

NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM BANANEIRA VIA FERTIRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO CONVENCIONAL-ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO¹

LUIZ ANTONIO JUNQUEIRA TEIXEIRA², WILLIAM NATALE³, JOSÉ EMÍLIO BETTIOL NETO⁴,
ANTONIO LÚCIO MELLO MARTINS⁵

RESUMO – Realizou-se um experimento em Pindorama (SP), no qual se avaliaram os efeitos da fertirrigação e da adubação convencional com N e K em alguns atributos químicos de solo sob cultivo com bananeira, durante dois ciclos de produção. Avaliaram-se a disponibilidade e a movimentação de nutrientes (P, K, Ca e Mg) no perfil do solo, bem como outros atributos químicos (matéria orgânica, acidez e saturação por bases), por meio de amostragens realizadas na implantação do experimento e ao final do primeiro e segundo ciclos de produção. Os principais efeitos dos tratamentos foram no pH do solo e no teor de K⁺ trocável. A adubação, tanto aplicada via fertirrigação como na forma convencional, implicou incrementos na acidez do solo, principalmente até 20 cm de profundidade. Observou-se que o impacto da adubação via fertirrigação no pH do solo foi proporcional à dose. A adubação convencional também causou decréscimo no pH, especialmente na região mais próxima das plantas, refletindo o efeito da aplicação localizada dos fertilizantes. A aplicação de adubo sólido na superfície do solo determinou significativo acúmulo de K nas camadas até 20 cm e na região mais próxima ao pseudocaule das plantas. Os efeitos da adubação via fertirrigação foram mais difusos, visto que os adubos são espalhados numa área de solo maior do que a coberta pela adubação convencional.

Termos para indexação: banana, análise de solo, cloreto de potássio, nitrato de amônio, *Musa* spp.

NITROGEN AND POTASSIUM APPLICATION ON BANANA PLANT BY FERTIRRIGATION AND CONVENTIONAL FERTILIZATION - SOIL CHEMICAL PROPERTIES

ABSTRACT – A field experiment was carried out in Pindorama (Sao Paulo State, Brazil) in which it was evaluated the effects of N and K application through fertirrigation and conventional fertilization on soil chemical properties in a banana plantation, during two cycles of production. Nutrient (P, K, Ca and Mg) availability and movement in soil profile and some chemical properties (organic matter, pH and base saturation) were evaluated through samples carried out in the experiment implantation and at the end of the first and second production cycles. The most important treatment effects were on soil pH and on exchangeable K. Fertilizers, applied by fertirrigation or conventional fertilization, increased soil pH specially in soil layer depth of 0 to 20 cm. It was observed that the impact of pH soil fertilization via fertirrigation was proportional to fertilizer rate. The conventional fertilization also caused a pH decrease on soil, and it was more intense near the plants, reflecting the effect of fertilizer local application. The application of solid fertilizer on the soil surface determined a significant accumulation of exchangeable K on layers until the depth of 20 cm and in the region nearer the plant pseudo-stem. The effects of fertirrigation on soil chemical properties were more diffuse because fertilizers were spread in a larger area than the application of conventional fertilization.

Index terms: banana, soil analysis, Potassium chloride, Ammonium nitrate, *Musa* spp

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade dos cultivos de bananeira tem sido associada às condições de fertilidade do solo por vários autores. Quantidade e qualidade da produção, crescimento e desenvolvimento das plantas, suscetibilidade a pragas e doenças, e rentabilidade da atividade são alguns dos aspectos fundamentais da bananicultura que dependem do estado nutricional das plantas. A exportação de nutrientes pela colheita dos cachos, perdas por lixiviação e escurimento superficial, bem como acidificação do perfil do solo, reforçam a importância do manejo cuidadoso da fertilidade como condição para manutenção de rendimentos elevados ao longo do tempo (Jacob & Uexküll, 1958; Cunha & Fraga Jr., 1963; Gallo et al., 1972; Uexküll, 1985; Godefroy & Dormoy, 1990; Teixeira et al., 2001; Teixeira, 2005).

Mudanças nos padrões do agronegócio têm transformado a competitividade numa questão de sobrevivência para os bananicultores, com o mercado exigindo frutos de qualidade e baixo custo de produção, o que implica otimizar o uso de recursos como mão-de-obra e insumos. Outra característica que vem sendo incorporada aos sistemas de produção de frutíferas é a busca por alternativas tecnológicas que minimizem o impacto ambiental da atividade. Nas recentes normas para a Produção Integrada de Frutas (PIF) no Brasil (Andrighetto & Kososki, 2002), constam como “práticas obrigatórias”, entre outras, a aplicação de fertilizantes conforme a necessidade das culturas e a adoção de técnicas que minimizem perdas de nutrientes.

A fertirrigação é a prática de aplicar fertilizantes dissolvidos na água de irrigação de forma contínua ou intermitente, possibilitando diminuir perdas de nutrientes do sistema solo-

¹ (Trabalho 161-2006). Recebido em 19-10-2006. Aceito para publicação em 13-02-2007. Trabalho realizado com o apoio da FAPESP (Projeto 01/09976-3).

² Pesquisador do Centro de Solos e Recursos Ambientais – IAC/APTA, Cx. Postal 28, 13012-970, Campinas-SP, teixeira@iac.sp.gov.br

³ Professor Adjunto do Depto. de Solos e Adubos-FCAV/Unesp. Bolsista do CNPq. Jaboticabal-SP, natale@fcav.unesp.br

⁴ Pesquisador do Centro de Fruticultura – IAC/APTA. bettiolneto@iac.sp.gov.br

⁵ Pesquisador da APTA Regional Centro Norte. Pindorama- SP, Imartins@aptaregional.sp.gov.br

planta e aumentar a eficiência da adubação. Para bananeira, há vários relatos de que a fertirrigação permite reduzir a quantidade de adubo aplicada em relação à adubação convencional, sem perdas na produção de frutos (Stewart et al., 1998; Srinivas, 1997; Hagin & Tucker, 1992).

Buscou-se, com este trabalho, determinar alterações em atributos químicos de um solo sob cultivo de bananeira em função da aplicação de N e K por meio de adubo sólido na superfície do solo e via fertirrigação durante dois ciclos de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado na Estação Experimental de Pindorama, localizada na região noroeste do Estado de São Paulo (48°55'W e 21°13'S). Conforme classificação de Köppen, o clima enquadra-se no tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. O balanço hídrico indica serem os meses mais secos os de julho, agosto e setembro, e haver considerável excedente hídrico principalmente de janeiro a março (Lepsch & Valadares, 1976). Na Figura 1, é apresentada a precipitação mensal medida na área experimental, no período de novembro de 2002 a maio de 2005.

