

## COMPRIMENTO RADICULAR E NUTRIÇÃO DE DOIS CULTIVARES DE PAINÇO EM RESPOSTA À CALAGEM

Laerte Marques da Silva<sup>1</sup>; Carlos Alexandre Costa Crusciol<sup>2</sup>; João Henrique Crusciol<sup>3</sup>; Pedro Roberto de Almeida Viegas<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal de Sergipe; Departamento da Engenharia Agrônômica; Av. Mal. Rondon, s/n; Cep: 49100 - 000; São Cristóvão - SE.

<sup>2</sup>Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Unesp; Departamento de Produção Vegetal; Fazenda Experimental Lageado; Caixa Postal 237, Cep 18603-970, Botucatu-SP.

<sup>3</sup>Graduando, Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Unesp.

<sup>4</sup>Universidade Federal de Sergipe; Departamento da Engenharia Agrônômica.

**RESUMO.** São escassas as informações sobre cultivares melhoradas e técnicas culturais adequadas à cultura do painço. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar o comprimento radicular e a nutrição de cultivares de painço em resposta à calagem em solo ácido. O experimento foi conduzido em vasos de 13 dm<sup>3</sup> de solo, em condições de casa de vegetação, até 44 dias após a emergência das plantas. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 4, ou seja, duas cultivares de painço (AL Mogi e AL Tibagi) e quatro níveis de calcário (0,0; 1,67; 2,91 e 4,15 t ha<sup>-1</sup>), com quatro repetições. A cultivar AL Tibagi tem sistema radicular mais tolerante à baixa saturação do solo por bases. A cultivar AL Tibagi tem sistema radicular mais eficiente na absorção N, P, K, Ca e Mg em solo ácido. A calagem promove aumento na eficiência de absorção de N, P, Ca, Mg, e S pelas raízes das cultivares de painço.

.Palavras-chave: *Panicum dichotomiflorum*, nutrientes, raízes, saturação do solo.

### ROOT GROWTH AND MINERAL NUTRITION OF FALL PANICUM CULTIVARS AS A FUNCTION OF LIMING.

**SUMMARY:** Information on improved fall panicum cultivars and agronomical practices is scarce because of the relatively small importance of this crop in Brazil. The objective of this study was to evaluate root growth and mineral nutrition shoot growth of fall panicum cultivars in response to liming. The experiment was carried out in pots with 13 dm<sup>3</sup> of soil, in greenhouse until 44 days after the emergence of the plants. The experimental design was completely randomized, in a factorial scheme 2x4, two fall panicum cultivars (AL Mogi and AL Tibagi ) and four doses of lime (0.0; 1.67; 2.91 and 4.15 t ha<sup>-1</sup>), and four replications. Cultivar AL Tibagi has roots more tolerant to low soil saturation. Cultivar AL Tibagi has roots more efficient in absorbing N, P, K, Ca and Mg in acid soil. Liming promotes increased efficiency of absorption of N, P, Ca, Mg and S by the roots of cultivars of panicum.

**Keywords:** *Panicum dichotomiflorum*, nutrients, roots, soil saturation.

### INTRODUÇÃO

O painço (*Panicum dichotomiflorum* Mix) é uma poácea de ciclo anual, sendo cultivado com o objetivo de exploração dos grãos para utilização na alimentação animal

(Furuhashi, 1995), principalmente de pássaros em cativeiro. É também empregado na indústria cervejeira, misturado em pequena proporção com a cevada. Pouco conhecido no Brasil e de reduzida expressão econômica, quando comparado às culturas tradicionais, o

painço está sendo experimentado como espécie de cobertura do solo no sistema plantio direto (Lima et al., 2000), podendo tornar-se uma opção de cultivo na safrinha e no período de primavera-verão. No entanto, para que essa cultura seja utilizada como cobertura do solo é necessário aumentar a produtividade de palha e de grãos, o que pode ser conseguido com o uso de práticas culturais adequadas.

A calagem está entre as práticas mais econômicas e fundamentais para a obtenção de altas produtividades, pois o crescimento das raízes é reduzido na presença de excesso de alumínio, sendo igualmente afetado pela deficiência de cálcio (Sousa & Lobato, 2004). Um sistema radicular pouco desenvolvido limita a absorção de água, nutriente e, conseqüentemente, produtividade das culturas. No entanto, a obtenção da máxima produtividade é função de fatores ambientais, como temperatura, radiação solar e da nutrição mineral, bem como do genótipo e das práticas culturais utilizadas (Maman et al., 1999). Portanto, o conhecimento individual da distribuição e do padrão de crescimento radicular de cultivares de painço é de fundamental importância para um aproveitamento da adubação acarretando em maior absorção de nutrientes.

A eficiência de absorção de nutrientes pelas plantas pode ser melhorada mediante a seleção de cultivares com maior comprimento e superfície radicular e com raízes finas. No entanto, alguns nutrientes se movimentam com relativa liberdade em solos úmidos, como o nitrogênio na forma de nitratos e, neste caso, torna-se pouco importante a proximidade da superfície radicular para sua absorção. Porém, para nutrientes com baixas taxas de difusão no solo, como o fósforo, a proximidade entre a superfície de absorção da raiz e o nutriente é de suma importância (Harper et al., 1991; Rosolem, 1995).

