

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line) 1981-0997

v.7, n.4, p.562-568, out.-dez., 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI:10.5039/agraria.v7i4a1645

Protocolo 1645 - 20/06/2011 • Aprovado em 02/05/2012

Alberto S. de Melo¹

Lafayette F. Sobral²

Marcos E. B. Brito³

Pedro D. Fernandes^{4,7}

Janivan F. Suassuna^{5,8}

Pedro R. A. Viégas⁶

1 Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Sítio Cajueiro, Zona Rural, CEP 58884-000, Catolé do Rocha-PB, Brasil.
Fone: (83) 3315-3382.
E-mail: alberto@uepb.edu.br

2 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros, Av. Beira Mar, 3250, Jardins, CEP 49025-040, Aracaju-SE, Brasil. Fone: (79) 4009-1371.
E-mail: lafayete.sobral@embrapa.br

3 Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, Rua Jairo Vieira de Feitosa, Pereiros, CEP 58840-000, Pombal-PB, Brasil.
Fone: (83) 3431-4005 Ramal 4051. E-mail: mebbrito@yahoo.com.br

4 Universidade Estadual da Paraíba, Campus Universitário da UEPB, Av. das Baraúnas, 351, Bodocongó, CEP 58109-753, Campina Grande-PB, Brasil. Fone: (83) 3315-3388.
E-mail: pdantas@pq.cnpq.br

5 Universidade Federal de Campina Grande, Campus I, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, CEP 58429-145, Campina Grande-PB, Brasil. Fone: (83) 8814-7150.
E-mail: jf.su@hotmail.com

6 Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Agrônoma, Av. Marechal Cândido Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, CEP 49100-000, São Cristóvão-SE, Brasil. Fone: (79) 2105-6929. Fax: (79) 2105-6939. E-mail: pviegas@ufs.br

7 Bolsista de Pesquisa em Produtividade do CNPq

8 Bolsista de Doutorado do CNPq

Atributos químicos de um Argissolo cultivado com bananeira fertirrigada com N e K

RESUMO

A irrigação localizada possui várias vantagens quando comparada com o sistema convencional, principalmente como veículo de aplicação de fertilizantes via água de irrigação. Um experimento foi implantado em esquema fatorial 4x4, em blocos ao acaso, com quatro repetições, objetivando-se avaliar o efeito de nitrogênio e potássio aplicados através da água de irrigação em um Argissolo cultivado com banana nos tabuleiros costeiros do Estado de Sergipe, Brasil. Os tratamentos foram quatro níveis de N (0; 350; 700 e 1.050 kg ha⁻¹ ano⁻¹) aplicados na forma de ureia, e quatro níveis de K₂O (0; 400; 800 e 1.200 kg ha⁻¹ ano⁻¹) na forma de KCl. No final do primeiro ciclo amostras de solo foram coletadas em cada parcela, nas profundidades de 0,0-0,20 e 0,20-0,40 m, e analisadas para pH, MO, K, Ca e Mg, cujos resultados mostraram que a acidificação do solo foi proporcional às doses de N-ureia utilizadas e a fertirrigação diminuiu o teor de matéria orgânica do solo. O parcelamento da aplicação de K via fertirrigação aumentou o teor desse nutriente no solo; enfim, as características do solo variaram com o uso da fertirrigação nitrogenada e potássica.

Palavras-chave: adubação, fertirrigação, propriedades de solo

Chemical attributes of an Ultisol cultivated with banana crop fertigated with N and K

ABSTRACT

Drip irrigation has several advantages in relation to conventional systems, mainly, when is used for fertilizer application via irrigation water. In order to evaluate the effect of nitrogen and potassium applied through irrigation water in an Ultisol cultivated with banana crop, in the Coastal Table Lands of Sergipe State, Brazil, an experiment was established in a 4x4 factorial scheme, in randomized block design, with four replications. The treatments involved four levels of N (0, 350, 700 and 1,050 kg ha⁻¹ yr⁻¹) as urea, and four levels of K₂O (0, 400, 800 and 1,200 kg ha⁻¹ yr⁻¹) as KCl. At the end of the first cycle, soil samples were collected in each plot, at depths of 0-0.20 m and 0.20-0.40 m, and analysed for pH, OM, K, Ca and Mg. The results showed that soil acidification was proportional to the applied N-urea doses and that fertigation reduced the level of soil organic matter. The split application of K applied through fertigation increased the content of this nutrient in the soil. Soil characteristics varied in the presence of nitrogen and potassium fertigation.

Key words: fertilization, fertigation, soil properties

INTRODUÇÃO

São várias as vantagens da irrigação localizada quando comparada com o sistema convencional, principalmente como veículo de aplicação de fertilizantes via água de irrigação (Pinto et al., 2005; Donagemma et al., 2008). Conforme outros autores (Sousa et al., 2005; Silva Júnior et al., 2006; Sobral et al., 2008) a eficiência da fertirrigação depende do conhecimento e de estudos de diversos fatores, entre eles o manejo adequado do sistema água-solo-planta-atmosfera, o conhecimento das fases fenológicas da cultura e das necessidades nutricionais. O manejo errado da água no solo implicará em perdas de nutrientes por lixiviação.

Para Otto et al. (2010) o parcelamento de nutrientes é uma das vantagens desse sistema. A aplicação mais frequente e em menores quantidades permite, ao longo do ciclo da cultura, reduzir perdas e, com isto, promover aumento na produtividade e na qualidade dos frutos. Ressalta-se que para a fertirrigação ser eficiente é imprescindível o equilíbrio entre a quantidade de nutrientes e a quantidade de água a ser aplicada durante cada fase da cultura, o que determina a concentração de fertilizantes na água de irrigação. Este manejo é relevante para que não haja acúmulo de fertilizantes no solo, o que poderia resultar na salinização da área de cultivo e, conseqüentemente, na redução da produtividade da bananeira.

