

## Sistema radicular de cultivares de painço em resposta à calagem

### Root system of common millet cultivars as response of liming

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; laertemarquesilva@hotmail.com. Autor para correspondência.

<sup>2</sup> Bolsista do CNPq. Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), UNESP; Departamento de Produção Vegetal;

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

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

#### Resumo

O crescimento radicular tanto apresenta variabilidade genética entre cultivares, sendo também afetado pelos fatores do solo como Al tóxico e baixos teores de Ca e Mg, que podem prejudicá-lo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento radicular 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 62 dias após a emergência das plantas. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x4, composto por duas cultivares de painço (AL Mogi e AL Tibagi), e quatro níveis de calcário (0,0; 0,83; 1,67 e 3,34 g dm<sup>-3</sup>) e com quatro repetições. A calagem promove aumento do sistema radicular e da parte aérea das cultivares. A cultivar AL Tibagi apresenta sistema radicular mais tolerante à baixa saturação por bases, e o máximo crescimento radicular ocorreu em saturação por bases de 64%. Condições de elevada acidez do solo reduzem o diâmetro radicular das cultivares de painço à custa do crescimento em comprimento.

**Palavras-chave Adicional:** *Panicum miliaceum* L.; calcário; alumínio; solo ácido; raiz.

#### Abstract

The root growth is genetically controlled. There is variability among cultivars and soil factors such as toxicant Al and low contents of Ca and Mg can harm it. The objective of this study was to evaluate the root growth and the shoot growth of millet cultivars in response to liming. The experiment was carried out in pots with 13 dm<sup>3</sup> of soil, in greenhouse conditions until 62 days after the emergence of the plants. The used experimental design was completely randomized, in a 2x4 factorial scheme, that is to say, two painço cultivars (AL Mogi e AL Tibagi), and four level of calcareous (0,0; 0,83, 1,67 e 3,34 g dm<sup>-3</sup>), with four replications. Liming promotes increase of the root system and of the aerial parts of the cultivars. The AL Tibagi cultivar presents a root system more tolerant to the low saturation by bases in comparison to the AL Mogi, however, the maximum root growth was occurred in saturations at around 64%. Millet cultivars in high acidity conditions reduce root diameter at the expense of the growth in length.

**Additional keywords:** *Panicum miliaceum* L.; calcareous; aluminium; acid soil; root.

#### Introdução

O painço (*Panicum dichotomiflorum* Mix) é uma gramínea de ciclo anual, sendo cultivado com o objetivo de exploração dos grãos, para utilização na alimentação animal (FURUHASHI, 1995), principalmente de pássaros, criados em cativeiro, bem como empregado na indústria cervejeira, misturando em pequena proporção com a cevada. Pouco conhecido no Brasil, o painço está sendo experimentado como espécie de cobertura do solo no sistema de plantio direto (LIMA et al., 2000). No entanto, para que essa cultura seja utilizada como cobertura do solo, é necessário aumentar a produtividade de palha e de grãos.

A acidez do solo limita a produção agrícola em consideráveis áreas do território nacional, em decorrência da toxidez causada por Al e Mn e da baixa saturação por bases; razão por que as raízes das plantas não crescem bem em solos ácidos. O

efeito danoso do Al pode manifestar-se pela limitação do desenvolvimento radicular, bem como por interferência na absorção, transporte e utilização de nutrientes (SILVA et al., 1984, SILVA, 2007), além de afetar a divisão celular e causar a precipitação do fósforo tanto no solo como no interior das células (PAVAN & OLIVEIRA, 1997). Segundo FAGERIA & STONE (1999), culturas como arroz, amendoim, batata, caupi, mandioca, milho e guandu são relativamente tolerantes à acidez do solo, enquanto o feijoeiro, a soja, o sorgo e o trigo são suscetíveis.

