

Colonização micorrízica e fertilidade do solo submetido a fontes e doses de adubação nitrogenada em *Brachiaria brizantha*

Flavia Cristina Delbem¹, Márcia Helena Scabora², Cecílio Viega Soares Filho^{1*}, Reges Heinrichs³, Tiago Augusto Ferrari¹ e Ana Maria Rodrigues Cassiolato²

¹Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rua Clóvis Pestana, 793, Cx. Postal 341, 16050-680, Araçatuba, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Fitossanidade Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. ³Curso de Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Dracena, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: cecilio@fmva.unesp.br

RESUMO. A viabilização e aumento da produção de novas cultivares podem ser obtidos com a prática da adubação nitrogenada. O objetivo desse trabalho foi verificar o efeito de fontes e doses de adubação nitrogenada, em profundidades, na colonização micorrízica e na fertilidade do solo com *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés. O delineamento experimental em blocos casualizados e os tratamentos em esquema fatorial 3 x 4, envolvendo três fontes de nitrogênio (ureia, sulfato de amônio e ajifer-L40), quatro doses (0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹) estudadas em duas profundidades (0-0,10 e 0,10-0,20 m), com três repetições. Por parcela, as amostras compostas, por cinco amostras simples de solo, foram coletadas, peneiradas, homogeneizadas e destinadas às análises. O uso do ajifer e da ureia proporcionou maior produtividade de massa seca da parte aérea de *B. brizantha* cv. Xaraés. Em contrapartida, esta sofre redução à medida que as doses se elevaram. A melhor dose de adubação foi a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N. As doses mais elevadas de N, na camada 0 a 0,10 m de profundidade, determinam acidificação do solo e reduzem os valores de MO, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SB e V%. A esporulação, mas não colonização micorrízica, é sensivelmente estimulada em elevadas doses.

Palavras-chave: ajifer, sulfato de amônio, ureia, pastagem.

ABSTRACT. *Mycorrhizal colonization and soil fertility under different sources and levels of nitrogen fertilization on *Brachiaria brizantha*.* The feasibility and increase in the production of new cultivars can be obtained with the practice of nitrogen fertilization. The objective of this study was to verify the effect of sources and levels of nitrogen fertilization, concerning the depths, on the percentage of mycorrhizal colonization and soil fertility when covered by *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés. A randomized blocks design was used and the treatments were under a 3 x 4 factorial scheme, regarding three nitrogen sources (urea, ammonium sulfate, and ajifer-L40) and 4 nitrogen levels (0, 100, 200 and 400 kg ha⁻¹), studied at 2 different depths (0-0.10 and 0.10-0.20 m), with 3 replications. In each plot, the soil samples, composed of 5 simple samples, were collected, sieved, homogenized and sent for analysis. The use of ajifer and urea promoted higher production of shoot dry matter of *B. brizantha* cv. Xaraés. On the other hand, this dry matter showed reduction with the increase of N doses. The best fertilization dose was 100 kg ha⁻¹ of N. The increasing doses of N employed, on the depth of 0-0.10 m, resulted in soil acidification and decreased the levels of MO, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SB and V%. Sporulation, but not mycorrhizal colonization, was stimulated by higher applied dosages.

Key words: ajifer, ammonium sulfate, urea, pasture.

Introdução

As pastagens são constituintes de sistemas complexos formados pelos componentes solo-planta-animal, as quais estão sujeitas às modificações antrópicas causadas pelo manejo (HAYNES; WILLIAMS, 1993). A adubação nitrogenada é uma prática fundamental quando se pretende aumentar a produção da forragem. A ureia e o sulfato de amônio

são as principais formas de nitrogênio (N) utilizadas, porém em condições de elevada temperatura, a ausência de precipitação imediatamente após a adubação e as altas taxas de evaporação de água do solo, comum no final do período das chuvas, proporcionam grandes perdas do N por volatilização (MARTHA JUNIOR et al., 2004). Ademais, o nitrogênio exposto à nitrificação seguida da lixiviação

do nitrato que se encontra em maior disponibilidade, é citado como um dos principais responsáveis pela intensa acidificação do solo em pastagens com leguminosas (CONVENTRY; SLATERRY, 1991).

