



EFEITO DE N E K NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO COM COCO FERTIRRIGADO

*Effect of N and K chemical attributes of a
Quartzipsament with coconut fertirrigation*

Sammy Sidney Rocha Matias^a, Boarneges Freire de Aquino^b, José de Arimatéia Duarte de Freitas^c

^a Doutorando, Bolsista CAPES do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal da FCAV/UNESP, Departamento de Solos e Adubo, Jaboticabal, SP - Brasil, e-mail: ymmsa2001@yahoo.com.br

^b Engenheiro Agrônomo, Professor do Departamento de Ciência do Solo, Fortaleza, CE - Brasil, e-mail: aquino@ufc.br; ferrey@ufc.br

^c Engenheiro Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE - Brasil, e-mail: ari@cpnat.embrapa.br

Resumo

A produção do coqueiro anão é influenciada diretamente pela disponibilidade do nitrogênio e potássio durante todo o ciclo da planta. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de nitrogênio e potássio, via ferti-irrigação, sobre os atributos químicos de um Neossolo quartzarênico cultivado com coco na região litorânea do Ceará. O trabalho foi conduzido em Paracuru, CE, neste tipo de solo da variedade coqueiro anão verde Jiqui. O delineamento experimental foi um fatorial em blocos casualizados, com dez tratamentos, consistindo de cinco doses de nitrogênio e potássio, combinadas de acordo com o modelo da matriz experimental *Plan Puebla* III. Foram avaliados os atributos químicos do solo nas profundidades de 0,00 – 0,20 m e 0,20 – 0,40 m na área de abrangência do microaspersor, a 1m de distância do tronco. Após os resultados das análises provenientes dessas amostras foram calculadas as médias e foram analisados estatisticamente pelo teste de Tukey. A aplicação de N e K influenciou significativamente, todos os atributos químicos do solo. Os teores de nutrientes foram mais afetados na profundidade de 0,20 – 0,40 m (P, K, Ca e Mg).

Palavras-chave: Adubação. Irrigação. Solo.

Abstract

Dwarf coconut production is influenced directly by N and K availability during plant cycle. The goal of this work was to evaluate the effects of N and K application, using fertirrigation, about the chemical attributes of a Quartzipsament soil, cultivated with green dwarf Jiqui coconut variety coconut in littoral region of Ceara. The work was led in Paracuru CE, in type of soil. The experimental design was a factorial with a randomized block design, with 10 treatments, consisting of five N and K doses, combined, according to Plan Puebla III experimental matrix model. Soil chemical attributes were evaluated for 0.00-0.20 and 0.20-0.40 m of depth, in the inclusion area of microsprinkler, to 1m of distance from trunk. After the results of the analyses made from these samples, were the averages were calculated and were analyzed statistically by Tukey Test. The N and K application influenced significant by all the soil chemical attributes. The nutrients contents were more affected in the 0,20-0,40 m of depth (P, K, Ca and Mg).

Keywords: *Fertilization. Irrigation. Soil.*

INTRODUÇÃO

No Nordeste a cococultura exerce uma grande importância econômica para grandes e pequenos proprietários, sendo fonte de renda para mais de 150 mil famílias, tendo o Estado do Ceará uma área de mais de 5.000 ha plantadas com coqueiro anão (IBGE, 2005), sendo esta região responsável por 72,5% da produção nacional. De acordo com Sobral (2003), a maior parte dessas áreas de produção está localizada em solos classificados como Neossolo Quartzarênico que se caracteriza por baixa fertilidade, pouca retenção de água. Srinivasa et al. (2002) relatam que nessas condições a adubação e o manejo correto proporcionarão grandes efeitos na produção do coqueiro de sequeiro ou irrigado.

