
ARTIGO CIENTÍFICO

Densidade radicular da palma forrageira em diferentes espaçamentos

Francisco Tomaz Oliveira¹, Jacob Silva Souto², Patrícia Carneiro Souto³, Albimah Medeiros de Araújo⁴, Oscar Mariano Hafle⁵, Ednaldo Barbosa Pereira Junior⁶

Resumo: A palma forrageira é uma planta detentora de grande potencial forrageiro, capaz de contribuir positivamente na sustentabilidade da pecuária do Nordeste brasileiro. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento radicular desta cultura sob diferentes doses de superfosfato simples e espaçamentos entre plantas. O experimento foi instalado e conduzido na fazenda experimental Nupeárido (Núcleo de Pesquisas para o Semiárido) pertencente à Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos-PB. A variedade de palma forrageira plantada foi a “Gigante” (*Opuntia ficus-indica* Mill). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 4 x 4, com três repetições. O primeiro fator constituído de quatro espaçamentos entre plantas (10; 15; 20 e 25 cm) e o segundo por quatro doses de superfosfato simples (10; 15; 20 e 25 g SS planta⁻¹). Foi avaliada a densidade de raízes, aos 120; 180 e 360 dias após o plantio. Pelos resultados, conclui-se que, a maior concentração de raízes foi registrada, na linha de plantio, na profundidade de 0-10 cm e o maior valor de densidade radicular esteve associado à dose de 10 g planta⁻¹ de superfosfato simples e ao espaçamento entre plantas de 15 cm.

Palavras-chave: cactácea, cladódio, região Semiárida

Root density of cactus forage in different spacing

Abstract: The cactus forage is a plant which holds high forage potential, able to contribute positively to the sustainability of the livestock in the Northeast region of Brazil. In this context, this work aimed to evaluate the root growth of this culture under different doses of superphosphate and spacing between plants. The experiment was conducted at the experimental farm, Nupeárido (Research Center for the Semi-Arid), belonging to the Federal University of Campina Grande, Campus of Patos-PB. The experimental design was a randomized complete block layout, with treatments arranged in a factorial 4 x 4 with three replications. The first factor consisted of four plant spacing (10; 15; 20 and 25 cm) and the second of four doses of superphosphate (10; 15; 20 and 25 g SS plant⁻¹). The density of the roots was evaluated at 120; 180 and 360 days after planting. Based on the results, it can be concluded that the highest concentration of roots was observed, in the planting line, at a depth of 0-10 cm, and the highest value of root density was associated with a dose of 10 g planta⁻¹ of superphosphate and plant spacing of 15 cm.

Key words: Cactaceae, Cladodes, Semi-arid region

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 08/06/2018; aprovado em 22/07/2018

Professor D.Sc em Fitotecnia do IFPB-Campus. tomazdeoliveira@bol.com.br

Professor da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, CSTR da Universidade Federal de Campina Grande. Av. Universitária, s/n, 58708-110 – Patos-PB jacob_souto@yahoo.com.br

Professora da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, CSTR da Universidade Federal de Campina Grande. Av. Universitária, s/n, 58708-110 – Patos-PB pcarneiro@yahoo.com.br

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Zootecnia pelo CSTR-UFCG-Patos-PB e extensionista da EMATER-PB. albimahmedeiros@ig.com.br

Professor, D.Sc. do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, Campus Maragogi. omhafle@yahoo.com.br

Professor, D.Sc. do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Sousa (IFPB- Sousa-PB), Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Sousa, PB. CEP 58800-970- Sousa-PB. ebpjr2@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A pecuária, especialmente a criação de ruminantes, é uma atividade econômica de grande importância para o Nordeste brasileiro, em razão da estabilidade financeira que oferece aos agricultores, devido em anos de seca, suas perdas serem inferiores às verificadas na exploração agrícola (Nóbrega et al., 2011). Viabilizar esta atividade é um desafio que depende da produção de forragens, pois na região ocorrem períodos de disponibilidade elevada de alimentos de boa qualidade, seguidos de outros de extrema escassez (Silva et al., 2013).

Os sistemas de exploração da palma forrageira são influenciados por vários fatores de produção, dentre eles espaçamento de plantio e adubação do solo. Estes, quando manejados racionalmente conduzem o palmar ao alcance de elevada produtividade, evidenciando a importância e a potencialidade desta cactácea como garantia da segurança alimentar dos rebanhos.

