; SILVA, E.M.R.; SOUZA, F.A.S. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção de batata doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.3, p.339-347, 1998.

FAUCI, M.F.; BEZDICEK, D.F.; CALDWELL, D.; FINCH, R. End product quality and agronomic performance of compost. **Compost Science and Utilization**, v.7, n.2, p.17-29, 1999.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de Olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. 1ª edição, 402p.

FONTES, P.C.R. 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.. Viçosa, MG, 1999. p.183.

FRANZLUEBBERS, K.; WEAVER, R.W.; JUO, A.S.R.; FRANZLUEBBER, A.J. Carbon and nitrogen mineralization from cowpea plants part decomposition in moist

and in repeatedly dried and wetted soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.26, n.10, p.1401-1415, 2002.

HADAS, A.; PORTNOY, R. Rates of decomposition in soil and release of available nitrogen from cattle manure and municipal waste compost. **Compost Science and Utilization**, v.5, n.3, p.48-54, 1997.

HARRIS, G.H.; HERTERMAN, E.A.; PAUL E.A.; PETERS S.E.; JANKE, R.R. Fate of legume and fertilizer <sup>15</sup>N in a long-term cropping systems experiment. **Agronomy Journal**, v.86, p.910-915, 1994.

JANZEN, H.H.; MCGINN, S.M. Volatile loss of nitrogen during decomposition of legume green manure. **Soil Biology and Biochemistry**, v.23, n.3, p.293-297, 1991.

KASHMANIAN, R.M.; RYNK, R.F. Agricultural composting in the United States. **Compost Science and Utilization**, v.3, p. 84-89, 1995.

KIEHL, J.C. Produção de composto orgânico. **Informe Agropecuário**, v.22, p.40-42, 2001.

KROGMANN, U.; HECKMAN, J.R.; BOYLES, L.S. Nitrogen mineralization of grass clipping – a case study in fall cabbage production. **Compost Science and Utilization**, v.9, n.3, p.230-240, 1997.

LADD, J.N.; OADES, J.M.; AMATO, M. Distribution and recovery of nitrogen from legume residues decomposing in soils sown to wheat in the field. **Soil Biology and Biochemistry**, v.13, p.251-256, 1981.

MAPPAONA, Y.S.; KITOU, M. Yield response of cabbage to several tropical green manure legumes incorporated into soil. **Soil Science Plant Nutrition**, v.40, n.3, p.415-424, 1994.

MAYNARD, A.A. Sustained vegetable production for three years using composted animal manures. **Compost Science and Utilization**, v.2, n.1, p.88-96, 1994.

NOGUEIRA, F.D.; PAULA, M.B.; GUIMARÃES, P.T.G.; TANAKA, T. Adubação Verde, Fosfato Natural e Gesso para a Cultura da Mandioca em Latossolo Textura Argilosa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.3, p.357-372, 1992.

- PALM, C.A.; SANCHEZ, P.A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. **Soil Biology and Biochemistry**, v.23, n.1, p.83-88, 1991.
- SANTOS, R.H.S.; SILVA, F.; CASALI, V.W.D.; CONDE, A.R. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção da alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.11, p.1395-1398, 2001.
- SCHROEDER, J.L.; KAHN, B.A.; LYND, J.Q. Utilization of Cowpea Crop Residues to Reduce Fertilizer Nitrogen Inputs with Fall Broccoli. **Crop Science**, v.38, p.741-749, 1998.
- SCIVITTARO, W.B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A.E.; TRIVELIN, P.C.O. Utilização de nitrogênio de adubos verdes e mineral pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.917-926, 2000.
- SHEARER, G; KOHL, D.H. N<sub>2</sub> Natural abundance of <sup>15</sup>N: Fractional contribution of two sources to a common sink and use of isotope discrimination. In: KNOWLES, R.; BLACKBURN, T.H. (Eds) **Nitrogen Isotope Techniques**, San Diego: Academic Press. p.89-123, 1993.
- SHIRALIPOUR, A.; FABER, B.; CHROWSTOWSKI, M. Greenhouse Broccoli and Lettuce Growth Using CoComposted Biosolids. **Compost Science and Utilization**, v.4, n.3, p.38-43, 1996.
- STUTE, J.K.; POSNER, J.L.; Synchrony between legume nitrogen release and corn demand in the upper midwest. **Agronomy Journal**, v.97, p.1063-1069, 1995.
- THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v.25, n.10, p.1351-1361, 1993.
- THÖNNISSEN, C.; MIDMORE, D.J.; LADHA, J.K.; SCHMIDHALTER, U. Legume decomposition and nitrogen release when applied as green manures to tropical vegetable production systems. **Agronomy Journal**, v.92, p.253-260, 2000a.
- THÖNNISSEN, C.; MIDMORE, D.J.; LADHA, J.K.; SCHMIDHALTER, U. Tomato crop response to short-duration legume green manures in tropical vegetable systems. **Agronomy Journal**, v.92, p.245-253, 2000b.

THORUP-KRISTENSEN K.; BOOGAARD, R. Vertical and horizontal development of the root system of carrots following green manure. **Plant and Soil**, v.212, p.145-153, 1999.

TOIVONEN, P.M.A.; ZEBARTH, B.J.; BOWEN, P.A. Effect of nitrogen fertilization on head size, Vitamin C content and storage life of broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*). **Canadian Journal Plant Science**, v.75, n.3, p-607-610, 1994.

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

YAMADA, T.; ABDALLA S.R.S. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho. **Informações Agronômicas**, n.91, setembro 2000. p.2.

YONEYAMA, T. Characterization of natural <sup>15</sup>N abundance of soils. In: Boutton, T.W.; Yamsahi, S., (Ed.) **Mass Spectrometry of Soils**. Marcel Dekker: New York, 1996, p.225-246.



### 3. CAPÍTULO 1

## CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BRÓCOLIS EM FUNÇÃO DE DOSES DE COMPOSTO ORGÂNICO

### 3.1 INTRODUÇÃO

A base da produção agrícola em sistema orgânico é a utilização de processos ecológicos no agroecossistema, tratando com atenção a preservação da saúde humana e ambiental. As práticas adotadas primam por melhorar a qualidade do solo, otimizar o uso de recursos naturais e locais, eliminar o uso de agrotóxicos, requisitos fundamentais para atribuir maior valor qualitativo ao produto final.

Na agricultura orgânica, grande parte da energia utilizada provém de microrganismos, plantas, trabalho humano, animal e esterco, denominados aporte cultural biológico (Gliessman, 2000). A compostagem orgânica, além de ser uma forma de aporte de energia biológica e nutrientes ao sistema, proporciona estabilidade a vários tipos de resíduos vegetais.

O benefício do composto ao cultivo se dá basicamente por sua função na nutrição de plantas e melhorias de características químicas, físicas e biológicas do solo como: aumentar a capacidade de troca de cátions, fornecer energia essencial aos microrganismos, promover aumento da retenção e infiltração de água, melhorar a porosidade e disponibilizar nutrientes em proporções adequadas.

Uma das características do composto orgânico, dentre outras, é a gradual liberação de nitrogênio mineral no solo ao longo do tempo. Mais de 90 % do total de nitrogênio do composto estão na forma orgânica (Amlinger *et al.*, 2003). O material orgânico, quando passa pelo processo de compostagem, libera nutrientes em uma taxa menor do que os fertilizantes minerais (Castellanos & Pratt, 1981). O que diminui riscos de eventuais perdas.

A utilização de composto orgânico na produção de olerícolas resulta, portanto, em efeitos mais diversos e complexos do que a aplicação de fontes minerais altamente solúveis. Embora seja crescente o número de publicações voltadas para a produção orgânica de olerícolas (Souza & Resende, 2003), os resultados sobre o crescimento e produção dessas culturas são ainda pouco conhecidos.

A determinação do crescimento da planta pode ser feita através de parâmetros de análise do crescimento vegetal, obtendo-se a estimativa da produtividade biológica. De acordo com Lucchesi (1984), a produtividade biológica avalia os efeitos de diferentes tratamentos na planta, fundamentado na medição seqüencial do acúmulo de matéria orgânica em parte ou ao longo do seu ciclo. Segundo este mesmo autor, o peso da massa seca é o parâmetro mais utilizado, pois determina o aumento de biomassa acumulada na formação de um órgão ou da planta como um todo, desconsiderando o conteúdo de água.

No entanto, a mensuração do aumento da biomassa vegetal é um método destrutivo e exige um grande número de plantas em cada unidade experimental. A caracterização do crescimento vegetal pode ser satisfatória quando feita por método não destrutivo, como a determinação da altura, área foliar, largura ou o comprimento da folha (Magalhães, 1985). Este autor considera que a taxa de crescimento relativo é uma medida mais apropriada para a avaliação do crescimento vegetal, por representar a quantidade de material que está sendo acumulado por unidade de tempo.

Devido à carência de informações científicas sobre o crescimento e a produção de olerícolas sob manejo orgânico, o objetivo deste trabalho foi determinar a curva de crescimento, a época de maior acúmulo de biomassa e o método não destrutível que mais se correlaciona com a massa seca e à produção de brócolis cultivado com composto orgânico.

## **3.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.2.1 Localização e características da área experimental**

O trabalho foi conduzido no campo experimental 'Horta Velha' do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG, em um solo classificado como Cambissolo. Nesta área são realizadas as pesquisas em agricultura orgânica envolvendo rotação de culturas, cultivos múltiplos, adubação verde e compostagem. A área está subdividida em talhões constantes sob manejo orgânico há cinco anos. As características químicas do solo estão descritas no Quadro 1.

A localização geográfica da área é de 20° 45' de latitude sul e 42° 51' de longitude oeste de Greenwich, numa altitude de 651 metros. O clima, segundo a classificação Köppen, enquadra-se no tipo Cwa.

**Quadro 1.** Análise química de solo da área experimental no momento da implantação do experimento, na profundidade de 0-20 cm. UFV: Viçosa, 2004

pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m	MO	
	---mg dm <sup>-3</sup> ---		-----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----								--%--		dag kg <sup>-1</sup>
6,8	133,30	105,25	4,85	1,3	0,0	1,89	6,42	6,42	8,31	77	0	2,33	
pH em H <sub>2</sub> O (1:2,5)							CTC (t) = capacidade de troca de cátions efetiva						
P e K – Extrator Mehlich 1							CTC (T) = capacidade de troca de cátions total						
Ca, Mg e Al – Extrator KCl 1mol/L							m = saturação de alumínio						
H + Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L pH 7,0							SB= soma de bases trocáveis						
MO – Walkley Black							V= índice de saturação por bases						

### 3.2.2 Composto orgânico

O composto orgânico utilizado no experimento foi produzido na Horta Velha da Universidade Federal de Viçosa e teve como material de origem capim elefante, cama de frango e cinzas de eucalipto, numa proporção capim:cama:cinza de 3:1:0,1 e com 30% de umidade. Esses materiais foram compostados em pilhas estáticas com revolvimento manual. O resultado da análise química encontra-se no Quadro 2.

**Quadro 2.** Análise química de nutrientes do composto orgânico utilizado no cultivo do brócolis. UFV: Viçosa, 2004

C:N	pH	N-total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	
		-----%-----					
18	6,8	1,48	5,9	10,6	12,9	0,81	
pH em H <sub>2</sub> O (1:2,5)							
P, K, Ca e Mg – Embrapa (1997)							
C – Walkley Black							
N-Kjeldahl							

### 3.2.3 Obtenção das mudas, instalação e condução do experimento.

Sementes de brócolis do híbrido “Domador”, de cabeça única, foram semeadas no dia 28/02/03 em bandejas de isopor de 128 células, e transplantados no dia 02/04/03. Momentos antes do transplante das mudas foram distribuídos manualmente o composto orgânico nos sulcos, de acordo com os tratamentos. O solo foi irrigado por aspersão. O controle de plantas espontâneas foi realizado por meio de capinas mecânicas, quando necessário. A colheita das inflorescências ocorreu de 18/06/03 à 29/06/03.

### 3.2.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições em parcelas subdivididas no tempo para as variáveis de crescimento. Os tratamentos consistiram de cinco doses de composto orgânico: 5, 10, 15, 20, 25 t ha<sup>-1</sup> em base de massa seca. A parcela foi constituída com 49 plantas, sendo avaliadas quatro plantas para as variáveis não destrutivas e duas plantas por parcela para produção de massa seca, ao longo do tempo. As parcelas experimentais possuíam área total de 22,05 m<sup>2</sup>, com espaçamento de 0,9 x 0,5 m entre plantas, numa densidade populacional de 22.222 plantas ha<sup>-1</sup>.

### 3.2.5 Avaliações

Foram realizadas avaliações semanais das seguintes variáveis não destrutivas: altura da planta (AP), medida do nível do solo à gema apical (cm); diâmetro do caule (DC), medido a 1,0 cm do solo (mm); área do dossel (AD), calculada a partir do raio médio transversal e longitudinal superior do dossel (dm<sup>2</sup>); maiores largura (LF) e comprimento da folha (CF) mais desenvolvida, calculados pela medida transversal e longitudinal na região mediana da folha (cm) e número total de folhas na planta (NF). Quinzenalmente foi avaliada a produção de massa seca da parte aérea (MS, em g planta<sup>-1</sup>) e na colheita foi avaliada a produção por planta (PR, em g planta<sup>-1</sup>).

A taxa de crescimento relativo (TCR) foi calculada segundo Magalhães (1985), através da equação:  $TCR (g\ g^{-1}\text{-semana}^{-1} / g\ g^{-1}\text{-dia}^{-1}) = (\ln P_2 - \ln P_1) / (t_2 - t_1)$ , onde  $\ln P_2$  = logaritmo neperiano do peso 2, em gramas, da massa seca total da planta na amostragem;  $\ln P_1$  = logaritmo neperiano do peso 1, em gramas, da massa seca total da planta na amostragem anterior;  $t_2$  e  $t_1$  = semana ou dia compreendidos entre duas amostragens.

A produção de massa seca da parte aérea foi determinada a partir do peso médio de duas plantas de brócolis por parcela, que foram secas em estufa a 70° C até atingir massa constante. A produção foi avaliada pela massa fresca da cabeça de brócolis cortada com 2,5 cm de pedúnculo floral a partir da última inserção de inflorescência.

Foi amostrado a folha índice do brócolis de acordo com Martinez et al. (1999). Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey. O teor de N-total foi determinado pela metodologia de Kjeldhal (Bremner & Mulvaney, 1982). Os teores de P, K, Ca, Mg conforme EMBRAPA (1997).