Sousa et al. (2005) afirmam que, dentre os elementos minerais, o nitrogênio e o potássio têm sido muito utilizados nas fertirrigações, face à sua alta solubilidade na água de irrigação. O nitrogênio (N) é um dos elementos mais limitantes ao crescimento de plantas e, com exceção do dióxido de carbono (CO₂), é o mais requerido para o desenvolvimento vegetal (Epstein & Bloom, 2006; Cardoso et al., 2011). Os mesmos autores acrescentam que o N é encontrado no solo, principalmente em três formas: orgânica, amoniacal e nítrica; contudo, a maior quantidade do elemento existente no solo se encontra na forma orgânica e, para seu maior aproveitamento pelas plantas, é conveniente sua transformação em formas inorgânicas, por meio do processo de mineralização.

Devido à sua importância e à alta mobilidade no solo, o nitrogênio tem sido intensamente estudado no sentido de maximizar a eficiência do seu uso. Para tanto, tem-se procurado diminuir suas perdas no solo e melhorar sua absorção e a assimilação pela planta. A eficiência da utilização do nitrogênio adicionado ao solo se refere ao grau de recuperação deste elemento pelas plantas considerando-se as perdas que geralmente ocorrem. Normalmente, menos de 50% do nitrogênio aplicado sob a forma de fertilizante são utilizados pelas culturas. As perdas no solo são devidas aos inúmeros processos aos quais o nitrogênio está sujeito.

Quanto ao potássio, sua principal fonte para as plantas sob condições naturais, é constituída pelos minerais primários e secundários contendo potássio em sua estrutura, como as micas e os feldspatos (Epstein & Bloom, 2006). Além do K estrutural dos minerais o nutriente ocorre no solo na forma de cátion trocável e na solução do solo, formas disponíveis para as plantas e que podem ser absorvidas pelas plantas, adsorvidas às cargas negativas do solo ou perdidas por lixiviação. Desta maneira, recomenda-se realizar a aplicação desse nutriente

à medida em que as plantas se vão desenvolvendo, visando reduzir as perdas no sistema solo-planta e aumentar a eficiência de utilização desse nutriente (Otto et al., 2010).

Conforme Epstein & Bloom (2006) o potássio é absorvido pelas plantas na forma de íon K⁺, chegando às raízes por meio dos mecanismos de fluxo de massa e difusão. Em virtude da alta mobilidade na planta é prontamente transportado em direção aos tecidos meristemáticos (Rosolem et al., 2003; Oliveira et al., 2004) sendo redistribuído das partes mais velhas para os tecidos jovens em crescimento (Epstein & Bloom, 2006; Neves et al., 2009).

Visando entender a esses mecanismos, o objetivo do trabalho foi avaliar os atributos químicos de um Argissolo cultivado com bananeira 'Prata-Anã' fertirrigada com N e K, nos Tabuleiros Costeiros de Sergipe.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado entre novembro de 2003 e março de 2005 no Campus Experimental da Universidade Federal de Sergipe, localizado no município de São Cristóvão, SE, em solos de tabuleiros costeiros, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 10°19' S; longitude 36°39' O, com altitude de 20 m.

A região possui clima do tipo As', tropical chuvoso com verão seco e pluviometria em torno de 1.200 mm anuais, de acordo com a classificação de Köppen, com chuvas concentradas nos meses de abril a setembro. O solo local é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, textura franco-arenosa (Embrapa, 1999) com as seguintes características físico-químicas: pH = 5,2; P = 2,4 mg dm⁻³; K = 0,8 mmol_c dm⁻³; Ca²⁺ + Mg²⁺ = 8,9 mmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 2 mmol_c dm⁻³; H + Al³⁺ = 25,6 mmol_c dm⁻³; Na⁺ = 0,55 mmol_c dm⁻³; V = 42,47%; CTC = 44,5 mmol_c dm⁻³; MO = 2,1 dag dm⁻³; areia, silte e argila com 632 g kg⁻¹, 296 g kg⁻¹ e 72 g kg⁻¹, respectivamente; densidade do solo de 1,59 kg dm⁻³; capacidade de campo determinada "in situ" = 0,199 m³ m⁻³ e ponto de murcha permanente (1.500 kPa) = 0,033 m³ m⁻³.

Dois fatores foram estudados: nitrogênio (0; 350; 700 e 1.050, em kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia) e potássio (0; 400; 800 e 1.200, em kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio) aplicados via fertirrigação, durante o primeiro ciclo de cultivo da bananeira cv. Prata-Anã, no delineamento em blocos ao acaso, em arranjo fatorial 4 x 4, com quatro repetições. A parcela foi constituída de 32 plantas, quatro fileiras de 8 plantas, ocupando uma área de 160 m². Foram consideradas área útil as 8 plantas (40 m²) no centro da parcela; o experimento ocupou uma área total de 12.000 m² (2.400 plantas).

