

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997

v.7, n.1, p.81-88, jan.-mar., 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI:10.5039/agraria.v7i1a1519

Protocolo 1519 – 02/05/2011 *Aprovado em 18/08/2011

Dário C. Primo^{1,4}

Rômulo S. C. Menezes¹

Tácio O. da Silva²

Marlon S. Garrido³

Patrícia K. T. Cabral¹

Contribuição da adubação orgânica na absorção de nutrientes e na produtividade de milho no semiárido paraibano

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar a contribuição da forma e época de aplicação de adubos orgânicos de diferentes qualidades para a absorção de nutrientes e a sua relação com a produtividade do milho cultivado em Neossolo Flúvico na região semiárida do Estado da Paraíba. O experimento foi conduzido na Estação Agroecológica Vila Maria Rita, na região do Cariri paraibano, em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em: T1 - aplicação incorporada de 20 Mg ha⁻¹ de gliricídia no solo (GI); T2 - aplicação em cobertura de 20 Mg ha⁻¹ de gliricídia (GC); T3 - aplicação incorporada de 10 Mg ha⁻¹ de esterco e 10 Mg ha⁻¹ de biomassa de gliricídia (EI+GI); T4 - aplicação de 10 Mg ha⁻¹ de esterco incorporado e 10 Mg ha⁻¹ em cobertura aos 45 dias após a sementeira (EI+GC); T5 - aplicação incorporada de 10 Mg ha⁻¹ de esterco (EI) e T6 - testemunha sem aplicação de adubação orgânica (C). A aplicação de gliricídia em cobertura (GC) no solo levou ao maior acúmulo de nutrientes na biomassa do milho. A presença da gliricídia isolada ou combinada com o esterco favoreceu uma maior sincronização entre a disponibilidade de nutrientes no solo e a demanda de nutrientes pelo milho. A aplicação da gliricídia isolada e com esterco favoreceu as maiores exportações de nutrientes, por meio da palhada e dos grãos de milho. A utilização de biomassa da gliricídia incorporada de forma isolada e combinada com esterco no Neossolo Flúvico é recomendada para o incremento da produtividade do milho.

Palavras-chave: Esterco, *Gliricidia sepium*, produtividade, *Zea mays* L.

Contribution of organic fertilization on nutrient uptake and corn yield in the semiarid region of Paraíba

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the contribution of the form and timing of application of organic fertilizers of different grades for nutrients uptake and its relation to the productivity of corn grown in Fluvisol Entisol in the semiarid region of the Paraíba State, Brazil. The experiment was conducted at Vila Maria Rita Agroecological Station, in the Cariri region of the state, in a randomized complete block design with four replications. The treatments were: T1 - built-in application of 20 Mg ha⁻¹ of soil gliricidia (GI); T2 - sidedress application of 20 Mg ha⁻¹ of gliricidia (GC); T3 - built-in application of 10 Mg ha⁻¹ manure and 10 Mg ha⁻¹ biomass gliricidia (EI + GI); T4 - application of 10 Mg ha⁻¹ incorporated manure and 10 Mg ha⁻¹ in sidedress, 45 days after sowing (EI + GC); T5 - built-in application of 10 Mg ha⁻¹ manure (EI); T6 - control without application of organic manure (C). The application of gliricidia in cover (GC) in the soil led to the greatest accumulation of nutrients in corn biomass. The presence of gliricidia alone or in combination with manure favored for a greater synchronization between the soil nutrients availability and the corn demand for nutrients. The application of gliricidia alone and in combination with manure favored the increase in the nutrients export through the straw and corn grain. The use of built-in gliricidia biomass alone and in combination with manure in the Fulvic Entisol is recommended to increase corn productivity.

Key words: Manure, *Gliricidia sepium*, productivity, *Zea mays* L.

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Energia Nuclear, Av. Prof. Luiz Freire, 1000, Cidade Universitária, CEP 50740-540, Recife-PE, Brasil. Telefone: (81) 2126-8252 Ramal 353. Fax: (81) 2126-8250. E-mail: darioprino@gmail.com, rmenezes@ufpe.br, paatricia@hotmail.com

² Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Agrônoma, Av. Marechal Rondon, s/n, Cidade Universitária Prof. José Aloisio de Campos, Jardim Rosa Elze, CEP 49100-000, São Cristóvão-SE, Brasil. Fone: (79) 2105-6929. Fax: (79) 2105-6939. E-mail: tacios@ufs.br

³ Fundação Universidade Federal do Vale do São Francisco, Colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental, Av. Antônio Carlos Magalhães, 510, Country Club, CEP 48902-300, Juazeiro-BA, Brasil. Fone: (74) 3614-1934. E-mail: garridoms@yahoo.com.br

⁴ Bolsista de Doutorado da FACEPE

INTRODUÇÃO

O estado da Paraíba possui uma área de 56.440 km², da qual 86,44% está inserida em ambiente de semiaridez. De acordo com o levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2011), em 2009, a área cultivada com milho foi de 194.000 ha, com uma produtividade de 857 kg ha⁻¹. Nos sistemas agrícolas onde não há entrada de nutrientes de fontes externas, a matéria orgânica do solo (MOS) é a principal fonte de nutrientes, como é verificado na agricultura de subsistência da região semiárida do Nordeste brasileiro (Tiessen et al., 2001). As vantagens do uso do adubo orgânico na agricultura são atribuídas, entre outras coisas, ao aumento da umidade do solo em períodos secos, à preservação do solo contra a erosão, o que melhora os indicadores físicos, químicos e biológicos do solo, e ao aumento da permeabilidade (Junho et al., 2004). O uso do esterco ou sobras culturais, que constituem adubo orgânico, é uma prática comum na condução das lavouras de agricultores da região semiárida (Severino et al., 2006). Na atualidade, a quantidade de esterco produzida nas propriedades rurais é insuficiente para adubar todas as áreas cultivadas no Nordeste (Garrido et al., 2008).

