



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbccs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Brasil

Gomes Costa, Mirian Cristina; Mazza, Jairo Antônio; Vitti, Godofredo Cesar; Castro Jorge, Lucio André de
**DISTRIBUIÇÃO RADICULAR, ESTADO NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DE COLMOS E DE AÇÚCAR
EM SOQUEIRAS DE DOIS CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR EM SOLOS DISTINTOS**
Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 31, núm. 6, 2007, pp. 1503-1514
Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214061027>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

DISTRIBUIÇÃO RADICULAR, ESTADO NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DE COLMOS E DE AÇÚCAR EM SOQUEIRAS DE DOIS CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR EM SOLOS DISTINTOS⁽¹⁾

**Mirian Cristina Gomes Costa⁽²⁾, Jairo Antônio Mazza⁽³⁾, Godofredo
Cesar Vitti⁽⁴⁾ & Lucio André de Castro Jorge⁽⁵⁾**

RESUMO

O presente trabalho de pesquisa foi elaborado com o objetivo de comprovar a hipótese de que o cultivar de cana-de-açúcar RB83-5486, comparado ao RB83-5089, apresenta melhor distribuição radicular mediante cultivo em solo com menor teor de argila. O estudo foi realizado a partir de dois experimentos de campo desenvolvidos no município de Porto Feliz, SP. Os solos foram classificados como Nitossolo Vermelho eutroférrico latossólico (NV) e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico psamítico (LVA). No período entre a terceira e a quinta soca (2002 a 2004), os cultivares de cana-de-açúcar RB83-5486 e RB83-5089 foram avaliados a partir de estudos de atributos químicos e físicos do solo, do estado nutricional da cultura, da distribuição de raízes no perfil do solo e da produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. A distribuição de raízes foi avaliada utilizando-se o método da trincheira ou parede do perfil. Os resultados indicaram diferença na concentração de hidrogênio dos solos relacionada com a atividade dos cultivares na absorção de nutrientes. O teor foliar de potássio e enxofre foi maior para o cultivar RB83-5486. No LVA, ambos os cultivares apresentaram maior quantidade de raízes concentrando-se até os 18 cm de distância a partir das linhas de cana e até os 54 cm de profundidade. No NV, o cultivar RB83-5486 apresentou maior quantidade de raízes concentrando-se até 23 cm de distância a partir das linhas de cana.

⁽¹⁾Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, financiada pela FAPESP e CAPES. Recebido para publicação em 2005 e aprovado em julho de 2007.

⁽²⁾Pesquisadora da Embrapa Roraima. CEP 69301-970 Boa Vista (RR). Email: mirian@cpafrr.embrapa.br

⁽³⁾Professor do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – E

⁽⁴⁾Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Av. Pádua Dias 11, Caixa Postal 09, CEP 13418-000

cana e até os 46 cm de profundidade. Já o cultivar RB83-5089 mostrou distribuição do sistema radicular mais uniforme no NV. A produção de colmos foi maior no cultivar RB83-5089; contudo, a produção de açúcar foi maior em RB83-5486.

Termos de indexação: cana, raízes, sistema radicular, método da trincheira, *Saccharum officinarum* L.

SUMMARY: *ROOT DISTRIBUTION, PLANT NUTRITIONAL STATUS, AND STALK AND SUGAR YIELD IN TWO GENOTYPES OF SUGARCANE IN DISTINCT SOILS*

Two field experiments were carried out in Porto Feliz, SP, Brazil, to test the hypothesis that in soils with low clay content, sugarcane genotype RB83 5486 has a better root system distribution than genotype RB83-5089. The two soils used were classified as Typic Kandiudalf and Typic Hapludox. Between the third and fifth ratoon (2002 to 2004), the development of the sugarcane genotypes RB83-5486 and RB83-5089 was evaluated by determining the chemical and physical soil attributes, crop nutritional status, root distribution in the soil profile, and stalk and sugar yield. Root distribution in the soil profile was evaluated by the trench method. Results show differences in hydrogen ion concentrations in both soils. These differences can be related to differences in the nutrient uptake of the studied genotypes. Potassium and sulphur contents in sugarcane leaves were higher in genotype RB83-5486. In the Typic Hapludox most part of the roots of both genotypes were concentrated at 0 to 18 cm from the cane rows and in the upper 54 cm. In the Typic Kandiudalf, most part of the roots of genotype RB83 5486 was concentrated at a distance of 0 to 23 cm from the sugarcane rows and in the upper 46 cm. The root system of genotype RB83-5089 was more evenly distributed in the Typic Kandiudalf. Stalk yield was higher for genotype RB83 5089, while sugar yield was higher for genotype RB83-5486.

Index terms: sugar cane, roots, root system, trench method, *Saccharum officinarum* L.

INTRODUÇÃO

A possibilidade de existirem diferenças entre genótipos de cana-de-açúcar, relacionadas ao sistema radicular, deve ser mais bem explorada na busca de cultivares que apresentem maior eficiência na absorção de água e nutrientes do solo.

Dias (1997) estudou a interação de seis cultivares de cana-de-açúcar em diferentes ambientes (solo x clima) e constatou que, em solo eutrófico, com variação textural no perfil e com regime hídrico não limitante ao desenvolvimento das plantas, todos os cultivares estudados expressaram plenamente o potencial genético. Entretanto, em solo álico, sem variação textural no perfil e com elevada drenagem que conduziu a regime hídrico limitante, os cultivares estiveram muito aquém de seu potencial genético de produtividade.

O plantio dos cultivares RB85-5113, RB85-5536, RB72-454, RB85-5453, RB83-5019, RB83-5486, RB84-5257, SP73-1011 e SP80-1842 nos solos Planossolo e Podzólico Vermelho Amarelo foi avaliado por Maule

diferenciado nos dois solos, provavelmente possuindo maior adaptabilidade. Entre os cultivares RB85-5536, RB83-5019, RB83-5486 e 5257 expressaram desenvolvimento variado devido à interação com o ambiente, mostrando diferentes respostas de produtividade agrícola.

Quanto à distribuição no perfil de solo, Alves et al. (1977) mencionam que os fatores que mais influem na distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar são: a textura do solo, o lençol freático, o impedimento mecânico e as características químicas do solo. Avila et al. (1997) verificaram que, na profundidade entre 25 e 50 cm, a baixa macroporosidade restringiu a penetração e a distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar.