Além disso, o sistema radicular pode alterar sua configuração geométrica de forma a adquirir habilidade para explorar o solo, ou seja, tendo maior crescimento radicular em extensão à custa de menor ramificação ou com

maior número de ramificações laterais à custa de menor crescimento em extensão (Tiffney & Niklas, 1985; Harper et al., 1991). Embora o padrão de enraizamento esteja sob controle genético, o crescimento das raízes é influenciado por fatores químicos, físicos e biológicos do solo (Taylor & Arkin, 1981), além dos climáticos como temperatura e estresse hídrico e também por práticas culturais.

Sendo o painço uma cultura pouco conhecida no país, há a necessidade do desenvolvimento de cultivares melhoradas e de técnicas culturais adequadas. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o comprimento radicular e a nutrição de cultivares de painço em resposta à calagem em solo ácido.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no Departamento de Produção Vegetal, da Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, Campus de Botucatu, SP, localizado a 22°51' S e 48°26' W com altitude de 740 m. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, disposto em arranjo fatorial 2x4, sendo duas cultivares de painço (AL Mogi e AL Tibagi) e quatro níveis de calcário (0,0; 1,67; 2,91 e 4,15 t ha<sup>-1</sup>), com quatro repetições. As doses de calcário foram aplicadas com a finalidade de elevar a saturação por bases (V%) para 50,0; 70,0 e 90,0%, respectivamente. O solo utilizado foi proveniente da camada arável (0-20cm) de um Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 1999), com 680, 150 e 170 g kg<sup>-1</sup> de areia, silte e argila, respectivamente e características químicas determinadas conforme Raij et al. (2001). Os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foram extraídos pelo método de resina trocadora de íons e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica com chama, exceto para o P por fotocolorimetria; o pH foi medido com eletrodo, na suspensão de solo em CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>; a acidez potencial (H+Al), pelo método SMP, no qual o solo, em contato com a solução

tampão, provoca decréscimo do valor original do pH da solução; a extração do alumínio (Al) trocável foi feita utilizando-se uma solução de KCl 1N, sendo a quantidade do Al realizada por titulação com NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>; a matéria orgânica (M.O.) foi obtida de forma indireta, pelo método colorimétrico, cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

A calagem constou da mistura de calcário dolomítico (PRNT = 75%), a seguir aplicaram-se 100 mg dm<sup>-3</sup> de P, 100 mg dm<sup>-3</sup> de

K na forma de fosfato monoamônico e cloreto de potássio, respectivamente. As doses de calcário e dos fertilizantes foram misturadas ao solo dos sacos plásticos, e transferidos para os vasos de 13 dm<sup>3</sup>. Após, adicionou-se água em cada vaso equivalente a 80% da água disponível total (ADT). O período de incubação foi de 30 dias, após o qual foi coletada uma amostra composta do solo de cada tratamento para análise química (Raij et al., 2001), cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Resultados das análises químicas do solo, antes da calagem e 30 dias após a calagem.

Análises	Antes da calagem	----- Calcário t ha <sup>-1</sup> -----			
		0	1,67	2,91	4,15
MO (g kg <sup>-1</sup> )	23	(1)---	---	---	---
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,1	4,64	5,19	5,52	6,03
P (mg dm <sup>-3</sup> )	6,8	86	93	91	83
K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,1	3,6	3,4	3,1	3,5
Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	7,0	8,0	14,2	20,1	25
Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,4	3,4	5,1	6,8	8,5
H+Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	35,9	30,0	22,9	14,0	6,0
SB (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	8,5	15,0	22,7	30,0	37,0
CTC (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	46,4	47	45,6	44	43
V (%)	22,7	31,9	49,7	68,1	86,0
Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	13,8	11,6	6,0	0,8	0,0
m (%)	29,7	24,7	13,2	1,8	0,0
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	0,5	2,6	1,9	2,1	2,1
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	0,6	1,5	1,5	1,1	1,0
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	23	39	36	26	18
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	0,4	0,8	0,7	0,5	0,3

(1) Não determinado

Na ocasião da semeadura aplicou-se em sulco de 3 cm de profundidade, 5 mg dm<sup>-3</sup> de Zn (sulfato de zinco), 3 mg dm<sup>-3</sup> de B (ácido bórico) e 50 mg dm<sup>-3</sup> de N (uréia), posteriormente, os vasos foram irrigados. Em seguida, foi realizada a semeadura, utilizando doze sementes por vaso. Após uma semana da emergência foi realizado o desbaste, deixando três plantas por vaso.

As cultivares utilizadas apresentam ciclo de 60 a 80 dias, podendo ser semeadas na safra normal, de setembro a dezembro ou em safrinha, de janeiro a março. Como principal diferencial morfológico a cultivar Al Mogi possui panículas abertas e a Al Tibagi as panículas fechadas. A adubação de cobertura foi realizada aos 25 dias após a emergência (DAE), no início do perfilhamento das plantas de painço, aplicou-se em cobertura 100 mg dm<sup>-3</sup> de N (uréia) em cada vaso.

