

Produtividade do milho em sistema agroecológico na caatinga mineira

Productivity of corn agroecosystem in the caatinga mineira

Marília D. Massad, Fábio L. de Oliveira, Tiago R. Dutra, Claudenir Fávero

Resumo - O objetivo deste trabalho foi conhecer os efeitos promovidos por um sistema agroecológico no desempenho produtivo da cultura do milho, na forma de pré-cultivo da crotalária aliado a doses crescentes de esterco bovino, na região de caatinga no médio Vale do Jequitinhonha. Foi adotado o delineamento experimental de blocos ao acaso com os tratamentos correspondendo às áreas sob pré-cultivo com crotalária aliado a seis diferentes doses de esterco bovino (0, 5, 10, 15, 20, e 25 t ha⁻¹) e um tratamento adicional (pousio com a vegetação espontânea), com quatro repetições, caracterizando um delineamento no formato 6 x 4 + 1. Quantificou-se a matéria fresca e seca do adubo verde e composição em macronutrientes. As avaliações no milho foram: número de folhas, altura das plantas e da inserção da espiga, comprimento e diâmetro da espiga, acumulação de matéria fresca e seca na parte aérea, produtividade e teores e acúmulo de macronutrientes. A crotalária apresentou grande acúmulo de fitomassa seca e nutrientes. O adubo verde proporcionou as maiores alturas de plantas e de inserção da espiga, número de folhas, valores de matéria verde e seca na parte aérea do milho, diâmetro, comprimento e produtividade. De forma geral, a fitomassa da crotalária pré-cultivada ao milho supriu as exigências da cultura, demonstrando o potencial de substituição ao uso do esterco bovino, como fertilizante alternativo.

Palavras-chave: adubação verde, plantio direto, *Zea mays*

Abstract - The aim this work was to know the effects promoted by an agroecosystem on growth performance of corn, in the form pre-cultivation of *C. juncea*, combined with increasing doses of cattle manure in the medium Vale do Jequitinhonha. We adopted the experimental design of randomized blocks with treatments corresponding to areas under cultivation with *C. juncea* combined with six different doses of cattle manure (0, 5, 10, 15, 20, e 25 t ha⁻¹) and an additional treatment (fallow with natural vegetation), with four replications, featuring a design format 6 x 4 + 1. We quantified the fresh and dry weight of green manure and macronutrient composition. Assessments in corn were: number of leaves, plant height and ear height, length and ear diameter, accumulation of fresh and dry matter in the shoot, and productivity levels and accumulation of nutrients. The *C. juncea* showed great potential for green manure and nutrients. The green manure promoting the highest plant height and ear height, number of leaves, values of fresh and dry mass in corn, diameter, length and yield of corn. In general, the biomass of *C. juncea* pre-grown with corn supplies the requirements of culture, demonstrating the potential to replace the use of manure as an alternative fertilizer.

Key words: green manure, tillage, *Zea mays*

*Autor para correspondência

Recebido em 16 12 2013 e aceito em 28 06 2014

1) Engenheira-Agrônoma, Mestre. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná, Campus Irati, Pedro Koppe, 100, Vila Matilde, 84500-000, Irati, Paraná, Brasil. mariliamassad@yahoo.com.br

3) Engenheiro Florestal, Mestre. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Campus Salinas, Fazenda Varginha, Km 02, Rodovia Salinas/Taiobeiras, 39560-000, Salinas, Minas Gerais, Brasil E-mail:tiagoreisdutra@gmail.com

INTRODUÇÃO

O médio Vale do Jequitinhonha, situado na região da caatinga mineira, é composto, em sua maioria, por agricultores familiares, que produzem para satisfazer a necessidade alimentar, comercializando o excedente em feiras livres e uma parte nos mercados locais.

Dentre as culturas manejadas o milho apresenta destaque pelas diversas formas de sua utilização na alimentação humana e animal, além de ser uma planta comercial na região.

Os solos da região Semiárida geralmente apresentam baixos teores de matéria orgânica, onde a produtividade das culturas está diretamente associada aos níveis de fertilidade natural e da possibilidade de mantê-los através da ciclagem de nutrientes (OLIVEIRA et al., 2009), por esse motivo se faz necessário o uso de práticas como a incorporação de esterco e adubos verdes.

O uso do esterco bovino como fonte de adubação é uma prática agrícola comum na região da Caatinga Mineira, uma vez que esse é obtido na propriedade ou em local próximo. Trata-se de uma prática milenar, tendo seus benefícios às propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (BATISTA et al., 2012) demonstrando o aumento da estabilidade de agregados, associado à redução da densidade do solo e maior desempenho produtivo das culturas pelo aproveitamento dos nutrientes (OLIVEIRA et al., 2007; SILVA et al., 2004). Entretanto, é uma prática agrícola com entraves pela dificuldade de manuseio e transporte, principalmente em função do volume de material, onerando os custos de produção. Desse modo, práticas mais simples de adubação orgânica, como a adubação verde, apresenta-se como alternativa relevante a esses produtores, uma vez que a matéria para a adubação pode ser obtida no mesmo lugar onde será utilizada.

A prática da adubação verde com leguminosas merece destaque em função da importância da fixação biológica do nitrogênio, realizada em associações simbióticas, e a disponibilização de fósforo em associações micorrízicas, que representam contribuições consideráveis à viabilidade econômica e sustentabilidade dos agroecossistemas. Além da baixa relação C/N, quando comparadas às outras famílias, grande presença de compostos solúveis, que favorece sua decomposição e mineralização por microrganismos do solo, aumento no teor de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (PERIN et al., 2004).