Segundo Teixeira e Silva (2003) e Teixeira et al. (2005b), a falta de condições adequadas no que se refere ao estado nutricional do coqueiro poderá influir no crescimento vegetativo e na produção. Sobral (2003) monitorando os solos nordestinos plantados com coco descobriu que grande parte possuía quantidades inadequadas de N e K para cultura. A falta do nutriente potássio em proporções adequadas irá acarretar problemas na frutificação, na maturação e na qualidade dos frutos, pelo fato de ser responsável pelo transporte de açúcares no interior da planta (CARVALHO et al., 2001). O nitrogênio exerce pouca influência na produção sendo mais requerido no desenvolvimento da cultura (BORGES et al., 2002). Segundo Ohler (1999), o nitrogênio e o potássio são os elementos mais requeridos pela cultura do coqueiro, principalmente na época de produção. De acordo com Magat (2005), absorção de N e K, pelo coqueiro, chega a 174 e 299 kg.ha⁻¹ respectivamente, destes totais, 62% do N e 78% do K são removidos pelos frutos. Considera-se uma produção de 250 cocos.planta⁻¹ em área irrigada do Nordeste, a remoção estimada de N e K poderia atingir entre 110 e 190 kg.ha⁻¹, respectivamente (SOBRAL, 2003; TEIXEIRA et al., 2005a). Nesta situação poder-se-ia comprometer todos os coqueirais da região Nordeste em virtude da maioria estar localizados em áreas de solos pobres nutricionalmente, este aspecto pode inviabilizar ou comprometer a produção de frutos em decorrência da grande remoção do N e K, acarretando um esgotamento deles no solo.

Neste sentido, a utilização mais eficiente de nutrientes permite que a ferti-irrigação seja uma alternativa viável para suprir a carência nutricional do coqueiro, promovendo uma maior produção. Rosa et al. (2006) observaram que o uso da ferti-irrigação aumentou a produtividade e, como consequência, a melhoria da qualidade dos frutos, sendo uma ótima técnica para solos que têm problemas com fertilidade, como os solos que são cultivados pela maioria dos produtores de coqueiros na região Nordeste. Por isto, pesquisas nestas áreas devem ser estimuladas, sobretudo, para culturas adaptadas ao clima nordestino, sendo diferencial para os produtores de coco desta região.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de nitrogênio e potássio, via ferti-irrigação, sobre as propriedades químicas de um solo Neossolo quartzarênico cultivado com coco na região litorânea do Ceará.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no município de Paracuru, CE (latitude 3° 17' Sul, longitude 39° 15' Oeste e altitude de 30 m), em um solo classificado como Neossolo quartzarênico, distrófico de textura arenosa e profundo. A região apresenta um clima do tipo AW (Tropical Chuvoso) pela classificação de Koppen. O pomar foi formado com a variedade anão verde do jiqui, com um espaçamento de 7,0 por 9,5 m, em retângulo, totalizando 342 plantas na área, das quais 102 serviram como bordaduras.

Antes da aplicação dos tratamentos de adubação, foram coletadas amostras de solo, em toda área onde estava implantado o experimento, nas profundidades de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m, para análise química do solo.

Os tratamentos consistiram de cinco doses de nitrogênio combinadas com cinco doses de potássio (10 tratamentos), de acordo com o modelo da matriz experimental *Plan Puebla III*, modificado por Leite (1984), correspondendo a um fatorial $2^k+2k+1+1$ (sendo k o número de fatores estudados). Os seguintes intervalos de doses de nutrientes foram usados: para N (90 a 1710; 150 a 2850 g.planta⁻¹.ano⁻¹) e para K₂O (120 a 2280; 250 a 4750 g.planta⁻¹.ano⁻¹), aplicados no terceiro e quarto ano da cultura, sendo utilizado como base da obtenção das doses o T9 o qual consistia da dose mais recomendada para esta cultura. O delineamento utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais.

Foi colocada como fonte de N a ureia e de K o cloreto de potássio; esta adubação foi distribuída semanalmente através de um sistema de irrigação. Foi realizada uma adubação básica com fósforo e enxofre, nas quantidades de 150 e 190 g.planta⁻¹.ano⁻¹, no terceiro ano do experimento, como forma de complementação das doses de N e K₂O.