A necessidade de irrigação foi realizada mediante pesagem diária de quatro vasos para cada dose de calcário, colocando-se água em quantidade suficiente para elevar a umidade a 100% ADT sempre que o nível atingia 80% ADT. O rodízio dos vasos foi realizado semanalmente.

Na ocasião do florescimento pleno, que ocorreu aos 44 DAE, as plantas foram seccionadas na altura do colo, sendo que, a parte aérea lavada e colocada em estufa com circulação forçada de ar a 700 C, para secagem até massa constante, visando obter a massa seca da parte aérea. Em seguida, os vasos foram desmontados e as raízes separadas do solo, mediante lavagem em água corrente sobre peneira de 0,5 mm de malha. Foi tomada, no sentido longitudinal, uma sub amostra das raízes (aproximadamente 1/8 do total), a qual foi avaliada o comprimento radicular (m planta<sup>-1</sup>) em razão de um Scanner HP Scanjet 4c/T, acoplado a um computador dotado do Software WinRHIZO Reg. 3.8b (Regent Instruments Inc.), que utiliza como princípio a metodologia proposta por Tennant (1975). Posteriormente, as raízes foram colocadas em estufa com circulação forçada de ar, para secagem até massa constante, visando obter a

massa seca do sistema radicular.

As amostras do tecido vegetal da parte aérea foram moídas e digeridas, por via úmida, com a mistura nitro-perclórica e foram analisados o P, pelo método do vanadomolibdato, o K Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica e o S pelo método de turbidimetria. Para a análise do N foi realizada a digestão úmida em ácido sulfúrico e analisada por titulação. De posse dos dados de produção de massa seca da parte aérea e dos teores de nutrientes na parte aérea, determinou-se a quantidade acumulada de nutrientes na parte aérea pela multiplicação dos teores pela massa seca da parte aérea. As quantidades de nutrientes absorvidos por metro de raiz foram obtidas em razão da divisão, quantidade acumulada na parte aérea pelo comprimento radicular.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias das cultivares comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Quando apropriado, foi realizado estudo de regressão, escolhendo-se o modelo de melhor ajuste pelo maior valor do coeficiente da regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento das doses de calcário proporcionou elevação do pH, Ca e Mg trocáveis e redução nos teores de Al trocável e H + Al no solo, evidenciando o efeito positivo dessa prática (Tabela 1). Resultados semelhantes foram observados por Rosolem & Marcello (1998), Rosolem et al. (2000), Silva et al (2004). Nota-se ainda aumento no teor de Ca no tratamento testemunha e redução na CTC do solo com o aumento das doses de calcário após o período incubação do solo, este comportamento pode ser atribuído como uma possível mineralização da matéria orgânica (Tabela 1). Estes resultados corroboram com os verificados por Silva et al. (2004).

Não foram observados efeitos significativos entre as cultivares de painço para o comprimento radicular, massa seca do sistema radicular e para a massa seca da parte aérea (Tabela 2).

**Tabela 2.** Comprimento, massa seca do sistema radicular e massa seca da parte aérea de duas cultivares de painço(1).

Cultivares	----- Sistema radicular -----		Parte área
	Comprimento m planta <sup>-1</sup>	----- massa seca g planta <sup>-1</sup> -----	
AL Mogi	742,06 a	3,33 a	7,84 a
AL Tibagi	731,87 a	3,18 a	8,09 a
C.V. (%)	4,43	6,69	5,28