A *Crotalaria juncea*, dentre as leguminosas, destaca-se pela grande produção de matéria seca e os maiores acúmulos dos nutrientes N, P, K, Mg, B, Mn e Zn, sendo,

portanto, uma espécie promissora para o aporte de nutrientes ao solo, advindo da decomposição/mineralização da biomassa (CAVALCANTE et al., 2012). De acordo com Carvalho et al. (2004), observa-se ganho em 18% para produtividade de grãos de milho em área pré-cultivada com crotalaria quando comparado ao tratamento de pousio com gramíneas. Esse resultado pode ser explicado pela capacidade que a crotalaria tem em fornecer N para o milho em sucessão, além da grande quantidade de matéria seca produzida.

Mesmo com os estudos já realizados com o manejo da adubação verde, observa-se escassez de informação para a região da caatinga. Considerando as dificuldades existentes para os agricultores da região, surge a necessidade do estabelecimento de formas alternativas de produção, como a baseada em sistema de manejo da adubação verde, visando, dessa forma, a redução de custos e buscando melhorias no rendimento do sistema produtivo.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi conhecer os efeitos promovidos por um sistema agroecológico no desempenho produtivo da cultura do milho (*Zea mays*), na forma de pré-cultivo da crotalaria (*Crotalaria juncea*) aliado a doses crescentes de esterco bovino, nas condições edafoclimáticas de Virgem da Lapa – MG, região de caatinga no médio Vale do Jequitinhonha.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no período de dezembro de 2008 a junho de 2009, na área da Escola Família Agrícola de Virgem da Lapa (EFAVL), no município de Virgem da Lapa-MG, região de caatinga. Um ponto de referência para a área apresentou as seguintes coordenadas geográficas: latitude 16° 52' 04.1'' S, longitude 42° 19' 29.1'' W e altitude de 288 metros em relação ao nível médio dos mares. O experimento foi conduzido em solo classificado como neossolo flúvico, textura argilosa. O clima da região, segundo a classificação de Koppen é do tipo Aw: tropical, quente, com chuvas de verão e inverno seco. Durante a realização do estudo, as médias máximas e mínimas de temperaturas variaram de 31,7 °C a 20,2 °C, com precipitação total de 452,26 mm ano⁻¹. A precipitação pluviométrica, as temperaturas máximas, mínimas e médias ocorrida durante o período de condução do experimento encontram-se especificada na Figura 1.

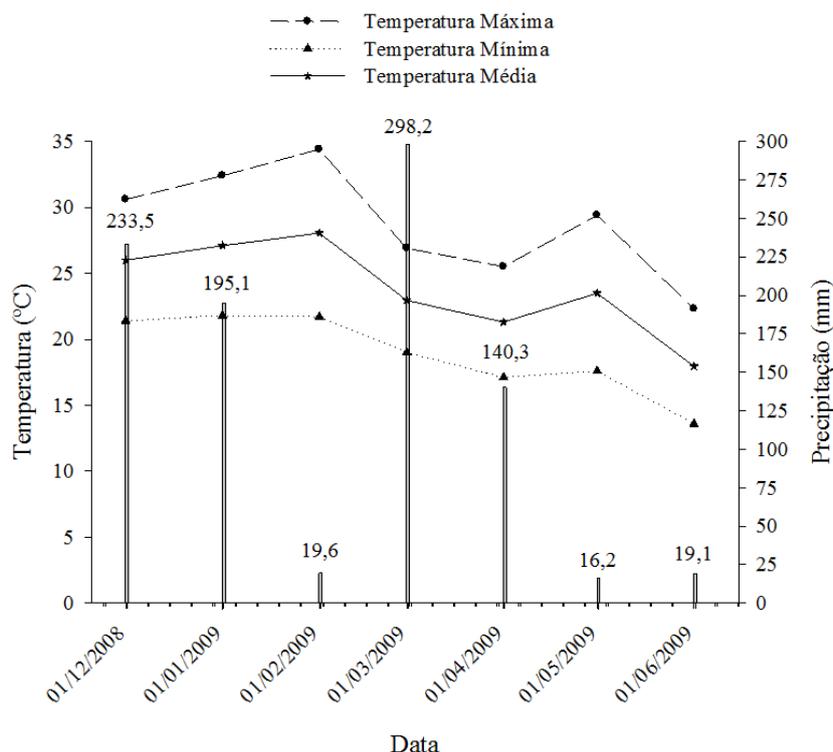


Figura 1. Precipitação e temperaturas máximas, mínimas e médias, obtidas de dezembro de 2008 a junho de 2009 (Virgem da Lapa, MG, 2009)

Foi adotado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com os tratamentos correspondendo a áreas sob pré-cultivo com crotalária aliado a seis diferentes doses de esterco bovino (0, 5, 10, 15, 20, e 25 t ha⁻¹) e um tratamento adicional (áreas em pousio com a vegetação espontânea), com quatro repetições, caracterizando um delineamento no formato 6 x 4 + 1.

A área total do experimento foi de 336 m², sendo cada parcela constituída por quatro linhas de plantio de milho, espaçadas de 1 m, com 3 m de comprimento cada, comportando 24 covas, com 5 indivíduos cada. A área útil considerada foi àquela ocupada pelas seis covas mais centrais, desconsiderando 1 m de bordadura de cada lado da parcela.

O milho utilizado foi a variedade “Vencedor”, Santa Helena Sementes, escolhida por ser uma variedade encontrada na região.

O adubo verde testado foi a crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), em função do seu destaque como uma planta rústica, de eficiente desenvolvimento vegetativo, adaptada a condições de baixa fertilidade e elevadas temperaturas. A crotalária foi usada na forma de pré-cultivo, semeada no dia 3 de dezembro de 2008, na densidade de 30 sementes/metro linear de sulco, nas entrelinhas da crotalária. Não foi feita irrigação devido à precipitação ser satisfatória ao desempenho da cultura.