O espaçamento de plantio da palma forrageira, como estratégia de manejo, é um fator importante no estabelecimento do palmar por definir a população de plantas, variando de acordo com a fertilidade do solo, quantidade de chuvas, finalidade de exploração e com o consórcio a ser utilizado (Ramos et al., 2011). Vários estudos sobre este tema são observados na literatura, com destaque para Farias et al. (2000), Dubeux Júnior et al. (2006), Alves et al. (2007), Ruiz-Espinoza et al. (2008), Oliveira Júnior et al. (2009), Ramos et al. (2011) e Silva et al. (2013). No entanto, verifica-se que as pesquisas sobre este fator de produção priorizam o crescimento vegetativo e a composição bromatológica da palma forrageira, sendo pouco estudada a sua relação com o desenvolvimento radicular da cultura em destaque.

A baixa disponibilidade de fósforo, comum na maioria dos solos das regiões tropicais, transforma esse elemento em objeto de frequentes pesquisas (Soares et al., 2007). Em diversas culturas tem sido demonstrado que o fósforo exerce grande influência sob o crescimento radicular, no entanto, na cultura da palma forrageira os estudos são, praticamente, inexistentes.

A racionalização do processo de produção agrícola remete a um detalhamento das variáveis envolvidas no sistema produtivo. Sendo assim, as informações sobre raízes de qualquer planta são indispensáveis no planejamento de sistemas de manejo que otimizem a produtividade agrícola (Boni et al., 2008). O valor deste conhecimento decorre da função que as raízes desempenham no processo de absorção de água e nutrientes, elementos vitais para o desenvolvimento da planta (Zúñiga-Tarango et al., 2009).

Deste modo, considerando a importância do sistema radicular, a existência de poucos estudos nesta área, em virtude da utilização de métodos trabalhosos e caros e o potencial significativo que tem a palma forrageira para contribuir com a pecuária do Nordeste brasileiro, este trabalho teve como objetivo avaliar

o desenvolvimento radicular da palma forrageira cultivada sob diferentes doses de superfosfato simples e espaçamentos entre plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido na fazenda experimental Nupeárido (Núcleo de Pesquisas para o Semiárido) pertencente à Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos-PB (07°05'10" N; 37°15'43" O e 242 m de altitude) no período de janeiro de 2011 a janeiro de 2012.

O solo da área experimental classificado como Luvissole Planossólico (Embrapa, 2006) tinha textura arenosa, cujas características químicas, na profundidade de 0-0,20 m, antes da instalação do experimento foram: pH (água 1:2,5) = 5,70; P = 9,00 mg dm⁻³; K = 0,26 cmol_c dm⁻³; Ca = 0,90 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,60 cmol_c dm⁻³; Na = 0,13 cmol_c dm⁻³; Al = 0,00 cmol_c dm⁻³; H+AL = 2,0 cmol_c dm⁻³; SB = 1,89 cmol_c dm⁻³; CTC = 3,89 cmol_c dm⁻³; V = 48,59% e M.O = 5,97 g kg⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com os tratamentos arranjos em esquema fatorial 4 x 4, com três repetições. O primeiro fator constituído de quatro espaçamentos entre plantas (10; 15; 20 e 25 cm) e o segundo por quatro doses de superfosfato simples (10; 15; 20 e 25 g SS planta⁻¹). Cada parcela experimental teve uma área total de 42,50 m² (8,50 m x 5,00 m), com parcela útil de 15,30 m² (5,10 m x 3,00 m). Cinco fileiras ou linhas de plantio foram dispostas transversalmente em cada parcela, espaçadas entre si de 1,70 m.

Uma semana antes do plantio, os sulcos com profundidade de 0,30 m, receberam adubação orgânica com esterco bovino curtido no total de 5 kg m⁻¹ linear (Dubeux Júnior & Santos, 2005) e adubação mineral com superfosfato simples nas quantidades pré-estabelecidas de acordo com os tratamentos.

A variedade de palma forrageira plantada foi a "Gigante" (*Opuntia ficus-indica* Mill), com cladódios provenientes de plantas sadias e vigorosas com massa aproximada de 1,0 kg e colhidas no terço médio da planta. Após o corte e seleção no campo as mudas foram colocadas em repouso, à sombra, pelo período de quinze dias, para cicatrização dos ferimentos feitos no processo de colheita. No ato do plantio, os cladódios foram colocados dentro dos sulcos, na posição vertical, dispostos um após o outro no sentido leste-oeste, com 50% do seu comprimento abaixo do solo e distanciadas conforme o espaçamento definido para cada tratamento.

