



Sistemas de produção de algodão em sucessão a braquiária alteram os teores e formas nitrogênio no solo¹

Flavia Carolina Rodrigues Locatelli⁽²⁾; Andreia de Oliveira Vieira⁽²⁾; Daniela Tiago da Silva Campos⁽³⁾; Sebastião Carneiro Guimarães⁽³⁾ e Claudinei Kappes⁽⁴⁾.

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e (CNPq) e Fundação Agrisus.

⁽²⁾Estudante de Agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá - MT, flaviaclocatelli@gmail.com ⁽³⁾Estudante de Doutorado em Agricultura Tropical da Universidade Federal de Mato Grosso; Cuiabá, MT ⁽⁴⁾ Professores Doutores de Agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso e ⁽⁵⁾ Doutor Pesquisador da Fundação de Mato Grosso.

RESUMO: O nitrogênio (N) é um dos nutrientes com maior dinâmica no sistema, estima-se que somente 2% se encontra em forma mineral, que é de extrema importância, pois é ela a absorvida pelos vegetais e microorganismos. Objetivou-se analisar as alterações nos teores das formas de N no solo sob diferentes sistemas de produção do algodoeiro. O trabalho foi realizado com solo coletado na profundidade de 0-10 cm, na Estação Experimental da Fundação MT, município de Itiquira, MT, clima tipo AW segundo Köppen, em Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa. Foram avaliados os sistemas de sucessão milho/algodão (Mi/A); braquiária/algodão (B/A); e três sistemas de rotação de culturas: ROT1 (crotalaria/algodão)/(milheto/algodão)/(soja/milho+braquiária), ROT2 (milheto/algodão)/(soja/milho) e ROT3 (milheto/algodão)/(soja/crotalaria)/(milho+braquiária). O delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições. A inclusão de braquiária no sistema, em sucessão ao algodão, após cinco anos, alterou os teores das formas de N no solo temporariamente, mas aumenta produtividade do algodoeiro.

Termos de indexação: rotação de culturas, biomassa microbiana, nitrificadores.

INTRODUÇÃO

O N é um dos nutrientes com maior dinâmica no sistema. A maior quantidade deste elemento (cerca de 90%) encontra-se na forma orgânica (Stevenson, 1986) e estima-se que somente 2% do N se encontram em forma mineral (Malavolta, 2006). Estas formas minerais, amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), apesar de responderem por pequena parcela do N total, são de extrema importância do ponto de vista nutricional, já que são elas as absorvidas pelos vegetais e microorganismos (Stevenson, 1986).

A biomassa microbiana (BM) é tanto um agente de transformação dos materiais orgânicos adicionados ao solo, quanto um reservatório de nutrientes (Jenkinson e Ladd, 1981).

Além de promover a mineralização do N, a BM serve como indicador sensível de mudanças no solo decorrentes do uso agrícola, podendo ser utilizada como ferramenta para orientar a avaliação das práticas de manejo utilizadas na produção agrícola (Santana & Bahia Filho, 1998), ademais, a BM é a fonte principal de disponibilidade de nutrientes, sendo uma das maneiras de conservar o N no sistema solo-planta e imobilizá-lo por um determinado período, evitando suas perdas por lixiviação e desnitrificação (Jenkinson e Ladd, 1981).

As transformações do N no solo são em maior parte dependente da atividade da comunidade microbiana deste e de suma importância para manutenção do equilíbrio dos atributos do solo, uma vez que esta é em parte responsável pela sua transformação estrutural (Spera et al., 2009). Como o aporte de nutrientes, os teores destes nos resíduos das culturas anteriores, a quantidade e a qualidade destes resíduos alteram a fertilidade do solo e estes influenciam a comunidade microbiana e sua atividade na ciclagem deste nutriente

Este trabalho teve como objetivo analisar as alterações nos teores das formas de N no solo sob diferentes sistemas de produção do algodoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida com amostras de solos coletadas em um experimento da Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso (Fundação MT), na Estação Experimental Cachoeira, localizada no município de Itiquira, MT. A região está localizada no bioma Cerrado, cujo clima predominante, segundo a classificação de Köppen, é o do tipo Aw.