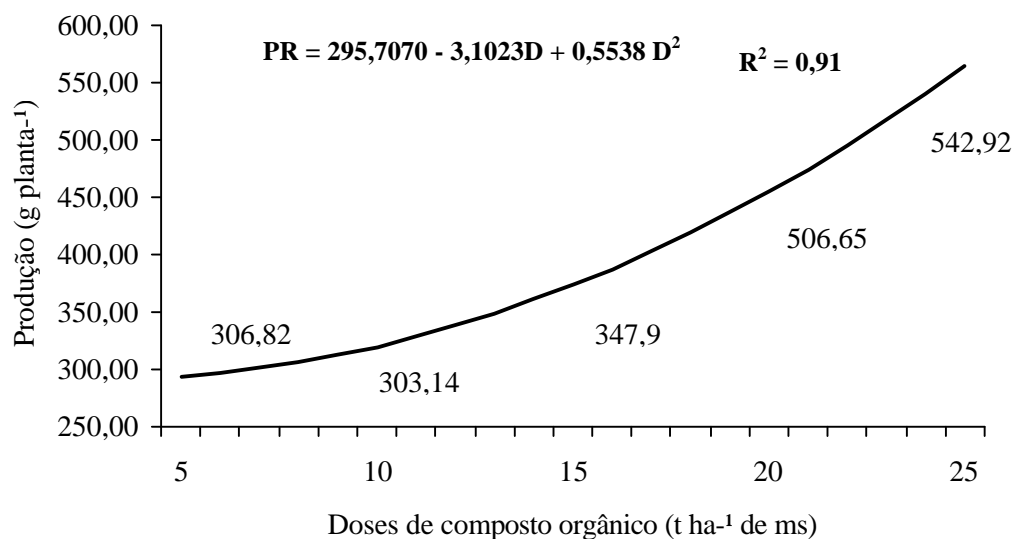
### 3.2.6 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram avaliados por meio de análise de variância da regressão ao nível de 5% de probabilidade. Foi feita a correlação de Pearson entre as variáveis de crescimento. As análises foram realizadas utilizando o Sistema para Análises Estatísticas (SAEG) e o sistema livre para análises estatísticas R. Foi feita a regressão para o ajuste dos modelos estatísticos da análise de crescimento, pela metodologia de superfície de resposta e regressão polinomial para análise da produção. A escolha dos modelos foi feita com base no coeficiente de determinação relativo aos tratamentos e na análise de resíduos.

## 3.3 RESULTADOS

### 3.3.1 Produção de brócolis

Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) das doses de composto orgânico sobre a produção de brócolis. A Figura 1 apresenta o comportamento da produção em relação às doses de composto orgânico. A maior produção de brócolis foi alcançada com a utilização de 25 t ha<sup>-1</sup> de composto, que resultou em 564 g planta<sup>-1</sup> o equivalente a 12,53 t ha<sup>-1</sup>.



**Figura 1.** Efeito das doses de composto orgânico (D) sobre a produção (PR) de brócolis. UFV: Viçosa, 2004.

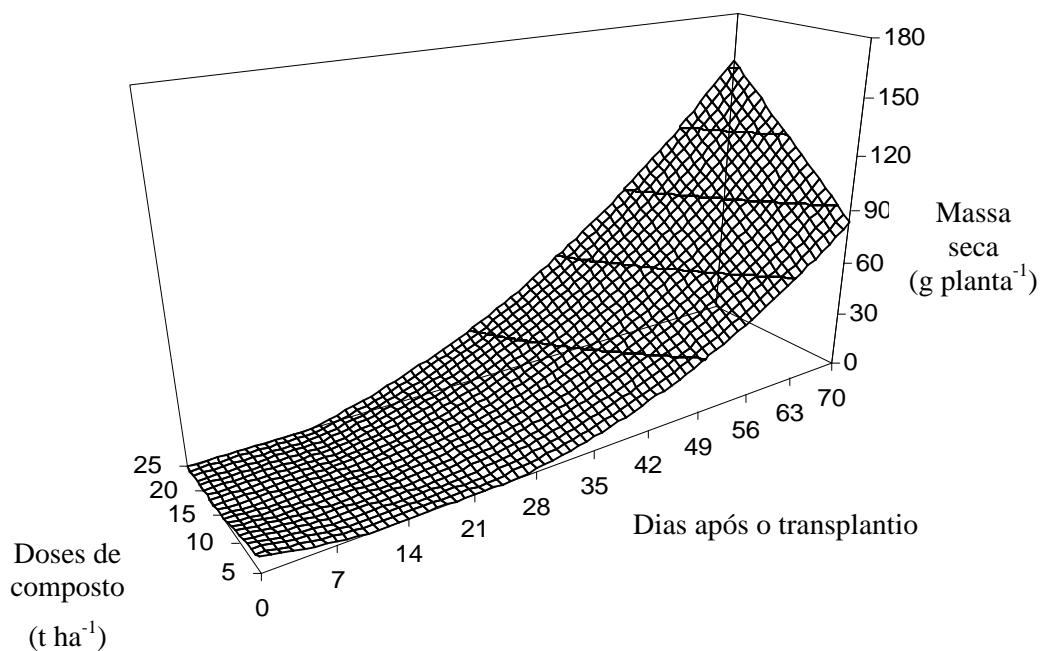
### 3.3.2 Crescimento

O crescimento do brócolis foi influenciado conjuntamente pelo tempo e doses de composto orgânico, para todas as variáveis estudadas.

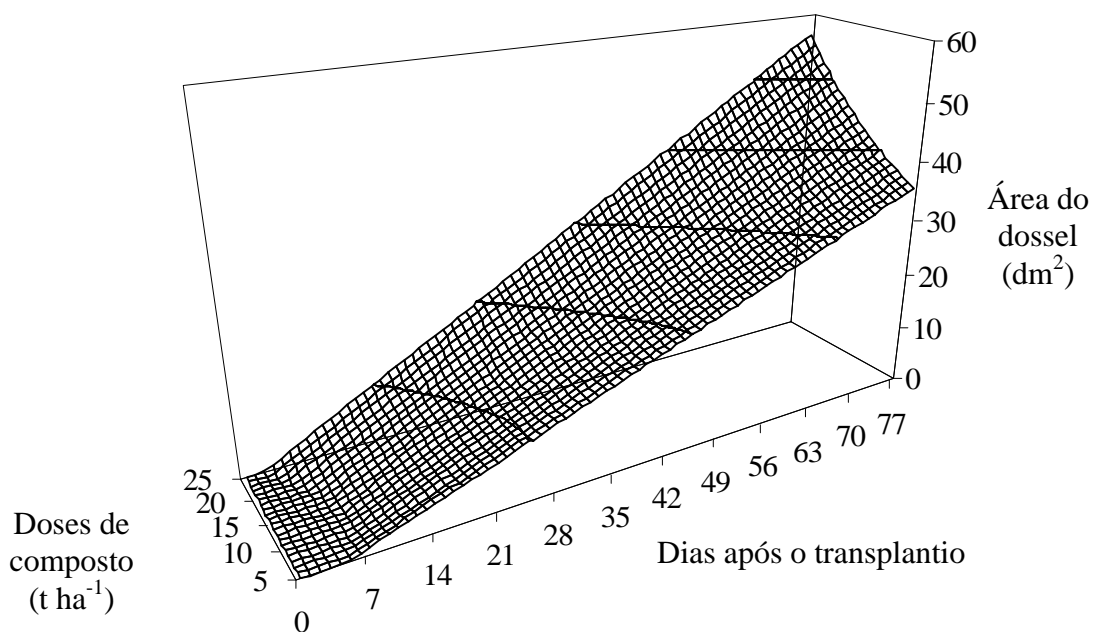
A quantidade de massa seca acumulada cresceu com o aumento das doses de composto orgânico. Em todas as doses, a maior quantidade de massa seca acumulada foi verificada aos 70 dias após o transplante. A dose de 25 t ha<sup>-1</sup> resultou no maior acúmulo de massa seca (153,83 g planta<sup>-1</sup>). O efeito das doses foi mais acentuado a partir dos 28 dias após o transplante (Figura 2).

Houve aumento crescente na área do dossel com o passar do tempo e com o aumento das doses de composto orgânico, sendo a dose de 25 t ha<sup>-1</sup> superior às demais. O efeito do tempo e das doses de composto pode ser observado já a partir da primeira semana após o transplante (Figura 3).

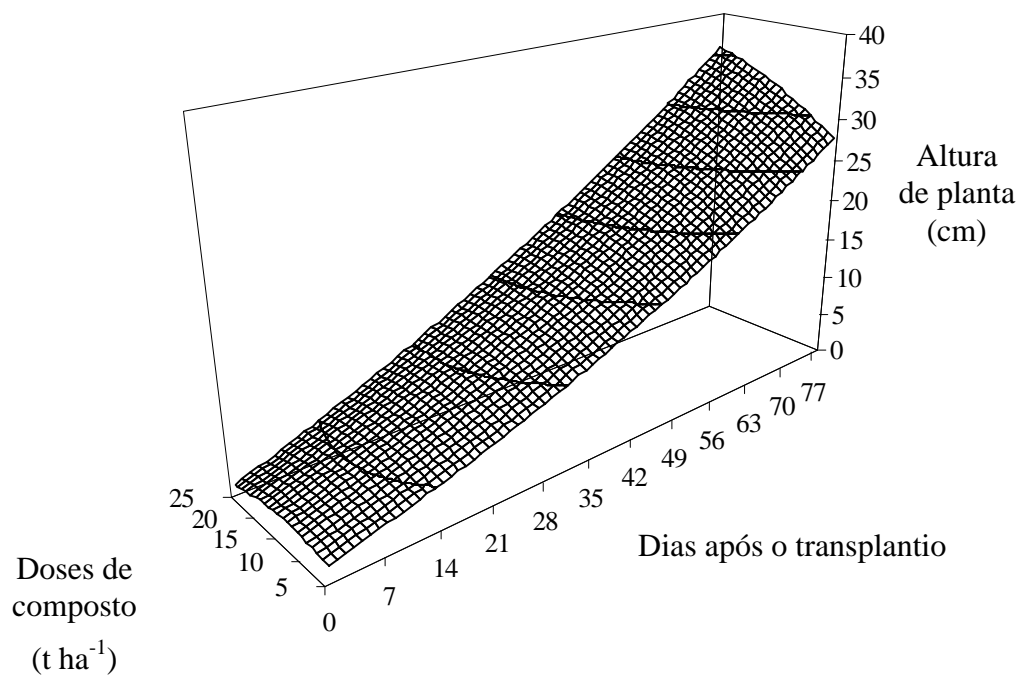
Houve efeito conjunto das doses de composto e do tempo sobre a altura das plantas. Somente a partir de 40 dias após o transplante, a dose de 25 t ha<sup>-1</sup> apresentou efeito superior às demais. Inicialmente a altura foi maior na dose de 15 t ha<sup>-1</sup> (Figura 4).



**Figura 2.** Efeito das doses (D) de composto e dos dias após o transplante (T) sobre a produção de massa seca (MS) de brócolis. UFV: Viçosa, 2004.



**Figura 3.** Efeito das doses de composto (D) e dos dias após o transplântio (T) sobre a Área do dossel (AD) das plantas de brócolis. UVF: Viçosa, 2004.



**Figura 4.** Efeito das doses de composto (D) e dos dias após o transplântio (T) sobre a altura (AP) das plantas de brócolis. UVF: Viçosa, 2004.

As variáveis de crescimento: diâmetro do caule, número de folhas, largura e comprimento da folha apresentaram comportamento semelhante à área do dossel. As equações de superfície de resposta ajustadas e seus respectivos coeficientes de determinação são apresentados nos Quadros 1 e 2.

**Quadro 1.** Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação das variáveis de crescimento do brócolis, cultivado sob cinco doses de composto orgânico (D) ao longo do tempo de cultivo após o transplântio (T): matéria seca (MS, em g planta<sup>-1</sup>), área do dossel (AD, em dm<sup>2</sup>), altura (AP, em cm), referentes às figuras 2, 3 e 4. UFV: Viçosa, 2004

Equação de regressão ajustada	R <sup>2</sup>
MS = 11,2046 - 1,3783 T + 0,0377 T <sup>2</sup> - 0,7174 D <sup>2</sup> + 0,0607 TD	0,92
AD = 0,5585 + 0,4247 T - 0,6485 D + 0,0227 D <sup>2</sup> + 0,01317 T D	0,95
AP = 1,0504 + 0,1736 T + 0,0017 T <sup>2</sup> + 0,2369 D - 0,0089 D <sup>2</sup> - 0,0055 T D	0,99

**Quadro 2.** Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação das variáveis de crescimento do brócolis, cultivado sob cinco doses de composto orgânico (D) ao longo do tempo de cultivo após o transplântio (T): Diâmetro do caule (DC, em mm), Altura de planta (AP, em cm), Número de folhas (NF), Largura da folha (LF, em cm), Comprimento da folha (CF, em cm). UFV: Viçosa, 2004

Equação de regressão ajustada	R <sup>2</sup>
DC = - 0,5222 + 0,2724 T + 0,1582 D	0,97
NF = 0,6668 + 0,1915 T + 0,0021 T <sup>2</sup> + 0,1139 D	0,98
LF = 1,1946 + 0,4675 T - 0,0035 T <sup>2</sup> + 0,0567 D + 0,0071 D <sup>2</sup>	0,95
CF = - 0,0954 + 0,61 T - 0,0039 T <sup>2</sup> + 0,2613 D	0,96

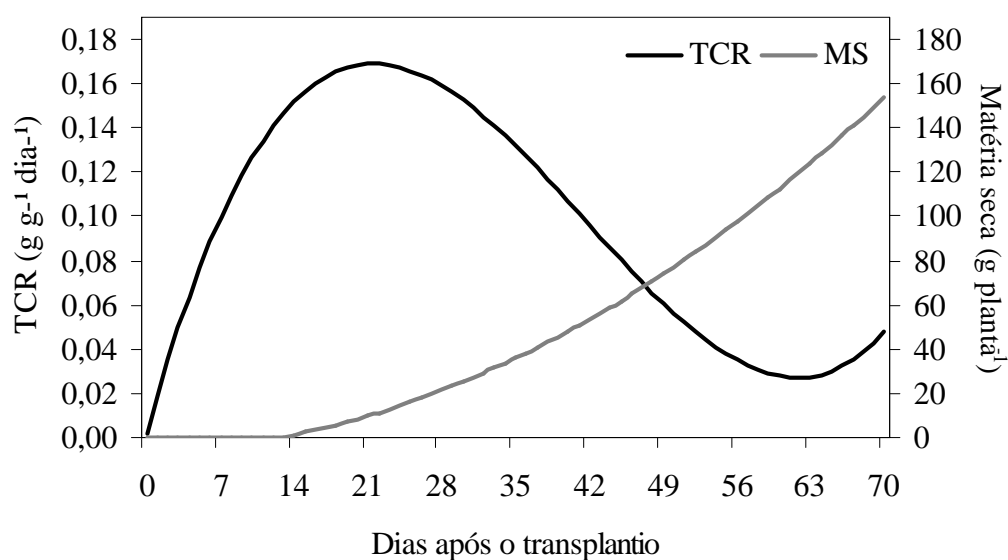
### 3.3.3 Taxa de crescimento relativo

A máxima taxa de crescimento relativo variou entre 0,99 e 1,15 g g<sup>-1</sup> semana<sup>-1</sup> (Quadro 3). Doses maiores de composto orgânico proporcionaram maiores taxas de crescimento relativo. O comportamento cúbico foi similar para todas as doses de composto orgânico. A taxa de crescimento relativo em g.g<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup> de massa seca e a curva de acúmulo de massa seca na dose de 25 t ha<sup>-1</sup> se encontram na Figura 5 e as equações no Quadro 4.