Uma estratégia para minimizar as limitações do uso de esterco parece ser sua utilização combinada com adubos verdes. O produtor poderá utilizar uma parte da biomassa dos adubos verdes como forragem para seu rebanho e outra parte na composição de adubos orgânicos de boa qualidade. Os adubos verdes podem suprir o nitrogênio necessário para viabilizar a rápida decomposição do esterco e suprir nutrientes como o fósforo às plantas (Menezes & Salcedo, 2007). Um exemplo recomendado de adubo verde com potencial de uso nas condições da região Nordeste do Brasil é a *Gliricidia sepium*, por possuir alto teor de nitrogênio na biomassa (Barreto & Fernandes, 2001). A gliricídia, uma leguminosa nativa da América do Sul, tem recebido atenção por produzir grandes quantidades de biomassa, ser de fácil decomposição e ter alto teor de nitrogênio (Handayanto et al., 1994).

Ademais, os agricultores podem utilizar a gliricídia como forragem animal e como adubo verde em épocas de plantio das culturas de subsistência. Porém, a decomposição rápida da gliricídia pode liberar N antes do requerido pela cultura, podendo levar a perdas de N, principalmente em anos em que ocorre maior precipitação (Menezes & Salcedo, 2007).

Por outro lado, o esterco disponível nas propriedades pode causar imobilização do N do solo após sua incorporação (Menezes & Salcedo, 2007; Mundus et al., 2008). Apesar de o esterco causar uma série de benefícios ao solo, Palm et al. (2001) afirmam que o esterco pode ser um material de baixa qualidade, porém continua sendo uma alternativa barata e viável para a manutenção da matéria orgânica do solo por apresentar função nutricional, já que é fonte de N, P, S e micronutrientes para o crescimento vegetal (Moreira & Siqueira, 2006). Dessa forma, estratégias de manejo de adubação com aplicação em duas vezes, em vez de uma, sendo a primeira antes da semeadura, com esterco, e a segunda, aos 45 dias após semeadura, com a gliricídia, poderão ser bastante viáveis. Desta forma, pode

favorecer melhor sincronização entre a liberação de N e a demanda de nutriente pelas culturas, uma vez que, o produtor possui duas condições favoráveis, que são o esterco curtido no curral acumulado durante o verão antes da semeadura e a instalação das culturas comerciais e de subsistência, e a disponibilidade de biomassa da gliricídia logo após a semeadura das culturas na época da chuva.

Resultados sobre o aumento de produtividade de milho foram observados com a incorporação de 20 Mg ha⁻¹ de ramas de gliricídia ao solo na microrregião do Brejo paraibano (Marin et al., 2007). Porém, pouco se sabe ainda sobre a produtividade e a absorção de nutrientes pelas culturas agrícolas sob adubação orgânica em regiões semiáridas, principalmente com a combinação de esterco com outros materiais orgânicos e em diferentes épocas de sua aplicação. Apesar de a aplicação de esterco ou sobras culturais como adubos orgânicos ser uma prática comum na condução das lavouras de agricultores da região semiárida (Severino et al., 2006), são limitadas as informações sobre a eficiência das práticas usuais de manejo destes adubos. Essa realidade demanda o desenvolvimento de pesquisas aplicadas, na busca de melhores índices de produtividade e que favoreçam os princípios de conservação e sustentabilidade do solo.

Um fator que pode interferir na decomposição dos adubos verdes é a forma como estes são adicionados ao solo, se incorporados ou em superfície. Mundus et al. (2008) afirmaram que os adubos de origem vegetal, uma vez incorporados ao solo, tornam-se mais acessíveis à microbiota do solo, ao contrário de quando o material orgânico é deixado em superfície, em que a decomposição pode ser mais lenta, proporcionando maior conservação de água no solo, por este permanecer coberto por mais tempo.

O objetivo deste estudo foi avaliar a contribuição da forma e época de aplicação de adubos orgânicos de diferentes qualidades sobre a absorção de nutrientes e a sua relação com a produtividade do milho cultivado em um Neossolo Flúvico na região semiárida do estado da Paraíba.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de fevereiro a junho de 2009 na Estação Agroecológica Vila Maria Rita, no município de Taperoá no semiárido paraibano, localizado a 07°12'10,8" S e 036°49'42,6" W, com altitude em torno de 520 m. A temperatura média anual local é de 26°C. A precipitação média anual da microrregião é de aproximadamente 500 mm, distribuída entre os meses de fevereiro e junho. Os dados referentes à precipitação pluviométrica local durante o período experimental foram obtidos diariamente e contabilizados mensalmente durante o período de condução do experimento (Figura 1).