O preparo da área foi realizado previamente, por meio de aração e, em seguida, gradagem para incorporação de 2,5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT=65%) a 20 cm, sessenta dias antes do plantio. O cálculo do corretivo foi baseado na análise química do solo, de modo elevar a saturação de bases a 70% (Raij et al., 1996). O coveamento tratorizado foi feito posteriormente, por meio de broca helicoidal com 0,50 m de diâmetro e 0,5 m de profundidade. A adubação de plantio foi executada com 300 g de superfosfato simples (18% P₂O₅), 60 g de micronutrientes na forma de FTE-BR12 (9% Zn; 1,8% B;

0,85% Cu; 3% Fe; 2,1% Mn e 0,10% Mo), 200 g de calcário dolomítico e 10 litros de esterco bovino, misturados ao solo de cada cova, 45 dias antes do plantio. O plantio foi realizado em fileira dupla, no espaçamento de 3,00 m x 2,0 m x 2,0 m.

A irrigação do bananal foi feita por microaspersão com vazão nominal de $1,94 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (70 L h^{-1}) de modo a deixar o solo próximo à capacidade de campo. O manejo da irrigação foi realizado com base no monitoramento climático, sendo a evapotranspiração de referência calculada pelo modelo de Penman-Monteith padronizado por Allen et al. (1998). As variáveis meteorológicas foram obtidas por meio de uma estação agrometeorológica instalada próximo à área experimental. As fertirrigações, conforme cada parcela, foram aplicadas quinzenalmente, por meio do injetor do tipo Venturi com vazão calculada de 100 L h^{-1} .

Ao final do primeiro ciclo de cultivo da bananeira, foram realizadas amostragens do solo nas profundidades 0,0-0,20 e 0,20-0,40 m para determinação dos atributos químicos: pH, matéria orgânica, potássio, magnésio e cálcio (Embrapa, 1999). Em cada parcela se obteve uma amostra composta a partir de três amostras simples, em cada profundidade. As amostras simples foram retiradas entre duas plantas úteis.

Os dados das variáveis respostas foram submetidos à análise de variância pelo teste F, a 5% de significância e os respectivos modelos de regressão foram ajustados de acordo com a análise de variância de regressão ($F < 0,01$) e conforme o coeficiente de determinação da equação por meio do programa SAEG 9.0.

Resultados e Discussão

Observa-se, na Tabela 1, o efeito das doses crescentes de nitrogênio e de potássio sobre as alterações do pH, da matéria orgânica (MO) e do K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis, em duas profundidades do solo.

O efeito isolado do nitrogênio foi constatado na forma de ureia, sobre o pH ($p < 0,01$) nas profundidades. Na Figura 1A verifica-se tendência linear decrescente do pH atingindo valor mínimo de 5,06 quando foi utilizada a maior dose de N. Nas

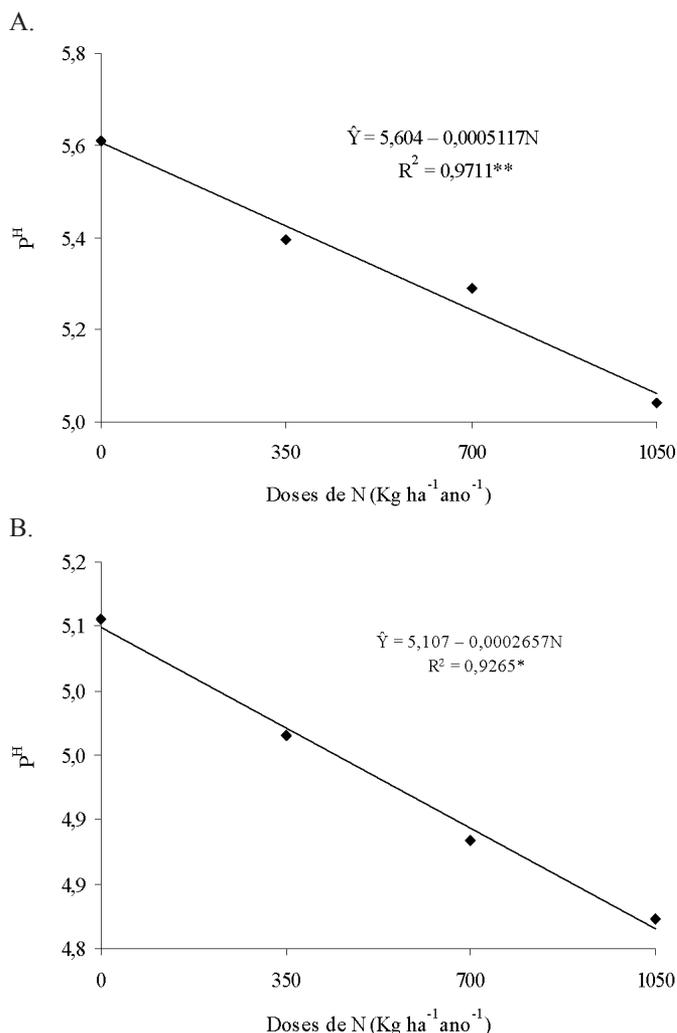


Figura 1. Efeito de nitrogênio via fertirrigação sobre o pH nas profundidades (0-20 cm) (A) e (20-40 cm) (B), em solo de Tabuleiros Costeiros, cultivado com bananeira Prata-Anã

Figure 1. Effect of nitrogen fertigation on soil pH in the depths (0-20 cm) (A) and (20-40 cm) (B) in the Coastal Tableland soil cultivated with banana Prata-Anã

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos atributos químicos do solo: pH, matéria orgânica (MO) (g dm^{-3}), teores de potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) trocáveis ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no primeiro ano de cultivo de bananeira sob fertirrigação em solo de Tabuleiros Costeiros, em duas profundidades de amostragem

Table 1. Summary of analysis of variance of soil chemical properties: pH, organic matter (OM) (g dm^{-3}), exchangeable potassium (K^+), calcium (Ca^{2+}) and magnesium (Mg^{2+}) ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), in the first year of banana cultivation under fertigation in the Coastal Tableland soil, in two sampling depths