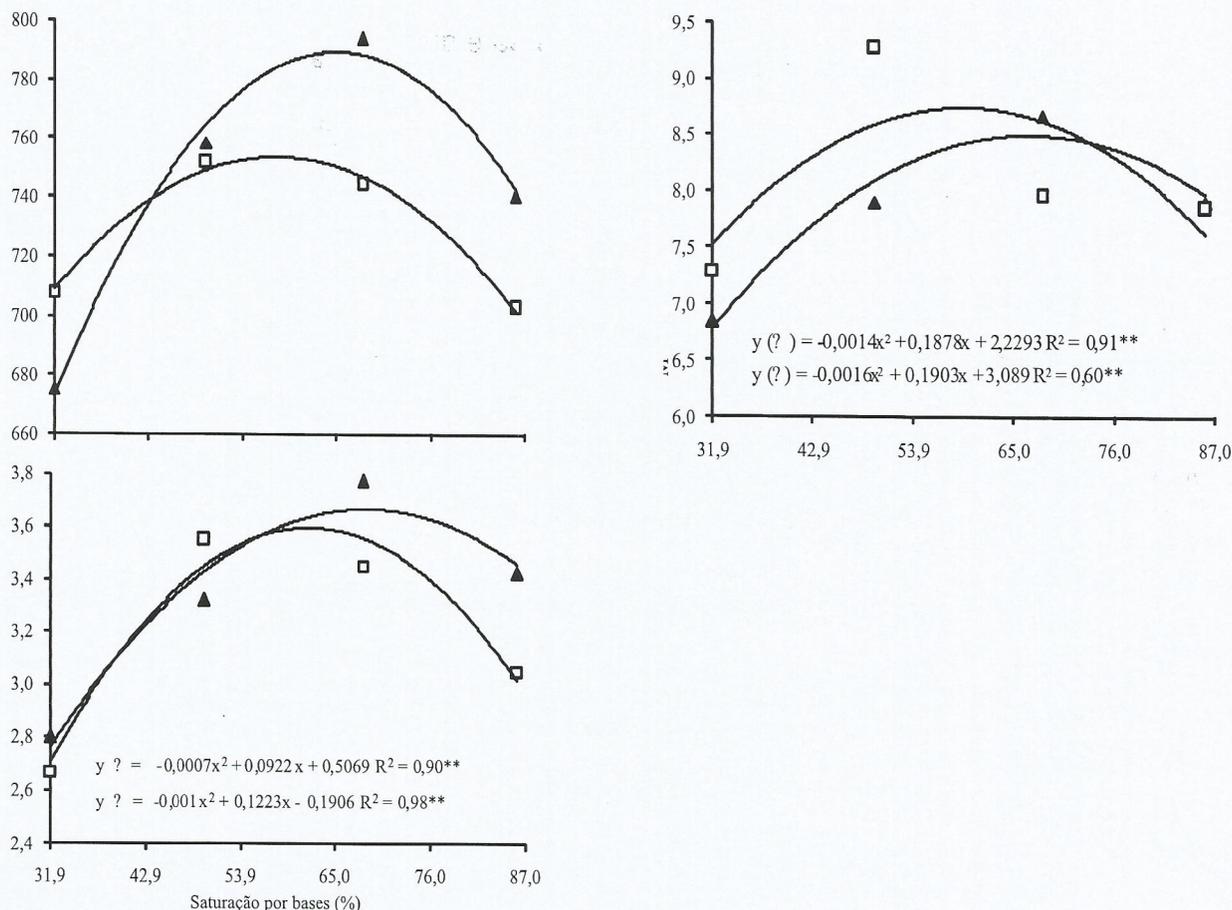
(1) Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No desdobramento da interação do comprimento radicular, constata-se resposta positiva e quadrática para todas as cultivares (Figura 1). O aumento do comprimento radicular em razão do acréscimo da saturação por bases, proporcionado pela calagem, está diretamente relacionado ao incremento dos teores de Ca e Mg no solo, uma vez que estes elementos participam da síntese da parede celular, formando compostos de pectatos de cálcio e magnésio (Malavolta, 1980; Taiz & Zaiger, 2004). Vários autores verificaram o efeito benéfico da calagem sobre o comprimento radicular de várias espécies anuais, tais como o milho (Rosolem et al., 1994), o feijoeiro (Silva et al., 2004), a soja (Rosolem & Marcellò, 1998) e o algodão (Rosolem et al., 2000).

O aumento da saturação por bases proporcionou aumentos significativos, de forma quadrática, em relação à massa seca do sistema radicular e na massa seca da parte aérea (Figura 1). Esse aumento pode estar diretamente relacionado com o comprimento radicular, uma vez que, com o desenvolvimento das raízes, provavelmente ocorreu incremento na absorção de nutrientes.

Na menor saturação por bases, a cultivar AL Mogi apresentou a maior produção de massa seca do sistema radicular, seguida pela AL Tibagi, observando-se 2,8 e 2,7g planta<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 1). Já a máxima produtividade de massa seca do sistema radicular foi obtida na saturação por bases de 65,8% na cultivar AL Mogi e 61,1% na AL Tibagi. Rosolem et al. (1994) constataram estabilidade no crescimento do sistema radicular do milho quando a saturação por bases foi elevada de 55% para 75%.

Quanto à massa seca da parte aérea, a cultivar AL Tibagi apresentou a máxima produtividade na saturação por bases de 59,4%, e de 67,0%, para AL Mogi. Esse comportamento mostra a necessidade de se corrigir a acidez do solo para melhor desenvolvimento das cultivares da painço. Na menor saturação por bases, a cultivar AL Tibagi apresentou a maior produção de massa seca da parte aérea (7,4 g planta<sup>-1</sup>), sendo o menor valor registrado na AL Mogi com 6,7g planta<sup>-1</sup> (Figura 1). Estes resultados podem ser explicados pelo maior crescimento radicular observado na cultivar AL Tibagi, na menor saturação por bases do solo.



**Figura 1.** Comprimento radicular, massa seca do sistema radicular e massa seca da parte aérea nas cultivares AL Mogi e AL Tibagi, em razão da saturação do solo por bases. \*\*, significativos a  $<0,05\%$ .