A densidade do solo maior que 1,02 g cm⁻³ pode causar deformação ou restrições na distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar; densidade de 1,25 g cm⁻³ pode causar danos nas radicelas; densidade de 1,36 g cm⁻³ pode causar a quantidade de raízes e causar distorção nas raízes; e densidade maior ou igual a 1,46 g cm⁻³ pode causar a penetração das raízes no solo (Humbert, 1970).

Avila (1978) verificou que a maior concentração

autor constatou que a maior concentração de raízes está na profundidade de 30 a 50 cm. Fernandes (1985) menciona que 60 a 70 % das raízes de cana-de-açúcar estão nos primeiros 40 cm de profundidade na fase inicial de desenvolvimento da cultura. Já a maior concentração de raízes na horizontal está a 30–40 cm das linhas de cana. Estudando o crescimento de raízes de cana colhida com queima e sem queima, Alvarez et al. (2000) verificaram que 75 % das raízes de cana colhida sem queima situaram-se nos primeiros 40 cm de profundidade do solo no primeiro ano de análise e 70 % delas concentraram-se nessa profundidade na avaliação de segundo ano. Já para cana colhida queimada, os valores foram de 72 % de raízes nos primeiros 40 cm no primeiro ano e de 68 % no segundo ano.

Gomes (2003) demonstrou que a média de produtividade de três cortes do cultivar RB83-5089 plantado em solo com maior teor de argila foi aproximadamente 20 toneladas maior que a encontrada para o RB83-5486. Entretanto, quando plantado em solo de textura arenosa na mesma época, o cultivar RB83-5089 apresentou média de três cortes 10 toneladas menor que a do RB83-5486. Com base nessa informação, foi elaborado o presente trabalho de pesquisa com o objetivo de comprovar a hipótese de que o cultivar RB83-5486, comparado ao RB83-5089, apresenta melhor produtividade em solo com menor teor de argila, por possuir melhor distribuição do sistema radical no perfil do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado a partir de dois experimentos de competição varietal, que foram instalados em agosto

de 1998. No período entre a terceira e a quarta safra (2002 a 2004), os cultivares de cana-de-açúcar RB83-5486 e RB83-5089 foram avaliados a partir da análise de atributos químicos e físicos do solo, estado nutricional da cultura, da distribuição de raízes no perfil do solo e da produtividade e qualidade da cana-de-açúcar.

As áreas experimentais situaram-se no município de Porto Feliz, SP (latitude S 23° 13' 02" e longitude W 47° 31' 35"). A altitude predominante é de 554 m, e o clima é Cwa (sistema de Köppen). Os solos das áreas experimentais foram classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVA) e Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico (NV) (Embrapa, 1999). No quadro 1 são apresentados os atributos de amostras coletadas antes das duas safras. No quadro 2 encontram-se os resultados da análise textural.

Até a safra 2001/2002, as áreas experimentais receberam 150 m³ ha⁻¹ de vinhaça, fornecida de acordo com as análises químicas do resíduo, que eram de 645 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. A partir da safra 2002/2003, no cultivo das safras de outono, ambas as áreas experimentais receberam adubação de 500 kg ha⁻¹ da fórmula 18–00–27, fornecida de 135 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente, com produtividade aproximada de 100 t ha⁻¹ de cana-de-açúcar.

O delineamento experimental para avaliação dos atributos físicos do solo foi em parcelas subdivididas em três subsubdivisões. No estudo dos atributos físicos foram considerados os cultivares (RB83-5089 e RB83-5486) e as profundidades no perfil (0–20, 20–40 e 40–60 cm), com três repetições. A distribuição de raízes no solo foi avaliada com base no delineamento em parcelas subsubdivididas, com dois cultivares (RB83-5089 e RB83-5486), três distâncias horizontais a

Quadro 1. Atributos do solo em duas profundidades

Prof.	pH	MO	P	S	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	T	V	m	B	Cu	Fe	M
cm		g dm ⁻³	- mg dm ⁻³ -		mmolc dm ⁻³								— % —		— mg dm ⁻³ —		
Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico psamítico (LVA)																	
0–20	4,7	17,7	9,8	37,6	6,1	12,9	6,7	2,7	28,8	25,6	54,5	44,3	12,8	0,5	0,3	56,8	
20–40	4,4	14,9	7,7	28,2	3,8	8,5	4,3	4,5	30,9	16,1	47,0	33,2	25,9	0,1	0,2	46,3	
Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico (NV)																	
0–20	5,2	26,3	7,3	139,3	6,0	40,0	13,4	0,1	34,2	59,4	93,6	62,7	0,2	0,3	9,8	28,1	12
20–40	5,3	25,1	6,6	149,1	4,6	42,9	16,2	0,1	32,0	63,7	95,7	65,4	0,3	0,2	9,7	22,7	9

pH: CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ (Raij et al., 2001). MO: matéria orgânica, método colorimétrico (Raij et al., 2001). P: extração trocadora de íons e determinação em fotómetro de chama (Raij et al., 2001). S: NH₄OAc 0,5 N em HOAc 0,25 N (Vitellini et al., 2001).

Quadro 2. Análise granulométrica de diferentes horizontes dos solos das áreas experimentais

Horizonte	Areia	Argila	Silte
cm			
Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico psamítico (LVA)			
0–30	83	12	5
31–75	79	12	9
76–105	79	15	6
106+	81	15	4
Nitossolo Vermelho eutroférreco latossólico (NV)			
0–30	40	51	9
31–65	28	65	7
66–75	30	62	8
76+	23	62	15

Método do densímetro (Gee & Bauder, 1986).

linhas de cana (0–18, 18–36 e 36–54 cm no LVA e 0–23, 23–46 e 46–69 cm no NV) e três repetições. Entretanto, no LVA foram consideradas quatro profundidades no perfil do solo (0–18, 18–36, 36–54 e 54–72 cm) e, no NV, somente três (0–23, 23–46 e 46–69 cm).