No sentido de reduzir as perdas de N para o meio ambiente e potencializar o efeito dos adubos nas plantas, surge como uma possível fonte alternativa de adubação nitrogenada o fertilizante ajifer (subproduto da indústria alimentícia resultante do processo de fermentação glutâmica, enriquecido com N). Este apresenta, como vantagem, menores perdas por volatilização que, segundo Costa et al. (2003), para cana-de-açúcar, acarreta em maior produtividade de massa seca em relação ao sulfato de amônio e ureia.

Das populações que compõem a microbiota do solo, as micorrizas, associação entre fungos benéficos e específicos do solo e raízes de plantas superiores, assume importante papel nos ecossistemas, pela capacidade de formar associação com membros da maioria das famílias de plantas, e pelos benefícios que conferem as plantas em simbiose (SMITH; READ, 1997). Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são empregados visando incrementar o desenvolvimento e a produção das culturas mediante seus efeitos na nutrição das plantas e outros benefícios diretos e indiretos (TRINDADE et al., 2000), visto que sua eficiência simbiótica resulta de interações complexas entre a capacidade do fungo, facilitando a absorção de fósforo (P) e outros nutrientes pelas plantas hospedeiras (KOIDE, 1991). A simbiose favorece, também, a retenção de umidade, a agregação e a estabilidade dos solos (AUGÉ et al., 2001), pelos fungos para produzirem grandes volumes de micélio.

Definindo como hipótese que o aumento da fertilidade do solo por meio da adubação pode provocar alterações na taxa de colonização micorrízica e, conseqüentemente, a produtividade da planta, o presente trabalho teve como objetivo verificar o efeito de fontes e doses de adubação nitrogenada, em profundidades, na colonização micorrízica e na fertilidade do solo com *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em área do Sindicato Rural no município de Araçatuba, localizado na região Noroeste do Estado de São Paulo. O climático predominante na região é Aw segundo Köppen, caracterizado por verão quente e úmido e inverno seco. As médias anuais de temperatura e precipitação são, respectivamente,

24,4°C, 1281 mm, com temperatura média máxima de 30,9°C e média mínima de 17,9°C.

O período experimental foi compreendido dentre os meses de agosto de 2005 a junho de 2006. A área experimental consistiu de uma pastagem de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf. cv. Xaraés, estabelecida há cinco anos e em plena produção.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, com boa drenagem. A caracterização química do solo, antes da montagem do experimento, foi efetuada nas profundidades de 0-0,10 e 0,10-0,20 m. Por parcela foram coletadas amostras compostas, constituídas por cinco amostras simples de solo, as quais foram secas à sombra, peneiradas e homogeneizadas. As determinações químicas do solo seguiram a metodologia de Rajj et al. (2001), com os seguintes resultados: pH (CaCl₂): 4,5 e 4,4; MO (g dm⁻³): 23 e 20; P₂O₅ (mg dm⁻³): 4 e 3; K₂O: 6,0 e 3,3; Ca²⁺: 19 e 17; Mg²⁺: 8 e 7; H+Al: 22 e 25; Al³⁺: 5 e 6; SB: 17 e 14; CTC (mmolc dm⁻³): 52 e 39; V(%): 60 e 52, nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m, respectivamente.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados e os tratamentos em arranjo fatorial 3 x 4, envolvendo três fontes de N (ureia, sulfato de amônio e Ajifer-L40) em quatro doses (0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹) e estudadas em duas profundidades (0 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m), com três repetições. As parcelas foram alocadas com dimensões de 4 x 3 m (tendo 6 m² de área útil) e uma faixa de caminamento de 2,0 m entre as mesmas. Não foi efetuada a calagem, uma vez que a saturação por base estava dentro das recomendações propostas por Rajj et al. (1996) para pastagem.