De acordo com o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (Oliveira et al., 1999), o solo recebe a denominação de Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abrupto, A moderado, textura arenosa/média – Unidade Pindorama. Esse tipo de solo, bem como o clima do local da experimentação são bastante comuns nas áreas do Planalto Paulista, onde a bananicultura está se expandindo.

Foi empregado o delineamento experimental de blocos casualizados, com seis repetições. Os tratamentos constaram de frações da recomendação de adubação convencional de nitrogênio e potássio aplicada via fertirrigação e aplicação da dose recomendada via adubo sólido na superfície do solo sob sequeiro e com irrigação (Tabela 1). As doses de nitrogênio (350 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹) e de potássio (400 kg de K₂O ha⁻¹ ano⁻¹) foram calculadas de acordo com atributos do solo e produtividade esperada, seguindo as recomendações do Boletim 100 do Instituto Agrônomo (Teixeira et al., 1997).

As unidades experimentais foram compostas por 16 plantas, sendo quatro consideradas para as avaliações (plantas úteis). O espaçamento foi de 2 x 2,5 m, resultando numa população de 2.000 plantas ha⁻¹ (Figura 2).

Em setembro de 2002, aplicou-se calcário dolomítico, visando a elevar a saturação por bases (V%) para 60%. Em dezembro, as plantas foram estabelecidas, empregando-se mudas micropropagadas *in vitro* da variedade Nanicão (Grupo AAA, subgrupo Cavendish). Para o plantio e práticas de manejo do bananal, foram seguidas as recomendações descritas por Moreira (1999).

As doses aplicadas via fertirrigação foram obtidas por meio da montagem de dois conjuntos de linhas principais, derivações e laterais para conduzir de forma independente água e água + adubo. As diferentes quantidades de adubo aplicadas via água de irrigação foram obtidas combinando-se três microaspersores, parte deles aplicando uma mistura de água +

adubo e outra, somente água, conforme o tratamento. Para cada duas plantas (Figura 2), foi montado um conjunto de emissores com vazão total de 110 L h⁻¹ e 100% da área molhada. Antes das primeiras aplicações de fertilizantes via água de irrigação, fez-se a calibração e a regulagem do sistema injetor. O manejo da irrigação deu-se a partir de dados meteorológicos (evaporação do tanque Classe A e precipitação) coletados próximos à área experimental e do acompanhamento do conteúdo de água do solo por tensiometria (20 e 60 cm). As aplicações (lâmina e turno de rega) foram realizadas de acordo com o recomendado para a cultura em Doorenbos & Kassam (1979). O intervalo máximo entre regas foi de três dias.

A aplicação dos fertilizantes, nitrato de amônio e cloreto de potássio como fontes de N e K, respectivamente, seguiu as indicações de Frizzone e Botrel (1994). A fertirrigação foi aplicada quinzenalmente, e a adubação via solo, fracionada em quatro aplicações anuais. Além dos tratamentos com diferentes doses de N e K, foram aplicados 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (50% em área total e incorporado e 50% no plantio, como superfosfato simples); 4,0 kg ha⁻¹ de Zn (no plantio, como sulfato de Zn) e 3,0 kg ha⁻¹ de B (no plantio, como bórax).

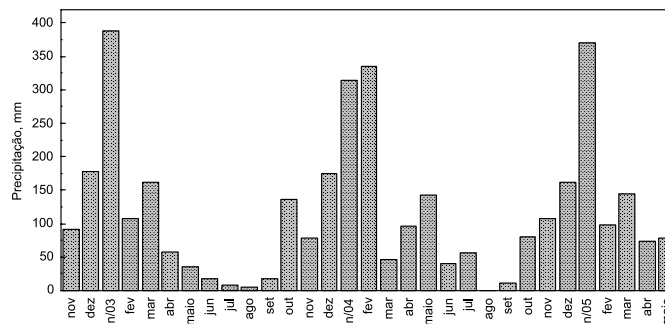


FIGURA 1 - Precipitação medida na área experimental de novembro de 2002 a maio de 2005.

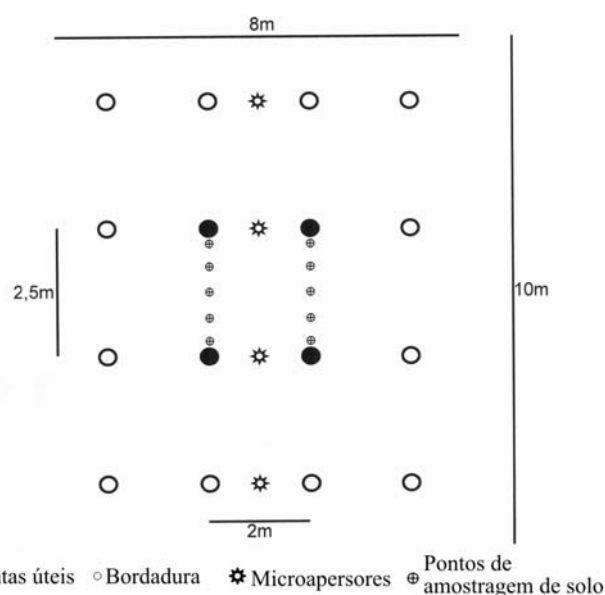


FIGURA 2 - Croqui de uma parcela.