Após colheita da safra 2001/2002, foi realizada amostragem de solo nas profundidades de 0–20 e 20–40 cm. A avaliação do estado nutricional foi feita para as safras 2002/2003 e 2003/2004. Na fase de máximo crescimento da cultura (aproximadamente quatro meses após início da brotação das soqueiras) coletaram-se amostras da folha +3, conforme o sistema Kuijper, segundo Gallo (1962). As amostras foram secas em estufa e moidas, para posterior determinação de macro e micronutrientes (Malavolta et al., 1997).

Para avaliação da curva de retenção de água, macroporosidade e densidade do solo, coletaram-se 18 amostras indeformadas em cada experimento. As amostras foram coletadas em fase intermediária de desenvolvimento da cana-de-açúcar para a safra 2002/2003, em três perfis de solo, para os cultivares RB83-5486 e RB83-5089. A amostragem foi direcionada considerando a análise prévia do perfil de solo, na qual se verificaram diferentes condições de compactação na entrelinha da cultura nas profundidades de 0–20, 20–40 e 40–100 cm.

As amostras foram coletadas em anéis metálicos (5 cm de diâmetro e 3 cm de altura). No laboratório, após saturação, as amostras foram pesadas, colocadas em mesa de tensão e submetidas às pressões de 0,01;

A determinação da resistência à penetração foi feita em cada uma das amostras indeformadas com três repetições por amostra. Para medição de RP foi utilizado penetrômetro desenvolvido no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Nutrição de Plantas da ESALQ/USP.

Após medidas de RP, as amostras indeformadas foram pesadas e colocadas em estufa a 105 °C por 24 h, para determinação da umidade gravimétrica e densidade do solo (Ds). A umidade volumétrica foi obtida a partir da multiplicação da umidade gravimétrica pela densidade do solo, em kg/m³.

Na fase intermediária de desenvolvimento das soqueiras para a safra 2002/2003, a distribuição da sistema radicular foi avaliada a partir do número de trincheiras ou parede do perfil. No NV foram abertas manualmente, três trincheiras para cada um dos cultivares supramencionados, nas dimensões 1,40 x 1,50 x 1,00 m. No LVA, as trincheiras apresentaram as dimensões de 1,10 x 1,50 x 1,00 m. A parede utilizada para estudo das raízes foi a entrelinha das linhas de cana, buscando-se verificar a passagem de máquinas nas entrelinhas da cultura (Figura 1).

Após abertura das trincheiras, as raízes foram pintadas individualmente com tinta branca, com intuito de melhorar o contraste entre raízes e solo. Após pintura, foram obtidas imagens com câmera fotográfica digital.

A área de perfil analisada no NV foi de 0,55 m de largura, que corresponde ao espaçamento entre linhas para esse solo (0,70 m de cada lado), e 0,72 m de profundidade. No LVA, a área foi de 1,10 m de largura (0,55 m de cada lado), correspondente ao espaçamento entre linhas da cultura nesse solo, e 0,72 m de profundidade. As imagens foram obtidas em quadrículas previamente identificadas e que apresentaram dimensões de 0,18 x 0,18 m (total de 24 quadrículas para o perfil do LVA) e de 0,23 x 0,23 m (total de 18 quadrículas para o perfil do NV) (Figura 1).

As variações nas distâncias horizontais entre profundidades entre LVA e NV foram estatisticamente significativas em função da diferença nas dimensões das quadrículas e dos grids usados para avaliar a distribuição da radicular no perfil dos solos. O tamanho das quadrículas para a cultura nesse solo, e 0,72 m de profundidade. As imagens de raízes foram analisadas com o software SIARCS (Guimarães et al., 1997), que calcula os valores de comprimento de raízes. Resultados de comprimento radicular provenientes de amostras obtidas a três distâncias entre parede do perfil da cultura (30, 20 e 10 cm) foram somados, para efeitos da variabilidade nos procedimentos estatísticos.

As análises estatísticas dos atributos químicos e físicos das amostras de solo foram realizadas com o software SPSS (Statistical Product and Service Solutions, 2001), que calcula os valores de média, desvio padrão, variação entre amostras e variação entre tratamentos.

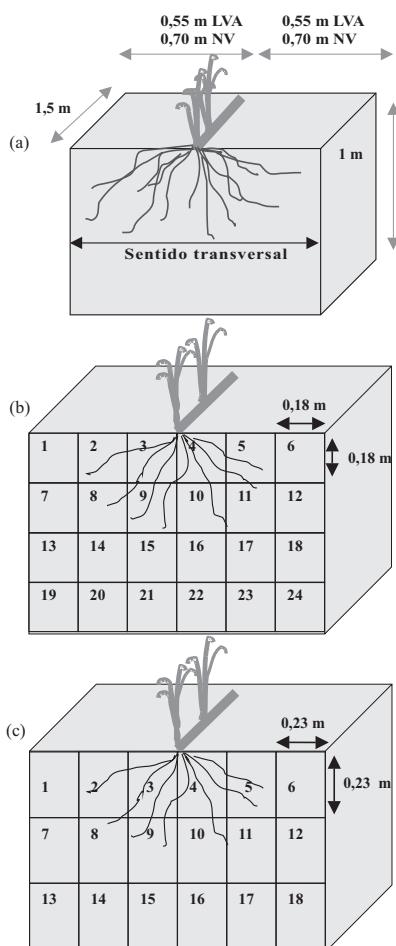


Figura 1. Esquema das trincheiras e da posição utilizada para avaliação do sistema radicular (a); número e dimensões das quadriculas em perfil no LVA (b); número e dimensões das quadriculas em perfil no NV (c).

com o programa Genstat versão 7.1 NAG. Ltda (Jackson, 2006). A análise de variância ($\alpha = 0,05$) foi conduzida utilizando o procedimento ANOVA para os delineamentos em blocos casualizados, parcelas subdivididas e parcelas subdivididas.

No delineamento em blocos casualizados, a comparação de médias foi feita a partir do teste de Tukey. Atributos analisados estatisticamente a partir do delineamento parcela subdividida e subsubdividida apresentaram separação de médias pelo procedimento de diferença mínima significativa (DSE dif_{0,05}). No

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As principais diferenças quanto aos químicos do solo ocorreram no pH e na acidez ($H + Al$). Nas profundidades de 0–20 e 20–40 cm, os valores de pH foram menores com o cultivar 5089 no NV (Figura 2). A diferença de profundidade de 0–20 cm foi refletida no potencial, conforme já descrito por outros (Fernandes et al., 2002). A acidez potenciou-se mediante menores valores de pH.

