



Adubação verde e o acúmulo de macronutrientes na cultura do milho cultivado em solo degradado⁽¹⁾.

Francisco Ronaldo Alves de Oliveira⁽²⁾; Mirian Cristina Gomes Costa⁽³⁾; Henrique Antunes de Souza⁽⁴⁾; Marco Antônio Rosa de Carvalho⁽⁵⁾; José Kioma Sousa Fernandes⁽⁶⁾; Juciane Maria Santos Sousa⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Programa de Pós-graduação em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas/Universidade Federal do Ceará, Embrapa Caprinos e Ovinos e Instituto Federal do Ceará, campus Sobral.

⁽²⁾ Professor; Instituto Federal do Piauí; Cocal, PI; ronaldo.oliveira@ifpi.edu.br; ⁽³⁾ Professora Adjunta; Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará; mirian.costa@ufc.br; ⁽⁴⁾ Pesquisador; Embrapa Caprinos e Ovinos; henrique.souza@embrapa.br; ⁽⁵⁾ Professor Titular; Instituto Federal de Educação do Ceará, campus Sobral; marcorosa@ifce.edu.br; ⁽⁶⁾ Graduando em Zootecnia; Universidade Estadual Vale do Acaraú; kioma_sousa@hotmail.com; ⁽⁷⁾ Doutoranda em Ciências do Solo; Bolsista PROMOP; Universidade do Estado de Santa Catarina; jucianemariass@gmail.com.

RESUMO: O uso de leguminosas como adubo verde é uma prática que proporciona melhoria nas propriedades físicas químicas e biológicas do solo. Supõe-se que diferentes espécies de leguminosas arbóreas bem como suas diferentes partes contribuam de forma diferenciada para um maior acúmulo de macronutrientes pelas culturas. Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a influência da adição de resíduos de leguminosas arbóreas no acúmulo de macronutrientes na cultura do milho 65 dias após a aplicação. O experimento foi realizado em vasos com solo degradado em delineamento de blocos ao acaso, com dez tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram: T1 - Sem resíduo de leguminosas, T2 - Folhas de *Mimosa caesalpiniiifolia*, T3 - Galhos de *Mimosa caesalpiniiifolia*, T4 - Folhas + galhos de *Mimosa caesalpiniiifolia*, T5 - Folhas de *Mimosa hostilis*, T6 - Galhos de *Mimosa hostilis*, T7 - Folhas + galhos de *Mimosa hostilis*, T8 - Folhas de *Gliricidia sepium*, T9 - Galhos de *Gliricidia sepium* e T10 - Folhas + galhos de *Gliricidia sepium*. Avaliou-se os acúmulos de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na parte aérea do milho (colmo, folhas e inflorescências) aos 65 dias após a aplicação dos resíduos. Todos os tratamentos influenciaram positivamente no acúmulo N e P. Os tratamentos T3 e T6 não contribuíram para o acúmulo de K. Para o Ca, apenas T5, T8 e T10 favoreceram um maior acúmulo, já para o Mg, apenas T8 e T10.

Termos de indexação: manejo do solo, leguminosas arbóreas, núcleo de desertificação.

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade dos sistemas agrícolas de produção depende da adoção de práticas que permitam o equilíbrio da disponibilidade de

nutrientes e a preservação da matéria orgânica do solo (Zotareli et al., 2012).

Para Sampaio et al. (2015) a implantação de aleias (Alley cropping) como forma de uso da terra nas regiões tropicais está ganhando cada vez mais força, podendo ser considerada excelente opção de manejo para áreas alteradas, principalmente em locais onde predominam pequenos agricultores.

No cultivo em aleias, o manejo de podas periódicas das árvores resulta na adubação verde, cuja prática pode propiciar vantagens, como a recuperação ou melhoria da atividade biológica do solo e da ciclagem de nutrientes no agrossistema (Paulino et al., 2011).

Com a utilização de adubos verdes obtêm-se diversos efeitos benéficos em termos químicos, físicos e biológicos no solo, resultantes da cobertura vegetal viva ou morta, incorporada ou não, e dependentes de condições locais e da frequência de uso (Wutke et al., 2014).

Segundo Perin et al. (2010), nas mesmas condições de clima, solo e manejo, a taxa de decomposição e liberação de nutrientes é influenciada por características químicas inerentes ao resíduo vegetal.

Para a realização deste estudo elaborou-se as seguintes hipóteses: a) uma das espécies de leguminosas estudadas apresentará maior contribuição no acúmulo de macronutrientes pela cultura do milho logo aos 65 dias após a aplicação; b) O maior acúmulo de macronutrientes dependerá também da parte da planta adicionada.