F.V.	GL	pH		M.O		K^+		Ca^{2+}		Mg^{2+}	
		Prof ₁	Prof ₂	Prof ₁	Prof ₂	Prof ₁	Prof ₂	Prof ₁	Prof ₂	Prof ₁	Prof ₂
Bloco	3	0,243 ^{ns}	0,341 ^{**}	3,185 ^{ns}	3,681 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,006 ^{ns}	4,318 ^{ns}	7,781 ^{ns}	2,872 ^{ns}	2,964 ^{ns}
Nitrogênio (N)	(3)	1,021 ^{**}	0,568 ^{**}	7,639 ^{ns}	9,965 ^{ns}	0,331 ^{**}	0,013 ^{ns}	137,749 ^{**}	3,348 ^{ns}	5,557 ^{ns}	1,281 ^{ns}
Linear	1	2,926 ^{**}	1,396 ^{**}	2,244 ^{ns}	8,679 ^{ns}	0,249 ^{ns}	0,011 ^{ns}	385,222 ^{**}	4,403 ^{ns}	16,200 ^{ns}	2,586 ^{ns}
Quadrático	1	0,031 ^{ns}	0,304 ^{ns}	20,025 ^{ns}	14,918 ^{ns}	0,427 ^{ns}	0,012 ^{ns}	25,629 [*]	2,527 ^{ns}	0,360 ^{ns}	1,227 ^{ns}
Cúbico	1	0,105 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,648 ^{ns}	6,300 ^{ns}	0,319 ^{ns}	0,016 ^{ns}	2,397 ^{ns}	3,115 ^{ns}	0,112 ^{ns}	0,022 ^{ns}
Potássio (K)	(3)	0,260 ^{ns}	0,121 ^{ns}	5,956 ^{ns}	1,447 ^{ns}	0,533 [*]	0,651 ^{**}	4,282 ^{ns}	5,569 ^{ns}	0,995 ^{ns}	1,281 ^{ns}
Linear	1	0,482 ^{ns}	0,002 ^{ns}	10,952 ^{ns}	2,432 ^{ns}	1,078 ^{**}	1,919 ^{**}	11,514 ^{ns}	1,768 ^{ns}	1,035 ^{ns}	3,452 ^{ns}
Quadrático	1	0,090 ^{ns}	0,114 ^{ns}	1,562 ^{ns}	0,975 ^{ns}	0,223 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,543 ^{ns}	6,768 ^{ns}	1,890 ^{ns}	0,218 ^{ns}
Cúbico	1	0,298 ^{ns}	0,247 ^{ns}	5,356 ^{ns}	0,935 ^{ns}	0,300 ^{ns}	0,017 ^{ns}	0,790 ^{ns}	8,061 ^{ns}	0,061 ^{ns}	0,175 ^{ns}
N x K	9	0,114 ^{ns}	0,072 ^{ns}	7,017 ^{ns}	3,598 ^{ns}	0,167 ^{ns}	0,012 ^{ns}	19,711 ^{**}	11,056 ^{ns}	3,110 ^{ns}	0,753 ^{ns}
Resíduo	45	0,126	0,065	7,515	4,017	0,143	0,006	6,805	5,761	2,916	1,507
CV (%)		7,00	5,20	14,49	13,42	18,50	21,88	32,32	53,37	44,78	37,49

** e *: significativos a 1% e a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns: não significativo; Prof₁ = 0-20 cm; Prof₂ = 20-40 cm

parcelas que não receberam fertilização nitrogenada, o pH foi 5,6, maior do que o valor de 5,2, observado antes da calagem. Analisando a Figura 1B, nota-se a acidez mais elevada, notadamente na maior dose de N ($1.050 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); mesmo assim, o decréscimo ocorrido na profundidade (20-40 cm) foi de apenas 5%, aproximadamente, em comparação aos 9,64% constatados na camada de 0-20 cm, no que tange às doses crescentes deste elemento. Além disto, averiguando a variação ($\Delta\text{pH}_{(0-20 \text{ a } 20-40 \text{ cm})}$) na maior dose de N, a oscilação foi de 4,35%, aproximadamente, podendo-se inferir que houve pouca lixiviação do nitrogênio. Em estudos com bananeira, Teixeira (2000) e Guerra (2001) também verificaram alterações no pH e a acidificação, em consequência da nitrificação, que produz H^+ . Este processo pode ser reforçado pelo local da amostragem do solo, próximo à concentração do sistema radicular que, devido à absorção de nutrientes catiônicos, excreta H^+ para manter o equilíbrio elétrico (Epstein & Bloom, 2006).

No que se refere à MO e apesar de não ter sido observado efeito significativo ($p > 0,05$) nas amostragens (Tabela 1) o teor médio geral encontrado foi de $18,92 \text{ g dm}^{-3}$ (0-20 cm) com um decréscimo de aproximadamente 10% em relação ao teor inicial, que era de 21 g dm^{-3} . Em condições de fertirrigação de alta frequência em que o solo é mantido úmido constantemente, a atividade microbiana é intensa favorecendo a mineralização da matéria orgânica (Duenhas et al., 2002; Severino et al., 2004). Espera-se, no entanto, aumento desta característica em razão do aporte dos restos culturais depositados entre as ruas de plantio e, com o passar do tempo, melhoria nas condições físicas, químicas e biológicas. Ressalte-se que o local de amostragem do solo, realizado na linha de plantio, contribuiu para o comportamento verificado no presente estudo.