O solo do ambiente experimental é um Latossolo Vermelho distrófico de textura muito argilosa (Embrapa, 2006), que foi cultivado por mais de vinte e cinco anos no sistema de sucessão soja/milho. A partir do ano agrícola de 2008/2009 foram implantados os sistemas em sucessão como milheto (*Pennisetum glaucum*)/algodão, braquiária (*Brachiaria ruziziensis*)/algodão e três sistemas com rotação de culturas envolvendo algodão, crotalaria



(*Crotalaria juncea*), milho, milheto, soja e braquiária (Tabela 1). A coleta de solo para a presente pesquisa foi realizada no ano agrícola 2013/2014, sexto ano de condução do experimento.

As duas coletas de solo foram realizadas em todos os sistemas em duas épocas, que foram adotadas por coincidir com os estádios de florescimento da cultura da soja (primeira amostragem) presente nos sistemas de rotação de culturas (ROT1 e ROT2) e florescimento do algodoeiro (segunda amostragem). No sistema ROT3, a primeira coleta de solo coincidiu com o dia posterior à semeadura da cultura do milho em consórcio com braquiária e na segunda coleta a cultura do milho estava no estágio de grão pastoso.

Os tratamentos foram distribuídos segundo o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições, em parcelas de 20 m x 45 m.

A semeadura foi mecanizada e a adubação nos sistemas de sucessão e com rotação de culturas, nas culturas de algodão, soja e milho foi realizada conforme a tabela 2, não foi realizada adubação nos cultivos de milheto, braquiária e crotalária.

Retirou-se 18 sub-amostras simples em cada parcela, na camada de 0-10 cm, formando uma amostra composta.

O nitrogênio da biomassa (NBM) foi quantificado segundo método de Brookes et al. (1985).

O amônio (NH_4^+) e o nitrato (NO_3^-) no solo foram quantificados posterior a extração em KCl 2 M, após a decantação das partículas do solo, o sobrenadante foi filtrado e submetido a duas destilações. Na primeira destilação, o NO_3^- foi determinado após a adição de óxido de magnésio ao extrato, seguido de titulação com H_2SO_4 0,0025 M. Na segunda destilação, o nitrato foi determinado no mesmo extrato pela adição de liga de Devarda que converte o NO_3^- em NH_4^+ (KEENEY & NELSON, 1982)

O teor de N total no solo (NTS) foi analisado por combustão a seco pelo equipamento LECO CNH-628.

Os sistemas de produção estão no campo no delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições. As duas épocas de coleta foram analisadas como subparcelas dentro dos sistemas de produção (parcelas).

Todas as determinações foram feitas em triplicatas e os resultados expressos com base no solo seco. Os dados foram submetidos à análise de variância e feitas comparações das médias pelo teste de Scott-Knott 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de NBM foram influenciados pela interação dos sistemas de produção e as duas épocas de amostragens (Tabela 3). Na primeira amostragem, o sistema Mi/A apresentou maior teor de NBM e na segunda amostragem, os sistemas de sucessão com a cultura do algodoeiro apresentaram maiores teores de NBM. Quanto aos teores de NBM nas duas épocas amostradas, os sistemas Mi/A, ROT1 e ROT3 apresentaram maiores teores na primeira amostragem. De acordo com Baudoin et al. (2003), essa variação se deve à dinâmica de imobilização e mineralização dos microorganismos, que depende, dentre outros fatores, da quantidade e da qualidade dos resíduos vegetais, do rápido retorno e da eficiência de utilização do C e N disponível, pela microbiota.