Uma alternativa para controlar o problema de toxidez é a neutralização, pelo menos em parte, do alumínio trocável da solução do solo pela aplicação de calcário. Conforme ROSOLEM et al. (1994), a calagem disponibiliza Ca e Mg, além de aumentar o pH, o qual, por sua vez, incrementa a disponibilidade de nutrientes, promovendo modificação no sistema radicular. ADAMS & MOORE (1983) verificaram na cultura do algodão que o crescimento radi-

cular foi inibido quando a saturação por bases do solo era menor que 17%, e em amendoim (CAIRES & ROSOLEM 1991) e soja (ROSOLEM et al., 1998) houve resposta em crescimento das raízes mesmo quando o solo tinha  $1,5 \text{ cmol dm}^{-3}$  de Ca. Não foram encontrados trabalhos que correlacionem o crescimento de raízes do painço com o teor de Ca no solo.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o sistema radicular de cultivares de painço em resposta à calagem em solo ácido.

### Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Produção Vegetal, da Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, Câmpus de Botucatu-SP ( $22^{\circ}51' \text{ S}$ ,  $48^{\circ}26' \text{ W}$ ; 740 m de altitude). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, disposto em arranjo fatorial  $2 \times 4$ , constituído por duas cultivares de painço (AL Mogi e AL Tibagi) e quatro doses de calcário (0,0; 0,83; 1,67 e  $3,34 \text{ g dm}^{-3}$ ), com quatro repetições. As doses de calcário foram aplicadas com a finalidade de elevar a saturação por bases (V%) para 23; 50; 70 e 90%, respectivamente.

O solo utilizado foi proveniente da camada arável (0-20 cm) de um Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 1999), com 680; 150 e  $170 \text{ g kg}^{-1}$  de areia, silte e argila, respectivamente, e cujas características químicas foram determinadas, conforme RAIJ et al. (2001), cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

O solo foi passado em malha de 4 mm, secado ao ar e colocado em sacos plásticos com volume de  $13 \text{ dm}^3$ . A calagem constou da mistura de calcário dolomítico com PRNT = 75% com o solo. A seguir, aplicaram-se  $100 \text{ mg dm}^{-3}$  de P,  $100 \text{ mg dm}^{-3}$  de K na forma de fosfato monoamônio 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  $13 \text{ dm}^3$ . Posteriormente, 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.

Por ocasião da semeadura, aplicaram-se  $5 \text{ mg dm}^{-3}$  de Zn (sulfato de zinco),  $3 \text{ mg dm}^{-3}$  de B (ácido bórico) e  $50 \text{ mg dm}^{-3}$  de N (ureia). Na semeadura, foram utilizadas doze sementes por vaso. Após uma semana da emergência das plântulas, 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. A adubação de cobertura foi realizada aos 25 dias após a emergência (DAE), no início do perfilhamento das plantas de painço, e aplicou-se em cobertura  $100 \text{ mg dm}^{-3}$  de N (ureia) 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.

**Tabela 1** - Atributos químicos do solo, antes e após 30 dias da calagem. *Soil chemical attributes, before and after 30 days of liming.*

Análises	Antes da Calagem	----- Calcário ( $\text{g dm}^{-3}$ ) -----			
		0,00	0,83	1,67	3,34
MO ( $\text{g kg}^{-1}$ )	23,0	<sup>(1)</sup> ---	---	---	---
pH ( $\text{CaCl}_2$ )	4,1	4,6	5,1	5,7	6,5
P <sup>(r)</sup> ( $\text{g dm}^{-3}$ )	6,8	86,0	93,0	91,0	83,0
K <sup>(r)</sup> ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	0,1	3,6	3,4	3,1	3,5
Ca <sup>(r)</sup> ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	7,0	8,0	14,2	20,1	25,0
Mg <sup>(r)</sup> ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	3,4	3,4	5,1	6,8	8,5
H+Al ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	35,9	30,0	22,9	14,0	6,0
SB ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	8,5	15,0	22,7	30,0	37,0
CTC ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	46,4	47,0	45,6	44,0	43,0
V (%)	22,7	31,9	49,7	68,2	86,1
Al ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	13,8	11,6	6,0	0,8	0,0
m (%)	29,7	24,7	13,2	1,8	0,0
Cu ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	0,5	2,6	1,9	2,1	2,1
Zn ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	0,6	1,5	1,5	1,1	1,0
Fe ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	23,0	39,0	36,0	26,0	18,0
Mn ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	0,4	0,8	0,7	0,5	0,3

<sup>(1)</sup> Não determinado. <sup>(1)</sup> Undetermined. <sup>(R)</sup> Resina. <sup>(R)</sup> Resine.