Após a primeira chuva, foi realizado o corte de uniformização em todas as parcelas e imediatamente foi aplicada a lanço a adubação de manutenção com fósforo (60 kg ha⁻¹ de P₂O₅) na forma de superfosfato simples (RAIJ et al., 1996). As doses de N foram aplicadas em cobertura, parceladas em cinco vezes, sendo a primeira aplicação após o primeiro corte e as demais depois de cada corte. Durante o período das chuvas foram realizados cinco cortes com intervalos de 28 dias, enquanto no período das secas foi realizado um corte no final do mês de junho, totalizando seis cortes anuais. Após cada corte foi retirada toda massa de forragem das parcelas.

Para a caracterização química do solo e micorrízica ao final do experimento, em julho de 2006, foi coletada uma amostra composta, constituída por cinco amostras simples de solo, por unidade experimental, nas duas profundidades, as quais foram secas à sombra, peneiradas e homogeneizadas. As raízes encontradas foram separadas, lavadas em água corrente e

preservadas em álcool 50% para futura análise. O preparo das amostras de solo e os procedimentos para a caracterização química seguiram o descrito anteriormente.

Para determinação da porcentagem da colonização micorrízica (COL) por FMA autóctones, por tratamento, 1 g de raiz anteriormente preservada, foi cortada no comprimento de 1 cm, lavada em água corrente. Em seguida, foi clarificada em KOH 10%, acidificada com HCl 1%, colorida com azul de tripano 0,05% e preservada em lactoglicerol (PHILLIPS; HAYMAN, 1970). A porcentagem de segmentos colonizados foi verificada em placa quadriculada, e 100 segmentos por amostra foram observados ao microscópio estereoscópio (40x). Consideraram-se infectados os segmentos que apresentavam hifas (externas e internas), vesículas ou arbúsculos.

Parte das amostras compostas de solo de pastagem foi empregada para determinação do número de esporos (NESP) de FMA autóctones. Para tanto, 100 g de cada amostra foi homogeneizada e processada, segundo uma associação dos métodos de decantação e peneiramento úmido (GERDEMANN; NICOLSON, 1963) e de centrifugação e flutuação em sacarose (JENKINS, 1974). A quantificação dos esporos foi realizada em placas com anéis concêntricos, em microscópio estereoscópio (40x).

Para a verificação da produção de forragem foram realizados seis cortes de forma manual, numa área amostral de 1,0 m² a 0,15 m da superfície do chão. A determinação da massa seca da parte aérea

(MSPA) foi obtida por meio da amostragem da forragem retirada do material cortado de cada parcela, a qual foi seca em estufa com ventilação forçada a 65°C por 72h. Os valores para MSPA da forragem foram obtidos pela média dos valores dos seis cortes.

Foram realizadas a análise de variância e as complementações nas comparações de médias de tratamentos por meio do teste de Scott-Knott, o estudo de regressão na análise de tendência entre doses de N e, posteriormente, a correlação de Pearson entre as variáveis.

Resultados e discussão

É grande a influência do local de adubação nos parâmetros químicos do solo, no crescimento e na distribuição do sistema radicular (MOTTA et al., 2006). No presente trabalho, a camada de solo correspondente a 0,0-0,10 m de profundidade, com o aumento das doses de N aplicadas foram observadas reduções significativas aos teores de pH, MO, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SB e V%. Para a camada de 0,10-0,20 m, apenas os valores de Ca²⁺ diferiram significativamente, com os valores mais elevados nos tratamentos com a aplicação de ajifer e a ureia, em relação ao sulfato de amônio (Tabela 1). Nesta mesma camada, foi verificada interação significativa para as interações entre as fontes e doses de N para valores de H+Al, Al³⁺ e CTC (Tabela 2).

Nas condições gerais de fertilidade do solo, o pH pode ser um indicador da acidificação do solo.