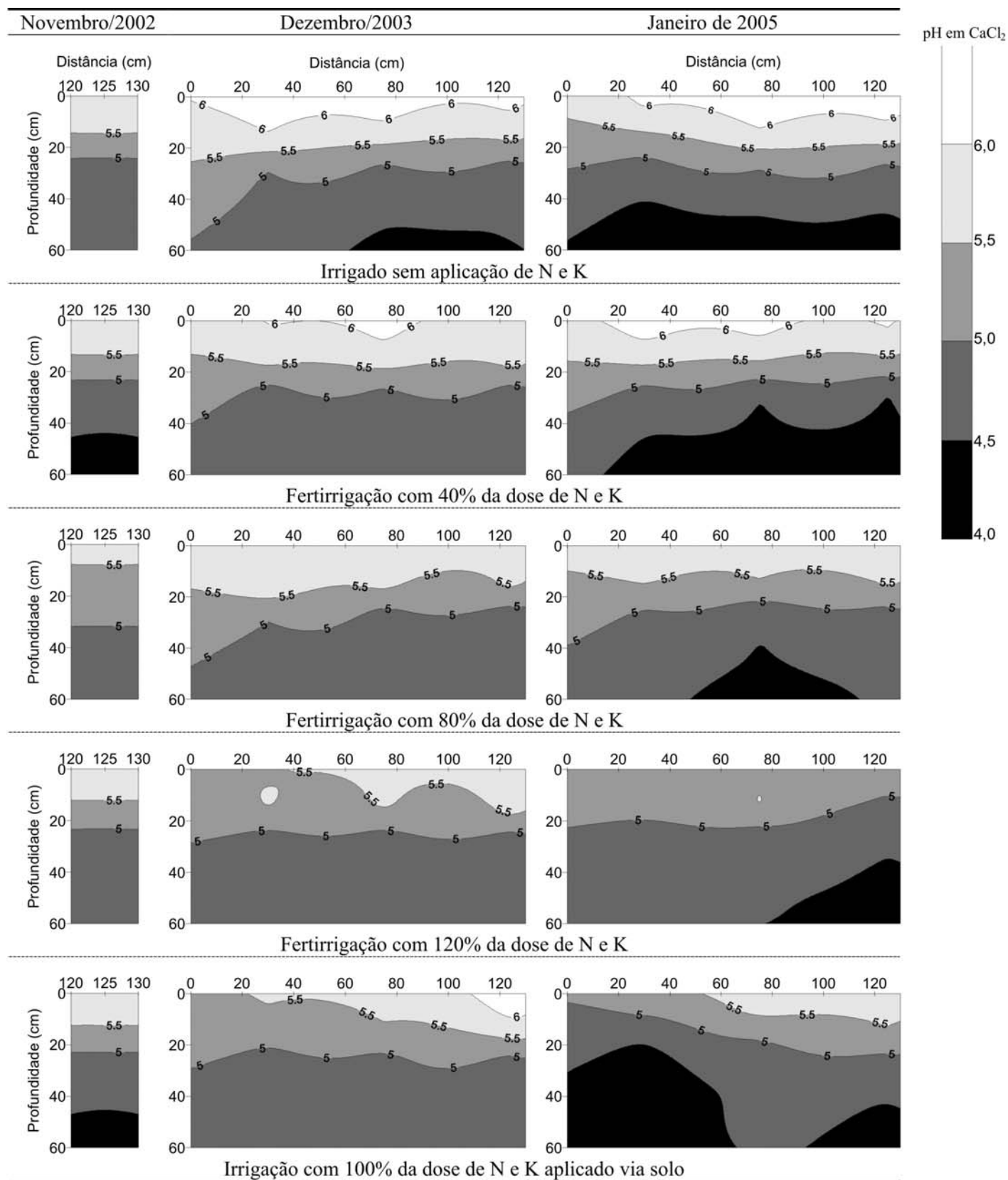


FIGURA 3 - pH (CaCl₂) do solo nas parcelas sob irrigação em função dos tratamentos, camada amostrada (eixo vertical, cm) e distância da planta-mãe (eixo horizontal, cm).

Antes do plantio, coletaram-se amostras compostas (quatro subamostras) de todas as parcelas em quatro camadas de solo: 0 a 5 cm; 5 a 20 cm; 20 a 40 cm e 40 a 60 cm (Tabela 2). Por meio desta amostragem, caracterizaram-se as unidades experimentais de modo individualizado, permitindo, com o decorrer do trabalho, que fosse estimada a evolução dos atributos químicos em função dos tratamentos. Em dezembro de 2003 e em janeiro de 2005, fez-se amostragem mais detalhada, visando a detectar o efeito dos tratamentos no perfil do solo. Foram coletadas amostras compostas de todas as parcelas em quatro camadas: 0 a 5 cm; 5 a 20 cm; 20 a 40 cm e 40 a 60 cm; e em três distâncias da planta-mãe: 30 cm, 75 cm e a 125 cm (Figura 2). Atributos químicos do solo foram analisados segundo métodos descritos por Raij et al. (2001).

Os dados coletados foram tabulados e analisados estatisticamente, empregando-se o módulo GLM do *Statistical Analysis System* (SAS). Os resultados foram submetidos à análise

de variância, sendo os efeitos dos tratamentos avaliados empregando-se o teste F. Para situações nas quais se detectaram efeitos significativos dos tratamentos, buscou-se ajustar equações de regressão relacionando doses de nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação (T1, T2, T3 e T4) com as variáveis resposta. Nas comparações de médias envolvendo todos os tratamentos, empregou-se o teste t de Student ($\alpha = 0,05$). Para comparações previamente estabelecidas entre tratamentos, testaram-se contrastes por meio do teste t de Student ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de solo referente à amostragem prévia ao plantio encontram-se na Tabela 2. Observou-se que a aplicação de calcário dolomítico, em setembro de 2003, foi eficaz para elevar a saturação por bases, Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis da camada de 0 a 20 cm, que eram 31%, 7 e 3 mmol/dm^3 , respectivamente, em

