



Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Brasil

Dubeux Júnior, José C. B.; Araújo Filho, José T. de; Santos, Mércia V. F. dos; Lira, Mário de A.;
Santos, Djalma C. dos; Pessoa, Ricardo A. S.

Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira - Clone IPA-201

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 5, núm. 1, enero-marzo, 2010, pp. 129-135

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119012589021>

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

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

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

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias
v.5, n.1, p.129-135, jan.-mar., 2010
Recife, PE, UFRPE, www.agraria.ufrpe.br
Protocolo 591 - 21/05/2009 • Aprovado em 03/03/2010

José C. B. Dubeux Júnior^{2,5}

José T. de Araújo Filho³

Mércia V. F. dos Santos^{2,5*}

Mário de A. Lira^{4,5}

Djalma C. dos Santos⁴

Ricardo A. S. Pessoa²

Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira –Clone IPA-201

RESUMO

A pesquisa foi realizada na casa de vegetação do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, Recife – PE, objetivando avaliar os efeitos dos níveis de fósforo (P) e potássio (K) no crescimento e composição química da palma forrageira clone IPA-20. Estudou-se quatro níveis de P (0; 200; 400 e 800 kg P₂O₅ ha⁻¹) e quatro níveis de K (0; 200; 400 e 800 kg de K₂O ha⁻¹), em um arranjo fatorial 4 x 4, num delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. As observações foram realizadas em intervalos de 28 dias, iniciando-se no terceiro mês do plantio até o sexto mês. Para o peso da matéria verde total observou-se efeito significativo apenas para o fator K ($P < 0,05$). Para teores de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea da palma, os níveis de P testados foram significativos ($P < 0,05$) para todos os nutrientes com exceção do P. Para níveis de K aplicados ao solo, observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) apenas para teores de Ca e S. Os valores médios apresentados para N, P, K, Ca, Mg e S foram de 20,62; 4,75; 33,43; 34,43; 7,44 e 6,10 g kg⁻¹, respectivamente. A produção de matéria verde e o teor da matéria seca foram influenciados apenas pela adubação potássica. Os teores dos micronutrientes estudados não foram influenciados pela aplicação de P e K.

Palavras-chave: cactácea, irrigação, micronutrientes, número de cladódios, *Opuntia ficus-indica* Mill

Mineral fertilization effect on growth and chemical composition of cactus pear – clone IPA 20

ABSTRACT

The study was carried out in the greenhouse of the “Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA”, located in Recife – PE. It aimed to evaluate the effects of P and K fertilization on growth and chemical composition of cactus pear IPA-20 clone. Four levels of P (0, 200, 400, and 800 kg P₂O₅ ha⁻¹) and four levels of K (0, 200, 400, and 800 kg of K₂O ha⁻¹) were tested in a 4 x 4 factorial arrangement using a complete randomized block design. Observations were made at 28-d intervals, starting by the third month after planting and lasting until the sixth month of growth. Fresh matter yield of primary articles and total fresh matter yield were affected only by K fertilization ($P < 0.05$). Concentrations of N, K, Ca, Mg, and S in the cactus shoot were affected by P fertilization ($P < 0.05$), however, P concentration was not affected. Potassium fertilization affected ($P < 0.05$) only Ca and S concentrations. Average results for N, P, K, Ca, Mg, and S were 20.62, 4.75, 33.43, 34.43, 7.44, and 6.10 g kg⁻¹, respectively. Fresh matter yield and dry matter concentration were affected only by K fertilization. Micronutrient concentration was not affected by P and K fertilization.

Key words: cactaceae, cladode number, irrigation, micronutrients, *Opuntia ficus-indica* Mill

²Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Departamento de Zootecnia, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife-PE. Fone: (81) 3320-6555. E-mail: dubeux@dz.ufrpe.br; mercia@dz.ufrpe.br; raspessoa@hotmail.com

³Universidade Federal de Alagoas, BR 104 Km 85, CEP 57000-000, Rio Largo, AL - Brasil. Telefone: (82) 3261-1351 Fax: (82) 3261-1351. E-mail: hircus4@gmail.com

⁴Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), Av. General San Martin, 1371, Bongi, CEP 50761-000, Recife-PE. Fone: (81) 3184 7369. Fax: (81) 3184 7200. E-mail: mariolira@terra.com.br; djalma@ipa.br

⁵Bolsista do CNPq

INTRODUÇÃO

A zona semiárida ocupa de 60 a 65% da área total do Nordeste brasileiro apresentando irregularidade de distribuição de chuvas e altas taxas de evapotranspiração (Lira et al., 1990), o que influencia marcadamente a disponibilidade e qualidade de forragem nessas áreas.

A agricultura de sequeiro, nessa região, convive com altos riscos devido principalmente à instabilidade climática. Por outro lado, a agricultura irrigada também não oferece alternativas para a maioria das áreas, visto que, apenas 2-3% do semiárido nordestino poderiam ser contemplados com a irrigação, considerando limitações quantitativas e qualitativas da água, bem como limitações edáficas.