A ferti-irrigação foi feita por microaspersão, com um emissor por planta, instalado a 0,20 m do caule do coqueiro, com vazão de 50 L.h⁻¹ e raio de alcance de 3 m ao longo do experimento. Depois de cada aplicação do nutriente era introduzida água limpa no sistema para que ela mesma limpasse o resíduo deixando pelo adubo nos canos.

Os efeitos dos tratamentos nos atributos químicos foram avaliados por meio de amostras de solo retiradas próximo à área de alcance da raiz de cada planta e do microaspersor, sendo coletadas a cada quatro meses e retiradas nas profundidades de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m. Posteriormente, as sub-amostras de cada profundidade foram homogeneizadas para fazer parte de uma amostra composta por tratamento.

Nas referidas amostras foram determinados o pH, teores de matéria orgânica, P, K, Ca, Mg, Na e H + Al, seguindo a metodologia indicada em Análise do Solo - IAC (RAIJ et al., 2001). O P e o K foram extraídos pelo método da Resina, enquanto as determinações do P foram efetuadas pelo fotocolorímetro e as do K e Na por espectrofotometria de emissão de chama. O Ca e o Mg foram extraídos com solução 1 N de KCl e determinados por espectrofotometria de absorção atômica; o H + Al foram extraídos com acetato de cálcio a pH 7.

Todas as variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância utilizando o programa SAEG (Sistema de Análise Estatística e Genética). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey com níveis de significância de 5%.

RESULTADOS

A matéria orgânica apresentou um incremento significativo comparado com a análise feita antes do experimento e entre os tratamentos, provavelmente isto ocorreu graças a uma pequena incorporação de matéria orgânica feita no período do estudo. No primeiro ano do estudo a quantidade de matéria orgânica foi considerada baixa para o Estado do Ceará e média para o segundo ano de avaliação (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 1993) (15 baixo e média 15-30 g.kg⁻¹, respectivamente). Segundo Damato Júnior (2006), estes valores são considerados satisfatórios para condição do experimento.

No que se refere ao pH, não houve diferença no valor com relação à análise feita antes da implantação do experimento, entretanto ocorreu uma variação estatisticamente significativa nos tratamentos (3,8 a 5,0 e de 4,4 a 5,3) no terceiro e quarto ano do estudo, sendo estas variações atribuídas

ao incremento do nitrogênio (nitrificação), bem como também a alta lixiviação do calcário (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; TEIXEIRA; SILVA, 2003) aplicado no solo. Este mesmo resultado foi obtido por Borges et al. (2002) ao aplicar ureia e sulfato de amônio diretamente no solo e por Wood e Reilly (2000) após fornecer sulfato de amônio via água de irrigação. Observou-se também que nos tratamentos nos quais eram colocadas uma maior quantidade de nitrogênio, o pH do solo era mais ácido. Este mesmo resultado foi obtido por Sobral e Leal (1999), que observaram um aumento da acidez do solo à medida que aumentava a quantidade de ureia aplicada via ferti-irrigação.

Com exceção dos tratamentos T3, T4, T6 e T8, que receberam as maiores quantidades de nitrogênio nos dois anos de estudos e nas duas camadas, observou-se que o pH se manteve perto dos valores encontrados antes do experimento de 5,0 a 5,9. Segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) o coqueiro suporta uma faixa de pH ampla, sendo a faixa ideal de 6,0 e 6,5. De acordo com os resultados obtidos, há uma necessidade de colocar calcário no solo para permitir um ambiente mais propício para cultura se desenvolver. De acordo com Weirich Neto et al. (2000) e Silva e Ranno (2005), ambientes onde o pH é considerado ácido poderão ter problema de absorção de nutrientes pela planta em virtude da presença de alumínio.

Os teores de fósforo nos tratamentos variaram de acordo com as doses de N e K. Este mesmo resultado foi encontrado por Ferreira Neto et al. (2007), que estudou o efeito de doses de N e K na cultura do coqueiro. Entretanto, as quantidades de P obtidas nos tratamentos são consideradas baixas para cultura segundo Ceará (1993) (10 mg. kg⁻¹) e Teixeira et al. (2005c). Segundo Bataglia e Santos (1999) e Teixeira et al. (2005a) esta variação de fósforo nos tratamentos se deve ao pH e a elevação dos teores de H + Al e também à baixa mobilização do nutriente no solo. Apesar da quantidade deste nutriente ser considerada baixa não foi observado deficiência dele na planta, evidenciando que a cultura do coqueiro não necessita de grandes quantidades de fósforo.