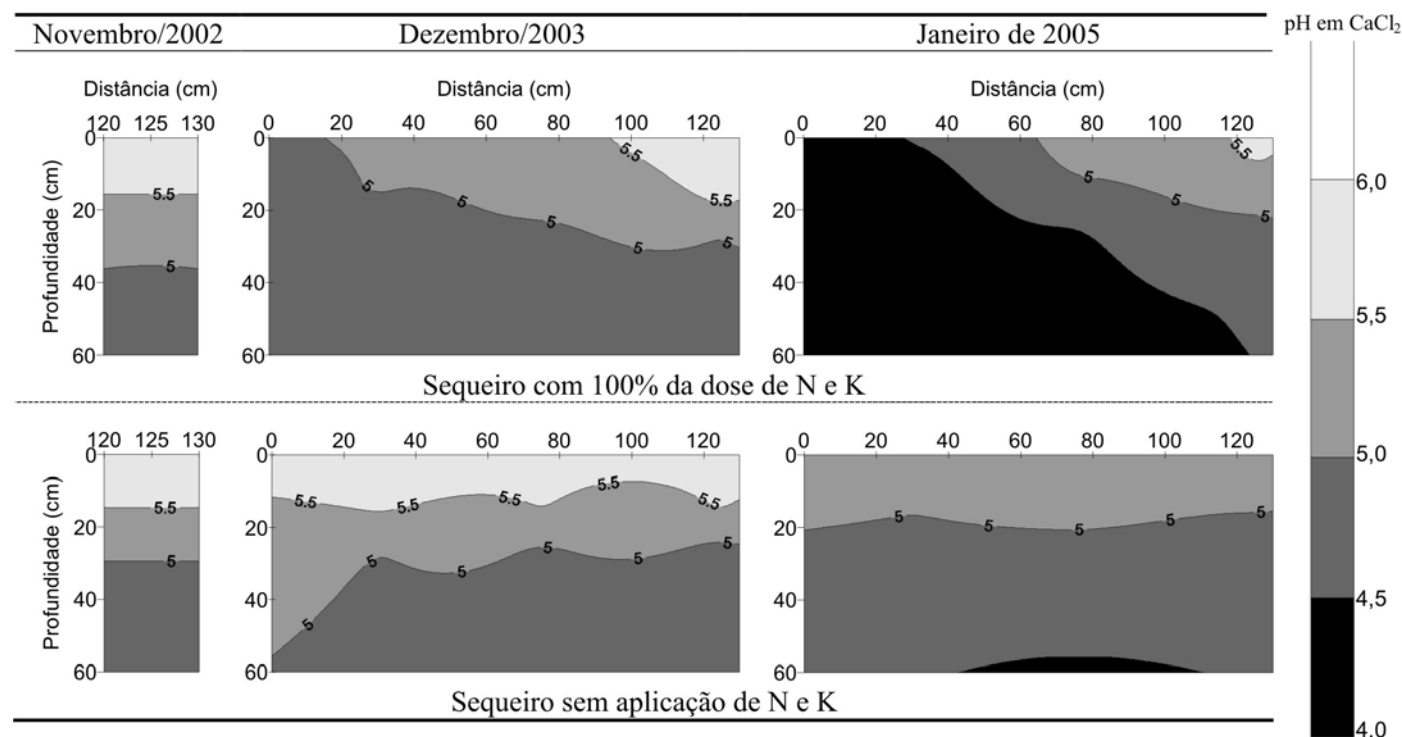


FIGURA 4 - pH (CaCl_2) do solo nas parcelas sob sequeiro em função dos tratamentos, camada amostrada (eixo vertical, cm) e distância da planta-mãe (eixo horizontal, cm).

TABELA 1 - Tratamentos aplicados às unidades experimentais

Tratamento	Descrição
T1	Irrigação sem aplicação de N e K
T2	Fertirrigação com 40% da dose de N e $\text{K}^{(1)}$
T3	Fertirrigação com 80% da dose de N e $\text{K}^{(1)}$
T4	Fertirrigação com 120% da dose de N e $\text{K}^{(1)}$
T5	Irrigação com 100% da dose de N e $\text{K}^{(1)}$ via solo
T6	Sequeiro com 100% da dose de N e $\text{K}^{(1)}$ via solo
T7	Sequeiro sem aplicação de N e K

⁽¹⁾ Dose de N: 350 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹; dose de K: 400 kg de K_2O ha⁻¹ ano⁻¹.

TABELA 2 - Atributos químicos do solo de quatro camadas - médias de cinco parcelas em seis blocos. Valores iniciais, amostragem, em novembro de 2002

Camada	MO ⁽¹⁾	pH ⁽²⁾	P _{resina}	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	V ⁽³⁾
cm	g/kg		mg/dm ³	mmol/dm ³			%	
0 a 5	10	5,8	42	3,0	23	15	16	70
5 a 20	10	5,5	34	2,8	18	11	19	61
20 a 40	7	4,8	18	2,3	11	5	26	41
40 a 60	6	4,7	12	2,3	13	5	28	41

⁽¹⁾ Matéria orgânica; ⁽²⁾ pH do solo medido em solução de CaCl_2 0,01 mol L⁻¹, solo:solução = 1:2,5 (v/v); ⁽³⁾ saturação por bases.

agosto de 2002.

Os efeitos dos tratamentos nos atributos químicos do solo, após cada ciclo de cultivo, são apresentados nas Tabelas 3 e 4. Tanto na amostragem ao final do primeiro (Tabela 3), como na do segundo ciclos (Tabela 4), observaram-se variações significativas nos atributos do solo em função dos tratamentos. Destacaram-se os efeitos dos tratamentos no pH do solo e no teor de K^+ trocável (Figuras 3 a 6).

Aumentos na dose dos fertilizantes, tanto aplicados via fertirrigação como na forma convencional, implicaram incrementos na acidez (pH em $CaCl_2$ e $H+Al$) do solo, principalmente até 20 cm de profundidade (Tabelas 3 e 4). Paralelo ao aumento na acidez, observou-se diminuição nos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e na saturação por bases (V%). Esta acidificação é associada aos efeitos da adubação nitrogenada que favorece reações que produzem H^+

(nitrificação) e a perda de cátions para camadas mais profundas, acompanhando o ânion NO_3^- (Tisdale et al., 1985). Acidificação do solo decorrente da adubação nitrogenada também foi observada no cultivo de seringueira (Bataglia & Santos, 1999), citros (Sanches et al., 1999), entre outros. Da mesma forma, Teixeira et al. (2001) constataram redução no pH do solo em resposta à adubação nitrogenada (NH_4NO_3 , em superfície) aplicada em bananal irrigado.

Observou-se que o impacto da adubação via fertirrigação no pH do solo foi proporcional à dose. Estimou-se que cada 100 kg de N aplicados anualmente via fertirrigação causaram redução de aproximadamente 0,08 unidade de pH no primeiro ciclo de cultivo e de 0,15 unidade, no segundo ciclo, na camada de 0 a 20 cm (Figura 7). A adubação convencional (T5 e T6), tanto na área irrigada (Figura 2), como sob sequeiro (Figura 3),

TABELA 3 - Atributos químicos do solo em função da fertirrigação e adubação convencional em quatro profundidades de amostragem. Amostragem: dezembro de 2003.

Tratamento	MO	pH ($CaCl_2$)	P_{resina}	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	H+Al	V
	g/kg		mg/dm ³	mmol/dm ³				%
0 a 5 cm								
Irriga-dose 0	12a	6,19a	52a	1,6d	25a	14a	11c	79a
Fertirriga-dose 40%	12a	5,96b	49ab	1,9cd	23ab	11ab	13bc	73ab
Fertirriga-dose 80%	12a	5,77bc	46abc	2,2bc	23ab	10b	14b	71bc
Fertirriga-dose 120%	12a	5,51de	41c	2,3bc	21abc	9b	16a	66cd
Irriga-dose100% via solo	12a	5,83bc	45bc	2,6b	22abcb	11ab	14b	71bc
Sequeiro-dose 100%	12a	5,36e	43bc	4,6a	18c	11ab	17a	63d
Sequeiro-dose 0	12a	5,70cd	42c	2,4bc	19bc	11ab	14b	67bcd
CV (%)	12	6	22	33	30	43	18	13
5 a 20 cm								
Irriga-dose 0	10a	5,89a	38ab	1,2c	19ab	12a	14c	68ab
Fertirriga-dose 40%	10a	5,84a	40ab	1,4bc	19ab	11ab	14c	68ab
Fertirriga-dose 80%	11a	5,80ab	42a	1,5bc	21a	12a	14c	70a
Fertirriga-dose 120%	11a	5,67abc	43a	1,7b	21a	11ab	15abc	67ab
Irriga-dose100% via solo	10a	5,50cd	36bc	1,7b	16c	9b	17a	60c
Sequeiro-dose 100%	11a	5,44d	37ab	3,2a	17bc	9b	17a	60c
Sequeiro-dose 0	10a	5,59bcd	31c	1,7b	16bc	10ab	16bc	64bc
CV (%)	15	6	24	43	27	36	20	13
20a 40 cm								
Irriga-dose 0	6b	4,82a	26a	1,8b	10b	7a	22ab	44ab
Fertirriga-dose 40%	7ab	4,71a	27a	1,6b	11ab	6a	23ab	44ab
Fertirriga-dose 80%	7ab	4,74a	25a	1,6b	11ab	7a	24a	45ab
Fertirriga-dose 120%	7ab	4,64a	25a	1,7b	10b	6a	24a	42b
Irriga-dose100% via solo	8a	4,71a	27a	2,0b	12a	6a	23ab	46ab
Sequeiro-dose 100%	7ab	4,71a	23a	2,6a	11ab	7a	22ab	48a
Sequeiro-dose 0	7ab	4,81a	22a	1,9b	13a	6a	20b	49a
CV (%)	19	7	44	37	32	35	19	20
40 a 60 cm								
Irriga-dose 0	7a	4,63a	21a	1,7d	12c	6b	24a	46b
Fertirriga-dose 40%	8a	4,69a	20a	1,8cd	15ab	6b	23a	50ab
Fertirriga-dose 80%	8a	4,69a	23a	2,1bc	14abc	6b	23a	50ab
Fertirriga-dose 120%	7a	4,69a	20a	1,8cd	13bc	6b	23a	47b
Irriga-dose100% via solo	8a	4,78a	21a	2,0bcd	17a	7a	22ab	53a
Sequeiro-dose 100%	7a	4,68a	19a	3,0a	13bc	7a	22ab	50ab
Sequeiro-dose 0	8a	4,82a	17a	2,2b	15abc	7a	20b	54a
CV (%)	22	14	47	25	31	24	19	18