**Quadro 3.** Taxa de crescimento relativo (TCR) do brócolis, nas cinco doses de composto, ao longo do tempo de cultivo após o transplante (T), durante as dez semanas de cultivo. UFV: Viçosa, 2004

Tempo (semanas)	TCR ( $\text{g g}^{-1} \text{semana}^{-1}$ )				
	5 t $\text{ha}^{-1}$	10 t $\text{ha}^{-1}$	15 t $\text{ha}^{-1}$	20 t $\text{ha}^{-1}$	25 t $\text{ha}^{-1}$
0-7	0,33	0,34	0,41	0,44	0,43
8-14	0,73	0,74	0,89	0,87	0,92
15-21	0,94	0,95	1,10	1,09	1,14
22-28	0,99	0,99	1,11	1,12	1,15
29-35	0,92	0,91	0,97	1,01	1,01
36-42	0,77	0,76	0,74	0,83	0,78
43-49	0,60	0,57	0,48	0,60	0,52
50-56	0,43	0,38	0,27	0,40	0,31
57-63	0,31	0,24	0,15	0,25	0,20
64-70	0,28	0,18	0,19	0,22	0,25



**Figura 5.** Taxa de crescimento relativo do brócolis (TCR) e quantidade de massa seca (MS) acumulada ao longo do crescimento do brócolis adubado com a dose de 25 t  $\text{ha}^{-1}$  de composto orgânico. UFV: Viçosa, 2004.

**Quadro 4.** Equações de regressão polinomial ajustadas e coeficientes de determinação das variáveis de crescimento do brócolis, cultivado na dose de 25 t ha<sup>-1</sup> ao longo do tempo de cultivo após o transplântio (T): Taxa de crescimento relativo do brócolis (TCR) e quantidade de massa seca (MS). UFV: Viçosa, 2004

Equação de regressão ajustada	R <sup>2</sup>
TCR = 0,0022 + 0,0174 T - 0,0005 T <sup>2</sup> + 0,0000043 T <sup>3</sup>	0,98
MS = 11,2046 - 1,3783 T + 0,0377 T <sup>2</sup> - 17,935 + 0,0607 T	0,92

### 3.3.4 Correlações entre as variáveis não destrutivas e a produção e a massa seca

A correlação da produção e da massa seca com as variáveis de crescimento está descrita nos Quadros 5 e 6, respectivamente. As variáveis com maior correlação com a produção foram área do dossel, comprimento da folha e massa seca, ao passo que as variáveis mais correlacionadas com a massa seca foram área do dossel, número de folhas e altura de planta.

**Quadro 5.** Índices de correlação (P<0,05) entre a produção (PR) e as variáveis de medidas do crescimento: massa seca (MS), diâmetro do caule (DC), altura de planta (AP), número de folhas (NL), largura da folha (LF), comprimento da folha (CF), área do dossel (AD), mensuradas na última data. UFV: Viçosa, 2004

	MS	DC	AP	NF	LF	CF	AD
PR	0,92	0,83	0,76	0,91	0,81	0,93	0,94

**Quadro 6.** Índices de correlação (P<0,05) entre o rendimento de massa seca (MS) e as variáveis de medidas do crescimento: diâmetro do caule (DC), altura de planta (AP), número de folhas (NL), largura da folha (LF), comprimento da folha (CF), área do dossel (AD), mensuradas ao longo do crescimento nas mesmas datas. UFV: Viçosa, 2004

	DC	AP	NF	LF	CF	AD
MS	0,91	0,92	0,93	0,74	0,81	0,93

### 3.3.5 Teor de nutrientes no tecido vegetal

Embora a variação entre a maior e a menor dose de composto orgânico fosse considerável, não houve efeito significativo das doses sobre o teor de nutrientes da massa seca do brócolis (Quadro 7).

**Quadro 7.** Média do teor de macronutrientes ( $P < 0,05$ ) na massa seca de brócolis cultivado com 5, 10, 15, 20 e 25 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico. UFV: Viçosa, 2004

	<b>N-total</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
	4,55	0,57	3,8	2,33	0,31	0,71
CV(%)	20,3	4,8	7,6	9,5	11,5	6,5

### 3.4 DISCUSSÃO

A produção de brócolis respondeu acentuadamente ao aumento das doses de composto orgânico. A produção mais elevada de brócolis, 564 g planta<sup>-1</sup>, obtida com a dose de 25 t ha<sup>-1</sup> de composto foi superior à produção encontrada por Maynard (1994), onde a aplicação em três anos consecutivos, tanto de 56 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> quanto 112 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de composto em base de massa seca, resultou numa produção de 508 g planta<sup>-1</sup>.

A produção obtida também foi superior à relatada por Trevisan *et al.* (2003), que verificaram que as cultivares de cabeça única 'Baron' e 'Hana Midori', adubadas com 1.400 kg ha<sup>-1</sup> de esterco de peru, 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 130 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, obtiveram peso médio da cabeça de 430 e 359 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente.

A produção alcançada em cultivo convencional corresponde à produtividade de 12,53 t ha<sup>-1</sup>, a qual está dentro da faixa apresentada por Melo & Giordano (1995), que avaliaram híbridos comerciais e experimentais em Brasília e obtiveram rendimento de 9,4 a 13,0 t ha<sup>-1</sup> de cabeças, para os mais produtivos. Dentre as variedades e híbridos, estudados por Lira Filho *et al.* (1997), na Zona da Mata do Estado de Pernambuco, destacaram-se 'Ramoso Piracicaba', 'Hanamidori' e 'Legacy', com produções de 10,13 t ha<sup>-1</sup>, 8,76 t ha<sup>-1</sup> e 6,38 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

A ausência de ponto de máxima produção no presente trabalho sugere que doses mais elevadas de composto orgânico poderiam resultar em maiores produtividades. No entanto, as comparações com as produções e produtividades relatadas na literatura

indicam que o desempenho do brócolis foi similar ou superior ao brócolis em cultivo convencional.

Todas as variáveis de crescimento apresentaram aumento significativo ao longo do tempo com o aumento das doses de composto, mesmo nas doses mais baixas. O crescimento foi lento, em média até os 28 dias, e a partir daí permaneceu acentuado até aos 70 dias.

Apesar da área do dossel ter atingido 25% a mais de área disponível por planta ( $45 \text{ dm}^2$ ) no tratamento com  $25 \text{ t ha}^{-1}$  de composto, a sobreposição de folhas não foi um fator limitante à produção do brócolis.

A altura de planta seguiu o mesmo comportamento das demais variáveis após os 40 dias do transplântio. Dados encontrados neste trabalho sobre a altura de planta são similares aos relatados por Shiralipour *et al*, (1996), que indicam que plantas de brócolis adubadas com composto ( $0, 15, 30$  e  $60 \text{ t ha}^{-1}$  em base de massa seca) e em diferentes tipos de solo, tiveram pequena variação na altura no estágio inicial de crescimento, até os 45 dias após o transplântio.

É possível identificar duas fases de crescimento do brócolis, uma primeira fase de crescimento inicial lento, nas primeiras duas semanas, caracterizando uma época de pouco acúmulo de massa seca. Logo após, entre 14 e 18 dias, a quantidade de massa seca aumentou, caracterizando um período de maior acúmulo de biomassa. Neste período, as plantas possivelmente exigiram maiores quantidades de nutrientes em relação ao período anterior. Para atingir o nível ótimo de produção, seria necessária maior disponibilidade de nutrientes, o que foi verificado nas doses de  $20$  e  $25 \text{ t ha}^{-1}$ . Já nas doses de  $5, 10$ , e  $15 \text{ t ha}^{-1}$  a quantidade de composto orgânico parece não ter sido suficiente para favorecer o crescimento do brócolis. Em média, o tratamento que recebeu  $25 \text{ t ha}^{-1}$  de composto acumulou,  $45,92\%$ ,  $34,41\%$ ,  $22,76\%$  e  $11,49\%$  a mais de massa seca, do que nas doses  $5, 10, 15$  e  $20 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente.

No presente trabalho as plantas foram avaliadas somente até a colheita das inflorescências, quando ainda havia decréscimo ou estabilização do acúmulo de massa seca, não se verificando a terceira fase da curva sigmóide, típica do crescimento dos vegetais (Benincasa, 1988).

No período inicial do crescimento, o brócolis apresentou aumento da taxa de crescimento relativo, com ponto de máximo entre 22 e 28 dias após o transplântio nos diferentes tratamentos. Apesar dos altos valores iniciais, há pouca quantidade de massa

seca sendo acumulada por planta neste período. O fato do cálculo da TCR considerar a massa seca inicial e final no período da avaliação, faz com que a taxa de crescimento relativo inicial seja alta.

Após 56 dias do transplântio a taxa de crescimento relativo correspondeu ao maior acúmulo de massa seca por planta para a dose de 25 t ha<sup>-1</sup> de composto. As menores taxas de crescimento relativo do brócolis também encontram-se após 56 dias do transplântio, em consequência do menor acúmulo diário por unidade de massa seca. Menores taxas de crescimento relativo significam menor quantidade de tecido assimilatório sendo acumulado por unidade de massa seca, em relação ao período anterior (Magalhães, 1985).

O novo aumento na taxa de crescimento relativo aos 63 dias foi em decorrência do início do período reprodutivo do brócolis. A partir desta data houve um maior incremento na massa seca total por unidade de tempo, em razão da formação da inflorescência.

Dentre as variáveis estudadas, a área do dossel apresentou maior correlação tanto com a produção como com a massa seca. Como a massa seca é uma variável de caráter destrutivo, variáveis de caráter não destrutivo que proporcionam alta correlação, como área do dossel, número de folhas e diâmetro do caule podem ser utilizadas para inferir sobre o crescimento do brócolis.

De acordo com Hochmuth *et al.* (1991), os valores de referência para os teores de macronutrientes no tecido foliar de brócolis são: N: 2,4-4,0%; P: 0,2-0,4%; K: 1,6-2,5%; Ca: 0,8-1,5%; Mg: 0,23-0,4%. Os teores de nutrientes encontrados se mantiveram dentro ou acima da faixa de suficiência estabelecido por este autor.

O brócolis é uma hortaliça de crescimento rápido e que apresenta uma alta demanda por nitrogênio. As doses de 5, 10, 15, 20 e 25 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico adicionaram ao solo, respectivamente, 74, 148, 222, 296 e 370 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. A quantidade de nitrogênio adicionado ao solo com as doses de 5 e 10 t ha<sup>-1</sup> correspondem a 20 e 40% do nitrogênio total da maior dose de composto, respectivamente. Entretanto, essas doses ainda resultaram em 52 e 57% da produtividade máxima.

Ainda que a diferença entre a maior e a menor quantidade de nitrogênio adicionada fosse de 296 kg ha<sup>-1</sup>, o teor de nitrogênio no tecido foliar do brócolis foi similar em todas as doses de composto orgânico. Certamente houve menor quantidade

do nutriente acumulada nas plantas cultivadas com as menores doses de composto, em função do menor fornecimento do nutriente. Os teores similares verificados entre os tratamentos, acompanhados de diferenças de produtividade, sugerem que as quantidades de composto fornecidas podem ter limitado o crescimento das plantas nas menores doses, promovendo a concentração dos nutrientes no tecido.

### 3.5 CONCLUSÕES

- A maior produção do brócolis,  $564 \text{ g planta}^{-1}$ , correspondente a  $12,53 \text{ t ha}^{-1}$ , foi obtida com a dose de  $25 \text{ t ha}^{-1}$  de composto orgânico, em base de massa seca.
- A área do dossel é a variável de maior correlação com o rendimento comercial e com a produção de massa seca, sendo a mais indicada para a avaliação do crescimento por método não destrutivo.
- O período inicial de maior acúmulo de massa seca varia com as doses de composto sendo que na dose de  $25 \text{ t ha}^{-1}$  este período ocorreu entre 28 e 56 dias após o transplantio.
- As maiores taxas de crescimento relativo são encontradas entre a segunda e a quarta semana após o transplante.

### 3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMLINGER, F.; GÖTZ, B.; DREHER, P.; GESZTI, J.; WEISSTEINER, C. Nitrogen in biowaste and yard waste compost: dynamics of mobilisation and availability - a review. **European Journal of Soil Biology**, v.39, p.107-116, 2003.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas** (noções básicas). Jaboticabal: FCAV – UNESP, 1988. 41p.

BREMNER, J.M. & MULVANEY, C.S. Nitrogen total. In: PAGE, A.L. (Ed) **Methods of soil analysis**. 2 ed. Madison: Soil Science Society of America. 1982. Part 2. p. 595-624.

CASTELLANOS, J. Z.; PRATT, P. F. Mineralization of manure nitrogen - correlation with laboratory indexes. **Soil Science Society of America Journal**, v.45, p.354-357, 1981.

EMBRAPA/CNPS. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000, 653p.

HOCHMUTH, G.D.; MAYNARD, C.; VAVRINA, E.H. **Plant tissue analysis and interpretation for vegetable crops in Florida**, Univ. of Florida Extension Publication. SS-VEC. 1991, 42p.

LIRA FILHO, H.P. Competição de cultivares e híbridos de couve-brócolos (*Brassica oleracea* var. *italica* L.) na Zona da Mata do Estado de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 37, 1997, Manaus. **Horticultura Brasileira**, Brasília : SOB, 1997, v.15, suplemento.

LUCCHESI, A.A. **Utilização prática da análise de crescimento vegetal**. Anais da - ESALQ, Piracicaba, 41: 181-201, 1984.