Durante o desenvolvimento do experimento, três adubações nitrogenadas foram feitas durante o período das chuvas com intervalos de 20 dias. Em cada adubação, foi aplicado 37 g uréia m⁻¹ linear, totalizando 220 kg ha⁻¹ (Santos & Lira, 1998).

Os tratos culturais feitos com a finalidade de manter o palmal livre de plantas invasoras constaram de três capinas sendo a primeira manual e as outras químicas, onde se usou o herbicida glifosato (100 ml pulverizador⁻¹ de 20 litros) na entrelinha de plantio e complementadas com capina manual na linha.

O experimento foi avaliado quanto à característica densidade de raízes, aos 120; 180 e 360 dias após o plantio (DAP). Para tanto, amostras de solo foram coletadas, aleatoriamente, com o trado cilíndrico (3,6 cm x 20,0 cm), com capacidade de extrair amostras indeformáveis até a profundidade de 0,20 m. Em cada parcela, na área útil, duas amostras de solo foram coletadas na linha de plantio, nas profundidades de 0,0-0,10 m e 0,10-0,20 m, em ordem para avaliação do sistema radicular, totalizando em cada época de coleta 192 amostras retiradas da área experimental.

As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas sob refrigeração a -18°C. Por ocasião das avaliações, cada amostra era colocada em copo Becker de 1000 ml, submersa em água por alguns minutos, agitada com bastão de vidro, passada em peneira com malha de 1,0 mm e lavada em água corrente até a completa separação das raízes do solo. Posteriormente, foi efetuada a estimativa do comprimento das raízes, utilizando-se do método das quadrículas proposto Tennant (1975), usando-se uma folha de papel quadriculada com grades de 1,0 cm. Para tal, as raízes foram dispostas ao acaso em placas-de-petri para contagem do número de interseções, estas representadas pelos pontos de cruzamento entre uma raiz e as linhas que formam as grades. O valor foi aplicado na fórmula $CR = 11/14 \cdot N \cdot G$, onde: CR = Comprimento das raízes em cm; N = Número de interseções; G = Tamanho da grade (1,0 cm). Os comprimentos estimados divididos pelo volume das amostras de solo (101,74 cm³) forneceram os resultados de densidade das raízes (DR) com valores expressos em cm cm⁻³.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (Teste F) aos níveis de 0,01 e 0,05 de significância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, através do programa computacional - SISVAR (Ferreira, 2008). Para efeito dos fatores foi realizada análise de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Interação não significativa entre os fatores espaçamentos entre plantas e doses de superfosfato simples foi observada para a característica densidade de raízes na profundidade de 0 - 10 cm, aos 120, 240 e 360 dias após o plantio e na profundidade de 10 - 20 cm aos 360 dias após o plantio. Esses resultados demonstram que os fatores tratamentos tiveram comportamento independente na característica avaliada (Tabela 1).

Tabela 1: Valores de “F” para densidade radicular (DR) da palma forrageira, avaliados nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm na linha de plantio aos 120, 240 e 360 dias após o plantio, em função de diferentes espaçamentos entre plantas e dose de superfosfato simples fornecidas a planta. Patos-PB, 2016.

Fonte de Variação	GL	DR (cm cm ⁻³)					
		120		240		360	
		0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm
Bloco	2	0,03 ^{ns}	3,46 ^{ns}	3,82*	1,44 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,58 ^{ns}
Esp (E)	3	4,22 *	1,92 ^{ns}	2,64 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,88*	1,30 ^{ns}
Doses (D)	3	1,72 ^{ns}	3,24*	0,29 ^{ns}	12,26**	1,62 ^{ns}	4,93**
E x D	9	1,72 ^{ns}	3,24**	1,86 ^{ns}	2,58*	1,99 ^{ns}	1,99 ^{ns}
CV (%)	-	19,84	34,76	24,10	33,67	17,37	29,00

** = p<0,01; * = p<0,05 e ns = não significativo

A densidade radicular da palma forrageira, avaliada aos 120 DAP na profundidade de 0-10 cm foi influenciada pelo espaçamento entre plantas (Figura 1). Pelo estudo de regressão, a maior densidade radicular (1,21 cm cm⁻³) foi obtida no espaçamento entre plantas estimado de 16,5 cm. Espaçamentos maiores que este promoveu menor crescimento radicular da palma forrageira. Observa-se, ainda, que no espaçamento de 10 cm entre plantas a densidade radicular estimada foi de 1,02 cm cm⁻³, resultado este inferior em 17,65 e 12,75% ao registrado nos espaçamentos 15 e 20 cm, respectivamente, e superior em 15,91% o verificado no espaçamento de 25 cm.