Diante do exposto, esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar o acúmulo de nutrientes na cultura do milho após 65 dias de cultivo em solo degradado sobre a influência de resíduos provenientes de diferentes partes de leguminosas arbóreas.

MATERIAL E MÉTODOS



O experimento foi conduzido no período de agosto a outubro de 2012 nas instalações de um viveiro de mudas localizado na zona urbana do município de Sobral-CE.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com dez tratamentos e quatro repetições, sendo cada parcela experimental constituída por um vaso com capacidade de 10 dm³, contendo uma planta. Foram adicionados ao solo resíduos de três espécies de leguminosas, sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth), jurema-preta (*Mimosa hostilis*) e gliricídia (*Gliricidia sepium*) constituindo os seguintes tratamentos: T1 - Sem resíduo de leguminosas, T2 - Folhas de *M. caesalpinifolia*, T3 - Galhos de *M. caesalpinifolia*, T4 - Folhas + galhos de *M. caesalpinifolia*, T5 - Folhas de *M. hostilis*, T6 - Galhos de *M. hostilis*, T7 - Folhas + galhos de *M. hostilis*, T8 - Folhas de *G. sepium*, T9 - Galhos de *G. sepium* e T10 - Folhas + galhos de *G. sepium*.

O solo utilizado para preenchimento dos vasos foi coletado na camada de 0-30 cm em uma área degradada localizada no distrito de Jaibaras, distante 10 km da sede de Sobral (CE), com coordenadas de 3° 43' 30" de latitude Sul, 40° 22' 30" de longitude Oeste e altitude média de 94 m, região esta inserida no núcleo de desertificação de Irauçuba (CE).

Ainda no campo, uma amostra composta do solo foi coletada para fins de caracterização físico-química (Embrapa, 2011), apresentando os seguintes resultados: pH=5,7; CE=0,50 dS m⁻¹; COT=5,1 (g kg⁻¹); P=3,9 (mg dm⁻³); K⁺=2,6; Na⁺=4,2; Ca²⁺=14,6; Mg²⁺=5,8; Al³⁺=2,0; H+Al=13,8; Areia=731; Silte=192; Argila=77 (g kg⁻¹).

Por ocasião da instalação do experimento, os resíduos vegetais que constituíram os tratamentos foram coletados diretamente de plantas em condições de campo. Amostras dos resíduos vegetais foram retiradas para caracterização química por meio da determinação dos teores de C, N, P, K, Ca e Mg seguindo métodos descritos em Embrapa (2011). Os resultados são apresentados na **Tabela 1**.

A irrigação foi realizada utilizando-se água proveniente do sistema de abastecimento do município de Sobral, cuja caracterização química foi: pH=7,0; CE=0,22 dS m⁻¹; Ca²⁺=0,50; Mg²⁺=0,75; K⁺=0,20; Na⁺=0,70; Cl⁻=1,25; HCO₃⁻=1,0 (mmol_c L⁻¹).

Foi colocado em cada vaso 8,0 dm³ de solo medido com proveta de 1,0 L. Com base nos resultados da análise química de caracterização, o solo recebeu adubação fosfatada correspondente a 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ utilizando-se como fonte o superfosfato triplo.

O plantio do milho (*Zea mays* L.) foi realizado por meio de semeadura direta utilizando-se sementes

da variedade BRS Gorutuba. Foram semeadas quatro sementes em cada vaso a uma profundidade de 2,0 cm.

Após a semeadura, os resíduos das leguminosas foram aplicados nos vasos na forma de massa verde, corrigindo-se a umidade para obter o equivalente a 73,0 g de matéria seca, correspondendo a 17.300 kg ha⁻¹. Para obtenção da fração "galhos" dos resíduos avaliados nos tratamentos, foram selecionados ramos com diâmetros ≤ 1,0 cm, em seguida estes foram cortados em pedaços de aproximadamente 2,0 cm de comprimento.

A quantidade de resíduo adicionada foi determinada levando-se em consideração a média de produção de biomassa seca (folhas + galhos finos) entre as três espécies estudadas em kg planta⁻¹, sendo esse dado baseado em estudos realizados por Ferreira et al. (2007), Bakke et al. (2007) e Marin et al. (2006). Foi considerado que o espaçamento utilizado em sistemas de cultivo em aleias na região é de 3,0 x 1,0 x 0,5 m, o que equivale a uma população de 10.000 plantas ha⁻¹ (leguminosas). Dessa forma, uma leguminosa arbórea deposita biomassa em área correspondente a 1,0 m². A partir desse dado, chegou-se a quantidade média que uma leguminosa arbórea depositaria numa área correspondente à do vaso utilizado no experimento.