No LVA, apesar da maior concentração hidrogênio e maior acidez potencial para o cultivar RB83-5486 nas duas profundidades estudadas, não houve diferença estatística. Provavelmente, a ausência de resposta estatística ocorreu em razão da maior variabilidade nos valores de pH e de acidez potencial no LVA, que, por apresentar menor profundidade, possui menor poder-tampão (Raij, 1991).

Fatores relacionados à planta e ao solo devem ser considerados na mudança no pH. A alteração no pH é uma das mudanças mais evidentes na solução do solo (Marquart & Hömheld, 1996). Estudos mostraram que os ácidos acidificaram o solo a partir da liberação de

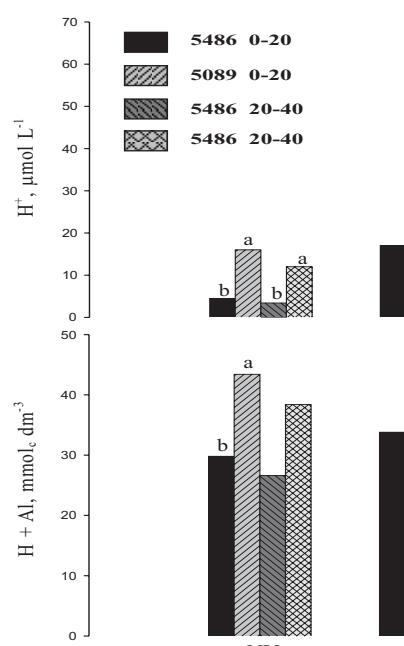


Figura 2. Concentração de íons H^+ e acidez ($H + Al$) em duas profundidades dos solos LVA com os cultivares de cana-de-açúcar 5089 e RB83-5486 (amostras coletadas

pelo sistema radicular quando a absorção de cátions foi superior à de ânions (Tang & Rengel, 2003).

Os menores valores de pH encontrados no NV com o RB83-5089 poderiam ser decorrentes da maior atividade radicular na absorção de nutrientes desse cultivar. Entretanto, não é possível afirmar que a absorção de nutrientes na forma catiônica prevaleceu sobre a forma aniônica.

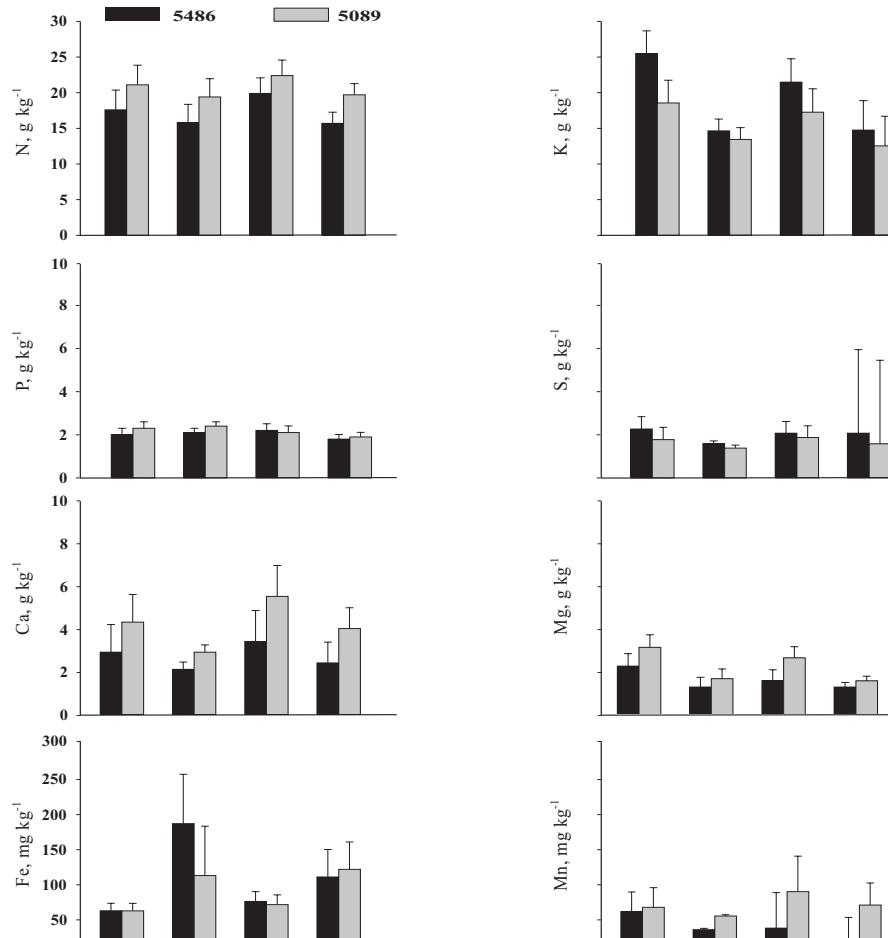
Na figura 3 são apresentados teores de macronutrientes e micronutrientes no tecido foliar dos cultivares de cana-de-açúcar RB83-5486 e RB83-5089, coletado nas safras 2002/2003 e 2003/2004, nos solos LVA e NV.

Nos resultados referentes à safra 2002/2003, foi verificada diferença entre cultivares quanto ao teor foliar de macronutrientes nos dois solos, com exceção

para teores de S no LVA e P no NV. O cultivar 5486 mostrou maior teor foliar de potássio nos dois solos, apresentando também tendência de maior teor de S. Já o cultivar RB83-5089 teve maior teor foliar de N, Ca e Mg; todavia, diferença no teor de P, com maior valor para RB83-5089, só foi verificada no LVA.

Na safra 2003/2004 os resultados indicaram que no LVA, o cultivar RB83-5089 apresentou maiores teores de N, P e Ca, e o RB83-5486, maior teor de S. No NV, o cultivar RB83-5089 apresentou maiores teores de N, Ca e Mg; já o RB83-5486 mostrou menor teor foliar de S.

A diferença no teor foliar de P entre cultivares é menor no NV do que no LVA. A maior fixação de P no solo com teor de argila mais elevado (NV) re-



menor disponibilidade do nutriente, contribuindo com o teor foliar semelhante entre os cultivares estudados. No LVA, em função do menor teor de argila, houve menor fixação de P, que proporcionou maior disponibilidade do nutriente às plantas, resultando em diferença entre cultivares.