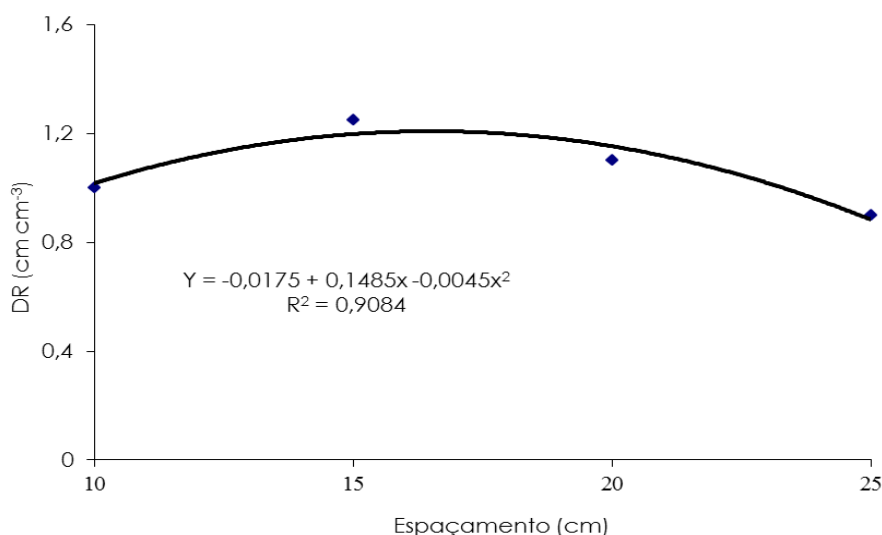


Figura 1: Densidade radicular da palma forrageira, avaliada aos 120 dias após o plantio na profundidade de 0-10 cm, em função de diferentes espaçamentos entre plantas. Patos-PB, 2016.

Aos 360 DAP, a densidade radicular da palma forrageira em função do espaçamento entre plantas na profundidade de 0-10 cm, apresentou dados que se ajustaram ao modelo de regressão quadrática com o valor máximo calculado de $2,35 \text{ cm cm}^{-3}$ no espaçamento de 14,5 cm, decrescendo em seguida até o maior espaçamento de plantio. Foi observado que, aos 10 cm entre plantas a densidade radicular foi de $2,24 \text{ cm cm}^{-3}$, resultado este inferior em 4,91% ao registrado no espaçamento de 15 cm e superior em 2,19 e 26,55% aos valores obtidos em 20 e 25 cm, respectivamente (Figura 2).

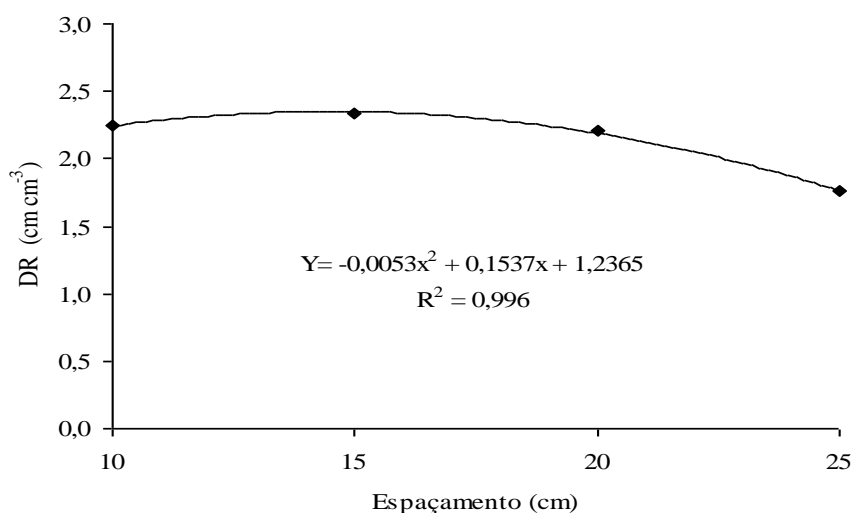


Figura 2: Densidade radicular da palma forrageira, avaliada aos 360 dias após o plantio na profundidade de 0-10 cm, em função de diferentes espaçamentos entre plantas. Patos-PB, 2016.