Foram feitas irrigações diárias aplicando-se volume de água suficiente para elevar a umidade próxima à capacidade de retenção de água do solo. Foi realizado desbaste das plântulas 15 dias após a semeadura (DAS), deixando-se em cada vaso a planta mais vigorosa.

As plantas foram coletadas aos 65 DAS, quando 80% já haviam emitido a inflorescência feminina. A parte aérea de cada planta foi cortada rente ao solo, lavada com água destilada, acondicionada em sacos de papel previamente identificados. Em seguida foram colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C até atingir peso constante, determinado em balança de precisão (0,01g). Após a secagem as amostras foram moídas para determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg conforme metodologia descrita em Embrapa (2011).

O acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea do milho (colmo, folhas e inflorescências) foi calculado multiplicando-se a matéria seca pelo teor de cada nutriente.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o Software estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constata-se que todos os resíduos aplicados sobre o solo influenciaram positivamente o acúmulo de N (**Tabela 2**). Apesar de folhas mais galhos de *G. sepium* terem proporcionado maior valor absoluto, o efeito da adição deste resíduo diferiu estatisticamente apenas daquele proporcionado pela adição de galhos de *M. hostilis*, galhos de *M. caesalpinifolia* e do controle.

Quando foram aplicadas folhas mais galhos de *G. sepium* houve acréscimo de 62,9% no acúmulo de N nas plantas de milho em relação às plantas que não receberam nenhum resíduo. Essa superioridade obtida com a aplicação de folhas mais galhos de *G. sepium* é justificada pelo fato desse tratamento ter proporcionado à cultura do milho maior produção de fitomassa. Segundo Mundus et al. (2008), resíduo de *G. sepium* é um material de alta qualidade por conter alto teor de N, baixa relação C/N, além de baixo teor de polifenol e lignina.

No que concerne ao acúmulo de P, a aplicação dos resíduos proporcionaram médias estatisticamente iguais entre si, porém, superiores ao controle. Isso denota que os resíduos favoreceram o acúmulo de P na parte vegetativa das plantas de milho, independente da espécie ou da parte da planta utilizada. Para a superioridade em relação ao controle, uma possível explicação é que as plantas que receberam resíduos apresentaram maior MSPA, não necessariamente influenciado apenas pelo P, mas pelos demais nutrientes.

Em relação ao acúmulo de K na parte aérea das plantas de milho, obteve-se a maior média com a adição ao solo de folhas mais galhos de *G. sepium*. No entanto, esse valor diferiu estatisticamente apenas das médias proporcionadas por folhas mais galhos de *M. caesalpinifolia* e do controle, que apresentou a menor média. O incremento no acúmulo de K promovido por folhas mais galhos de *G. sepium* em relação ao controle foi da ordem de 94,3%.

É oportuno destacar que além do tratamento folhas mais galhos de *G. sepium* ter propiciado maior MSPA nas plantas de milho, também se mostrou superior no que se refere ao teor de K, o que pode ser explicado pelo fato dessa espécie apresentar os maiores teores desse nutriente entre as espécies estudadas, tanto na fração “folhas” quanto na fração “galhos” (**Tabela 1**).

Tais resultados se assemelham dos de Garrido et al. (2009) que, no primeiro ciclo de cultivo, obtiveram superioridade no acúmulo de K em plantas de mamona adubada com *G. sepium* incorporada.

Para o acúmulo de Ca na parte aérea das plantas de milho, apenas folhas mais galhos de *G. sepium*, folhas de *G. sepium* e folhas de *M. hostilis* proporcionaram médias superiores em relação ao controle. Para tais resíduos não houve diferença significativa, porém, a maior média foi obtida quando foi aplicado sobre o solo folhas mais galhos de *G. sepium*. Comparando o acúmulo de Ca observado nas plantas de milho que receberam folhas mais galhos de *G. sepium* com o acúmulo obtido no tratamento sem resíduos orgânicos, observa-se que houve incremento de 71,6 %.

No que se refere ao acúmulo de Mg, apenas as plantas de milho que receberam folhas de *G. sepium* e folhas mais galhos de *G. sepium* se mostraram superiores ao controle. Estes dois resíduos promoveram incremento de Mg na parte aérea do milho de 150,3% e 133,8%, respectivamente. Ressalta-se que os tratamentos não proporcionaram respostas significativas no que diz respeito aos teores de Ca e Mg nas plantas de milho, no entanto, quando se adicionou folhas de *G. sepium* e folhas mais galhos de *G. sepium* obteve-se maior MST, o que pode explicar essa diferença em relação ao acúmulo desses nutrientes.