Houve interação dos sistemas de produção e épocas de amostragens sobre os teores de NH_4^+ e NO_3^- no solo. Na primeira amostragem, os sistemas Mi/A e ROT1 apresentaram maiores teores de NH_4^+ no solo. Na segunda amostragem, os sistemas não apresentaram diferenças significativas. Quanto às duas épocas de amostragens, apenas o sistema ROT1 apresentou diferença significativa e maior teor de NH_4^+ na primeira amostragem.

Os maiores teores de NO_3^- no solo, na primeira amostragem, foram nos sistemas Mi/A, ROT2 e ROT3, o sistema ROT1 apresentou teor de NO_3^- intermediário e o sistema B/A apresentou menor teor de NO_3^- no solo. Na segunda amostragem, os sistemas Mi/A e B/A apresentaram maior teor de NO_3^- no solo.

Quanto às épocas de amostragens, o sistema B/A apresentou maior teor de NO_3^- na segunda amostragem e os sistemas de ROT1, ROT2 e ROT3 apresentaram maiores teores de NO_3^- na primeira amostragem (Tabela 3).

Os teores de NTS foram influenciados pela interação dos sistemas de produção e épocas de amostragens (Figura 1). Na primeira amostragem, o sistema B/A apresentou menor teor de NTS e na segunda amostragem não houve diferença entre os sistemas. Observou-se que o sistema com braquiária reduziu o teor de NTS na primeira amostragem (durante seu cultivo), mas após a dessecação desta e o cultivo do algodoeiro (segunda amostragem) os teores de N estavam semelhantes aos outros sistemas e os teores de N nas folhas algodoeiro estavam semelhantes aos teores desta cultura no sistema Mi/A. Os menores teores de NTS com a cultura de braquiária resultou em menores teores de NBM e nas formas de NH_4^+ e NO_3^- neste sistema na primeira amostragem (Tabela 3).

Ressalta-se que no sistema B/A, o teor de NO_3^- foi menor que no sistema ROT2, que apresentou maior teor de NTS e teor de NH_4^+ semelhante ao sistema B/A. Estes resultados podem ser explicados pelo



potencial da cultura da braquiária para inibir a nitrificação corroborando com Subbarao et al. (2012) que constataram que espécies de braquiárias podem reduzir significativamente o potencial de nitrificação por meio da síntese e liberação de exsudados pelas raízes das plantas, mantendo assim o N na forma amoniacal ($N-NH_4^+$) por maior tempo, retardando a oxidação a nitrato ($N-NO_3^-$) e reduzem a população microbiana nitrificante do solo.

Ao comparar numericamente as produtividades de algodoeiro (fibra com caroço) obtidas nos sistemas Mi/A ($4.100,4 \text{ kg ha}^{-1}$) e B/A ($4532,9 \text{ kg ha}^{-1}$) observou-se maiores produtividades no sistema em sucessão com a cultura da braquiária, provavelmente devido a maior ciclagem de N e K realizado por esta cultura o que foi verificado na análise de solo deste sistema (Tabela 4).

As alterações nos teores de NTS se devem a realização de adubação nitrogenada na semeadura e em cobertura nos sistemas com as culturas de algodão e no sistema ROT3 com a cultura do milho em consórcio com braquiária e nos sistemas ROT1 e ROT2 com a cultura da soja durante as duas amostragens, os aumentos de N se devem a decomposição e liberação do N dos resíduos do algodoeiro cultivado anteriormente a soja, visto que é exportado apenas cerca de 50% do N acumulado nas plantas de algodoeiro conforme Alves et al. (2006).

CONCLUSÕES

O sistema de produção de algodoeiro em sucessão a braquiária apresenta, durante o cultivo da gramínea, menores teores de N total, da biomassa microbiana, amônio e nitrato, mas estes fatores não reduzem os teores de N total no solo, foliar e produtividade do algodoeiro.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de recursos para aquisição de equipamentos; à Fundação Agrisus, pela concessão de bolsa e recursos para reagentes; à Fundação MT, pela infraestrutura e apoio técnico.

