

THIAGO DE OLIVEIRA VARGAS

**CONTRIBUIÇÃO DA RAIZ E DA PARTE AÉREA DE DUAS
LEGUMINOSAS DE ADUBAÇÃO VERDE NA PRODUÇÃO DO
REPOLHO**

Dissertação 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
2009

THIAGO DE OLIVEIRA VARGAS

**CONTRIBUIÇÃO DA RAIZ E DA PARTE AÉREA DE DUAS
LEGUMINOSAS DE ADUBAÇÃO VERDE NA PRODUÇÃO DO
REPOLHO**

Dissertação 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: 18 de fevereiro de 2009.

Prof. Paulo Roberto Cecon
(Co-orientador)

Dr. Segundo Urquiaga
(Co-orientador)

Dr. Marco Antonio de Almeida Leal

Dr. Gilberto Bernardo de Freitas

Prof. Ricardo Henrique Silva Santos
Orientador

A DEUS, por me conceder força, saúde e sabedoria para buscar meus ideais, permitindo-me crescer profissionalmente e espiritualmente; aos meus amados pais, **Sandra e Ricardo**, pela vida, esforço e dedicação, e principalmente pelo amor, carinho e ensinamentos constantes; às minhas queridas irmãs, **Renata, Sabrinne e Larissa**, e a todos os **amigos e familiares**, companheiros de jornada, pelo apoio, incentivo e amizade, e à minha amada noiva **Bianca**, com amor, admiração e gratidão pela sua compreensão, carinho e incentivos,

DEDICO

Ao meu querido **Vovô Aloísio** (*in memoriam*), grande amigo, companheiro, trabalhador incansável que com seus conhecimentos “empíricos” muito me ensinou, aos meus amados Vovô Zé, Vovó Tetê e Vovó Elza (*in memoriam*), por todo o amor,

OFEREÇO

"O valor das coisas não está no tempo em que elas duram, e sim na intensidade com que acontecem. Por isso, existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis",

Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

A todos os meus ex-professores e amigos, especialmente àqueles medidores da minha formação em Ciências Agrárias, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ; Embrapa Agrobiologia; PESAGRO-RIO; Universidade Federal de Viçosa – UFV, minha homenagem e eterna gratidão.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta pesquisa, meus sinceros agradecimentos.

A FAPEMIG pela concessão da bolsa de mestrado.

BIOGRAFIA

THIAGO DE OLIVEIRA VARGAS, filho de Sandra Cristina de Oliveira Vargas e Ricardo Cesar Coutinho Vargas, nasceu no dia 03 de março de 1982, no município de Niterói, Rio de Janeiro.

Em maio de 2002, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, vindo a concluí-lo em fevereiro de 2007.

Em março de 2007, iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia do Departamento de Fitotecnia, setor de Agroecologia da Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em fevereiro de 2009.

CONTEÚDO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
1. Introdução geral.....	01
2. Revisão de literatura.....	02
2.1 Adubação verde em Brássicas.....	02
2.2 Liberação de nutrientes dos adubos verdes.....	04
2.3 Aporte de nitrogênio pelo sistema radicular.....	06
2.4 Técnicas para quantificar o valor fertilizante nitrogenado de adubos verdes.....	07
2.4.1 Transferência do N-FBN do adubo verde para a cultura principal	07
2.4.2 Transferência do N-Leguminosa para a cultura principal.....	09
2.5 Repolho.....	10
2.6 <i>Crotalaria juncea</i>	10
2.7 <i>Canavalia ensiformis</i>	11
2.8 Referências Bibliográficas.....	11
3. Capítulo I: Crescimento e produção do repolho cultivado com raiz ou parte aérea de leguminosas em vasos.....	17
3.1 Introdução.....	18
3.2 Material e Métodos.....	19
3.3 Resultados e Discussão.....	22
3.4 Conclusões.....	33
3.5 Referências Bibliográficas.....	33
4. Capítulo II: Crescimento e produção do repolho cultivado com raiz ou parte aérea de leguminosas em campo.....	36
4.1 Introdução.....	37
4.2 Material e Métodos.....	38
4.3 Resultados e Discussão.....	41
4.4 Conclusões.....	51
4.5 Referências Bibliográficas.....	51
5. Capítulo III: Efeito residual de raiz ou parte-aérea de leguminosas sobre o crescimento e produção do repolho.....	55
5.1 Introdução.....	56
5.2 Material e Métodos.....	57
5.3 Resultados e Discussão.....	59
5.4 Conclusões.....	66
5.5 Referências Bibliográficas.....	66
6. Discussão Geral.....	69
7. Conclusões Gerais.....	71
Anexos.....	72

RESUMO

VARGAS, Thiago de Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2009. **Contribuição da raiz e da parte aérea de duas leguminosas de adubação verde na produção do repolho.** Orientador: Ricardo Henrique Silva Santos. Co-orientadores: Segundo Sacramento Urquiaga Caballero e Paulo Roberto Cecon.

Em estudos de avaliação da adubação verde não se considera o efeito das raízes. O conhecimento dos efeitos das diferentes partes das leguminosas sobre a produção das culturas pode contribuir para o melhor entendimento do uso da adubação verde. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo geral estudar o efeito da raiz e da parte aérea dos adubos verdes *Crotalaria juncea* (crotalária) e *Canavalia ensiformis* (feijão de porco) sobre a nutrição nitrogenada, crescimento e produção do repolho. Os objetivos específicos foram avaliar o efeito da raiz, parte aérea ou planta inteira dos adubos verdes *C. juncea* e *C. ensiformis* sobre o crescimento e a produção do repolho; e avaliar o efeito residual da raiz, parte aérea ou planta inteira de leguminosas sobre o crescimento e a produção do repolho. Foram instalados 3 experimentos, sendo um em vasos e dois em campo, em esquema fatorial $(2 \times 3) + 2$, sendo 2 espécies de leguminosas, 3 partes das plantas (raiz, parte aérea ou planta inteira) e 2 tratamentos adicionais (adubação mineral com 100% e 50% da dose recomendada de N para a cultura do repolho). O segundo plantio do repolho foi realizado logo após a colheita, na mesma área do primeiro experimento de campo, nas mesmas parcelas já delimitadas, sem qualquer adubação. No experimento em vasos, a aplicação da planta inteira de ambas as espécies de leguminosas diminuiu a produção de cabeça do repolho e com a aplicação de raiz ou parte aérea de quaisquer das espécies de leguminosas a adubação com N-mineral pode ser reduzida em 50% sem perda de produtividade. No primeiro cultivo do repolho em campo, a aplicação da planta inteira de crotalária aumentou a produção de cabeça do repolho, comparativamente às plantas cultivadas com 100% de adubação de N-mineral. O cultivo sobre o sistema radicular de feijão de porco diminuiu a produção, comparativamente às plantas cultivadas com 50% A.M.N. Com a

aplicação da parte aérea ou planta inteira de quaisquer das leguminosas a adubação com N-mineral pode ser reduzida em 50% sem perda de produção. O cultivo em áreas em que foram deixadas a parte aérea ou a planta inteira de crotalária ou feijão de porco resultaram em maiores produções e conseqüentemente, maiores efeitos residuais do que a adubação com N-mineral. O cultivo sucessivo sobre as raízes destas leguminosas não resultou em efeito residual diferente do proveniente da adubação mineral com 50 ou 100 % da recomendação da adubação N.

ABSTRACT

VARGAS, Thiago de Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February; 2009. **Contribution of root and shoot of two legumes of green manure in the production of cabbage.** Adviser: Ricardo Henrique Silva Santos. Co-advisers: Segundo Sacramento Urquiaga Caballero and Paulo Roberto Cecon.

In the evaluation studies of green manure the effect of the roots are not considered. So the knowledge of the effects of parties on the production of legume crops may help to better understand the use of green manure. In this context, this work aimed to study the general effect of root and shoot of green manure *Crotalaria juncea* (sunhemp) and *Canavalia ensiformis* (jack beans) on the nitrogen nutrition, growth and yield of cabbage. The specific objectives were to evaluate the effect of root, shoot or whole plant of green manure *C. juncea* and *C. ensiformis* on growth and production of cabbage, and evaluate the residual effect of the root, shoot or whole plant of legumes on the growth and production of cabbage. Three experiments were installed, in pots and two in the field, in a factorial way $(2 \times 3) + 2$, being 2 species of legumes (*Crotalaria juncea* and *Canavalia ensiformis*), 3 parts of the plant (root, shoot or whole plant) and 2 additional treatments (mineral fertilizer with 100% and 50% of the recommended dose of N for the cultivation of cabbage). The second planting of cabbage was done in the same area as of the first experiment in the field, already defined in the same plots without any fertilization. In the experiment in pots, the application of the entire plant of both species of legumes reduced the production of heads of cabbage. Fertilization with N can be reduced by 50% without loss of productivity with the implementation of the roots or shoots of any species of legume. In the first cultivation of cabbage in the field, the application of whole plant of sunhemp increased the production of cabbage, compared to plants grown on 100% N-mineral fertilization (N.M.F.). Growth of the roots of jack beans production decreased compared to plants grown with 50% N.M.F. The implementation of the shoot or whole plant of any of the legumes with N-mineral fertilizer can be reduced by 50% without loss of production. Areas that were left in the shoot or whole plant of sunhemp or jack beans resulted in higher yields and

therefore higher residual effects than with N-mineral fertilizer. The successive cultivation of the roots of legumes resulted in no residual effect from the different mineral fertilizer with 50 or 100% of the recommendation of N fertilizer.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos anos, a crescente preocupação com a poluição do meio ambiente, especialmente dos recursos hídricos e da atmosfera, como também do alto custo financeiro e energético, a dependência da indústria e a baixa eficiência de fertilizantes nitrogenados sintéticos devido sua utilização inadequada, tem estimulado a busca de alternativas de manejos e insumos que possibilitem a substituição integral ou parcial desses produtos. A incorporação de nitrogênio através de leguminosas, seja pelo manejo de resíduos de culturas em rotação ou pelo cultivo consorciado, resulta em uma opção tanto do ponto de vista econômico quanto da qualidade ambiental, especialmente para pequenos e médios agricultores, geralmente alocados em solos com severas limitações de fertilidade e que precisam ser melhorados através da incorporação de matéria orgânica.

Dessa maneira, nas últimas décadas a pesquisa tem buscado por estratégias que permitam sistemas agrícolas mais sustentáveis, como a prática da adubação verde utilizando espécies “fixadoras de nitrogênio atmosférico”. Como consequência, vários estudos vêm sendo realizados no sentido de avaliar os efeitos da adubação verde, com ênfase na determinação do potencial de fornecimento de N.

Na maioria dos estudos de avaliação do desempenho de culturas como efeito de adubação verde não se considera a fração radicular dos adubos verdes. Isto se deve, possivelmente, pela dificuldade de recuperação completa das raízes distribuídas no perfil do solo, principalmente em condições de campo. No entanto atualmente o estudo deste órgão vem assumindo maior importância, seja como fonte de matéria orgânica para o solo, ou pela contribuição na disponibilidade de nutrientes.

A importância das raízes de adubos verdes na nutrição das culturas subsequentes provém do fato de que, dependendo da espécie, elas podem contribuir até com cerca de um terço da biomassa total das leguminosas (TIANG & KANG, 1998). Em alguns casos, os resultados observados no rendimento de culturas que seguem a uma leguminosa sugerem que as raízes desta última possuem um importante papel na nutrição vegetal

(ZOTARELLI *et al.*, 1999), contribuindo para o balanço positivo de N do sistema solo-planta.

Considera-se, portanto, que o conhecimento dos efeitos das raízes de leguminosas sobre a disponibilidade de N, o crescimento e a produção das culturas pode contribuir para o maior entendimento científico dos processos envolvidos na adubação verde.

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo geral estudar o efeito da raiz e da parte aérea dos adubos verdes *Crotalaria juncea* e *Canavalia ensiformis* sobre a nutrição nitrogenada, crescimento e produção do repolho.

Os objetivos específicos foram:

- Avaliar o efeito da raiz, parte aérea ou planta inteira dos adubos verdes *C. juncea* e *C. ensiformis* sobre o crescimento e a produção do repolho;
- Avaliar o efeito residual da raiz, parte aérea ou planta inteira de leguminosas sobre o crescimento e a produção do repolho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Adubação verde em Brássicas

A utilização do adubo verde como complemento à adubação orgânica, já no primeiro ano de cultivo orgânico, resultou na obtenção de cabeças de repolho com peso e padrões comerciais, demonstrando alto potencial do uso da adubação verde na produção orgânica dessa hortaliça (FONTANÉTTI *et al.*, 2006).

A sincronia entre a liberação dos nutrientes pelos adubos verdes e a época de maior demanda de nutrientes pelas culturas é um dos fatores importantes para se obter elevada produtividade. O efeito da época da incorporação da mucuna-cinza (*Mucuna cinereum*) sobre a produtividade do brócolis foi estudado por DINIZ *et al.* (2007). Os autores relatam que a aplicação de 8,64 Mg ha⁻¹ de matéria seca de adubo verde conjuntamente a 12 Mg ha⁻¹ de matéria seca de composto orgânico, aumentou o teor do nitrogênio mineral no solo tão rapidamente quanto o fertilizante mineral ou a aplicação de 25 Mg ha⁻¹ de matéria seca de composto orgânico. Os

resultados indicam ainda a maior sincronia entre a taxa de crescimento relativo da cultura e a liberação de N quando o adubo verde foi aplicado em até 15 dias depois do transplante. A aplicação de 8,64 Mg ha⁻¹ de adubo verde no início do crescimento da cultura substituiu 50% da dose de composto (25 Mg ha⁻¹), sem perda de produtividade.

Em rotação de culturas envolvendo pré-cultivo solteiro ou consorciado dos adubos verdes crotalária (*C. juncea*) e milheto (*Pennisetum americanum*) seguido pelo cultivo de milho e brócolis em plantio direto sobre os resíduos do milho, não houve efeito residual dos adubos verdes sobre o diâmetro, peso da matéria seca das inflorescências e produção de matéria seca do brócolis, tanto na ausência quanto na presença de 150 kg ha⁻¹ de N (PERIN *et al.*, 2004 a). Contudo, a crotalária solteira em pré-cultivo elevou o teor e o acúmulo de N nas folhas e inflorescência de brócolis, na ausência ou presença do fornecimento de 150 kg ha⁻¹ de N. No consórcio crotalária + milheto, a presença da leguminosa elevou o teor e o acúmulo de N na inflorescência, comparativamente ao milheto solteiro (PERIN *et al.*, 2004 a). Tais resultados sugerem que os efeitos dos adubos verdes foram suprimidos pela exploração imediata pelo milho e pela incorporação do nitrogênio na fração estável da matéria orgânica do solo.

Em sistema de sucessão caupi-brócolis estudado por SCHROEDER *et al.* (1998), o caupi acumulou 4,19 kg ha⁻¹ de matéria seca e 103 kg ha⁻¹ de nitrogênio, sendo incorporado no estágio reprodutivo. O transplante do brócolis ocorreu duas semanas após a incorporação do adubo verde. Os resultados indicaram menor produtividade e menor teor de nitrato no pecíolo do brócolis em sequência ao caupi. Esse resultado se repetiu por três anos consecutivos e os autores concluíram que o fornecimento de nitrogênio apenas através dos resíduos de caupi não foram suficientes para suprir a demanda nutricional do brócolis. Entretanto a produção comercial obtida com 168 kg ha⁻¹ de nitrogênio mineral foi similar à produção com 84 kg ha⁻¹ de nitrogênio mineral adicionado aos 103 kg ha⁻¹ de nitrogênio do resíduo de caupi.

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

absorção de nitrogênio pelo cultivo subsequente de tomate ou repolho iniciou-se, respectivamente, de uma a três semanas após o transplante. A falta de sincronismo entre a liberação de nitrogênio pelo adubo verde e a sua demanda pela cultura principal fez com que a aplicação de N-fertilizante resultasse em maior produtividade (THÖNNISSEN *et al.*, 2000).

A produção de matéria seca do repolho transplantado duas semanas antes da incorporação de oito espécies de adubos verdes ao solo apresentou alta correlação positiva com o teor de nutrientes na massa dos adubos verdes: fósforo (0,728), potássio (0,989), cálcio (0,967) e magnésio (0,876). Esse resultado promoveu o aumento de 5,26% a 23,95% em produção e essa variação dependeu da espécie do adubo verde. Além do acúmulo de nitrogênio outros fatores como acúmulo e fornecimento de outros nutrientes e diferenças na capacidade de mineralização podem afetar a produção do cultivo sucessivo. As espécies de adubos verdes com alta capacidade de fixação biológica de nitrogênio como *C. juncea* e *G. max* proporcionaram respectivamente 0,6 e 0,8 mg de nitrato e fósforo por kg de solo mesmo após a colheita do repolho (MAPPAONA & KITOU, 1994).

2.2. Liberação de nutrientes dos adubos verdes

A decomposição do material vegetal adicionado ao solo é um processo biológico e depende de fatores como composição química dos resíduos vegetais, temperatura, umidade, pH e teor de nutrientes do solo (IBEWIRO *et al.*, 2000). Dentre esses fatores, merece destaque a composição química dos resíduos. A relação entre os teores de carbono e nitrogênio (relação C/N), além dos teores de lignina e polifenóis, influenciam a mineralização e a disponibilidade de nitrogênio para as culturas consorciadas ou em rotação (DEMÉTRIO *et al.*, 1998; ESPINDOLA *et al.*, 1997). Plantas da mesma espécie podem apresentar concentrações de nutrientes diferentes, o que influencia diretamente as taxas de decomposição. Diferentes partes das plantas também possuem taxas de decomposição diferentes. Partes mais tenras podem ter sua taxa de decomposição mais acelerada em relação às partes que possuem menos folhas (COBO *et al.* 2002).

As leguminosas anuais ou herbáceas caracterizam-se também pela estreita relação C/N e baixos teores de polifenóis e lignina, o que resulta em rápida mineralização do N. A maior parte do N é liberada na fase inicial da decomposição, quando a demanda pela cultura subsequente pode ser baixa. Em muitos casos, esse N poderá acumular-se no solo, onde grande parte incorpora-se à fração orgânica, mas também pode aumentar o potencial de perdas, principalmente, por volatilização de amônia como lixiviação de nitrato (RANNELS & WAGGER, 1996; AITA *et al.*, 2001).

A liberação do nitrogênio do trevo (*Trifolium repens*) com C/N 12,4 em solo incubado, ocorre em duas fases: primeiro a mineralização da fração lábil e depois a fração mais recalcitrante, independente da temperatura (COOKSON *et al.* 2002).

Experimentos conduzidos na Zona da Mata de Minas Gerais resultaram que, em 24 dias após a incorporação da parte aérea de mucuna cinza, 50% do nitrogênio inicialmente presente já haviam sido liberados (DINIZ *et al.*, 2007). Como o tempo de meia vida da massa seca foi de 35 dias, a taxa de mineralização do nitrogênio foi maior do que a da massa seca. Também foi relatado que a rápida elevação dos teores de nitrogênio mineral no solo está associada à época de aplicação do adubo verde, processo fundamental para a obtenção de alta produtividade de brócolis cultivado em sequencia (DINIZ, *et al.* 2007).

Avaliando a decomposição dos adubos verdes crotalária (*C. juncea*) e milho (*P. americanum*), solteiros ou consorciados, PERIN *et al.*, (2006) verificaram que não houve diferença entre as taxas de decomposição desses resíduos, embora a taxa de liberação de nitrogênio dos resíduos consorciados tenha sido mais lenta do que a crotalária solteira e mais rápida do que o milho solteiro. Metade do N foi liberado em 15 e 22 dias, nos resíduos de crotalária solteira e crotalária+milho respectivamente. Esta diferença foi provavelmente causada pela imobilização temporária devido à maior C/N do resíduo de crotalária+milho.

A comparação da dinâmica de decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais provenientes de plantas de cobertura de solo, solteiras e consorciadas foi relatado por AITA & GIACOMINI, (2003). O consórcio entre aveia preta e ervilhaca resultou em redução da velocidade de

liberação de nitrogênio na fase inicial de decomposição. Assim, o consórcio resultou em menor sincronia entre a liberação de nitrogênio dos resíduos culturais e a demanda por nitrogênio pelas culturas subsequentes.