Tabela 1. Médias e teste de F para as características químicas do solo nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade, submetidas à fontes e doses de nitrogênio, sobre *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés.

		pH	MO	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+AL	Al ³⁺	SB	CTC	V										
		CaCl ²	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol dm ⁻³								%									
0 - 0,10 m																						
Fontes (FN)	ajifer	4,33	15,33	2,66	1,08	10,75	4,33	29,75	2,83	16,25	46,00	35,41										
	ureia	4,25	15,91	2,08	1,08	10,91	3,91	29,25	2,58	15,91	45,16	35,50										
	SA	4,08	15,25	2,25	1,08	9,58	3,75	29,58	3,08	14,41	44,00	32,16										
Doses (DN)	0	4,33	18,00	2,66	1,33	12,00	5,00	30,00	2,00	18,33	48,33	37,66										
	100	4,55	14,55	2,11	1,77	11,66	4,66	25,33	1,77	18,11	43,44	41,33										
	200	4,00	13,33	1,88	0,55	8,66	3,11	31,33	3,55	12,44	43,77	28,77										
	400	4,00	16,11	2,66	0,66	9,33	3,22	31,44	4,00	13,22	44,66	29,66										
FN	1,75	ns	0,50	ns	0,79	ns	0,00	ns	1,75	ns	1,44	ns	1,44	ns	1,22	ns	2,02	ns	1,83	ns	1,58	ns
DN	6,00	**	11,76	**	1,03	ns	12,33	**	6,89	**	11,35	**	7,15	**	18,04	**	15,49	**	6,88	**	12,36	**
FN x DN	1,75	ns	1,46	ns	1,58	ns	0,30	ns	1,96	ns	0,95	ns	3,50	*	5,32	**	1,94	ns	3,48	*	2,41	ns
CV%	7,89		11,38		50,05		45,45		18,25		21,65		10,91		27,65		15,366		5,70		15,22	
0,10 - 0,20 m																						
Fontes (FN)	ajifer	4,16	15,91	4,50	1,33	11,50	4,41	28,50	2,25	17,25	45,75	37,91										
	ureia	4,25	14,91	2,91	1,08	11,16	4,75	26,91	1,91	17,00	43,91	38,75										
	SA	3,08	13,75	3,91	1,00	9,66	3,91	28,83	2,33	15,41	44,25	34,83										
Doses (DN)	0	4,00	14,00	2,66	1,33	10,33	3,66	28,33	2,66	15,33	43,66	35,00										
	100	4,33	15,66	4,66	1,00	11,88	4,88	28,33	1,55	17,77	46,11	38,22										
	200	4,22	14,33	3,33	1,33	10,88	4,88	26,77	1,88	18,22	45,00	40,22										
	400	4,11	15,44	4,44	0,88	10,00	4,00	28,88	2,55	14,88	43,77	35,22										
FN	0,73	ns	2,59	ns	1,07	ns	2,55	ns	4,32	*	2,49	ns	0,49	ns	0,92	ns	1,88	ns	0,63	ns	1,34	ns
DN	1,63	ns	1,10	ns	1,11	ns	3,33	*	2,32	ns	4,14	*	0,29	ns	4,06	*	4,07	*	0,66	ns	1,49	ns
FN x DN	2,36	ns	2,30	ns	1,11	ns	0,98	ns	1,65	ns	2,14	ns	0,37	ns	0,57	ns	0,89	ns	0,21	ns	0,73	ns
CV%	8,09		15,69		70,89		33,02		15,10		21,09		17,88		36,60		15,14		9,53		16,59	

* e ** significativo a 5 e 1%, respectivamente; ns = não-significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra, na coluna e dentro de cada profundidade, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. SA = Sulfato de Amônio.

Tabela 2. Médias para H+Al, alumínio (Al³⁺) e capacidade de troca catiônica (CTC) submetidas a fontes e doses de N, no solo em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés.