Não houve efeito significativo entre as cultivares de painço para o teor de Mg na parte aérea (Tabela 3). Os maiores teores de N, P e Ca foram verificados na cultivar AL Tibagi, e K e S na AL Mogi. De forma geral, a cultivar AL Tibagi apresentou as maiores quantidades acumuladas de nutrientes na parte aérea, exceto para K. Comportamento semelhante foi verificado na quantidade de nutrientes absorvidos por metro de raiz (Tabela 3). A

cultivar AL Mogi propiciou os menores valores para a quantidade acumulada de nutrientes na parte aérea e de nutrientes absorvidos por metro de raiz, com exceção do K. Quanto ao acúmulo de S na parte aérea, não houve diferenças significativas entre as cultivares de painço quanto ao acúmulo na parte aérea e para Mg e S na quantidade absorvida por metro de raiz.

**Tabela 3.** Teores, quantidade acumulada na parte aérea e quantidade absorvida por metro de raiz de nutrientes, em duas cultivares de painço(1).

Cultivares	N	P	K	Ca	Mg	S
----- Teor (g kg <sup>-1</sup> ) -----						
AL Mogi	13,96 b	0,58 b	11,66 a	17,76 b	16,36 a	1,42 a
AL Tibagi	15,09 a	0,68 a	8,68 b	18,78 a	16,71 a	1,33 b
C.V. (%)	3,67	6,68	3,29	4,50	2,85	5,37
----- Quantidade acumulada (mg planta <sup>-1</sup> ) -----						
AL Mogi	112,28 b	4,60 b	94,25 a	140,13 b	130,33 b	11,16 a
AL Tibagi	124,58 a	5,53 a	71,72 b	152,22 a	136,32 a	10,86 a
C.V. (%)	7,75	6,94	3,60	6,65	4,01	5,17
----- Quantidade absorvida m <sup>-1</sup> de raiz (mg planta <sup>-1</sup> ) -----						
AL Mogi	14,91b	0,61 b	12,45a	18,81 b	17,32a	1,50a
AL Tibagi	16,94a	0,75 a	9,77b	20,79 a	18,48a	1,47a
C.V. (%)	8,30	8,40	11,61	6,76	9,32	4,87

(1) Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação à quantidade acumulada de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea, foram observadas interações dos efeitos da saturação por bases com as cultivares (Figura 2). As cultivares de painço apresentaram resposta positiva e quadrática com o aumento da saturação por bases do solo, exceto para P e S na AL Mogi, a qual respondeu de forma positiva e linear. A cultivar AL Tibagi proporcionou as maiores quantidades acumuladas de N, P, Ca, Mg e S na parte aérea, atingindo o máximo acúmulo na saturação por bases do solo de 63,9, 52,7, 64,9, 63,4 e 62,8%, respectivamente. Os maiores acúmulos de nutrientes, observados na cultivar AL Tibagi, estão diretamente relacionados ao maior acúmulo de massa seca da parte aérea ao incremento da saturação por bases (Figura 1). Para a quantidade acumulada de K foi verificada na cultivar AL Mogi o maior acúmulo, atingindo o máximo valor na saturação por base de 68,3%. Martini & Mutter (1989) relatam que a calagem excessiva inibe o crescimento radicular, podendo até prejudicar a absorção de nutrientes, o que pode ser observado no presente trabalho, exceto para P e S na cultivar AL Mogi. Os resultados constatados no

trabalho corroboram com os obtidos por Rosolem et al. (1994) que verificaram na cultura do milho aumento no acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea como incremento da saturação por bases do solo. É interessante notar que na menor saturação por bases foi verificado na cultivar AL Tibagi as maiores quantidades acumuladas de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea. Estes resultados estão diretamente relacionados com o maior comprimento radicular observado na cultivar AL Tibagi e da massa seca da parte aérea na menor saturação por bases do solo (Figura 1).

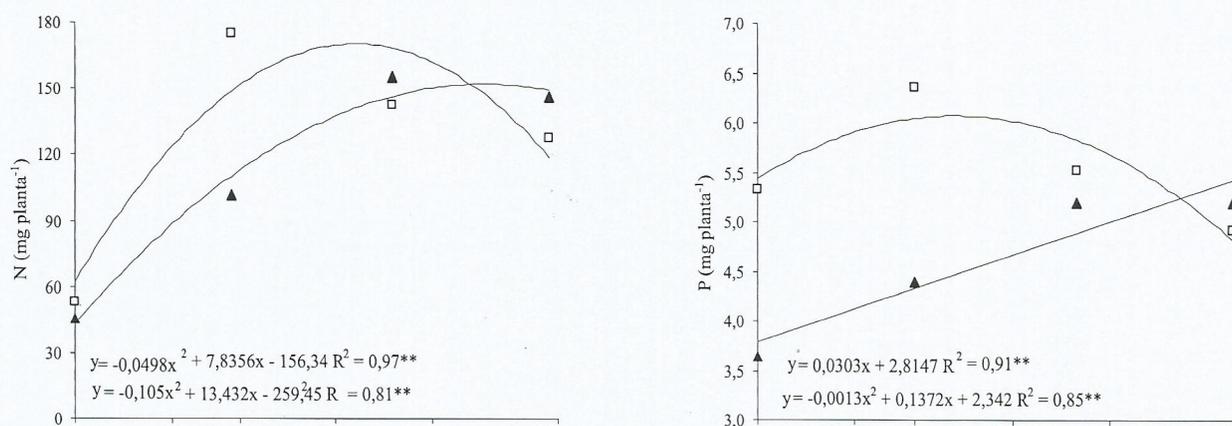
Com relação à absorção de nutrientes por unidade de comprimento de raiz, foram observados interações dos efeitos da saturação por bases com as cultivares, no tocante para N, P, K, Ca, Mg e S (Figura 3). A cultivar AL Tibagi apresentou as maiores quantidades de N, P, Ca e S absorvidos por unidade de raiz com o acréscimo da saturação por bases do solo até 65, 6, 48, 8, 64, 5 e 60,2%, respectivamente.