O solo da área experimental é classificado como Neossolo Flúvico (Embrapa, 2006) com textura arenosa. A caracterização dos seus atributos físico-químicos (Tabela 1) foi determinada de acordo com a metodologia descrita pela Embrapa (1999), antes da aplicação dos tratamentos e semeadura do milho

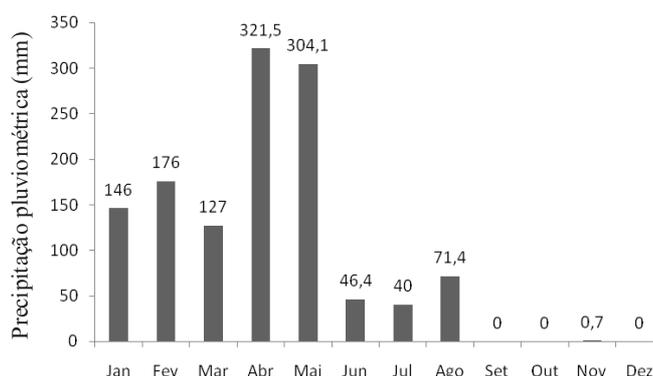


Figura 1. Precipitação mensal no Centro Agroecológico Santa Rita, no município de Taperoá, PB, no ano de 2009

Figure 1. Monthly rainfall at Santa Rita Agroecological Centre in the city of Taperoá, Paraíba, Brazil, in the year 2009

Tabela 1. Atributos físico-químicos do Neossolo Flúvico antes da aplicação dos adubos e plantio do milho

Table 1. Physical and chemical attributes of the Fluvic Entisol before the application of the fertilizers and corn sowing

Característica	Neossolo Flúvico
pH (H ₂ O)	6,74
P (mg kg ⁻¹)	299,45
K (cmol _c kg ⁻¹)	0,25
Ca (cmol _c kg ⁻¹)	3,95
Mg (cmol _c kg ⁻¹)	0,62
Na (cmol _c kg ⁻¹)	0,10
Al (cmol _c kg ⁻¹)	0,10
Al + H (cmol _c kg ⁻¹)	1,32
SB (cmol _c kg ⁻¹)	4,92
CTCpH 7,0 (cmol _c kg ⁻¹)	6,24
CTCefetiva (cmol _c kg ⁻¹)	5,02
V (%)	78,05
m (%)	2,0
COT (g kg ⁻¹)	8,80
NT (g kg ⁻¹)	0,50
Areia (g kg ⁻¹)	532
Silte (g kg ⁻¹)	203
Argila (g kg ⁻¹)	265

¹Extrator Mehlich-1

(*Zea mays* L.) nas parcelas experimentais. O milho utilizado no presente estudo foi a variedade sergipano.

Os materiais orgânicos utilizados nos tratamentos foram: esterco bovino de curral e gliricídia. O esterco de curral foi coletado nas propriedades rurais dessa microrregião, enquanto que a biomassa (ramos) de gliricídia foi coletada nas proximidades da área experimental. As características químicas destes adubos foram determinadas de acordo com a metodologia descrita pela Embrapa (1999) e consistiram nos

teores de C, N, P, K, Ca e Mg (Tabela 2). O carbono foi determinado por oxidação via úmida com dicromato de potássio e hidróxido de sódio (Snyder & Trofymow, 1984). O teor de polifenol solúvel foi determinado segundo Anderson & Ingram (1993) e o de lignina pelo método da fibra em detergente ácido (FDA) segundo Van Soest (1963) Tabela 2.

O teor de nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl; o de fósforo por colorimetria; o de potássio por fotometria de chama; e o de cálcio e magnésio por absorção atômica (Embrapa 1999). O esterco e a gliricídia foram aplicados em doses equivalentes a 20 Mg ha⁻¹ de matéria seca para o esterco e 20 Mg ha⁻¹ de matéria fresca para a gliricídia nos tratamentos com aplicações isoladas, e 10 Mg ha⁻¹ de matéria seca de esterco e 10 Mg ha⁻¹ de matéria fresca da gliricídia nos tratamentos com aplicações combinadas.

O delineamento experimental adotado foi em bloco ao acaso em esquema fatorial (2 x 5 + 1) sendo dois tipos de adubos (gliricídia e esterco) e cinco tipos de manejo: gliricídia incorporada; gliricídia em superfície antes do plantio; gliricídia em superfície 45 dias após o plantio; esterco incorporado isolado; e esterco incorporado combinado com gliricídia e uma testemunha, sem a aplicação de adubos orgânicos e revolvimento do solo, constituindo seis tratamentos e quatro repetições distribuídos da seguinte forma: GI - Aplicação e incorporação de biomassa fresca da gliricídia ao solo, antes da semeadura do milho; GC - Aplicação em cobertura da biomassa fresca da gliricídia ao solo, antes da semeadura do milho; EI+GI - aplicação e incorporação do esterco e da biomassa fresca da gliricídia ao solo, antes da semeadura do milho; EI+GC - aplicação e incorporação do esterco ao solo, antes da semeadura do milho e aplicação em cobertura da biomassa fresca da gliricídia 45 dias após a semeadura do milho; EI - Aplicação e incorporação do esterco ao solo antes da semeadura do milho; C - tratamento testemunha sem aplicação e incorporação de adubos orgânicos.

Os adubos aplicados antes da semeadura do milho foram incorporados manualmente com o auxílio de enxada a uma profundidade de aproximadamente 10 cm e os adubos aplicados em cobertura foram dispostos na superfície, espalhados por toda a parcela experimental com dimensões de 5 m x 7 m, com área útil de 4 m x 5 m, perfazendo uma área útil total de 20 m² por parcela. No momento da aplicação do adubo verde, os ramos de gliricídia finos foram cortados com facão em pedaços com tamanhos entre 3 e 5 cm aproximadamente.