TABELA 1 - Atributos químicos do Neossolo Quartzarênico antes da instalação do experimento, em diferentes profundidades. Paracuru, CE

Prof. m	pH	M.O.	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC	Cu ⁺⁺	Fe ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Zn ⁺⁺
	CaCl ₂	g.dm ⁻³	mg. dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³				mg.dm ⁻³			
0,00-0,20	5,3	6,04	5,97	0,7 0	14,6	1,97	37,67	0,13	13,22	4,22	1,63
0,20-0,40	5,1	2,74	5,00	0,75	8,58	1,41	29,74	0,11	14,04	2,00	0,53

TABELA 2 - Níveis da matriz e doses de N e K₂O calculadas de acordo com a matriz experimental Plan Puebla III, modificada por Leite

Tratamento	Níveis		Doses de N g.planta ⁻¹ .ano ⁻¹		Doses K ₂ O g.planta ⁻¹ .ano ⁻¹	
	N	K ₂ O	2002	2003	2002	2003
T1	-0,4	-0,4	540	900	720	1500
T2	-0,4	0,4	540	900	1680	3500
T3	0,4	-0,4	1260	2100	720	1500
T4	0,4	0,4	1260	2100	1680	3500
T5	-0,9	-0,4	90	150	720	1500
T6	0,9	0,4	1710	2850	1680	3500
T7	-0,4	-0,9	540	900	120	250
T8	0,4	0,9	1260	2100	2280	4750
T9	0	0	900	1500	1200	2500
T10	-0,9	-0,9	90	150	120	250

Observou-se também que os teores de K aumentaram de acordo com o aumento das doses aplicadas, principalmente nas camadas superficiais, indiciando que o K teve pouca mobilização vertical apesar de tratar de um Neossolo quartzarênico, arenoso (Tabelas 3, 4, 5 e 6). Schlindwein e Anghinoni (2000) e Teixeira, Natale e Ruggiero (2001) encontraram resultados semelhantes com banana e coco cultivados sob irrigação e adubação convencional.

TABELA 3 - Atributos químicos do Neossolo Quartzarênico da área experimental, no terceiro ano de implantação da cultura do coqueiro, após as aplicações das doses N K₂O no solo, na profundidade de 0 – 20 cm

TRAT	Doses		Atributos químicos							
	N	K ₂ O	MO	pH	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	H ⁺ + AL ³⁺
	(g planta ⁻¹ .ano ⁻¹)		g.kg ⁻¹	CaCl ₂	mg.kg ⁻¹	mmol.c.dm ⁻³				
T1	540	720	11,75ab	4,62abc	8,75ab	1,62bc	22a	6ab	5,42bc	14,25bc
T2	540	1680	11b	4,42bcd	6,25b	2,87b	19,25abc	5,25ab	4,72c	15abc
T3	1260	720	13,25ab	3,9de	8,5ab	1,83bc	12c	4ab	4,47c	16,75ab
T4	1260	1680	16a	4,1cde	6,25b	2,45bc	14bc	3,75b	4,8c	18,5ab
T5	90	720	11b	4,97ab	12,75a	2,37bc	19abc	5,5ab	5,77abc	11,75c
T6	1710	1680	11,75ab	3,85e	9ab	2,15bc	12,5abc	6,25ab	7a	17,75ab
T7	540	120	13,75ab	4,47abc	6,75b	1,4bc	19,25abc	5,75ab	5,82abc	15,75abc
T8	1260	2280	14,5ab	4,12cde	7b	2,72b	12,75bc	6,37a	6,4ab	18ab
T9	900	1200	16a	4,2cde	6b	4,5a	19,75ab	6,22ab	4,8c	19,25a
T10	90	120	14,25ab	5a	7,57ab	1,05c	22a	5,75ab	5,07bc	11,25c
Média			13,33	4,36	7,88	2,30	17,25	5,49	11,57	15,83
CV(%)			15,1	5,2	28,5	27,5	18,5	19,7	17,2	12,4