REFERÊNCIAS

a. Periódicos:

ALVES, R.A.; SOUTO, S.J.; SOUTO, P.C. Aporte e decomposição de serrapilheira em área de caatinga, na

Paraíba. *Revista biologia e ciência da terra*, v 6, n002, pg 194-203, 2006.

BAUDOIN, E.; BENIZRI, E.; GUCKERT, A. Impact of artificial root exudates on the bacterial community structure in bulk soil and maize rhizosphere. *Soil Biology and Biochemistry*, v.35, p.1183-1192, 2003.

BROOKES P. C., KRAGT J. F., POWLSON D. S. and JENKINSON D. S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: the effects of fumigation time and temperature. *Soil Biology & Biochemistry*, 17, 831-835, 1985.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 306p. 2006.

JENKINSON, D. S., LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E. A. LADD, J. N. *Soil Biochemistry*. New York, v. 5, p. 415-471, 1981.

KEENEY, D.R.; NELSON, D.W. Nitrogen. Inorganic forms. In: PAGE, A.L., (Ed.). *Method of Soil Analysis Chemical and Microbiological*. 2.ed. Madison, American Society of Agronom. p.643-693, 1982.

SANTANA, D.P.; BAHIA FILHO, A.F.C. A ciência do solo e o desafio da sustentabilidade agrícola. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, n.2, p.19-23, 1998.

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S. e TOMMM, G.O. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p.130, 2009.

STEVENSON, F.J. *Cycles of Soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. New York: J. Wiley, 1986. 380p.

SUBBARAO, G.V.; SAHRAWAT, K.L.; NAKAHARA, K.; ISHIKAWA, T.; KUDO, N.; KISHII, M.; RAO, I.M.; HASH, C.T.; GEORGE, T.S.; SRINIVASA, Rao P.; NARDI, P.; BONNETT, D.; BERRY, W.; SUENAGA, K.; LATA, J.C. Biological nitrification inhibition (BNI) – A novel strategy to regulate nitrification in agricultural systems. *Advances in Agronomy*. 2012. v 114, p. 249–302.

b. Livro:

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: *Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo*, 1997. 201 p.



Tabela 1. Sequência de culturas ao longo dos seis anos após implantação dos sistemas de produção do algodoeiro na fazenda Cachoeira, Itiquira, MT.

Sistemas de produção	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6
Milheto/algodão (Mi/A)	Mi/A	Mi/A	Mi/A	Mi/A	Mi/A	Mi/A
Braquiária/algodão (B/A)	B/A	B/A	B/A	B/A	B/A	B/A
Rot1	C/A	Mi/A	S/M+B	C/A	Mi/A	S/M+B
Rot2	Mi/A	S/M	Mi/A	S/M	Mi/A	S/M
Rot3	Mi/A	S/C	M+B	Mi/A	S/C	M+B

Rot1=(crotalaria/algodão)/(milheto/algodão)/(soja/milho+braquiária); Rot2=(milheto/algodão)/(soja/milho); Rot3=(milheto/algodão)/(soja/crotalaria)/(milho + braquiária).

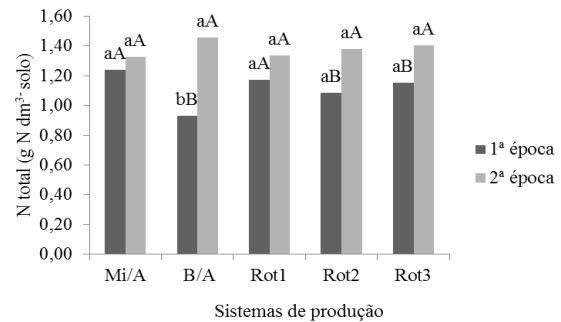


Figura 1. Teor de N total no solo dos sistemas de produção de algodão em duas épocas de amostragens. Letras distintas entre épocas de avaliação, dentro dos sistemas de produção, "indicam" diferença entre as médias pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Mi/A= Milheto/algodão; B/A= Braquiária/algodão; Rot1= (crotalaria/algodão)/(milheto/algodão)/(soja/milho+braquiária) Rot2=(milheto/algodão)/(soja/milho); Rot3=(milheto/algodão)/(soja/crotalaria)/(milho + braquiária).