Em três espécies de leguminosas herbáceas perenes (*Arachis pintoi*, *Pueraria phaseoloides* e *Macroptilium atropurpureum*) e vegetação espontânea, os autores encontraram uma rápida liberação de nutrientes nas leguminosas segundo a ordem decrescente K, Mg, P, N e Ca. A liberação de nitrogênio foi correlacionada com os teores de C e hemicelulose (ESPÍNDOLA *et al.*, 2006).

Além de experimentos com litter-bag para determinação das taxas de decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos vegetais, a determinação dos teores de NO_3^- e NH_4^+ disponíveis no solo ao longo do ciclo da cultura são parâmetros utilizados em vários estudos para monitorar a disponibilidade de nitrogênio, com o objetivo de avaliar seu efeito sobre as olerícolas (SCHROEDER *et al.*, 1998; THÖNNISSEN *et al.*, 2000).

2.3. Aporte de nitrogênio pelo sistema radicular

Quantificar nitrogênio do sistema radicular de leguminosas é fundamental para a compreensão dos seus efeitos tanto sobre o N-mineral e a fertilidade do solo quanto sobre o suprimento de N para as culturas em consórcios ou subsequentes às leguminosas, com base em sistemas de rotações (KHAN *et al.*, 2002).

O N fixado pelas leguminosas é incorporado no solo não só pela adição de folhas e caules caídos, mas também como raízes, nódulos e exsudados radiculares. Apesar do N das raízes ser substancial, devido à dificuldade de quantificação essa fração é ignorada ou estimada nos balanços de N (KHAN *et al.*, 2002). Isto tem importantes implicações para a compreensão das potenciais contribuições das leguminosas no aporte de N aos sistemas agrícolas e pode afetar a gestão desses sistemas.

Os métodos diretos de quantificação, como escavação para coleta de raízes e determinação do teor de N têm sido amplamente utilizados por pesquisadores, mas sua eficiência é contestada (RUSSELL & FILLERY, 1996ab; MCNEILL *et al.*, 1997; KHAN *et al.*, 2002), por considerar apenas o N presente nas raízes visíveis, ignorando o N do solo derivado das raízes,

tanto em forma de raízes remanescentes (fragmentos radiculares não recuperados), como proveniente de exsudados e raízes mineralizadas durante o desenvolvimento da planta (ARAÚJO *et al.*, 2004).

Em leguminosas cerca de dois terços do N-total é translocado para os grãos e será colhido (HAYNES *et al.*, 1993; SCHMIDTKE, 1996). Assim, um montante relativamente pequeno de N dos resíduos vegetais (caules, folhas, raízes e exsudados radiculares) contribuirá para o fornecimento de N para uma cultura posterior. Isto se a incorporação da leguminosa ocorrer após a formação e colheita das sementes. Estudos demonstraram que o N derivado da mineralização de raízes contribuiu para o aumento e a constituição do N-residual no solo entre 35 e 44%, onde o N derivado das raízes constituía de 79-85% de todo o N subterrâneo quando as plantas atingiam a maturidade (MAYER *et al.*, 2003). Já em outros estudos, os autores constataram que o N subterrâneo apenas 47% fazia parte do N derivado das raízes (JENSEN, 1996; SAWATSKY e SOPER, 1991).

Experimentos conduzidos em vasos mostraram que plantas de arroz recuperaram 42% do nitrogênio proveniente da incorporação de plantas do adubo verde mucuna preta (SILVA, 1991). Estudando a recuperação de ^{15}N na cultura do milho proveniente dos adubos verdes crotalária juncea e mucuna preta, o autor relata uma recuperação de 30% do N proveniente da parte aérea de crotalária em um Argissolo e menos de 20% do N adicionado pelas raízes de mucuna em um Latossolo (AMBROSANO 1995).

2.4. Técnicas para quantificar o valor fertilizante nitrogenado de adubos verdes

2.4.1. Transferência do N-FBN do adubo verde para a cultura principal

A determinação da abundância natural do isótopo ^{15}N também pode ser utilizada para determinar a transferência de N-FBN para a cultura em associação ou rotação com as leguminosas. O procedimento toma por base o fato de que o N do solo é normalmente pouco enriquecido com ^{15}N , como resultado do fracionamento isotópico entre ^{14}N e ^{15}N que ocorre nos processos físicos, químicos e biológicos que envolvem o nitrogênio da matéria orgânica e do solo (SHEARER & KOHL, 1986). Dessa maneira, uma

planta não-fixadora do N₂, crescendo nessas condições, terá sua composição em ¹⁵N semelhante a do N disponível do solo. Por outro lado, uma planta fixadora do N₂ apresentará teores menores de ¹⁵N, devido ao efeito de diluição uma vez que o ¹⁵N da atmosfera é próximo de zero. Assim, usando-se uma planta não-fixadora como marcadora do ¹⁵N do nitrogênio do solo, a taxa de fixação pode ser determinada pela proporção com que este ¹⁵N foi diluído (SHEARER & KOHL, 1986). Devido também à esta marcação natural que ocorre nos solos é possível usar esta característica para estimar a contribuição relativa de duas fontes de nitrogênio para a cultura: do solo e o da leguminosa (BODDEY *et al.*, 1994).

De maneira geral a eficiência de utilização do N-FBN pela cultura subsequente é baixa (SCIVITTARO *et al.*, 2000; HARRIS & HESTERMAN, 1990). Com as técnicas de marcação isotópica é possível monitorar o nitrogênio da leguminosa em diferentes compartimentos do sistema, como por exemplo, o N-mineral, o N acumulado na cultura subsequente e estimar-se as perdas, procedendo-se ao balanço das entradas e saídas do nutriente no sistema solo-planta.

Em estudo de datas de incorporação de adubo verde mucuna-cinza para produção de brócolis em sistema orgânico, o adubo verde adicionou 177 kg ha⁻¹ de N, dos quais 74% eram provenientes da fixação biológica (DINIZ *et al.*, 2007). Entretanto não houve diferença significativa na transferência do N-FBN para as plantas de brócolis que receberam adubação verde em diferentes datas. Em média 23,6 % do N no brócolis foi proveniente da FBN da mucuna incorporada (DINIZ *et al.*, 2007).

Avaliando o efeito de cultivos isolados e consorciados dos adubos verdes de verão crotalária (*C. juncea*) e milho (*P. americanum*) sobre a transferência de nitrogênio e produção de brócolis em sucessão ao milho PERIN *et al.*, (2004 a), verificaram que a quantidade de nitrogênio derivado da FBN transferido ao brócolis pelos resíduos de crotalária foi baixa. Após o cultivo isolado da crotalária, 9,15% do N da inflorescência e 5,66% do N presente nas folhas eram provenientes da fixação biológica, enquanto que após o consórcio com milho estes valores foram de 8,48% e 5,34%, respectivamente. Além disso, entre 0,41 e 0,48 kg N ha⁻¹ exportados pela inflorescência foram derivados da FBN realizada pela crotalária. Ressalta-se

ainda que os resultados desconsideram o N contido no sistema radicular do brócolis, subestimando portanto o total transferido a esta cultura.

A avaliação da transferência do N-FBN da crotalária (*C. juncea*) em pré-cultivo de milho, sem complementação de adubação mineral é relatada por SILVA *et al.*, (2006). Neste trabalho foi adicionado 9,19 Mg ha⁻¹ da leguminosa, dose equivalente a 179 kg ha⁻¹ de nitrogênio total, sendo 64 kg ha⁻¹ derivado da FBN e 12,45 % do N presente no milho era derivado da FBN na crotalária.

A transferência do nitrogênio da *C. juncea* em pré-cultivo à berinjela, na presença de esterco, é relatada por CASTRO *et al.*, (2004). Foram adicionados 6,5 Mg ha⁻¹ de crotalária, resultando em 126 kg ha⁻¹ de N-total, conjuntamente com 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio de esterco. Neste estudo foi determinado que 22,9% do nitrogênio da berinjela eram derivados da FBN na crotalária.

Avaliando a dinâmica do nitrogênio dos adubos verdes crotalária (*C. juncea*) e mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) marcadas com ¹⁵N, AMBROSANO (1995) determinou que de 60 a 80% do nitrogênio da leguminosa permaneceu no solo e que de 20 a 30% deste foi absorvido pelas plantas de milho e 5 a 15% deixou o sistema solo-planta em forma de perdas. Quando o milho foi cultivado sob resíduos de *Sesbania aculeata* marcada com 0,617% de átomos em excesso de ¹⁵N somente 5% do N-FBN foi absorvido pelas plantas (AZAM *et al.*, 1985). No balanço realizado pelos autores, as perdas encontradas foram em média de 5%.

2.4.2. Transferência do N-Leguminosa para a cultura principal

Devido às dificuldades em recuperar fisicamente as raízes e estimar o N subterrâneo das plantas, estudos para quantificação do N tem se concentrado no desenvolvimento de métodos utilizando ¹⁵N. A utilização do isótopo ¹⁵N fornece informações sobre a dinâmica do nitrogênio no sistema solo-planta. O fato de se usar a técnica de marcação de isótopos torna possível fazer a distinção, tanto no solo quanto na cultura, das fontes do nutriente, quer seja do solo ou do adubo verde, e as suas respectivas contribuições (AMBROSANO *et al.*, 2003ab).

Em experimentos de pré-cultivos do adubo verde *C. juncea* visando o complemento da adubação para a produção orgânica de couve-flor, PEREIRA (2007) verificou uma contribuição da adubação verde de aproximadamente 39% para a nutrição nitrogenada da couve-flor, o que equivale a 128,9 kg ha⁻¹ de N proveniente da crotalária. Este valor representa aproximadamente 92,8 kg ha⁻¹ de N-FBN, considerando que, do N-total acumulado pela crotalária, 72% do N foi proveniente da FBN.

2.5. Repolho

O repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) apresenta folhas arredondadas e cerosas, havendo superposição das folhas centrais, formando uma “cabeça” compacta (FILGUEIRA, 2000). A cultura tem ciclo curto e alta exigência nutricional, requerendo altas doses de nitrogênio, tais como 150 kg ha⁻¹, (FONTES, 1999), 80 a 120 kg ha⁻¹ (FILGUEIRA, 2000) e 200 kg ha⁻¹ (LUZ *et al.*, 2002). No sistema orgânico de produção, SOUZA & RESENDE, (2006) recomendam para a cultura 30 Mg ha⁻¹ de composto orgânico em base úmida ou 30 Mg ha⁻¹ esterco de curral ou 10 Mg ha⁻¹ de esterco de galinha, aplicados parceladamente.

O cultivo ocorre preferencialmente nas épocas e ou regiões mais frias e a colheita inicia-se com cerca de 80-100 dias após o transplante. Não existem grandes limitações fitossanitárias quando comparada aos cultivos de outras olerícolas também exigentes em nutrientes como tomate, pimentão e batata. Trata-se, portanto de uma cultura de ciclo curto, com alta exigência em nitrogênio e sem grandes problemas sanitários, sendo considerada uma cultura excelente para estudos básicos da adubação verde em olerícolas.

2.6. *Crotalaria juncea*

As plantas de crotalária (*C. juncea*) são subarborescentes, de crescimento ereto e determinado, com caules ramificados na parte superior e raiz pivotante. Recomendada para adubação verde, é uma das espécies leguminosas de mais rápido crescimento inicial, atingindo, em estação normal de crescimento, 3,0 a 3,5 m de altura. É considerada má hospedeira de nematóides formadores de galhas e cistos, é relativamente tolerante a seca e não tolerante a encharcamento. A produção de massa seca está em

torno de 7 Mg ha⁻¹, sendo uma das espécies de adubo verde com maior taxa de FBN, podendo fixar de 150 a 165 kg ha⁻¹ de nitrogênio. No cerrado quando semeada de novembro a janeiro, a crotalária acumulou de 249 a 259 kg ha⁻¹ de nitrogênio respectivamente (BURLE *et al.*, 2006).

A elevada produção de massa de *C. juncea* (9,34 Mg ha⁻¹) após 68 dias de cultivo adensado, indica que essa leguminosa encontra-se adaptada às condições ambientais experimentais e pode ser considerada como espécie potencial para o cultivo na Zona da Mata Mineira (PERIN *et al.*, 2004 b). Nesse estudo a crotalária acumulou 305 kg ha⁻¹ de nitrogênio, cerca de 4,5 kg ha⁻¹ dia⁻¹, dos quais 57% foram provenientes da fixação biológica.

2.7. *Canavalia ensiformis*

As plantas de feijão de porco (*C. ensiformis*) possuem hábito de crescimento determinado, ereta, hastes com 0,6 a 1,6 m de altura. É uma espécie muito rústica, de crescimento inicial lento, resistente a altas temperaturas e à seca, tolerando o sombreamento parcial. Adapta-se praticamente a todos os tipos de solos, inclusive aqueles pobres em fósforo. Em áreas do cerrado, o feijão de porco apresentou produções de massa que oscilam entre 5,7 e 19,8 Mg ha⁻¹ de matéria seca. Quando cultivado no período chuvoso em áreas do cerrado, acumulou 231 kg ha⁻¹ de N. Desse total 181 kg ha⁻¹ (79%) foram resultantes da fixação biológica (BURLE *et al.*, 2006).

2.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C. & GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.601-612, 2003.
- AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N. DA ROS, C.O. Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.157-1165, 2001.

- AMBROSANO, E.J.; TRIVELIN, P.C.O.; CANTARELLA, H. Marcação do adubo verde *Crotalaria juncea* com ^{15}N . **Scientia Agricola**, v.60, n.1, p.181-184, 2003a.
- AMBROSANO, E.J.; TRIVELIN, P.C.O.; CANTARELLAS, H.; AMBROSANO, M.B.; MURAOKA, T. Nitrogen mineralization in soils amended with Sunnhemp, velvet bean and common bean residues. **Scientia Agricola**, v.60, n.1, p.133-137, 2003b.
- AMBROSANO, E.J. **Dinâmica do nitrogênio dos adubos verdes, crotalária juncea (*Sunnhemp*) e mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), em dois solos cultivados com milho**. 1995. 83p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ARAÚJO, E.S.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R. **Utilização do Isótopo ^{15}N para Determinação do Nitrogênio Subterrâneo em Soja**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. 16p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 186).
- AZAM, F.; MALIK, K.A. & SAJJAD M.I. Transformations in soil and availability to plants of ^{15}N applied as inorganic fertilizer and legume residues. **Plant and Soil**, v.86, p.3-13, 1985.
- BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R. URQUIAGA, S. Quantificação da fixação biológica de nitrogênio associada a plantas utilizando o isótopo ^{15}N . In: **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. HUNGRIA, M. E, ARAÚJO, R. S. (eds) EMBRAPA-CNPAF, p.471-494, 1994.
- BURLE, M.L.; CARVALHO, A.M. de C.; AMABILE, R.F.; PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A. M. de C.; AMABILE, R. F. **Cerrado: adubação verde**, 2ª ed. 369p, 2006.
- CASTRO M. C. de D.; ALVES, B. J. R.; ALMEIDA, D. J. de; RIBEIRO, R. de L. D. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 39, p. 779-785, 2004.
- CHALK, P. Estimation of N_2 fixation by ^{15}N isotope dilution- The A-value approach. **Soil Biology & Biochemistry**, v.28, p.1123-1130, 1996.

- COBO, J.G.; BARRIOS, E.; KASS, D.C.L.; THOMAS, R.J. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 240, p. 331 – 342, 2002.
- 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.
- 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**, Brasília, v.33, n.4, p.481-486, 1998.
- DINIZ, E.R.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.S.; PETERNELLI, L.A.; BARRELLA, T. P.; FREITAS, G. B. de; Green manure incorporation timing for organically grown broccoli. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.42, n.2, p.199-206, 2007.
- ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; TEIXEIRA, M.G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.321-328, 2006.
- ESPINDOLA, J.A.A.; ALMEIDA, D.L.; GUERRA, J.G.M.; SILVA, E.M.R.; SOUZA, F.A. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 3, p. 339-347, 1997.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. 1ª edição, 402p.
- FONTANÉTTI A.; CARVALHO, G. J. de; GOMES, L. A. A.; ALMEIDA, K. de; MORAES, R. G. De M.; TEIXEIRA, C. M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura brasileira**, v. 24, n. 2, p. 146-150, 2006.
- 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. 183p.

- GLASENER, K.M.; WAGGER, M.G.; MacKOWN, C.T.; VOLK, R.J. Nitrogen 15-labelling effectiveness of two tropical legumes. *Plant and Soil*, v.200, p.149-156, 1998.
- HAYNES, R.J.; MARTIN, R.J.; GOH, K.M. Nitrogen fixation, accumulation of soil nitrogen and nitrogen balance for some field-grown legume crops. **Field Crops Research**, v.35, p. 85–92, 1993.
- HARRIS, G.H.; HESTERMAN, O.B. Quantifying the nitrogen contribution from alfafa to soil and two succeeding crops using nitrogen-15. **Agronomy Journal**, v.82, n.1, p.129-134, 1990.
- IBEWIRO, B.; SANGINGA, N.; VANLAUWE, B.; MERCKX, R. Nitrogen contributions from decomposing cover crop residues to maize in a tropical derived savanna. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 57, p.131-140, 2000.
- JANZEN, H.H.; BRUINSMA, Y. Methodology for the quantification of root and rhizosphere nitrogen dynamics by exposure of shoots to 15Nlabelled ammonia. **Soil Biology & Biochemistry**, v.21, p.189–196, 1989.
- JENSEN, E.S. Rhizodeposition of N by pea and barley and its effect on soil N dynamics. **Soil Biology & Biochemistry**, v.28, p.65–71, 1996.
- KHAN, D.F.; PEOPLES, M.B.; HERRIDGE, D.F. Quantifying below-ground nitrogen of legumes. 1. Optimising procedures for 15N shoot-labelling. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 245, p. 327-334, 2002.
- LUZ, F.J. de F; SABOYA, R.C.C.; PEREIRA, P.R.V.S. O cultivo do repolho em Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2002. 17p. (Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 7).
- 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.
- MAYER, J.; BUEGGER, F.; JENSEN, E.S.; SCHLOTTER, M.; HEB, J. Estimating N rhizodeposition of grain legumes using a 15N in situ stem labelling method. **Soil Biology & Biochemistry**, v.35, p.21–28, 2003.
- McNEILL, A. M.; ZHU, C.; FILLERY, I.R.P. Use of in situ 15Nlabelling to estimate the total below-ground nitrogen of pasture legumes in intact soil-plant systems. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 48 p. 295-304, 1997.

- PALTA, J.A.; FILLERY, I.R.P.; MATHEWS, E.L.; TURNER, N.C. Leaf feeding of ¹⁵N urea for labelling wheat with nitrogen. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.18, p.627–636, 1991.
- PEREIRA, A. J. **Caracterização agrônômica de espécies de *Crotalaria* L. em diferentes condições edafoclimáticas e contribuição da adubação verde com *C. juncea* no cultivo orgânico de brássicas em sistema plantio direto.** 2007. 72p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.S.; CECON, P.R.; GUERRA, J.G.M.; FREITAS, G.B. de. Use of sunnhemp and millet as green manure for tropical maize production. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.63, n. 5, p. 453-459, 2006.
- PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M.; CECON, P.R. Efeito residual da adubação verde no rendimento de brócolo (*Brassica oleraceae* L. var. *italica*) cultivado em sucessão ao milho (*Zea mays* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.6, p.1739-1745, 2004 a.
- PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M.; CECON, P.R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p. 35 – 40, 2004 b.
- RANELLS, N.N.; WAGGER, M.G. Nitrogen release by grass and legume cover crop monocultures and bicultures. **Agronomy Journal**, v.88, p.777-782, 1996.
- RUSSELL, C.A.; FILLERY, I.R.P. In situ ¹⁵N labelling of Lupin below-ground biomass. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 47, p. 1035-1046, 1996a.
- RUSSELL, C.A.; FILLERY, I.R.P. Estimates of below-ground biomass nitrogen, dry matter, and nitrogen turnover to wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 47, p.1047-1059, 1996b.
- SAWATSKY, N.; SOPER, R.J. A quantitative measurement of the nitrogen loss from the root system of field peas (*Pisum arvense* L.) grown in the soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v.23, p.255–259, 1991.