Aos 44 DAE, quando a maioria das plantas se encontravam no estágio fenológico de floração, as plantas foram seccionadas na altura do colo, sendo a parte aérea lavada e colocada em estufa com circulação forçada de ar a 70°C, para secagem até massa constante, visando a obter a massa de matéria seca da parte aérea. Após, foi retirado o solo de cada vaso, e as raízes separadas por lavagem em água corrente sobre peneira de 0,5 mm de malha. Foi tomada, no sentido longitudinal, uma subamostra das raízes (aproximadamente  $\frac{1}{8}$  do total), a qual foi colocada em frasco com álcool a 50% armazenados sob refrigeração. O restante das raízes foi secado em estufa com ventilação forçada a 70°C até massa constante, visando a obter a massa de matéria seca das mesmas.

As amostras acondicionadas em álcool foram utilizadas na determinação do comprimento total, área superficial, volume total e diâmetro médio por meio da digitalização de imagem utilizando scanner HP Scanjet 4c/T e o software WinRHIZO Reg. 3.8b (Regent Instruments Inc.). Após essas determinações, as amostras foram secadas em

estufa até massa constante e pesadas, sendo obtida a massa de matéria seca das raízes.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Quanto à saturação por bases e ao desdobramento da interação das cultivares dentro da saturação por bases, adotou-se análise de regressão, sendo que a equação mais adequada foi definida, primeiramente, pelo efeito significativo e, posteriormente pelo maior valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

## Resultados e discussão

Na Tabela 2, estão apresentados os valores de comprimento, superfície, volume e diâmetro radicular das cultivares de painço. Nota-se efeito significativo das cultivares painço em relação à superfície e o volume do sistema radicular, da saturação por bases (V%) para todas as variáveis estudadas, e da interação entre os fatores para comprimento radicular (Tabela 2). A cultivar AL Mogi apresentou maior superfície e volume radicular do que a AL Tibagi.

**Tabela 2** - Comprimento, superfície, volume e diâmetro do sistema radicular, no período de florescimento de cultivares (C) de painço, em razão da saturação por bases (V%)<sup>(1)</sup>. *Length, area, volume and diameter of the root system, on flowering period of cultivars (C) of painço, base saturation ratio (V%)<sup>(1)</sup>.*

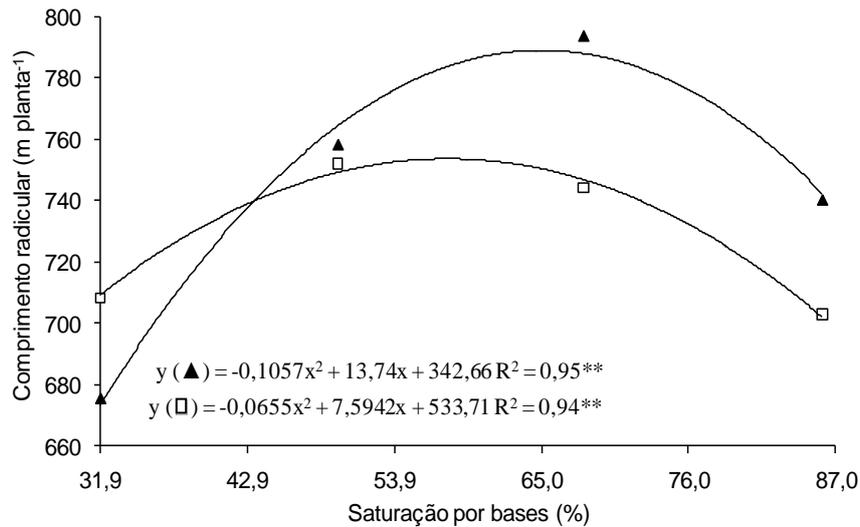
Cultivares	Comprimento (m planta <sup>-1</sup> )	Superfície (cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> planta <sup>-1</sup> )	Diâmetro (mm)
AL Mogi	742,06 a	84,11 a	0,84 a	0,04 a
AL Tibagi	731,87 a	78,63 b	0,71 b	0,04 a
Cultivar (C)	0,77 <sup>ns</sup>	7,92 <sup>**</sup>	17,87 <sup>**</sup>	0,44 <sup>ns</sup>
Saturação por bases (V%)	10,22 <sup>**</sup>	4,63 <sup>*</sup>	19,50 <sup>**</sup>	14,23 <sup>**</sup>
C x V%	2,95 <sup>*</sup>	1,28 <sup>ns</sup>	1,81 <sup>ns</sup>	2,26 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	4,43	6,77	12,08	13,84