Antes da implantação do experimento, com a semeadura da crotalária, foi feita uma capina manual e efetuada a calagem, com aplicação de 0,185 t ha⁻¹ de

calcário dolomítico, baseado na análise química do solo, objetivando a elevação da saturação por bases (V%) para 60%, conforme a exigência da cultura do milho. Não foi feita irrigação devido à precipitação ser satisfatória ao desempenho da cultura. Após o acamamento da crotalária e da vegetação em pousio, o milho foi implantado, entre as linhas de crotalária. A semeadura foi realizada no dia 12 de março de 2009. As doses de esterco bovino foram parceladas em 50% no plantio e 50% em cobertura, aplicada aos 43 dias do plantio, no entorno de cada cova. A irrigação por aspersão foi necessária imediatamente após a semeadura, e após a adubação de cobertura do milho objetivando complementar as necessidades hídricas da cultura.

Para aferição da matéria fresca do adubo verde, foi utilizado um quadrado amostrador de madeira, a partir do corte, rente à superfície do solo, perfazendo 1 m² dentro da área útil, aos 99 dias de ciclo, em quatro repetições. Desse material foi retirada uma amostra, constituída de uma planta inteira de crotalária, em quatro repetições, com peso médio de 200 g de matéria fresca, para se determinar a umidade e a matéria seca acumulada por área.

A cultura do milho foi colhida em estágio verde. Foram realizadas as seguintes avaliações: número de folhas em cada planta e altura do colo até a inserção da última folha aos 43 e 78 DAS do milho; altura da inserção da espiga aos 85 DAS do milho, do colo até a inserção da espiga; diâmetro e comprimento das espigas desempalhadas; produtividade em número de espigas

comercializáveis, considerando o comprimento maior que 15 cm e diâmetro maior que 3 cm (Paiva Jr et al., 2001); determinação de acumulação de fitomassa fresca nas plantas de milho sem as espigas, em seguida, determinada a acumulação em matéria seca. As espigas foram pesadas empalhadas, obtendo-se seu peso total; desempalhadas, obtendo-se o peso da palha; posteriormente foram retirados e obtidas as matérias frescas dos grãos e sabugo.

Todo o material da crotalária e do milho foi seco em estufa sob circulação forçada de ar a 65 °C até atingir peso constante, para determinação de massa seca, e posteriormente determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg e S, segundo metodologia de Malavolta et al., (1997). O conteúdo dos macronutrientes foram calculados com base nos teores e nas produções de massa seca da leguminosa e do milho.

Para comparar o efeito do pré-cultivo com crotalária aliado as doses de esterco bovino em relação à área sob pousio (tratamento controle) realizou-se o teste Dunnett ao nível de 5% de probabilidade. O efeito das doses de esterco bovino foi analisado por meio de regressões, e o valor de F foi corrigido; sendo apresentadas somente as equações cujos coeficientes de maior grau foram significativos ($p < 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se os softwares Sisvar 5.1 Build 72 e SAS® 9.1.3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A crotalária apresentou acúmulo de massa verde de parte aérea de 60,83 t ha⁻¹ e matéria seca de 22 t ha⁻¹, superando os limites encontrados por Fontanetti et al. (2006), que foi de 39,33 t ha⁻¹ para massa verde e 12,75 t ha⁻¹ para matéria seca, em Lavras - MG, com plantio e manejo na mesma época. Os resultados também foram maiores aos encontrados por Oliveira et al. (2008) com

valores de 6,5 t ha⁻¹ para matéria seca no município de Palmas/TO.

A fitomassa da crotalária acumulou quantidades de 659,34 kg ha⁻¹ de nitrogênio; 15,74 kg ha⁻¹ de fósforo; 257,65 kg ha⁻¹ de potássio; 33,8 kg ha⁻¹ de enxofre; 280,18 kg ha⁻¹ de cálcio e 39,70 kg ha⁻¹ de magnésio. Os resultados foram superiores, com exceção do fósforo, aos encontrados por Fontanetti et al. (2006), em latossolo vermelho distrófico, na região de Lavras - MG, com valores de 374,85 kg ha⁻¹ de nitrogênio; 42,07 kg ha⁻¹ de fósforo; 195,71 kg ha⁻¹ de potássio; 33,57 kg ha⁻¹ de enxofre; 159,16 kg ha⁻¹ de cálcio e 33,15 kg ha⁻¹ de magnésio. O baixo acúmulo de fósforo deve-se, provavelmente, à sua baixa disponibilidade no solo. Entretanto, Oliveira et al. (2008), em solo de cerrado, observaram acúmulo de fósforo de 14,8 t ha⁻¹ na fitomassa da crotalária, resultado inferior ao encontrado neste trabalho. De maneira geral, a quantidade acumulada de nutrientes na fitomassa da crotalária demonstrou seu potencial para a ciclagem destes, característica importante para as espécies condicionadoras de solo, permitindo a utilização em cultivos sucessivos, após a decomposição da fitomassa.

Os resultados obtidos evidenciaram que houve diferença estatística quanto ao desenvolvimento vegetativo das plantas de milho, com as maiores alturas de plantas e número de folhas observadas nas áreas pré-cultivadas com crotalária, nas duas datas de avaliação (Tabela 1). Os benefícios alcançados em alturas e número de folhas podem ter favorecido a melhor interceptação de luminosidade, por consequência, maiores taxas fotossintéticas, refletindo em maiores produções. Resultados semelhantes foram observados por Moreira & Carvalho (2007), no cultivo de milho em sucessão à crotalária, com altura das plantas 25% maiores nos solos pré-cultivados em comparação com o solo em pousio.