Médias seguidas de mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

TABELA 4 - Atributos químicos do Neossolo Quartzarênico da área experimental, no terceiro ano de implantação da cultura do coqueiro, após as aplicações das doses N K₂O no solo, na profundidade de 20 – 40 cm

TRAT	Doses		Atributos químicos							
	N	K ₂ O	MO	pH	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	H ⁺ + AL ³⁺
	(g planta ⁻¹ .ano ⁻¹)		g.kg ⁻¹	CaCl ₂	mg.kg ⁻¹	mmol.c.dm ⁻³				
T1	540	720	9,00	4,55ab	8,75ab	1,2ab	17,5ab	4,5abc	5,2bcd	13bc
T2	540	1680	10,75	4,5ab	5b	2,35a	19,75ab	4,75abc	5,35bcd	13,5abc
T3	1260	720	9,50	3,95c	7b	1,32ab	12,25b	3,5bc	4,05d	17,25a
T4	1260	1680	12,00	4,12bc	4,25b	1,95ab	14ab	3,5bc	5,1cd	15,75ab
T5	90	720	9,50	4,82a	6b	1,95ab	21a	3,25c	6,22abc	11,5c
T6	1710	1680	9,25	3,9c	6,25b	1,7ab	13b	5,75ab	6,57ab	16ab
T7	540	120	12,50	4,6ab	5,75b	1,22ab	16,25ab	5,75ab	7,47a	13,75abc
T8	1260	2280	13,25	4,22bc	5,12b	1,97ab	12,5b	5,75ab	6,5abc	16ab
T9	900	1200	13,00	4,27bc	6,25b	2,2a	15,5ab	6a	5,57bc	16ab
T10	90	120	12,00	4,85a	11,75a	0,82b	15ab	3c	5,37bcd	11,75c
Média			11,08*	4,38	6,61	1,67	15,68	4,58	5,74	14,45
CV(%)			25,3	4,9	28,3	28,3	20,2	20,7	10,1	11,3

Médias seguidas de mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

TABELA 5 - Atributos químicos do Neossolo Quartzarênico da área experimental, no quarto ano de implantação da cultura do coqueiro, após as aplicações das doses N K₂O no solo, na profundidade de 0 – 20 cm

TRAT	Doses		Atributos químicos							
	N	K ₂ O	MO	pH	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	H ⁺ + AL ³⁺
	(g planta ⁻¹ .ano ⁻¹)		g.kg ⁻¹	CaCl ₂	mg.kg ⁻¹	mmol _c .dm ⁻³				
T1	900	1500	17,55	5,02ab	22,75a	2,2ab	19ab	8,5ab	1,63	12,75a
T2	900	3500	18,13	5,1ab	c	2,7a	20,25a	8,5ab	1,53	13,25a
T3	2100	1500	15,90	4,25d	6,25c	1,8ab	7,25d	4,75b	1,58	14a
T4	2100	3500	17,43	4,65bcd	b	2,2ab	11,75bcd	6,75ab	1,53	15a
T5	150	1500	16,73	5,47a	12bc	2,12ab	17,75ab	10,75a	1,90	12,75a
T6	2850	3500	16,78	4,67bcd	c	2,02ab	d	5,25b	1,70	12,50
T7	900	250	14,48	4,9abc	c	1,55b	15,75abc	6b	1,68	12,25a
T8	2100	4750	13,73	4,42cd	7,5c	2,35ab	8,25cd	5b	1,60	15a
T9	1500	2500	16,05	4,57bcd	6,5c	2,17ab	9cd	6,25ab	1,78	15a
T10	150	250	14,30	5,3a	9,25c	1,45b	d	8,25ab	1,80	12,75a
	Média		16,11*	4,77	12,08	2,06	13,65	7,00	1,67*	13,52
	CV(%)		22,7	5,0	32,7	20,3	25	26,9	14,7	13,5