MAGALHÃES, A.C.N. **Análise quantitativa do crescimento**. Fisiologia Vegetal. 2ª ed., São Paulo, EDUSP, v.1, p.333-350, 1985.

MARTINEZ, E.P.M., CARVALHO, J.G. de, SOUZA, R.B. de, Diagnose foliar 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**.. Viçosa, MG, 1999. p.143-168.

MAYNARD, A.A. Sustained vegetable production for three years using composted animal manures. **Compost Science and Utilization**, v.2, n.1, p.88-96, 1994.

SHIRALIPOUR, A.; FABER, B.; CHROWSTOWSKI, M. Greenhouse Broccoli and Lettuce Growth Using CoComposted Biosolids. **Compost Science and Utilization**, v.4, n.3, p.38-43, 1996.

SOUZA, J.L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica – Viçosa: Aprenda Fácil**, 2003. 564p.

TREVISAN, J.N.; MARTINS, G.A.K.; LÚCIO, A.D.; CASTAMAN, C.; MARION, R.R.; TREVISAN, B.G. Rendimento de cultivares de brócolis semeadas em outubro na região centro do Rio Grande do Sul. **Ciência. Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p. 233-239, 2003.

## 4. CAPÍTULO 2

### DATAS DE INCORPORAÇÃO DE ADUBO VERDE EM BRÓCOLIS ORGÂNICO

#### 4.1 INTRODUÇÃO

Sistemas de produção agroecológicos estão fundamentados em princípios ecológicos e práticas agrícolas baseadas em sistemas biológicos com uso de recursos locais (Altieri, 2002). Entre as práticas preconizadas na agricultura orgânica a adubação verde se insere como um processo biológico de plantas e microorganismos capazes de adicionar altos conteúdos de nitrogênio no agroecossistema a um custo muito baixo em relação ao sistema convencional.

Em uma espécie do gênero *Mucuna*, Houngnanda *et al.* (2000), verificaram que de 30 a 193 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio presente na massa seca, em média 55 % foi derivado do ar, via fixação biológica de nitrogênio (FBN). Em uma compilação de trabalhos científicos, Guiller, (2001), mostra que, de maneira geral, as leguminosas apresentam uma grande capacidade de fixação biológica de nitrogênio atmosférico. Do total de nitrogênio absorvido plantas fixadoras, algumas podem aumentar 80% de nitrogênio derivado apenas do ar atmosférico.

Apesar de vários resultados científicos comprovarem o efeito benéfico da adubação verde sobre as características físicas, químicas e biológicas dos solos (Espíndola *et al.*, 1998; Thorup-Kristensen & Boogaard, 1999), há poucos trabalhos que comprovem a sua contribuição na produção das olerícolas, como os citados por Thönnissen *et al.* (2000a), Schroeder *et al.* (1998) e Mappaona & Kitou (1994).

A recomendação de adubação de olerícolas cultivadas organicamente tem como base a utilização de composto (Souza & Resende, 2003). O composto orgânico, além da sua contribuição para a fertilidade do solo, permite o aproveitamento e a reciclagem de resíduos locais e a integração de diversos setores de produção.

No entanto, o cultivo intensivo de olerícolas orgânicas requer altas quantidades de composto, na maioria das vezes aumentando a dependência de insumos externos à propriedade. A utilização simultânea da adubação verde e compostagem pode representar, potencialmente, diminuição da dependência de fontes externas de insumos,



além de diminuir a quantidade de composto aplicado, e contribuir para a diversificação das práticas no sistema produtivo.

Olerícolas altamente exigentes em nutrientes, como o brócolis, requerem altas doses de N, como 160 kg ha<sup>-1</sup> de N (Fontes, 1999), 125 a 200 kg ha<sup>-1</sup> de N (Toivonen *et al.*, 1994), 150 a 200 kg ha<sup>-1</sup> de N (Filgueira, 2000). A mineralização do nitrogênio do adubo verde no solo deve coincidir com a época de maior exigência da planta. Em culturas de ciclo curto há necessidade de um ajuste temporal na adição do adubo verde, para um resultado efetivo sobre a produção. Diante disso, é essencial conhecer a curva de crescimento da cultura e as características da mineralização do adubo verde visando estabelecer uma sincronia para maior aproveitamento do nitrogênio.

Visando adequar práticas de manejo para diminuir a quantidade de composto e potencializar o aproveitamento do nitrogênio do adubo verde no cultivo de brócolis orgânico, os objetivos do trabalho foram avaliar: o efeito da época de incorporação do adubo verde sobre a produção do brócolis, a taxa de decomposição e liberação do nitrogênio do adubo verde, a transferência de nitrogênio da adubação verde para a cultura do brócolis e o efeito da data de incorporação do adubo verde sobre o teor de nitrogênio mineral no solo.

## **4.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.2.1 Localização e características da área experimental**

O trabalho foi conduzido no campo experimental 'Horta Velha' do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG, em um solo classificado como Cambissolo. Nesta área são realizadas as pesquisas em agricultura orgânica envolvendo rotação de culturas, cultivos múltiplos, adubação verde e compostagem. A área está subdividida em talhões constantes sob manejo orgânico há cinco anos. As características químicas do solo estão descritas no Quadro 1.

A localização geográfica da área é de 20° 45' de latitude sul e 42° 51' de longitude oeste de Greenwich, numa altitude de 651 metros. O clima, segundo a classificação Köppen, enquadra-se no tipo Cwa.

### **4.2.2 Obtenção das mudas, instalação e condução do experimento**

Sementes de brócolis do híbrido “Domador”, de cabeça única, foram semeadas no dia 05/08/03 em bandejas de isopor de 128 células, e transplantadas no dia 15/09/03.

O sistema de irrigação utilizado foi a aspersão. O controle de plantas espontâneas foi realizado por meio de capinas mecânicas, quando necessário. A colheita das inflorescências ocorreu de 30/11/03 à 09/12/03.

**Quadro 1.** Análise química de solo da área experimental, coletado no momento da implantação do experimento, na profundidade de 0-20 cm. UFV: Viçosa, 2004

pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	M	MO
	--mg/dm <sup>3</sup> --		-----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----					-----		--%--	-dag kg <sup>-1</sup> -	
6,7	145,7	350	5,9	1,6	0,0	2,97	8,40	8,40	11,37	74	0	4,04

pH em H<sub>2</sub>O (1:2,5)  
P e K – Extrator Mehlich 1  
Ca, Mg e Al – Extrator KCl 1mol/L  
H +Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L pH 7,0  
MO – Walkley Black

CTC (t) = capacidade de troca de cátions efetiva  
CTC (T) = capacidade de troca de cátions total  
m = saturação de alumínio  
SB= soma de bases trocáveis  
V= índice de saturação por bases

### 4.2.3 Composto Orgânico

O composto orgânico utilizado no experimento do capítulo foi produzido na Horta Velha da Universidade Federal de Viçosa e teve como material de origem capim elefante, cama de frango e cinzas, compostados em pilhas estáticas com revolvimento manual. A análise química do composto está descrita no Quadro 2.

O composto foi distribuído manualmente nos sulcos momentos antes do transplântio das mudas. Foram utilizadas duas doses de composto: 25 t ha<sup>-1</sup> de massa seca e 12 t ha<sup>-1</sup>, equivalentes à 100% e 60%, respectivamente da maior produção encontrada no experimento descrito no Capítulo 1.

**Quadro 2.** Análise química de nutrientes do composto orgânico utilizado no cultivo do brócolis. UFV: Viçosa, 2004.

C/N	pH	N-total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg
		-----%				
18	6,8	1,48	5,9	10,6	12,9	0,81

pH em H<sub>2</sub>O (1:2,5)  
P, K, Ca e Mg – Embrapa (1997)  
C – Walkley Black  
N- Kjeldhal

#### **4.2.4 Adubação verde**

O adubo verde utilizado no experimento foi a mucuna cinza (*Stizolobium cinereum*). O semeio da leguminosa foi realizado no dia 21/02/03 na densidade de 8 sementes m<sup>-1</sup> e 0,5 m entre as linhas de plantio. A parte aérea das plantas foi cortada ao nível do solo, retirada do campo em 12/08/03 e levada para casa de vegetação para secagem. Após a secagem, o material foi acondicionado em sacos de nylon e mantido em local seco e arejado até a incorporação no campo.

O adubo verde foi distribuído em toda a parcela experimental e incorporado superficialmente em dose única e equivalente a 8,64 t ha<sup>-1</sup> de massa seca. O teor de carbono foi 36,24% e o de nitrogênio 2,05%, em base de massa seca, e a relação C: N foi 17:1.

#### **4.2.5 Adubação mineral**

A adubação mineral foi realizada com base na análise de solo, de acordo com a recomendação para brócolis proposta pela Fontes (1999). As plantas receberam 160 kg ha<sup>-1</sup> de N, 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, tendo como fontes minerais cloreto de potássio, superfosfato simples e sulfato de amônio, respectivamente. A adubação nitrogenada foi parcelada, com aplicação de 20 kg ha<sup>-1</sup> N no transplante, 80, 30 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicados respectivamente aos 20, 40 e 60 dias após o transplante.

#### **4.2.6 Análise de decomposição do adubo verde**

Foram avaliados a massa e o teor de nitrogênio na biomassa remanescente da mucuna cinza após sua incorporação. Foram colocadas 36 amostras com 20 g de massa seca de adubo verde em sacolas de tela de nylon com dimensão de 20 x 40 cm e malha de 4 mm<sup>2</sup>. A mucuna cinza foi colocada nas sacolas mantendo-se a mesma relação talo folha com que foi colhida no campo. As amostras foram distribuídas nas parcelas que receberam o adubo verde no transplante e foram retiradas aos 0, 3, 7, 12, 15, 20, 30, 45 e 60 dias após o transplante do brócolis, entre o período de 15/09/03 e 14/11/03.

Foram determinadas a taxa de decomposição e a liberação de nitrogênio utilizando o modelo matemático exponencial, descrito por Thomas & Asakawa (1993):  $C = C_0 e^{-kt}$ . Onde C é a quantidade de massa seca ou nutrientes remanescente após um período de tempo t, em dias; C<sub>0</sub> é a quantidade de massa seca ou nutriente inicial. O tempo de meia vida (T<sub>1/2</sub>), ou seja, o tempo necessário para perder metade da biomassa

vegetal e liberar a metade do nutriente existente no tempo inicial, foi calculado a partir dos valores de k, constante do modelo matemático, onde:  $T_{1/2} = (\ln 0,5)/k$ .

#### 4.2.7 Avaliações

Foram realizadas avaliações quinzenais da variável não destrutiva área do dossel, calculada a partir do raio (r) médio transversal e longitudinal superior do dossel; em relação à linha de plantio  $AD \text{ (dm}^2\text{)} = r^2$ . A produção por planta (PR), em g, foi avaliada na colheita, por meio da determinação da massa fresca da cabeça cortada a 2,5 cm do pedúnculo floral a partir da última inserção de inflorescência.

A taxa de crescimento relativo (TCR) foi calculada segundo a equação adaptada de Magalhães (1985):  $TCR \text{ (dm}^2\text{.(dm}^2\text{)}^{-1} \text{ dia}^{-1}\text{)} = (\ln P_2 - \ln P_1)/(t_2 - t_1)$ , onde  $\ln$  = logaritmo neperiano;  $P_2$  = área do dossel, em  $\text{dm}^2$ , na amostragem;  $P_1$  = área do dossel, em  $\text{dm}^2$ , na amostragem anterior;  $t_2$  e  $t_1$  = dias da amostragem atual e anterior, respectivamente.

Foi amostrado a folha índice do brócolis de acordo com Martinez et al. (1999). Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey. O teor de N-total foi determinado pela metodologia de Kjeldhal (Bremner & Mulvaney, 1982).

Foi avaliado o teor de nitrogênio mineral no solo ao longo do crescimento do brócolis, proveniente da decomposição do adubo verde, da mineralização do composto ou da adubação mineral. O solo foi coletado na profundidade de 0 a 15 cm antes do transplante e aos 7, 15, 30, 45 e 60 dias após o transplante. O solo foi seco ao ar e passado em peneira de 2 mm e mantido sob refrigeração até as análises. O nitrogênio mineral do solo foi definido como a soma do nitrogênio nas formas de  $\text{NO}_3$  e  $\text{NH}_4$ . Os teores de nitrato e amônio do solo foram determinados por espectrofotometria, pelos métodos descritos por Yang *et al.* (1994) e por Kempers & Zweers (1986), respectivamente.

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) da mucuna cinza e a transferência do nitrogênio proveniente da FBN para o brócolis foram estimadas conforme Boddey *et al.* (1994) por meio da técnica de abundância natural de  $^{15}\text{N}$ , com auxílio de um espectrômetro de massa Finnigan mat, Modelo Delta Plus. Como testemunha foi utilizado o brócolis cultivado com  $12 \text{ t ha}^{-1}$  de composto orgânico sem adubação verde.

A contribuição da FBN foi estimada pela equação:

$$\% \text{ de N da FBN} = 100 \left( \frac{{}^{15}\text{N}_{\text{testemunha}} - {}^{15}\text{N}_{\text{tratamento}}}{({}^{15}\text{N}_{\text{testemunha}})} \right)$$

A estimativa da FBN na mucuna cinza foi determinada pela equação:

$$\% \text{ de N da FBN} = 100 \left( \frac{{}^{15}\text{N}_{\text{testemunha}} - {}^{15}\text{N}_{\text{mucuna}}}{({}^{15}\text{N}_{\text{testemunha}} - {}^{15}\text{N}_A)} \right)$$

sendo:

${}^{15}\text{N}_{\text{testemunha}}$ : o valor de  ${}^{15}\text{N}$  obtido da planta não fixadora (cultivado com 12 t  $\text{ha}^{-1}$  de composto orgânico sem adubação verde)

${}^{15}\text{N}_{\text{tratamento}}$ : o valor de  ${}^{15}\text{N}$  obtido nas plantas de brócolis que receberam adubação verde nas diferentes datas.

${}^{15}\text{N}_A = (-1,1)$ : valor da discriminação isotópica quando  ${}^{15}\text{N} = 0 \%$

#### 4.2.8 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições em parcelas subdivididas no tempo para a variável de crescimento. Foram avaliadas quatro plantas por parcela. O experimento constou de nove tratamentos, descritos no Quadro 3. As parcelas experimentais possuíam área total de 6,75 m<sup>2</sup>, com espaçamento de 0,9 x 0,5 m entre plantas, numa densidade populacional de 22.222 plantas  $\text{ha}^{-1}$ .