- SCHMIDTKE, K. Methodik zur Ermittlung der N-Flächenbilanz beim Anbau von Leguminosen. **Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften**, v.9, p.43–44, 1996.
- 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 verde e mineral pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. v. 24, n. 4, p. 917-926, 2000.
- SHEARER, G.; KOHL, D.H. N₂ fixation in fields settings: estimations based on natural ¹⁵N abundance. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.13, p. 699-756, 1986.
- SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOZO, M.E.C.; TRIVELIN, P.C.O. Aproveitamento do nitrogênio (¹⁵N) da crotalaria e do milheto pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.739-746, 2006.
- SILVA, R. **Potencial da mucuna preta como adubo verde para o arroz-de-sequeiro em latossolo amarelo da Amazônia**.1991.136p.Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SOUZA, J.L.; RESENDE, P.L. **Manual de horticultura orgânica**. 2^a ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 843p. 2006.
- TIANG, G.; KANG, B.T. Effects of soil fertility and fertilizer application on biomass and chemical compositions of leguminous cover crops. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.51, p.231-238, 1998.
- 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, 2000.
- ZOTARELLI, L.; TORRES, E; HUNGRIA, M.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R. Efeito dos resíduos de colheita da cultura de soja sobre a produtividade de trigo e sobre o balanço de N do sistema conduzido sob plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1., 1999, Londrina. **Anais**, Londrina. EMBRAPA, Soja, 1999. 345p.

3. CAPÍTULO I

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO REPOLHO CULTIVADO COM RAIZ OU PARTE AÉREA DE LEGUMINOSAS EM VASOS

RESUMO: Em estudos de avaliação da adubação verde não se considera o efeito das raízes. Portanto o conhecimento dos efeitos das partes das leguminosas sobre a produção das culturas pode contribuir para melhor entender o uso da adubação verde. O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito da raiz e da parte aérea de duas espécies de leguminosas sobre a produção do repolho. O experimento foi instalado em esquema fatorial (2 x 3) + 2, sendo 2 espécies de leguminosas (*Crotalaria juncea* e *Canavalia ensiformis*), 3 partes das plantas (raiz, parte aérea ou planta inteira) e 2 tratamentos adicionais (adubação mineral com 100% e 50% da dose recomendada de N para a cultura do repolho), em blocos casualizados com 5 repetições, conduzido em 40 vasos de 10 L de solo/areia na proporção de 2:1. A parcela experimental constou do vaso com uma planta de repolho. As leguminosas foram cultivadas nos vasos e cortadas aos 78 dias. Após a quantificação da massa da sua parte aérea, as mesmas foram picadas e depois redistribuídas conforme os tratamentos. A massa das raízes foi determinada em vasos extras. As mudas de repolho foram transplantadas para os vasos aos 78 dias após o corte das leguminosas que receberam os tratamentos descritos e foram cultivadas por 100 dias. A produção foi avaliada pela massa da matéria fresca e seca da cabeça de repolho. A aplicação da planta inteira de ambas as espécies de leguminosas diminui a produção de cabeça do repolho cultivado em vasos. Com a aplicação de raiz ou parte aérea de quaisquer das espécies de leguminosas a adubação com N-mineral pode ser reduzida em 50% sem perda de produtividade.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var. *capitata*, *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformis*

3.1 INTRODUÇÃO

As hortaliças têm grande demanda por fertilizantes nitrogenados, com exigências em período de tempo quase sempre muito curto. Paralelamente, pelo fato de geralmente ser colhida a planta inteira, permanecendo poucos restos da cultura no terreno, elas também são consideradas altamente esgotantes para o solo (NOWACKI, 2004). Contudo, o uso de fertilizantes minerais nitrogenados em altas doses traz preocupações econômicas e ambientais, além de aumentar a dependência dos agricultores em relação ao setor industrial (BRASIL, 2003).

O uso de adubos verdes, capazes de realizarem a fixação biológica do nitrogênio (FBN) eficientemente, pode representar contribuições consideráveis na viabilidade econômica e sustentabilidade dos sistemas de produção (BODDEY et al., 1997), por reduzir a aplicação de N sintético. Outra característica importante das leguminosas é o fato de contribuir para a nutrição de culturas subsequentes (ZOTARELLI, 2000).

Avaliando o papel da adubação verde no suprimento de N para, produção do brócolos orgânico, DINIZ *et al.*, (2007) constataram que a incorporação de 8,64 Mg ha⁻¹ de massa seca do adubo verde *M. cinereum* até os 15 dias após o transplântio substituiu metade da dose de composto orgânico ou adubação mineral, sem prejuízo da produtividade.

O cultivo de adubo verde como complemento à adubação orgânica permitiu a obtenção da produção de cabeças comerciais de repolho com a aplicação de 12,7 Mg ha⁻¹ (*C. juncea*), 8,5 Mg ha⁻¹ (*M. aterrima*) ou 7,5 Mg ha⁻¹ (*C. ensiformis*) (FONTANÉTTI *et al.*, 2006). Essas quantidades podem aumentar principalmente se for considerada tanto a massa quanto o nitrogênio presente nas raízes (KHAN *et al.*, 2002).

Experimentos conduzidos em vasos mostraram que plantas de arroz recuperaram 42% do nitrogênio proveniente da incorporação de plantas do adubo verde mucuna preta (SILVA, 1991). Estudando a recuperação de ¹⁵N na cultura do milho proveniente dos adubos verdes *C. juncea* e *Mucuna*, o autor relata uma recuperação de 30% do N proveniente da parte aérea de crotalária em um Argissolo e menos de 20% do N adicionado pelas raízes de mucuna em um Latossolo (AMBROSANO, 1995).

Na maioria dos estudos de avaliação do desempenho de culturas em sequência à adubação verde, geralmente não se tem considerado o efeito das raízes dos adubos verdes. Isto ocorre devido à dificuldade para coletar toda estrutura da raiz no perfil do solo e devido à dificuldade de quantificação e essas frações ou são ignoradas ou estimadas quando balanços de N são construídos, (KHAN *et al.*, 2002). Portanto, se espera que os estudos dos efeitos das diferentes partes das leguminosas sobre a produção das culturas possam contribuir para o maior entendimento científico da adubação verde. O objetivo do experimento foi avaliar o efeito da raiz, da parte aérea ou da planta inteira dos adubos verdes *Crotalaria juncea* e *Canavalia ensiformis* sobre o crescimento e a produção do repolho cultivado em vasos.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

A. Cultivo dos adubos verdes em vasos

A.1. Produção e caracterização química dos adubos verdes

O experimento foi desenvolvido na área experimental da Agroecologia, Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, no período de novembro de 2007 a fevereiro de 2008. Os adubos verdes foram produzidos em vasos de 10 L preenchidos com solo e areia na proporção de 2:1 com as seguintes características químicas após a realização de calagem com calcário dolomítico calcinado e fosfatagem com surpersimples: pH em água (1:2,5) 5,34; 56 mg dm⁻³ de P; 86 mg dm⁻³ de K; 2,45 cmol_c dm⁻³ de Ca; 0,63 cmol_c dm⁻³ de Mg; 0,0 cmol_c dm⁻³ de Al e 0,58 dag kg⁻¹ de matéria orgânica. Foram aplicados 244 mg de P por kg de solo, o cálcio e o magnésio foram fornecidos através da aplicação de 7,5 g de calcário dolomítico por vaso. Todo o fósforo (superfosfato simples) e o calcário dolomítico foram aplicados no preparo da mistura de solo e areia, antes da semeadura das leguminosas. Após inoculação com bactérias do gênero *Rhizobium* apropriada, em 10 vasos foram plantados crotalária, e em outros 10 vasos foram plantados feijão de porco, semeando 9 sementes de crotalária e 6 sementes de feijão de porco por vaso. Uma semana depois da emergência das leguminosas, deixaram-se 3 plantas de crotalária e 2 plantas de feijão de porco em cada vaso. Foram definidos 6

tratamentos (1) CRPA, (2) CRRRA, (3) CRPI, (4) FPPA, (5) FPRA, (6) FPPI. Os tratamentos (1), (2) e (3) foram compostos pelas espécies de leguminosas *C. juncea* (CR) e 3 partes das plantas: parte aérea (PA), raiz (RA) ou planta inteira (PI) e os tratamentos (4), (5) e (6) pela espécie *C. ensiformis* (FP) e 3 partes das plantas: parte aérea (PA), raiz (RA), ou planta inteira (PI). A remoção da parte aérea (PA) determinou o tratamento raiz (RA) das leguminosas. A parte aérea (PA) removida foi aplicada em cobertura em outro vaso, o que determinou o tratamento PA da leguminosa. A massa da planta inteira (PI) foi obtida pela soma das massas de raiz e parte aérea das plantas de leguminosa. Com os vasos dispostos em arranjo fatorial 2 x 3, o delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com cinco repetições. As plantas de adubos verdes foram cortadas ao nível do solo aos 78 dias após o plantio. A massa referente a parte aérea foi pesada para a determinação da matéria fresca. Em vasos extras, após a coleta dos dados das amostras, foram retiradas sub-amostras que foram lavadas com água deionizada, secadas em papel-toalha e acondicionadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C, até atingirem massa constante, sendo então pesadas para a quantificação da matéria seca. O material foi então armazenado e moído para posterior determinação do teor de macronutrientes em laboratório. Para a determinação da produção das raízes foram utilizados vasos extras. Nestes vasos, após o corte das leguminosas foram retiradas sub-amostras para a determinação da massa seca. As raízes foram cuidadosamente removidas com auxílio de água e peneira de 2 mm. Isso permitiu estabelecer a relação RA : PA e estimar a massa de raízes dos demais. Os nutrientes foram extraídos por digestão nitricoperclórica ou sulfúrica e determinado o teor de P e K por colorimetria em espectrofotômetro e fotometria de chama, respectivamente. Os teores de Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o teor de nitrogênio total pelo método de destilação Kjeldahl. Os teores de carbono foram determinados de acordo com EMBRAPA (1997). Os dados de produção e caracterização dos adubos verdes foram submetidos à análise de variância aplicando-se o teste F ($p \leq 0,05$).

B. Crescimento e produção do repolho em vasos

Após o corte das leguminosas procedeu-se o plantio de mudas de repolho nesses mesmos vasos em casa de vegetação, seguindo a determinação de cada tratamento. Os detalhes são descritos a seguir. O experimento adotou esquema fatorial $(2 \times 3) + 2$, sendo 2 espécies de leguminosas empregadas como adubação verde (*Crotalaria juncea* e *Canavalia ensiformis*), 3 partes das plantas (raiz, parte aérea e planta inteira) e 2 tratamentos adicionais (adubação mineral de 100% da dose recomendada de N e adubação mineral de 50% da dose recomendada de N). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 5 repetições, totalizando 40 parcelas. Os tratamentos foram: AM100 (Adubação Mineral (A.M.) 100% da dose recomendada de N para a cultura do repolho), AM50 (Adubação Mineral 50% da dose recomendada de N), CRRRA AM50 (Crotalária (raiz) + 50% A.M. N), CRPA AM50 (Crotalária (parte aérea) + 50% A.M. N), CRPI AM50 (Crotalária (planta inteira) + 50% A.M. N), FPRA AM50 (Feijão de porco (raiz) + 50% A.M. N), FPPA AM50 (Feijão de porco (parte aérea) + 50% A.M. N) e FPPI AM50 (Feijão de porco (planta inteira) + 50% A.M. N). A parcela experimental foi constituída por um vaso, com uma planta de repolho híbrido Matsukaze. Após a quantificação da massa da parte aérea das leguminosas, as mesmas foram picadas utilizando-se uma guilhotina de papel, reduzindo o efeito da ausência da macrofauna do solo nos vasos e depois redistribuídas conforme os tratamentos. Os vasos receberam adubações de macro e micronutrientes segundo as recomendações descritas em NOVAIS *et al.* (1991) com doses de 100 ou 50 mg de N kg solo⁻¹, referente a 100% e 50% da dose recomendada de N, respectivamente. Foram aplicados 244 mg de P por kg de solo, 70 mg de K por kg de solo, o cálcio e o magnésio foram fornecidos através da aplicação de 7,5 g de calcário dolomítico por vaso e 1,0 g do combinado de micronutrientes (FTE BR-12). Todo o fósforo e o calcário dolomítico foram aplicados no preparo da mistura de solo e areia, antes da semeadura das leguminosas. As plantas de repolho foram cultivadas nos vasos por 100 dias. Foram realizadas determinações semanais da variável não destrutiva área do dossel, calculada a partir da multiplicação dos valores obtidos pela medição transversal e longitudinal superior do dossel (cm²), em relação à linha de plantio (DINIZ, 2004). A produção foi avaliada pela massa da matéria fresca e matéria seca

da cabeça, matéria fresca total e matéria seca total das plantas de repolho, que foram determinadas através da soma da massa da cabeça, folhas e caule. A massa referente a parte aérea das plantas de repolho foram pesadas para a determinação da matéria fresca. Após a coleta dos dados das amostras, foram retiradas sub-amostras que foram lavadas com água deionizada, secadas em papel-toalha e acondicionadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C, até atingirem massa constante, sendo então pesadas para a quantificação da matéria seca. O diâmetro da cabeça foi determinado através do corte horizontal da cabeça de repolho utilizando-se uma régua. As médias dos tratamentos foram comparadas com a testemunha utilizando-se o teste de Dunnett a 5% de probabilidade, adotando-se como testemunha os tratamentos AM100 ou AM50 e, comparadas entre as partes e leguminosas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados de área do dossel foram submetidos à análise de variância da regressão ao nível de 5% de probabilidade. A escolha dos modelos deu-se com base no coeficiente de determinação, na análise de resíduos e no fenômeno em estudo.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A. Produção dos adubos verdes em vasos

A análise de variância indicou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as leguminosas quanto à massa de raiz, parte aérea e planta inteira.

De forma geral, a crotalária apresentou produção mais elevada de matéria fresca e seca nas 3 partes analisadas (Tabela 1), superior em 52% em relação a produção de massa da matéria seca da planta inteira de feijão de porco. As plantas inteiras de crotalária e feijão de porco apresentaram teores de N de 1,56 e 2,50%, respectivamente. Os valores de C/N foram mais elevados nas plantas de crotalária. O teor da massa da matéria seca (MS) da parte aérea dos adubos verdes *C. juncea* (23,45%) e *C. ensiformis* (24,58%) foi similar aos obtidos por OLIVEIRA *et al.*, (2002) e FONTANÉTTI *et al.*, (2006). Os altos valores do teor de MS (62,45%) e relação C/N (42,70%) e os baixos valores do teor de N (0,96%) nas raízes de crotalária

poderiam ser devido às raízes coletadas apresentarem certo grau de contaminação por frações minerais presentes no solo fixados nas raízes finas. Por outro lado, a diferença entre os valores encontrados para estas características pode ser atribuída à diferença entre as espécies estudadas.

Convém salientar que condições locais podem favorecer não só determinadas espécies em relação a outras como também promover variações de produção dentro da mesma espécie. Alguns trabalhos têm demonstrado haver uma interação entre o genótipo e o ambiente afetando a produção de massa seca dos adubos verdes e podendo levar a diferentes resultados (BÖHRINGER *et al.*, 1994; MULLER *et al.*, 1992).

Tabela 1 - Valores médios de produção da massa da matéria fresca e seca (MF e MS), teor de MS, N e relação C:N da raiz (RA), parte aérea (PA) e planta inteira (PI) de Crotalária (CR) e Feijão de porco (FP) aos 78 dias após o plantio em cultivo em vasos. UFV, Viçosa-MG, 2008.

Tratamentos	MF	MS	MS	N	C:N
	(g vaso ⁻¹)			(%)	
CARRA	69,86	43,63	62,45	0,96	42,70
CRPA	202,10	47,39	23,45	2,11	19,43
CRPI	271,96	91,02	33,47	1,56	26,28
FPRA	25,81	9,71	37,62	2,48	16,53
FPPA	155,08	38,12	24,58	2,51	16,33
FPPI	180,89	47,83	26,44	2,50	16,40

Em trabalho realizado na Amazônia, FERNANDES *et al.*, (2007) obtiveram uma produção da massa da matéria seca total de feijão de porco, cultivado em vasos de 3,3 dm³ de solo, de 19,30 g vaso⁻¹. O valor encontrado pelos autores é relativamente mais elevado quando comparado com o presente trabalho, considerando o volume de solo explorado pelas plantas.

As espécies apresentaram comportamento diferente em relação à absorção dos macronutrientes (Tabela 2). O feijão de porco acumulou menos massa, mas o acúmulo de K foi similar à crotalária, principalmente na parte aérea (0,33 e 0,27 g vaso⁻¹, respectivamente). Tais diferenças na absorção de nutrientes entre as espécies, numa mesma condição de fertilidade do solo, têm sido atribuídas a um controle genético (BÖHRINGER *et al.*, 1994; MULLER *et al.*, 1992).

Os acúmulos de Mg e S (0,20 e 0,19 g vaso⁻¹) foram mais elevados nas plantas de crotalária. As quantidades de P e Ca foram similares na parte

aérea de ambas as espécies, com acúmulo mais elevado desses nutrientes na planta inteira de crotalária (0,14 e 0,57 g vaso⁻¹). Embora o teor de N (%) mais elevado foi obtido pelas plantas de feijão de porco (Tabela 1), o acúmulo de N mais elevado (1,42), em g vaso⁻¹, foi encontrado nas plantas de crotalária devido a sua maior produção de massa (Tabela 2).

Tabela 2 - Acúmulo de nutrientes na raiz (RA), parte aérea (PA) e planta inteira (PI) de Crotalária (CR) e Feijão de porco (FP). UFV, Viçosa-MG, 2008.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g vaso ⁻¹					
CRRA	0,42	0,05	0,16	0,11	0,05	0,10
CRPA	1,00	0,09	0,27	0,46	0,15	0,09
CRPI	1,42	0,14	0,43	0,57	0,20	0,19
FPRA	0,24	0,02	0,08	0,05	0,02	0,02
FPPA	0,70	0,07	0,33	0,42	0,07	0,04
FPPI	0,94	0,09	0,41	0,47	0,09	0,06

A produção de massa da parte aérea de crotalária correspondeu a 52 % e a raiz 48 % da massa da planta inteira. A produção de massa de parte aérea de feijão de porco correspondeu a 80 % e a raiz 20 % da massa da planta inteira. A relação raiz:parte aérea de crotalária foi de 0,92 enquanto que de feijão de porco foi 0,25. Estudando a marcação de leguminosas com o isótopo estável de nitrogênio (¹⁵N) visando à produção de material vegetal isotopicamente marcado AMBROSANO *et al.*, (1997), obtiveram relação raiz:parte aérea de 0,24 para *M. aterrima* e de 0,14 para *C. juncea*, cultivadas em vasos de 10 kg de terra por 94 e 93 dias, respectivamente. Segundo os autores, a crotalária apresentou pequeno crescimento radicular como consequência da alta adubação nitrogenada, caracterizada também pela pequena nodulação radicular.

Além do N, as leguminosas reciclaram quantidades de outros nutrientes (Tabela 2). A crotalária retornou a maior quantidade da maioria dos nutrientes, o que deve em parte, à sua maior produtividade de matéria seca. No entanto, deve-se considerar, ainda, que as quantidades totais e demais nutrientes retornados ao solo pelos resíduos das leguminosas, estarão subestimados, em virtude de não se levar em consideração os nutrientes contidos no sistema radicular dessas plantas. De maneira geral, os resultados apontam que as espécies podem diferir bastante quanto à

produção de massa e do que contém na fração radicular e que isso pode ser responsável por grandes diferenças de seus efeitos nos cultivos subsequentes.