Médias seguidas de mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

TABELA 6 - Atributos químicos do Neossolo Quartzarênico da área experimental, no quarto ano de implantação da cultura do coqueiro, após as aplicações das doses N K₂O no solo, na profundidade de 20 – 40 cm

TRAT	Doses		Atributos químicos							
	N	K ₂ O	MO	pH	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	H ⁺ + AL ³⁺
	(g planta ⁻¹ .ano ⁻¹)		g.kg ⁻¹	CaCl ₂	mg.kg ⁻¹	mmol _c .dm ⁻³				
T1	900	1500	15,65	5,07ab	16,37a	2,22ab	16ab	7,25	1,75	12,75a
T2	900	3500	15,03	4,97d	7,45b	2,92a	16,75a	6,25	1,70	12,75a
T3	2100	1500	14,75	4,27d	7,27b	1,85ab	5,4b	4,00	1,60	14,75a
T4	2100	3500	12,65	4,75abcd	8,25b	1,57ab	11,5ab	5,13	1,65	14,75a
T5	150	1500	16,03	5,25a	8,5b	2,17ab	15,5ab	7,50	1,75	12,25a
T6	2850	3500	11,38	4,55bcd	b	1,52b	11,7ab	4,48	1,68	15a
T7	900	250	13,75	4,85abc	8,5b	1,2b	8ab	4,90	1,68	15a
T8	2100	4750	12,43	4,45cd	8,12b	1,92ab	10,25ab	4,60	1,80	14,75a
T9	1500	2500	15,40	4,55bcd	b	1,95ab	9ab	5,25	1,83	14,25a
T10	150	250	16,40	5,2a	6,9b	1,42b	14ab	6,75	1,75	12,50a
	Média		14,35*	4,79	9,54	1,88	11,81	5,61*	1,72*	13,65
	CV(%)		23,6	4,8	27,9	30,4	37,9	31,9	17,2	14,5

Médias seguidas de mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Houve diferença significativa entre os tratamentos em todas as camadas (Tabelas 3, 4, 5 e 6). Apesar das grandes doses aplicadas de potássio, ele foi considerado médio segundo (CEARÁ, 1993) ($1,1 - 2,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e Teixeira et al. (2005c). Estes resultados sugerem que o coqueiro é exigente em K. Este mesmo resultado foi obtido por Teixeira et al. (2001) quando estudou a cultura da banana, outra planta exigente em K, observando uma diminuição significativa do K no solo em virtude da alta absorção pela planta. O mesmo autor relata que o declínio do K em áreas irrigadas pode ocorrer em função do melhor desenvolvimento e maior absorção dos nutrientes pela cultura. Srinivasa et al. (2002) constataram este mesmo resultado em coqueiro irrigado quando comparado com o de sequeiro.

Segundo Tisdale et al. (1993), a concentração do K na solução do solo varia de 10 a 60 mg.L^{-1} , dependendo da cultura, da estrutura e fertilidade do solo e do seu suprimento. Neste estudo todas as concentrações de K estiveram dentro desta faixa, indicado que a cultura estava nutrida adequadamente (Tabelas 3, 4, 5 e 6).

Observou-se efeito significativo entre os teores de cálcio nos tratamentos estudados, como também uma diminuição da sua quantidade com o aumento da profundidade do solo independente das doses de N e K (Tabelas 3, 4, 5 e 6). Esta variação de cálcio entre as camadas se deve provavelmente a aplicação de calcário na superfície antes do experimento e a baixa mobilização do elemento no solo. Os teores de Ca foram considerados entre baixo (>15 baixo $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e médio (entre $16-40 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) de acordo com Ceará (1993).