**Quadro 3.** Descrição dos tratamentos (T)

T	Descrição
C12AV0	12 t $\text{ha}^{-1}$ de composto + adubo verde aplicado no transplantio
C12AV15	12 t $\text{ha}^{-1}$ de composto + adubo verde aplicado 15 dias após o transplantio
C12AV30	12 t $\text{ha}^{-1}$ de composto + adubo verde aplicado 30 dias após o transplantio
C12AV45	12 t $\text{ha}^{-1}$ de composto + adubo verde aplicado 45 dias após o transplantio
AVO	Somente adubo verde aplicado no transplantio
C25	25 t $\text{ha}^{-1}$ de composto
C12	12 t $\text{ha}^{-1}$ de composto
AM	Adubação mineral
TABS	Testemunha absoluta, sem qualquer tipo de adubação

#### 4.2.9 Análises estatísticas

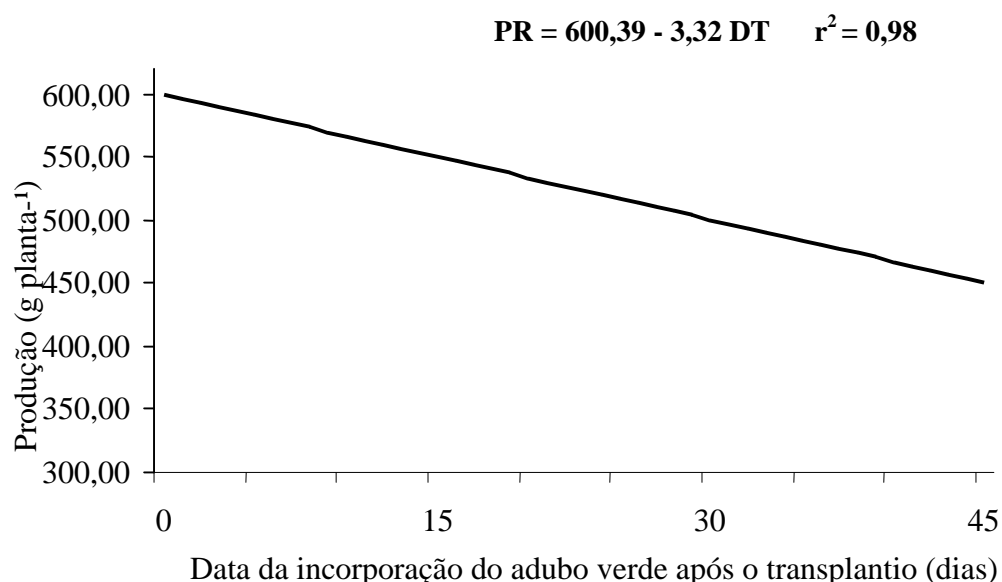
O efeito da época de aplicação do adubo verde foi avaliado por meio de análise de variância da regressão ao nível de 5% de probabilidade. Realizou-se a comparação por contrastes não ortogonais, entre as datas de aplicação do adubo verde e entre os tratamentos controle. Nas análises foram usados o Sistema para Análises Estatísticas (SAEG) e o sistema livre para análises estatísticas R. Foi feita a regressão simples para análise da produção e crescimento. A escolha dos modelos deu-se com base coeficiente de determinação e na análise de resíduos.

### 4.3 RESULTADOS

#### 4.3.1 Produção de brócolis

##### 4.3.1.1 Comparação entre as datas de aplicação do adubo verde

A produção decresceu linearmente com o avanço do tempo de aplicação do adubo verde (Figura 1). A maior produção de brócolis foi alcançada com a incorporação do adubo verde no momento do transplântio, que resultou em 600,39 g planta<sup>-1</sup>, equivalente a 13,33 t ha<sup>-1</sup>. Os tratamentos que receberam a incorporação do adubo verde aos 15, 30 e 45 dias resultaram em 91,69%, 83,38% e 75% da produção obtida no tratamento com o adubo verde no transplântio.



**Figura 1.** Efeito das datas da incorporação do adubo verde (DT) sobre a produção (PR) de brócolis. UFV: Viçosa, 2004.

#### 4.3.1.2 Comparação entre os tratamentos-controle

Comparando-se as produções obtidas com os tratamentos-controle, o tratamento que recebeu 25 t ha<sup>-1</sup> de composto apresentou valor equivalente ao que recebeu adubação mineral e produções maior do que dos tratamentos que receberam somente 12 t ha<sup>-1</sup> de composto, somente adubação verde no transplântio e a testemunha absoluta. O tratamento que recebeu adubação mineral foi equivalente aos tratamentos com 12 t ha<sup>-1</sup> de composto e somente adubação verde no transplântio (Quadro 4).

**Quadro 4.** Valores médios da produção de brócolis cultivado nos tratamentos-controle: AV0) somente adubo verde aplicado no transplântio; C25) 25 t ha<sup>-1</sup> de composto; C12) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto; AM) Adubação mineral e TABS) Testemunha absoluta. UFV: Viçosa, 2004

Tratamentos	Produção (g planta <sup>-1</sup> )	
C25	601,87	a
AM	525,50	a b
C12	408,25	b c
AV0	402,18	b c
TABS	312,00	c
CV (%)	16	

Médias seguidas de pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

#### 4.3.1.3 Comparações entre as produções obtidas com as datas de aplicação do adubo verde e os tratamentos-controle

A aplicação do adubo verde no dia do transplântio ou até 15 dias após, acrescidos de 12 t ha<sup>-1</sup> de composto, resultou em produções similares às obtidas com 25 t ha<sup>-1</sup> de composto. A aplicação do adubo verde tanto aos 30 dias quanto aos 45 dias resultou em menores produções que as obtidas com 25 t ha<sup>-1</sup> de composto. Com exceção da aplicação do adubo verde aos 45 dias, a aplicação do adubo verde nas datas anteriores resultou em maiores produções do que as obtidas com 12 t ha<sup>-1</sup> de composto. A aplicação do adubo verde no transplântio resultou em maior produção do que a obtida com a adubação mineral, enquanto que nas demais datas as produções foram similares (Quadro 5).

**Quadro 5.** Contrastes entre tratamentos controle e datas de aplicação do adubo verde: tratamentos C12AV0) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde no transplantio; C12AV15) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado aos 15 dias; C12AV30) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado aos 30 dias; C12AV45) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado aos 45 dias, e os tratamentos controle: C25) 25 t ha<sup>-1</sup> de composto; C12) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto; AM) Adubação mineral. UFV: Viçosa, 2004

Contrastes	Diferença (g planta <sup>-1</sup> )
C12AV0 x C25	1,56 ns
C12AV15 x C25	-51,37 ns
C12AV30 x C25	-110,21 *
C12AV45 x C25	-145,00 *
C12AV0 x C12	195,18 *
C12AV15 x C12	142,24 *
C12AV30 x C12	83,41 *
C12AV45 x C12	48,62 ns
C12AV0 x AM	77,93 *
C12AV15 x AM	24,99 ns
C12AV30 x AM	-33,83 ns
C12AV45 x AM	-68,62 ns

dms [70,4]

ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

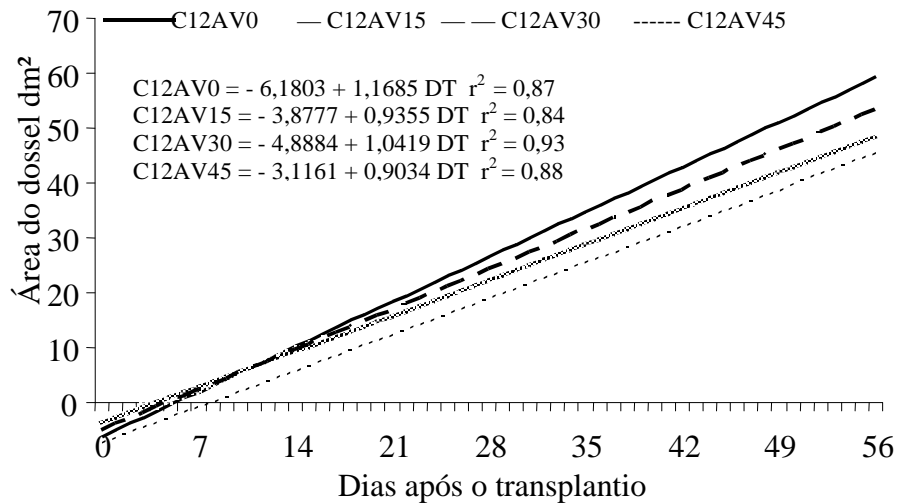
\*: significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

### 4.3.2 Crescimento

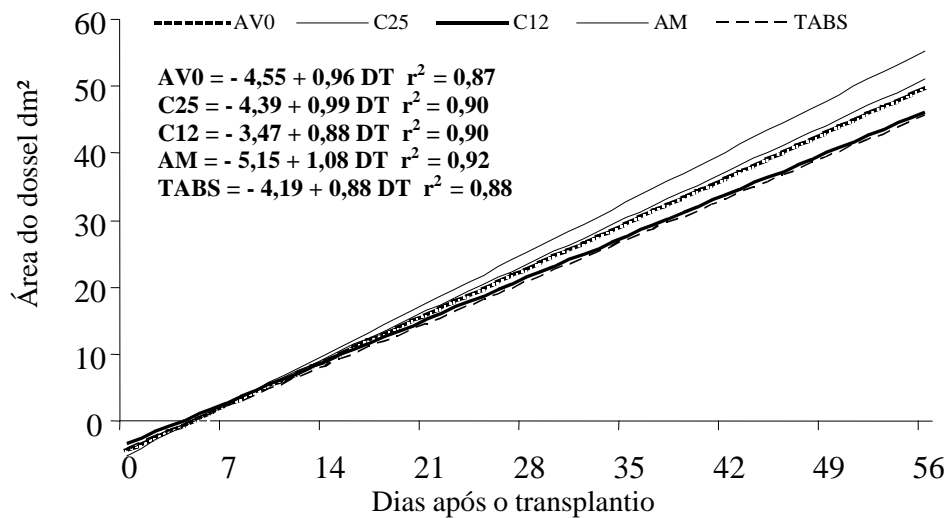
Na colheita, as plantas de brócolis que receberam adubação verde no transplantio apresentaram maior área do dossel. Ao final do experimento, a variação entre a maior (C12AV0 = 59,25 dm<sup>2</sup>) e a menor (C12AV45 = 45,18 dm<sup>2</sup>) área do dossel em função das datas de aplicação do adubo verde, foi de 14,07 dm<sup>2</sup>, o qual equivale a uma diferença de 23% (Figura 2).

Nos tratamentos-controle a maior área do dossel correspondeu ao tratamento com adubação mineral, seguido da dose de 25 t ha<sup>-1</sup> de composto, somente adubação verde no transplantio, 12 t ha<sup>-1</sup> de composto e por último a testemunha absoluta (Figura 3).





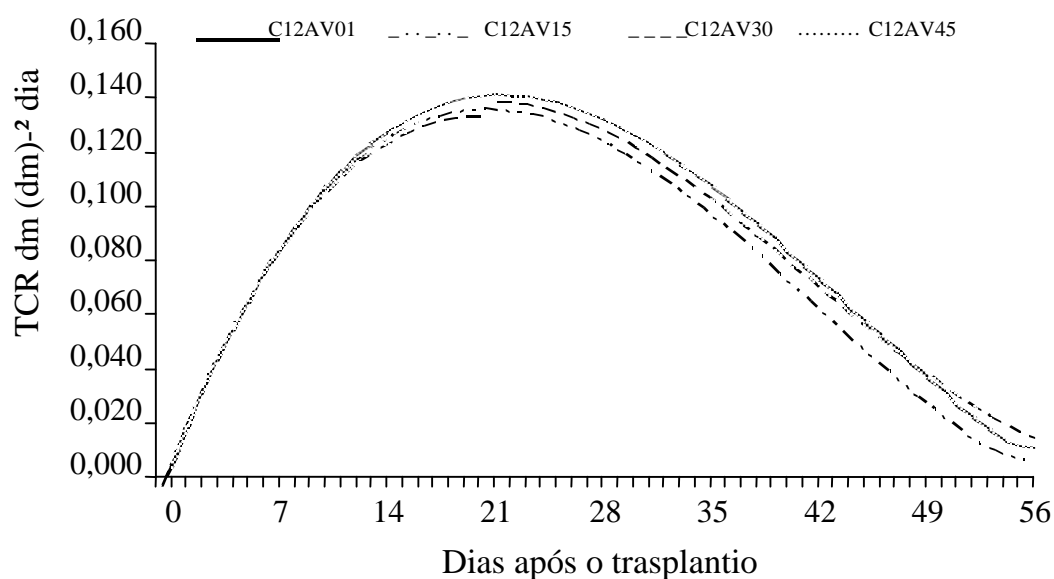
**Figura 2.** Efeito da época da incorporação do adubo verde (DT) sobre a área do dossel (AD) de brócolis nos tratamentos C12AV0) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde no transplante; C12AV15) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado aos 15 dias; C12AV30) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado aos 30 dias; C12AV45) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado aos 45 dias. UFV: Viçosa, 2004.



**Figura 3.** Efeito da época da incorporação do adubo verde (DT) sobre a área do dossel (AD) de brócolis nos tratamentos AV0) somente adubo verde aplicado no transplante; C25) 25 t ha<sup>-1</sup> de composto; C12) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto; AM) Adubação mineral e TABS) Testemunha absoluta. UFV: Viçosa, 2004.

### 4.3.3 Taxa de crescimento relativo

A máxima taxa de crescimento relativo variou pouco em função das datas de incorporação do adubo verde. O tratamento que recebeu a incorporação do adubo verde no transplântio apresentou taxas mais elevadas na fase de decréscimo da taxa de crescimento relativo. O comportamento da taxa de crescimento relativo foi similar entre os tratamentos com data de aplicação aos 15, 30 e aos 45 dias após o transplântio (Figura 4). As equações ajustadas constam no Quadro 6.