B. Crescimento e produção do repolho em vasos

- Comparações com AM100

O cultivo de repolho com 50% da adubação mineral nitrogenada (50% A.M.N.) acrescidos de raiz ou parte aérea de ambas as leguminosas resultou em produção de cabeça similares à obtida com o fornecimento de 100% A.M.N. ($p \leq 0,05$). O cultivo com 50% A.M.N. acrescido da planta inteira de ambas as leguminosas reduziu a produtividade, comparativamente as plantas cultivadas com 100% A.M.N. (Tabela 3). A absorção dos nutrientes provenientes do processo de mineralização dos adubos verdes pelas hortaliças são dependentes, em grande parte, da sincronia entre a decomposição e a mineralização dos resíduos vegetais e a época de maior exigência nutricional da cultura (DINIZ, 2004). O repolho possui maior taxa de absorção e acúmulo de nutrientes entre 60 e 70 dias após o transplante. Em trabalhos realizados com *Mucuna cinereum*, verificou-se que 24 dias após a incorporação dos resíduos de mucuna cinza, 50% do nitrogênio presente no adubo verde já haviam sido liberados (DINIZ, 2004). Possivelmente, não ocorreu sincronia entre a máxima liberação de nutrientes dos tratamentos com planta inteira dos adubos verdes *Crotalaria juncea* e *Canavalia ensiformis* com a época de maior exigência nutricional do repolho. No entanto, existem outras preocupações acerca de experimentações em vasos. Provavelmente, com a aplicação da planta inteira nos vasos houve um aumento significativo da umidade do solo conforme a deposição da massa dos adubos verdes e da irrigação nos vasos, ocasionando, possivelmente, a fermentação da massa das raízes de adubo verde e levando a queda de produção das plantas de repolho. Nesse sentido, SCHROEDER *et al.* (1998) constataram a mortalidade de mudas de brócolis com a aplicação da massa do adubo verde caupi.

Tabela 3 - Valores médios de produção da massa da matéria fresca e seca de cabeças de repolho (MFCAB e MSCAB), aos 100 dias após o transplântio. UFV, Viçosa-MG, 2008.

Tratamentos	MFCAB	MSCAB
	(g planta ⁻¹)	
AM100	219,58	24,78
CRRA AM50	175,96	19,32
CRPA AM50	234,98	25,66
CRPI AM50	99,60*	10,28*
FPRA AM50	171,52	18,98
FPPA AM50	190,04	21,92
FPPI AM50	124,98*	12,82*
CV(%)	26,50	32,26
DMS	71,47	9,52

Nas colunas as médias seguidas de * diferem da testemunha 100% de adubação de N ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

O rendimento variou de 99,60 a 234,98 g planta⁻¹, os quais correspondem às produtividades de aproximadamente 20 a 47 Mg ha⁻¹ considerando o volume de solo nos vasos. Talvez, a produção pode ter sido limitada pelo o volume de solo dos vasos explorados pelas plantas de repolho, restringindo o crescimento radicular e conseqüentemente resultando na baixa produção da parte aérea (cabeças), apesar das adubações realizadas. No estado de Minas Gerais a produtividade média do repolho gira em torno de 50 Mg ha⁻¹, conforme FONTES (1999).

A produção da massa da matéria fresca total assim como de cabeças das plantas de repolho nos tratamentos com planta inteira dos adubos verdes foram inferiores aos demais tratamentos (Tabela 4). A produção da massa da matéria fresca total das plantas de repolho também foi influenciada negativamente pelos tratamentos com a raiz de ambas as espécies de leguminosas. Nesse contexto, a baixa produção pode ter sido influenciada pela extração dos nutrientes da parte aérea removida das leguminosas. Na produção da massa da matéria seca total das plantas de repolho verificou-se apenas o efeito negativo com o tratamento com a planta inteira de crotalária, quando comparado com a testemunha de 100% da dose recomendada de N (Tabela 4). O valor médio de diâmetro horizontal da cabeça foi de 7,37 cm, não havendo diferença significativa comparativamente à testemunha pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4 - Valores médios de produção da massa da matéria fresca e seca total (MFTOTAL e MSTOTAL) das plantas de repolho, aos 100 dias após o transplântio. UFV, Viçosa-MG, 2008.

Tratamentos	MFTOTAL	MSTOTAL
	(g planta ⁻¹)	
AM100	527,22	76,00
CRRA AM50	438,68*	68,96
CRPA AM50	547,72	81,54
CRPI AM50	380,62*	58,82*
FPRA AM50	427,26*	65,96
FPPA AM50	471,88	71,52
FPPI AM50	402,76*	61,32
CV(%)	11,29	14,67
DMS	79,22	15,52

Nas colunas as médias seguidas de * diferem da testemunha 100% de adubação de N ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

- Comparações com AM50

Plantas de repolho cultivadas em vasos contendo o sistema radicular, parte aérea ou planta inteira de quaisquer das espécies de leguminosas resultaram em produtividades similares àquelas cultivadas com 50% da dose recomendada de N (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores médios de produção da massa da matéria fresca e seca de cabeças de repolho (MFCAB e MSCAB), aos 100 dias após o transplântio. UFV, Viçosa-MG, 2008.

Tratamentos	MFCAB	MSCAB
	(g planta ⁻¹)	
AM50	170,84	18,06
CRRA AM50	175,96	19,32
CRPA AM50	234,98	25,66
CRPI AM50	99,60	10,28
FPRA AM50	171,52	18,98
FPPA AM50	190,04	21,92
FPPI AM50	124,98	12,82
CV(%)	26,50	32,26
DMS	71,47	9,52

Nas colunas as médias seguidas de * diferem da testemunha 50% de adubação de N ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Quando comparado a produção da massa da matéria fresca e seca total das plantas de repolho com a testemunha de 50% da dose recomendada de N, verificou-se que apenas plantas cultivadas com a parte

aérea das plantas de crotalária apresentaram massa superior à testemunha (Tabela 6). Os demais tratamentos não diferiram da testemunha. Com a aplicação da parte aérea de crotalária, o N acumulado na massa do adubo verde era superior em 58% em relação ao N fornecido pelas suas raízes. O N contido na parte aérea de crotalária foi superior ao N contido na parte aérea e raiz de feijão de porco em 30% e 76%, respectivamente.

Além disso, nos tratamentos constituídos de raízes de ambas as leguminosas o solo sofreu uma retirada de nutrientes pela remoção da PA, reduzindo, portanto sua capacidade de nutrir o repolho cultivado em sequência.

Tabela 6 - Valores médios de produção da massa da matéria fresca e seca total (MFTOTAL e MSTOTAL) das plantas de repolho, aos 100 dias após o transplântio. UFV, Viçosa-MG, 2008.

Tratamentos	MFTOTAL	MSTOTAL
	(g planta ⁻¹)	
AM50	414,10	60,26
CRRA AM50	438,68	68,96
CRPA AM50	547,72*	81,54*
CRPI AM50	380,62	58,82
FPRA AM50	427,26	65,96
FPPA AM50	471,88	71,52
FPPI AM50	402,76	61,32
CV(%)	11,29	14,67
DMS	79,22	15,52

Nas colunas as médias seguidas de * diferem da testemunha 50% de adubação de N ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

No presente trabalho optou-se por não utilizar uma testemunha com zero de nitrogênio (N), ou testemunha absoluta, por acreditar que as plantas de repolho não apresentariam cabeças do tipo comerciais. Conforme estudos realizados em Viçosa por DINIZ (2004), constatou a baixa produção de inflorescência comercial de brócolos cabeça única quando cultivado com zero de nitrogênio.

- Comparações entre as partes

Não houve diferença significativa entre os efeitos das espécies de leguminosas sobre as variáveis analisadas ($p>0,05$), contudo houve efeito significativo das partes destas leguminosas ($p\leq 0,05$).

A aplicação da parte aérea de leguminosas proporcionou maiores produções de massa da matéria fresca e seca de cabeças de repolho quando comparados com a aplicação da planta inteira (Tabela 7). O cultivo sobre raízes não diferiu da aplicação da parte aérea, proporcionando maiores produtividades da massa fresca e seca de cabeças de repolho do que quando da presença da planta inteira.

Os resultados inferiores obtidos (Tabela 7) com a aplicação da planta inteira de leguminosas demonstraram um nítido efeito negativo quando a raiz e a parte aérea são fornecidas conjuntamente. Individualmente, as raízes de leguminosas demonstraram resultados similares com a aplicação da parte aérea de leguminosas, mesmo com a liberação de nutrientes, onde parte desses foram removidos com a retirada da parte aérea. Entretanto, o tratamento com a aplicação da planta inteira de leguminosas, possivelmente, foi prejudicado pela fermentação da massa verde aplicada nos vasos, o que certamente influenciou no aumento de umidade, e conseqüentemente na disponibilidade e aproveitamento de nutrientes para o repolho.

Tabela 7 - Médias da massa da matéria fresca e seca de cabeças de repolho (MFCAB e MSCAB), da massa da matéria fresca e seca total (MFTOTAL e MSTOTAL) das plantas de repolho e do diâmetro horizontal de cabeças de repolho (DIAM) em função das partes das leguminosas, raiz (RA), parte aérea (PA) e planta inteira (PI). UFV, Viçosa-MG, 2008.

Partes	MFCAB	MSCAB	MFTOTAL	MSTOTAL	DIAM
	(g planta ⁻¹)				cm
PA	212,51 a	23,79 a	509,80 a	76,53 a	7,85 a
RA	173,74 a	19,15 a	432,97 b	67,46 ab	7,31 ab
PI	112,29 b	11,55 b	391,69 b	60,07 b	6,80 b
CV(%)	26,50	32,26	11,29	14,67	10,90
DMS	50,89	6,77	56,41	11,05	0,89

Em cada coluna, médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p\leq 0,05$).

- Análise de crescimento

O crescimento do repolho foi influenciado pelo tempo em todos os tratamentos, com o aumento crescente da área do dossel até cerca de 40 dias após o transplante (Figura 1). É possível identificar três fases de crescimento do repolho, uma primeira fase de crescimento inicial lento, nas primeiras duas semanas, caracterizando uma época de pouco acúmulo de massa seca. Logo após, entre 20 e 40 dias, a quantidade de massa seca em taxas mais elevadas, caracterizando um período de maior acúmulo de massa. Neste período, as plantas possivelmente exigiram maiores quantidades de nutrientes em relação ao período anterior. A última fase é caracterizada por uma tendência a estabilização do crescimento do dossel, provavelmente provocado pela queda da taxa de acúmulo de massa das plantas de repolho.

A maior área do dossel foi obtida ao redor dos 40 dias após o transplante. O maior crescimento das plantas de repolho foi apresentado pelas plantas com o tratamento de 100% da dose recomendada de N comparado com os demais tratamentos. O efeito do tempo e dos tratamentos pode ser observado a partir da segunda semana após o transplante (Figura 1).

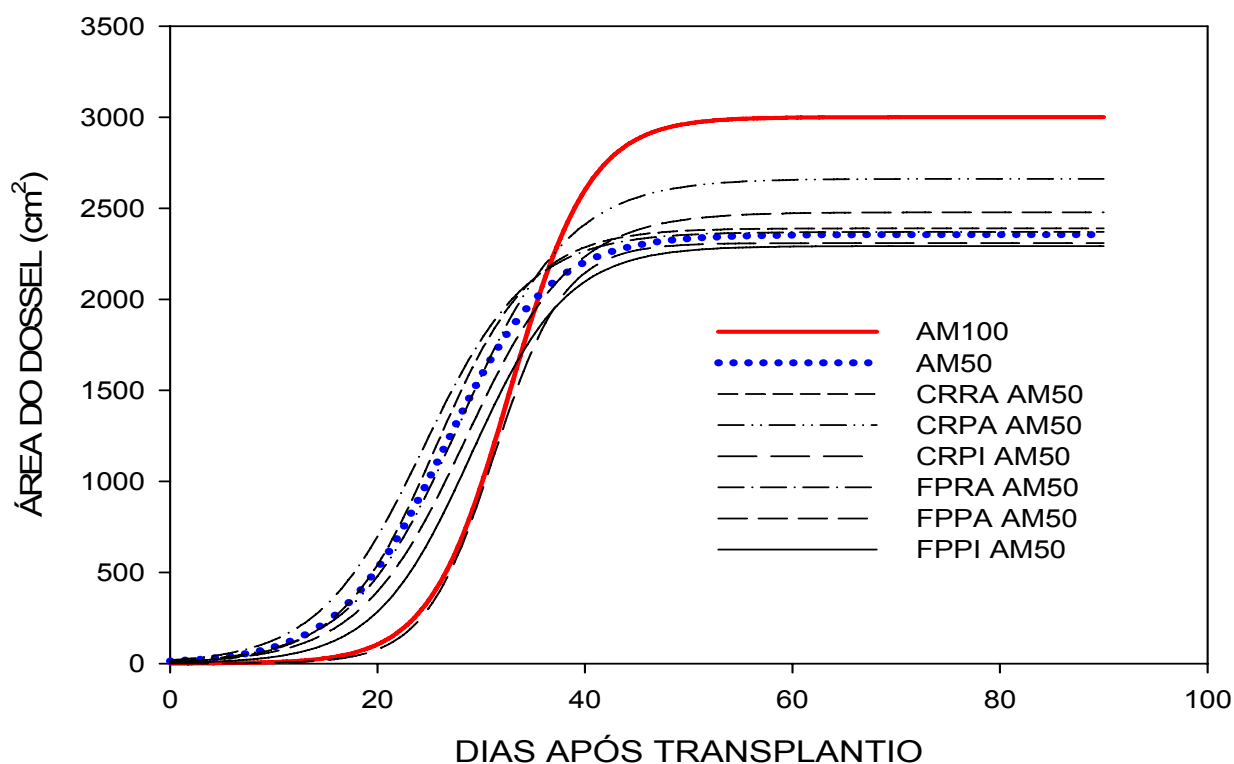


Figura 1: Curva de crescimento da área do dossel (cm²) em função dos dias após transplântio do repolho nos tratamentos: AM100 (Adubação Mineral (A.M.) 100% da dose recomendada de N para a cultura do repolho), AM50 (Adubação Mineral 50% da dose recomendada de N), CRRRA AM50 (Crotalária (raiz) + 50% A.M. N), CRPA AM50 (Crotalária (parte aérea) + 50% A.M. N), CRPI AM50 (Crotalária (planta inteira) + 50% A.M. N), FPRA AM50 (Feijão de porco (raiz) + 50% A.M. N), FPPA AM50 (Feijão de porco (parte aérea) + 50% A.M. N) e FPPI AM50 (Feijão de porco (planta inteira) + 50% A.M. N). UFV: Viçosa-MG, 2008.

Quadro 1 - Equações de regressão logística ajustadas da área do dossel em função dos dias após transplântio e coeficientes de determinação referentes à figura 3. UFV, Viçosa-MG, 2008.

TRATAMENTOS	EQUAÇÕES AJUSTADAS	R ²
AM100	$\hat{y} = 3000,37142 / (1+\exp(8,50151-0,25933D))$	0,99
AM50	$\hat{y} = 2355,87803 / (1+\exp(5,19247-0,19674D))$	0,98
CRRRA AM50	$\hat{y} = 2390,05501 / (1+\exp(5,54770-0,21598D))$	0,98
CRPA AM50	$\hat{y} = 2662,15212 / (1+\exp(5,30369-0,18923D))$	0,98
CRPI AM50	$\hat{y} = 2308,86758 / (1+\exp(9,27748-0,29622D))$	0,99
FPRA AM50	$\hat{y} = 2370,15403 / (1+\exp(4,82840-0,19755D))$	0,98
FPPA AM50	$\hat{y} = 2478,23947 / (1+\exp(5,54470-0,19411D))$	0,98
FPPI AM50	$\hat{y} = 2292,60228 / (1+\exp(6,28544-0,21657D))$	0,98

Não ocorreu diferença significativa no crescimento das plantas de repolho nos primeiros 20 dias após o transplântio. Aos 30 dias, ocorreu um aumento da área do dossel das plantas de repolho nos tratamentos com a raiz e parte aérea de crotalária e raiz de feijão de porco, quando comparado com a testemunha de 100% da dose recomendada de N (Tabela 8). A partir dos 40 dias após o transplântio, os tratamentos com a aplicação da massa da planta inteira das espécies de leguminosas diferiram da testemunha AM100, resultando em menor crescimento das plantas de repolho. Por outro lado, o tratamento com a aplicação da parte aérea de crotalária proporcionou um crescimento similar ao da testemunha AM100 a partir dos 40 dias após o transplântio.

Tabela 8 - Média da área do dossel em função dos dias após o transplante das plantas de repolho. UFV, Viçosa-MG, 2008.

Datas	AM100	CRRA	CRPA	CRPI	FPRA	FPPA	FPPI
	(cm ²)						
0	31,40	38,40	37,20	32,45	34,25	34,65	31,30
10	34,90	157,15	207,40	59,90	189,50	165,00	98,95
20	186,35	536,25	468,05	196,25	674,30*	448,00	338,50
30	958,35	1688,40*	1558,30*	900,30	1779,10*	1331,85	1213,25
40	2615,90	2352,10	2389,40	2192,75*	2269,60	2314,00	2161,45*
50	2979,90	2514,00*	2838,50	2409,90*	2455,90*	2583,60	2387,95*
60	3307,00	2579,55*	2915,00	2421,50*	2602,20*	2643,40*	2445,90*
70	3062,00	2337,30*	2681,00	2318,40*	2346,50*	2569,80*	2316,40*
80	2803,80	2230,20*	2430,40	2174,60*	2213,60*	2257,60*	2125,40*
90	2803,80	2230,20*	2430,40	2174,60*	2213,60*	2257,60*	2125,40*

Em cada linha as médias seguidas de * diferem da testemunha 100% de adubação de N ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett. DMS = 401,74

Quando comparado o crescimento das plantas de repolho com a testemunha de 50% da dose recomendada de N, aos 30 dias o tratamento com a planta inteira de crotalária diferiu significativamente de forma negativa (Tabela 9). Aos 50 dias, as plantas de repolho nos tratamentos com a parte aérea de crotalária obtiveram maior área do dossel comparativamente com a testemunha AM50. De modo geral, todos os tratamentos em todas as datas resultaram em área do dossel similar quando comparados com a testemunha com 50% da dose recomendada de N (Tabela 9).

Tabela 9 - Média da área do dossel em função dos dias após o transplante das plantas de repolho. UFV, Viçosa-MG, 2008.

Datas	AM50	CRRA	CRPA	CRPI	FPRA	FPPA	FPPI
	(cm ²)						
0	29,60	38,40	37,20	32,45	34,25	34,65	31,30
10	182,50	157,15	207,40	59,90	189,50	165,00	98,95
20	533,55	536,25	468,05	196,25	674,30	448,00	338,50
30	1518,55	1688,40	1558,30	900,30*	1779,10	1331,85	1213,25
40	2314,85	2352,10	2389,40	2192,75	2269,60	2314,00	2161,45
50	2424,80	2514,00	2838,50*	2409,90	2455,90	2583,60	2387,95
60	2550,20	2579,55	2915,00	2421,50	2602,20	2643,40	2445,90
70	2400,40	2337,30	2681,00	2318,40	2346,50	2569,80	2316,40
80	2155,00	2230,20	2430,40	2174,60	2213,60	2257,60	2125,40
90	2155,00	2230,20	2430,40	2174,60	2213,60	2257,60	2125,40

Em cada linha as médias seguidas de * diferem da testemunha 50% de adubação de N ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett. DMS = 401,74

3.4 CONCLUSÃO

A aplicação da planta inteira de ambas as espécies de leguminosas diminui a produção de cabeça do repolho cultivado em vasos. Com a aplicação de raiz ou parte aérea de quaisquer das espécies de leguminosas a adubação com N-mineral pode ser reduzida em 50% sem perda de produtividade.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBROSANO, E.J.; TRIVELIN, P.C.O.; MURAOKA, T. Técnica para marcação dos adubos verdes crotalária júncea e mucuna-preta com ^{15}N para estudos de dinâmica do nitrogênio. **Bragantia**, v. 56, n.1, 1997. (Nota)
- AMBROSANO, E.J. **Dinâmica do nitrogênio dos adubos verdes, crotalária juncea (*Sunnhemp*) e mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), em dois solos cultivados com milho**. 1995. 83p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BODDEY, R.M. et al. The contribution of biological nitrogen fixation for sustainable agricultural systems in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.29, n.5/6, p.787- p.799, 1997.
- BÖHRINGER, A.; TAMÓ, M.; DREYER, H.M. Growth and productivity of pigeonpea (*Cajanus cajan*) genotypes for use in alley cropping and their interactions with the environment. **Experimental Agriculture**, v.30, p.207-215, 1994.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Food and Agriculture Organization. **Perfil das instituições de assistência técnica e extensão rural para agricultores e assentados no Brasil: relatório da Região Centro-Oeste**. Brasília, 182p. 2003.