As absorções de Ca por unidade de raiz, para as duas cultivares de painço, aumentaram de forma positiva e linear com o acréscimo da saturação por bases do solo, com os maiores valores do nutriente verificado

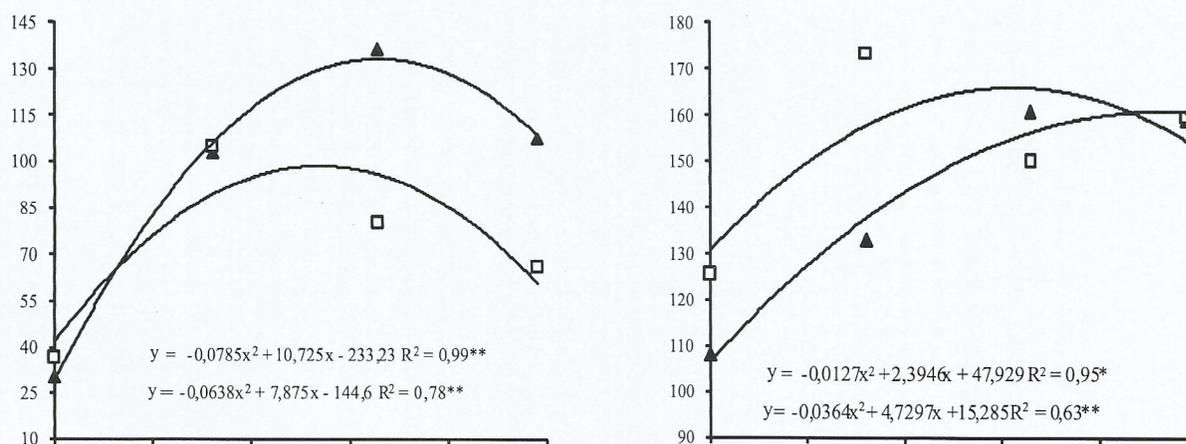
na AL Tibagi (Figura 3). A cultivar AL Mogi apresentou a maior absorção de K, por unidade de raiz, com o aumento da saturação por bases do solo até 69,3%. A redução na absorção de K por unidade de raiz, nas cultivares AL Tibagi e AL Mogi, nas saturações por bases superiores a 61,6 e 69,3%, respectivamente, está diretamente relacionada à competição dos cátions (Ca e Mg vs K) por sítios de absorção nos transportadores ou canais de influxo de cátions monovalentes e divalentes da membrana celular das raízes, reduzindo a sua translocação para a parte aérea (Malavolta, 1980). Nota-se, ainda, que na menor saturação por bases do solo a cultivar AL Tibagi