Tabela 1. Altura, número de folhas e altura da inserção da espiga em plantas de milho, em função do manejo da cobertura do solo e adubação com esterco bovino (Virgem da Lapa, MG, 2009)

Manejo	Altura da folha (m)		Número de folhas		Altura espiga (m)
	42 DAS	78 DAS	42 DAS	78 DAS	
Crotalária	0,95 *	2,32 *	7,73 *	11,69 *	1,20 *
Crotalária + 5 t esterco	0,96 *	2,21 *	7,84 *	11,82 *	1,26 *
Crotalária + 10 t esterco	0,91 *	2,13 *	7,56 *	11,24 *	1,18 *
Crotalária + 15 t esterco	0,94 *	2,18 *	8,16 *	11,53 *	1,26 *
Crotalária + 20 t esterco	0,94 *	2,21 *	7,60 *	11,25 *	1,29 *
Crotalária + 25 t esterco	0,99 *	2,23 *	8,21 *	11,49 *	1,21 *
Controle (Pousio)	0,46	1,64	5,96	9,36	0,87
C.V. %	15,52	9,46	8,14	3,41	10,90

* Difere estatisticamente do tratamento controle pelo Teste Dunnett a 5% de probabilidade.

O mesmo foi observado para a altura da inserção da espiga (Tabela 1), com maiores valores nas áreas pré-cultivadas com crotalária, resultado que irá refletir em uma maior facilidade no processo de colheita manual e redução nas perdas, além de melhorias na pureza dos grãos no processo de colheita mecanizada, pois, segundo Possamai et al. (2001) a altura das plantas e, principalmente, a altura de inserção da espiga, influenciam diretamente na eficiência do processo de colheita.

Quanto ao acúmulo de matéria verde e seca nas plantas de milho, observou-se que nas áreas pré-cultivadas com crotalária, os valores encontrados para as plantas inteiras, grãos, palhas da espiga e sabugo foram superiores ao acumulado nas áreas em pousio (Tabela 2). Esses resultados são apontamentos que a quantidade de nutrientes fornecidos pela fitomassa da crotalária favoreceu o bom desenvolvimento da cultura.

Tabela 2. Acúmulo de matéria verde e seca em partes da planta do milho, em função do manejo da cobertura do solo e adubação com esterco bovino (Virgem da Lapa, MG, 2009)

Manejo	Matéria verde (t ha ⁻¹)			
	Planta	Grão	Palha	Sabugo
Crotalária	150,14 *	15,54 *	19,71 *	14,36 *
Crotalária + 5 t esterco	156,50 *	16,13 *	22,04 *	15,21 *
Crotalária + 10 t esterco	164,88 *	16,62 *	22,58 *	15,93 *
Crotalária + 15 t esterco	171,38 *	16,87 *	22,57 *	16,06 *
Crotalária + 20 t esterco	171,64 *	17,26 *	22,92 *	17,54 *
Crotalária + 25 t esterco	178,39 *	18,51 *	23,96 *	18,33 *
Controle (Pousio)	43,81	3,46	6,71	5,22
C.V. %	17,89	20,22	14,66	15,98

Manejo	Massa seca (t ha ⁻¹)			
	Planta	Grão	Palha	Sabugo
Crotalária	47,44 *	4,09 *	4,23 *	3,02 *
Crotalária + 5 t esterco	48,08 *	4,33 *	4,85 *	3,34 *
Crotalária + 10 t esterco	48,80 *	4,43 *	4,88 *	3,68 *
Crotalária + 15 t esterco	50,95 *	4,82 *	5,10 *	3,71 *
Crotalária + 20 t esterco	52,70 *	4,86 *	5,38 *	3,88 *
Crotalária + 25 t esterco	53,30 *	4,93 *	5,71 *	4,72 *
Controle (Pousio)	9,32	0,47	1,29	0,69
C.V. %	22,59	25,74	14,76	27,96

* Difere estatisticamente do tratamento controle pelo Teste Dunnett a 5% de probabilidade.

Resultados demonstrando a contribuição da fitomassa de crotalária em sucessão à cultura do milho também foram apresentados por Carvalho et al. (2006) que obtiveram 7,37 e 2,30 t ha⁻¹ para massa de grãos verdes e secos, respectivamente, sendo que esses observaram que apenas a massa seca dos grãos se diferiu significativamente, quando comparado ao solo submetido ao pousio.

O bom desenvolvimento da cultura do milho pode estar relacionado com o adequado fornecimento de nutrientes, principalmente do N, que se fornecido em fases mais iniciais da cultura, promove maior acúmulo nas partes vegetativas e posterior translocação para os grãos. A planta de milho acumula diferentes quantidades de N em suas partes, assim cada parte contribui com uma porcentagem do total do N mobilizado para o enchimento dos grãos. Aparentemente, a crotalária atendeu a necessidade da variedade usada no estudo (“Vencedor”), fornecendo quantidades nutricionais satisfatórias e durante

o período de exigência da cultura. Outro fator que pode ter contribuído foi à boa disponibilidade hídrica ocorrida nos primeiros meses de condução do experimento (Figura 1).

Os resultados observados no desenvolvimento vegetativo das plantas se repetiram para os parâmetros produtivos de diâmetro, comprimento e produtividade de espigas em estágio verde, onde as plantas crescidas nas áreas pré-cultivadas com crotalária apresentaram maiores valores em relação às áreas do tratamento controle (Tabela 3). Em média as plantas crescidas nas áreas pré-cultivadas com a crotalária apresentaram espigas com diâmetro 45,58% e comprimento 52,77% maiores que as plantas crescidas em solo de pousio, o que refletiu em maior produção de grãos por espiga, e em consequência na massa total de grãos verdes (Tabela 2). A produtividade média, em número de espigas por hectare, nas áreas pré-cultivadas com crotalária, foram 38,03% maiores quando comparadas com as áreas do pousio (Tabela 3).