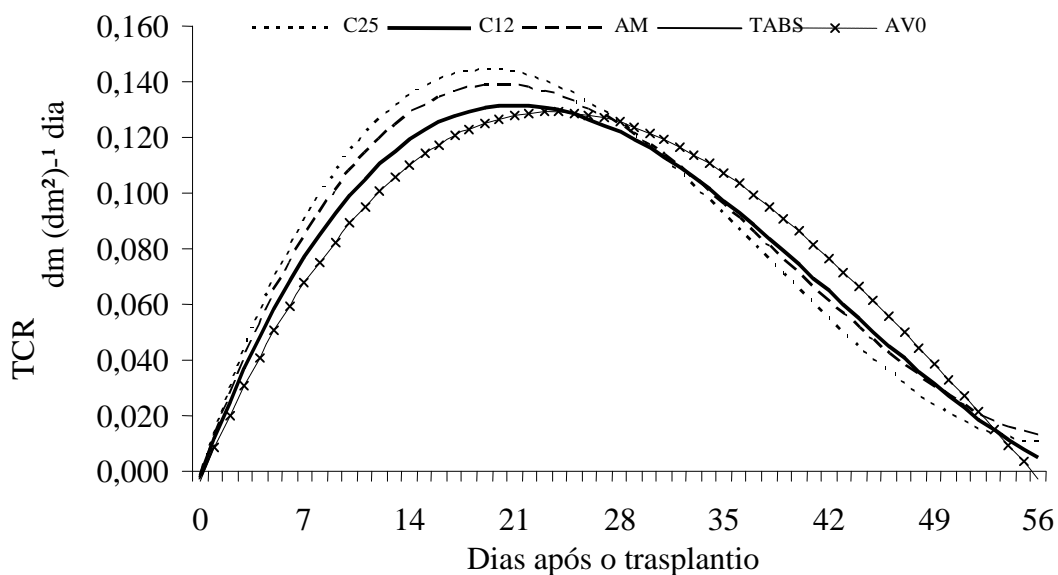
**Figura 4.** Taxa de crescimento relativo da área do dossel do brócolis (TCR) em função dos dias após o transplântio (T) nos tratamentos: C12AV0) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde no transplântio; C12AV15) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado aos 15 dias; C12AV30) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado aos 30 dias; C12AV45) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado aos 45 dias. UFV: Viçosa, 2004.

**Quadro 6.** Equações de regressão polinomial ajustadas e coeficientes de determinação referentes à figura 4. UFV, Viçosa, 2004

Equação de regressão	R <sup>2</sup>
C12AV0 = - 0,00234432 + 0,0123107 T - 0,00031812 T <sup>2</sup> + 0,00000177 T <sup>3</sup>	0,97
C12AV15 = - 0,00259657 + 0,0147142 T - 0,00046326 T <sup>2</sup> + 0,00000359 T <sup>3</sup>	0,97
C12AV30 = - 0,00338291 + 0,0147396 T - 0,00047313 T <sup>2</sup> + 0,00000381 T <sup>3</sup>	0,94
C12AV45 = - 0,00126369 + 0,0143379 T - 0,00044273 T <sup>2</sup> + 0,00000333 T <sup>3</sup>	0,99

Entre os tratamentos-controle, houve variação da máxima taxa de crescimento relativo. O maior ponto de máxima taxa de crescimento relativo ( $0,144 \text{ dm}^2 (\text{dm}^2)^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) foi obtido com o tratamento com  $25 \text{ t ha}^{-1}$  aos 18 dias após o transplântio, enquanto que o menor ( $0,126 \text{ dm}^2 (\text{dm}^2)^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) foi obtido com a testemunha absoluta aos 23 dias após o transplântio (Figura 5). As equações ajustadas constam do Quadro 7.

O ponto de máxima taxa de crescimento relativo nos tratamentos com adubação mineral,  $12 \text{ t ha}^{-1}$  de composto e somente adubação verde foram respectivamente aos 22, 21 e aos 24 dias após o transplântio com  $0,137$ ,  $0,131$ , e  $0,129 \text{ dm}^2 (\text{dm}^2)^{-1} \text{ dia}^{-1}$  (Figura 5).



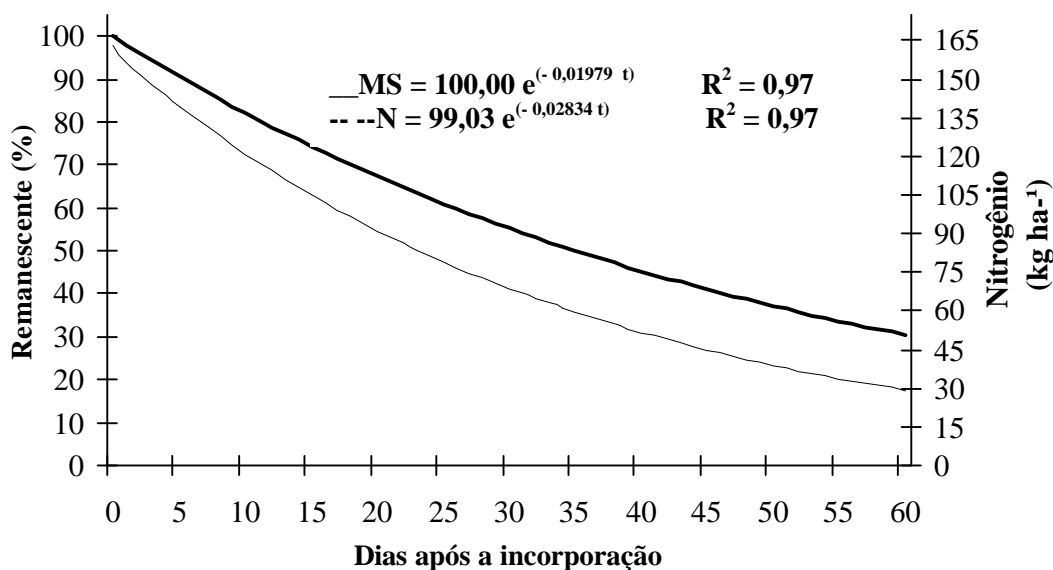
**Figura 5.** Taxa de crescimento relativo do dossel do brócolis (TCR) em função dos dias após o transplântio (T) nos tratamentos controles: AV0) Somente adubação verde; C25)  $25 \text{ t ha}^{-1}$  de composto; C12)  $12 \text{ t ha}^{-1}$  de composto; AM) Adubação mineral e TABS) Testemunha absoluta. UVF, Viçosa, 2004.

**Quadro 7.** Equações de regressão polinomial ajustadas e coeficientes de determinação referentes à figura 5. UFV: Viçosa, 2004

Equação de regressão	R <sup>2</sup>
AV0 = -0,003607 + 0,0124252 T - 0,0003364 T <sup>2</sup> + 0,0000020507 T <sup>3</sup>	94
C25 = -0,002868 + 0,0172377 T - 0,00060108 T <sup>2</sup> + 0,0000053139 T <sup>3</sup>	96
C12 = -0,001546 + 0,0141988 T - 0,00044737 T <sup>2</sup> + 0,0000034971 T <sup>3</sup>	98
AM = -0,002157 + 0,0158953 T - 0,000533535 T <sup>2</sup> + 0,0000045445 T <sup>3</sup>	97
TABS = -0,002751 + 0,0126851 T - 0,000364222 T <sup>2</sup> + 0,000002507 T <sup>3</sup>	96

#### 4.3.4 Decomposição do adubo verde

As curvas de decomposição da massa seca e da liberação de nitrogênio encontram-se na Figura 6. O tempo de meia vida da massa seca da mucuna cinza foi de 35 dias, enquanto que aos 24 dias após a incorporação 50% do N inicial já não estavam no resíduo do adubo verde. Ao final de 60 dias havia 30,5 kg ha<sup>-1</sup> do nitrogênio remanescente na massa seca da mucuna cinza.



**Figura 6.** Curvas de decomposição da mucuna cinza (MS) e de liberação de nitrogênio (N) e quantidade de N liberado do adubo verde, ao longo dos dias após a incorporação. UFV: Viçosa, 2004.

#### 4.3.5 Teor de nitrogênio no brócolis

O Quadro 8 mostra a concentração de nitrogênio nas folhas do brócolis coletadas durante a fase de formação da inflorescência. Não houve diferença estatística ( $p > 0,05$ ) entre os teores de nitrogênio no tecido foliar obtido com os diferentes

tratamentos, no entanto o tratamento que recebeu adubação mineral apresentou o teor relativamente mais elevado, e a testemunha absoluta o mais baixo.

#### 4.3.6 FBN e transferência de nitrogênio

A FBN foi responsável por 74% do nitrogênio presente da mucuna cinza. Considerando o teor de 2,05% de N na massa seca, 1,51% da massa seca da leguminosa era composto por N proveniente da atmosfera. Com a produção de 3,8 t ha<sup>-1</sup> de massa seca, a leguminosa incorporou 58 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio atmosférico.

Não houve diferença significativa entre os teores de N provenientes da FBN nas plantas de brócolis que receberam adubação verde em diferentes datas e foram cultivadas com 12 t ha<sup>-1</sup> de composto. Nessas plantas, 23,60% do N foi proveniente da FBN da mucuna incorporada, independentemente da data de incorporação. O Quadro 9 apresenta os valores de <sup>15</sup>N e a % N-FBN determinados nos tratamentos.

**Quadro 8.** Valores médios do teor de nitrogênio na folha índice de brócolis cultivado nos tratamentos: C12AV0) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde no transplantio; C12AV15) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado aos 15 dias; C12AV30) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado aos 30 dias; C12AV45) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado aos 45 dias; AV0) somente adubo verde aplicado no transplantio; C25) 25 t ha<sup>-1</sup> de composto; C12) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto; AM) Adubação mineral e TABS) Testemunha absoluta. Viçosa, 2004

Tratamentos	Teor de N (dag kg <sup>-1</sup> )
AM	4,26 a
AV0	4,08 a
C12AV45	3,91 a
C12AV0	3,87 a
C12AV30	3,70 a
C25	3,60 a
C12	3,58 a
C12AV15	3,55 a
TABS	3,25 a

Médias seguidas de pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

**Quadro 9.** Valores de  $^{15}\text{N}$  e % N-FBN determinados em plantas de brócolis submetidas aos seguintes tratamentos: C12AV0) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde no transplantio; C12AV15) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado aos 15 dias; C12AV30) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado aos 30 dias; C12AV45) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado aos 45 dias; C12) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto. Médias de 4 repetições. UFV: Viçosa, 2004

Tratamento	$^{15}\text{N}$	% N- FBN
C12AV0	8,06	24,95 a
C12AV15	8,55	20,36 a
C12AV30	8,15	24,04 a
C12AV45	8,04	25,06 a
C12	10,73	0,00
CV (%)	40	

Médias seguidas de pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

#### 4.3.7 Teor de nitrogênio mineral no solo

Os teores de nitrogênio mineral no solo, resultantes da aplicação do adubo verde e dos tratamentos-controle são apresentados na Figura 7. O teor de nitrogênio mineral variou em função das datas de aplicação do adubo verde. No tratamento 1, aos 7 dias após o transplante os teores de nitrogênio mineral foram 100% maiores do que o teor inicial. No tratamento C12AV15 esse teor foi 88% superior aos 30 dias após o transplantio, enquanto no tratamento C12AV30 foi 55% superior aos 37 dias após o transplantio e no tratamento C12AV45 foi 18% superior, aos 52 dias após o transplantio.

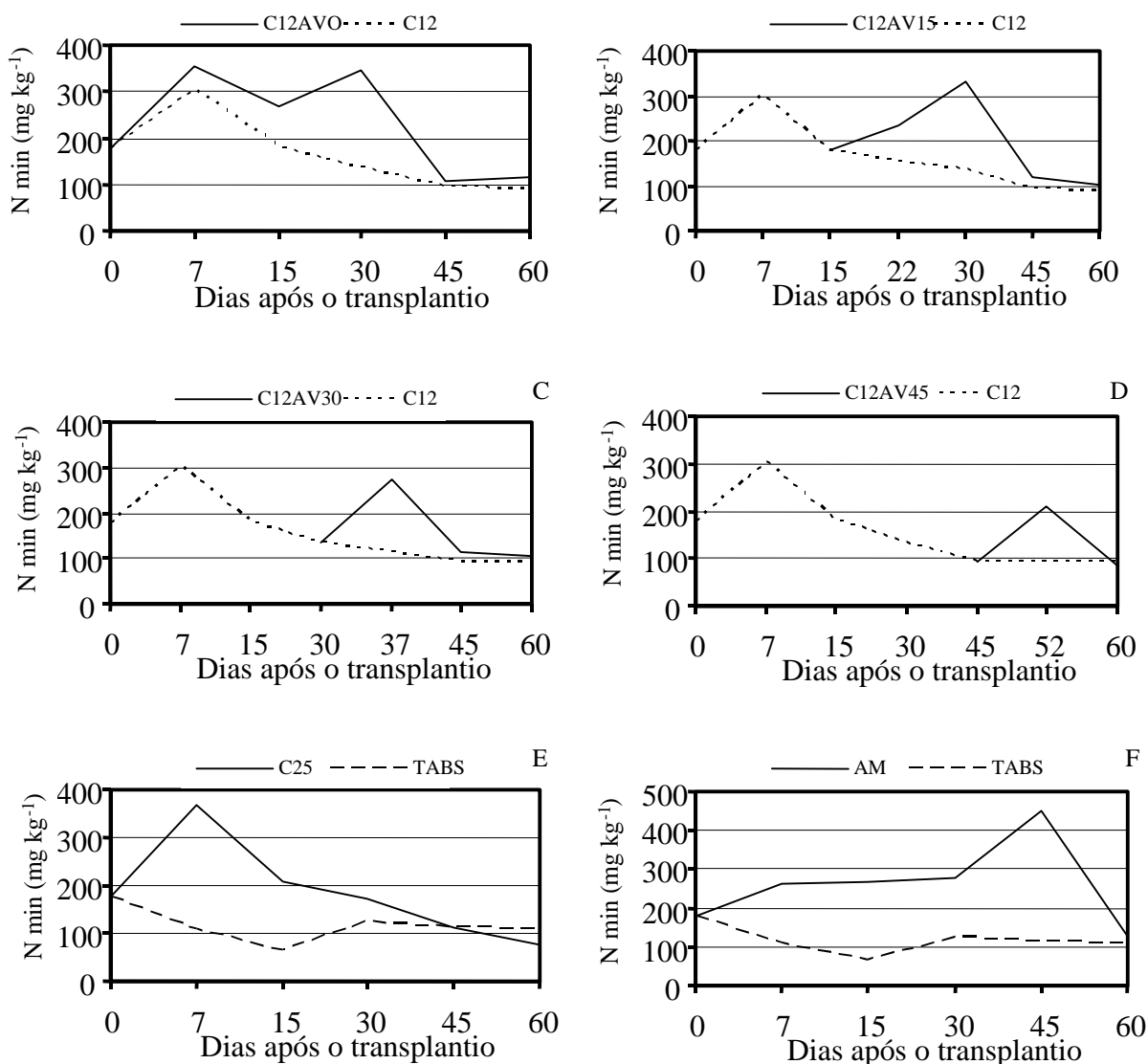
O teor de nitrogênio mineral no tratamento com 12 t ha<sup>-1</sup> de composto aumentou até sete dias, em seguida foi decrescendo e permaneceu constante até por volta dos 45 dias. A aplicação do adubo verde no transplantio resultou em aumento da disponibilidade de nitrogênio mineral inicialmente e manteve altos níveis até aos 30 dias (Figura 7 A).