No momento da semeadura foram colocadas oito sementes por cova, distribuídas em fileiras com espaçamento de 1,0 m entre as fileiras e 0,50 m entre covas. Em seguida, aproximadamente oito dias após emergência das plântulas, foi feito o desbaste, mantendo-se apenas quatro plantas por cova. Foram realizadas capinas quinzenalmente, utilizando enxada, para evitar a competição de espécies emergentes. Para estudar a dinâmica de nutrientes pelo milho submetido à adubação orgânica foram coletadas 10 plantas de cada parcela de cada tratamento a cada trinta dias durante o ciclo vegetativo da cultura, cortando-as com facão a 1 cm da superfície do solo. Após a pesagem da biomassa das plantas fez-se a moagem em triturador e separaram-se três

Tabela 2. Caracterização dos materiais orgânicos utilizados no experimento

Table 2. Characterization of the organic materials used in the experiment

Adubo orgânico	Pol ⁽¹⁾	Lig	COT	NT	g kg ⁻¹				
					P	K	Ca	Mg	C/N
Glicirídia	21,5	1,31	38,5	31,0	5,4	21,0	21,0	0,1	12,4
Esterco	7,42	0,9	12,5	12,0	5,5	27,0	27,0	0,4	10,4

⁽¹⁾ Pol = polifenóis; Lig = lignina; COT= Carbono orgânico total; NT = Nitrogênio total; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; C/N = relação COT/NT constituinte dos adubos orgânicos

subamostras por parcelas de cada tratamento, que foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até atingirem massa constante e, em seguida, foram moídas em moinho do tipo Wiley, digeridas com solução digestora composta de ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio (Thomas et al., 1967), para a determinação dos teores de nutrientes.

Os teores de N na parte aérea da planta de milho foram determinados pelo método de Kjeldahl; o de fósforo por colorimetria; e o de K por fotometria de chama (Embrapa 1999). O acúmulo de nutrientes nas plantas de milho foram determinados através do produto da massa da matéria seca da parte aérea e dos grãos pelos teores de nutrientes nessas componentes. A colheita dos grãos do milho foi realizada aos 120 dias após emergência, com os grãos a 13% de umidade nas parcelas experimentais. Coletou-se também o material da parte aérea das plantas de milho para a determinação da produção de biomassa.

As variáveis químicas avaliadas na parte aérea foram: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), nos períodos de 30, 60 e 90 Dias, após Emergência (DAE) para verificar a dinâmica de absorção destes nutrientes pelo milho. Foram avaliados o acúmulo de nutrientes na parte aérea e nos grãos das plantas de milho, a produtividade total (biomassa da palhada e grão kg ha⁻¹) e o índice de colheita. Os dados obtidos no estudo foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Para a realização das análises estatísticas, utilizou-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferentes formas de manejo de aplicação dos adubos orgânicos no Neossolo Flúvico promoveram diferentes valores médios de absorção de nutrientes pelas plantas de milho (Tabela 3). Os valores médios de nitrogênio encontrados na parte aérea do milho, aos 30 dias (DAE), foram superiores nos tratamentos GC e EI+GI, aos 60 dias, no tratamento GI, e aos 90 dias, no tratamento GC, os quais diferiram significativamente do tratamento testemunha. As formas de aplicação de adubo com glicirídia em cobertura, glicirídia incorporada e combinada com esterco, favoreceram maiores índices de absorção de nitrogênio pelo milho (Tabela 3).

No geral, os maiores teores de nitrogênio absorvido pelas plantas de milho foram alcançados no período de 30 dias. Neste período parte do nitrogênio absorvido é utilizado na composição estrutural, às vezes não refletindo em maiores

produtividades (Imsand & Touraine, 1994). No entanto, os maiores teores de N absorvido pelas plantas de milho aos 60 dias, que possivelmente deve ter influenciado na produtividade dos grãos, foram observados no tratamento GI (Tabela 3), o que refletiu em maior produtividade de biomassa, de grãos e total. Esse comportamento foi observado também nos estudos realizados por Ferreira et al. (2001).

Esse resultado pode ser justificado, possivelmente, devido ao alto teor de nitrogênio contido na biomassa da glicirídia, que parece acelerar a liberação deste nutriente por apresentar poucos compostos recalcitrantes, permitindo uma mineralização mais rápida. Por outro lado, a combinação do esterco com glicirídia pode favorecer a liberação deste nutriente de forma mais sincronizada, uma vez que a sua mineralização é mais rápida que a do esterco puro. A glicirídia é um material de alta qualidade, por conter alto teor de N, baixa relação C:N por baixo teor de polifenol e lignina (Mundus et al., 2008) e alta taxa de mineralização (Mafongoya et al., 2000).

A combinação, portanto, de adubos de baixa qualidade com os de alta, como o esterco e glicirídia, é um fator importante para os sistemas de produção, pois a disponibilidade destes adubos nas propriedades rurais na região semiárida pode ocorrer em épocas diferentes, sendo, portanto, interessante realizar-se a aplicação destes adubos em dois momentos distintos, alguns dias antes e após a emergência. Com isso, poderá ajudar a minimizar o mecanismo de imobilização do N ou lixiviação. Além disso, a combinação de esterco incorporado e glicirídia aplicada em superfície pode, também, retardar a liberação de N e, consequentemente, fornecer este nutriente de forma mais sincronizada e atender a demanda nutricional por culturas de subsistência, como o milho.

Mundus et al. (2008) afirmaram que a matéria orgânica de alta qualidade incorporada no solo decompõe-se bem mais rápido do que materiais orgânicos de menor qualidade, como o esterco. Estes autores confirmaram que o esterco, quando aplicado ao solo separadamente, pode causar imobilização de N; em contrapartida, quando aplicado combinado com a glicirídia, apresentaram disponibilidade rápida e bastante satisfatória. Em outro estudo, Menezes & Silva (2008) observaram que a combinação de adubos verdes com esterco tem potencial de suprir os principais elementos limitantes, como nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes, ao crescimento vegetal na região semiárida.