Comparando teores de nutrientes resultantes da análise do tecido foliar com os valores considerados adequados por Malavolta (1994) para a cultura da cana-de-açúcar, constatou-se teor elevado de potássio na safra 2002/2003, enquanto teores de cálcio e enxofre estiveram abaixo dos valores considerados adequados. Na safra 2003/2004, teores de potássio não foram tão elevados como na safra anterior.

A prévia aplicação de vinhaça nas áreas experimentais causou desbalanceamento na relação de bases trocáveis (Ca:Mg:K), aumentando a disponibilidade de K em relação às outras bases. A elevada absorção de K prejudicou a absorção de Ca e Mg, o que pode ser confirmado pelo maior teor foliar de K e menores teores de Ca e Mg para o cultivar RB83-5486. Considerando a última safra (2001/2002), em que ocorreu aplicação de vinhaça, houve maior efeito residual na safra 2002/2003 do que na safra 2003/2004.

Na safra 2002/2003 foi encontrado maior teor de K nas folhas do cultivar RB83-5486. Caso esse teor foliar de K tivesse refletido em maior extração do elemento por colmos na referida safra, seriam confirmados os resultados de Coleti et al. (2002), em que o cultivar, quando comparado com o SP81-3250, apresentou maior extração desse macronutriente, justificando sua elevada aptidão industrial para produção de álcool.

Teores adequados de potássio aumentam a sacarose na cana-de-açúcar (Hauck & Dickinson, 1954). Por sua vez, a maior absorção de potássio pela planta aumenta o teor de cinzas do caldo. O maior teor de cinzas dificulta o processo de cristalização, sendo um efeito negativo na fabricação de açúcar. Todavia, os constituintes das cinzas do caldo agem como fonte de nutrientes para o processo fermentativo, aumentando a velocidade de desdobramento dos açúcares em álcool, o que favorece a fabricação de etanol.

Na figura 4, verifica-se o diferencial de água armazenada entre os dois solos. A figura também ilustra a diferença ocorrida na retenção de água para as profundidades avaliadas. A retenção de água foi maior no NV, que também apresentou diferença na retenção entre profundidades. A partir da tensão de 1 kPa, a retenção de água no NV foi menor nos primeiros 20 cm de profundidade.

No NV, a profundidade 20–40 cm caracterizou a camada de impedimento físico, apresentando maiores valores de densidade do solo e resistência à penetração. Na mesma camada foram encontradas menores

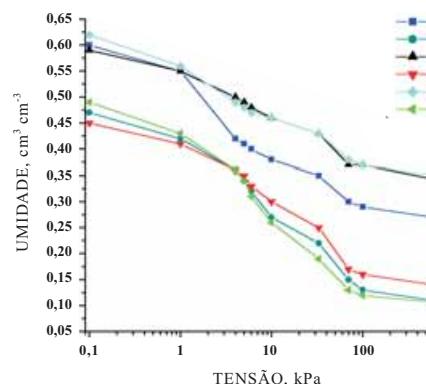


Figura 4. Curva de retenção de água para profundidades dos solos NV e LVA.

percentagens de porosidade total e de macroporos, como resultado da compactação (Quadro 3). A retenção de água a partir da tensão de 1 kPa, na profundidade 0–20 cm no NV, pode ser explicada pela maior percentagem de macroporos nessas camadas (quando comparada às demais camadas), que proporcionou a drenagem da água.

Conforme os valores de densidade mencionados por Veihmeyer & Hendricks (1986) como restritivos ao crescimento de raízes de algumas espécies de plantas, o solo argiloso apresenta densidade desfavorável ao crescimento radicular em todas as profundidades estudadas. Já no LVA, a densidade do solo não figurou como restritiva à radiação. Entretanto, Humbert (1974), sem especificar a densidade do solo, menciona que a densidade de 1,34 g cm⁻³ comprometeu o crescimento de raízes de cana-de-açúcar.

A relação entre resistência à penetração e crescimento radicular foi estudada por vários autores (Boone et al., 1986; Rosolem et al., 2002), e os resultados considerados restritivos ao crescimento radicular variaram de 1,34 a 3 MPa para diferentes cultivares (Pfeffer (1983)⁽⁶⁾, citado por Bennie (1992)). As primeiras medidas diretas da máxima pressão para crescimento radicular, encontrando valores entre 1,34 e 2,5 MPa para diferentes espécies.

Na avaliação da distribuição radicular, o comprimento de raízes medido no perfil do solo, que, nos primeiros 18 cm de profundidade, é maior que o lado direito das linhas de cana apresenta menor comprimento de raízes. O cultivar RB83-5486 apresenta maior comprimento de raízes que RB83-5086, em distâncias horizontais. O maior comprimento de raízes ocorreu na distância horizontal de 0,5 m entre os dois cultivares (Figura 5).

Na profundidade de 18–36 cm, o cultivar RB83-5486 teve maior comprimento radicular que RB83-5089, principalmente do lado direito das touceiras de cana. Do lado esquerdo houve diferença entre cultivares somente na distância horizontal de 36–54 cm. Maior comprimento radicular ocorreu na distância horizontal de 0–18 cm para o RB83-5486, enquanto o RB83-5089 apresentou distribuição horizontal homogênea nessa profundidade (Figura 5).

A partir dos 36 até 54 cm de profundidade 5486 apresentou maior comprimento radicular que RB83-5089 nas três distâncias horizontais direito e somente na distância horizontal de 36–54 cm do lado esquerdo das linhas de cana (Figura 5).

Diferença entre RB83-5486 e RB83-5089 encontrada para comprimento radicular em profundidade de 54–72 cm no LVA, sobretudo direito das linhas de cana. Na distribuição hori-

Quadro 3. Média de atributos físicos entre profundidades para os solos LVA e NV

Profundidade	Ds	RP	Ptotal	Macroporos	Microporos
cm	kg dm ⁻³	MPa		%	
Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico psamítico (LVA)					
0–20	1,53	1,24 a	47	11	36
20–40	1,58	0,44 b	44	10	34
40–100	1,52	0,22 b	47	14	33
Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico (NV)					
0–20	1,47 b	0,91 c	49 a	18 a	31
20–40	1,77 a	2,52 a	44 b	9 b	35
40–100	1,49 b	1,57 b	50 a	13 ab	37

Ds: densidade do solo, RP: resistência à penetração, Ptotal: porosidade total. Médias de três repetições contidas em sequências de mesma letra não diferem entre si pela diferença mínima significativa (DMS) a 5 %.