No tratamento com aplicação do adubo verde aos 15 dias, houve um decréscimo do teor de nitrogênio mineral até os quinze dias, que se elevou após a aplicação do adubo verde até aos 30 dias (Figura 7 B).

A aplicação da adubação verde aos 30 dias após o transplantio elevou os teores de nitrogênio mineral no solo por 7 dias, dos 30 aos 37 dias após o transplantio, decrescendo em seguida e estabilizando aos 45 dias (Figura 7 C). A aplicação da

adubação verde aos 45 dias também elevou os teores de nitrogênio mineral por 7 dias, dos 45 aos 52 dias após o transplântio (Figura 7 D).

O solo que recebeu 25 t ha<sup>-1</sup> de composto apresentou alto teor inicial de nitrogênio mineral (Figura 7 E) com decréscimo constante até a colheita, enquanto com o tratamento com adubação mineral (Figura 7 F) o teor de N-mineral no solo manteve-se elevado e estável até aos 60 dias.



**Figura 7.** Teor de nitrogênio mineral no solo (N min) em função do tempo após o transplântio nos tratamentos: C12AV0) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde no transplântio; C12AV15) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado aos 15 dias; C12AV30) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado aos 30 dias; C12AV45) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto + adubo verde aplicado aos 45 dias; C25) 25 t ha<sup>-1</sup> de composto; C12) 12 t ha<sup>-1</sup> de composto; AM) Adubação mineral e TABS) Testemunha absoluta. Viçosa, 2004.

#### 4.4 DISCUSSÃO

As produções obtidas com a aplicação do adubo verde acrescido de 12 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico, mesmo nas datas mais tardias, foram maiores ou similares às encontradas na literatura. Maynard (1994) verificou produção de 508 g planta<sup>-1</sup> em brócolis cultivado com composto orgânico. Trevisan, *et al.* (2003), encontraram peso médio da cabeça de 430 e 359 g planta<sup>-1</sup>, para as cultivares 'Baron' e 'Hana Midori', respectivamente, em cultivo convencional. Melo & Giordano (1995) relatam produtividade entre 9,4 e 13,0 t ha<sup>-1</sup> de inflorescências dos híbridos comerciais mais produtivos. Lira Filho *et al.* (1997), obtiveram produções de 10,13 t ha<sup>-1</sup>, 8,76 t ha<sup>-1</sup>, e 6,38 t ha<sup>-1</sup> para o 'Ramoso Piracicaba', 'Hanamidori' e 'Legacy', respectivamente.

Schroeder *et al.* (1998), utilizaram adubação verde em sistema de sucessão caupi-brócolis, visando reduzir a quantidade de fertilizante nitrogenado aplicado em cobertura. Esses autores verificaram que o nitrogênio oriundo do adubo verde (103 kg ha<sup>-1</sup>) não foi suficiente para resultar na produção ótima do brócolis, porém reduziu de 168 kg ha<sup>-1</sup> para 84 kg ha<sup>-1</sup> a necessidade de suprimento de nitrogênio com fertilizante mineral em cobertura. No entanto, os autores observaram maior mortalidade de plântulas após o transplântio, resultante do efeito do adubo verde. No presente trabalho houve a precaução de afastar os resíduos de mucuna cinza da base do caule das plântulas, e a incorporação foi superficial, para impedir este efeito.

A adubação com 25 t ha<sup>-1</sup> de composto equivaleu, em termos de produtividade, à adubação mineral, resultando ainda em produtividade superior à obtida com 12 t ha<sup>-1</sup>. Tais fatos confirmam que esse tratamento foi eficaz em resultar em alta produtividade e é adequado como testemunha da possibilidade de reduzir a dose de composto orgânico pelo uso da adubação verde.

Em plantas que receberam 12 t ha<sup>-1</sup> de composto a aplicação de adubo verde, com as características descritas, até quinze dias após o transplante permite a redução da dose de composto em cerca de 50%, sem perdas de produtividade, igualando-se à produtividade obtida com a adubação mineral. A incorporação desse adubo verde até 30 dias após o transplante resulta em maiores produtividades do que o fornecimento exclusivo de 12 t ha<sup>-1</sup>.

Houve uma diminuição do crescimento da planta à medida que avançou a data de aplicação do adubo verde, caracterizando o efeito deste em promover o crescimento quando aplicado mais próximo do transplântio. Nas plantas que receberam adubação



verde, o maior crescimento da área do dossel foi obtido com a incorporação no transplântio. Este tratamento correspondeu a maiores taxas após o ponto de máximo, no período de decréscimo da taxa de crescimento relativo, resultando conseqüentemente em maior área do dossel.

Ao contrário de plantas que receberam adubo verde, as plantas nos tratamentos-controle apresentaram maiores taxas de crescimento relativo inicial e pontos de máximo mais altos corresponderam a maior crescimento em área do dossel, obtidos com a adubação mineral e com a dose de 25 t ha<sup>-1</sup>. Os dados reforçam o papel da nutrição da planta em proporcionar maiores e mais duradouras taxas de crescimento e indicam que a aplicação do adubo verde no transplântio das mudas, acrescido da dose de 12 t ha<sup>-1</sup> de composto, resulta em plantas com crescimento similar àquelas com nutrição com adubação mineral ou dose elevada de composto.

De acordo com Hochmuth *et al.* (1991), os valores de referência para os teores de nitrogênio no tecido foliar de brócolis situam-se entre 2,4 a 4,0%. Segundo Raji *et al.*, (1996), um indicador do estado nutricional e o teor de nitrogênio considerado ideal para o brócolis encontra-se na faixa de 3 a 5,5% de nitrogênio. Considerando-se as referências citadas, os teores encontrados nas plantas nos diferentes tratamentos encontram-se dentro das faixas recomendadas. Apesar das diferenças de produtividade e de crescimento, os teores foliares de nitrogênio foram similares entre os tratamentos, sugerindo que há outros aspectos importantes em determinar o desempenho das plantas.

O aproveitamento do nitrogênio proveniente da fixação biológica realizada pela mucuna foi elevado. Certamente o fato de tratar-se de uma cultura de rápido crescimento e alta demanda do nutriente contribuiu para este resultado, além da incorporação ter ocorrido em datas próximas à instalação da cultura no campo.

Embora as plantas com maiores produtividades devam apresentar também maior produção de biomassa vegetativa, resultando em maiores quantidades de N-FBN absorvidas, os teores de N-FBN nos tecidos foliares foram similares, independentemente da época de incorporação do adubo verde. Associado aos teores de N observados, tal resultado sugere que o momento da aplicação do adubo verde foi tão ou mais importante que a quantidade do nutriente fornecida. A dose de mucuna aplicada correspondia a 177 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, dos quais 131 kg provenientes da fixação biológica. A análise desses resultados concomitantemente com as curva de taxa de crescimento relativo, sugerem que é mais importante fornecer o nutriente quando a

planta apresenta altas taxas de crescimento relativo, período de 7 a 41 dias após o transplântio, do que quando a planta apresenta maior acúmulo de massa seca e absorção de nutrientes, observado entre 28 e 56 dias após o transplântio. Shelp & Liu (1992), encontraram que a concentração de nitrogênio do tecido foliar do brócolis foi maior entre 14 e 22 dias após o transplântio, e diminuiu à medida em que a planta cresceu. No presente trabalho, neste período, apesar das plantas terem crescido pouco, já começou a haver diferença na área do dossel entre os tratamentos que corresponderam neste período às maiores taxas de crescimento relativo do brócolis. A disponibilidade de nitrogênio no solo na fase inicial do crescimento do brócolis foi fundamental para os resultados obtidos.

A rápida elevação dos teores de nitrogênio mineral esteve associada à época da aplicação da adubação verde. Logo após cada aplicação, houve aumento da mineralização do nitrogênio, seguido por um período de decréscimo. Isso se deve à decomposição inicial de formas nitrogenadas mais lábeis da matéria orgânica e a posterior predominância de formas mais recalcitrantes diminuindo a taxa de liberação e, conseqüentemente, de N-mineral no solo.

Altos teores iniciais de nitrogênio mineral no solo foram responsáveis pelas maiores produtividades obtidas com a adição de adubo verde próximo ao transplântio. Quanto mais tarde foi aplicado o adubo verde, mais tarde se elevaram os teores de nitrogênio mineral e, conseqüentemente, houve decréscimo de produção.

Nos tratamentos-controle, entre 14 e 22 dias após o transplântio, as variações nos teores de nitrogênio mineral, resultaram não só em diferenças nas taxas de crescimento relativo iniciais e ponto de máximo, como também resultaram em diferenças na produção. Novamente, a adubação mineral e a aplicação de 25 t ha<sup>-1</sup> de composto resultaram em teores elevados de N-mineral no solo, explicando as maiores taxas de crescimento relativo e produtividades encontradas.

O pico de nitrogênio mineral aos 45 dias no tratamento com adubação mineral, se deve ao fato de que a aplicação de uma dose de adubo em cobertura foi realizada aos 40 dias, pouco antes da amostragem. Os resultados indicam também que, apesar do conhecido efeito residual, a aplicação de composto orgânico é capaz de elevar rapidamente os teores de N-mineral no solo, à semelhança de adubos minerais.

A taxa de decomposição tem influência direta na liberação de nitrogênio dos resíduos de mucuna cinza. A taxa de mineralização do nitrogênio foi maior do que a da

massa seca, possivelmente devido em grande parte ao nutriente estar em compostos mais lábeis do que outros componentes. A quantidade de nitrogênio mineralizado em determinado período de tempo, depende de fatores como temperatura, umidade, aeração, quantidade e natureza do material orgânico presente (Mary & Recous, 1994). Por ser um experimento em condições de campo, está sujeito à influência conjunta de todos estes fatores que atuam na mineralização do nitrogênio proveniente da adubação orgânica.

#### 4.5 CONCLUSÕES

- Na cultura do brócolis orgânico, a incorporação de adubo verde até 15 dias após o transplântio substitui metade da dose de composto orgânico ou a adubação mineral, sem prejuízo na produtividade;
- A incorporação do adubo verde é eficiente em elevar os níveis de nitrogênio mineral no solo tão rapidamente quanto com a aplicação de adubação mineral ou 25 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico;
- A disponibilidade de nitrogênio mineral no solo durante o período de altas taxas de crescimento relativo é mais importante para o crescimento e a produção do brócolis do que a presença do nutriente no período de maior acúmulo de massa seca.

#### 4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTIERI, M.A. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.1971, p.1-24, 2002.

BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R. URQUIAGA, S. Quantificação da fixação biológica de nitrogênio associada a plantas utilizando o isótopo <sup>15</sup>N. In: **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. HUNGRIA, M. e ARAÚJO, R.S. (eds. ) EMBRAPA-CNPAF, p.471-494, 1994.

- BREMNER, J.M. & MULVANEY, C.S. Nitrogen total. In: PAGE, A.L. (Ed) **Methods of soil analysis**. 2 ed. Madison: Soil Science Society of America. 1982. Part 2. p. 595-624.
- EMBRAPA/CNPS. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.
- ESPÍNDOLA, J.A.A.; ALMEIDA, D.L.; GUERRA, J.G.M.; SILVA, E.M.R.; SOUZA, F.A.S. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção de batata doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.3, p.339-347, 1998.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de Olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. 1ª edição, 402p.
- FONTES, P.C.R. 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..** Viçosa, MG, 1999. p.183.
- GULLER, K. **Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems**. CAB Internacional Zimbabwe. 2001, 448p.
- HOCHMUTH, G.D.; MAYNARD, C.; VAVRINA, E.H. **Plant tissue analysis and interpretation for vegetable crops in Florida**, Univ. of Florida Extension Publication. SS-VEC. 1991, 42p.
- HOUNGNANDA, P.; SANGING, N.; WOOMER, P.; VANLAUWE, B.; VAN CLEEMPUT, O. Response of *Mucuna pruriens* to symbiotic nitrogen fixation by rhizobia following inoculation in farms field in the derived savanna of Benin. **Biology and Fertility of Soils**, v.30, p.558-565, 2000.
- KEMPERS, A.J.; ZWEERS, A. Ammonium determination in soil extracts by the salicylate method. **Soil Science Plant Analysis**. v.17, n.7, p.715-723, 1986.
- LIRA FILHO, H.P. et al. Competição de cultivares e híbridos de couve-brócolos (*Brassica oleracea* var. *italica* L.) na Zona da Mata do Estado de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 37, 1997, Manaus. **Horticultura Brasileira**, Brasília : SOB, 1997, v.15, suplemento.

MAPPAONA, Y.S.; KITOU, M. Yield response of cabbage to several tropical green manure legumes incorporated into soil. **Soil Science Plant Nutrition**. v.40, n.3, p. 415-424, 1994.

MAGALHÃES, A.C.N. **Análise quantitativa do crescimento**. Fisiologia Vegetal. 2ª edição. São Paulo, EDUSP, v.1, p.333-350, 1985.

MARTINEZ, E.P.M., CARVALHO, J.G. de, SOUZA, R.B. de, Diagnose foliar. 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**. Viçosa, MG, 1999. p.143-168.

MARY, B.; RECOUS. Measurement of nitrogen mineralization and immobilization fluxes in soil as a means of predicting net mineralization. **European Journal Agronomy**. V.3, n.4, p. 291-300, 1994.

MAYNARD, A.A. Sustained vegetable production for three years using composted animal manures. **Compost Science and Utilization**, v.2, n.1, p.88-96, 1994.

MELO, P.E.; GIORDANO, L.B. Características agrônomicas e para processamento de híbridos comerciais e experimentais de couve-brócolos de cabeça única. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, Foz do Iguaçu, PR. **Horticultura Brasileira**, Brasília: SOB, 1995. v.13, n.1, p.95.

RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A. M. C. eds. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo** (Boletim 100). Campinas: Instituto Agronômico & fundação IAC, 1996. 2ª edição, 285p.

SCHROEDER, J.L.; KAHN, B.A.; LYND, J.Q. Utilization of Cowpea Crop Residues to Reduce Fertilizer Nitrogen Inputs with Fall Broccoli. **Crop Science**. v.38, p.741-749, 1998.