Tabela 3. Diâmetro e comprimento da espiga, e produtividade de espigas, na cultura do milho, em função do manejo da cobertura do solo e adubação com esterco bovino (Virgem da Lapa, MG, 2009)

Manejo	Diâmetro da espiga (cm)	Comprimento da espiga (cm)	Produtividade (Nº espigas ha ⁻¹)
Crotalária	4,31 *	17,72 *	92500 *
Crotalária + 5 t esterco	4,00 *	16,88 *	85000 *
Crotalária + 10 t esterco	4,06 *	19,01 *	87500 *
Crotalária + 15 t esterco	4,00 *	16,37 *	85000 *
Crotalária + 20 t esterco	3,96 *	17,73 *	90833 *
Crotalária + 25 t esterco	4,37 *	18,09 *	97500 *
Controle (Pousio)	2,83	11,54	65000
C.V. (%)	6,61	7,77	8,02

* Difere estatisticamente do tratamento controle pelo Teste Dunnett a 5% de probabilidade.

Acredita-se que esses resultados sejam reflexos dos benefícios observados com a fitomassa da crotalária, já apresentados, como a significativa quantidade de nutrientes acumulados pela fitomassa da leguminosa, que possivelmente podem ter sido disponibilizados para a cultura em momentos propícios à absorção pelas plantas de milho.

Fazendo uma analogia com os resultados de Oliveira et al. (2008), em situação de cerrado, quando esses observaram que 50% da quantidade acumulada de nitrogênio em fitomassa de crotalária foi disponibilizada ao solo em 38 dias, fenômeno que faria uma sincronia, com estimativa de ocorrência, por volta do estágio morfofisiológico de 4 a 6 folhas da cultura do milho, momento no qual, segundo Duete et al. (2009), as aplicações de N devem ocorrer, para permitir tempo suficiente para maior acúmulo de proteína nos tecidos antes de iniciar a formação do grão.

Meira et al. (2009) também relataram a importância do fornecimento de N nas fases iniciais para a cultura do milho, demonstrando que a absorção tardia de N não proporciona o mesmo efeito que o N absorvido em um estágio mais inicial. Além disso, a quantidade de N disponibilizada nesse período seria, no caso deste trabalho, algo em torno de 300 kg ha⁻¹, o que está muito acima da quantidade exigida pela cultura, que é de 120 kg ha⁻¹ durante o ciclo, para uma produtividade esperada de 10 t ha⁻¹ de grãos (Ritchie et al., 2003).

Além do nitrogênio, os demais nutrientes foram disponibilizados em significativas quantidades pela fitomassa da crotalária, como o caso do potássio que, fazendo uma aproximação partindo dos resultados de Oliveira et al. (2008), que observaram liberação de 50% do conteúdo de K em torno de 10 dias, seria rapidamente

liberado pela decomposição da fitomassa de crotalária, significando, no caso desse trabalho, quantidades por volta de 130 kg ha⁻¹, disponibilizadas em momento de grande absorção pela cultura do milho, que segundo Andrade (1975) apresenta máxima absorção de K nos primeiros 30 a 40 dias de desenvolvimento.

Os benefícios para a cultura do milho em outras regiões, em sistemas de sucessão com leguminosas, também foram observados por Silva et al. (2006) que obtiveram médias superiores para grãos por espiga, massa acumulada proporcional em mil grãos e produtividade de grãos, utilizando a crotalária, tanto em pré-cultivo quanto em cobertura, quando comparado com a sucessão pousio-milho e milheto-milho, por dois anos consecutivos. Bertin et al. (2005) observaram que a maior média, em produtividade, foi alcançada pelo cultivo do milho em sucessão à crotalária, apresentando-se 12% superior ao cultivo de milheto em pré-safra. Os autores ressaltam a possibilidade de haver sincronismo entre a liberação de nutrientes da fitomassa e a marcha de absorção pelo milho, quando se usa a crotalária, do que com o uso do milheto.

Os teores de N e P nos grãos de milho foram superiores nas plantas crescidas nas áreas pré-cultivadas com crotalária em comparação aos valores encontrados nas áreas do tratamento controle (Tabela 4). Entretanto, para os demais macronutrientes não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos. Os teores de N nas áreas com pré-cultivo ficaram acima dos encontrados por Duete et al. (2009) (14,84 a 16,65 g kg⁻¹). Os menores teores de N e P observados nas plantas cultivadas no solo de pousio podem representar estado de deficiência nutricional que refletiu em menor exportação dos mesmos elementos para os grãos (Tabela 4).

Tabela 4. Teores e conteúdos de macronutrientes nos grãos de milho, em função do manejo da cobertura do solo e adubação com esterco bovino (Virgem da Lapa, MG, 2009)

Manejo	Teores (g kg ⁻¹)					
	N	P	K	S	Ca	Mg
Crotalária	22,14 *	1,18 *	10,45 ^{ns}	1,40 ^{ns}	1,65 ^{ns}	1,04 ^{ns}
Crotalária + 5 t esterco	22,95 *	1,26 *	10,77 ^{ns}	1,18 ^{ns}	1,68 ^{ns}	1,05 ^{ns}
Crotalária + 10 t esterco	24,86 *	1,28 *	10,77 ^{ns}	1,10 ^{ns}	2,08 ^{ns}	1,04 ^{ns}
Crotalária + 15 t esterco	24,01 *	1,19 *	10,55 ^{ns}	1,250 ^{ns}	2,20 ^{ns}	1,04 ^{ns}
Crotalária + 20 t esterco	24,51 *	1,17 *	10,87 ^{ns}	1,07 ^{ns}	1,88 ^{ns}	1,08 ^{ns}
Crotalária + 25 t esterco	23,86 *	1,18 *	10,66 ^{ns}	1,11 ^{ns}	2,18 ^{ns}	1,02 ^{ns}
Controle (Pousio)	8,52	0,64	8,74	1,00	2,08	0,99
C.V.%	12,96	16,23	13,17	15,21	19,99	7,30