Quanto à influência dos espaçamentos entre plantas na distribuição radicular da palma forrageira, verificou-se a tendência dos menores espaçamentos registrarem os maiores valores médios de densidade de raízes. Esses resultados indicam que, possivelmente, as melhores respostas em desenvolvimento radicular para a variedade estudada sejam conseguidas com maiores densidades de plantio, devido a maior taxa de recuperação pelas plantas, dos nutrientes aplicados, especialmente aqueles que apresentam maior mobilidade no solo. Também, o maior índice de sombreamento, causado pelo adensamento concorra para o aumento do conteúdo de água no solo contribuindo para que os mecanismos de transporte de nutriente no solo sejam favorecidos, facilitando sua absorção, além do efeito direto de uma maior absorção de água pelas plantas.

Quanto à densidade radicular, aos 360 DAP na profundidade de 10-20 cm, em função das doses de superfosfato simples os dados se ajustaram ao modelo de regressão linear decrescente, onde se verifica que, independentemente do espaçamento entre plantas a maior densidade de raízes ocorreu na menor dose do superfosfato simples fornecida a planta. Este maior valor superou em 12,5; 29,81 e 51,69% a

densidade radicular estimada nos espaçamentos entre plantas de 15, 20 e 25 cm, respectivamente (Figura 3). Este resultado evidencia a eficiência de absorção e aproveitamento do fósforo do solo pela palma forrageira como reflexo da sua adaptação a solos de baixa fertilidade. Snyman (2004), em experimento realizado na África do Sul, verificou que apenas 11% da biomassa total da cultura são raízes. Esta constatação, provavelmente, explique o resultado observado na pesquisa, onde o palmar obteve na menor dosagem de fósforo a quantidade de fotoassimilados necessários ao seu desenvolvimento radicular, ocorrendo nas doses maiores o direcionamento destes para a parte aérea.

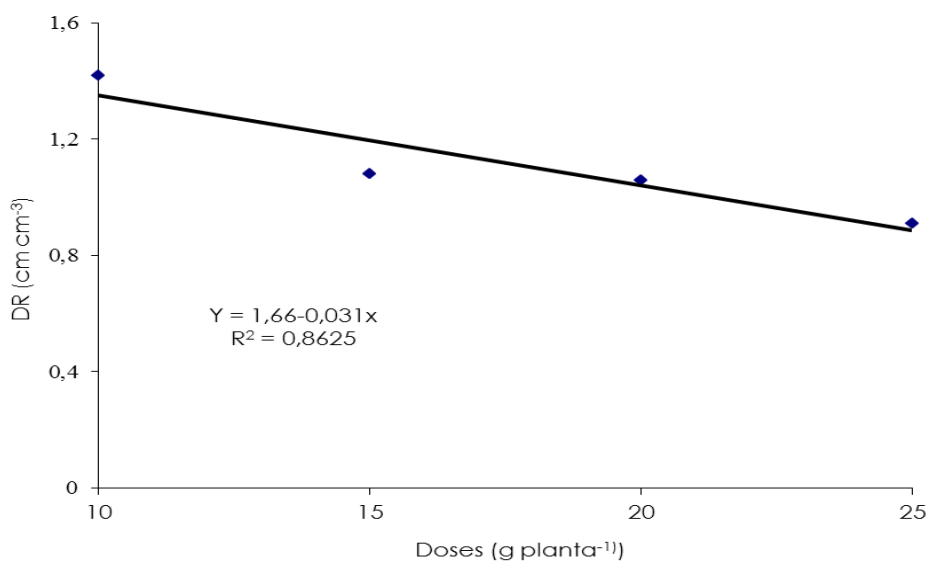


Figura 3: Densidade radicular da palma forrageira, avaliada aos 360 dias após o plantio na profundidade de 10-20 cm, em função de diferentes doses de superfosfato simples fornecidas a planta. Patos-PB, 2016.

Interação significativa entre os fatores espaçamentos entre plantas e doses de superfosfato simples foi observada para a característica densidade de raízes na profundidade de 10 – 20 cm, aos 120 e 240 dias após o plantio, indicando que os fatores atuaram de maneira conjunta (Tabela 1).

Assim, desdobrando-se a interação doses de superfosfato simples dentro de cada espaçamento entre plantas, observou-se redução na densidade radicular da palma forrageira entre a menor e a maior dose de superfosfato simples fornecida à planta da ordem de 0,438; 0,75; 0,855 e 0,363 cm cm⁻³ nos espaçamentos entre plantas de 10; 15; 20 e 25 cm, respectivamente (Figura 4).