Notou-se também que de acordo com o aumento da dose de nitrogênio no solo havia uma diminuição da concentração do cálcio no solo nos tratamentos (Tabelas 3, 4, 5 e 6). Sobral e Leal (1999), Borges et al. (2002) e Peixoto, Chaves e Guerra (2006) observaram estes mesmos resultados, estudando frequências crescentes de nitrogênio através da ferti-irrigação no solo. Segundo esses autores as altas aplicações mantêm a concentração de NH_4^+ na solução do solo em níveis mais elevados do que a convencional, acarretando uma competição com o Ca.

As quantidades de Magnésio diminuíram de acordo com a profundidade sendo estes valores considerados baixo e médios (CEARÁ, 1993) (<5 baixa e médio de $5 - 10 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). De acordo com Tisdale et al. (1993), altas doses de K, associadas às regiões de precipitação moderada ou elevada e solos arenosos, podem deslocar o Mg do complexo de troca, aumentando a sua perda (Tabelas 3, 4, 5 e 6).

Neste experimento observou-se que quanto maior for a dose de N, menor será a quantidade de Mg no solo Teixeira et al. (2001), em seus estudos observaram que doses acima de 336 kg.ha^{-1} de N diminuem o teor de Mg no solo. Segundo Fernandes et al. (2002), quanto menor o teor de Na no solo maior os teores de Mg. Estes resultados foram observados no quarto ano do experimento (Tabelas 3, 4, 5 e 6), evidenciando uma competição iônica com o Na. Segundo Doll e Lucas (1973), apud Fageria et al. (1999), solos com teores entre $4,2$ e $8,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, nem sempre é sinal de deficiência nutricional para a maioria das culturas.

Com exceção do quarto ano de experimento, houve diferença significativa entre os tratamentos em relação ao Na. Observou-se também que os níveis de Na diminuirão no quarto ano do experimento em relação ao terceiro ano de acordo com o aumento das doses de potássio. Fernandes et al. (2002), observara os mesmos resultados em seus estudos. Esses mesmos autores observaram um forte antagonismo entre K e Na, à medida que se aumenta a quantidade de Na no solo. Os resultados sugerem que há uma competição entre íons no solo pelos sítios de absorção das plantas (Tabelas 3, 4, 5 e 6).

Houve diferença significativa entre os tratamentos para o H + Al nos dois anos estudados. Observou-se que de acordo com as doses de N e K mais elevadas havia um aumento na quantidade de H + Al, podendo acarretar uma acidificação no solo. Teixeira et al. (2005a), observaram este mesmo resultado ao estudar adubação de NPK em coqueiro anão. No experimento também foi observado que os teores de H + Al variarão de acordo com o pH, quanto mais próximos da neutralidade menor seu teor (Tabelas 3, 4, 5 e 6). Chueiri et al. (2007) observaram este mesmo resultado em seu trabalho.

CONCLUSÕES

A aplicação de N e K por ferti-irrigação alterou o pH e os atributos químicos do solo principalmente na camada de 0,20 a 0,40 m.

Os teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio diminuíram com as profundidades do solo. Houve diferença significativa entre os tratamentos nos teores de P, K, Ca, Mg em todas as profundidades.