Manejo	Conteúdos (kg ha ⁻¹)					
	N	P	K	S	Ca	Mg
Crotalária	90,71 *	4,93 *	42,70 *	5,744 *	6,73 *	4,22 *
Crotalária + 5 t esterco	99,20 *	5,39 *	45,78 *	5,120 *	7,30 *	4,55 *
Crotalária + 10 t esterco	108,80 *	5,67 *	47,55 *	4,928 *	9,15 *	4,57 *
Crotalária + 15 t esterco	118,95 *	5,79 *	52,30 *	6,265 *	10,40 *	5,10 *
Crotalária + 20 t esterco	117,66 *	5,76 *	52,44 *	5,129 *	8,91 *	5,24 *
Crotalária + 25 t esterco	117,29 *	5,88 *	52,41 *	5,477 *	10,83 *	5,02 *
Controle (Pousio)	3,97	0,31	4,14	0,466	0,99	0,46
C.V.%	29,62	34,11	32,52	31,91	29,99	28,43

* Difere estatisticamente do tratamento controle pelo Teste Dunnett a 5% de probabilidade, ^{ns} Não significativo, pelo Teste Dunnett, em nível de 5% de probabilidade.

Resultados apontando maiores teores de N em grãos de milho também foram observados por Andrioli & Prado (2012) com o pré-cultivo de crotalária promovendo maior acúmulo, seguido pelas espécies lab-lab e milheto. Esse resultado foi justificado pelas altas concentrações de N nos tecidos da crotalária e à produção de matéria seca relativamente alta, comparada às demais espécies.

As plantas de milho crescidas nas áreas pré-cultivadas com crotalária apresentaram valores superiores para conteúdo de macronutrientes acumulados em grãos de milho (Tabela 4). As quantidades acumuladas de nitrogênio foram próximas das encontrados por Duete et al. (2009), que estimou a saída superior a 100 kg ha⁻¹ de N com o processo de colheita de grãos e por Bertin et al. (2005) que observaram acúmulo de N em grãos, promovido pela crotalária em pré-cultivo ao milho, de 85 kg ha⁻¹.

Em relação ao P, apesar das quantidades aparentemente pequenas, esse nutriente apresenta grande importância, já que cerca de 80 a 90% do P exportado pelas sementes é oriundo do processo de translocação na planta, o que deixaria o resíduo da colheita pobre nesse elemento, realizando baixíssima reposição ao solo (Coelho & França, 1995). O potássio é outro elemento exportado em grandes quantidades e importante no processo de translocamento dentro das plantas, o que torna o uso da

fitomassa de crotalária mais importante já que essa promove a ciclagem desse nutriente no sistema, ao fornece grandes quantidades de K para uso pelas plantas de milho, após o processo de decomposição.

Cabe ressaltar as observações qualitativas realizadas visualmente, detectando, na época da colheita, espigas bem formadas e com completa formação dos grãos nas plantas crescidas nas áreas pré-cultivadas com a crotalária, enquanto as plantas crescidas em solo de pousio encontravam-se no estágio inicial de enchimento de grãos. A presença da fitomassa da crotalária, possivelmente pelo melhor estado nutricional promovido, propiciou encurtamento no ciclo da cultura do milho, fato importante para esse cultivo que foi realizado na época chamada “safrinha” (uma safra produzida em tempo reduzido). Além disso, as significativas quantidades de nutrientes disponíveis nas fases iniciais permitiram o acúmulo de nutrientes nas folhas e colmos que se translocaram para os grãos no momento do seu enchimento. Esse fenômeno de remobilização do nutriente para os grãos ocorre com grande eficiência quando as plantas se encontram em estágio nutricional ótimo.

A aplicação de doses crescentes de esterco bovino proporcionou aumentos lineares na produção de matéria verde (Figura 2) e massa seca (Figura 3) em planta, grão, palha e sabugo. Comportamento semelhante foi observado

por Silva et al. (2004) para o peso de espigas verdes comercializáveis empalhadas e desempalhadas. Entretanto, Cancellier et al. (2010) observaram que os valores de massa verde de espigas proporcionadas por doses superiores a 20 t ha⁻¹ não se diferiram

estatisticamente da testemunha (área sem adubação). Fernandes et al. (2012) também obtiveram resultados de queda na produção inicial de massa seca e fresca em plantas de milho sob teores de esterco bovino acima de 30%.

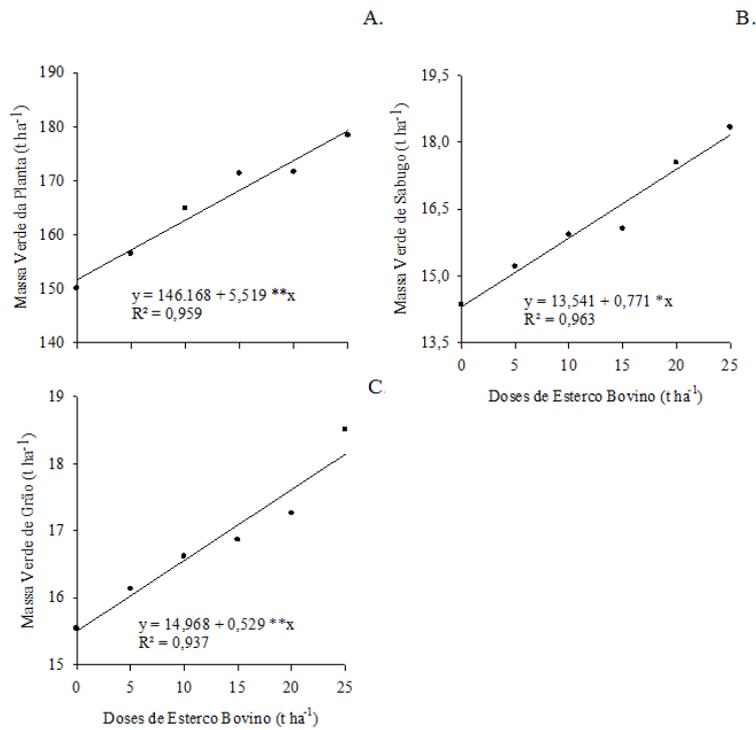


Figura 2. Acúmulo de massa verde em partes da planta do milho, em função das doses de esterco bovino (Virgem da Lapa, MG, 2009)