Nesta região, historicamente, a pecuária tem se caracterizado por um baixo desempenho produtivo, principalmente relacionado à frágil estrutura do suporte alimentar e a forte estacionalidade da produção forrageira.

Nos últimos anos, a palma (*Opuntia* e *Nopalea*) por ser uma cactácea que apresenta características morfofisiológicas de adaptação às condições de semi-árido, passou a ser cultivada em larga escala pelos criadores das bacias leiteiras do Nordeste, principalmente de Pernambuco e Alagoas. Estima-se existirem atualmente no Nordeste aproximadamente 500 mil ha cultivados, constituindo-se numa das principais forrageiras para o gado leiteiro na época seca (Lira et al., 2006).

A palma forrageira representa importante alternativa para a alimentação animal, considerando que pelo seu mecanismo de fixação do CO₂ atmosférico (CAM), apresenta elevada eficiência no uso da água e produções anuais de até 20 t de matéria seca ha⁻¹ ano⁻¹ (Santos et al., 2000) em condições de sequeiro. Trata-se de uma forrageira de alta digestibilidade e teor de carboidratos solúveis, entretanto apresenta baixo teor de proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN), devendo ser utilizada associada a outro alimento protéico e fibroso. Conforme Santos et al. (2005), a palma apresenta baixos teores de matéria seca (MS), PB, FDN e fibra em detergente ácido (FDA), em relação à recomendação de níveis mínimos indicados para ruminantes. Vale ressaltar que, a composição química da palma varia conforme a época do ano, idade da planta, ordem do artículo, cultivar, manejo de adubação, espaçamento de plantio, entre outros fatores.

Por outro lado, considerando que a estrutura fundiária do nordeste é formada na sua maioria por pequenas propriedades, o uso de adubação é uma importante estratégia de manejo para aumentar a eficiência de produção de forragem. Nos dados publicados por Souza (1965), num dos primeiros resultados obtidos no estado de Pernambuco com adubação, se observou que a adição por hectare de 30 kg de N, 60 kg de P₂O₅ e 30 kg de K₂O ao tratamento de 10 t de estrume bovino propiciou o aumento de produtividade da palma de 87,9 para 127,6 t de MV/ha/colheita, quando comparado ao uso apenas do adubo orgânico (10 t ha⁻¹), sendo também superior à produtividade da palma na presença de 20 t de estrume bovino ha⁻¹. Santos et al. (1996) constataram que a adubação com 10 t ha⁻¹ de esterco bovino elevou a produtividade da palma gigante de 5,8 para 10,5 t de MS/ha/dois anos e a química

5,8 para 7,5 t de MS/ha/dois anos. A associação da adubação química com a orgânica elevou a produtividade da palma para 12,3 t MS/ha/dois anos, o que indicou que as duas formas de adubação foram aditivas.

Considerando uma produtividade média bienal de 40 t ha⁻¹ de MS (Santos et al., 2000) e teores médios na MS de N, P, K e Ca como sendo de 0,9 %, 0,16 %, 2,58 % e 2,35 %, respectivamente (Santos et al., 1990), a palma forrageira extrai cerca de 360 kg de N, 64 kg de P, 1.032 kg de K e 940 kg de Ca, por hectare a cada dois anos, sem considerar os outros macros e micronutrientes (Dubeux Júnior & Santos, 2005).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação fosfatada e potássica no crescimento e na composição mineral da palma forrageira cv. Clone IPA-20.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na casa de vegetação do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA na cidade do Recife. O solo utilizado foi proveniente da Estação Experimental de Arcoverde – IPA e é classificado como Regossolo Eutrófico solódico e não solódico A fraco e moderado de textura arenosa e média, com cascalho e cascalhenta fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado, correspondendo na atual classificação do solo como do grande grupo neosol regolito (Embrapa, 1999).

As análises de amostras do solo foram realizadas nos laboratórios do Instituto Agronômico Pernambuco – IPA na cidade do Recife (Tabela 1).

Vasos plásticos com capacidade para 18 L receberam drenos, além de uma camada de brita. Em cada vaso foram colocados 15 kg de solo e três quilos de brita. Foi plantado um artigo de palma em cada vaso, na posição vertical, enterrando-se 1/3 do artigo com a parte cortada voltada para o solo. Os artigos sementes foram oriundos da Estação Experimental de São Bento do Una – IPA, cultivar clone IPA-20.

Foi utilizada água destilada para irrigação do primeiro ao terceiro mês de condução do experimento e água potável nos três meses restantes, sendo aplicada duas vezes por semana até a drenagem. A solução drenada era recolhida por um recipiente e retornada ao vaso.

Os tratamentos experimentais constituíram-se de quatro níveis de fósforo (0; 1,06; 2,12; e 4,25 g de P₂O₅ vaso⁻¹, equivalente a 0; 200; 400 e 800 kg de P₂O₅ ha⁻¹) combinados com quatro níveis de potássio (0; 1,01; 2,03 e 4,05 g de K₂O vaso⁻¹, equivalente a 0; 200; 400; e 800 kg de K₂O ha⁻¹), no esquema fatorial. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os pesos dos artigos foram utilizados como critério para formação dos blocos.