Valores de uma mesma camada seguidos por letras iguais não diferem entre si, pelo teste t de Student ($p>0,05$).

causou decréscimo no pH, especialmente na região mais próxima das plantas, refletindo o efeito da aplicação localizada dos fertilizantes. Para bananeiras, a acidificação causada pela adição de N representa risco à manutenção de produtividades elevadas no decorrer do tempo, pois recomenda-se manter a saturação por bases acima de 60%. Além disso, sabe-se que as bananeiras exigem suprimento adequado de Mg, especialmente em áreas adubadas com potássio (Moreira & Hiroce, 1978; Lichtemberg & Malburg, 1983; Delvaux, 1985).

Observou-se pH do solo mais elevado nos tratamentos sob irrigação em relação aos de sequeiro (Tabelas 3 e 4), principalmente nas camadas mais superficiais. Provavelmente, este efeito deveu-se à maior solubilização do calcário aplicado em setembro de 2002, determinada pela maior umidade disponível sob irrigação. Segundo Quaggio (2000), a taxa de solubilização dos carbonatos de cálcio e magnésio contidos nos calcários pode ser limitada pela falta de umidade do solo.

TABELA 4 - Atributos químicos do solo em função da fertirrigação e adubação convencional em quatro profundidades de amostragem. Amostragem: janeiro de 2005.

Tratamento	MO	pH (CaCl ₂)	P _{resina}	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	V
	g/kg		mg/dm ³	mmol/dm ³				%
0 a 5 cm								
Irriga-dose 0	12a	6,19a	37ab	1,3d	28a	12a	12d	77a
Fertirriga-dose 40%	13a	6,11ab	36ab	1,3d	27ab	10ab	13d	75ab
Fertirriga-dose 80%	12a	5,83bc	36ab	1,6cd	24b	8cd	14cd	69bc
Fertirriga-dose 120%	12a	5,45d	31b	1,7cd	19c	8cd	17bc	62d
Irriga-dose 100% via solo	13a	5,67cd	43a	1,9c	24b	9bc	16bc	68c
Sequeiro-dose 100%	13a	5,07e	39a	3,8a	14d	7d	21a	52e
Sequeiro-dose 0	13a	5,39d	36ab	2,7b	16cd	8cd	17bc	59d
CV (%)	21	7	31	35	25	33	28	14
5 a 20 cm								
Irriga-dose 0	12a	5,82a	37a	1,2c	20a	11a	16d	66a
Fertirriga-dose 40%	11a	5,68a	35ab	1,2c	19ab	9bc	17cd	63a
Fertirriga-dose 80%	10a	5,58a	35ab	1,2c	21a	9bc	17cd	63a
Fertirriga-dose 120%	11a	5,19b	35ab	1,5bc	18ab	7cd	21ab	55b
Irriga-dose 100% via solo	11a	5,16bc	32ab	1,6bc	15bc	7cd	21ab	53bc
Sequeiro-dose 100%	11a	4,88c	31b	2,9a	12c	6d	23a	47c
Sequeiro-dose 0	10a	5,16bc	24c	1,7b	13c	7d	20bc	52bc
CV (%)	25	8	30	38	32	29	24	19
20 a 40 cm								
Irriga-dose 0	8ab	4,81a	22ab	1,5bc	11a	6a	24b	45a
Fertirriga-dose 40%	8ab	4,57bc	24ab	1,2c	10ab	6a	27ab	39ab
Fertirriga-dose 80%	7b	4,66ab	22ab	1,2c	12a	6a	26b	42a
Fertirriga-dose 120%	8ab	4,62ab	26a	1,4bc	13a	6a	26b	43a
Irriga-dose 100% via solo	9a	4,47bc	23ab	1,6b	13a	6a	30a	40ab
Sequeiro-dose 100%	8ab	4,37c	17bc	2,3a	8b	4b	26b	35b
Sequeiro-dose 0	8ab	4,66ab	14c	1,4bc	10ab	5ab	24b	42a
CV (%)	27	7	45	41	34	32	21	24
40 a 60 cm								
Irriga-dose 0	7b	4,41a	13a	1,4b	12c	5a	32ab	37c
Fertirriga-dose 40%	8ab	4,44a	14a	1,3b	14bc	5a	33a	39bc
Fertirriga-dose 80%	7b	4,58a	17a	1,3b	18a	6a	26b	49a
Fertirriga-dose 120%	7b	4,53a	17a	1,6b	17ab	6a	28ab	46ab
Adubo via solo	9a	4,46a	11a	1,6b	13bc	5a	35a	38bc
Sequeiro-dose 100%	8ab	4,39a	15a	2,5a	14bc	6a	28ab	43abc
Sequeiro-dose 0	8ab	4,56a	14a	1,6b	15abc	5a	28ab	45abc
CV (%)	24	8	90	40	37	31	35	30

Valores de uma mesma camada seguidos por letras iguais não diferem entre si, pelo teste t de Student ($p>0,05$).

