

Distribuição do sistema radicular de citros submetido a doses de nitrogênio e cobertura do solo com leguminosas

FERNANDO LUIS DULTRA CINTRA¹, JOÉZIO LUIZ DOS ANJOS², ROBERTO ALVES DE SOUZA³ & CAMILA RODRIGUES CASTRO⁴

RESUMO – Buscou-se com este trabalho avaliar a distribuição do sistema radicular de laranjeira ‘Pera’ sobre limoeiro ‘Cravo’ em função da redução parcial ou total da adubação nitrogenada, na presença de leguminosas fixadoras de nitrogênio (N). O estudo foi conduzido em Argissolo Amarelo distrófico dos tabuleiros costeiros do centro sul de Sergipe em delineamento de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas com três repetições, tendo como tratamentos: 100 % de N, 0 % de N + *Crotalaria juncea*, 0 % de N + *Canavalia ensiformis*, 25 % de N + *C. juncea*, 25 % de N + *C. ensiformis*, 50 % de N + *C. juncea*, 50 % de N + *C. ensiformis*, 0 % de N e seis camadas de solo com dimensões de 0,05m x 1,8m (0,09 m²) até 0,30 m de profundidade. Para quantificação das raízes utilizou-se o método da trincheira com exposição das raízes em quadrículas de 0,20 m x 0,20 m, as quais, após fotografadas, foram submetidas ao software SIARCS para medição do comprimento das raízes. Concluiu-se que o uso de leguminosas nas entrelinhas do pomar contribui para expansão do sistema radicular de citros quando cultivada sem adubação nitrogenada ou com dose mínima de N, que o plantio de leguminosas não favorece o aprofundamento do sistema radicular de citros além de 0,20 m e que a aplicação de N mineral exclusivo, tem maior efeito na produção de raízes do que quando combinado com leguminosas nas entrelinhas.

Palavras-Chave: tabuleiros costeiros; fixação de N, solo coeso

Introdução

Os solos predominantes da região citrícola de Sergipe, Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos, foram desenvolvidos a partir de sedimentos da Formação Barreiras e caracterizam-se por mineralogia predominantemente caulínica e pela presença de camadas coesas subsuperficiais. Estas características resultam em solos de baixa fertilidade natural, geralmente ácidos, com baixa capacidade de retenção de água e nutrientes e elevada resistência mecânica à penetração de raízes.

A citricultura desenvolvida nos tabuleiros costeiros do norte do estado da Bahia e centro sul de Sergipe, os quais apresentam características similares, ocupa área de 103.559 ha cuja produção corresponde a 11% da produção nacional

com grande repercussão social e econômica [1]. Entretanto, a produtividade média geralmente é baixa, quase sempre, inferior 20 t ha⁻¹ [2].

Entre os fatores responsáveis pela baixa produtividade dos pomares, encontram-se a presença de camadas coesas nos solos, as quais respondem por parte significativa da restrição ao aprofundamento das raízes e a baixa disponibilidade de nutrientes essenciais, entre os quais se destaca o nitrogênio, nutriente de grande importância na produtividade do citros e cujo uso intensivo na sua forma química, tem gerado preocupações no âmbito energético e ambiental.

Para reduzir a participação de N mineral nos sistemas produtivos de citros uma das alternativas é a utilização de leguminosas nas entrelinhas dos pomares. Esta prática tem se mostrado viável não só para suprir as plantas cítricas nitrogênio fixado biologicamente, como também, para promover aporte de matéria orgânica na camada superficial do solo, controlar o mato e melhorar a estrutura do solo, favorecendo assim, o aprofundamento das raízes.