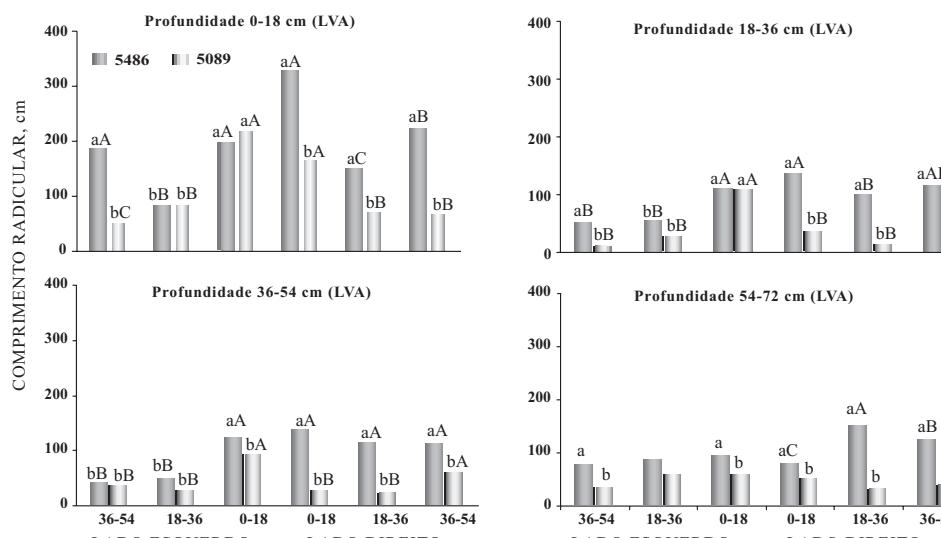


Figura 5. Comprimento radicular nos lados esquerdo e direito das linhas de cana da espécie canavieira

RB83-5486 apresentou maior diferença, com maior valor de comprimento radicular na distância de 18–36 cm da linha (Figura 5).

Quanto à distribuição horizontal no NV, nos primeiros 23 cm de profundidade foi constatado maior comprimento radicular para o cultivar RB83-5486, nos dois lados das linhas de cana. O maior comprimento de raízes foi encontrado na distância de 0–23 cm das linhas, principalmente para o RB83-5486. Já o cultivar RB83-5089 mostrou distribuição horizontal homogênea (Figura 6).

A partir dos 23 cm de profundidade, a diferença entre cultivares foi verificada principalmente do lado esquerdo das linhas. Maiores valores de comprimento radicular ocorreram nas distâncias de 0–23 e 23–46 cm das linhas de cana nos dois cultivares. Na profundidade de 46–69 cm somente houve diferença entre cultivares na distância de 46–69 cm, do lado direito das linhas de cana (Figura 6).

Faroni (2005) encontrou 65 % da quantidade de raízes de cana-de-açúcar na projeção das linhas e somente 18 % na distância de 14 a 42 cm. Alvarez

(2000) também observou maior quantidade bem próxima às linhas de cana.

A distribuição horizontal de raízes de cana pode ser influenciada pela posição em cada a adubação de soqueiras e pelo efeito de máquinas e implementos. O acúmulo detes em determinado local no solo pode promover maior crescimento de raízes, devido à maior disponibilidade de nutrientes (Dunbabin et al., 2000). O tráfego de máquinas e implementos podem maior compactação em locais específicos, sentarão condições desfavoráveis ao desenvolvimento radicular. Como o tráfego ocorre principalmente entrelinhas, maior compactação e menor quantidade de raízes são esperadas nesse local. Trabalharam efeitos do tráfego de máquinas nas linhas de cana (Vasconcelos, 2002; Faroni, 2005).

Na avaliação da distribuição radicular no LVA, o cultivar RB83-5486 diferiu do RB83-5089 no lado direito das linhas de cana-de-açúcar, apresentando maior comprimento radicular nas profundidades. Os primeiros 18 cm de profundidade mostraram maior comprimento de raízes, e a redução no comprimento radicular foi acentuada a partir da profundidade de 0–18 para 18–46 cm. Nas maiores profundidades, a redução no comprimento radicular não foi acentuada (Figura 7).

No NV, o cultivar RB83-5486 somente diferiu do RB83-5089 nos primeiros 23 cm de profundidade, no lado direito. Do lado esquerdo, os cultivares diferiram nas profundidades de 0–23 e 23–46 cm. Nas profundidades maiores, a redução no comprimento radicular foi mais acentuada, exibindo menores valores em relação àqueles encontrados no LVA, sobre o cultivar RB83-5486 (Figura 8).

No LVA, o maior comprimento radicular do cultivar RB83-5486 em relação ao RB83-5089, associado à maior distribuição de raízes em profundidade, é uma característica favorável do cultivar RB83-5486, que aumenta a quantidade de raízes em profundidade, favorecer a absorção de água em épocas de seca e de nutrientes, permitindo a absorção de nitrógeno que havia sido deslocado para camadas mais profundas (Vasconcelos et al., 1979).

Outros estudos referentes à distribuição horizontal de raízes de cana-de-açúcar no perfil do solo mostraram cerca de 60 a 70 % da quantidade de raízes centrando-se nos primeiros 20 cm de profundidade (Alvarez, 2000; Faroni, 2005).