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

SOUZA, J.L.; RESENDE, P. Manual de horticultura orgânica – Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 564p

THÖNNISSEN, C.; MIDMORE, D.J.; LADHA, J.K.; SCHMIDHALTER, U. Tomato crop response to short-duration legume green manures in tropical vegetable systems. **Agronomy Journal**, v.92, p.245-253, 2000a.

TOIVONEN, P.M.A.; ZEBAARTH, B.J.; BOWEN, P.A. Effect of nitrogen fertilization on head size, Vitamin C content and storage life of broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*). **Canadian Journal Plant Science**. v.75, n.3, p.607-610, 1994.

THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**. v.25, n.10, p.1351-1361, 1993.

THORUP-KRISTENSEN K.; BOOGAARD, R. Vertical and horizontal development of the root system of carrots following green manure. **Plant and Soil**, v.212, p.145-153, 1999.

TREVISAN, J.N.; MARTINS, G.A.K.; LÚCIO, A.D.; CASTAMAN, C.; MARION, R.R.; TREVISAN, B.G. Rendimento de cultivares de brócolis semeadas em outubro na região centro do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p.233-239, 2003.

YANG , J.E.; SKOGLEY, E.O.; SCHAFF, B.E.A. Simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin, and soil extracts. **Soil Science of American Journal**, v.62, p.1108-1115, 1994.

## **ANEXOS**

# CAPÍTULO 1

## Produção

TRAT	Médias
5	306,82
10	303,14
15	347,92
20	506,65
25	542,92

FONTES DE VARIACAO	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F	SIG.
TOTAL	19	317631.9			
TOTAL DE REDUCAO	7	230223.9	32889.13	4.52	.0111
BLOCO	3	19967.04	6655.680	.91	*****
TRAT	4	210256.9	52564.22	7.22	
.0034 (**)					
RESIDUO	12	87408.03	7284.002		
NUMERO DE DADOS =	20				
MEDIA GERAL =	401.49				
COEF. DE VARIACAO =	21.258				

## CRESCIMENTO - MATÉRIA SECA

### MS

FONTES DE VARIACAO	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F	SIG.
TOTAL	119	296272.5			
TOTAL DE REDUCAO	44	269426.8	6123.337	17.11	.0000
BLOCO	3	1873.932	624.6441	1.75	
.1650 (ns)					
DOSE	4	17094.54	4273.634	11.94	.0000
RESÍDUO (a)	12	3189.625	265.8021	.74	*****
TEMPO	5	222719.6	44543.91	124.44	.0000
DOSE*TEMPO	20	24549.20	1227.460	3.43	
.0001 (**)					
RESIDUO (b)	75	26845.68	357.9424		
NUMERO DE DADOS =	120				
MEDIA GERAL =	39.405				
COEF. DE VARIACAO =	48.013				



## CRESCIMENTO

### DIAC

FONTES DE VARIACAO	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F	SIG.
TOTAL	239	11367.60			
TOTAL DE REDUCAO	74	11177.32	151.0449	130.98	.0000
BLOCO	3	123.3636	41.12120	35.66	
.0000(**)					
DOSE	4	395.2838	98.82095	85.69	.0000
BLOCO*DOSE	12	68.15533	5.679611	4.93	.0000
TEMPO	11	10448.53	949.8661	823.68	.0000
DOSE*TEMPO	44	141.9906	3.227059	2.80	
.0000(**)					
RESIDUO	165	190.2770	1.153194		
NUMERO DE DADOS =		240			
MEDIA GERAL =		12.342			
COEF. DE VARIACAO =		8.7009			

### ALTP

FONTES DE VARIACAO	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F	SIG.
TOTAL	239	22930.33			
TOTAL DE REDUCAO	74	22700.00	306.7568	219.75	.0000
BLOCO	3	208.7890	69.59632	49.86	
.0000(**)					
DOSE	4	465.4877	116.3719	83.36	.0000
BLOCO*DOSE	12	120.4815	10.04012	7.19	.0000
TEMPO	11	21628.39	1966.218	1408.53	
.0000(**)					
DOSE*TEMPO	44	276.8497	6.292039	4.51	.0000
RESIDUO	165	230.3300	1.395939		
NUMERO DE DADOS =		240			
MEDIA GERAL =		15.617			
COEF. DE VARIACAO =		7.5655			

### NFOL

FONTES DE VARIACAO	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F	SIG.
TOTAL	239	18843.47			
TOTAL DE REDUCAO	74	18689.24	252.5573	270.19	.0000
BLOCO	3	47.39661	15.79887	16.90	
.0000(**)					
DOSE	4	178.4932	44.62331	47.74	.0000
BLOCO*DOSE	12	50.16719	4.180599	4.47	.0000
TEMPO	11	18283.27	1662.115	1778.19	.0000
DOSE*TEMPO	44	129.9130	2.952568	3.16	
.0000(**)					
RESIDUO	165	154.2296	.9347246		
MEDIA GERAL =		14.186			
COEF. DE VARIACAO =		6.8150			

## ADOS

FONTES DE VARIACAO	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F	SIG.
TOTAL	239	6.793945			
TOTAL DE REDUCAO	74	6.491536	.8772346E-01	47.86	.0000
BLOCO	3	.1328435	.4428117E-01	24.16	
.0000(**)					
DOSE	4	.4714995	.1178749	64.31	.0000
BLOCO*DOSE	12	.1481277	.1234397E-01	6.74	.0000
TEMPO	11	5.527718	.5025198	274.18	.0000
DOSE*TEMPO	44	.2113483	.4803370E-02	2.62	
.0000(**)					
RESIDUO	165	.3024089	.1832781E-02		

NUMERO DE DADOS = 240  
 MEDIA GERAL = .21037  
 COEF. DE VARIACAO = 20.350

## MÉDIAS DOS TEORES DE NUTRIENTES DO BRÓCOLIS EM CADA TRATAMENTO

TRAT	N	P	K	Ca	Mg	S
5	4.41	0.59	3.50	2.38	0.30	0.70
10	4.85	0.59	3.95	2.07	0.27	0.71
15	3.93	0.53	4.03	2.06	0.31	0.72
20	4.40	0.61	3.97	2.63	0.31	0.74
25	5.14	0.54	3.83	2.44	0.34	0.70

N

FONTES DE VARIACAO	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F	SIG.
TOTAL	19	1.117449			
TOTAL DE REDUCAO	7	.4165759	.5951085E-01	1.02	
.4654					
BLOC	3	.2798689	.9328964E-01	1.60	
.2417					
TRAT	4	.1367070	.3417676E-01	.59	
*****					
RESIDUO	12	.7008734	.5840611E-01		

NUMERO DE DADOS = 20  
 MEDIA GERAL = 4.55  
 COEF. DE VARIACAO = 20.367

P

FONTES DE VARIACAO SIG.	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F
TOTAL	19	.1957833E-01		
TOTAL DE REDUCAO .1712	7	.1010243E-01	.1443204E-02	1.83
BLOC .2893	3	.3328497E-02	.1109499E-02	1.41
TRAT .1377	4	.6773934E-02	.1693484E-02	2.14
RESIDUO	12	.9475904E-02	.7896586E-03	
NUMERO DE DADOS =	20			
MEDIA GERAL =	.57447			
COEF. DE VARIACAO =	4.8916			

K

FONTES DE VARIACAO SIG.	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F
TOTAL	19	2.190248		
TOTAL DE REDUCAO .1434	7	1.172477	.1674968	1.97
BLOC .0362	3	1.001441	.3338138	3.94
TRAT *****	4	.1710361	.4275903E-01	.50
RESIDUO	12	1.017771	.8481426E-01	
NUMERO DE DADOS =	20			
MEDIA GERAL =	3.8073			
COEF. DE VARIACAO =	7.6493			

Ca

FONTES DE VARIACAO SIG.	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F
TOTAL	19	1.725010		
TOTAL DE REDUCAO .0354	7	1.129408	.1613439	3.25
BLOC .0272	3	.6474259	.2158086	4.35
TRAT .1050	4	.4819818	.1204954	2.43
RESIDUO	12	.5956025	.4963354E-01	
NUMERO DE DADOS =	20			
MEDIA GERAL =	2.3340			
COEF. DE VARIACAO =	9.5452			

Mg

FONTES DE VARIACAO SIG.	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F
TOTAL	19	.2973156E-01		
TOTAL DE REDUCAO .2385	7	.1415375E-01	.2021965E-02	1.56
BLOC .1575	3	.8069064E-02	.2689688E-02	2.07
TRAT .3713	4	.6084690E-02	.1521172E-02	1.17
RESIDUO	12	.1557781E-01	.1298151E-02	
NUMERO DE DADOS =	20			
MEDIA GERAL =	.31163			
COEF. DE VARIACAO =	11.562			

S

FONTES DE VARIACAO SIG.	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F
TOTAL	19	.9546265E-01		
TOTAL DE REDUCAO .0121	7	.6875035E-01	.9821479E-02	4.41
BLOC .0016	3	.6412265E-01	.2137422E-01	9.60
TRAT *****	4	.4627693E-02	.1156923E-02	.52
RESIDUO	12	.2671230E-01	.2226025E-02	
NUMERO DE DADOS =	20			
MEDIA GERAL =	.71757			
COEF. DE VARIACAO =	6.5750			

## CAPÍTULO 2

### ANOVA DOS TRATAMENTOS 1 2 3 4

TRAT	Médias
0	603,43
15	550,49
30	491,66
45	456,82

PROD

FONTES DE VARIACAO	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F	SIG.
TOTAL	15	92830.25			
TOTAL DE REDUCAO	6	68669.11	11444.85	4.26	.0260
TRAT	3	50213.08	16737.69	6.23	.0141
BLOCO	3	18456.03	6152.009	2.29	.1469
RESIDUO	9	24161.14	2684.572		
NUMERO DE DADOS =	16				
MEDIA GERAL =	525.62				
COEF. DE VARIACAO =	9.8575				

# ANOVA DA PRODUÇÃO TODOS OS TRATAMENTOS

PROD

FONTES DE VARIACAO	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F	SIG.
TOTAL	35	422353.0			
TOTAL DE REDUCAO	11	310126.6	28193.32	6.03	.0001
TRAT	8	308449.3	38556.17	8.25	.0000
BLOCO	3	1677.211	559.0703	.12	*****
RESIDUO	24	112226.4	4676.102		

NUMERO DE DADOS = 36  
 MEDIA GERAL = 483.59  
 COEF. DE VARIACAO = 14.141

## TESTE DE MÉDIAS

C O M P A R A C O E S P E L O T E S T E D E T U K E Y

VARIAVEL = PROD

TRAT	DADOS	MEDIAS	COMPARACOES
6	4	601.8750	A
8	4	525.5000	A B
7	4	408.2500	B C
5	4	402.1875	B C
9	4	312.0000	C

TESTE-MD      TESTE= 3 NIVEL= 5% GLR= 24

VARIAVEL      QUADADRO    MEDIO DO RESIDUO

PROD                      4676.10200000

## ANOVA DO CRESCIMENTO

### DIAC

FONTES DE VARIACAO SIG.	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F
TOTAL	179	12103.87		
TOTAL DE REDUCAO .0000	71	12029.64	169.4316	246.54
TRAT .0336	8	12.04288	1.505360	2.19
BLOC .0000	3	25.89818	8.632726	12.56
BLOC*TRAT *****	24	14.11823	.5882595	.86
TEMP .0000	4	11962.35	2990.588	4351.61
TRAT*TEMP *****	32	15.23056	.4759549	.69
RESIDUO	108	74.22160	.6872370	
NUMERO DE DADOS =		180		
MEDIA GERAL =		12.551		
COEF. DE VARIACAO =		6.6052		

### ALTP

FONTES DE VARIACAO SIG.	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F
TOTAL	179	11794.01		
TOTAL DE REDUCAO .0000	71	11623.89	163.7168	103.94
TRAT .3878	8	13.51526	1.689407	1.07
BLOC .0000	3	76.01920	25.33974	16.09
BLOC*TRAT *****	24	23.63008	.9845865	.63
TEMP .0000	4	11462.26	2865.565	1819.20
TRAT*TEMP *****	32	48.46745	1.514608	.96
RESIDUO	108	170.1195	1.575180	
NUMERO DE DADOS =		180		
MEDIA GERAL =		12.173		
COEF. DE VARIACAO =		10.310		

## NFOL

FONTES DE VARIACAO SIG.	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F
TOTAL	179	15030.15		
TOTAL DE REDUCAO .0000	71	14809.36	208.5826	102.03
TRAT *****	8	7.748611	.9685764	.47
BLOC .0000	3	93.12040	31.04013	15.18
BLOC*TRAT *****	24	30.74444	1.281018	.63
TEMP .0000	4	14659.12	3664.779	1792.66
TRAT*TEMP *****	32	18.63507	.5823459	.28
RESIDUO	108	220.7868	2.044322	
NUMERO DE DADOS =		180		
MEDIA GERAL =		11.959		
COEF. DE VARIACAO =		11.956		

## ADOS

FONTES DE VARIACAO SIG.	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F
TOTAL	179	7.672585		
TOTAL DE REDUCAO .0000	71	7.494884	.1055617	64.16
TRAT .0001	8	.5899294E-01	.7374117E-02	4.48
BLOC .0000	3	.5129317E-01	.1709772E-01	10.39
BLOC*TRAT *****	24	.2644459E-01	.1101858E-02	.67
TEMP .0000	4	7.230650	1.807663	1098.62
TRAT*TEMP .0004	32	.1275025	.3984455E-02	2.42
RESIDUO	108	.1777018	.1645387E-02	
NUMERO DE DADOS =		180		
MEDIA GERAL =		.22980		
COEF. DE VARIACAO =		17.652		

# ANOVA DO TEOR DE NITROGÊNIO DO BRÓCOLIS

N

FONTES DE VARIACAO SIG.	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F
TOTAL	35	6.963803		
TOTAL DE REDUCAO .0011	11	4.678082	.4252802	4.47
BLOC .0001	3	3.376145	1.125382	11.82
TRAT .1477	8	1.301937	.1627421	1.71
RESIDUO	24	2.285721	.9523838E-01	
NUMERO DE DADOS =		36		
MEDIA GERAL =		3.7565		
COEF. DE VARIACAO =		12.291		

## C O M P A R A C O E S P E L O T E S T E D E T U K E Y

VARIAVEL = N

TRAT	DADOS	MEDIAS	COMPARACOES
8	4	4.2613	A
5	4	4.0811	A
4	4	3.9112	A
1	4	3.8705	A
3	4	3.7023	A
6	4	3.6014	A
7	4	3.5802	A
2	4	3.5511	A
9	4	3.2501	A

---