O efeito da fertirrigação potássica foi significativo ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) sobre o teor de K^+ trocável nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm, respectivamente (Tabela 1) não havendo diferença estatística da fertilização nitrogenada e da interação N x K sobre este atributo. Na Figura 2 são ilustradas as tendências dos teores de K^+ nas camadas do solo e a variação ocorrida entre as épocas de amostragens. Vê-se, na Figura 2A, o teor de K^+ na camada de 0-20 cm evidenciando crescimento linear nas doses estudadas, destacando-se que na aplicação de $1.200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de potássio, seu teor estimado foi de $2,12 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ao passo que, na camada de 20-40 cm, o valor médio foi de $0,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Figura 2B) apresentando uma diferença expressiva. Também, trabalhando com bananeira, Guerra et al. (2004) verificaram que aplicações sucessivas de potássio, via fertirrigação, propiciaram acúmulo desse nutriente, notadamente na camada superficial.

Observa-se, na Figura 2C, que a aplicação do adubo potássico promoveu incremento de $1,14 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ nos primeiros 20 cm em relação ao teor inicial deste nutriente. O valor constatado foi bem inferior aos $11 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ observados em dois períodos de cultivo, por Teixeira et al. (2001), devendo-se ressaltar que essa diferença pode ser atribuída à alta capacidade de troca de cátions do solo estudado por esses autores. Salienta-se que após o primeiro ano de cultivo do bananal nas condições de estudo em solo de Tabuleiro Costeiro, a dose mínima que manteria inalterado o teor de K nesta camada em comparação à amostragem inicial, seria de $43 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de potássio.

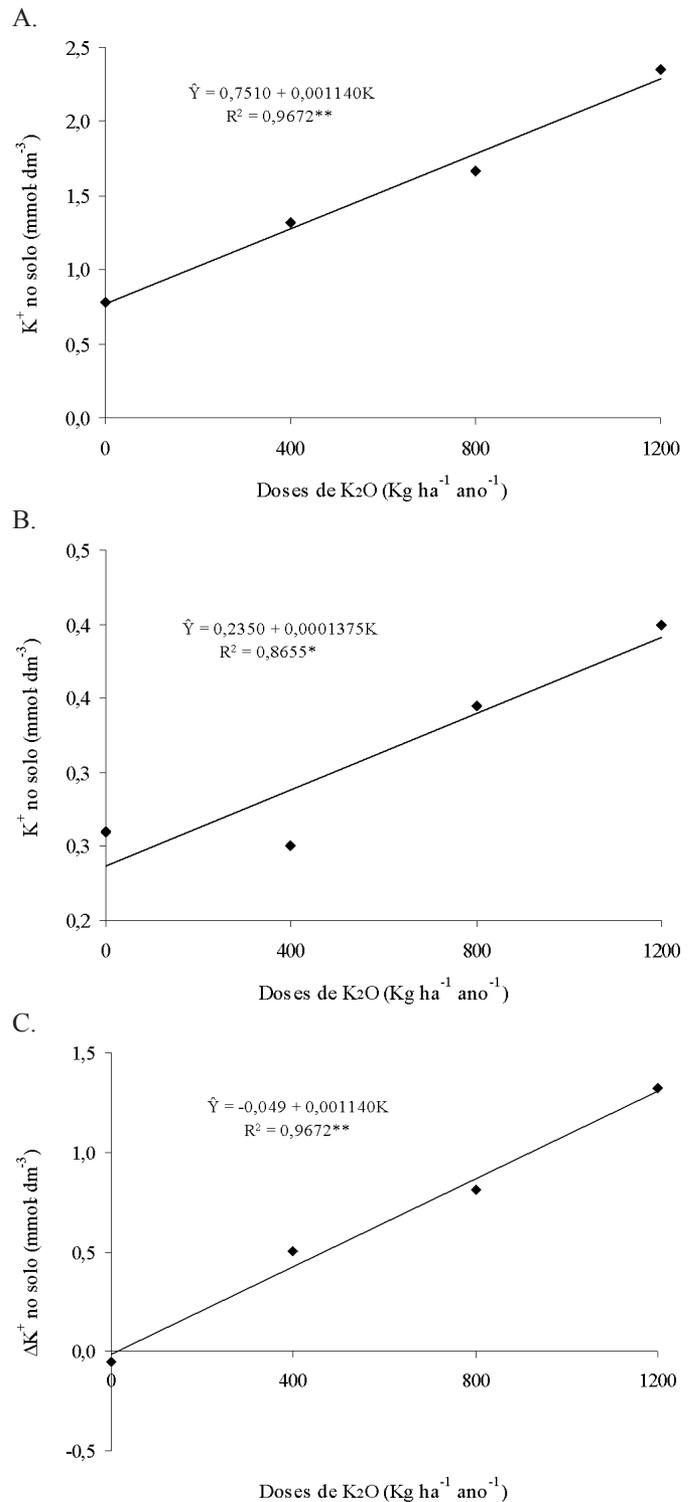


Figura 2. Efeito da fertirrigação com potássio sobre o K^+ trocável nas profundidades (0-20 cm) (A) e (20-40 cm) (B) e da variação (ΔK^+) (inicial-final) (C) em solo de Tabuleiros Costeiros cultivado com bananeira Prata-Anã

Figure 2. Effect of fertigation with potassium on the exchangeable K^+ in the depths (0-20 cm) (A) and (20-40 cm) (B) and variation (ΔK^+) (initial-final) (C) in Coastal Tableland soil cultivated with banana Prata-Anã

Considerando o K^+ acumulado nas duas profundidades, estima-se que os valores verificados na camada de 0-20 cm corresponderam a 80,67%, 82,58% e 84,13% do total, nas doses

400, 800 e 1.200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio, respectivamente, o que pode evidenciar os cuidados quanto ao manejo da fertirrigação, sobretudo no parcelamento do nutriente e na quantidade de água aplicada, para não favorecer a lixiviação do potássio.