Vasconcelos (2002) menciona que a quantidade de raízes de cana-de-açúcar no perfil do solo é menor ao longo do tempo, devido às alterações naturais no solo e à ação antrópica. Esse autor observou diferença entre cultivares quanto à distribuição de raízes em profundidade no perfil do solo, a

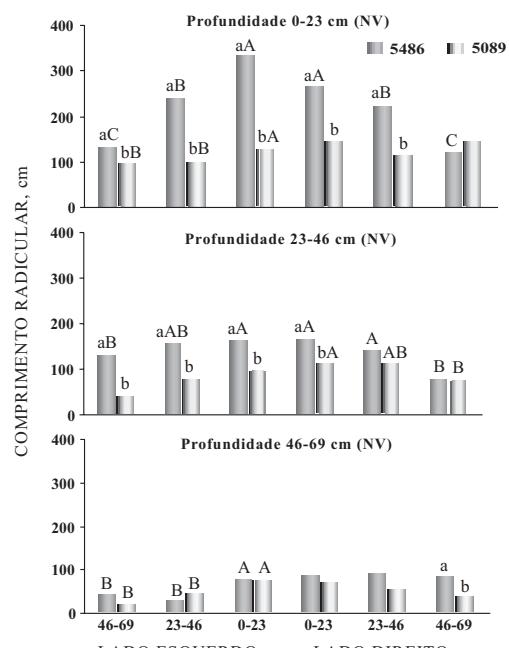


Figura 6. Comprimento radicular nos lados esquerdo e direito das linhas de cana-de-açúcar em três profundidades no NV. Letras minúsculas compararam cultivares dentro de cada distância horizontal. Letras maiúsculas compararam cada profundidade.

Com relação à produção de colmos e açúcar, a terceira e quarta socas apresentaram maiores valores do que a quinta soca para os dois cultivares no LVA. Já no

NV, a produção de colmos foi maior para RB83-5089 nos três cortes, enquanto a produção de açúcar para RB83-5486 na terceira e quarta socas (0,9 a 1,6 t ha⁻¹) foi maior que a de RB83-5089 (0,8 a 1,7 t ha⁻¹).

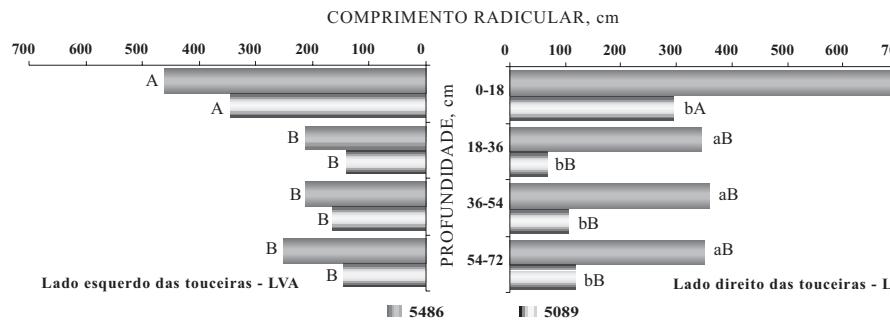


Figura 7. Comprimento radicular de soqueiras de cana-de-açúcar em profundidade no perfil do LVA. As letras minúsculas compararam cultivares dentro de cada profundidade. Letras maiúsculas compararam cultivar em relação às quatro profundidades pela Diferença Mínima Significativa (DMS) a 5%.

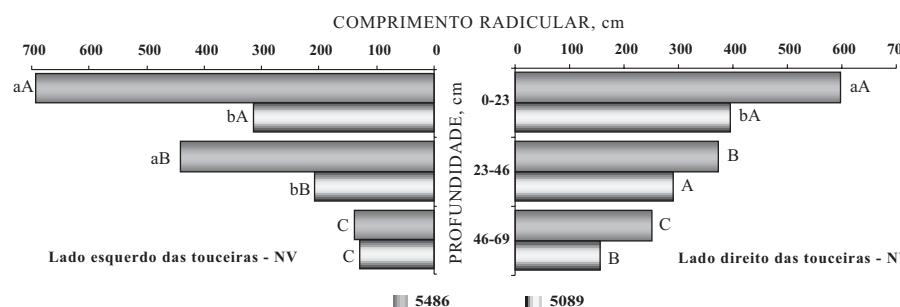


Figura 8. Comprimento radicular de soqueiras de cana-de-açúcar em profundidade no perfil do NV. As letras minúsculas compararam cultivares dentro de cada profundidade. Letras maiúsculas compararam cultivar em relação às três profundidades pela Diferença Mínima Significativa (DMS) a 5%.

Quadro 4. Produção de colmos e de açúcar em três safras para os cultivares RB83-5089 e RB83-5486, em dois solos

Variedade	Produção de colmo			Produção de açúcar		
	2001/02	2002/03	2003/04	2001/02	2002/03	2003/04
t ha ⁻¹						
				LVA		
RB83-5486	96 b	118 b	65	18 a	16	
RB83-5089	112 a	142 a	72	17 b	16	
DMS	12	20	19	0,9	0,8	
NV						
RB83-5486	96 b	114 b	82 b	16 a	16 a	

DISTRIBUIÇÃO RADICULAR, ESTADO NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DE COLMOS E DE AÇÚCAR...

A elevada produção de colmos encontrada para RB83-5089 indica que esse cultivar foi mais vigoroso tanto em solo arenoso quanto no argiloso. Entretanto, essas características não se traduziram necessariamente em elevado potencial de produção de açúcar, confirmando relatos de que o cultivar RB83-5089, alta produção de colmos e o RB83-5486, elevada produção de açúcar (Gomes, 2003). O grande potencial de produção de açúcar do cultivar RB83-5486 foi descrito como característica genotípica (PMGCA, 2005), e esse cultivar apresentou alta produção de açúcar em solo com maior ou menor potencial produtivo.

CONCLUSÕES

1. O cultivar RB83-5486 apresenta melhor distribuição de raízes em solo com menor teor de argila devido à redução menos acentuada do comprimento radicular em profundidade.

2. Quando comparado com um cultivar que apresenta distribuição radicular mais uniforme em perfil de solo com maior teor de argila, o RB83-5486 é mais suscetível à redução na produção de colmos, principalmente em anos com baixa precipitação ou com distribuição de chuvas insatisfatória. Como consequência, o potencial produtivo do cultivar pode ser comprometido, ficando a produção de açúcar abaixo da esperada.

AGRADECIMENTOS

À Professora Dra. Maria de Fátima Guimarães (CCA/UEL), pelos esclarecimentos metodológicos. À CAPES e à FAPESP, pelo suporte financeiro. Ao Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP e ao grupo COSAN, pela infra-estrutura de trabalho.

LITERATURA CITADA

ABREU, C.A.; ABREU, M.F. & ANDRADE, J.C. Determinação de cobre, ferro, manganês, zinco, cádmio, cromo, níquel e chumbo em solos usando a solução DTPA em pH 7,3. In: RAIJ, B.van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A., eds. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agronômico, 2001b. p.240-250.