Adubações foram realizadas 30 dias após o plantio, sendo aplicado todo o fósforo e potássio. A adubação nitrogenada na dosagem de 400 kg de N ha⁻¹ foi aplicada para todos os tratamentos, visando não limitar as respostas dos outros elementos testados. Este nível de adubação foi parcelado em duas aplicações, sendo metade do nitrogênio aplicado 30 dias após plantio, junto com o fósforo e potássio, e a outra meta-

Tabela 1. Análise química e física de amostras de solo utilizado no experimento**Table 1.** Chemical and physical analyzes from soil samples used in the experiment

pH (H ₂ O)	P (mg dm ⁻³)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺	S	CTC	V (g kg ⁻¹)	MO(g kg ⁻¹)
6,3	60	1,03	4,5	1,45	0,16	0,0	2,01	7,1	9,2	780	17,0
Densidade (kg dm⁻³)											
Aparente	Real		Areia grossa		Areia fina		Silte		Argila		Classificação textural
1,48	2,58	680		30	210		80				Franco arenoso

As fontes de fertilizantes utilizadas foram uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio.

Foram realizadas observações do número de artículos por planta e por ordem. Estas avaliações foram realizadas em intervalos de 28 dias, sendo iniciadas aos 90 dias após o plantio e finalizadas aos 180 dias deste, quando as plantas foram colhidas.

O experimento foi colhido aos 180 dias, considerando o tamanho das plantas, bem como o fato de algumas plantas apresentarem tombamento. A parte aérea de cada planta foi pesada para posterior estimativa do peso seco baseada nos valores de matéria seca. Foi tomada uma amostra de cada planta, a qual foi picada e acondicionada em sacos de papel, sendo em seguida realizada a pré-secagem a 55 °C. As amostras foram moídas em moinho de facas com peneira de 2 mm.

As análises químicas foram realizadas no laboratório da Central Analítica, na cidade de Maceió-AL. Os teores de nitrogênio foram determinados conforme Silva & Queiroz (2002). Para determinação dos demais elementos, utilizou-se a metodologia descrita por Sarruge & Haag (1974), sendo o fósforo determinado por espectrofotometria com EDTA e o enxofre por gravimetria com BaCl₂; os micronutrientes cobre, zinco, manganês e ferro foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

As análises estatísticas dos dados foram realizadas por meio do software Statística. A variável número de artículos foi transformada em $\sqrt{x+1}$, considerando que não apresentou homogeneidade de variância.

Para comparar os tratamentos foi utilizada regressão polinomial, procurando-se evidenciar efeitos linear, quadrático ou cúbico. Adicionalmente foi realizado teste de falta de ajustamento ($P = 0,05$) conforme Vieira & Holffmann (1980).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para número de artículos por planta, não foi verificado efeito significativo para os fatores fósforo, potássio e interação (Tabela 2). Neste sentido, Teles et al. (2002), trabalhando com solo da Estação Experimental de Caruaru – PE e plantas aos nove meses de idade, também obtiveram efeito não significativo de P e K para número de artículos primários, porém, para número total de artículos por planta e número de artículos secundários observaram diferença significativa entre tratamentos ($P < 0,05$).

Os dados médios obtidos neste trabalho para o número total de artículos por planta são próximos aos obtidos por

Tabela 2. Número de artículos por ordem e total da palma forrageira Clone IPA-20 aos seis meses de idade**Table 2.** Cladode number (by order and total) of cactus pear Clone IPA-20 at six months of age

Tratamento (kg ha ⁻¹)	Número de artículo/ordem/planta			Número total de artículos	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	Primário	Secundário	
0	0	2,00	3,00	0,75	5,75
0	200	1,50	2,50	1,00	5,00
0	400	1,50	3,75	0,75	6,00
0	800	2,50	3,25	0,50	6,25
200	0	1,75	2,50	0,25	4,50
200	200	2,00	3,50	0,75	6,25
200	400	2,50	3,00	0,25	5,75
200	800	2,00	3,50	0,00	5,50
400	0	1,50	2,75	0,75	5,00
400	200	2,00	3,25	0,50	5,75
400	400	2,00	3,00	0,50	5,50
400	800	2,00	2,50	0,25	4,75
800	0	1,75	2,75	0,50	5,00
800	200	1,50	3,00	0,75	5,25
800	400	1,75	3,00	0,00	4,75
800	800	1,75	4,75	1,25	7,75
Médias		1,87	3,12	0,55	5,55
Teste F para P	0,6154ns	0,7101ns	1,1107ns		0,4321ns
Teste F para K	0,6154ns	1,6420ns	0,7785ns		1,4353ns
Teste F para P x K	0,6726ns	1,5237ns	0,9446ns		1,6437ns
C.V. (%)	41,98	31,01	129,52		24,63