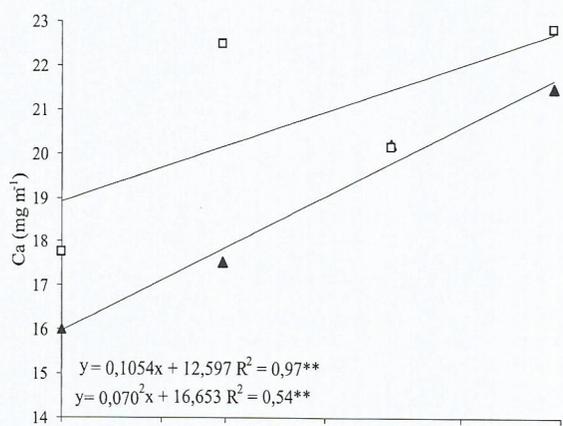
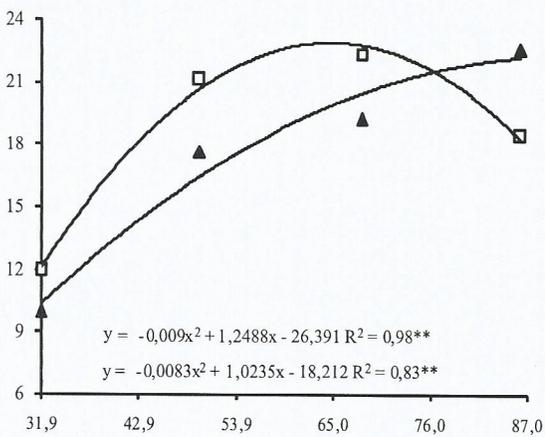
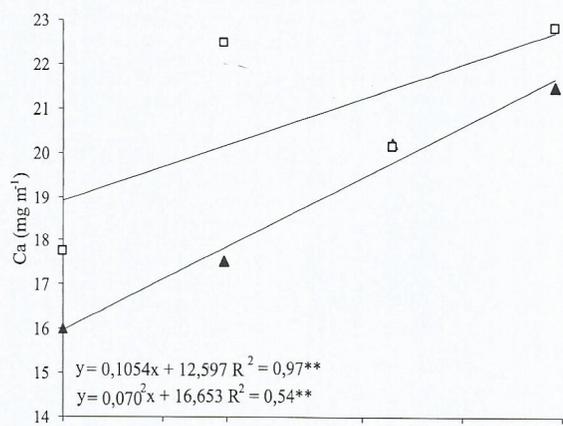
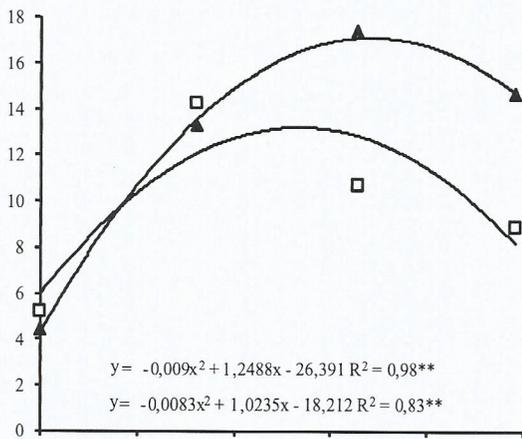
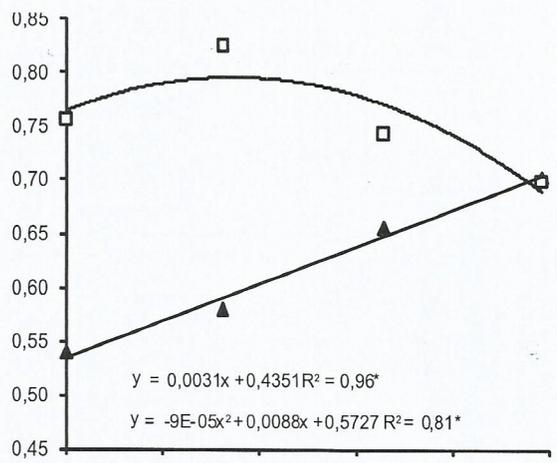
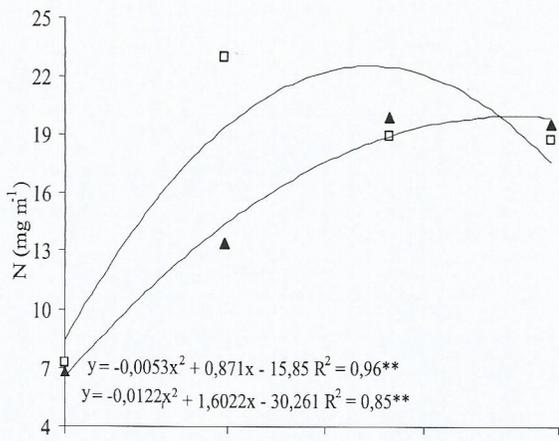
apresentou as maiores quantidades de N, P, K, Ca e Mg absorvidos por unidade de raiz.

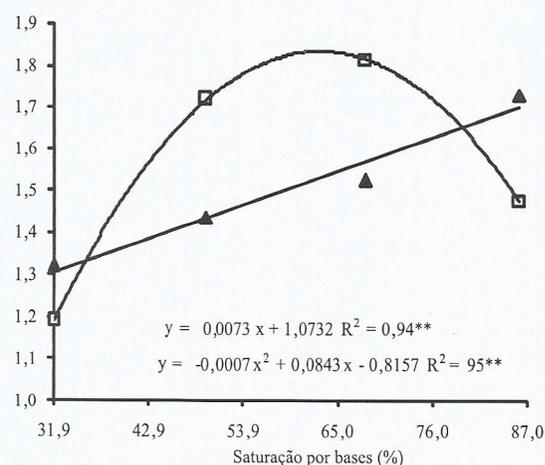
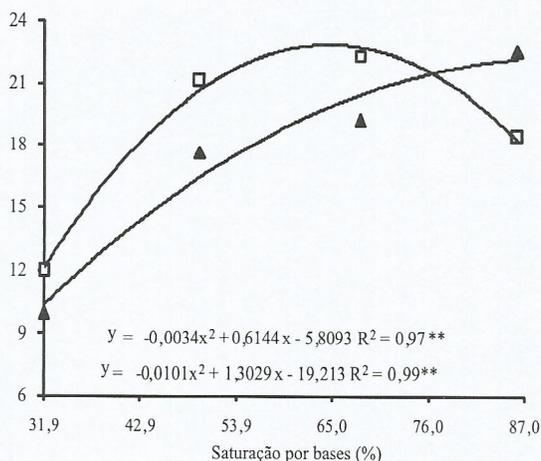
Mediante estes resultados pode-se inferir que o sistema radicular da AL Tibagi é mais eficiente na absorção de N, P, K, Ca e Mg do que a cultivar AL Mogi (Figura 3). Os resultados verificados na cultivar AL Tibagi podem ser atribuídos à característica morfológica de distribuição do sistema radicular e da cinética de absorção de nutrientes. Variações nos parâmetros morfológicos das raízes e na cinética de absorção de nutrientes têm sido evidenciadas principalmente em espécies produtoras de grãos (Araújo, 2000).