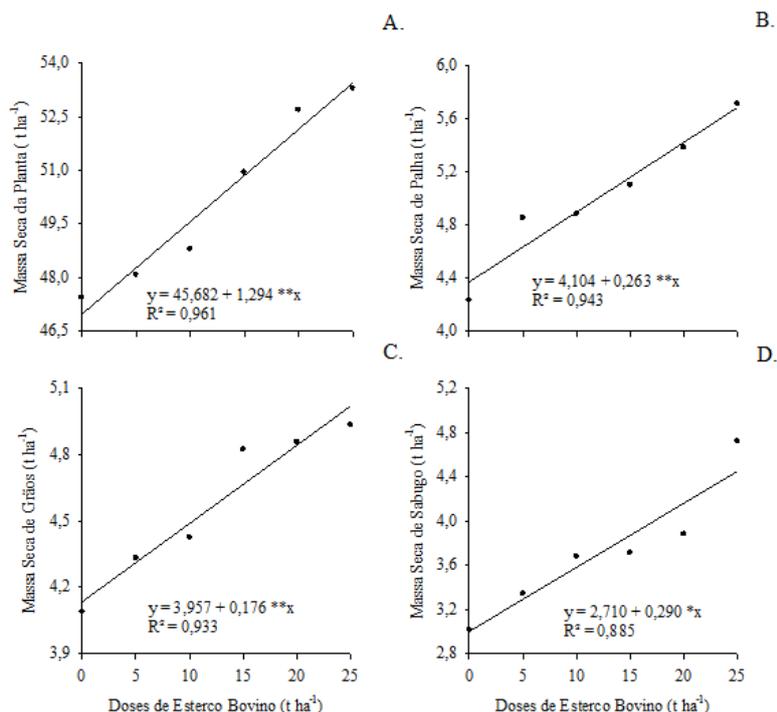


Figura 3. Acúmulo de massa seca em partes da planta do milho, em função das doses de esterco bovino (Virgem da Lapa, MG, 2009)

Observou-se uma resposta quadrática para os conteúdos de N e P (Figura 4A; Figura 4B) e linear crescente para K e Mg (Figura 4C; Figura 4D) nos grãos de milho. Com base nas equações de regressão obtidas, estima-se que as doses de esterco bovino para os maiores valores de acúmulo de N (118,43 kg ha⁻¹) e P (5,91 kg ha⁻¹)

seriam de 21,51 t ha⁻¹ e 21,75 t ha⁻¹. Os valores médios do conteúdo de N, P e K nos grãos de milho encontrados nesse trabalho foram superiores aos observados por Primo et al. (2011) utilizando dose de 15 t ha⁻¹ de esterco bovino em Região Semiárida do município de Taperoá-PB.

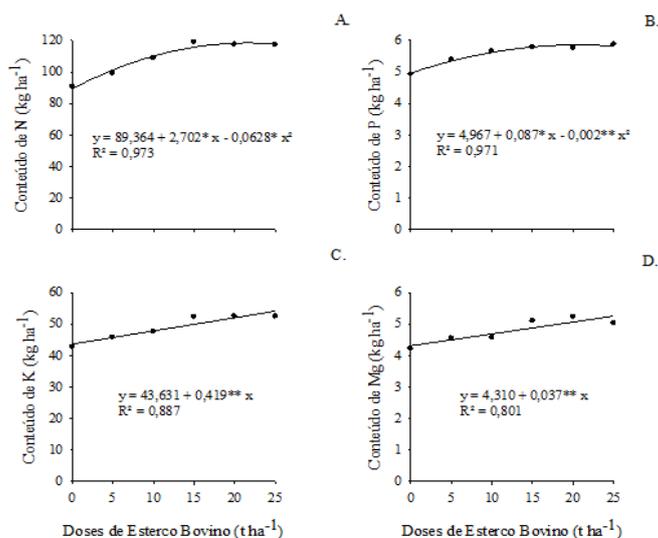


Figura 4. Conteúdos de macronutrientes nos grãos de milho, em função das doses de esterco bovino (Virgem da Lapa, MG, 2009)

Apesar dos ganhos obtidos com a aplicação crescente das doses de esterco bovino torna-se indispensável ressaltar os aumentos nos custos de produção com o transporte, compra e distribuição em campo de 25 t ha⁻¹ do material. Observou-se que nenhum modelo de regressão foi significativo para expressar o diâmetro, comprimento e a produtividade do milho indicando não haver diferença entre o pré-cultivo de crotalária, independente da dose de esterco aplicada. Provavelmente, as despesas com o manejo de elevado volume de esterco seriam superiores aos ganhos com a comercialização do excedente produzido. Desta forma, os resultados demonstram que, com essa quantidade de nutrientes acumulada na fitomassa da crotalária, se torna totalmente dispensável a aplicação de esterco, ressaltando o potencial dessa leguminosa, para uso em sistema de pré-cultivo, para a produção da cultura do milho na região da Caatinga Mineira.

CONCLUSÕES

1. A crotalária apresentou grande potencial para uso na adubação verde na região, com elevado acúmulo de fitomassa seca e macronutrientes.
2. A aplicação de doses crescentes de esterco bovino proporcionou aumentos em matéria verde e massa seca em planta, grão, palha e sabugo.
3. O pré-cultivo de crotalária, independente da dose de esterco aplicada (0 a 25 t ha⁻¹) proporcionou ganhos no desenvolvimento vegetativo e produtivo do milho em estágio verde.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão de bolsa de estudo.