ns – não significativo ($P > 0,05$)

palma aos oito meses de idade. Teles et al. (2002) observaram valores inferiores aos do presente trabalho para número total de artículos por planta e número de artículos primários e secundários, o que provavelmente está associado aos níveis de adubação utilizados neste trabalho que foram superiores, bem como a qualidade do artigo semente, considerando que aqueles autores utilizaram artigos sementes com sintomas de amarelecimento. Por outro lado, o valor médio observado para número total de artigos, de 5,55 é bem próximo ao valor observado por Nascimento (2008), que trabalhando com palma em condições de campo e adubação fosfatada variando de 100 a 250 kg ha⁻¹, obteve 5,61 artigos por planta aos 180 dias de idade.

Vale ressaltar que o número de brotações da palma forrageira em condições de campo também é influenciado, dentre outros fatores, além da fertilidade do solo, pela densidade de plantio (Dubeux Júnior & Santos, 2005).

Para a produção de matéria verde, a análise de variância evidenciou diferença significativa ($P < 0,05$) para o efeito do potássio (Tabela 3), sendo os demais efeitos não significativos ($P > 0,05$). O potássio promoveu um acréscimo de 17,77%

Tabela 3. Produção de matéria verde e matéria seca de artículos de palma Clone IPA-20 aos seis meses de idade

Table 3. Fresh and dry matter weight of cactus pear (clone IPA-20) cladodes at six months of age

Tratamento (kg ha ⁻¹)		Produção de matéria verde (g vaso ⁻¹)	Produção de matéria seca (55 °C, g vaso ⁻¹)
P ₂ O ₅	K ₂ O		
0	0	1247,50	72,75
0	200	1330,00	94,50
0	400	1348,00	76,75
0	800	1407,50	74,75
200	0	1155,25	77,25
200	200	1317,50	92,00
200	400	140,00	95,75
200	800	1562,50	100,00
400	0	1192,50	80,00
400	200	1432,50	88,25
400	400	1415,00	85,25
400	800	1432,50	83,75
800	0	1215,00	79,25
800	200	1150,00	68,33
800	400	1385,00	78,75
800	800	1447,50	86,25
Médias		1261,14	83,35
Teste F para P		1,08ns	1,69ns
Teste F para K		12,51*	1,38ns
Teste F para P x K		1,40ns	1,37ns
C.V. (%)		9,50	16,39

ns – não significativo (P > 0,05); *significativo (P < 0,05)

mente, este acréscimo está relacionado com o maior controle na abertura dos estômatos proporcionado pelo potássio, ocasionando com isso maior estado de turgidez às células nos artículos. Para essa variável foi significativo o efeito linear (P < 0,05) em função das doses de potássio, porém, a equação ajustada explica apenas 26,1% da variação total, apesar de não ser verificada a falta de ajustamento (P > 0,05).

Para a produção de matéria seca (Tabela 3), não se observou efeito significativo para os fatores estudados. A estimativa da média geral de peso de matéria seca total foi de 83,35 g MS vaso⁻¹ (Tabela 3), valor superior ao encontrado por Teles et al. (2002), trabalhando também em condições de casa de vegetação, que observaram valor médio de 42,73 g MS vaso⁻¹. Tal diferença, provavelmente deve-se a uma maior reserva de nutrientes no solo utilizado neste experimento (Tabela 1).

Menezes et al. (2005), analisando a produtividade da palma forrageira em 50 propriedades rurais do semi-árido do Nordeste do Brasil, constataram que, dentre as variáveis estudadas, o nível de P e de K extraível do solo foram os fatores que mais apresentaram correlação com a produtividade. Por outro lado, este mesmo trabalho evidenciou que 11 mg dm⁻³ é o nível crítico de P do solo. Assim, no presente trabalho, a ausência de resposta à adubação fosfatada foi, provavelmente, decorrente do alto nível de fósforo do solo, conforme pode ser constatado pelo resultado da análise química do solo apresentada na Tabela 1.

Dubeux Júnior et al. (2006) encontraram baixas respostas ao fósforo na produção da palma forrageira cv. Gigante e respostas positivas apenas quando os teores de P disponível no solo foram inferiores a 10 mg dm⁻³.

Com relação ao efeito da adição de P e K na cultura da palma, Nobel (1995) afirmou que os níveis que levam à meta-

xos, não sendo esses dois elementos o principal fator limitante ao desenvolvimento desta cactácea.

A ausência de resposta significativa para adubação com potássio para produção de matéria seca, com resposta significativa para produção de matéria verde é, provavelmente, decorrente do CV ter sido 9,5% e 16,39%, para matéria verde e seca, respectivamente. A palma forrageira apresenta altos teores de potássio, sendo provável que a resposta a este elemento aumente face à elevada extração deste nutriente da palma forrageira que pode atingir valores superiores a 1000kg/ha/dois anos (Dubeux Júnior & Santos, 2005).