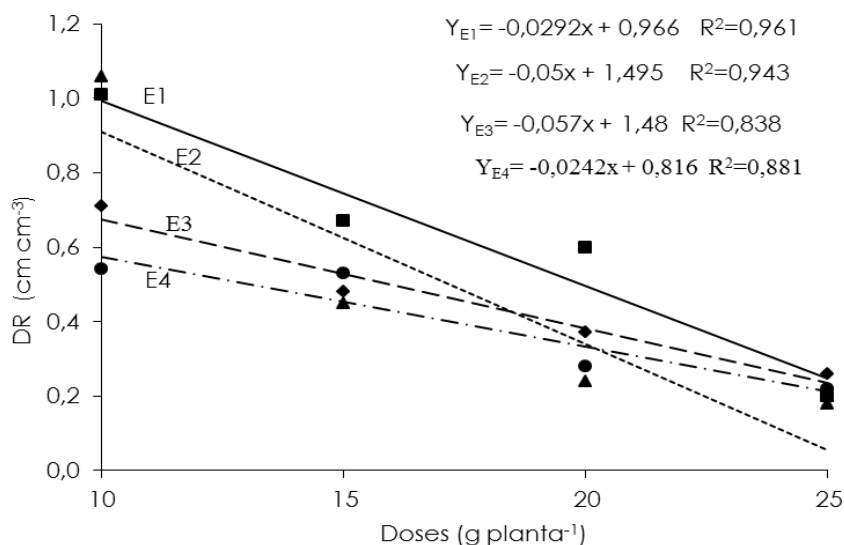


Figura 4: Densidade radicular da palma forrageira, avaliada aos 120 dias após o plantio na profundidade de 10-20 cm, em função de diferentes espaçamentos entre plantas e doses de superfosfato simples fornecidas a planta. Patos-PB, 2016.

Em relação à densidade radicular, aos 240 DAP na profundidade de 10-20 cm, desdobrando-se a interação doses de superfosfato simples dentro de cada espaçamento entre plantas, observou-se redução no valor da característica avaliada entre a menor e a maior dose de superfosfato simples fornecida à planta da ordem de 0,516; 0,843; 0,606 e 0,849 cm cm⁻³ nos espaçamentos entre plantas de 10; 15; 20 e 25 cm, respectivamente (Figura 5).

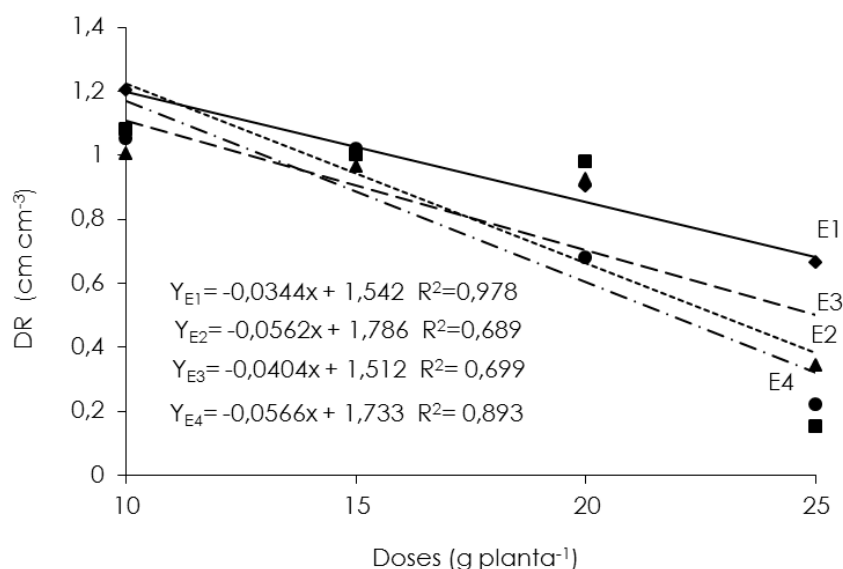


Figura 5: Densidade radicular da palma forrageira, avaliada aos 240 dias após o plantio na profundidade de 10-20 cm, em função de diferentes espaçamentos entre plantas e doses de superfosfato simples fornecidas a planta. Patos-PB, 2016.

Mais uma vez, fica evidenciada a eficiência de absorção e aproveitamento do fósforo do solo pela palma forrageira como reflexo da sua adaptação a solos de baixa fertilidade. Snyman (2004), em experimento realizado na África do Sul, verificou que apenas 11% da biomassa total da cultura são raízes. Esta constatação, provavelmente, explique o resultado observado na pesquisa, onde o palmar obteve na menor dosagem de fósforo a quantidade de fotoassimilados necessários ao seu desenvolvimento radicular, ocorrendo nas doses maiores o direcionamento destes para a parte aérea.