Tabela 2. Quantidade de nutrientes para as culturas que são implantadas no sistema de produção de algodão em sucessão ou em rotação de cultura com a cultura do algodão.

Cultura	Solco de semeadura					Cobertura			
	N	P	Ca	S	B	Zn	N	K ₂ O	S
Soja	-	45	38	25	-	-	-	90	-
Milho verão	40	50	-	-	-	2,5	120	50	-
Milho safrinha	40	40	-	-	-	2,5	60	30	-
Algodão	40	70	60	38	2	-	60/60	120	72

N: nitrogênio; P: fósforo; Ca: cálcio; S: enxofre; B: boro; Zn: zinco.
Fonte: Claudinei Kappes, 2012.

Tabela 3. Teores de N da biomassa, amônio e nitrato no solo dos sistemas de produção de algodão em duas épocas.

Sistemas	N biomassamicrobiana (mg N-BM dm ⁻³ solo)		Amônio (mg N-NH ₄ dm ⁻³ solo)		Nitrato (mg N-NO ₃ dm ⁻³ solo)	
	1ª época	2ª época	1ª época	2ª época	1ª época	2ª época
Mi/A	8,31 aA	6,40 aB	8,43 aA	7,12 aA	7,35 aA	6,96 aA
B/A	5,54 bA	6,36 aA	7,38 bA	7,97 aA	5,43 cB	7,69 aA
Rot1	6,60 bA	5,45 bB	9,15 aA	6,15 aB	6,31 bA	4,92 bB
Rot2	5,55 bA	6,00 bA	7,24 bA	6,29 aA	6,93 aA	5,29 bB
Rot3	6,95 bA	4,04 bB	6,66 bA	6,99 aA	7,58 aA	5,56 bB

Dentro de cada variável, médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas e, maiúsculas nas linhas diferem significativamente pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Mi/A= milheto/algodão; B/A= braquiária/algodão; Rot1= (crotalaria/algodão)/(milheto/algodão)/(soja/milho + braquiária); Rot2=(milheto /algodão)/(soja/milho); Rot3= (milheto/algodão)/(soja/crotalaria)/(milho + braquiária).

Tabela 4. Resultados da análise química de amostras de solo, coletadas na camada de 0-20 cm de profundidade, nas parcelas dos sistemas de produção do algodoeiro, (2012) na Fazenda Cachoeira, Itiquira, MT.

Sistemas de produção	pH em CaCl ₂	M.O.	P	K	Ca	Mg	V	m	CTC	Mn	Cu
		g dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	%	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³				
Mi/A	4,85a	42,80a	23,20a	108,00a	2,75a	1,00a	40,77a	1,78	9,90a	27,88b	1,62a
B/A	4,88a	41,08b	30,68a	120,25a	2,75a	1,00a	42,29a	1,25	9,61a	30,68a	1,72a
Rot1	4,75a	43,70a	24,05a	100,50a	2,60a	0,93 ^a	38,18a	5,14	9,93a	27,30b	1,67a
Rot2	4,98a	41,38b	20,20a	102,75a	2,95a	1,05 ^a	44,30a	0,00	9,61a	30,23a	1,62a
Rot3	4,98a	38,88c	15,23a	64,75b	2,85a	1,03 ^a	44,40a	0,00	9,09b	28,05b	1,52a

Mi/A= Milheto/algodão; B/A= Braquiária/algodão; Rot1= (crotalaria/algodão)/(milheto/algodão)/(soja/milho + braquiária); Rot2=(milheto /algodão)/(soja/milho); Rot3= (milheto/algodão)/(soja/crotalaria)/(milho + braquiária). Fonte: Claudinei Kappes, 2012.