O teor de matéria seca (Tabela 4) foi afetado apenas pela adubação potássica (P < 0,05). A média do teor de matéria seca foi de 60,87 g kg⁻¹, tendo como limites mínimo e máximo os valores de 51,40 e 69,15 g kg⁻¹, respectivamente. Estes valores são próximos aos obtidos por Teles et al. (2002) e considerados baixos, quando comparados com os encontrados por Santos et al. (2006), que obtiveram 102,00 g kg⁻¹. Os baixos valores nos teores de matéria seca podem ser associados à idade da planta e às irrigações frequentes, o que contribui para maior umidade dos artículos da planta.

Vale ressaltar que de maneira geral a palma forrageira apresenta baixa percentagem de matéria seca, o que pode comprometer, quando fornecida em grandes quantidades, o atendimento das necessidades de matéria seca dos animais. Por outro lado, essa característica da palma representa grande aporte de água, fator limitante na maior parte do ano em condições de semiárido.

Tabela 4. Teores de matéria seca, N, P, K, Ca, Mg e S na matéria seca da palma forrageira Clone IPA-20 aos seis meses de idade

Table 4. Concentrations of dry matter, N, P, K, Ca, Mg, and S (dry matter basis) of cactus pear Clone IPA-20 at six months of age

Tratamento (kg ha ⁻¹)	MS	N	P	K	Ca	Mg	S
P ₂ O ₅	K ₂ O				g kg ⁻¹		
0	0	61,10	20,20	4,30	43,30	48,60	8,40
0	200	69,15	23,50	3,90	38,70	31,10	7,20
0	400	55,17	21,90	4,20	48,30	38,10	9,30
0	800	51,40	21,80	4,30	59,00	48,20	8,60
200	0	64,12	24,60	5,10	33,80	29,10	7,40
200	200	67,47	19,70	4,30	39,70	38,70	7,90
200	400	64,95	19,20	4,90	28,60	35,20	9,70
200	800	62,45	19,60	4,50	24,20	30,30	5,50
400	0	64,72	20,10	5,00	20,10	23,00	6,60
400	200	60,02	16,80	5,70	26,00	23,90	6,70
400	400	58,80	18,00	5,20	29,30	39,90	7,60
400	800	56,57	19,40	4,60	34,40	41,50	6,80
800	0	62,67	23,60	4,60	25,50	28,60	6,50
800	200	59,72	19,40	5,00	19,40	25,20	7,00
800	400	57,17	19,90	5,30	34,90	36,50	6,40
800	800	58,48	22,30	4,80	29,60	32,90	7,20
Médias		60,87	20,62	4,75	33,43	34,43	7,44
Teste F para P		2,60ns	4,05*	1,67ns	18,45*	9,36*	3,26*
Teste F para K		4,13*	2,39ns	1,67ns	1,96ns	6,68*	1,92ns
Teste F para P x K		1,27ns	1,58ns	1,67ns	2,76*	4,99*	1,51ns
C.V. (%)		10,64	13,90	15,38	26,37	18,37	21,78

ns – não significativo (P > 0,05); *significativo (P < 0,05)

Houve efeito linear (P < 0,05) das doses de potássio sobre o teor de matéria seca da palma forrageira. No entanto, a equação ajustada explica apenas 11,9% da variação total, apesar

Para teor de nitrogênio da parte aérea da palma observou-se efeito significativo apenas para o fator fósforo. O teor médio encontrado para nitrogênio foi de 20,62 g kg⁻¹, semelhante ao encontrado por Nobel et al. (1987) que foi de 21,10 g kg⁻¹ que também encontraram influência da adubação fosfatada sobre os teores de N em *Opuntia engelmannii*, Salm Dyck. Os valores observados no presente trabalho são superiores aos encontrados por Nerd et al. (1989) e Teles et al. (2004), que encontraram 11,0 e 11,90 g kg⁻¹, respectivamente. O teor de nitrogênio no tecido dos artículos decresceu 15% quando o P₂O₅ aplicado ao solo aumentou de 0,0 para 400 kg ha⁻¹, sendo esta diferença significativa ($P < 0,05$); quando a dose de K₂O aplicada ao solo, variou de 0,0 para 800 kg ha⁻¹, o teor de nitrogênio no tecido da parte aérea decresceu em 6,0%. Para o teor de nitrogênio no tecido, foi significativo o efeito quadrático ($P < 0,05$) em função das doses de fósforo, porém, a equação ajustada explica apenas 12,1 % da variação total ($P > 0,05$).

Para o teor de fósforo nos tecidos da parte aérea não foi observado efeito significativo para os fatores estudados ($P > 0,05$). A média obtida foi de 4,75 g kg⁻¹, tendo como limites mínimo e máximo os valores de 3,90 e 5,70 g kg⁻¹, respectivamente. Esses valores são superiores aos observados por Teles et al. (2004) que observaram valores médios de 1,70 g kg⁻¹. O alto valor de fósforo encontrado no presente trabalho, provavelmente, está relacionado com a fertilidade natural do solo utilizado (Tabela 1), bem como aos tratamentos de fósforo aplicados.