REFERÊNCIAS

- BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. Efeitos da adubação NPK na fertilidade do solo, nutrição e crescimento da seringueira. **Rev. Bras. Cienc. Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 881-890, 1999.
- BORGES, A. L. et al. Efeito de doses de NPK sobre os teores de nutrientes nas folhas e no solo e na produtividade do maracujazeiro-amarelo. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 208-213, 2002.
- CARVALHO, A. J. C. et al. Teores de nutrientes foliares no maracujazeiro-amarelo associados à estação fenológica, adubação potássica e lâminas de irrigação. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 403-408, 2001.
- CHUEIRI, W. A. et al. Lodo de esgoto e fertilizante mineral sobre parâmetros do solo e de plantas de trigo. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 502-508, 2007.
- DAMATO Jr., E. R. et al. Alterações em propriedades de solo adubado com doses de composto orgânico sob cultivo de bananeira. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 546-549, 2006.
- FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. dos. **Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília: Embrapa, 1999.
- FERREIRA NETO, M. et al. Emissão foliar, relações iônicas e produção do coqueiro irrigado com água salina. **Ciênc. Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1675-1681, 2007.
- FERNANDES, A. R. et al. Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 37, n. 11, p. 1613-1619, 2002.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2005. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 28 jul. 2008.
- LEITE, R. A. **Uso de matrizes experimentais e de modelos estatísticos no estudo de equilíbrio fósforo-enxofre na cultura da soja em amostras de dois latossolos de Minas Gerais**. 1984. 87 f. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984.
- MAGAT, S. Coconut. In: World fertilizer use manual. **International Fertilizer Association**. 2005. Disponível em: <<http://www.fertilizer.org/ifa/publi-cat/html/pubman/coconut.htm>>. Acesso em: 11 ago. 2007.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: POTAFOS, 1997.
- OHLER, J. G. **Modern coconut management: palm cultivation and products**. London: Intermediate Technology Publications, 1999.
- PEIXOTO, J. F. S.; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C. Macro y micronutrients en la hoja del cocotero enano (*Cocos nucifera* L.) después de un año de fertirrigación con NK. **Agríc. Téc.**, v. 66, n. 3, p. 324-330, 2006.
- RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. São Paulo: Instituto Agrônomo, 2001.

- ROSA, R. C. C. et al. Doses de nitrogênio e potássio em fertirrigação em maracujazeiro-amarelo consorciado com coqueiro-anão verde, na região norte fluminense. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 113-116, 2006.
- SILVA, L. S.; RANNO, S. K. Calagem em solos várzeas e a disponibilidade de nutrientes na solução do solo após o alagamento. **Ciênc. Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1054-1061, 2005.
- SOBRAL, L. F. Nutrição e adubação. In: FONTES, H. R.; RIBEIRO, F. E.; FERNANDES, M. F. **Coco produção: aspectos técnicos**. Aracaju: Embrapa, 2003. p. 44-52.
- SOBRAL, L. F.; LEAL, M. L. S. Resposta do coqueiro à adubação com uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio em dois solos no nordeste do Brasil. **Rev. Bras. Cienc. Solo**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 85-89, 1999.
- SRINIVASA, R. D. V. et al. Response of high yielding coconut variety and hybrids to fertilization under rainfed and irrigated conditions. **Nutr. Cycl. Agroecosyst.**, Netherlands, v. 62, p. 131-138, 2002.
- SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I. Variabilidade horizontal de atributos de fertilidade e amostragem do solo no sistema plantio direto. **Rev. Bras. Cienc. Solo**, Viçosa, v. 24, p. 85-91, 2000.
- TEIXEIRA, L. A. J. et al. Adubação com NPK do coqueiro Anão - Verde (*Cocos nucifera* L.) – atributos químicos do solo e nutrição da planta. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 115-119, 2005a.
- _____. Adubação com NPK em coqueiro anão-verde (*Cocos nucifera* L.) – rendimento e qualidade de frutos. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 120-123, 2005b.
- _____. Recomendação de adubação e calagem para coqueiro (*Cocos nucifera* L.) no Estado de São Paulo – 1ª aproximação. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 519-520, 2005c.
- 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. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 684-689, 2001.
- TEIXEIRA, L. A. J.; SILVA, J. A. A. da. Nutrição mineral de populações e híbridos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) cultivados em Bebedouro (SP). **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 371-374. 2003.
- TISDALE, S. L. et al. **Soil fertility and fertilizers**. 5th ed. New York: Macmillan Publishing, 1993.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Departamento de Ciência do Solo. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza: [s.n.], 1993.
- WEIRICH NETO, P. H. W. et al. Correção da acidez do solo em função de modos de incorporação de calcário. **Ciênc. Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 257-261, 2000.
- WOOD, B. W.; REILLY, C. C. Pest damage to pecan is affected by irrigation, nitrogen application, and fruit load. **HortScience**, Alexandria, v. 35, n. 4, p. 669-672, 2000.

Recebido: 06/06/2008

Received: 06/06/2008

Aprovado: 15/11/2008

Approved: 11/15/2008

Revisado: 19/08/2009

Reviewed: 08/19/2009