Esta estratégia de manejo de adubação parece ser uma alternativa viável e racional para o uso mais eficiente, uma vez que o agricultor poderá armazenar o esterco obtido

durante o período seco e aplica-lo no solo poucos dias antes da semeadura das culturas agrícolas e, ainda, após a semeadura utilizar a biomassa da gliricídia obtida com a chegada das chuvas. Trabalhos realizados por Mundus et al. (2008) comprovaram também que a combinação da gliricídia com esterco, aplicados de forma parcelada, aumentaram a produção do milho em até 350% em relação ao tratamento testemunha.

Os teores de fósforo na biomassa do milho foram diferenciados entre os períodos avaliados sob o efeito dos manejos dos adubos orgânicos utilizados (Tabela 3). As plantas de milho aos 30 dias após emergência apresentaram os maiores teores de P, quando se aplicou o tratamento GC; aos 60 dias, observou-se superioridade no teor de P, para o tratamento GC, e aos 90 dias, a maior absorção de P foi alcançada quando se utilizaram os tratamentos EI e C. Maiores teores de P no solo sem a aplicação dos adubos orgânicos foram observados em estudos desenvolvidos em Neossolo Flúvico (Silveira et al., 2006; Garrido, 2009). No geral, o teor maior de P pelas plantas de milho aconteceu aos 60 dias quando aplicado o tratamento GC (Tabela 3).

Com relação aos teores de P, há, contudo, trabalhos que mostram a participação da matéria orgânica, reduzindo a adsorção de P em solos, por meio de ácidos orgânicos adsorvidos bloqueando sítios de adsorção e/ou solubilizando estes oxidróxidos e reduzindo suas superfícies de adsorção (Guppy et al., 2005), fato este que pode ser explicado pelo esterco constituir a principal fonte de nutrientes, principalmente N e P e de matéria orgânica, nas áreas de produção de culturas de subsistência, no agreste e no semiárido brasileiro, entretanto, quando aplicado combinado com adubos verdes como, por exemplo, a gliricídia, os resultados foram significativos (Menezes & Salcedo, 2007; Marin et al., 2007).

Os maiores teores de K na biomassa da parte aérea das plantas do milho foram obtidos aos 30 DAE (Tabela 3). A partir

deste período a absorção deste nutriente foi reduzida. No período de 30 dias, a maior absorção de K pelas plantas foi obtida com os tratamentos GC, EI e C e o menor teor, quando utilizado o tratamento EI+GI. Aos 60 dias, a superioridade no teor de K pelas plantas de milho foi obtida com os tratamentos GC e EI+GC e, posteriormente aos 90 dias, o tratamento C foi o que promoveu a maior absorção de K.

A aplicação de esterco incorporado e não combinado com gliricídia promoveu a menor absorção de K pelas plantas de milho. A maior contribuição do Neossolo Flúvico, sem a adição de adubos orgânicos nos teores desse nutriente no solo e na biomassa vegetal, foi observada em outro estudo (Menezes & Silva, 2008).

O acúmulo de nitrogênio na biomassa (palhada) do milho foi superior quando aplicada a gliricídia de forma incorporada (Tabela 4). Ao comparar-se o acúmulo de P também na palhada, não se constatou diferença significativa entre os tratamentos aplicados. Porém, verificou-se que os menores valores médios em teores de P na biomassa ocorreram na testemunha (Tabela 3). Possivelmente, a não significância quanto à extração do fósforo pelas plantas do milho seja justificada devido ao alto teor de fósforo do Neossolo Flúvico na região em que se realizou este estudo, corroborando os estudos realizados por Garrido (2009).

O acúmulo de K na palhada (parte aérea) apresentou comportamento semelhante ao observado pelo acúmulo de P na componente, palhada do milho (Tabela 4). Solos poucos intemperizados, como o Neossolo Flúvico apresentam a liberação adequada de K pelos feldspatos, podendo suprir a demanda deste nutriente às plantas, por alguns ciclos vegetativos (Curi et al., 2005). Outra explicação é dada por Coelho & França (1995) ao discutirem que a maior exigência do milho é por nitrogênio e potássio, seguidos pelo cálcio, magnésio e fósforo.

Os maiores acúmulos de N nos grãos foram obtidos nos tratamentos GI, EI+GC e EI com incrementos de 100, 95 e 81%,

Tabela 3. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na biomassa de plantas de milho aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura, após aplicação e/ou incorporação de adubos orgânicos em Neossolo Flúvico

Table 3. Levels of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) in the biomass of corn plants 30, 60 and 90 days after sowing, and after the application and/or incorporation of organic fertilizers in Fluvic Entisol

Sistema de adubação	N			P			K		
	30	60	90	30	60	90	30	60	90
	-----g kg ⁻¹ -----								
GI	22,20 b ⁽¹⁾	19,10 a	9,40 c	1,93 b	2,70 c	1,40 c	42,20 b	19,30 c	16,20 b
GC	24,17 a	16,40 b	11,70 a	2,10 a	3,60 a	1,50 b	46,60 a	24,20 a	17,50 b
EI+GI	23,10 a	13,50 c	8,30 c	1,80 b	2,90 b	1,70 b	37,30 c	20,80 c	16,10 b
EI+GC	21,90 c	16,50 b	10,10 b	1,70 b	2,90 b	1,40 c	41,10 b	23,30 a	17,30 b
EI	22,90 b	12,80 c	10,20 b	1,90 b	2,50 c	2,10 a	46,10 a	22,10 b	15,00 c
C	21,50 c	13,50 c	10,40 b	1,90 b	2,60 b	2,10 a	45,60 a	20,30 b	19,40 a
CV (%)	13,38	27,55	20,79	13,07	19,77	23,45	21,55	15,05	22,01