O teor de potássio na parte aérea da palma foi afetado ($P < 0,05$) pela adubação fosfatada e interação. A média geral para o teor de K foi de 33,43 g kg⁻¹, apresentando variação de 19,40 a 59,00 g kg⁻¹ para os tratamentos com 800 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O e, 0,0 e 800 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente. O valor médio determinado foi semelhante ao encontrado por Nerd et al. (1989) e Teles et al. (2004), que encontraram teores médios de K de 34,5 e 33,10 g kg⁻¹, respectivamente e, superior ao obtido por Santos et al. (1990) com 25,80 g kg⁻¹, sendo inferior aos determinados por Nobel et al. (1987) de 36,90 g kg⁻¹.

Para os teores de cálcio na planta, observou-se efeito dos fatores estudados e da interação. Foi constatado que à medida que aumentava a adubação com fósforo diminuía o teor de Ca, que apresentou valores de 41,5; 33,32; 32,75 e 30,8 para os níveis zero, 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. A adubação com potássio também influenciou o teor de Ca que apresentou menores valores nos níveis intermediários de adubação com este nutriente. Os valores médios observados para cálcio, de 34,43 g kg⁻¹ são superiores aos observados por Teles et al. (2004), os quais não observaram efeito da adubação fosfatada e potássica no teor de cálcio de plantas de palma com material de plantio com sintoma de amarelecimento. Para Dubeux Júnior & Santos (2005), K e Ca são os nutrientes exportados em maiores quantidades pela cultura da palma. Vale ressaltar que Berry & Nobel (1985) afirmaram que os altos níveis de Ca encontrados na parte aérea da *Opuntia ficus-indica* refletem o acúmulo deste mineral na

Por outro lado, Nefzaoui & Ben Salen (2001) mencionaram que a alta quantidade de oxalatos pode explicar o efeito laxativo da palma quando fornecida aos animais. Santos et al. (2005) mencionaram que a relação Ca: P na palma é extremamente alta e que, devido a interações com outros minerais, especialmente o fósforo, níveis excessivos de Ca por longo tempo podem afetar negativamente o desempenho animal.

Para o teor de magnésio na planta, observou-se efeito apenas do fator fósforo. Tal efeito também foi observado com Teles et al. (2004), que observaram valores de 59 g kg⁻¹ de magnésio em plantas de palma aos nove meses de idade. Os valores observados no presente trabalho estão dentro da faixa encontrada por Nobel et al. (1987) de 6,4 a 14,2 g kg⁻¹ em plantas da espécie *Opuntia engelmannii* cultivadas em Coahuila, México.

Para o teor de enxofre na planta, observou-se efeito dos fatores fósforo e potássio. O valor médio observado de 5,9 g kg⁻¹ de enxofre é superior aos valores observados por Dubeux Júnior & Santos (2005), que foi de 0,9 a 1,9 g kg⁻¹ para plantas de *Nopalea cochenillifera* em diferentes locais do estado de Pernambuco.

Para as análises de variância para os teores de ferro, cobre e zinco não foi observado efeito significativo ($P > 0,05$) para os fatores estudados (Tabela 5). Para o teor de ferro na parte aérea, não houve efeito significativo para os tratamentos ($P > 0,05$). O valor médio acumulado foi de 84,54 mg kg⁻¹, com amplitude variando de 69,98 a 97,48 mg kg⁻¹, para os tratamento com 800 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, e 400 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente. O valor médio determinado foi superior ao estimado por Nobel et al. (1987), que encontraram 73 mg kg⁻¹, em trabalho realizado no Texas. Essas diferenças podem ser explicadas pelas interações do ferro com outros nutrientes, notadamente, fósforo, zinco, molibdênio e cobre, que são de ocorrência comum, sem excluir que outras também ocorrem.

Tabela 5. Teores de Fe, Cu, Zn e Mn da palma forrageira Clone IPA-20 aos seis meses de idade

Table 5. Concentrations of Fe, Cu, Zn, and Mn in cactus pear Clone IPA-20 at six months of age

Tratamento (kg ha ⁻¹)	Concentração na parte aérea da palma (mg kg ⁻¹)				
P ₂ O ₅	K ₂ O	Ferro	Zinco	Manganês	Cobre
0	0	86,88	120,80	804,65	7,35
0	200	74,70	119,18	744,63	6,58
0	400	96,30	102,78	678,78	6,30
0	800	96,50	105,28	668,50	7,10
200	0	82,20	106,53	624,03	6,30
200	200	96,63	112,00	708,08	7,38
200	400	90,98	110,83	780,83	6,63
200	800	71,13	99,83	644,95	6,05
400	0	82,55	108,58	633,05	5,63
400	200	89,83	124,40	763,03	6,18
400	400	97,48	118,10	698,53	7,50
400	800	77,28	98,73	582,48	6,50
800	0	72,18	106,40	710,53	5,95
800	200	69,98	93,93	632,55	6,28
800	400	81,98	105,78	691,93	5,50
800	800	89,03	104,15	623,40	6,58
		Médias	84,54	108,58	686,87
Teste F para tratamentos		0,628ns	0,691ns	1,037ns	0,916ns
C.V. (%)		28,18	18,88	18,06	19,29