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup> Não significativo, \* e \*\* significativo a 5%, 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. <sup>(1)</sup> Means in the same column, followed by different letters, are significantly different at the 5% level of probability. <sup>ns</sup> Not Significant, \*and\*\* significant to 5%, 1% of probability level, respectively, by F test.

No desdobramento da interação do comprimento radicular, constata-se resposta positiva e quadrática para todas as cultivares de painço (Figura 1). Com o aumento da saturação por bases do solo, os maiores valores de comprimento radicular foram observados na cultivar AL Mogi, e os menores valores, na AL Tibagi, atingindo o máximo crescimento radicular na V% de 64,7 e 55,3%, respectivamente. Na menor saturação por bases, a cultivar AL Tibagi apresentou o maior comprimento radicular, seguida pela AL Mogi, obtendo-se 708,3 m e 675,4 m planta<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura1).

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 (EPSTEIN & BLOOM, 2004). Vários autores verificaram o efeito benéfico da calagem no crescimento radicular do milho (ROSOLEM et al., 1994), feijoeiro (FAGERIA & STONE, 1999; SILVA et al., 2004), da soja (ROSOLEM & MARCELLO, 1998) e do algodão (ROSOLEM et al., 2000).



**Figura 1** - Comprimento radicular das cultivares AL Mogi (▲) e AL Tibagi (◻), em razão da saturação por bases. *Root length of cultivars AL Mogi (▲) e AL Tibagi (◻) due base saturation*.

A superfície e o volume radicular aumentaram com o incremento da saturação por bases do solo até a V% de 65% e 69%, respectivamente (Figura 2). A resposta no aumento da superfície radicular é função do maior comprimento radicular causado pelo incremento da saturação por bases do solo. Assim, o aumento do comprimento das raízes decorrente do incremento da saturação por bases do solo e, consequentemente, da superfície radicular do painço torna-se interessante, uma vez que, com maior superfície de contato, as raízes têm melhores condições de absorção de nutrientes e água da solução do solo, o que pode resultar em estabilidade de produtividade de grãos.

O aumento de volume radicular está diretamente relacionado ao incremento do comprimento e da superfície radicular (Figura 2).

Quanto ao diâmetro radicular do painço, não foi afetado pela interação entre os fatores e, sim, pela saturação por bases (Tabela 2), apresentando resposta positiva e quadrática (Figura 2). Na menor saturação por bases, o diâmetro radicular apresentou os menores valores, o que pode ser atribuído à habilidade adquirida à custa do crescimento em extensão (TIFFNY & NIKLAS, 1985; SILVA et al., 2004), possibilitando exploração de maior volume de solo e, consecutivamente, aumento da superfície específica das raízes.