Variáveis	Fontes	Doses de N					Equação	R ²
		0	100	200	400			
H+Al (mmol _c dm ⁻³)	ajifer	30,00	24,00	28,00	37,00	a	$\hat{y} = 0,0002x^2 - 0,048x + 29,209$	0,9139**
	ureia	30,00	26,00	34,00	27,00	b	$\hat{y} = 0,0031x + 29,8$	0,0223 ^{ns}
	SA	30,00	26,00	32,00	30,33	b	$\hat{y} = 0,0048x + 28,734$	0,1060 ^{ns}
Al ³⁺ (mmol _c dm ⁻³)	ajifer	2,00	1,33	3,00	5,00	a	$\hat{y} = 2E-05x^2 + 0,0005x + 1,772$	0,9172**
	ureia	2,00	2,33	4,00	2,00	b	$\hat{y} = 4E-05x^2 + 0,0166x + 1,7447$	0,7106**
	SA	2,00	1,66	3,66	5,00	a	$\hat{y} = 7E-06x^2 + 0,0056x + 1,736$	0,8818**
CTC	ajifer	48,33	43,66	42,00	50,00	a	$\hat{y} = 0,0002x^2 - 0,0666x + 48,392$	0,9989**
	ureia	48,33	43,33	45,00	43,66	b	$\hat{y} = 5E-05x^2 - 0,0306x + 47,657$	0,6458*
	SA	48,33	43,33	44,00	40,33	b	$\hat{y} = 3E-05x^2 - 0,0313x + 47,729$	0,8651**

Médias seguidas da mesma letra, na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

No presente trabalho, o aumento da acidez do solo pode estar relacionando à atividade bacteriana do solo que, ao oxidarem formas de N amoniacal, liberam NO₃⁻ e H⁺, acidificando ainda mais o solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Desta forma, a liberação do ânion nitrato NO₃⁻ pode justificar a redução dos valores de K⁺ e Mg²⁺ (Tabela 1), pois sua percolação pelo perfil do solo arrasta consigo estes cátions para manter a eletroneutralidade, permanecendo os íons H⁺ nas camadas mais superficiais, acidificando ainda mais o meio, o que culmina com a elevação da disponibilidade do Al³⁺ que, por sua vez, passa a ocupar os sítios de troca (CTC) no complexo coloidal (BOHNEN et al., 2000).

Os valores de pH correlacionaram positivamente com os teores de K⁺ (0,355**), Ca²⁺ (0,761**), Mg²⁺ (0,770**), SB (0,815**) e V% (0,886**) e negativamente com H+Al (-0,636**) e Al³⁺ (-0,801**). Fato esperado em função das alterações do pH do solo, estas correlações sugerem que a diminuição do pH ocorreu simultaneamente com a diminuição dos valores de K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SB e V%, ao contrário do H+Al e Al³⁺, que se elevam.

Com a aplicação de 400 kg ha⁻¹ observou-se valores mais elevados de H+Al e Al³⁺ no uso do ajifer e o sulfato de amônio na camada superficial do solo (Tabela 2). A aplicação do sulfato de amônio, como fonte de N, reduziu os valores da CTC do solo, possivelmente resultado de maior acidificação do solo com o aumento das doses de N. Bohnen et al. (2000) relatam que dada reação de nitrificação do sulfato de amônio e absorção de NH₄⁺ pelas raízes, ocorre liberação de H⁺, o que acidifica o solo, elevando a disponibilidade de Al³⁺.

A acidificação atua interferindo na integridade estrutural do solo, prejudicando os processos de formação de agregados; decomposição e ciclagem de nutrientes; fixação de nitrogênio, além de outros tantos processos desempenhados pela biota do solo (MAXWELL, 1995). A disponibilidade de nutrientes no solo pode determinar a importância de FMA e

presença de inóculos (ZANGARO et al., 2000). Neste caso, a aplicação de N não inibiu nem estimulou a colonização de FMA na pastagem de capim Xaraés, embora os valores na camada 0-0,10 m tenham sido superiores (Tabela 3). Esses dados podem ser justificados pela densa associação das plantas em sistemas de pastagens onde há maior concentração de raízes na camada mais superficial (BAREA et al., 1989).