Na Figura 6 pode ser observado que os valores médios de densidade radicular da palma forrageira diminuíram da camada superior para a camada inferior do solo. Assim, é possível verificar que, na profundidade de 0-10 cm, ocorreu a maior concentração de raízes nas três épocas avaliadas.

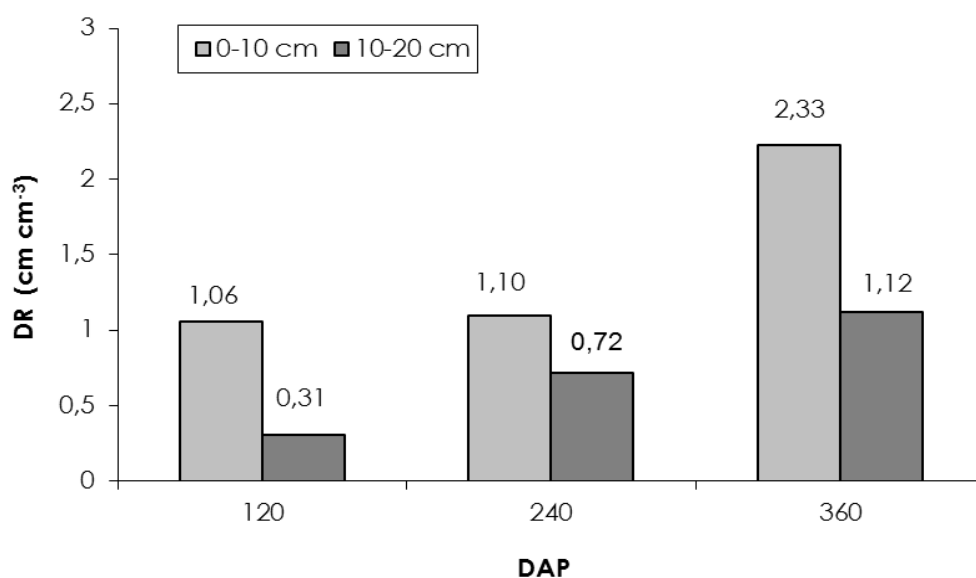


Figura 6: Valores de “F” para densidade radicular (DR) da palma forrageira, avaliados na linha de plantio aos 120, 240 e 360 dias após o plantio, em função de diferentes espaçamentos entre plantas e doses de superfosfato simples fornecidas a planta. Patos-PB, 2016.

Comparando-se os resultados obtidos na profundidade de 0-10 cm com os da profundidade de 10-20 cm, nota-se a superioridade destes em 242; 53 e 108%, respectivamente, para as épocas 120, 240 e 360 dias após o plantio. Estes dados evidenciam a superficialidade do sistema radicular da palma forrageira. Semelhantemente, alguns pesquisadores estudando o sistema radicular desta cactácea, relataram serem superficiais as raízes desta planta. Os autores foram Snyman (2005), Zúñiga-Tarango et al. (2009) e Snyman (2006) que realizaram suas pesquisas na África do Sul, México e África do Sul, respectivamente.

A densidade de raízes pode ser um fator ligado à característica do genótipo e, neste caso específico, estaria também relacionado com o comportamento nutricional, potencial produtivo e capacidade de adaptação às condições de estresse ambiental (Martins et al., 2004).

CONCLUSÕES

A maior concentração de raízes da palma forrageira, na linha de plantio, ocorreu na profundidade do solo de 0-10 cm.

A dose de 10 g planta⁻¹ de superfosfato simples, independentemente do espaçamento entre plantas, proporcionou a maior densidade de raízes.

O maior valor de densidade de raízes foi obtido no espaçamento entre plantas de 15 cm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. N., FARIAS, I., MENEZES, R.S.C., LIRA, M. DE A., SANTOS, D.C. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. **Revista Caatinga**, n. 20, p. 38-44. 2007.

BONI, G., COSTA, C.A.G., GONDIM, R.S., MONTENEGRO, A.A.T., OLIVEIRA, V.H. DE. Distribuição do sistema radicular do cajueiro-anão precoce (clone CCP-09) em cultivo irrigado e sequeiro, Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agrônômica**, n. 39, p.1-6. 2008.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B., SANTOS, M.V.F. DOS. Exigências nutricionais da palma forrageira. In: Menezes, R.S.C., et al. (eds). **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Editora Universitária da UFPE, Recife, Brasil. p. 105-127. 2005.