As concentrações de cobre e zinco na parte aérea foi de 6,49 mg kg⁻¹ e 108,58 mg/kg, respectivamente. Tais concentrações foram superiores as determinadas por Nobel et al. (1987), trabalhando com *Opuntia engelmannii*, que encontraram 4,30 e 31,00 mg kg⁻¹ de cobre e zinco, respectivamente. Este valor médio superior, provavelmente, é devido às interações entre os nutrientes na solução do solo e na planta. Essas interações provocam, geralmente, uma desordem no crescimento das plantas, comumente associada com altos níveis de fósforo disponível ou aplicações elevadas de fósforo ao solo (Bataglia, 1988).

Para manganês, a análise de variância não evidenciou diferença significativa ($P < 0,05$) para os tratamentos. A estimativa da média geral deste micronutriente foi de 686,87 mg kg⁻¹, variando de 582,48 a 804,65 mg kg⁻¹ para os tratamentos com 400 e 800 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O e 0,0 e 0,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Para o teor de manganês na parte aérea, houve um decréscimo de 8,22%, quando o nível de P₂O₅ aplicado ao solo passou de 0,0 para 800 kg ha⁻¹.

Os micronutrientes estimados apresentaram a seguinte ordem de grandeza de acúmulo na parte aérea da palma forrageira: manganês > zinco > ferro > cobre. Relação semelhante foi encontrada por Nobel et al. (1987), porém com o micronutriente ferro em terceiro lugar e zinco em segundo.

Vale ressaltar que são poucas as informações disponíveis na literatura sobre teor de micronutrientes na palma forrageira e seus efeitos na produção. Nesse sentido, Dubeux Júnior & Santos (2005) afirmaram que os micronutrientes, apesar de serem absorvidos em menores quantidades, são tão essenciais quanto os macronutrientes, onde a deficiência pode ocasionar redução no desenvolvimento da palma.

CONCLUSÕES

A produção de matéria verde e teor da matéria seca foram influenciados apenas pela adubação potássica.

Os teores dos micronutrientes estudados não foram influenciados pela aplicação de P e K.

As doses de P aplicadas promoveram decréscimo nos teores de nitrogênio, cálcio e magnésio da parte aérea da palma e acréscimo nos teores de potássio e enxofre.

As doses de K promoveram decréscimo no teor de cálcio e acréscimo no teor de enxofre da parte aérea da palma forrageira clone IPA-20.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Iderval Farias, pela dedicação durante toda vida acadêmica aos estudos com Palma em Pernambuco. Aos funcionários da casa de vegetação do IPA-SEDE, pelo apoio recebido.

LITERATURA CITADA

- Bataglia, O. C. Micronutriente: disponibilidade e interações. In: Borkert, C. M. (Ed.). Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira. Londrina: Embrapa-CNPS/IAPAR/SBCS,
- Berry, W.L.; Nobel, P.S. Influence of soil and mineral stresses on cacti. *Journal of Plant Nutrition*, v.8, n.8, p.679-696. 1985.
- Dubeux Júnior, J.C.B.; Santos, M.V.F. Exigências nutricionais da palma forrageira. In: Menezes, R. S. C; Simões, D. A.; Sampaio, E V. S. B. (Eds.). A palma no Nordeste do Brasil, conhecimento atual e novas perspectivas de uso. 1. ed. Recife: Editora da UFPE, 2005. p.105-128.
- Dubeux Júnior, J.C.B.; Santos, M.V.F. dos; Lira, M. de A.; Santos, D.C. dos; Farias, I.; Lima, L.E.; Ferreira, R.L.C. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., under different N and P fertilization and plant population in North- east Brazil. *Journal of Arid Environments*, v. 67, n. 3, p. 357-372, 2006.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa/SPI, 1999. 412p.
- Lira, M. de A.; Farias, I.; Santos, M.V.F. Alimentação de bovinos no Nordeste - Experimentação com forrageiras e pastagens. In: Simpósio Nordestino de Alimentação de Ruminantes, 3., 1990, João Pessoa. Anais. João Pessoa: UFPB/ SNPA, 1990. p.108-133.
- Lira, M. A.; Santos, M. V. F.; Dubeux, J. C. B.; Farias, I.; Cunha, M.V.; Santos, D.C. Meio século de pesquisa com a palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) - ênfase em manejo. In: Guim, A.; Verás, A. S. C.; Santos, M. V. F. In: Zootec, 4., 2006, Recife. Anais. Recife: ABZ, 2006. CD Rom.
- Menezes, R. S. C.; Sampaio, E. V. S. B.; Salcedo, I. H.; Souza, F. J. Produtividade de palma em propriedades rurais. In: Menezes, R. S. C; Simões, D. A.; Sampaio, E V. S. B. (Eds.). A palma no Nordeste do Brasil, conhecimento atual e novas perspectivas de uso. 1. ed. Recife: Editora da UFPE, 2005. p.129-140.
- Nascimento, J. P. do. Caracterização morfométrica e estimativa da produção de *Opuntia ficus-indica* Mill. sob diferentes arranjos populacionais e doses de fósforo no semi-árido da Paraíba, Brasil. Campina Grande: UFCG, 2008. 47p. Dissertação Mestrado.
- Nefzaoui, A.; Ben Salem, H. *Opuntia* spp. A strategic fodder and efficient tool to compact desertification in Wana region. In: Mondragón-Jacobo, C., Pérez-González, S. (Eds.). Cactus (*Opuntia* spp) as forage, Rome: FAO, 2001. p. 73-89. (Plant Production and Protection Paper, 169).
- Nerd, A.; Karady, A.; Mizrahi, Y. Irrigation, fertilization and polyethylene covers influence bud development in prickly pear. *Hort Science*, v.24, n.5, p.773-775, 1989.
- Nobel, P.S. Environmental biology In: Barbera, G; Inglese, P.; Pimienta-Barrios, E. (Ed.) Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. Rome: FAO, 1995. p.36-48.
- Nobel, P. S.; Russel, L. E.; Felker, P. Fernandes, A. P. M.; Freitas, E. V.; Moreiro, J. A. Medina, J. G.; Acunã, E. Nutrient relations and productivity of prickly pear cacti. *Agronomy Journal*, v.79, n.3, p.550-555, 1987.
- Santos, D. C.; Farias, I.; Lira, M. A.; Fernandes, A. P. M.; Freitas, E. V.; Moreiro, J. A. Produção e composição química da palma forrageira cultivar gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) sob adubação e calagem, no Agreste semi-árido de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, v.9,