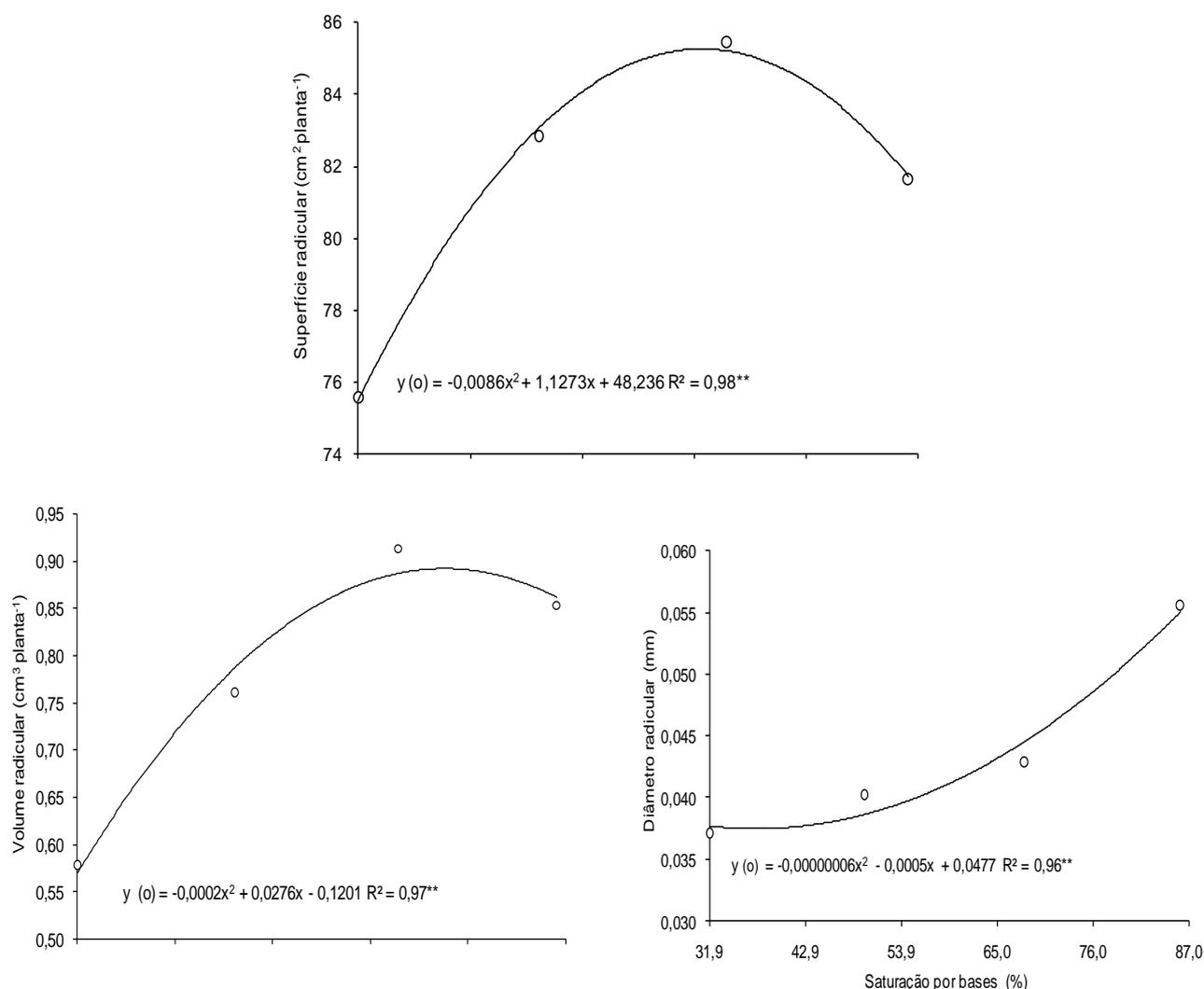
As cultivares de painço não apresentaram diferenças significativas em relação à massa seca da raiz, massa seca da parte aérea e massa seca total, apesar de a saturação por bases afetar todas as variáveis estudadas, e da interação entre os fatores para massa seca da raiz, massa seca da parte aérea e massa seca total (Tabela 3).