Tabela 3. Médias, teste de F para porcentagem de colonização micorrízica (COL - %), número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (NESP - 100 g solo seco⁻¹) e peso da massa da matéria seca da parte aérea (MSPA - kg ha⁻¹), em solo sob pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés.

	COL	NESP	MSPA	
0,0 - 0,10 m				
Fontes	ajifer	364,33	1116,16	a
(FN)	ureia	388,50	1260,33	a
	SA	423,16	1072,25	b
Doses	0	359,33	1380,66	a
(DN)	100	434,77	1298,22	a
	200	357,11	864,55	b
	400	38,95	416,77	c
FN	0,80	^{ns} 1,92	^{ns} 4,73	*
DN	1,38	^{ns} 2,60	^{ns} 20,25	**
FN x DN	1,52	^{ns} 4,32	** 1,18	^{ns}
CV (%)	9,25	18,82	13,63	
0,10 - 0,20 m				
Fontes	ajifer	211,41	-	
(FN)	ureia	155,75	-	
	SA	175,50	-	
Doses	0	255,33	a	-
(FN)	100	146,22	b	-
	200	160,66	b	-
	400	161,33	b	-
FN	0,29	^{ns} 3,29	^{ns}	-
DN	1,74	^{ns} 7,79	**	-
FN x DN	0,15	^{ns} 0,75	^{ns}	-
CV%	17,60	29,78	-	

* e ** significativo a 5 e 1%, respectivamente; ^{ns} = não-significativo. Médias seguidas de mesma letra, na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os baixos valores para COL (Tabela 3) podem ser relacionados à época em que a coleta foi realizada, visto que em áreas de pastagens contínuas de cerrado os valores de COL são mais abundantes durante as épocas de chuvas em relação à de seca, quando podem atingir valores médios de até 69 e 43%, respectivamente (MIRANDA et al., 2005).

O efeito do N sobre os FMA esta relacionados à disponibilidade de P, pois a colonização tem mostrado que em alta disponibilidade de P e baixo teor de N, há aumento da colonização, enquanto em alta disponibilidade de P e alto teor de N, ocorre redução da colonização (SANTOS et al., 2001).

As plantas de braquiária MG-4 não-micorrizadas e que não receberam N em cobertura, exibiram acúmulo crescente de P, K⁺ e Ca²⁺ na MSPA, apenas em função das doses de P com relação às micorrizadas. Desta forma, os autores indicaram que os FMA têm acesso a outras fontes de N, além da mineral (SANTOS et al., 2002).

A produção de MSPA demonstrou valores superiores com a aplicação do ajifer e ureia, que diferiram estatisticamente do sulfato de amônio (Tabela 3). Uma resposta quadrática ($\hat{y} = 0,0064x^2 - 3,5775x + 1438$; $R^2 = 0,7558$) com relação às doses de N aplicadas foi verificada no tratamento que não recebeu aplicação de N, com o maior valor para MSPA (1380,66 kg ha⁻¹). Esses dados foram próximos aos relatados por Botrel et al. (2002), os quais verificaram produtividade média de MSPA para *B. brizantha* de 1494 kg ha⁻¹, produzindo 614,3 kg ha⁻¹ durante o inverno e 2.375 kg ha⁻¹ durante o verão.

Esta resposta negativa à aplicação de N pode estar relacionada às necessidades de recuperação das estruturas da planta forrageira, como a coroa e o sistema radicular e, também, a perda da eficiência do uso do nitrogênio pela pastagem (OLIVEIRA et al., 2005), que pode ser atribuída ao efeito inibitório do N sobre os FMA autóctones presentes nas raízes. Santos et al. (2001) verificaram queda na produção de MSPA em braquiária MG-4 micorrizadas quando tratadas com adubos nitrogenados.