GI = Gliricídia incorporada ao solo antes da semeadura; GC = Gliricídia em cobertura 45 dias após a semeadura; EI+GI = Esterco + Gliricídia, incorporados antes da semeadura; EI + GC = Esterco incorporado antes da semeadura e gliricídia cobertura, 45 dias após a semeadura; EI = Esterco incorporado ao solo antes da semeadura; C = Tratamento sem adição de adubo ou testemunha. ⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

para estes tratamentos, respectivamente (Tabela 4). Valores de acúmulos de N superiores aos encontrados com a aplicação da gliricídia incorporada ao solo foram observados por Menezes & Salcedo (2007), quando incorporaram 15 Mg ha⁻¹ de biomassa de gliricídia em um Neossolo Regolítico, verificando que este tratamento foi superior à incorporação de 20 Mg ha⁻¹ de esterco nesse solo.

O acúmulo de P nos grãos em todas as formas de manejo e aplicação das fontes de adubação foram superiores à testemunha, porém não houve diferença significativa entre os tratamentos com a aplicação de adubos orgânicos (Tabela 4). Fato semelhante foi observado para o teor de K nos grãos, em que os efeitos dos adubos orgânicos avaliados foram superiores quando comparados à testemunha, mas não diferenciaram também entre si (Tabela 4). Esses resultados já eram previstos, uma vez que o solo da área experimental possui altos teores desse elemento (Tabela 1), o que possivelmente justifica a ausência de efeito significativo entre os tratamentos avaliados.

Os acúmulos de P na palhada do milho no presente estudo foram semelhantes aos obtidos por Santos et al. (2010), quando cultivou milho em sistemas em aleia, com a aplicação de 15 Mg ha⁻¹ de esterco e 20 Mg ha⁻¹ de biomassa de gliricídia em um Neossolo Regolítico. Quando se refere aos acúmulos de nutrientes nos grãos, o presente estudo foi superior aos valores de acúmulos obtidos.

Tabela 4. Acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na biomassa (palhada) e grãos de milho após diferentes modos de aplicação dos adubos orgânicos em um Neossolo Flúvico. Taperoá-PB

Table 4. Accumulation of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) in the biomass (straw) and grains of corn after different methods of application of organic fertilizers in Fluvic Entisol. Taperoá, Paraíba, Brazil

Sistema de adubação	N	P	K
Biomassa parte aérea			
----- kg ha ⁻¹ -----			
GI	16,6 a ⁽¹⁾	1,5 a	15,7 a
GC	8,4 b	1,8 a	12,4 a
EI + GI	10,6 b	2,6 a	14,9 a
EI + GC	10,6 b	2,2 a	10,5 a
EI	9,8 b	2,0 a	11,8 a
C	7,6 b	2,9 a	10,3 a
CV (%)	34,7	52,45	43,86
----- Grãos -----			
GI	19,2 a	2,8 a	6,6 a
GC	15,5 b	2,6 a	6,5 a
EI + GI	14,4 b	2,4 a	6,0 a
EI + GC	18,7 a	2,3 a	7,6 a
EI	17,4 a	2,2 a	6,4 a
C	9,6 c	1,5 b	4,7 b
CV (%)	12,59	15,6	13,37

GI = gliricídia incorporada ao solo antes da semeadura; GC = gliricídia em cobertura 45 dias após a semeadura; EI+GI = esterco + gliricídia, incorporados antes da semeadura; EI+GC = esterco incorporado antes da semeadura e gliricídia cobertura, 45 dias após a semeadura; EI = esterco incorporado ao solo antes da semeadura; C = tratamento sem adição de adubo ou testemunha. ⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

No geral, as maiores quantidades de nitrogênio exportadas pelas plantas de milho (palhada e grãos) foram obtidas pelos tratamentos GI, EI+GC e EI, com valores extraídos correspondentes a 35,8, 29,3 e 27,2 kg ha⁻¹ de N. Para o fósforo, os manejos dos adubos orgânicos, que favoreceram as maiores exportações deste nutriente pelas plantas de milho, foram EI+GI, EI+GC, GC e C, com valores exportados correspondentes a 5,0, 4,5, 4,4 e 4,4 kg ha⁻¹ de P, e para a exportação do potássio, os manejos dos adubos orgânicos que favoreceram as maiores exportações destes nutrientes foram GI, EI+GI e GC, com valores correspondentes a 22,3, 20,9 e 18,9 kg ha⁻¹ de K (Tabela 4).

A utilização de adubos orgânicos em diferentes formas e épocas de aplicação proporcionou diferentes produções de biomassa e grãos do milho (Tabela 5). A produtividade da biomassa da parte aérea do milho foi superior quando se aplicaram os tratamentos com gliricídia incorporada ao solo (GI) e esterco e gliricídia incorporada (EI+GI), que favoreceram a maior produtividade, com incrementos de 30 e 25%, respectivamente, enquanto que, para a produtividade de grãos e índice de colheita, não houve diferença significativa entre os adubos orgânicos, porém houve diferenças entre os tratamentos de adubos orgânicos e a testemunha (Tabela 5). Estudos realizados na região Nordeste com o uso de adubos orgânicos, como a gliricídia e o esterco, obtiveram produtividades superiores às obtidas no presente estudo, como pode ser verificado em Silva et al. (2004), Menezes & Salcedo (2007) e Heinrichs et al. (2005).