O teor de cálcio variou significativamente ($p < 0,01$) na presença de nitrogênio (Tabela 1), apenas amostragem de 0-20 cm, corroborando com Teixeira et al. (2001). Apesar de não ter sido observado efeito principal significativo ($p > 0,05$) das doses de potássio sobre esse atributo do solo, a interação entre N e K foi significativa ($p < 0,01$).

Analisando a Figura 3A observa-se que, na ausência das adubações potássica e nitrogenada, o valor de cálcio foi de 16,7 mmol_c dm⁻³, ao passo que na máxima adubação nitrogenada foi de 8,6 mmol_c dm⁻³ apresentando uma variação de 48,50%. Na combinação das doses de N (350, 700 e 1.050 kg ha⁻¹ ano⁻¹) dentro de 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K (Figura 3B), foram verificados teores de 7,9; 7,4 e 7 mmol_c dm⁻³, indicando decréscimos na ordem de 4,82; 10,84 e 15,66% em comparação com os 8,3 mmol_c dm⁻³, respectivamente. Segundo Rajj et al. (1996) o teor médio estimado de Ca²⁺ (7,6 mmol_c dm⁻³) no presente trabalho é considerado um valor médio.

Quanto ao comportamento do nitrogênio dentro da dose 800 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K (Figura 3C), ocorreu depleção de maneira abrupta a partir da dose de 350 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, em que o valor estimado de cálcio foi de 7,7 mmol_c dm⁻³ atingindo 5,5 mmol_c dm⁻³ na dose máxima de N, enquanto na Figura 3D a redução mais intensa foi na adubação nitrogenada de 970 kg ha⁻¹ ano⁻¹ que causou ponto de mínimo de 2,7 mmol_c dm⁻³. As maiores reduções desse nutriente podem ser atribuídas às maiores extrações pela bananeira tendendo ao exaurimento e, conseqüentemente, maior acidificação face à remoção de bases da superfície dos colóides do solo.

De acordo com Silva et al. (2001) o uso de fertilizantes via fertirrigação deve ser criterioso principalmente em relação ao potássio, porque pode resultar em alta saturação do K no complexo coloidal do solo, causando desequilíbrio iônico. Oliveira et al. (2002) e Foloni & Rosolem (2006) ressaltaram que a adubação nitrogenada intensifica a solubilização de carbonatos para que ocorra o restabelecimento do equilíbrio eletroquímico embora possa promover, em determinadas condições, a movimentação descendente dos cátions básicos no perfil do solo. Segundo Foloni & Rosolem (2006) as