No desdobramento da interação da massa seca radicular, da parte aérea e total, constata-se resposta positiva e quadrática para todas as cultivares de painço (Figuras 3 e 4). Com o aumento da

saturação por bases do solo, a máxima produtividade de massa seca radicular foi obtida na V% de 70,4% na cultivar AL Mogi e 60,3% para AL Tibagi (Figura 3). ROSOLEM et al. (1998) constataram estabilidade no crescimento do sistema radicular do milho quando a saturação por bases foi elevada de 55% para 75%. Na menor saturação por bases do solo, a cultivar AL Mogi apresentou maior produção de massa do sistema radicular, sendo os menores valores registrados na AL Tibagi, com 2,76 e 2,68g planta<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 3).

Quanto à massa seca da parte aérea e massa seca total (Figuras 3 e 4), a cultivar AL Tibagi apresentou os maiores valores com o aumento da saturação por bases, atingindo a máxima produtividade na V% de 59% e 62%, respectivamente. A cultivar AL Mogi apresentou as menores produções de massa seca da parte aérea e massa seca total, com o aumento das doses de calcário atingindo a máxima produtividade na V% de 67% e 66%, respectivamente. Na menor saturação por bases, a cultivar AL Tibagi apresentou a maior produção de massa seca da parte aérea e massa seca total com 7,4g e 10,1g planta<sup>-1</sup>, sendo o menor valor registrado na AL Mogi com 6,7g e 9,5g planta<sup>-1</sup>, respectivamente (Figuras 3 e 4).

Estes resultados podem ser explicados pelo maior crescimento radicular observado na cultivar AL Tibagi na menor saturação por bases do solo (Figura 1). O aumento nos valores da massa seca do sistema radicular, massa seca da parte aérea e massa seca total (Figuras 3 e 4), decorrentes do incremento da saturação por bases, estão diretamente relacionados com o crescimento radicular (Figura 1), uma vez que, com o maior desenvolvimento radicular, provavelmente, ocorreu maior absorção de nutrientes.



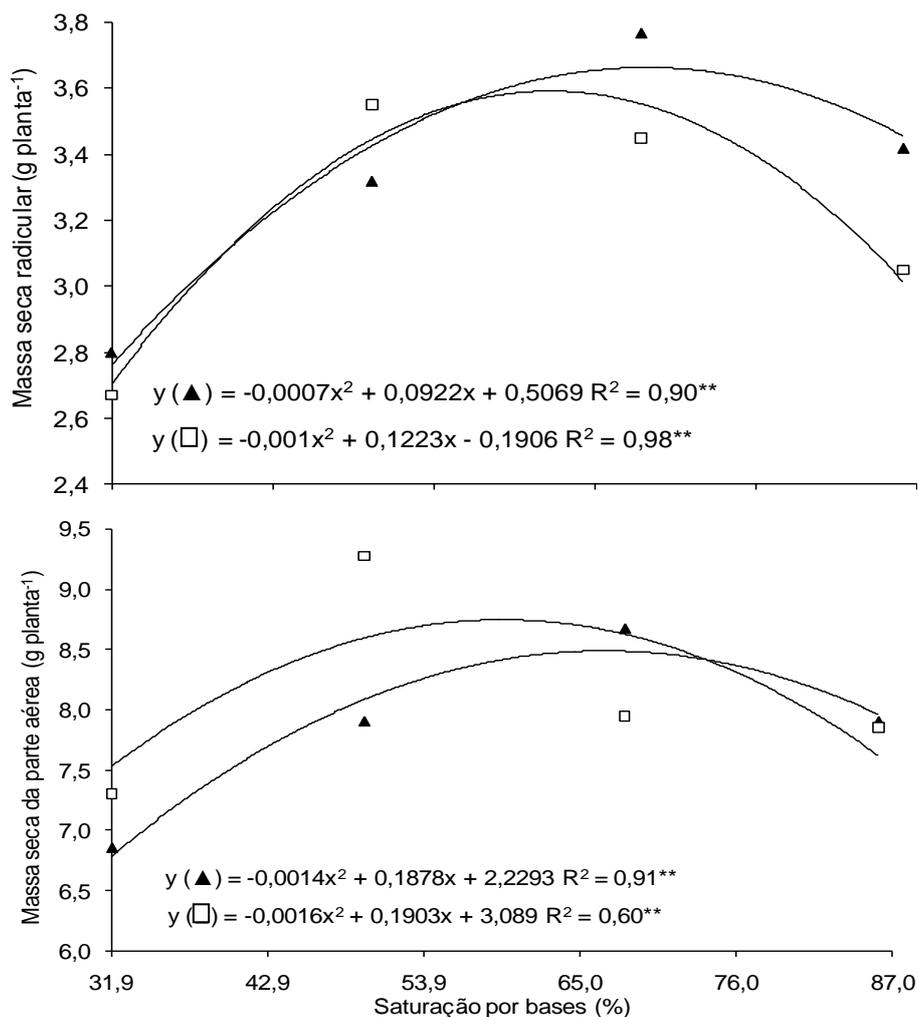
**Figura 2** - Superfície, volume e diâmetro radicular das cultivares de painço, em razão da saturação por bases. *Root area, volume and diameter of millet cultivars due base saturation.*