**Figura 2.** Quantidade acumulada de N, P, K, Ca, Mg, e S na parte aérea nas cultivares AL Mogi (?) e AL Tibagi (?), em razão da saturação do solo por bases. \*\*, \* significativos a <0,05 e <0,01%, respectivamente.







**Figura 3.** Quantidade absorvida por metro de raiz de N, P, K, Ca, Mg, e S nas cultivares AL Mogi e AL Tibagi, em razão da saturação do solo por bases. \*\*, \* significativos a <0,05 e <0,01%, respectivamente.

## CONCLUSÃO

A cultivar AL Tibagi tem sistema radicular mais tolerante à baixa saturação do solo por bases;

A cultivar AL Tibagi tem sistema radicular mais eficiente na absorção N, P, K, Ca, e Mg de nutrientes em solos ácidos;

A calagem promove aumento na eficiência de absorção de N, P, Ca, Mg, e S pelas raízes da cultivares de painço.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A.P. Eficiência vegetal de absorção e utilização de fósforo, com especial referência ao feijoeiro. In: NOVAIS, R.F. et al. (Eds.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: SBCS, v.1, 2000. p.163-212.

BARBOSA FILHO, M.P. et al. Zinco e ferro na cultura do arroz. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 71p. (Embrapa-CNPAC. Documento, 49).

BARBOSA FILHO, M.P.; SILVA, Q.F. Adubação e calagem para cultura do feijoeiro irrigado em solos do cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.7, p.1317-1324, 2000.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa. Agropecuária. Sistema brasileiro de

classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 1999.

FURUHASHI, S. Efeito de doses e de época de aplicação de nitrogênio na cultura do painço em sucessão a mucuna-preta. 1995. Monografia (Graduação - Jaboticabal) - UNESP/FCAV.

HARPER, J.L. et al. The evolution of roots and the problems of analysing their behaviour. In: ATKINSON, D. (Ed.). Plant root growth: an Ecological Perspective. Oxford: Blackwell, 1991. p.3-22.

LIMA, E.V. et al. Qualidade fisiológica de sementes de painço (*Panicum dichotomiflorum* mix.) em função do tempo de mistura com o superfosfato triplo. Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.9, p.177-189, 2000.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo. Agronômica Ceres, 1980, 256p.

MAMAN, N. et al. Hybrid and nitrogen influence on pearl millet production in Nebraska: yield, growth, and nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency. Agronomy Journal, Madison, v.91, p.737-743, 1999.

- MARTINI, J.A.; MUTTERS, R.G. Soybean root growth and nutrient uptake as affected by lime rates and plant age. I. Al, Mn, P and S. Turrialba, San José, v.389, p.1-8, 1989.
- RAIJ, B. et al. Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.
- ROSOLEM, C.A. Relação solo-planta na cultura do milho. Jaboticabal: Funesp, 1995, 53p.
- ROSOLEM, C.A. et al. Crescimento radicular e nutrição de cultivares de algodão em resposta a calagem. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.4, p.827-833, 2000.
- ROSOLEM, C.A.; MARCELLO, C.S. Crescimento radicular e nutrição de soja em função da calagem e adubação fosfatada. Scientia Agrícola, Piracicaba, v.55, n. 3, p.448-455, 1998.
- ROSOLEM, C.A. et al. Sistema radicular e nutrição do milho em função da calagem e da compactação do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.18, n. 4, p.491-497, 1994.
- SILVA, L.M. et al. Sistema radicular de cultivares de feijão em resposta à calagem. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.39, n.7, p.701-707, 2004.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds.). Cerrado correção do solo e adubação. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2004. 81-96p.
- TAYLOR, D.; ARKIN, G.F. Root zone modification fundamentals and alternatives. In: TAYLOR, D.; ARKIN, G.F. (Eds.) Modifying the Root Environment to Reduce Crop Stress. St. Joseph: ASAE, 1981, p.3-16.
- TENNANT, D. A. A test of a modified lime intersect method of estimating root length. Journal of Ecology, London, v.63, p.995-1001. 1975.
- TIFFNEY, B.H.; NIKLAS, K.J. Clonal growth in land plants: a palaeobotanical perspective. In: JACKSON, J.B. et al. (Eds.). Population biology and evolution of clonal organisms. New Haven: Yale University Press, 1985. p.35-66.
- TISDALE, S.L. et al. 1985. Soil fertility and fertilizers. 4 ed. New York: Macmillan, 754p.