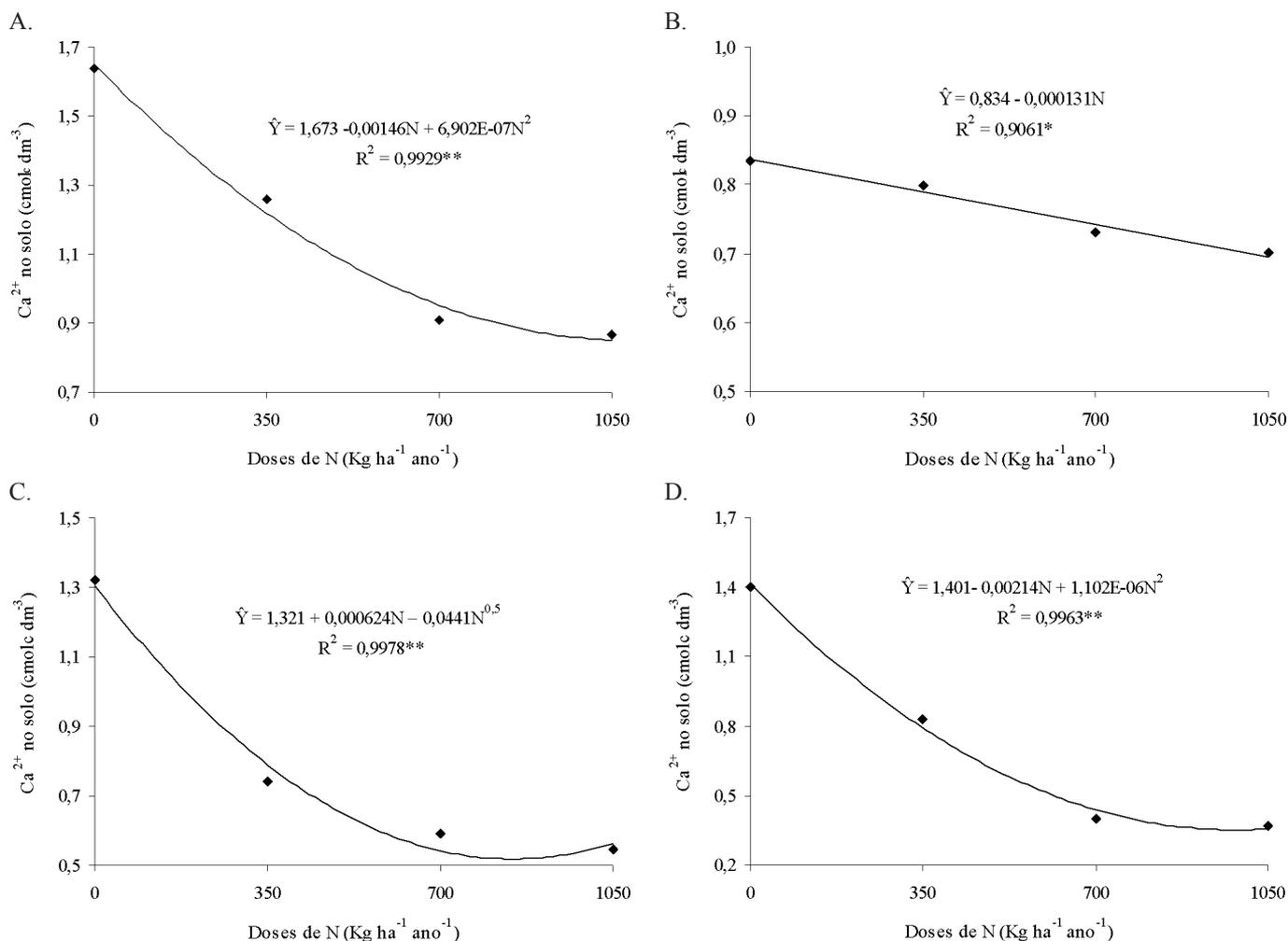


Figura 3. Efeito de nitrogênio dentro das doses de potássio (0 (A); 400 (B); 800 (C) e 1200 (D) kg ha⁻¹ ano⁻¹) via fertirrigação sobre o teor de Ca²⁺ na profundidade (0-20 cm) em solo de Tabuleiros Costeiros cultivado com bananeira Prata-Anã

Figure 3. Effect of nitrogen within potassium doses (0 (A), 400 (B), 800 (C) and 1200 (D) kg ha⁻¹ yr⁻¹) by fertigation on Ca²⁺ content in depth (0-20 cm) in the Coastal Tableland soil cultivated with banana Prata-Anã

alterações na concentração do Ca^{2+} ocorreram apenas nos primeiros 10 cm de profundidade em resposta à aplicação de adubo nitrogenado.

A fertirrigação com nitrogênio e potássio não causou efeito significativo ($p > 0,05$) sobre o teor de Mg^{2+} trocável, em ambas as profundidades (Tabela 1). Verificou-se grande variabilidade dessa característica nas parcelas amostradas. Contudo, comparando o teor médio de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ inicial que era de $8,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ com $11,88 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ do final do experimento (0-20 cm) ocorreu um incremento de 33,48%, o que pode ser creditado à calagem; por outro lado e analisando o balanço $\text{K}^+/\text{Mg}^{2+}$ em função da adubação potássica, constatou-se relação catiônica entre 0,27 a 0,41 considerada adequada para que não haja o azul da bananeira (Bolaños et al., 2002; Borges, 2004); conforme o segundo autor, uma relação superior a 0,6 indica excesso de K, enquanto inferior a 0,2 infere deficiência deste elemento no solo.

Ressalta-se que, durante o cultivo do bananal e se considerando seu requerimento por nutrientes, é preciso ajustar os resultados das análises físico-químicas do solo atrelados aos fatores climáticos, com o propósito de se aplicar as fontes e quantidades de nutrientes que realmente são requeridas no cultivo, visando incrementar a quantidade e a qualidade da produção com ótimos resultados econômicos e ambientais.

CONCLUSÕES

Em condições de fertirrigação nitrogenada à base de uréia, a acidificação do solo é proporcional à dose do adubo.

A ferti-irrigação diminuiu o teor de matéria orgânica e o parcelamento de K aumentou o teor desse nutriente no solo.

As características químicas do solo variaram com o uso da fertirrigação nitrogenada e potássica.