CONCLUSÕES

Os resíduos de *M. caesalpinifolia*, *M. hostilis* e *G. sepium* influenciam positivamente no acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de milho, principalmente quanto a N, P e K.

Aos 65 dias após a aplicação dos resíduos e nas condições estudadas não é possível identificar qual a espécie nem a parte da planta que mais contribui para o acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de milho.

REFERÊNCIAS

BAKKE, I. A.; BAKKE, O. A.; ANDRADE, A. P. et al. Forage yield and quality of a dense thorny and thornless “jurema-preta” stand. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 42:341-347, 2007.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, 35:1039-1042, 2011.

FERREIRA, R. L. C.; LIRA JUNIOR, M. A.; ROCHA, M. S. et al. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth). Revista Árvore, 31:7-12, 2007.

GARRIDO, M. S.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B. et al. Crescimento e absorção de nutrientes pelo algodoeiro e pela mamoneira adubados com gliricídia e esterco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13:531-536, 2009.

MARIN, A. M. P.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, E. D. et al. Efeito da Gliricidia sepium sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal no Agreste Paraibano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:555-564, 2006.

MUNDUS, S.; MENEZES, R. S. C.; NEERGAARD, A. et al. Maize growth and soil nitrogen availability after fertilization with cattle manure and/or gliricidia in semiarid NE Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 82:61-73, 2008.

PAULINO, G. M.; BARROSO, D. G.; LAMÔNICA, R. L. et al. Desempenho da gliricídia no cultivo em aleias em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. *Revista Árvore*, 35:781-789, 2011.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; CABALLERO, S. S. U. et al. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalária e

milheto solteiros e consorciados. *Revista Ceres*, 57:274-28, 2010.

SAMPAIO, L. R. ARAUJO, J. R. G.; SOUSA, E. H. S. et al. Cultivo de abóbora, suplementada com biofertilizante, em aleias de leguminosas arbóreas. *Horticultura brasileira*, 33:40-44, 2015.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para uso. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F. et al. (Eds). *Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: Fundamentos e prática*. Brasília:Embrapa, 2014. p. 59-158.

ZOTARELLI, L.; ZATORRE, N. P.; BODDEY, R. M. et al. Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. *Field Crops Research*, 132:185-195, 2012.

Tabela 1 - Caracterização química dos resíduos das leguminosas utilizados no estudo.

* Galhos com diâmetro $\leq 1,0$ cm.

Espécie	Parte da planta	C	N	P	K	Ca	Mg	C/N
		-----g kg ⁻¹ -----						
<i>M. caesalpinifolia</i>	Folha	434,8	14,1	0,83	9,0	7,01	2,5	30,8
	Galho*	506,1	6,7	0,84	6,8	6,31	0,9	75,5
<i>M. hostilis</i>	Folha	449,8	17,2	0,85	7,4	6,9	2,8	26,2
	Galho	517,3	8,6	1,03	6,0	4,53	0,6	60,2
<i>G. sepium</i>	Folha	427,3	22,2	1,42	14,7	8,13	4,3	19,2
	Galho	461,1	11,6	1,72	12,7	6,33	2,2	39,8

Tabela 2 – Acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na parte aérea de plantas de milho aos 65 DAS.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg
	-----mg planta ⁻¹ -----				
Sem resíduo	136,9 c	13,4 b	113,9 c	44,0 b	16,1 b
<i>M. caesalpinifolia</i> (F)	195,5 ab	19,1 a	191,8 ab	64,1 ab	27,1 ab
<i>M. caesalpinifolia</i> (G)	181,5 b	18,2 a	161,0 bc	61,3 ab	24,7 ab
<i>M. caesalpinifolia</i> (F + G)	195,6 ab	19,4 a	175,0 ab	68,2 ab	30,8 ab
<i>M. hostilis</i> (F)	201,0 ab	19,7 a	197,6 ab	74,8 a	31,9 ab
<i>M. hostilis</i> (G)	185,7 b	18,3 a	169,0 abc	60,9 ab	27,4 ab
<i>M. hostilis</i> (F + G)	195,5 ab	18,8 a	190,1 ab	64,5 ab	24,2 ab
<i>G. sepium</i> (F)	205,0 ab	19,9 a	204,7 ab	68,6 a	40,4 a
<i>G. sepium</i> (G)	194,7 ab	18,7 a	193,4 ab	64,7 ab	29,7 ab
<i>G. sepium</i> (F + G)	223,0 a	21,8 a	221,3 a	75,5 a	37,8 a
CV (%)	6,9	8,3	12,9	15,5	25,7

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. (F)= folhas; (G)= galhos; (F + G)= folhas mais galhos e CV= coeficiente de variação.