- DINIZ, E.R. **Influência da época de incorporação de adubo verde na produção de brócolis cultivado organicamente**. 2004. 63p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- DINIZ, E.R.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.S.; PETERNELLI, L.A.; BARRELLA, T. P.; FREITAS, G. B. de; Green manure incorporation timing for organically grown broccoli. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.42, n.2, p.199-206, 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FERNANDES, A.R.; MORAIS, F.I.O.; LINHARES, L.C.F.; SILVA, G.R. Produção de matéria seca e eficiência nutricional para P, Ca e Mg em leguminosas herbáceas. **Acta Amazonica**, v. 37, n.2, p.169-176, 2007.
- FONTANÉTTI A.; CARVALHO, G. J. de; GOMES, L. A. A.; ALMEIDA, K. de; MORAES, R. G. De M.; TEIXEIRA, C. M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura brasileira**, v. 24, n. 2, p. 146-150, 2006.
- FONTES, P.C.R. Brócolos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ VENEGAS, V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.183.
- KHAN, D.F.; PEOPLES, M.B.; HERRIDGE, D.F. Quantifying below-ground nitrogen of legumes. 1. Optimising procedures for ¹⁵N shoot-labelling. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 245, p. 327-334, 2002.
- MULLER, N.R.M.; MULLER, A.A.; OLIVEIRA, R.P. *In*: Trabalhos e recomendações da mesa redonda sobre recuperação de solos através do uso de leguminosas, 1991, Manaus, AM. Belém, PA: **EMBRAPA-CPATU/GTZ**. 131p. 1992.
- NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. de. Ensaio em ambiente controlado. In: EMBRAPA. Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: **EMBRAPA**, 1991. p.189-251.
- NOWACKI, J.C. **Efeitos de extratos vegetais no controle da galha das crucíferas em condições de casa de vegetação**. 2004. 51p. Dissertação

- (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de pós-graduação em Agronomia. Defesa, Curitiba.
- OLIVEIRA, F.L.; RIBAS, R.G.T.; JUNQUEIRA, R.M.; PADOVAM, M.P.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R.L.D. Desempenho do consórcio entre repolho e rabanete com pré-cultivo de crotalaria, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 184-188, 2005.
- 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.
- SILVA, R. **Potencial da mucuna preta como adubo verde para o arroz-de-sequeiro em latossolo amarelo da Amazônia**. 1991. 136p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ZOTARELLI, L. **Balanço de nitrogênio na rotação de culturas em sistema de plantio direto e convencional na região de Londrina - PR**. 2000. 134p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

4. CAPÍTULO II

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO REPOLHO CULTIVADO COM RAIZ OU PARTE AÉREA DE LEGUMINOSAS EM CAMPO

RESUMO: Em estudos de avaliação do desempenho de culturas em sequência à adubação verde, geralmente não se considera o efeito das raízes dos adubos verdes. Entretanto, tais efeitos podem contribuir para maior entendimento científico da adubação verde. O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito da raiz e da parte aérea de duas espécies de leguminosas sobre a produção do repolho (*Brassica oleracea* var. capitata) em condição de campo. O experimento foi instalado em esquema fatorial (2 x 3) + 2, sendo 2 espécies de leguminosas (*Crotalaria juncea* e *Canavalia ensiformis*) e 3 partes das plantas (raiz, parte aérea ou planta inteira) e 2 tratamentos adicionais (adubação mineral com 100% ou 50% da dose recomendada de N), em blocos casualizados com 4 repetições. Cada parcela foi constituída por 5 linhas de 2,5 m de comprimento, com plantas espaçadas de 0,80 m por 0,50 m, totalizando 25 plantas. A área útil foi formada pelas 9 plantas centrais. Antes do transplante do repolho as leguminosas foram cortadas, pesadas e depositadas nas parcelas conforme o tratamento. As mudas de repolho foram transplantadas para as parcelas um dia após o corte das leguminosas e cultivadas no campo por 92 dias. A produção foi avaliada pela massa da matéria fresca e matéria seca da cabeça. A aplicação da planta inteira de crotalária aumenta a produção de cabeça do repolho, comparativamente às plantas cultivadas com 100% de adubação de N-mineral. O cultivo sobre o sistema radicular de feijão de porco diminui a produção, comparativamente às plantas cultivadas com 50% A.M.N. Com a aplicação da parte aérea ou planta inteira de quaisquer das leguminosas a adubação com N-mineral pode ser reduzida em 50% sem perda de produção.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var. *capitata*, *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformis*

4.1 INTRODUÇÃO

O nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade na maioria das plantas, e também o que mais influencia na resposta em produtividade e que mais onera no custo de produção das culturas, tendo sua dinâmica no sistema solo-planta condicionada pelo sistema de manejo e condições edafoclimáticas (AMADO *et al.*, 2002). O uso de adubos verdes na adubação complementar às culturas torna-se uma alternativa para reduzir as limitações do uso de fertilizantes minerais nitrogenados, ou de estercos e compostos orgânicos em cultivos orgânicos (DINIZ, 2004).

O efeito da época da incorporação da mucuna-cinza (*Mucuna cinereum*) sobre a produtividade do brócolo foi estudado por DINIZ *et al.* (2007). Os autores relatam que a aplicação de 8,64 Mg ha⁻¹ de massa seca de adubo verde aplicado conjuntamente a 12 Mg ha⁻¹ de massa seca de composto orgânico, aumentou o teor do nitrogênio mineral no solo tão rapidamente quanto o fertilizante mineral ou a aplicação de 25 Mg ha⁻¹ de massa seca de composto orgânico. Os resultados indicam ainda a maior sincronia entre a taxa de crescimento relativo da cultura e a liberação de N quando o adubo verde foi incorporado em até 15 dias depois do transplante. A incorporação de 8,64 Mg ha⁻¹ de adubo verde no início do crescimento da cultura substitui 50% da dose de composto (25 Mg ha⁻¹), sem perda de produtividade.

A utilização dos adubos verdes *Crotalaria juncea* (12,7 Mg ha⁻¹ de massa seca), *M. aterrima* (8,5 Mg ha⁻¹ de massa seca) e *Canavalia ensiformis* (7,5 Mg ha⁻¹ de massa seca) mais composto orgânico, já no primeiro ano de cultivo orgânico, resultou na obtenção de cabeças de repolho com peso e padrões comerciais, demonstrando alto potencial do uso da adubação verde na produção orgânica dessa hortaliça (FONTANÉTTI *et al.*, 2006). Contudo, quando se refere à massa dos adubos verdes, geralmente não se mensuram aquela presente no sistema radicular.

Estudos demonstraram que o nitrogênio derivado da mineralização de raízes contribuiu para o aumento de 35 e 44% no teor de N-residual no solo onde o nitrogênio derivado das raízes constituía de 79-85% de todo o

nitrogênio subterrâneo (MAYER *et al.*, 2003). Já em outros estudos, (JENSEN, 1996; SAWATSKY & SOPER, 1991) constatou-se que do total de nitrogênio do solo, 47% fazia parte do nitrogênio derivado das raízes.

Na maioria dos estudos de avaliação do desempenho de culturas em sequência à adubação verde, geralmente não se considera o efeito das raízes dos adubos verdes. Isto ocorre devido à dificuldade para coletar e quantificar toda estrutura da raiz no perfil do solo e essas frações ou são ignoradas ou estimadas quando balanços de N são construídos, (KHAN *et al.*, 2002). Considera-se, portanto, que o conhecimento dos efeitos das diferentes partes das leguminosas sobre a produção das culturas pode contribuir para o maior entendimento científico da adubação verde. O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito da raiz, da parte aérea ou da planta inteira dos adubos verdes *C. juncea* e *C. ensiformis* sobre o crescimento e a produção do repolho em campo.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

A. Cultivo dos adubos verdes em condições de campo

A.1 - Produção e caracterização química dos adubos verdes

O experimento foi realizado no campo experimental Horta Velha do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG no período de dezembro de 2007 a abril de 2008. O cultivo foi desenvolvido em um Cambissolo com as seguintes características químicas na camada de 0 - 20 cm: pH em água (1:2,5) 5,49; 30 mg dm⁻³ de P; 176 mg dm⁻³ de K; 3,04 cmol_c dm⁻³ de Ca; 0,50 cmol_c dm⁻³ de Mg; 0,0 cmol_c dm⁻³ de Al e 2,66 dag kg⁻¹ de matéria orgânica. As sementes dos adubos verdes foram inoculadas com bactérias apropriadas do gênero *Rhizobium*, plantadas na razão de 25 sementes por metro linear para *Crotalaria juncea* e de 7 sementes por metro linear para feijão de porco, com 80 cm entre linhas. Antecedendo o plantio das leguminosas, foi realizado uma adubação com fósforo (superfosfato simples) nos sulcos de plantio das leguminosas na dose de 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅. O controle da vegetação espontânea foi realizado através de capinas manuais. As plantas de adubos verdes foram cortadas ao nível do solo aos 118 dias após o plantio. Foram definidos 6 tratamentos (1)

CRPA, (2) CRRRA, (3) CRPI, (4) FPPA, (5) FPRA, (6) FPPI. Os tratamentos (1), (2) e (3) foram compostos pela *Crotalaria juncea* (CR) e 3 partes das plantas: parte aérea (PA), raiz (RA) ou planta inteira (PI) e os tratamentos (4), (5) e (6) pela espécie *Canavalia ensiformis* (FP) e 3 partes das plantas: parte aérea (PA), raiz (RA) ou planta inteira (PI). A remoção da parte aérea (PA) da área determinou o tratamento raiz (RA) das leguminosas. A parte aérea (PA) removida foi aplicada em cobertura em outra parcela, o que determinou o tratamento PA da leguminosa. A massa da planta inteira (PI) foi obtida pela soma das massas de raiz e parte aérea das plantas de leguminosa. O experimento adotou esquema fatorial 2 x 3, o delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. A massa referente a parte aérea foi pesada, foram retiradas sub-amostras que foram lavadas em água deionizada, secadas em papel-toalha e acondicionadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C, até atingirem massa constante, sendo então pesadas para a quantificação da matéria seca. A massa das raízes foi estimada com base na proporção raiz:parte aérea obtida no experimento em vasos, onde para a crotalaria foi de 0,92 enquanto que de feijão de porco foi 0,25. O material foi então armazenado e moído para posterior determinação do teor de macronutrientes em laboratório. Os nutrientes foram extraídos por digestão nitricoperclórica ou sulfúrica e determinado o teor de P e K por colorimetria em espectrofotômetro e fotometria de chama respectivamente. Os teores de Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o teor de nitrogênio total pelo método de destilação Kjeldahl. Os teores de carbono foram determinados de acordo com EMBRAPA (1997). Os dados de produção e caracterização dos adubos verdes foram submetidos à análise de variância aplicando-se o teste F ($p \leq 0,05$).

B. Crescimento e produção do repolho em campo

Procedeu-se o transplante de mudas de repolho nas mesmas linhas de plantio das leguminosas, seguindo a determinação de cada tratamento. O experimento foi disposto em esquema fatorial (2 x 3) + 2, sendo 2 espécies de leguminosas empregadas como adubação verde e 3 partes das plantas (raiz, parte aérea ou planta inteira) e 2 tratamentos adicionais (adubação

mineral com 100% ou 50% da dose recomendada de N), em delineamento experimental de blocos casualizados, com 4 repetições, totalizando 32 parcelas. Os tratamentos foram: AM100 (Adubação Mineral (A.M.) 100% da dose recomendada de N para a cultura do repolho), AM50 (Adubação Mineral 50% da dose recomendada de N), CRRRA AM50 (Crotalária (raiz) + 50% A.M. N), CRPA AM50 (Crotalária (parte aérea) + 50% A.M. N), CRPI AM50 (Crotalária (planta inteira) + 50% A.M. N), FPRA AM50 (Feijão de porco (raiz) + 50% A.M. N), FPPA AM50 (Feijão de porco (parte aérea) + 50% A.M. N) e FPPI AM50 (Feijão de porco (planta inteira) + 50% A.M. N). Cada parcela foi constituída por 5 linhas de 2,5 m de comprimento, com plantas espaçadas de 0,80 m por 0,50 m, totalizando 25 plantas. A parcela útil foi formada pelas 9 plantas centrais. Aos 118 dias após plantio as leguminosas foram cortadas rente ao solo, pesadas e depositadas nas parcelas conforme o tratamento antes do transplante do repolho híbrido Matsukaze. As mudas de repolho foram transplantadas nas mesmas linhas de plantio das leguminosas um dia após o corte das leguminosas. A adubação nitrogenada do repolho foi realizada em dose de 150 ou 75 kg de N ha⁻¹, referentes a 100% e 50% da dose recomendada de N, respectivamente, aplicados todo no plantio afim de não prejudicar o processo de decomposição e mineralização das leguminosas. O fósforo foi todo aplicado no mesmo dia em que foi realizado o plantio das leguminosas na dose de 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅. O potássio foi aplicado na dose de 100 kg ha⁻¹ de K₂O, um terço no plantio e depois dividido em duas coberturas iguais aos 37 e 57 dias após o transplante. Para a adubação de micronutrientes foi utilizado o FTE BR-12 na dose de 62,5 kg ha⁻¹ aplicados na cova de plantio do repolho. As plantas de repolho foram cultivadas no campo por 92 dias. Foram realizadas determinações semanais da variável não destrutiva área do dossel (cm²), calculada a partir da multiplicação dos valores obtidos pela medição transversal e longitudinal superior do dossel (cm), em relação à linha de plantio (DINIZ, 2004). A produção foi avaliada pela massa da matéria fresca e matéria seca da cabeça, matéria fresca total e matéria seca total das plantas de repolho, que foram determinadas através da soma da massa da cabeça, folhas e caule. A massa referente a parte aérea das plantas de repolho foram pesadas para a determinação da matéria fresca. Após a coleta

dos dados das amostras, foram retiradas sub-amostras que foram lavadas com água deionizada, secadas em papel-toalha e acondicionadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C, até atingirem massa constante, sendo então pesadas para a quantificação da matéria seca. O diâmetro da cabeça foi determinado através do corte horizontal da cabeça de repolho utilizando-se uma régua. As médias dos tratamentos foram comparadas com a testemunha utilizando-se o teste de Dunnett a 5% de probabilidade, adotando-se como testemunha os tratamentos AM100 ou AM50 e, comparadas entre as partes e leguminosas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados de área do dossel foram submetidos à análise de variância da regressão ao nível de 5% de probabilidade. A escolha dos modelos deu-se com base no coeficiente de determinação, na análise de resíduos e no fenômeno em estudo.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A. Produção dos adubos verdes em campo

A análise de variância indicou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as leguminosas quanto à massa de raiz, parte aérea e planta inteira.

A crotalária apresentou produção mais elevada de massa do que o feijão de porco (Tabela 1). De acordo com PERIN *et al.*, 2006 a crotalária possui alto potencial de adaptação às condições edafoclimáticas da Zona da Mata Mineira. Baseado na relação raiz:parte aérea do experimento em vasos, a produção da massa da matéria seca das plantas inteiras foi estimada em 58,71 e 24,92 Mg ha⁻¹ para crotalária e feijão de porco, respectivamente.

Os valores de C/N foram mais elevados nas plantas de crotalária. O teor da massa da matéria seca (MS) da parte aérea dos adubos verdes *C. juncea* (26,70%) e *C. ensiformis* (20,13%) foi similar aos obtidos por OLIVEIRA *et al.*, (2002) e FONTANÉTTI *et al.*, (2006). Os altos valores de relação C/N (42,70%) e os baixos valores do teor de N (0,96%) nas raízes de crotalária poderiam ser devido às raízes coletadas apresentarem certo grau de contaminação por frações minerais presentes no solo fixados nas raízes

finas. Por outro lado, a diferença entre os valores encontrados para estas características pode ser atribuída à diferença entre as espécies estudadas.

Tabela 1 - Valores médios de produção da massa da matéria fresca e seca (MF e MS), teor de MS, N e relação C:N da raiz (RA), parte aérea (PA) e planta inteira (PI) de Crotalária (CR) e Feijão de porco (FP) aos 118 dias após o plantio. UFV, Viçosa-MG, 2008.

Tratamentos	MF	MS	MS	N	C:N
	(Mg ha ⁻¹)			(%)	
CRRA	(105,34)	(28,13)	(26,70)	(0,96)	(42,70)
CRPA	114,51	30,58	26,70	1,74	23,56
CRPI	219,85	58,71	26,70	1,37	29,92
FPRA	(24,75)	(4,98)	(20,12)	(2,48)	(16,53)
FPPA	99,03	19,94	20,13	2,51	16,33
FPPI	123,78	24,92	20,13	2,50	16,40

() Valores entre parêntesis foram obtidos pela relação raiz:parte aérea (0,92 para crotalária e 0,25 para feijão de porco), do teor de N e relação C:N do experimento em vasos.

De modo geral, a produtividade das leguminosas superara os limites propostos por CALEGARI *et al.*, (1993) e ALVARENGA *et al.*, (1995). Na literatura os dados de produção da massa da matéria seca de *C. juncea* estão em média 9,5 Mg ha⁻¹ (ALVARENGA *et al.*, 1995, AMBROSANO *et al.*, 2003, PERIN *et al.*, 2004). No presente trabalho essa espécie acumulou uma massa bem superior (30,58 Mg ha⁻¹ de massa seca de parte aérea), provavelmente devido à época de corte realizada aos 118 dias, uma vez que geralmente o corte dos adubos verdes é feito dos 60 aos 70 dias após o plantio. Nesse caso, no momento do corte as plantas já estavam produzindo vagens, e seus tecidos já estavam com maior lignificação o que contribuiu para o aumento da massa da matéria seca das duas espécies de leguminosas.

A produção de massa seca da parte aérea do feijão de porco, 19,94 Mg ha⁻¹, (Tabela 1) pode ser considerada satisfatória quando comparada a outros resultados, como os encontrados por ARAÚJO e ALMEIDA (1993), CERETTA *et al.*, (1994), ALVARENGA *et al.*, (1995), FÁVERO *et al.*, (2000) e CARVALHO (2000), que obtiveram produções entre 4,93 e 10,17 Mg ha⁻¹ de massa seca.

Embora o feijão de porco não tenha apresentado uma produção de massa similar a produção apresentada pela crotalária, em trabalhos

realizados em Lavras-MG no período de março a julho de 2003, são relatadas produções de feijão de porco de 13,83 e 2,72 Mg ha⁻¹ de massa fresca e seca respectivamente (TEIXEIRA *et al.*, 2003). Em cultivo em novembro, OLIVEIRA (2001) obteve produções de 32,92 e 10,81 Mg ha⁻¹ da massa fresca e seca de parte aérea.

As espécies apresentaram comportamento diferente em relação à absorção dos macronutrientes (Tabela 2) e, altamente influenciado pela produção de massa, com valores mais elevados proporcionados pela crotalária. O feijão de porco acumulou menos massa, mas o acúmulo de N foi similar na parte aérea de ambas as espécies, devido ao alto teor de N nas plantas de feijão de porco (Tabela 1). O mesmo foi verificado quanto ao acúmulo de Ca, o qual ocorreu em grandes quantidades e de forma similar. Quanto aos demais macronutrientes, o acúmulo mais elevado de massa na Crotalária refletiu também em quantidades mais elevadas desses elementos.

Tabela 2 - Acúmulo de nutrientes na raiz (RA), parte aérea (PA) e planta inteira (PI) de Crotalária (CR) e Feijão de porco (FP). UFV, Viçosa-MG, 2008.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
CRRA	(283,56)	(38,20)	(111,16)	(76,40)	(35,26)	(70,52)
CRPA	530,82	71,87	345,60	275,25	58,11	43,58
CRPI	814,38	110,07	457,26	351,65	93,37	114,10
FPRA	(123,63)	(11,71)	(42,87)	(29,66)	(13,46)	(10,46)
FPPA	504,32	44,86	293,14	277,69	31,90	28,91
FPPI	627,95	56,57	336,01	307,35	45,36	39,37

() Valores entre parêntesis foram obtidos pela relação raiz:parte aérea e dos teores de nutrientes do experimento em vasos.

A produção de massa do feijão de porco correspondeu a 42,44 % da produção de crotalária, entretanto o feijão de porco apresentou maior teor de nitrogênio nos tecidos do que a crotalária, resultando em acúmulo de N correspondente a 77,11% do nitrogênio acumulado na crotalária. Para o Ca, o acúmulo em relação a crotalária foi correspondente a 87,40 %.