ABREU, M.F.; ABREU, C.A. & ANDRADE, J.C. Determinação de boro em água quente, usando aquecimento com

ALVAREZ, I.A.; CASTRO, P.R.C. & NOGUEIRA, J. Crescimento de raízes de cana crua e queimada em diferentes ciclos. *Sci. Agric.*, 57:653-659, 2000.

AVILAN R., L.R. Estudio del sistema radicular de la caña de azucar variedad V58-4 en un mollisol de la isla de la Portuguesa. *Agron. Trop.*, 28:163-174, 1978.

AVILAN, L.R.; GRANADOS F.M. & ORTEGA, D. Estudio del sistema radicular de tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en un Mollisol de los Valles del Cauca. *Agron. Trop.*, 27:69-87, 1977.

BENNIE, A.T.P. Growth and mechanical impedance of the roots of sugar cane in sandy soil. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A. & KAFKAFI, U., eds. The hidden half. New York, Marcel Dekker, 1989. p.470.

BOONE, F.R.; van der WERF, H.M.G.; KROESBEEK, H.; TEN HAG, B.A. & BOERS, A. The effect of the depth of the arable layer in sandy soil on the growth of sugar cane for silage. 1 Critical matric water potentials in relation to soil aeration and mechanical impedance. *Neth. J. Soil Sci.*, 34:155-171, 1986.

COLETI, J.T.; STUPIELLO, J.J.; OLIVEIRA, J.; CASAGRANDE, J. C. & RIBEIRO, L.D. Fertilidade e disponibilidade de macronutrientes pela cana-planta e cana-de-açúcar em Argissolos, variedades RB 835486 e SP 835486. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLÍFEROS, 8., Recife, 2002. Anais. Recife, STAB, 321.

DIAS, F.L.F. Relação entre produtividade, clima e variedades de cana-de-açúcar, na região da Serra da Estrela, Estado de São Paulo. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 61p. (Tese de Mestrado)

DUNBABIN, V.; RENGEL, Z. & DIGGLE, A. The effect of different rates of nitrogen on the growth and root response to heterogeneous nitrate supply in *Lupinus angustifolius* and *Lupinus pilosus*. *Ann. Bot.*, 88:495-503, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas Agropecuárias. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

FARONI, C.E. Sistema radicular de cana-de-açúcar: identificação de raízes metabolicamente ativas. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1988. 68p. (Tese de Mestrado)

FERNANDES, J. Observações sobre o sistema radicular de cana-de-açúcar. Álcool & Açúcar, 5:51-52, 1955.

FERNANDES, S.A.P.; BERNOUX, M.; CERRI, C. C.; B.J. & PICCOLO, M. Seasonal variation of soil properties and CO_2 and CH_4 fluxes in unfertilized and fertilized pastures in an Ultisol of the Brazilian Amazon. *Geoderma*, 107:227-241, 2002.

GALLO, J.R. Amostragem em cana-de-açúcar para análise foliar. *Bragantia*, 21:899-921, 1962.

- GOMES, J.F.F. Produção de colmos e exportação de macronutrientes primários por cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003. 65p. (Tese de Mestrado)
- GREGORY, C.J.; CRAWFOR, D.V. & MCGOWAN, M. Nutrient relations of winter wheat. II Movement of nutrients to the root and their uptake. *J. Agric. Sci.*, 93:495-504, 1979.
- GUIMARÃES, M.F.; JORGE, L.A.C.; DE MARIA, I.C.; TAVARES FILHO, J.; BICUDO, S.J. & CRESTANA, S. Três metodologias de avaliação de raízes: Descrição, limitações e vantagens. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA - SIAGRO, 1., São Carlos, 1996. Anais. São Carlos, Embrapa/CNPDI, 1997. p.295-304.
- HAUCK, F.W. & DICKINSON, J. Conveniencia y experimentacion con potasio en el cultivo de caña de azucar. ATAC - R. Técnica Inf., 13:626-635, 1954.
- HUMBERT, R.P. El cultivo de la caña de azucar. México, Continental, 1974. 719p.
- JACKSON, T. Biomathematics and statistics Scotland, Basic statistics in GENSTAT. <http://www.bios.sari.ac.uk/smarts/unix/mbasgen/slides/frames.htm> (24 ago.2006).
- MALAVOLTA, E. Fertilizing for high yield sugarcane. Basel, IPI, 1994. 104p. (Bulletin, 14).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba, POTAPOS, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. & RÖMHELD, V. Root-induced changes in the availability of micronutrients in the rhizosphere. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A. & KAFKA, U., eds. *Plant roots: The hidden half*. New York, Marcel Dekker, 1996. p.557-579.
- MAULE, R.F.; MAZZA, J.A. & MARTHA JÚN. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. *Sci. Agric.*, 301, 2001.
- PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE-AÇÚCAR - PMGCA. Catálogo de variedades. Disponível em: (<http://pmgca.dbv.cca.ufscar.br/catvaried.php>) Acesso em 20 jun. de 2005).
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; M.E.; LOPES, A.S. & BATAGLIA, O.C. Análisis del solo para fines de fertilidad. Campinas, Cargill, 2001. 170p.
- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. *Agronômica Ceres*, 1991. 343p.
- ROSOLEM, C.A.; FOLONI, J.S.S. & TIRITAN, C. Growth and nutrient accumulation in cowpea affected by soil compaction. *Soil Till. Res.*, 2002.
- TANG, C. & RENGEL, Z. Role of plant cation/anion ratio in soil acidification. In: RENGEL, Z., ed. *Control of soil acidity*. New York, Marcel Dekker, 2002.
- VASCONCELOS, A.C.M. Desenvolvimento radicular e da parte aérea de socalos de cana-de-açúcar em dois sistemas de colheita: Crua mecanizada e manual. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista de Mesquita Filho, 2002. 140p. (Tese de Doutorado)
- VEIHMEYER, F.J. & HENDRICKSON, A.H. A simple method for measuring field capacity and wilting percentage. *Soil Sci.*, 68:75-94, 1949.
- VITTI, G.C. Avaliação e interpretação do enxofre em plantas. Jaboticabal, FUNEP, 1988. 37p.