Segundo Cintra [3], 90 % das raízes de citros cultivado na região produtora de Sergipe, estão concentradas nos primeiros 40 cm de profundidade sendo que, em torno de 60% delas, até 20 cm. Moreira [4] destaca percentuais de 75 e 94 % das radículas do limoeiro ‘Cravo’ até 2 m em relação ao tronco e 50% de todas as raízes a 15cm da superfície do solo. Carvalho et al. [5], encontraram a seguinte distribuição das raízes de citros em Latossolo Amarelo manejado com feijão-de-porco e subsolagem: 38,7 % até 0,2 m de profundidade, 51,2 % até 0,4 m e 66 % até 0,6 m. No mesmo pomar manejado convencionalmente, os percentuais obtidos foram: 51,9 % até 0,2 m, 74,1 % até 0,4 m, e 76,7 % até 0,6 m.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição lateral e em profundidade do sistema radicular de laranja ‘Pêra’ sobre limoeiro ‘Cravo’ em pomar manejado com substituição total ou parcial do nitrogênio mineral, por nitrogênio fixado biologicamente por leguminosas.

Material e Métodos

O experimento foi instalado no município de Umbaúba, SE, em Argissolo Amarelo distrófico com

¹ Primeiro Autor é pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros Av. Beira Mar, 3250, Aracaju, SE, CEP 49001-970. E-mail: fcintra@cpac.embrapa.br

² Segundo Autor é pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros Av. Beira Mar, 3250, Aracaju, SE, CEP 49001-970.

³ Terceiro Autor é Assistente de pesquisa, responsável técnico pelo Laboratório de Física do solo da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira Mar, 3250, Aracaju, SE, CEP 49001-970.

⁴ Quarto Autor estudante de agronomia da UFS, estagiária da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira Mar, 3250, Aracaju, SE, CEP 49001-970.

fragipã A moderado textura média fase floresta subperenifólia relevo plano, cujas coordenadas geográficas são 11° 22' 37" de latitude sul, 37° 40' 26" de longitude oeste, altitude média de 109 m. O clima, segundo a classificação de Köppen, é caracterizado como As' tropical chuvoso com verão seco, temperatura média de 24,1°C, umidade relativa de 81,4 % e precipitação pluvial média de 1.300 mm

O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas tendo nas parcelas os tratamentos: 100 % de N mineral, 0 % de N mineral + *Crotalaria juncea*, 0 % de N mineral + *Canavalia ensiformis*, 25 % do N mineral + *C. juncea*, 25 % do N mineral + *C. ensiformis*, 50 % do N mineral + *C. juncea*, 50 % de N mineral + *C. ensiformis*, 0 % de N mineral e nas subparcelas as profundidades de distribuição das raízes: : 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,15, 0,15-0,20, 0,20-0,25, 0,25-0,30 m. As leguminosas foram plantadas nas entrelinhas de pomar de laranja 'Pêra' (*Citrus sinensis* L. Osb.) enxertada sobre limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* L. Osb.) implantado em 1994, no espaçamento 6 m x 4 m.

A metodologia utilizada para avaliação do sistema radicular das plantas se baseou na técnica de processamento e análise de imagens digitais para determinação do comprimento de raízes expressa em centímetros de raízes por 0,09 m² de quadrícula com dimensões de 0,05 m de profundidade x 1,8 m de distância lateral e nas recomendações práticas para aquisição das imagens no campo e para utilização do SIARCS[6].

Foram abertas duas trincheiras por planta e por repetição de cada tratamento sendo uma na direção da linha e outra da entrelinha com dimensões de 2,0 m de comprimento x 1,5 m de largura x 0,7 m de profundidade. Após a abertura, foi feito o nivelamento da trincheira para deixá-la o mais plano possível e distante 0,2 m do tronco da laranja.

As etapas seguintes constaram de escarificação da parede da trincheira com rolo de prego para exposição das raízes, seguido de corte com tesoura para deixá-las com mais ou menos 2 cm e pintura de cada raiz com esmalte sintético; no caso optou-se pelo tom vermelho para obtenção do melhor contraste possível entre as raízes e o solo.