As quantidades altíssimas de nutrientes presentes nas leguminosas demonstram a sua capacidade de absorver nutrientes, seguindo a mesma tendência o que se refere à produção de massa. Nesse caso, a crotalária foi à espécie mais eficiente, apresentando acúmulo mais elevado de N do que plantas de feijão de porco (Tabela 2). Esses dados são semelhantes aos

resultados obtidos por ALVARENGA *et al.*, (1995) e FONTANÉTTI *et al.*, (2006), que verificaram os maiores acúmulos de N na parte aérea de crotalária (252,90 e 374,85 kg ha⁻¹) em relação ao feijão de porco (146,20 e 246,95 kg ha⁻¹). Também os acúmulos mais elevados de P, K e Mg foram observados na crotalária. Com relação ao K, ambas as espécies apresentaram quantidades elevadas do nutriente. O acúmulo mais elevado de S foi obtido pela crotalária o que, no entanto não foi verificado por FONTANÉTTI *et al.*, (2006), onde os maiores acúmulos foram encontrados pelas plantas de feijão de porco.

Os resultados ressaltam o grande potencial das leguminosas na absorção e imobilização de grandes quantidades de nutrientes e, conseqüentemente, de atuar na nutrição a culturas subsequentes. Dessa forma, há a necessidade de se considerar a contribuição das raízes de leguminosas para a produção das culturas.

B. Crescimento e produção do repolho em campo

- Comparações com AM100

O cultivo de repolho com 50% A.M.N. acrescidos da raiz ou parte aérea de ambas as leguminosas resultou em produção de cabeça similares à obtida com o fornecimento de 100% A.M.N. ($p \leq 0,05$). O cultivo com 50% A.M.N. acrescido da planta inteira de crotalária aumentou a produção, comparativamente as plantas cultivadas com 100% A.M.N. (Tabela 3).

O rendimento de cabeça variou de 1,87 a 2,33 kg planta⁻¹, o qual corresponde à produtividade de 47 a 58 Mg ha⁻¹, superando a expectativa de 50 Mg ha⁻¹ para o estado de Minas Gerais, conforme FONTES (1999). Em média os resultados de peso de cabeças comerciais de repolho, no presente trabalho foram superiores aos encontrados por OLIVEIRA *et al.* (2005), que em áreas com pré-cultivo de crotalária, obtiveram médias de 1,26 kg planta⁻¹. A alta produtividade do repolho pode ser atribuída não só a grande produção de massa pelas leguminosas, como também as grandes quantidades de nutrientes presentes. Com relação ao N, o aporte deu-se e parte pela FBN, e

com relação aos demais nutrientes pode ter ocorrido também translocação de nutrientes de camadas mais profundas.

Tabela 3 - Valores médios de produção da massa da matéria fresca e seca de cabeças de repolho (MFCAB e MSCAB), aos 92 dias após o transplântio. UFV, Viçosa-MG, 2008.

Tratamentos	MFCAB	MSCAB
	(g planta ⁻¹)	
AM100	2010,53	121,32
CRRA AM50	1969,72	131,78
CRPA AM50	1957,75	119,75
CRPI AM50	2333,91*	139,75*
FPRA AM50	1867,64	122,41
FPPA AM50	2021,61	118,33
FPPI AM50	2076,46	124,27
CV(%)	5,28	5,08
DMS	190,79	11,23

Nas colunas as médias seguidas de * diferem da testemunha 100% de adubação de N ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

A produção da massa da matéria fresca total foi influenciada positivamente pela aplicação de planta inteira de crotalária quando comparado com a testemunha de 100% da dose recomendada de N (Tabela 4), apresentando o mesmo comportamento da produção de cabeça. Também a massa da matéria seca total foi influenciada de forma positiva pelo cultivo com planta inteira de feijão de porco ou crotalária (Tabela 4). O valor médio de diâmetro horizontal da cabeça foi de 19,86 cm, não havendo diferença significativa comparativamente à testemunha pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4 - Valores médios de produção da massa da matéria fresca e seca total (MFTOTAL e MSTOTAL) das plantas de repolho, aos 92 dias após o transplante. UFV, Viçosa-MG, 2008.

Tratamentos	MFTOTAL	MSTOTAL
	(g planta ⁻¹)	
AM100	3443,09	260,61
CRRA AM50	3343,23	287,88
CRPA AM50	3571,33	271,25
CRPI AM50	4190,81*	316,80*
FPRA AM50	3220,00	262,79
FPPA AM50	3534,34	268,23
FPPI AM50	3759,58	296,67*
CV(%)	6,36	6,64
DMS	403,12	32,87

Nas colunas as médias seguidas de * diferem da testemunha 100% de adubação de N ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

- Comparações com AM50

Plantas de repolho cultivadas em solo com raiz de crotalária, planta inteira de feijão de porco e parte aérea de ambas as espécies de leguminosas resultaram em produções similares às aquelas cultivadas com 50% A.M.N. (Tabela 5). Mesmo com o acúmulo de mais de 500 kg ha⁻¹ de N (Tabela 2) na parte aérea dos adubos verdes não resultou em produções superiores à adubação mineral reduzida em 50%. Deste modo, possivelmente, a maior resposta em produção de cabeças de repolho com a aplicação do N-FBN, possa ter promovido, indiretamente, maior aproveitamento do N do solo e do fertilizante pelo repolho. Tal fato pode ter ocorrido tanto pela pronta disponibilidade do N-fertilizante e/ou do N orgânico do solo. Apesar do grande aporte de N pelas leguminosas, a disponibilidade de N em formas absorvíveis pela planta de repolho e consequente acúmulo pode ter ocorrido fora da época de maior exigência do nutriente pela planta. Isto provavelmente foi em razão do N ter sido imobilizado, remineralizado e absorvido pela planta, porém não mais proporcionando o incremento na produção de massa que teria proporcionado se fosse absorvido na fase inicial. O que se deve, em partes, à maior absorção do N de fontes inorgânicas pela planta em curto prazo (AMBROSANO, 1995). Plantas de repolho cultivadas em planta inteira de crotalária resultaram em produções maiores que aquelas cultivadas com a testemunha AM50. O fato do efeito da

planta inteira de crotalária ter se destacado é um indicativo que a produção de massa, e a conseqüente concentração de nutrientes em seus tecidos e a velocidade de disponibilidade destes nutrientes foram satisfatórias para atender a demanda de nutrientes pelas plantas de repolho de forma mais eficiente que a adubação da testemunha (BLEVINS *et al.*, 1990; HOLDERBAUM *et al.*, 1990; OYER & TOUCHTON, 1990). As plantas de repolho cultivadas sob solo com raiz de feijão de porco resultaram em produções menores quando comparados com a testemunha. Esse resultado demonstra que a pequena massa de raízes produzidas pelo feijão de porco, aliada à exportação de nutrientes promovida pela remoção da parte aérea, não atendeu a demanda por nutrientes pelo repolho. Outro fator pode ser atribuído à posição onde as plantas de repolho foram transplantadas. A proximidade do repolho com as raízes das leguminosas pode ter provocado um impedimento para o desenvolvimento radicular das plantas de repolho.

É importante ressaltar que nas parcelas com raízes das leguminosas, grande quantidades de nutrientes (Tabela 2) foram exportados com a retirada da parte aérea para outras áreas. Além disso, essa região explorada anteriormente pelas raízes das leguminosas possa ter deixado o solo pobre e, principalmente pela extração de nutrientes pela parte aérea removida.

De modo geral, a produção do repolho superou os resultados obtidos por FONTANÉTTI *et al.*, (2006), que trabalharam com pré-cultivos de crotalária juncea mais composto orgânico (20 Mg ha⁻¹ massa fresca) e vegetação espontânea mais adubação mineral, onde obtiveram médias de 1,37 kg e 1,96 kg de massa fresca comercial de cabeças de repolho, respectivamente. Resultados semelhantes aos de FONTANÉTTI *et al.*, (2006) foram encontrados por OLIVEIRA *et al.*, (2005), que em áreas de pré-cultivos de crotalária, obtiveram médias de 1,26 kg de massa fresca comercial de cabeças de repolho. Como a produção e o acúmulo de nutrientes das leguminosas no presente trabalho foram bem superiores comparados com os trabalhos reportados, provavelmente, o desempenho das plantas de repolho se deve a grande quantidade de nutrientes reciclados e translocados de camadas mais profundas do solo pelas leguminosas.

Tabela 5 - Valores médios de produção da massa da matéria fresca e seca de cabeças de repolho (MFCAB e MSCAB), aos 92 dias após o transplântio. UFV, Viçosa-MG, 2008.

Tratamentos	MFCAB	MSCAB
	(g planta ⁻¹)	
AM50	2080,25	121,88
CRRA AM50	1969,72	131,78
CRPA AM50	1957,75	119,75
CRPI AM50	2333,91*	139,75*
FPRA AM50	1867,64*	122,41
FPPA AM50	2021,61	118,33
FPPI AM50	2076,46	124,27
CV(%)	5,28	5,08
DMS	190,79	11,23

Nas colunas as médias seguidas de * diferem da testemunha 50% de adubação de N ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Quando comparado a produção da massa da matéria fresca e seca total das plantas de repolho com a testemunha de 50% da dose recomendada de N (Tabela 6), verificou-se apenas a diferença positiva no tratamento com a planta inteira de crotalária, os demais tratamentos não diferiram da testemunha. Por outro lado, quando comparado a produção da massa da matéria fresca total de plantas de repolho cultivadas em raiz de feijão de porco resultaram em produtividades similares àquelas cultivadas com 50% A.M.N. Apresentando comportamento diferente do obtido na produção de cabeças.

Tabela 6 - Valore médios de produção da massa da matéria fresca e seca total (MFTOTAL e MSTOTAL) das plantas de repolho, aos 92 dias após o transplântio. UFV, Viçosa-MG, 2008.

Tratamentos	MFTOTAL	MSTOTAL
	(g planta ⁻¹)	
AM50	3603,86	273,72
CRRA AM50	3343,23	287,88
CRPA AM50	3571,33	271,25
CRPI AM50	4190,81*	316,80*
FPRA AM50	3220,00	262,79
FPPA AM50	3534,34	268,23
FPPI AM50	3759,58	296,67
CV(%)	6,36	6,64
DMS	403,12	32,87

Nas colunas as médias seguidas de * diferem da testemunha 50% de adubação de N ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

- Comparações entre as partes e leguminosas

A aplicação da planta inteira de crotalária proporcionou maiores produções de cabeças de repolho quando comparados com a aplicação da parte aérea e da raiz, separadamente (Tabela 7). Plantas de repolho cultivadas em solo com resíduos de planta inteira de feijão de porco resultaram em produtividades similares àquelas cultivadas com a parte aérea, mas não diferentes da testemunha AM50. No entanto, plantas de repolho cultivadas em raiz e parte aérea de quaisquer das leguminosas resultaram em menores produtividades de massa da matéria fresca e seca total àquelas cultivadas com a aplicação da planta inteira. Apresentando o mesmo comportamento ao obtido pela produção de cabeças de repolho em função da aplicação da planta inteira de crotalária.

Tabela 7 - Valores médios da massa da matéria fresca e seca de cabeças de repolho (MFCAB e MSCAB), da massa da matéria fresca e seca total (MFTOTAL e MSTOTAL) das plantas de repolho e do diâmetro horizontal (DIAM) de cabeças de repolho em função das partes, raiz (RA), parte aérea (PA) e planta inteira (PI), e das leguminosas, *C. juncea* e *C. ensiformis*. UFV, Viçosa-MG, 2008.

Partes	MFCAB		MSCAB	MFTOTAL	MSTOTAL	DIAM
	<i>C. juncea</i>	<i>C. ensiformis</i>				
	-----g planta ⁻¹ -----					--- cm ---
PI	2333,9 aA	2076,4 aB	132,0 a	3975,1 a	306,7 a	20,4 a
PA	1957,7 bA	2021,6 abA	119,0 b	3552,8 b	269,7 b	19,8 ab
RA	1969,7 bA	1867,6 bA	127,1 a	3281,6 b	275,3 b	19,3 b
CV(%)	5,28	5,28	5,08	6,36	6,64	3,60
DMS	192,31	192,31	8,01	287,32	23,43	0,90

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

- Análise de crescimento

Não houve interação significativa entre os tratamentos e datas ($p > 0,05$). O crescimento do repolho foi influenciado pelo tempo, de forma similar em todos os tratamentos, com as maiores taxas de aumento da área do dossel entre os 40 e 60 dias. O efeito do tempo pode ser observado a

partir da primeira semana, se intensificando na segunda semana após o transplântio (Figura 1). É possível identificar três fases de crescimento do repolho, uma primeira fase de crescimento inicial lento, nas primeiras duas semanas, caracterizando uma época de pouco acúmulo de massa seca. Logo após, entre 20 e 40 dias, a quantidade de massa seca em taxas mais elevadas, caracterizando um período de maior acúmulo de massa. Neste período, as plantas possivelmente exigiram maiores quantidades de nutrientes em relação ao período anterior. A última fase é caracterizada por uma tendência a estabilização do crescimento (Figura 1).

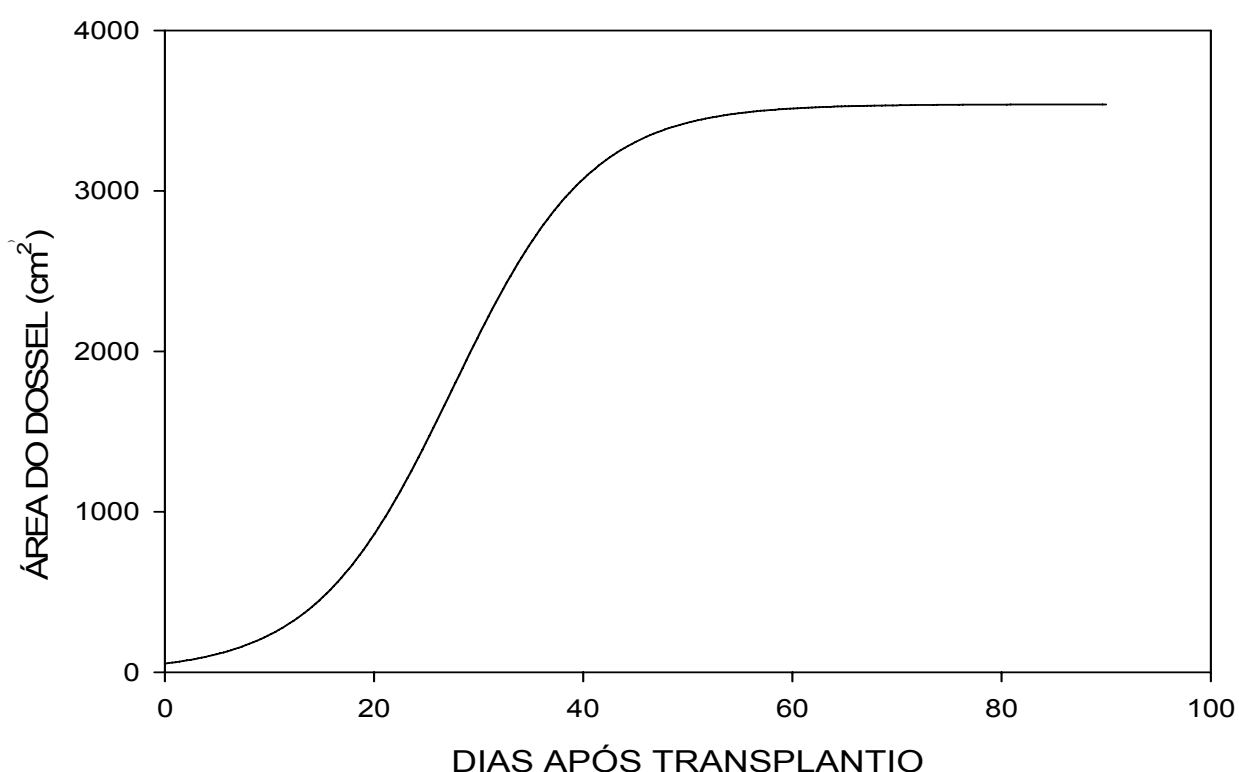


Figura 1: Curva de crescimento da área do dossel (cm²) em função dos dias após transplântio do repolho. UFV: Viçosa-MG, 2008.

Quadro 1 - Equação de regressão logística ajustada da área do dossel em função dos dias após transplântio e coeficiente de determinação referentes à figura 3. UFV, Viçosa-MG, 2008.

EQUAÇÃO AJUSTADA	R ²
$\hat{y} = 3539,34717 / (1 + \exp(4,16689 - 0,15141D))$	0,876

As plantas de repolho cresceram em dossel de forma similar, mas a produção diferiu entre alguns tratamentos. Já as plantas de repolho cultivadas com a aplicação da planta inteira de crotalária apresentaram produções e crescimento (Tabela 8) superiores às testemunhas de 100% ou 50% da dose recomendada de N, o que pode ser atribuído ao efeito da grande quantidade de nutrientes reciclado pela leguminosa, principalmente o N fixado do ar.

Tabela 8 - Valores médios da área do dossel das plantas de repolho. UFV, Viçosa-MG, 2008.

Tratamentos	Área do dossel (cm ²)	Tratamentos	Área do dossel (cm ²)
AM100	2345,09	AM50	2261,37
CRRA	2361,39	CRRA	2361,39
CRPA	2450,08	CRPA	2450,08
CRPI	2823,24*	CRPI	2823,24*
FPRA	2309,78	FPRA	2309,78
FPPA	2461,07	FPPA	2461,07
FPPI	2393,33	FPPI	2393,33
Média	2425,67	Média	2425,67
DMS	392,25	DMS	392,25

Nas colunas as médias com * diferem da testemunha 100% ou 50% de adubação de N ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

4.4 CONCLUSÕES

A aplicação da planta inteira de crotalária aumenta a produção de cabeça do repolho, comparativamente às plantas cultivadas com 100% de adubação de N-mineral. O cultivo sobre o sistema radicular de feijão de porco diminui a produção, comparativamente às plantas cultivadas com 50% A.M.N. Com a aplicação da parte aérea ou planta inteira de quaisquer das leguminosas a adubação com N-mineral pode ser reduzida em 50% sem perda de produção.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R. C. et al. Características de alguns adubos verdes de interesse para conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.

- AMADO, T.J.C.; MILNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura de solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.241-248, 2002.
- AMBROSANO, E. J.; TRIVELIN, P. C. O.; CANTARELLA, H. Marcação do adubo verde *Crotalaria juncea* com ¹⁵N. **Scientia Agricola**, v.60, n.1, p.181-184, 2003.
- AMBROSANO, E.J. **Dinâmica do nitrogênio dos adubos verdes, crotalária juncea (*Sunnhemp*) e mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), em dois solos cultivados com milho**. 1995. 83p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ARAÚJO, A. P.; ALMEIDA, D. L. de. Adubação verde associada a fosfato de rocha na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p.245-251, 1993.
- BLEVINS, R.L.; HERBEK, J.H. & FRYE, W.W. Legume cover crops as a nitrogen source for no-till corn and grain sorghum. **Agronomy Journal**, 82:769-772, 1990.
- CALEGARI A; MONDARDO A; BULISANI EA; COSTA MBB; MIYASAKA S; AMADO TJC. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA MBB (Coord). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa. p.1-56. 1993.
- CARVALHO, M. A. C. **Adubação verde e sucessão de culturas em semeadura direta e convencional em Selvíria–MS**. 2000. 189p.Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal.
- CERETTA, C.A. et al. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p.215-220, 1994.
- DINIZ, E.R. **Influência da época de incorporação de adubo verde na produção de brócolis cultivado organicamente**. 2004. 63p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

- DINIZ, E.R.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.S.; PETERNELLI, L.A.; BARRELLA, T. P.; FREITAS, G. B. de; Green manure incorporation timing for organically grown broccoli. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.42, n.2, p.199-206, 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FÁVERO, C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 171-177, 2000.
- FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G.J.; GOMES, L.A.A.; ALMEIDA, K.; MORAES, S.R.G.; TEIXEIRA, C.M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 146-150, 2006.
- FONTES, P.C.R. Brócolos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. (Eds). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999. 183p.
- HOLDERBAUM, J.F.; DECKER, A.M.; MEISINGER, J.J.; MULFORD, F.R. & VOUGH, L.R. Fall-seeded legume cover crops for no-tillage corn in the Humid East. **Agronomy Journal**, v.82, p.117-124, 1990.
- JENSEN, E.S. Rhizodeposition of N by pea and barley and its effect on soil N dynamics. **Soil Biology & Biochemistry**, v.28, p.65–71,1996.
- KHAN, D.F.; PEOPLES, M.B.; HERRIDGE, D.F. Quantifying below-ground nitrogen of legumes. 1. Optimising procedures for 15N shoot-labelling. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 245, p. 327-334, 2002.
- MAYER, J.; BUEGGER, F.; JENSEN, E.S.; SCHLOTTER, M.; HEB, J. Estimating N rhizodeposition of grain legumes using a 15N in situ stem labelling method. **Soil Biology & Biochemistry**, v.35, p.21–28, 2003.
- OLIVEIRA, F.L.; RIBAS, R.G.T.; JUNQUEIRA, R.M.; PADOVAM, M.P.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R.L.D. Desempenho do consórcio entre repolho e rabanete com pré-cultivo de crotalaria, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 184-188, 2005.