Nos ecossistemas não-perturbados, os fungos formam uma rede micelial permanente que ligam as plantas por uma rede comum de hifas, as quais são reguladas em função dos benefícios que proporcionam as plantas (HODGE, 2000). Neste caso, a pastagem extraía e acumulava N mineralizado da matéria orgânica do solo, indicando que, provavelmente, o sistema de produção da pastagem

era capaz de suprir N para manter a produção utilizando a ciclagem de nutrientes, por meio da mineralização de matéria orgânica, até atingir ponto de equilíbrio (OLIVEIRA et al., 2005).

A ocorrência de colonização micorrízica em condições de campo é regulada em função dos benefícios que proporcionam as plantas (FITTER; MERRYWEATHER, 1992). O cultivo de pastagens com braquiária (*Brachiaria dictyoneura*) puras e contínuas, ao longo dos anos, tende a uma redução e estabilização no número de esporos no solo (DODD et al., 1990). Para o número de esporos foram observadas diferenças significativas dentre as fontes sob a aplicação de 400 kg ha⁻¹ de N (Tabela 4). Com o uso da ureia e do sulfato de amônio houve acréscimo no NESP, os quais podem ter ocorrido em virtude do estresse decorrente dos níveis elevados de N no solo.

A quantidade de esporos presentes no solo apresentou correlação positiva aos valores demonstrados pelo Al³⁺ (0,275*). Assim como no presente trabalho, Correia et al. (2004) relatam que, em solos de cerrado, os esporos de FMA apresentam maior densidade e variedades. Os autores relacionaram os resultados à elevada saturação de alumínio no horizonte A (0-0,20 m), característico de áreas de Cerrado.

Conclusão

O uso do ajifer e da ureia proporciona maior produtividade de massa seca da parte aérea de *B. brizantha* cv. Xaraés. Em contrapartida, esta sofre redução à medida que as doses de N se elevavam. A melhor dose de adubação é aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N. As doses mais elevadas de N, na camada 0 a 0,10 m de profundidade, determinam acidificação do solo e reduzem os valores de MO, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SB e V%. A esporulação, mas não colonização micorrízica, é sensivelmente estimulada em elevadas doses.

Agradecimentos

Ao Siran, por ceder a área para a implantação do experimento e à empresa Ajinomoto Interamericana, por fornecer o fertilizante ajifer.

Tabela 4. Médias para número de esporo (100 g solo seco⁻¹) na camada de 0,0-0,10 m de profundidade em função das fontes e doses de adubação nitrogenada em solo sob pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés.

	Doses				Equação	R ²
	0	100	200	400		
ajifer	359,33	523,33	297,00	277,66b	$\hat{y} = -0,3684x + 28,8$	0,3179 ^{ns}
ureia	359,33	371,33	378,33	427,33a	$\hat{y} = 0,0003x^2 + 0,0382x + 360,69$	0,9915 ^{**}
SA	523,33	409,66	396,00	545,33a	$\hat{y} = 0,001x^2 + 0,0357x + 369,38$	0,9377 ^{**}

Médias seguidas da mesma letra, na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Referências