LITERATURA CITADA

- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and Drainage Paper, 56). <<http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e00.htm>>. 15 Mar. 2011.
- Bolaños, M. M.; Morales, H.; Celis, L. D. Fertilización y residualidad de nutrimentos, en el cultivo de plátano (*Musa AAB*) en un andisol del Quindío Colombia. In: Reunión Internacional para Cooperación en la Investigación de Banano en el Caribe y en América Central, 15., 2002, Cartagena de Indias, Colombia. Memorias... Medellín: Asociación de Bananeros de Colombia AUGURA, 2002. p.469-474. <http://www.musalit.org/pdf/IN030081_es.pdf>. 10 Jan. 2011.
- Borges, A. L. Interação entre nutrientes em bananeira. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 2p. (Banana em foco, 55). <http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/produto_em_foco/banana_55.pdf>. 10 Jan. 2011.
- Cardoso, S. de M.; Soratto, R. P.; Silva, A. H da; Mendonça, C. G de. Fontes e parcelamento do nitrogênio em cobertura, na cultura do milho sob plantio direto. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.6, n.1, p.23-28, 2011. <http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=viewArticle&path%5B%5D=agraria_v6i1a739>. 17 Mai. 2011. doi:10.5039/agraria.v6i1a739.
- Donagemma, G. K.; Ruiz, H. A.; Alvarez, V. H, Ferreira, P. A. Cantarutti, R. B.; Silva, A. T.; Figueiredo, G.C. Distribuição do amônio, nitrato, potássio e fósforo em colunas de latossolos fertirrigadas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, n.6, p.2493-2504, 2008. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n6/v32n6a26.pdf>>. 03 Mai. 2011. doi:10.1590/S0100-06832008000600026.
- Duenhas, L. H.; Villas Bôas, R. L.; Souza, C. M. P.; Ragozo, C. R. A.; Bull, L. T. Fertirrigação com diferentes doses de NPK e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis* O.) "Valência". Revista Brasileira de Fruticultura, v.24, n.1, p.214-218, 2002. <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v24n1/9928.pdf>>. 22 Mai. 2011. doi:10.1590/S0100-29452002000100046.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro:Embrapa Solos, 1999. 412p.
- Epstein, E.; Bloom, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. 2.ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 392p.
- Foloni, J. S.; Rosolem, C. A. Efeito da calagem e sulfato de amônio no algodão. I: Transporte de cátions e ânions no solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, n.3, p.425-432, 2006. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n3/31209.pdf>>. 18 Mar. 2011. doi:10.1590/S0100-06832006000300004.
- Guerra, A. G. Fertirrigação com nitrogênio e potássio utilizando sistema de irrigação por microaspersão na cultura da bananeira "Prata-Anã". Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2001. 69p. Tese Doutorado.
- Guerra, A. G.; Zanini, J. R.; Natale, W.; Pavani, L. C. Frequência da fertirrigação da bananeira-prata-anã com nitrogênio e potássio aplicados por microaspersão. Engenharia Agrícola, v.24, n.1, p.80-88, 2004. <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v24n1/v24n01a10.pdf>>. 10 Mar. 2011. doi:10.1590/S0100-69162004000100010.
- Neves, L. S.; Ernani, P. R.; Simonete, M. A. Mobilidade de potássio em solos decorrente da adição de doses de cloreto de potássio. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, n.1, p.25-32, 2009. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n1/03.pdf>>. 05 Abr. 2011. doi:10.1590/S0100-06832009000100003.
- Oliveira, F. H. T.; Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; Cantarutti, R. B.; Barros, N. F. Fertilidade do solo no sistema Plantio Direto. In: Alvarez V., V. H.; Schaefer, C. E. G. R.; Barros, N. F.; Mello, J. W. V.; Costa, L. M. (Eds.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v.26, p. 393-486.
- Oliveira, R. H.; Rosolem, C. A.; Trigueiro, R. M. Importância do fluxo de massa e difusão no suprimento de potássio ao algodoeiro como variável de água e potássio no solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, n.3, p.439-445, 2004. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v28n3/a05v28n3.pdf>>. 08 Abr. 2011. doi:10.1590/S0100-06832004000300005.
- Otto, R.; Vitti, G. C.; Luz, P. H. C. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, n.4, p.1137-1145, 2010. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n4/13.pdf>>. 09 Abr. 2011. doi:10.1590/S0100-06832010000400013.

- Pinto, J. M.; Faria, C. M. B.; Silva, D. S.; Feitosa Filho, J. C. Doses de nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação em bananeira. *Irriga*, v.10, n.1, p.46-52, 2005. <<http://200.145.140.50/ojs1/viewarticle.php?id=163&layout=abstract>>. 13 Fev. 2011.
- Raij, B.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).
- Rosolem, C. A.; Mateus, G. P.; Godoy, L. J. G.; Feltran, J. C.; Brancalhão, S. R. Morfologia radicular e suprimento de potássio às raízes de milho de acordo com a disponibilidade de água e potássio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.5, p.875-884, 2003. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n5/v27n5a12.pdf>>. 22 Mar. 2011. doi:10.1590/S0100-06832003000500012.
- Severino, L. S.; Costa, F. X.; Beltrão, N. E. M.; Lucena, M. A.; Guimarães, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.5, n.1, p.1-6, 2004. <<http://eduep.uepb.edu.br/rbct/sumarios/pdf/esterco.pdf>>. 12 Fev. 2011.
- Silva Júnior, M. J.; Medeiros, J. F.; Oliveira, F. H. T.; Dutra, I. Acúmulo de matéria seca e absorção de nutrientes pelo meloeiro “pele-de-sapo”. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.2, p.64-368, 2006. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n2/v10n2a17.pdf>>. 16 Mar. 2011. doi:10.1590/S1415-43662006000200017.
- Silva, M. A. G.; Boaretto, A. E.; Fernandes, H. G.; Boaretto, R.; Melo, A. M. T.; Scivittaro, W. B. Características químicas de um Latossolo adubado com uréia e cloreto de potássio em ambiente protegido. *Scientia Agrícola*, v.58, n.3, p.561-566, 2001. <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v58n3/a19v58n3.pdf>>. 17 Mai. 2011. doi:10.1590/S0103-90162001000300019.
- Sobral, L. F.; Nogueira, L. C. Influência de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, em atributos do solo, níveis críticos foliares e produção do coqueiro-anão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.4, p.1675-1682, 2008. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n4/a32v32n4.pdf>>. 16 Mar. 2011. doi:10.1590/S0100-06832008000400032.
- Sousa, V. F.; Coelho, E. F.; Souza, V. A. B.; Holanda Filho, R. S. F. Efeitos de doses de nitrogênio e potássio aplicadas por fertirrigação no meloeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.2, p.210-214, 2005. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v9n2/v9n2a10.pdf>>. 12 Mar. 2011. doi:10.1590/S1415-43662005000200010.
- Teixeira, L. A. J. Adubações nitrogenada e potássica em bananeira ‘Nanicão’ (Musa AAA subgrupo Cavendish) sob duas condições de irrigação. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2000. 132p. Tese Doutorado.
- Teixeira, L. A. J.; Natale, W.; Ruggiero, C. Alterações em alguns atributos químicos do solo, decorrentes da irrigação e da adubação nitrogenada e potássica em bananeira após dois ciclos de cultivo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.23, n.3, p.684-689, 2001. <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v23n3/8051.pdf>>. 30 Mar. 2011. doi:10.1590/S0100-29452001000300048.