TABELA 5 - Contrastes entre os efeitos dos tratamentos no conteúdo de K disponível (kg/ha) na camada de solo de 0 a 60 cm e valores *p* associados, em dois ciclos de cultivo

Descrição do contraste	Primeiro ciclo		Segundo ciclo	
	K ₂ O ⁽¹⁾	Valor <i>p</i> ⁽²⁾	K ₂ O	Valor <i>p</i>
Efeito dos tratamentos em relação ao conteúdo de K inicial	--- kg/ha ---		--- kg/ha ---	
1 Irrigação sem adubo (K inicial-T1)	-227	0,0001	-278	<0,0001
2 Fertirrigação 40% da dose ⁽³⁾ (K inicial-T2)	-216	<0,0001	-324	<0,0001
3 Fertirrigação 80% da dose (K inicial-T3)	-217	0,0026	-368	<0,0001
4 Fertirrigação 120% da dose (K inicial-T4)	-167	0,0019	-245	<0,0001
5 Irrigação dose 100% (adubo via solo) (K inicial-T5)	-88	0,0952	-201	0,0010
6 Sequeiro dose 100% (K inicial-T6)	119	0,2896	-3	0,9771
7 Sequeiro sem adubo (K inicial-T7)	-165	0,0074	-258	0,0002
Contrastes entre tratamentos ao final dos ciclos de cultivo				
8 Irrigação sem adubo vs. sequeiro sem adubo (T1-T7)	-117	0,0105	-75	0,2287
9 Fertirrigação 40% da dose vs. Irrigação sem adubo (T2-T1)	17	0,6950	-40	0,5163
10 Fertirrigação 80% da dose vs. Irrigação sem adubo (T3-T1)	61	0,1635	-38	0,5321
11 Fertirrigação 120% da dose vs. irrigação sem adubo (T4-T1)	54	0,2210	27	0,6607
12 Irrigação dose 100% (adubo via solo) vs. irrigação sem adubo (T5-T1)	119	0,0091	57	0,3526
13 Irrigação dose 100% (adubo via solo) vs. sequeiro dose 100% (T5-T6)	-297	<0,0001	-288	<0,0001
14 Sequeiro dose 100% vs. sequeiro sem adubo (T6-T7)	300	<0,0001	271	0,0001

Valores em negrito assinalam contrastes significativos, a 5% de probabilidade (teste t de Sudente, $p < 0,05$). ⁽¹⁾ Estimativa do conteúdo de K disponível na camada do solo de 0 a 60 cm, considerando: 1 mmol. de K⁺ = 0,04709 g de K₂O e densidade do solo = 1,0 kg/dm³; valores negativos indicam perdas, e positivos, acumulação de potássio no perfil do solo. ⁽²⁾ Probabilidade (varia de zero a um) de que os resultados possam ter ocorrido devido ao acaso; indica a significância estatística do contraste. ⁽³⁾ Dose de K = 400 kg/ha/ano de K₂O.

Ao final do primeiro ciclo de produção (dezembro/2003) e do segundo (janeiro/2005), o teor de K⁺ trocável apresentou variação significativa em função dos tratamentos, especialmente nas camadas de 0 a 5 cm e de 5 a 20 cm (Tabelas 3 e 4), e nas amostras mais próximas das plantas (Figuras 5 e 6). A aplicação de adubo sólido na superfície do solo (T6) determinou significativo acúmulo de potássio nas camadas até 20 cm e na região mais próxima ao pseudocaule das plantas. Os efeitos da adubação potássica via fertirrigação foram mais difusos, visto que os adubos são espalhadas numa área de solo maior do que a coberta pela adubação convencional.

Na amostragem realizada em janeiro de 2005 (Tabela 4), observou-se diminuição nos teores de K⁺ trocável em relação à situação inicial (Tabela 2) e aos resultados de 2003 (Tabela 3). Provavelmente, esta diminuição está associada à coincidência da última época de amostragem (final de janeiro) com um período de chuvas intensas. A precipitação acumulada entre dezembro de 2004 e janeiro de 2005 foi superior a 500mm (Figura 1). Para iniciar amostragem do solo, foi necessário esperar alguns dias, o que aumentou o período entre a última adubação e a coleta. Depois, houve várias interrupções na coleta, pois o solo, freqüentemente, apresentava umidade excessiva. Diferentemente, a amostragem em 2003 foi antecedida por inverno relativamente seco.

Para quantificar a variação na disponibilidade de potássio no perfil do solo (de 0 a 60 cm), em função dos tratamentos, foram estabelecidos os contrastes apresentados na Tabela 5. Comparando-se a quantidade de potássio disponível no solo após cada ciclo de cultivo com a disponibilidade prévia à

instalação do experimento, observou-se redução, especialmente nos tratamentos sob irrigação (Contrastes 1 a 4). Em sequeiro, com a aplicação de potássio, a variação não foi significativa (Contraste 6). Sob sequeiro e sem adubação potássica, ocorreram perdas de potássio em relação ao conteúdo de K inicial (Contraste 7).

Ao se compararem os efeitos dos tratamentos no conteúdo de K do perfil do solo, constata-se que a influência da irrigação no aumento das perdas é significativo, tanto sem adubação (Contraste 8), como com aplicação de K (Contraste 13). Todos os tratamentos de fertirrigação (doses) não causaram aumentos significativos em relação ao tratamento irrigado sem adubação (Contrastes 9, 10 e 11). Sob sequeiro, o efeito da adubação na quantidade de K foi significativo (Contraste 14), determinando incremento de aproximadamente 300 kg/ha de K₂O em relação ao tratamento sem adubação.

A irrigação causou perdas significativas de potássio para camadas subsuperficiais, mesmo com seu manejo visando a somente repor a evapotranspiração da cultura. O solo da área experimental apresenta significativa movimentação de água no seu perfil, como descrito por Bertoni et al. (1976). Estes autores relataram que até 51,4% da água que chega ao solo por precipitação pode ser perdido por percolação ao longo de um ano. Com irrigação, o que implica maior disponibilidade de água durante todo o ano, as perdas de potássio aumentaram. Soma-se ao incremento na lixiviação determinado pela irrigação, a possível maior acumulação de potássio na biomassa das plantas e exportação por meio da produção em relação ao sequeiro, como descrito por Teixeira et al. (2001).