- AUGÉ, R. M.; STODOLA, A. J. W.; TIMS, J. E.; SAXTON, A. M. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. **Plant and Soil**, v. 230, n. 1, p. 87-97, 2001.
- BAREA, J. M.; AZCÓN, R.; AZCÓN-AGUILAR, C. Time-course of N₂ (¹⁵N) fixation in the field by clover growing alone or in mixture with ryegrass to improve pasture productivity, and inoculated with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v. 112, n. 3, p. 399-404, 1989.
- BOHNEN, H.; MEURER, E. J.; BISSANI, C. A. Solos ácidos e solos afetados por sais. In: MEURER, E. J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p. 109-126.
- BOTREL, M. A.; ALVIM, M. J.; FERREIRA, R. P.; XAVIER, D. F. Potencial forrageiro de gramíneas em condições de baixas temperaturas e altitude elevada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 393-398, 2002.
- CORREIA, C. R. M. A.; REATTO, A.; MARTINS, E. S.; SILVA, E. M.; CALDAS, L. S.; FAGG, J. F. **Micorriza arbuscular**: um indicador da fertilidade dos solos e da distribuição de árvores no Bioma Cerrado. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento).
- COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 27, n. 4, p. 631-637, 2003.
- CONVENTRY, D. R.; SLATERRY, W. J. Acidification of soil associated with lupins grown in a crop rotation in North-eastern Victoria. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 42, n. 3, p. 391-397, 1991.
- DODD, J. C.; ARIAS, I.; KOOMEN, I.; HAYMAN, D. S. The management of populations of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in acid-infertile soils of a savannah ecosystem. II. The effects of precrops on the spore populations of native and introduced VAM fungi. **Plant and Soil**, v. 122, n. 2, p. 241-247, 1990.
- FITTER, A. H.; MERRYWEATHER, J. W. Why are some plants more mycorrhizal than other? An ecology enquiry. In: READ, D. J.; LEWIS, D. H.; FITTER, A. H. ALEXANDER, I. J. (Ed.). **Mycorrhizas in ecosystems**. Wallingford: CAB International, 1992. p. 26-36.
- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycology Society**, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963.
- HAYNES, R. J.; WILLIAMS, P. H. Nutrient cycling and soil fertility in grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, n. 49, p. 119-199, 1993.
- HODGE, A. Microbial ecology of the arbuscular mycorrhiza. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 32, n. 2, p. 91-96, 2000.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, n. 9, p. 692, 1974.
- KOIDE, R. T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. **New Phytologist**, v. 117, n. 3, p. 365-386, 1991.
- MARTHA JUNIOR, G. B.; VILELA, L.; BARONI, L. G.; SOUSA, D. M. G.; BARCELLOS, A. O. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. In: PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Ed.). **Fertilidade do solo para pastagens produtivas**. Piracicaba: Esalq, 2004. p. 156-215.
- MAXWELL, C. D. Acidification and metal contamination: Implications for the soil biota of Sdbury. In: GUNN, J. M. (Ed.). **Restoration and Recovery of an industrial region**: progress in restoring the Smelter-Damaged landscape near Sudbury, Canadá. New York: Springer-Verlag, 1995. p. 286-344.
- MIRANDA, J. C. C.; VILELA, L.; MIRANDA, L. N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 10, p. 1005-1014, 2005.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. p. 543-662.
- MOTTA, A. C. V.; NICK, J. A.; YORINORI, G. T.; SERRAT, B. M. Distribuição horizontal e vertical da fertilidade do solo e das raízes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cultivar Catuaí. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 455-463, 2006.
- OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Fertilização com N e S na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em neossolo quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1121-1129, 2005.
- PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicles-arbusculares mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transaction of British Mycological Society**, v. 55, p. 158-161, 1970.
- RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. (Boletim técnico, 100).
- RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001.
- SANTOS, I. P. A.; PINTO, J. C.; SIQUEIRA, J. O.; MORAIS, A. R.; CURI N.; EVANGELISTA, A. R. Resposta a fósforo, micorriza e nitrogênio de braquiarião e amendoim forrageiro consorciados. 1. Rendimento de matéria seca da parte aérea e da raiz. **Ciências Agrotécnicas**, v. 25, n. 5, p. 1206-1215, 2001.

SANTOS, I. P. A.; PINTO, J. C.; SIQUEIRA, J. O.; MORAIS, A. R.; SANTOS, C. L. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoii* consorciados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 605-616, 2002.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. San Diego: Academic Press, 1997.

TRINDADE, A. V.; SIQUEIRA, J. O.; ALMEIDA, F. P. Eficiência simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares em solo não fumigado, para mamociro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 5, p. 505-513, 2000.

ZANGARO, W.; BONINI, V. L. R.; TRUFEN, S. B. Mycorrhizal dependency inoculum potential and habitat preference of native woody species in South Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 16, n. 4, p. 603-622, 2000.

Received on June 23, 2008.

Accepted on December 20, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.