**Tabela 3** - Massa seca da raiz, da parte aérea e total, no período de florescimento de cultivares (C) de painço, em razão da saturação por bases (V%) <sup>(1)</sup>. *Dry mass of root, aerial part and total, on flowering period of painço cultivars (C), due base saturation (V%) <sup>(1)</sup>.*

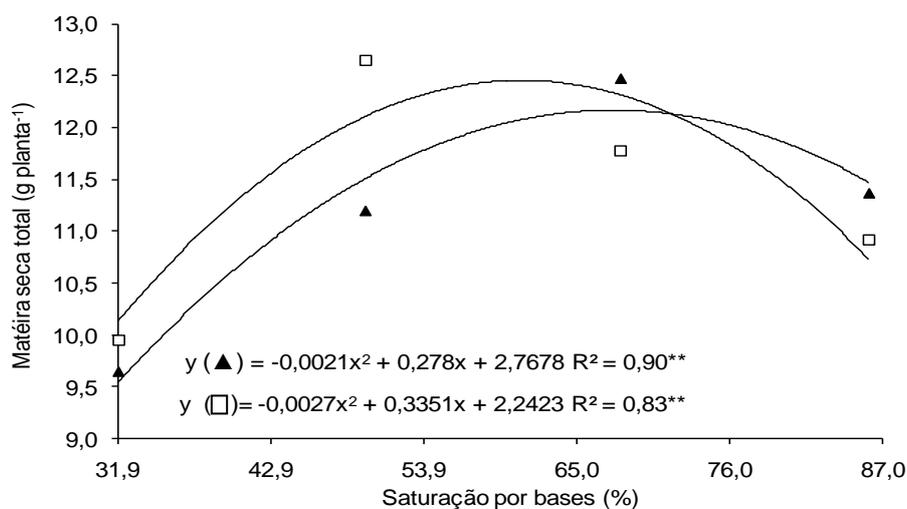
Cultivares	Raiz			Parte aérea			Total
	----- (g planta <sup>-1</sup> ) -----						
AL Mogi	3,33	a		7,84	a		11,17 a
AL Tibagi	3,18	a		8,09	a		11,26 a
Cultivar (C)	3,78	ns		2,82	ns		0,21 ns
Saturação por bases (V%)	24,09	**		19,62	**		35,97 **
C x V%	3,12	*		8,94	**		12,03 **
C.V. (%)	6,69			5,28			4,32

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

ns Não significativo, \* e \*\* significativo a 5%, 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. <sup>(1)</sup> Means in the same column, followed by different letters, are significantly different at the 5% level of probability. ns Not Significant, \*and\*\* significant to 5%, 1% of probability level, respectively, by F test.