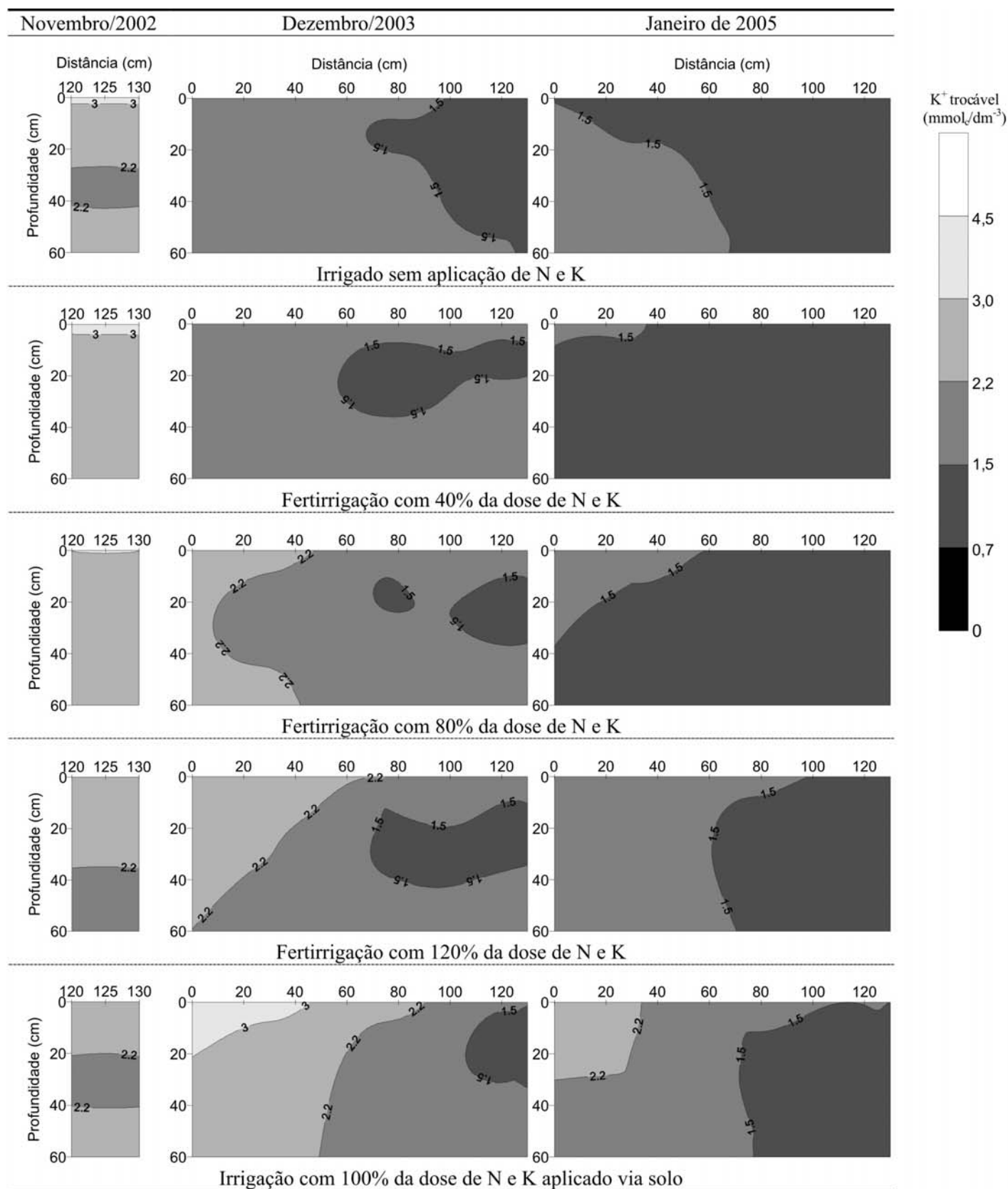


FIGURA 5 - K^+ trocável nas parcelas sob irrigação em função dos tratamentos, camada amostrada (eixo vertical, cm) e distância da planta-mãe(eixo horizontal, cm).

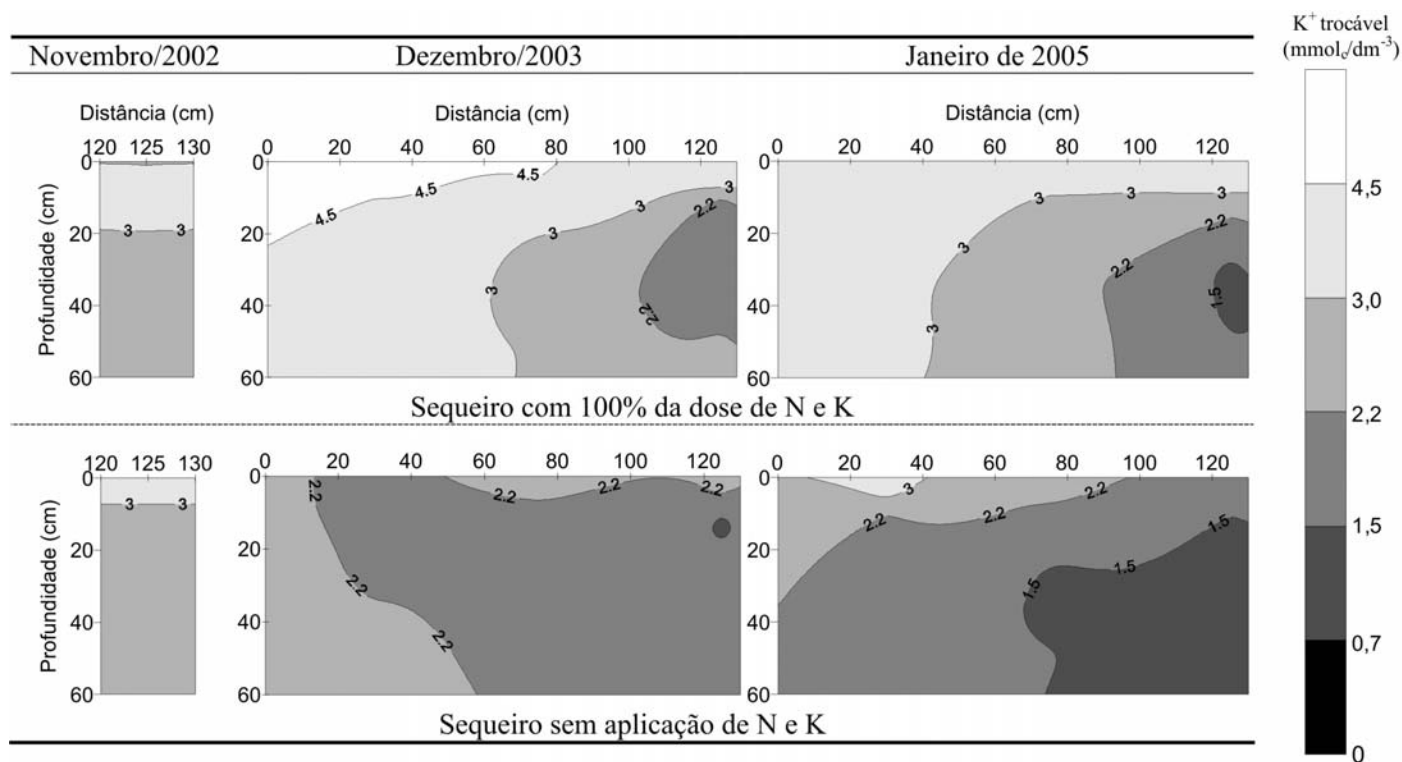


FIGURA 6 - K^+ trocável nas parcelas sob sequeiro em função dos tratamentos, camada amostrada (eixo vertical, cm) e distância da planta-mãe (eixo horizontal, cm).