LITERATURA CITADA

Andrade, A. G. Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.). 1975. 91p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Andrioli, I.; Prado, R. M. Plantas de cobertura em pré-safra e adubação nitrogenada na fertilidade do solo em diferentes camadas, cultivado com milho em sistema de plantio direto e convencional. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.33, n.3, p.963-978, 2012.

Batista, M. A. V.; Vieira, L. A.; Souza, J. P. de; Freitas, J. D. B. de; Bezerra Neto, F. Efeito de diferentes fontes de

adubação sobre a produção de alface no município de Iguatu-CE. *Revista Caatinga*, Mossoró, v.25, n.3, p.8-11, 2012.

Bertin, E. G.; Andrioli, I.; Centurion, J. F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v.27, n.3, p.379-386, 2005.

Cancellier, L. L.; Afferri, F. S.; Adorian, G. C.; Rodrigues, H. V. M. Influência da adubação orgânica na linha de semeadura na emergência e produção forrageira de milho. *Revista Verde de Agroecologia e desenvolvimento sustentável*, Mossoró, v.5, n.5, p.25 - 32 (número especial), 2010.

Carvalho, M. A. C.; Soratto, R. P.; Athayde, M. L. F.; Arf, O.; Sá, M. E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.1, p.47-53, 2004.

Carvalho, M. T. M.; Moreira, J. A. A.; Didonet, A. D.; Stone, L. F.; Peixoto, N. Produtividade do milho para consumo *in natura* (*Zea mays* L.) em sistema de produção orgânico de grãos. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 2006, Maringá. Anais eletrônicos... Maringá, 2006. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/46_0754.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2010.

Cavalcante, V. S.; Santos, V. R.; Santos Neto, A. L. dos; Santos, M. A. L. dos; Santos, C. G. dos; Costa, L. C. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.16, n.5, p.521-528, 2012.

Coelho, A. M.; França, G. E. Seja o doutor em seu milho. Nutrição e adubação. Arquivo do Agrônomo. 2. ed. Piracicaba: Potafos, n.2, 1995. 9p.

Duete, R. R. C.; Muraoka, T.; Silva, E. C.; Ambrosano, E. J.; Trivelin, P. C. O. Acúmulo de nitrogênio (¹⁵N) pelos grãos de milho em função da fonte nitrogenada em latossolo vermelho. *Bragantia*, Campinas, v.68, n.2, p.463-472, 2009.

Fernandes, A. L. M.; Oliveira, M. K. T. de; Silva, E. F. da; Leitão, A. R. F. Desenvolvimento inicial do milho em função de diferentes teores de esterco bovino. *Revista Verde*, Mossoró, v.7, n.1, p.15-18, 2012.

Fontanetti, 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*, Vitória da Conquista, v.24, n.2, p.146-150, 2006.

- Malavolta, E; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- Meira, F. A.; Buzetti, S.; Andreotti, M.; Arf, O.; Sá, M. E.; Andrade, J. A. C. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.30, n.2, p.275-284, 2009.
- Moreira, J. A. A.; Carvalho, M. T. M. Produtividade do milho e fertilidade do solo em sistemas de produção orgânica de grãos. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Cruz Alta, v.2, n.2, p.1-5, 2007.
- Oliveira, A. P.; Alves, E. U.; Silva, J. A.; Alves, A. U.; Oliveira, A. N. P.; Leonardo, F. A. P.; Moura, M. F.; Cruz, I. S. Produtividade da pimenta-do-reino em função de doses de esterco bovino. *Horticultura Brasileira*, Vitória da Conquista, v.25, n.3, p.408-410, 2007.
- Oliveira, F. A. de; Oliveira Filho, A. F. de; Medeiros, J. F. de; Almeida Júnior, A. B. de; Linhares, P. C. F. Desenvolvimento inicial da mamoneira sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica. *Revista Caatinga*, Mossoró, v.22, n.1, p.206-211, 2009.
- Oliveira, F. L.; Fávero, C.; Teodoro, R. B.; Gosch, M. S.; Padovan, M. P. Acúmulo de nutrientes e decomposição de resíduos de leguminosas em solos de cerrado do estado do Tocantins, Brasil. In: *Fertbio 2008*, Londrina. Anais... Londrina: FertBio 2008. CD.
- Paiva JR., M. C. de; Von Pinho, R. G.; Von Pinho, É. V. R.; Resende, S. G. Desempenho de cultivares para a produção de milho verde em diferentes épocas e densidades de semeadura em Lavras – MG. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.25, n.5, p.1235-1247, 2001.
- 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.
- Possamai, J. M.; Souza, C. M.; Galvão, J. C. C. Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. *Bragantia*, Campinas, v.60, n.2, p.79-82, 2001.
- Primo, D. C.; Menezes, R. S. C.; Silva, T. O. da; Alves, R. N.; Cabral, P. K. T. Biomassa e extração de nutrientes pelo milho submetido a diferentes manejos de adubos orgânicos na região semiárida. *Scientia Plena*, São Cristóvão, v.7, n.2, p.1-8, 2011.
- Ritchie, S. W.; Hanway, J. J.; Benson, G. O. Como a planta de milho se desenvolve. *Arquivo do Agrônomo*, Piracicaba, n. 15, 2003. Potafos, Encarte de Informações Agronômicas, n.103, 20p.
- Silva, J.; Lima e Silva, P. S.; Oliveira, M.; Barbosa e Silva, K. M. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. *Horticultura Brasileira*, Vitória da Conquista, v.22, n.2, p.326-331, 2004.
- Silva, E. C.; Muraoka, T.; Buzetti, S.; Trivelin, P. C. O. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em latossolo vermelho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.41, n.3, p.477-486, 2006.