**Figura 3** - Massa seca da raiz e da parte aérea das cultivares AL Mogi ( $\blacktriangle$ ) e AL Tibagi ( $\square$ ), em razão da saturação por bases. *Dry mass of root and aerial part of cultivars Mogi ( $\blacktriangle$ ) and AL Tibagi ( $\square$ ) due base saturation.*



**Figura 4** - Massa seca total (raízes + parte aérea) das cultivares AL Mogi ( $\blacktriangle$ ) e AL Tibagi ( $\square$ ), em razão da saturação por bases. *Total Dry Mass (root + aerial part), of cultivars Mogi ( $\blacktriangle$ ) and AL Tibagi ( $\square$ ), due base saturation.*

## Conclusões

A calagem promove aumento do sistema radicular e da parte aérea das cultivares de painço.

A cultivar AL Tibagi apresenta sistema radicular mais tolerante à baixa saturação por bases, ocorrendo o máximo crescimento radicular em saturação por bases de 64%.

Condições de elevada acidez do solo reduzem o diâmetro radicular das cultivares de painço à custa do crescimento em comprimento.

## Referências

- ADAMS, F.; MOORE, B. L. Chemical factors affecting root growth in subsoil horizons of coastal plain soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.47, n.1, p.99-102, 1983.
- CAIRES, E. F.; ROSOLEM, C. A. Root growth of peanut cultivars and soil acidity. In: WRICHT, R. J.; BALIGAR, V. C.; MURRMANN, R. P. (Eds.). **Plant and soil interactions at low pH**. Dordrecht: Kluwer Ac. 1991. p.239-244.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: 1999, 421p.
- EPSTEIN. E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: planta, 2004. 401p.
- FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. **Manejo da acidez dos solos de cerrado e de várzea do Brasil**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 42p. (Documentos, 92).
- FURUHASHI, S. **Efeito de doses e de época de aplicação de nitrogênio na cultura do painço em sucessão a mucuna-preta**. 1995. 31f. Monografia (Graduação) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1995.
- LIMA, E. V.; CAVARIANI, C.; LIMA, P. L.; CRUSCIOL, C. A. C.; NAKAGAWA, J.; VILLAS BOAS, R. L. Qualidade fisiológica de sementes de painço (*Panicum dichotomiflorum* mix.) em função do tempo de mistura com o superfosfato triplo. **Cultura Agrônômica**, v.9, n.1, p.177-189, 2000.
- PAVAN, M. A., OLIVEIRA, E. L. **Manejo da acidez do solo**. Londrina: IAPAR, 1997, p.86. (Circular, 95)
- RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.
- ROSOLEM, C. A. Interpretação dos teores de bases trocáveis do solo. In: BULL, L. T.; ROSOLEM, C. A. (Eds.). **Interpretação de análise de solo e planta para fins de adubação**. Botucatu, FEPAF, 1989. p.97-128.
- ROSOLEM, C. A.; GIOMMO, G. S.; LAURENTI, R. L. B. 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 Agricola**, Piracicaba, v.55, n. 3, p.448-455, 1998.
- ROSOLEM, C. A.; VALE, L. S. R.; GRASSI FILHO, H.; MORAES, M. H. 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, J. B. C.; NOVAIS, R.F.; SEDIYAMA, C. S. Comportamento de genótipos de soja em solo com alta saturação de alumínio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.3, p.287-289, 1984.
- SILVA, L. M. **Crescimento radicular e absorção de nutrientes de cultivares de arroz submetidos ao alumínio em solução nutritiva**. 2007. 87f. Tese (Tese em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.
- SILVA, L. M.; LEMOS, L. B.; CRUSCIOL, C. A. C.; FELTRAN, J. C. Sistema radicular de cultivares de feijão em resposta à calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.7, p.701-707, 2004.
- TAYLOR, D.; ARKIN, G. F. Root zone modification fundamentals and alternatives. In: TAYLOR, D.; ARKIN, G. F. (Ed.) **Modifying the root environment to reduce crop stress**. St. Joseph: ASAE, 1981. p.3-16.
- TIFFNEY, B. H.; NIKLAS, K. J. Clonal growth in land plants: a palaeobotanical perspective. In: JACKSON, J. B. C.; BUSS, L. W.; COOK, R. E. (Ed.) **Population biology and evolution of clonal organisms**. New Haven: Yale University Press, 1985. p.35-66.