A aplicação da gliricídia, que apresenta alto teor de N na biomassa (Tabela 2), principalmente quando combinada com esterco, pode ter ocorrido devido à liberação de N de forma sincronizada no solo, contribuindo para a maior absorção

Tabela 5. Produtividade de biomassa (Prod. Biomassa), de grãos (Prod. Grãos) e total (Prod. Total) e índice de colheita (I.C.) do milho após diferentes modos de aplicação dos adubos orgânicos em um Neossolo Flúvico. Taperoá-PB, 2009

Table 5. Biomass (Prod. biomass), grains (Prod. grains) and total (Prod. Total) productivity and harvest index (IC) of corn after different methods of application of organic fertilizers in Fluvic Entisol Taperoá, Paraíba, Brazil, 2009

Sistema de adubação	Produção de biomassa	Produção de grãos	Produção total	IC
-----kg ha ⁻¹ -----				
GI	1302 a ⁽¹⁾	824 a	2126 a	39,19 a
GC	1062 b	779 a	1841 b	42,83 a
EI + GI	1250 a	731 a	1981 b	36,90 a
EI + GC	1062 b	806 a	1868 b	43,25 a
EI	1000 b	788 a	1788 b	44,42 a
C	1000 b	516 b	1516 c	34,3 a
CV (%)	17,29	9,20	11,21	12,34

GI = gliricídia incorporada ao solo antes da semeadura; GC = gliricídia em cobertura 45 dias após a semeadura; EI+GI = esterco + Gliricídia, incorporados antes da semeadura; EI+GC = esterco incorporado antes da semeadura e gliricídia cobertura, 45 dias após a semeadura; EI = esterco incorporado ao solo antes da semeadura; C = tratamento sem adição de adubo ou testemunha. ⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

pelas plantas de milho. A produção total (biomassa + grãos) foi superior quando se aplicou a biomassa de gliricídia incorporada (GI), que favoreceu um aumento de aproximadamente 40,2% em relação ao tratamento testemunha sem a aplicação de adubos orgânicos (Tabela 5).

Em estudo realizado por Mundus et al. (2008), aplicando 50% da biomassa da gliricídia na semeadura do milho e os 50% restantes, 41 dias após a semeadura, levou a uma maior produtividade do milho em comparação ao tratamento testemunha, mas não em relação à mistura de esterco e gliricídia. Em outro estudo, também em um Neossolo Regolítico, avaliando a produtividade do milho submetido à aplicação de 20 Mg ha⁻¹ de biomassa de gliricídia e o esterco incorporado ao solo, Marin et al. (2007) obtiveram em três cultivos consecutivos, produtividades de grãos maiores comparadas com as do presente estudo.

CONCLUSÕES

A presença da gliricídia combinada com o esterco favoreceu uma maior sincronização entre a disponibilidade de nutrientes no solo e a demanda de nutrientes pelo milho.

O acúmulo de nutrientes na biomassa e nos grãos foi positivamente influenciado pela aplicação de gliricídia e esterco de forma isolada e conjunta.

A aplicação da gliricídia isolada e com esterco favoreceu as maiores exportações de nutrientes, através da palhada e dos grãos pelo milho na região semiárida da Paraíba.

A aplicação de biomassa da gliricídia incorporada de forma isolada e combinada com esterco no Neossolo Flúvico é a mais recomendada para o incremento da produtividade do milho.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) EDITAL MCT/CNPq/CT-Agronegócio Nº 43/2008 e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), processos APQ-011-5.01/08 e IBPG-1662-5.01/08, pelo apoio financeiro com vistas à realização do presente estudo.

LITERATURA CITADA

- Anderson, J.M.; Ingram, J.S.I. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. 2.ed. Wallingford: CAB International, 1993. 221p.
- Barreto, A.C.; Fernandes, M.F. Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.36, n.10, p.1287-1293, 2001. <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v36n10/6754.pdf>>. doi:10.1590/S0100-204X2001001000011. 22 Feb. 2011.
- Coelho, A.M.; França, G.E. Seja doutor do seu milho: nutrição e adubação. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1995. 9p. (Arquivo do Agrônomo, 2).
- Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Séries históricas. <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t>>. 13 Feb. 2011.
- Curi, N.; Kampf, N.; Marques, J.J. Mineralogia e formas de potássio em solos brasileiros. In: Yamada, T.; Roberts, T.L. (Ed.). Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafos, 2005. p.71-91.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa, 1999. 370p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- Ferreira, A.C.B.; Araújo, G.A.A.; Pereira, P.R.G.; Cardoso, A.A. Características agrônomicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. Scientia Agrícola, v.58, n.1, p.131-138, 2001. <http://www.scielo.br/pdf/sa/v58n1/a20v58n1.pdf> doi:10.1590/S0103-90162001000100020. 22 Feb. 2011.
- Ferreira, D.F. Sisvar: versão 4.6. Lavras: DEX/UFLA, 2003. Software.
- Garrido, M.S. Adubação com gliricídia e esterco em culturas do semiárido nordestino. Recife: UFPE-PROTEN, 2009. 80p. Tese Doutorado.
- Garrido, M.S.; Sampaio, E.V.S.B.; Menezes, R.S.C. Potencial de adubação orgânica com esterco no Nordeste do Brasil. In: Menezes, R.S.C.; Sampaio, E.V.S.B.; Salcedo, I.H. (Orgs.). Fertilidade do solo e produção de biomassa no semiárido. Recife: Editora Universitária UFPE, 2008. p.123-140.
- Guppy, C.N.; Menzies, N.W.; Wood, P.W.; Blamey, F.P.C. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. Australian Journal of Soil Science, v.43, n.2, p.189-202, 2005. <<http://www.publish.csiro.au/?paper=SR04049>>. doi:10.1071/SR04049. 17 Feb. 2011.
- Handayanto, E.; Cadish, G.; Giller, K.E. Nitrogen release from prunings of legume trees in relation to quality of the prunings and incubation method. Plant Soil, v.160, n.2, p.237-248, 1994. <<http://www.springerlink.com/content/a658564k318p0432/>>. doi:10.1007/BF00010149. 18 Jan. 2011.
- Heinrichs, R.; Vitti, G.C.; Moreira, A.; Figueiredo, P.A.M.; Fancelli, A.L.; Corazza, E.J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, n. 1, p.71-79, 2005. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n1/23523.pdf>>. doi:10.1590/S0100-06832005000100008. 12 Jan. 2011.
- Imsand, J.; Touraine, B.N. Demand and regulation of nitrate uptake. Plant Physiology, v.105, n. 1, p.3-7, 1994. <<http://www.plantphysiol.org/content/105/1/3.full.pdf+html>>. doi:10.1104/pp.105.1.3. 11 Feb. 2011.
- Junho, A.P.; Romero, M.A.; Bruna, G.C. Curso de gestão ambiental: São Paulo: Manole, 2004. 276p.
- Mafongoya, P.L.; Barak, P.; Reed, J.D. Carbon, nitrogen and phosphorus mineralization of tree leaves and manure. Biology and Fertility of Soils, v.30, n.4, p.298-305, 2000. <<http://www.springerlink.com/content/201ftqfceekehvm7/fulltext.pdf>>. doi:10.1007/s003740050007. 12 Jan. 2011.