- OLIVEIRA, T.K. de. **Plantas de cobertura em cultivo solteiro e consorciado e seus efeitos no feijoeiro e no solo em plantio direto.** 2001. 109 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- OYER, L.J. & TOUCHTON, J.T. Utilizing legume cropping systems to reduce nitrogen fertilizer requirements for conservation-tilled corn. **Agronomy Journal**, v.82, p.1123-1127, 1990.
- PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M.; CECON, P.R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p. 35-40, 2004.
- PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.S.; CECON, P.R.; GUERRA, J.G.M.; FREITAS, G.B. de. Use of sunnhemp and millet as green manure for tropical maize production. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.63, n. 5, p. 453-459, 2006.
- SAWATSKY, N.; SOPER, R.J. A quantitative measurement of the nitrogen loss from the root system of field peas (*Pisum arvense* L.) grown in the soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v.23, p.255–259, 1991.
- TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.; NETO, A.E.F.; ANDRADE, M.J.B.; MARQUES, E.L.S. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milho, feijão de porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 93-99, 2005.

5. CAPÍTULO III

EFEITO RESIDUAL DE RAIZ OU PARTE AÉREA DE LEGUMINOSAS SOBRE O CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO REPOLHO

RESUMO: Em estudos de avaliação do desempenho de culturas em sequência à adubação verde, geralmente não se considera o efeito das raízes. Entretanto, tais efeitos podem contribuir para maior entendimento científico da adubação verde. O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito residual da raiz, parte aérea ou da planta inteira dos adubos verdes *Crotalaria juncea* e *Canavalia ensiformis* ou do fertilizante (N-uréia) sobre o segundo cultivo de repolho na mesma área. O experimento foi instalado em esquema fatorial (2 x 3) + 2, sendo 2 espécies de leguminosas (*Crotalaria juncea* e *Canavalia ensiformis*) e 3 partes das plantas (raiz, parte aérea ou planta inteira) e 2 tratamentos adicionais (adubação mineral com 100% ou 50% da dose recomendada de N), em blocos casualizados com 4 repetições. Cada parcela foi constituída por 5 linhas de 2,5 m de comprimento, com plantas espaçadas de 0,80 m por 0,50 m, totalizando 25 plantas. A área útil foi formada pelas 9 plantas centrais. O experimento consistiu do plantio de repolho híbrido Matsukaze sem qualquer adubação, após a colheita de toda a parte aérea das plantas de repolho do cultivo anterior, o qual já tinha sucedido o pré-cultivo das leguminosas. Este segundo cultivo permaneceu no campo por 118 dias. A produção foi avaliada pela massa da matéria fresca e matéria seca da cabeça. Áreas em que foram deixadas a parte aérea ou a planta inteira de crotalária ou feijão de porco resultaram em maiores produções e conseqüentemente, maiores efeitos residuais do que a adubação com N-mineral. O cultivo sucessivo sobre as raízes destas leguminosas não resultou em efeito residual diferente do proveniente da adubação mineral com 50 ou 100 % da recomendação da adubação N.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var. *capitata*, *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformis*

5.1 INTRODUÇÃO

A dinâmica do N no sistema solo-planta e conseqüentemente a eficiência de sua utilização pela planta, é condicionada principalmente pelo sistema de cultivo, formas de manejo do N e condições climáticas (AMADO *et al.*, 2002a).

Estudos de aproveitamento de N pelo milho demonstram que existe uma grande variação no aproveitamento do N fertilizante, raramente ultrapassando 50% do aplicado como fertilizante inorgânico (SCIVITTARO *et al.*, 2000), e 20% de fontes orgânicas no caso de adubos verdes (MURAOKA *et al.*, 2002). Essas diferenças ocorrem em função de diversos fatores, destacando-se as condições edafoclimáticas, o tipo de fertilizante e o sistema de cultivo (LARA-CABEZAS *et al.*, 2000).

A relativa baixa eficiência de utilização do N dos fertilizantes pelas culturas deve-se aos processos de perda por volatilização de amônia e desnitrificação, escoamento superficial, lixiviação e da indisponibilidade temporária de nutrientes para as plantas, dada pela imobilização do N pela biomassa microbiana. Com isso, para maximizar o uso de N, deve-se colocar o fertilizante em local, época e dose mais adequada, aliada ao sistema de manejo do solo e regime hídrico (LARA-CABEZAS *et al.*, 2000; AMADO *et al.*, 2002b).

De maneira geral a eficiência de utilização do N-FBN é baixa (SCIVITTARO *et al.*, 2000), no entanto em estudo de datas de incorporação de adubo verde mucuna-cinza para produção de brócolis em sistema orgânico, verificou-se pela técnica da abundância natural de ^{15}N , que dos 177 kg ha⁻¹ de nitrogênio adicionado pelo adubo verde 74% foram provenientes da FBN. Entretanto não houve diferença significativa na transferência do nitrogênio do adubo verde proveniente da FBN a medida que avançou a data de incorporação que variou entre 0 e 45 dias. Em média 23,6 % do nitrogênio no brócolis foi proveniente do N-FBN da mucuna incorporada (DINIZ *et al.*, 2007).

No cultivo de brócolis em sucessão ao milho cultivado sobre pré-cultivos isolados e consorciados de adubos verdes crotalária (*C. juncea*) e milheto (*P. glaucum*), a transferência de nitrogênio pelos resíduos de

crotalária foi baixa. Após o cultivo isolado com crotalária, 9,15% do nitrogênio da inflorescência e 5,66% do nitrogênio presente nas folhas eram provenientes da fixação biológica, enquanto que após o consórcio com milho estes valores foram de 8,48% e 5,34%, respectivamente. Além disso, entre 0,41 e 0,48 kg N ha⁻¹ exportados pela inflorescência foram derivados da FBN realizada pela crotalária (PERIN et al., 2004). É importante ressaltar que os resultados desconsideram o N contido no sistema radicular do brócolis, subestimando portanto o total transferido. O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito residual do N proveniente da raiz, parte aérea ou planta inteira de leguminosas e do N-fertilizante sobre o crescimento e produção do repolho.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Horta Velha, Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, no período de agosto a dezembro de 2008. Em dezembro de 2007 a abril de 2008, foram cultivadas as leguminosas *C. juncea* e *C. ensiformis* em condições de campo. De abril de 2008 a julho de 2008, procedeu-se o primeiro plantio de mudas de repolho. O segundo plantio do repolho foi realizado logo em seguida na mesma área do primeiro experimento de campo, nas mesmas parcelas já delimitadas. Os detalhes são descritos a seguir. O experimento foi instalado em esquema fatorial (2 x 3) + 2, sendo 2 espécies de leguminosas (*Crotalaria juncea* e *Canavalia ensiformis*) empregadas como adubação verde e 3 partes das plantas (raiz, parte aérea ou planta inteira) e 2 tratamentos adicionais (adubação mineral com 100% ou 50% da dose recomendada de N), em blocos casualizados com 4 repetições, totalizando 32 parcelas. Os tratamentos foram: AM100 (Adubação Mineral (A.M.) 100% da dose recomendada de N para a cultura do repolho), AM50 (Adubação Mineral 50% da dose recomendada de N), CRRA AM50 (Crotalária (raiz) + 50% A.M. N), CRPA AM50 (Crotalária (parte aérea) + 50% A.M. N), CRPI AM50 (Crotalária (planta inteira) + 50% A.M. N), FPRA AM50 (Feijão de porco (raiz) + 50% A.M. N), FPPA AM50 (Feijão de porco (parte aérea) + 50% A.M. N) e FPPI AM50 (Feijão de porco (planta inteira) + 50% A.M. N). Cada parcela foi

constituída por 5 linhas de 2,5 m de comprimento, com plantas espaçadas de 0,80 m por 0,50 m, totalizando 25 plantas. A área útil foi formada pelas 9 plantas centrais. O experimento consistiu do plantio de repolho híbrido Matsukaze sem qualquer adubação, após a colheita de toda a parte aérea das plantas de repolho do cultivo anterior, diretamente na mesma área de cultivo. A vegetação presente na área, na ocasião do plantio do repolho, foi capinada e todo o material foi deixado na própria área de cultivo. As plantas de repolho foram cultivadas no campo por 118 dias. Foram realizadas determinações semanais da variável não destrutiva área do dossel (cm^2), calculada a partir da multiplicação dos valores obtidos pela medição transversal e longitudinal superior do dossel (cm), em relação à linha de plantio (DINIZ, 2004). A produção foi avaliada pela massa da matéria fresca e matéria seca da cabeça, matéria fresca total e matéria seca total das plantas de repolho, que foram determinadas através da soma da massa da cabeça, folhas e caule. A massa referente a parte aérea das plantas de repolho foram pesadas para a determinação da matéria fresca. Após a coleta dos dados das amostras, foram retiradas sub-amostras que foram lavadas com água deionizada, secadas em papel-toalha e acondicionadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C, até atingirem massa constante, sendo então pesadas para a quantificação da matéria seca. O diâmetro da cabeça foi determinado através do corte horizontal da cabeça de repolho utilizando-se uma régua. As médias dos tratamentos foram comparadas com a testemunha utilizando-se o teste de Dunnett a 5% de probabilidade, adotando-se como testemunha os tratamentos AM100 ou AM50 e, comparadas entre as partes e leguminosas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados de área do dossel foram submetidos à análise de variância da regressão ao nível de 5% de probabilidade. A escolha dos modelos deu-se com base no coeficiente de determinação, na análise de resíduos e no fenômeno em estudo.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Comparações com AM100

Plantas de repolho cultivadas sobre o efeito residual de parte aérea de crotalária e planta inteira de ambas as espécies de leguminosas resultaram em produtividades superiores àquelas cultivadas com o efeito residual de 100% A.M.N., enquanto que os demais tratamentos não diferiram da testemunha (Tabela 1). O rendimento variou de 1,36 a 1,99 kg planta⁻¹, o qual corresponde à produtividade de 34 a 50 Mg ha⁻¹. Independente da leguminosa, não houve diferença de produtividade entre plantas cultivadas com Raiz + AM50 daquelas cultivadas com 100% da dose recomendada de N. Foi verificado o efeito residual, obtendo-se cabeças de repolho atingindo valores acima dos padrões do mercado consumidor brasileiro que é de 1000 a 1500 g de massa fresca comercial (LÉDO *et al.*, 2000).

Comparando-se as médias de produções de cabeças comerciais apresentadas pelo repolho nos tratamentos com o efeito residual das leguminosas + 50% A.M.N., verifica-se que essas em geral foram similares à faixa de 1,2 a 1,9 kg, encontrados por FONTANÉTTI *et al.*, (2006), trabalhando com pré-cultivos de leguminosas mais composto orgânico e vegetação espontânea mais adubação mineral. Em geral, maiores produções que as 900 g mencionadas por OLIVEIRA *et al.*, (2001) trabalhando apenas com esterco bovino (41 Mg ha⁻¹ massa fresca) e de 1,26 kg por OLIVEIRA *et al.*, (2005), em áreas com pré-cultivos de crotalária.

Tabela 1 - Valores médios de produção da massa da matéria fresca e seca de cabeças de repolho (MFCAB e MSCAB), aos 118 dias após o transplântio. UFV, Viçosa-MG, 2008.

Tratamentos	MFCAB	MSCAB
	(g planta ⁻¹)	
AM100	1367,79	82,54
CARRA AM50	1421,02	95,07
CRPA AM50	1747,12*	106,87*
CRPI AM50	1892,50*	113,32*
FPRA AM50	1494,94	97,99
FPPA AM50	1677,31	98,18
FPPI AM50	1991,39*	119,18*
CV(%)	10,87	10,82
DMS	315,86	19,23

Nas colunas as médias seguidas de * diferem da testemunha 100% de adubação de N ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

A produção da massa da matéria fresca total das plantas de repolho seguiu o mesmo comportamento da produção de cabeças. A massa da matéria seca total e o diâmetro horizontal da cabeça de repolho foram influenciados positivamente pelo efeito residual de parte aérea de crotalária e da planta inteira de ambas as espécies quando comparadas às plantas cultivadas com 100% de AMN (Tabela 2). Em trabalhos realizados com pré-cultivos de crotalária para a produção do repolho FONTANÉTTI *et al.*, (2006) e OLIVEIRA *et al.*, (2005) obtiveram médias de diâmetro horizontal entre 15 a 19 cm, semelhantes às do presente experimento onde apenas há o efeito residual das partes de leguminosas e do N-fertilizante do cultivo agrícola anterior.

Tabela 2 - Valores médios de produção da massa da matéria fresca e seca total (MFTOTAL e MSTOTAL) das plantas de repolho e diâmetro horizontal (DIAM) da cabeça de repolho, aos 118 dias após o transplântio. UFV, Viçosa-MG, 2008.

Tratamentos	MFTOTAL	MSTOTAL	DIAM
	(g planta ⁻¹)		(cm)
AM100	2068,53	150,66	15,7
CRRA AM50	2140,80	176,81	16,1
CRPA AM50	2575,07*	184,56*	17,5*
CRPI AM50	2779,33*	198,07*	18,2*
FPRA AM50	2264,66	177,88	16,3
FPPA AM50	2474,90*	177,24	17,2
FPPI AM50	2879,20*	210,05*	18,0*
CV(%)	9,06	8,57	5,17
DMS	390,91	27,36	1,55

Nas colunas as médias seguidas de * na coluna diferem da testemunha 100% de adubação de N ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

- Comparações com AM50

Plantas cultivadas sobre o efeito residual da aplicação da planta inteira de quaisquer das leguminosas resultaram em produtividades superiores àquelas cultivadas sobre o efeito residual de 50% da A.M.N. (Tabela 3). O relativo aproveitamento a longo prazo pelas plantas de repolho cultivados sob o efeito da aplicação da planta inteira das leguminosas, sugere que o efeito residual dos nutrientes, principalmente o N, proveniente destas plantas deva ser maior do que o do fertilizante inorgânico aplicado.

Nesse sentido, AMBROSANO (1995), relata que de 60 a 80% do N das leguminosas permaneceu no solo.

Tabela 3 - Valores médios de produção da massa da matéria fresca e seca de cabeças de repolho (MFCAB e MSCAB), aos 118 dias após o transplântio. UFV, Viçosa-MG, 2008.

Tratamentos	MFCAB	MSCAB
	(g planta ⁻¹)	
AM50	1547,92	90,69
CRRA AM50	1421,02	95,07
CRPA AM50	1747,12	106,87
CRPI AM50	1892,50*	113,32*
FPRA AM50	1494,94	97,99
FPPA AM50	1677,31	98,18
FPPI AM50	1991,39*	119,18*
CV(%)	10,87	10,82
DMS	315,86	19,23

Nas colunas as médias seguidas de * na coluna diferem da testemunha 50% de adubação de N ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Quando comparamos a testemunha de 50% da dose recomendada de N com os demais tratamentos, verificou-se apenas que a massa da matéria fresca e seca total das plantas foram influenciadas pelo efeito da aplicação de planta inteira de ambas as espécies e que o diâmetro horizontal foi influenciado apenas pelo tratamento correspondente a planta inteira de crotalária (Tabela 4). O mesmo comportamento da produção da massa total foi verificado pela produção de cabeças de repolho.

Os efeitos dos adubos verdes a longo prazo ficou evidenciada por ter resultado em maiores produções de repolho, principalmente sobre o efeito da planta inteira das leguminosas. Com destaque para as maiores quantidades de nutrientes reciclados pelos adubos verdes de 814,38 e 627,95 kg ha⁻¹ de N; 457,26 e 336,01 kg ha⁻¹ de K e 351,65 e 307,35 kg ha⁻¹ de Ca, respectivamente para as plantas de crotalária e feijão de porco. Deste modo, provavelmente a maior porção dos nutrientes desses resíduos dos adubos verdes devem ter permanecido no solo dentro da zona explorada pelas raízes das plantas. Já que por outro lado, a ocorrência de perdas é muito pequena, em virtude do padrão de mineralização dos resíduos ser relativamente lento, e também pela grande interação que, principalmente, o

N mineralizado de resíduos vegetais sofre com o N do solo (AMBROSANO 1995; MURAOKA *et al.*, 2002), o que se deve, em partes, à maior absorção do N de fontes inorgânicas pela planta em curto prazo. O relativo pequeno aproveitamento dos nutrientes pelos resíduos vegetais pelo repolho cultivado em sucessão, sugere que o efeito residual dos nutrientes, principalmente o N, dos adubos verdes deva ser maior do que do N-fertilizante inorgânico aplicado.

Tabela 4 - Produção da massa da matéria fresca e seca total (MFTOTAL e MSTOTAL) das plantas de repolho e diâmetro horizontal (DIAM) da cabeça de repolho, aos 118 dias após o transplântio. UFV, Viçosa-MG, 2008.

Tratamentos	MFTOTAL	MSTOTAL	DIAM
	(g planta ⁻¹)		(cm)
AM50	2329,25	168,57	16,5
CRRA AM50	2140,80	176,81	16,1
CRPA AM50	2575,07	184,56	17,5
CRPI AM50	2779,33*	198,07*	18,2*
FPRA AM50	2264,66	177,88	16,3
FPPA AM50	2474,90	177,24	17,2
FPPI AM50	2879,20*	210,05*	18,0
CV(%)	9,06	8,57	5,17
DMS	390,91	27,36	1,55

Nas colunas as médias seguidas de * na coluna diferem da testemunha 50% de adubação de N ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

- Comparações entre as partes

Plantas de repolho cultivadas sobre o efeito residual da planta inteira de quaisquer das leguminosas resultaram em produções superiores àquelas cultivadas em raiz ou parte aérea (Tabela 5). O mesmo comportamento verificado na produção de cabeças foi encontrado na massa fresca total das plantas de repolho. O diâmetro horizontal das plantas de repolho foi similar entre as plantas cultivadas sobre o efeito da planta inteira e da parte aérea das leguminosas.

O mesmo efeito residual foi evidenciado por SILVA (2002), com o emprego de dois anos consecutivos de crotalária isolada ou consorciada ao sorgo, na produtividade de brócolos. No entanto, em trabalhos realizados com milho e brócolos cultivados em sequência, PERIN *et al.*, (2004)

verificaram que a presença da crotalária nos pré-cultivos pronunciou-se de forma diferente para as duas culturas, onde o aproveitamento pelo brócolos do N fixado biologicamente pela crotalária foi baixo e o efeito residual não resultou em maiores diâmetro das inflorescências e produções de brócolos.

As maiores quantidades de nutrientes e o maior aproveitamento pelas plantas de repolho foram superiores nos tratamentos com a aplicação da planta inteira de ambas as espécies de leguminosas. À maior oferta de outros nutrientes, que certamente foram mineralizados juntos com o N, provavelmente refletiram nas maiores produções do repolho quando comparados com os tratamentos que levaram apenas a parte aérea e raiz de leguminosas.

Tabela 5 - Médias da massa da matéria fresca e seca de cabeças de repolho (MFCAB e MSCAB), da massa da matéria fresca e seca total (MFTOTAL e MSTOTAL) das plantas de repolho e do diâmetro horizontal de cabeças de repolho (DIAM) em função das partes das leguminosas, raiz (RA), parte aérea (PA) e planta inteira (PI). UFV, Viçosa-MG, 2008.