- Santos, D.C.; Farias, I.; Lira, M. A.; Santos, M.V.F.; Arruda, G.P.; Coelho, R.S.B.; Dias, F. M.; Melo, J.N. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco. Recife: IPA, 2006. 48p. (IPA. Documento, 30).
- Santos, D. C. dos.; Lira, M. de A.; Dias, F. M.; Farias, I.; Santos, M. V. F. ; Santos, V. F. dos. Produtividade de cultivares de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) In: Simpósio Nordestino de Alimentação de Ruminantes, 7., 2000, Teresina. Anais. Recife: SNPA, 2000. p. 121-123.
- Santos, M. V. F.; Lira, M. de A.; Burity, H. A.; Farias, I.; Santos, M. E. P. dos; Nascimento, M. M. A. do. Número, dimensões e composição química de artículos de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill) cv. gigante, de diferentes ordens. Pesquisa Agropecuária Pernambucana, Recife, v.7, n.especial p.69-79, 1990
- Santos, M. V. F. ; Ferreira, M.A.; Batista, A.M.V. Valor nutritivo e utilização da palma forrageira na alimentação de ruminantes. In: Menezes, R. S. C.; Simões, D. A.; Sampaio, E V. S. B. (Eds.) A palma no Nordeste do Brasil, conhecimento atual e novas perspectivas de uso. 1. ed. Recife: Editora da UFPE, 2005. p. 143-162.
- Sarruge, J. R. ; Haag, H. T. Análise química em plantas. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.
- Silva, D. J.; Queiroz, A. C. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- Silva, M.C.; Santos, S.F.; Santos, M.V.F. ; Dubeux Júnior, J.C.B. Características de crescimento de cultivares de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*). In: Congresso de Iniciação Científica, 8., 1998, Recife. Anais. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1998. p.253.
- Souza, A.C. de. Novos experimentos com “palmas forrageiras” (*Opuntia ficus-indica*, Mill e *Nopalea cochenillifera*, (L.) Salm Dyck) em Pernambuco, Brasil. In: Congresso Internacional de Pastagens, 9, São Paulo, Anais. São Paulo:Secretaria da Agricultura do Estado de Pernambuco, 1965. v.2, p.1465-9.
- Teles, M. M.; Santos, M. V. F. dos; Dubeux Júnior, J. C. B.; Bezerra Neto, E.; Ferreira, R. L. C.; Lucena, J. E. C.; Lira, M. de A. Efeitos da adubação e de nematicida no crescimento e na produção da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) cv. Gigante. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 31, n. 1, p. 52-60, 2002.
- Teles, M. M.; Santos, M. V. F. dos; Dubeux Júnior, J. C. B.; Lira, M. de A.; Ferreira, R. L. C. Bezerra Neto, E.; C.; Farias, I. Efeito da adubação e do uso de nematicida na composição química da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*,Mill). Revista Brasileira de Zootecnia, v.33 n.6, p.1992-1998, 2004.
- Vieira, S.; Hofmann, R. Estatística Experimental. São Paulo: Atlas, 1980. 179p.