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** , n.67, p. 357-372. 2006.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, Brasil. 309p. 2006.

FARIAS, I., LIRA, M. DE A., SANTOS, D.C. DOS, TAVARES FILHO, J.J., SANTOS, M.V. F. DOS, FERNANDES, A. DE P. M., SANTOS, V. F. DE. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira, em consórcio com sorgo granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n. 35, p. 341-347. 2000.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino estatístico. **Revista Científica Symposium**, n. 6, p. 36-41. 2008.

MARTINS, L.F. DA S., POGGIANI, F., OLIVEIRA, R.F. DE, GUEDES, M.C., GONÇALVES, J.L. DE M. Características do sistema radicular das árvores de *Eucalyptus grandis* em resposta á aplicação de doses crescentes de biossólido. **Revista Scientia Forestalis** 65: 207-218. 2004.

NÓBREGA, G.H. DA, SILVA, E.M.N. DA, SOUZA, B.B. DE, MANGUEIRA, J.M.. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, n.6: 67-73, 2011.

OLIVEIRA JÚNIOR, S. DE, BARREIRO NETO, M., RAMOS, J.P.F., LEITE, M.L. DE M.V., BRITO, E.A. DE, NASCIMENTO, J.P. DE. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em função do espaçamento no semiárido paraibano. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, n. 3: 7-12. 2009.

RAMOS, J.P. DE F., LEITE, M.L. DE M.V., OLIVEIRA JÚNIOR, S. DE, NASCIMENTO, J.P. DO, SANTOS, E.M.. Crescimento vegetativo de *Opuntia ficus-indica* em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, n.24: 41-48. 2011.

RUIZ-ESPINOZA, F.H., ALVARADO-MENDOZA, J.F., MURILLO-AMADOR, B., GARCIA-HERNÁNDEZ, J.L., PARGAS-LARA, R., DUARTE-OSUNA, J. DE D., BELTRANI-MORALES, F.A., FENECH-LARIOS, L. Rendimiento y crecimiento de nopalitos de cultivares de nopal (*Opuntia ficus-indica*) bajo diferentes densidades de plantación. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, n. 10, p.22-35, 2008.

SANTOS, D.C. DOS, LIRA, M. DE A. Palma forrageira. In: Cavalcante, F.J. de A. (Coord.). **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco**. IPA, Recife, Brasil. p.167. 1998.

SILVA, J.A., BONOMO, P., DONATO, S.L.R., PIRES, A.J.V., SILVA, F.F., DONATO, P.E.R. Composição bromatológica de palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos e adubações químicas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, n.8, p. 342-350. 2013.

SNYMAN, H.A. **Effect of various water application strategies on root development of *Opuntia ficus indica* and *Opuntia robusta* under greenhouse growth conditions**. 2004. <http://www.jpacd.org/v6/snyman3nl.pdf>< Acesso em 08 nov. 2015>.

SNYMAN, H.A. **A case study on in situ rooting profiles and water use efficiency of cactus pears, *Opuntia ficus indica* and *Opuntia robusta***. 2005. <http://www.jpacd.org/v7/v7p1215snymo.pdf> < Acesso em 20 nov. 2015>.

SNYMAN, H.A. **Root distribution with changes in distance and depth of two year old cactus pears *Opuntia ficus indica* and *Opuntia robusta* plants**. 2006. <http://www.agritv.co.za>< Acesso em 20 nov. de 2015>.

SOARES, I., LIMA, S.C., CRISÓSTOMO, L.A. Crescimento e composição mineral de mudas de gravioleira em resposta a doses de fósforo. **Revista Ciência Agrônômica**, n.38, p. 343-349, 2007.

TENNANT, D.. A test of a modified line interest method of estimating root length. **Journal Ecology**, n. 63, p.995-1001, 1975.

ZÚÑIGA-TARANGO, R., ORONA-CASTILLO, I., VÁZQUEZ-VÁZQUEZ, C., MURILLO-AMADOR, B., SALAZAR-SOSA, E., LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.D., GARCÍA-HERNANDÉZ, J.L., RUEDA-PUENTE, E. Desarrollo radical, rendimiento y concentración mineral en nopal *Opuntia ficus indica* (L) Mill en diferentes tratamientos de fertilización. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, n. 11, p. 53-68, 2009.