Partes	MFCAB	MSCAB	MFTOTAL	MSTOTAL	DIAM
	(g planta ⁻¹)				cm
PI	1941,94 a	116,25 a	2829,27 a	204,06 a	18,16 a
PA	1712,22 b	102,52 b	2524,99 b	180,90 b	17,40 a
RA	1457,98 c	96,53 b	2202,73 c	177,34 b	16,28 b
CV(%)	10,87	10,82	9,06	8,57	5,17
DMS	225,13	13,70	278,61	19,50	1,10

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

- Análise de crescimento

O crescimento do repolho foi influenciado pelo tempo em todos os tratamentos, com o aumento crescente da área do dossel até cerca de 35 dias após o transplante. É possível identificar três fases de crescimento do repolho, uma primeira fase de crescimento inicial lento, na primeira semana, caracterizando uma época de pouco acúmulo de massa seca. Logo após, entre 10 e 35 dias, a quantidade de massa seca em taxas mais elevadas, caracterizando um período de maior acúmulo de massa. Neste período, as plantas possivelmente exigiram maiores quantidades de nutrientes em relação ao período anterior. A última fase é caracterizada por uma tendência

a estabilização do crescimento, provavelmente provocado pela queda do acúmulo de massa das plantas de repolho (Figura 1).

Não se verificou interação significativa entre os tratamentos versus datas, a maior área do dossel foi verificada após os 20 dias após o transplântio. O efeito do tempo pode ser observado a partir da segunda semana após o transplântio (Figura 1).

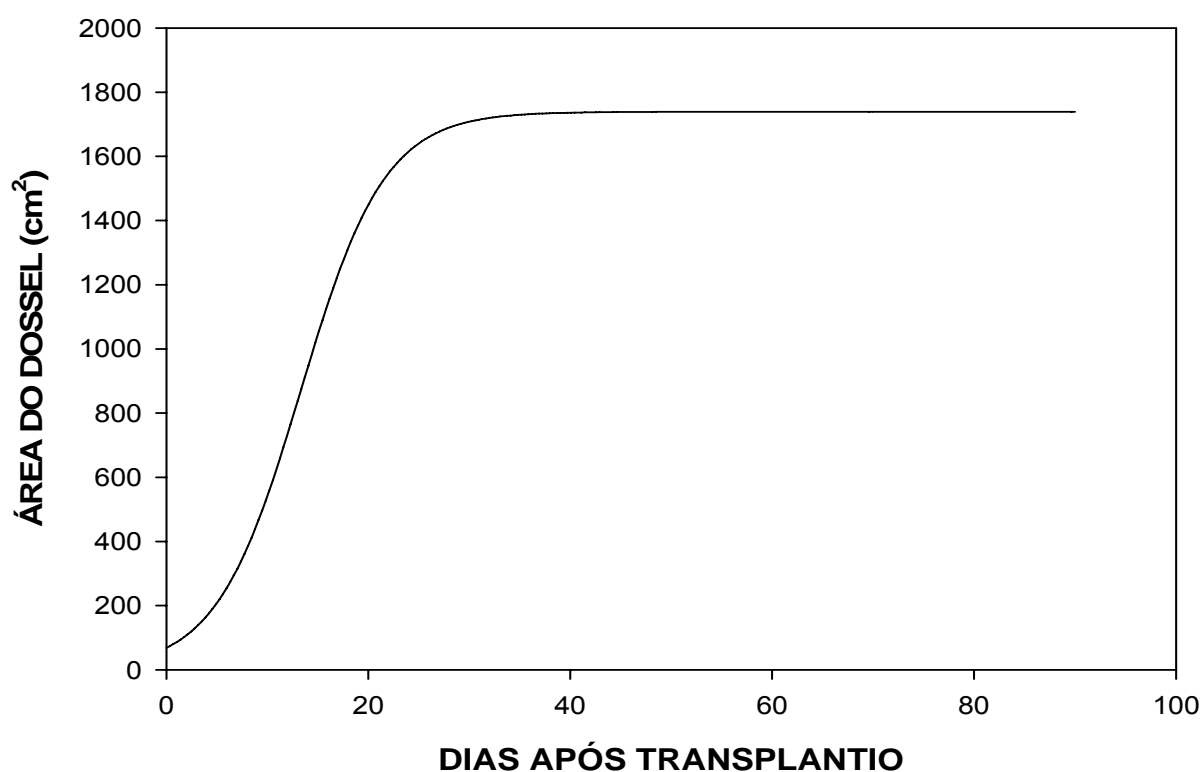


Figura 1: Curva de crescimento da área do dossel (cm²) em função dos dias após transplântio do repolho. UFV: Viçosa, 2008.

Quadro 1 - Equação de regressão logística ajustada da área do dossel em função dos dias após transplântio e coeficiente de determinação referente à figura 1. UFV, Viçosa-MG, 2008.

EQUAÇÃO AJUSTADA	R ²
$\hat{y} = 1739,02042 / (1 + \exp(3,19822 - 0,24027D))$	0,774

As plantas de repolho cresceram em dossel de forma similar (Tabela 6), mas a produção foi diferente em alguns tratamentos, conforme observado anteriormente. As plantas de repolho cultivadas sobre o efeito da planta inteira de crotalária obtiveram produções superiores às testemunhas cultivadas sobre o efeito residual de 100% ou 50% da dose recomendada de N. O que pode ser atribuído ao efeito a longo prazo dos adubos verdes, o qual não foi suprimido pela exploração imediata do repolho cultivado anteriormente.

Tabela 6 - Média da área do dossel das plantas de repolho. UFV, Viçosa-MG, 2008.

Tratamentos	Área do dossel (cm ²)	Tratamentos	Área do dossel (cm ²)
AM100	1201,39	AM50	1226,39
CRRA	1230,99	CRRA	1230,99
CRPA	1354,22	CRPA	1354,22
CRPI	1528,37	CRPI	1528,37
FPRA	1316,32	FPRA	1316,32
FPPA	1440,12	FPPA	1440,12
FPPI	1509,25	FPPI	1509,25
Média	1350,88	Média	1350,88
DMS	444,21	DMS	444,21

Nas colunas as médias seguidas de * diferem da testemunha 100% ou 50% de adubação de N ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Pelo exposto, verifica-se que a produção das plantas de repolho alcançou um padrão comercial dentro das exigências de mercado, comportamento este observado com o aproveitamento do efeito residual dos nutrientes presentes nas leguminosas provenientes do cultivo antecessor.

Em estudo da dinâmica do N da crotalária e da mucuna preta marcada com ¹⁵N no sistema solo-planta AMBROSANO (1995), observou que 60 a 80% do N das leguminosas permaneceu no solo, de 20 a 30% foi absorvido pelas plantas de milho e 5 a 15% deixou o sistema. Desta forma, possivelmente, a maior porção dos nutrientes das leguminosas deve ter permanecido no solo num primeiro instante (MURAOKA *et al.*, 2002), ou seja, à maior absorção dos nutrientes no primeiro cultivo do repolho deu-se, na maior parte, de fontes inorgânicas provenientes do fertilizante e do solo num

primeiro instante. No entanto, o relativo pequeno aproveitamento dos nutrientes dos adubos verdes pelo repolho em sucessão, sugere que o efeito residual dos nutrientes dos adubos verdes deva ser maior com o passar do tempo, aumento o aproveitamento dos nutrientes das leguminosas no segundo plantio do repolho.

5.4 CONCLUSÕES

Áreas em que foram deixadas a parte aérea ou a planta inteira de crotalária ou feijão de porco resultaram em maiores produções e conseqüentemente, maiores efeitos residuais do que a adubação com N-mineral. O cultivo sucessivo sobre as raízes destas leguminosas não resultou em efeito residual diferente do proveniente da adubação mineral com 50 ou 100 % da recomendação da adubação N.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADO, T.J.C.; MILNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.241-248, 2002a.
- AMADO, T.J.C.; MILNICZUK, J.; FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fonte de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p.179-189, 2002b.
- AMBROSANO, E.J. **Dinâmica do nitrogênio dos adubos verdes, crotalária juncea (*Sunnhemp*) e mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), em dois solos cultivados com milho**. 1995. 83p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- DINIZ, E. R.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S. S.; PETERNELLI, L. A.; BARRELLA, T. P.; FREITAS, G. B. de; Green manure incorporation timing

- for organically grown broccoli. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.42, n.2, p.199-206, 2007.
- DINIZ, E.R. **Influência da época de incorporação de adubo verde na produção de brócolis cultivado organicamente**. 2004. 63p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- FONTANÉTTI A.; CARVALHO G.J.; GOMES L.A.A.; ALMEIDA K.; MORAES S.R.G.; TEIXEIRA C.M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 146-150, 2006.
- LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KORNODÔRF, G.H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.14, p.363-376, 2000.
- LÊDO, F.J.S.; SOUZA, J.A.; SILVA, M.R. Avaliação de cultivares e híbridos de repolho no Estado do Acre. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 138-140, 2000.
- MURAOKA, T.; AMBROSANO, E.J.; ZAPATA, F.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A.L.M.; TRIVELIN, P.C.O.; BOARETTO, A.E.; SCIVITTARO, W.B. Eficiência de abonos verdes (crotalária y mucuna) y urea, aplicadas solos o juntamente como fuentes de N para el cultivo de arroz. **Terra**, Chapingo, v.20, p.17-23, 2002.
- OLIVEIRA AP; FERREIRA DS; COSTA CC; SILVA AF; ALVES EU. Uso de esterco bovino e húmus de minhoca na produção de repolho híbrido. **Horticultura Brasileira**, v.19, p.70-73, 2001.
- OLIVEIRA F.L.; RIBAS R.G.T.; JUNQUEIRA R.M.; PADOVAM M.P.; GUERRA J.G.M.; ALMEIDA D.L.; RIBEIRO, R.L.D. Desempenho do consórcio entre repolho e rabanete com pré-cultivo de crotalaria, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 184-188, 2005.
- PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M.; CECON, P.R. Efeito residual da adubação verde no rendimento de brócolo (*Brassica oleraceae* L. var. *italica*) cultivado em sucessão ao milho (*Zea mays* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.6, p.1739-1745, 2004.

- SCIVITTARO, W.B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A.E.; TRIVELIN, P.C.O.
Utilização de nitrogênio de adubos verde e mineral pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 24, n. 4, p. 917-926, 2000.
- SILVA, V.V. **Efeito do pré-cultivo de adubos verdes na produção orgânica e brócolos (*Brassica oleraceae* L. var. *italica*) em sistema de plantio direto**. 2002. 86p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

6. DISCUSSÃO GERAL

Nos experimentos de vasos ocorreu uma situação fora do esperado, onde os tratamentos com a aplicação da planta inteira de leguminosas não refletiram em maior rendimento das plantas de repolho, diferentemente do observado nos experimentos de campo. Em adição, foi possível observar o crescimento reduzido das plantas de repolho sob os efeitos desses tratamentos. Tais fatos poderiam ser atribuídos ao elevado teor de umidade no solo, em consequência dos resíduos de leguminosas. Visualmente, nos tratamentos com a planta inteira de leguminosas se observava que o solo se mantinha permanentemente úmido. Outra possível explicação seria que a massa da planta inteira das leguminosas depositada nos vasos em conjunto com a umidade do solo possa ter contribuído para a sua fermentação, consequentemente afetando o rendimento das plantas de repolho. Em tese, nos vasos a decomposição dos resíduos vegetais pode ser prejudicada pela ausência da macrofauna, o que possa ter gerado a permanência da massa verde não decomposta na superfície do solo, nas primeiras semanas de cultivo do repolho.

Em futuros trabalhos em vasos é preciso considerar a questão da irrigação para melhor aferir a quantidade de água disponível para cada tratamento, principalmente quando se trata de trabalhos com cobertura vegetal. Com isso, torna-se necessário, nos próximos estudos em condições controladas, a tentativa de minimizar o efeito do excesso de umidade do solo sobre os diferentes tratamentos com adubação verde. Além disso, outro aspecto a ser considerado é a possível fermentação dos resíduos, principalmente se foram em grande volume.

Nos trabalhos de campo, na tentativa de se estudar a contribuição das raízes de leguminosas para a adubação verde do repolho, os tratamentos sobre raízes de leguminosas resultaram em menores rendimentos de repolho. Mas este tratamento representa também a remoção da parte aérea, ou seja, os nutrientes acumulados pela parte aérea das leguminosas foram exportados das parcelas onde as plantas foram crescidas somente sobre as raízes, o que pode ter contribuído para o resultado. As parcelas constituídas por raízes ficavam mais pobres em nutrientes e na tentativa para minimizar a

retirada dos nutrientes pela parte aérea de leguminosas e determinar a contribuição do sistema radicular para o fornecimento de nutrientes, a melhor opção seria o fornecimento de nutrientes em quantidades similares aos removidas das parcelas. Outro fato importante com relação ao cultivo do repolho em campo deve-se a adubação do N-mineral com 100 e 50% da dose recomendada de N, onde maiores rendimentos foram obtidos com apenas 50% da dose. O que ocorreu, possivelmente, foi que a adubação nitrogenada foi aplicada toda no plantio, diferentemente do que é realmente recomendado para a cultura do repolho. Isto se deve a tentativa de se minimizar qualquer alteração no processo de mineralização do N proveniente dos adubos verdes, ou seja, a aplicação de N não poderia interferir nos tratamentos com a aplicação de raiz, parte aérea ou planta inteira de quaisquer leguminosa mais 50% da dose recomendada de N. A adubação na dose de 100% de N ocasionou menores rendimentos de repolho, provavelmente, por todo o nutriente ter sido fornecido todo de uma vez, possivelmente, provocando perdas ou imobilização no solo.

Em trabalhos com adubação verde torna-se necessário estudar o destino dos nutrientes, principalmente o N, proveniente das leguminosas. Possivelmente, o destino parcial dos nutrientes provenientes da mineralização dos resíduos de leguminosas permaneça no solo, onde culturas em rotação possam vir a utilizar em maiores proporções, num primeiro instante, os nutrientes provindos dos fertilizantes inorgânicos. É possível identificar no segundo experimento de campo um nítido efeito residual dos nutrientes provenientes das leguminosas sobre o rendimento das plantas de repolho, o que reforça a idéia de que, provavelmente, o destino dos nutrientes, principalmente o N, liberados pelos adubos verdes sejam realmente o solo, ocasionado por um relativo pequeno aproveitamento dos nutrientes dos adubos verdes pelo cultivo em sucessão (primeiro cultivo do repolho). Nesse contexto, estudos com adubos verdes marcados com ^{15}N tornam-se indispensáveis para se estudar o destino do N da matéria seca dessas plantas e determinar o seu real aproveitamento por culturas em sucessão.

7. CONCLUSÕES GERAIS

A aplicação da planta inteira de ambas as espécies de leguminosas diminui a produção de cabeça do repolho cultivado em vasos. Com a aplicação de raiz ou parte aérea de quaisquer das espécies de leguminosas a adubação com N-mineral pode ser reduzida em 50% sem perda de produtividade.

A aplicação da planta inteira de crotalária aumenta a produção de cabeça do repolho, comparativamente às plantas cultivadas com 100% de adubação de N-mineral. O cultivo sobre o sistema radicular de feijão de porco diminui a produção, comparativamente às plantas cultivadas com 50% A.M.N. Com a aplicação da parte aérea ou planta inteira de quaisquer das leguminosas a adubação com N-mineral pode ser reduzida em 50% sem perda de produção.

Áreas em que foram deixadas a parte aérea ou a planta inteira de crotalária ou feijão de porco resultaram em maiores produções e conseqüentemente, maiores efeitos residuais do que a adubação com N-mineral. O cultivo sucessivo sobre as raízes destas leguminosas não resultou em efeito residual diferente do proveniente da adubação mineral com 50 ou 100 % da recomendação da adubação N.

ANEXOS

CAPÍTULO I

Quadro 1A - Resumo da análise de variância da massa da matéria fresca e seca da cabeça de repolho (MFCAB e MSCAB), da massa da matéria fresca e seca total (MFTOTAL e MSTOTAL) das plantas de repolho e do diâmetro horizontal (DIAM) da cabeça de repolho. UFV, Viçosa-MG, 2008.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		MFCAB	MSCAB	MFTOTAL	MSTOTAL	DIAM
BL	4	1604,154	31,21838	2588,537	42,98650	0,7096250
L	1	480,000	1,976333	3533,845	92,22533	0,021333
P	2	25538,77**	381,8453**	35938,10**	679,6810*	2,757000*
L x P	2	3114,327	24,70533	6198,454	98,45033	1,242333
TEST.	1	5938,969	112,8960	31990,34	619,3690	1,369000
FAT. vs TEST.	1	6320,561	79,5443	5007,81	0,091	0,39675
RESÍDUO	28	2112,943	37,49209	2595,668	99,66021	0,6473393
CV(%)		26,50	32,26	11,29	14,67	10,90

Obs. * e **: Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 1B - Resumo da análise de variância da área do dossel. UFV, Viçosa-MG, 2008.

FV	GL	QM
BL	4	411050,1
TRATAMENTO	7	823529,6
ERRO (A)	28	456206,8
DATA	9	0,4638062E+08
TRAT. x DATA	63	165510,6**
RESÍDUO	288	50252,65
CV(%)		13,46

Obs. * e **: Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

CAPÍTULO II

Quadro 2A - Resumo da análise de variância da massa da matéria fresca e seca da cabeça de repolho (MFCAB e MSCAB), da massa da matéria fresca e seca total (MFTOTAL e MSTOTAL) das plantas de repolho e do diâmetro horizontal (DIAM) da cabeça de repolho. UFV, Viçosa-MG, 2008.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		MFCAB	MSCAB	MFTOTAL	MSTOTAL	DIAM
BL	3	238009,3	875,2331	573470,4	3248,162	1,759507
L	1	58282,66	459,7681**	233216,5*	1550,837*	0,5086474
P	2	178094,00	343,1289**	977325,6**	3181,434**	2,718093*
L x P	2	51641,38*	99,40881	85909,87	267,7766	0,5667162
TEST.	1	9722,51	0,6297957	51691,78	343,6652	0,036444
FAT. vs TEST.	1	341,39	118,6712043	38152,72	1687,1858	0,01857
RESÍDUO	21	11636,10	40,37600	51944,59	345,4355	0,5133590
CV(%)		5,28	5,08	6,36	6,64	3,60

Obs. * e **: Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 2B - Resumo da análise de variância da área do dossel. UFV, Viçosa-MG, 2008.

FV	GL	QM
BL	3	879328,8
TRATAMENTO	7	1211480**
ERRO (A)	21	378866,1
DATA	9	0,7098353E+08**
TRAT. x DATA	63	93458,91 ^{ns}
RESÍDUO	216	90128,27
CV(%)		12,37

Obs. * e **: Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} não significativo.

CAPÍTULO III

Quadro 3A - Resumo da análise de variância da massa da matéria fresca e seca da cabeça de repolho (MFCAB e MSCAB), da massa da matéria fresca e seca total (MFTOTAL e MSTOTAL) das plantas de repolho e do diâmetro horizontal (DIAM) da cabeça de repolho. UFV, Viçosa-MG, 2008.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		MFCAB	MSCAB	MFTOTAL	MSTOTAL	DIAM
BL	3	1089025,0	4103,981	1621527,0	7597,730	14,30025
L	1	7073,893	0,0055230	10179,44	21,86634	0,038441
P	2	468840,5**	818,0922**	785305,8**	1683,775**	7,133210**
L x P	2	16580,32	118,3704	30260,03	187,1638	0,1144599
TEST.	1	64890,03	133,0585	135944,9	641,7474	1,307928
FAT. vs TEST.	1	363661,17	2050,3235	614813,1	4644,8096	7,659072
RESÍDUO	21	31891,14	118,2038	48843,97	239,2872	0,7739757
CV(%)		10,87	10,82	9,06	8,57	5,17

Obs. * e **: Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 3B - Resumo da análise de variância da área do dossel. UFV, Viçosa-MG, 2008.

FV	GL	QM
BL	3	1252480
TRATAMENTO	7	539301,5
ERRO (A)	21	388708,4
DATA	7	0,1308305E+08**
TRAT. x DATA	49	34564,66 ^{ns}
RESÍDUO	168	42319,70
CV(%)		15,22

Obs. * e **: Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} não significativo.