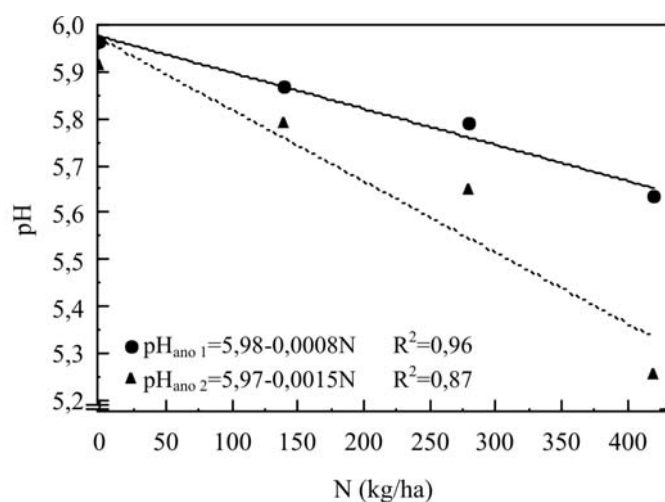


FIGURA 7 - Variação no pH ($CaCl_2$) do solo na camada de 0 a 20 cm em função da aplicação de N via fertirrigação, em dois ciclos de cultivo de bananeira.

CONCLUSÕES

1. A adubação (fertirrigação e convencional) aumentou a acidez do solo.
2. Sob fertirrigação, a acidificação do solo foi proporcional à dose de adubo.
3. Adubação convencional determinou acúmulo de K nas camadas superficiais do solo e na área mais próxima às plantas.
4. Os efeitos da fertirrigação nos atributos químicos do solo foram mais difusos do que os da adubação convencional.
5. No cultivo de bananeiras sob irrigação, perdeu-se mais potássio para camadas subsuperficiais do que em sequeiro.

REFERÊNCIAS

- ANDRIGUETO, J. R.; KOSOSKI, A.R. (Org.). **Marco legal da produção integrada de frutas no Brasil**. Brasília: MAPA/SARC, 2002. 60p.
- BATAGLIA, O.C.; SANTOS, W.R. Efeitos da adubação NPK na fertilidade do solo, nutrição e crescimento da seringueira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.881-90, 1999.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JÚNIOR, R. Estudo, em lisímetros monolíticos, de perdas de água e evapotranspiração em três tipos de solos sob diferentes condições de uso. **Bragantia**, Campinas, v.35, n.12, p.123-145, 1976

- CUNHA, J.F.; FRAGA JR, C. Efeito da adubação mineral, orgânica e calagem, na produção da bananeira em várzea litorânea de Caraguatatuba – Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.22, p.159-68, 1963.
- DELVAUX, B. Soils. In: GOWEN, S. (Ed.). **Bananas and plantains**. London: Chapman & Hall, 1995. p.230-57.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193p.
- FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A. **Aplicação de fertilizantes via água de irrigação**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS. Piracicaba: ESALQ, CENA, POTAFOS, 1994. p.227-60.
- GALLO, J.R.; BATAGLIA, O.C.; FURLANI, P.R.; HIROCE, R.; FURLANI, A.M.C.; RAMOS, M.T.B.; MOREIRA, R.S. Composição química inorgânica da bananeira (*Musa acuminata* Simmonds, cultivar Nanicão). **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.24, p.70-9, 1972.
- GODEFROY, J.; DORMOY, M. Dynamique des éléments minéraux fertilisants dans un ferrisol de Martinique sous culture bananière. Application à la programmation de la fumure. **Fruits**, Paris, v.45, n.2, p.93-101, 1990.
- HAGIN, J.; TUCKER, B. **Fertilization of dryland and irrigated soils**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 190p.
- JACOB, A.; UEXKÜLL, H.von. **Fertilizer use: nutrition and manuring of tropical crops**. Hannover: Verlagsgesellschaft für Ackerbau, 1958. p.349-65.
- LEPSCH, I.F.; VALADARES, J.M.A.S. Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Pindorama, SP. **Bragantia**, Campinas, v.35, n.1, p.13-40, 1976.
- LICHTENBERG, L.A.; MALBURG, J.L. **Controle do azul da bananeira pela aplicação de calcário dolomítico**. Florianópolis: EMPASC, 1983. 7p. (Comunicado Técnico, 67)
- MOREIRA, R.S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. 2.ed. São Paulo: Fundação Cargill, 1999. (CD-ROM)
- MOREIRA, R.S.; HIROCE, R. Diagnose do “Azul-da-bananeira” no litoral Sul Paulista. **Bragantia**, Campinas, v.37, p.59-63, 1978.
- OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida**. Campinas: IAC; Rio de Janeiro: EMBRAPA-Solos, 1999. 64p.: mapa.
- QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2000. 111p.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285p.
- SANCHES, A.C.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; RIGOLIN, A.T. Impacto do cultivo de citros em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.91-99, 1999.
- SRINIVAS, K. Growth, yield, and quality of banana in relation to N fertigation. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v.74, n.4, p.260-4, 1997.
- STEWART, L.; CAMPAGNOLO, D.; DANIELLS, J.; LEMIN, C.; GOEBEL, R.; PINESE, B.; PETERSON, R.; PETERSON, R.; EVANAS, D.; PATTSO, T., ARMOUR, J., GUNTHER, M. **Tropical banana information kit**. Nambour: Queensland Department of Primary Industries, 1998. (Serie: Agrilink)
- TEIXEIRA, L.A.J. Tópicos de nutrição e adubação de bananeira. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 13., 2005, Registro - SP. **Cultura da banana...** São Paulo: Instituto Biológico, 2005. p. 79-94.
- TEIXEIRA, L.A.J.; NATALE, W.; RUGGIERO, C. Alterações em alguns atributos químicos do solo decorrentes da irrigação e adubação nitrogenada e potássica em bananeira após dois ciclos de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, p.684-689, 2001.
- TEIXEIRA, L.A.J.; SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, P. Banana. In: RAIJ, B. van et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed.rev. Campinas: IAC, 1997. p.131-2. (BT, 100)
- TISDALE, S.L., NELSON, W., BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. 4th ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1985. 754p.
- UEXKÜLL, H.R. von. Potassium nutrition of some tropical plantation crops. In: MUNSON, R.D. (Ed.) **Potassium in agriculture**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1985. p.929-54.