- Marin, A.M.P.; Menezes, R.S.C.; Salcedo, I.H. Produtividade de milho solteiro ou em aléias de gliricídia adubadas com duas fontes orgânicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, n.5, p.669-677, 2007. <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n5/09.pdf>>. doi:10.1590/S0100-204X2007000500009. 12 Jan. 2011.
- Menezes, R.S.C.; Silva, T.O. Mudanças na fertilidade de um Neossolo Regolítico após seis anos de adubação orgânica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.3, p.251-257, 2008. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v12n3/v12n3a05.pdf>>. doi:10.1590/S1415-43662008000300005. 02 Mar. 2011.
- Menezes, R.S.C.; Salcedo, I.H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.4, p.361-367, 2007. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n4/v11n4a03.pdf>>. doi:10.1590/S1415-43662007000400003. 02 Mar. 2011.
- Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2ed. Lavras: UFLA, 2006. 729p.
- Mundus, S.; Menezes, R.S.C.; Neergaard, A.; Garrido, M.S. Maize growth and soil nitrogen availability after fertilization with cattle manure and/or gliricidia in semi-arid NE Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.82, n.1, p.61-73, 2008. <<http://www.springerlink.com/content/e457843284878203/fulltext.pdf>>. doi:10.1007/s10705-008-9169-z. 11 Mar. 2011.
- Palm, C.A.; Giller, K.E.; Mafongoya, P.L.; Swift, M.J. Management of organic matter in tropics: translating theory into practice. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, v.61, n.1-2, p.63-75, 2001. <<http://www.springerlink.com/content/1157744676072147/fulltext.pdf>>. doi:10.1023/A:1013318210809. 11 Mar. 2011.
- Santos, A.F.; Menezes, R.S.C.; Fraga, V.S.; Perez-Marin, A.M. Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.12, p.1267-1272, 2010. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n12/03.pdf>>. doi:10.1590/S1415-43662010001200003. 17 Jan. 2011.
- Severino, L.S.; Ferreira, G.B.; Moraes, C.R.A.; Godin, T.M.S.; Cardoso, G.D.; Viriato, J.R. Beltrão, N.E.M. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. *Pesquisa Agropecuária Brasileira Brasília*, v.41, n.5, p.879-882, 2006. <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v41n5/30612.pdf>>. doi:10.1590/S0100-204X2006000500023. 28 Jan. 2011.
- Silva, J.; Silva, P.S.L.; Oliveira, M.; Silva, K.M.B. Efeito de esterco bovino sobre rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. *Horticultura Brasileira*, v.22, n.2, p.326-331, 2004. <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v22n2/21041.pdf>>. doi:10.1590/S0102-05362004000200033. 25 Jan. 2011.
- Silveira, M.M.L.; Araújo, M.S.B.; Sampaio, E.V.S.B. Distribuição de fósforo em diferentes ordens de solo do semi-árido da Paraíba e de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, n.2, p.281-291, 2006. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n2/a09v30n2.pdf>>. doi:10.1590/S0100-06832006000200009. 19 Jan. 2011.
- Snyder, J.D.; Trofymow, J.A. A rapid accurate wet oxidation diffusion procedure for determining organic and inorganic carbon in plant and soil sample. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.15, n.5, p.587-597, 1984. <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103628409367499#preview>>. doi:10.1080/00103628409367499. 12 Jan. 2011.
- Thomas, R.L.; Sheard, R.W.; Moyer, J.R. Comparison of conventional and automated procedures for N, P and K analysis of plant material using a single digestion. *Agronomy Journal*, v.59, n.3, p.240-243, 1967. <<https://www.agronomy.org/publications/aj/abstracts/59/3/AJ0590030240>>. doi:10.2134/agronj1967.00021962005900030010x. 12 Jan. 2011.
- Tiessen, H.; Sampaio, E.V.S.B.; Salcedo, I.H. Organic matter turnover and management in low input agriculture of NE Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.61, n.1-2, p.99-103, 2001. <<http://www.springerlink.com/content/rm7444t477616184/fulltext.pdf>>. doi:10.1023/A:1013384730492. 12 Jan. 2011.
- Van Soest, P.J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *Journal Association of Official Agricultural Chemists*, v.46, n.5, p.829-835, 1963.