Por fim colocou-se uma grade com dimensões de 1 m de largura e 0,8 m de altura, subdividida com barbante, em quadrículas de 0,2 m x 0,2 m, as quais foram utilizadas para delimitar a área das raízes a ser fotografada com máquina digital. As imagens assim obtidas foram armazenadas e analisadas utilizando como ferramenta o software SIARCS para medição do comprimento das raízes

Os resultados obtidos, em comprimento (cm) de raízes por área da quadrícula, foram submetidos à análise de variância segundo modelo de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas estando nas parcelas a distribuição das raízes em profundidade e, nas subparcelas, os tratamentos doses de N + leguminosas. Para comparação das médias utilizou-se o teste de Tukey ao nível de 5 %.

Resultados e Discussão

Verifica-se na Figura 1 que, em torno de 90 % das raízes das plantas, independentemente dos tratamentos aplicados,

distribuíram-se no raio de 1,80 m em relação ao tronco da laranja coincidindo com o limite médio da copa das árvores. Com base nesta constatação, optou-se pela análise e apresentação dos resultados tendo como referência apenas a distribuição das raízes em profundidade, em camadas de solo com 0,05 m de altura por 1,8 m de comprimento (área de 0,09 m²). Em estudos com porta enxerto de citros conduzidos, por Cintra [3,7], também foi verificado que as raízes concentraram-se na área de projeção da copa com 2 m de raio.

Verifica-se na Figura 2 que 71 % das raízes localizam-se até 0,20 m de profundidade e 88 % até 0,30 m, independentemente dos tratamentos aplicados. Estes resultados condicionaram a realização das análises estatísticas tomando como referência a camada de solo entre 0,00 e 0,30 m, segmentada em seis profundidades.

A interpretação do quadro da análise variância apresentado na Tabela 1, indica que houve diferenças significativas para efeito de tratamentos e profundidades, ao nível de 1 % de probabilidade, e que não houve diferença significativa para a interação dessas variáveis.

Quanto à comparação das médias de profundidade apresentadas na Tabela 2, verifica-se que as camadas de solo 0,05-0,10 e 0,10-0,15 foram iguais entre si e diferiram significativamente (P<0,01) das demais camadas, confirmando a tendência para superficialização do sistema radicular das plantas cítricas independentemente dos tratamentos aplicados. Situação similar foi encontrada por Moreira [4] o qual relata em seus estudos que entre 75 e 94 % das radículas do sistema radicular do limoeiro 'Cravo' situavam-se até 2 m em relação ao tronco e que, 50% de todas as raízes, localizaram-se nos primeiros 15 cm do solo.

Vale destacar ainda na Tabela 2, que a maior concentração das raízes na faixa de profundidade entre 0,05 m e 0,20 m coincide com a camada de solo localizada acima da camada coesa. Esta camada fortemente adensada que se situa, em geral, ao redor de 0,20 m de profundidade é comum nos solos da região centro sul do estado de Sergipe [8] e se constitui em um dos principais fatores restritivos ao aprofundamento das raízes de citros. Quanto à baixa quantidade de raízes produzida entre 0,00-0,05 m, acredita-se que esteja relacionada à textura muito arenosa da superfície do solo, a qual, deve contribuir para acentuar o estresse hídrico e o déficit de umidade a que as plantas são submetidas durante a estação seca.

A comparação entre as médias dos tratamentos quanto ao comprimento de raízes por área de quadrícula (0,05 m de altura x 1,8 m de comprimento), é apresentada na Tabela 3. Verifica-se nesta tabela que a adubação nitrogenada exclusiva (100% de N) foi superior estatisticamente (P<0,01) aos tratamentos com os níveis mais altos de nitrogênio (50 %) associados às duas leguminosas testadas: *Canavalia ensiformis* e *Crotalaria juncea*.

Estes resultados sugerem que houve inibição da fixação biológica pelas leguminosas na presença das doses mais elevadas de N e que esta inibição interferiu na quantidade de raiz produzida. Essa pressuposição é apoiada pela ausência de diferença significativa entre as médias dos tratamentos com 100 % de N e aqueles sem nitrogênio (0 % de N) associado às leguminosas *Canavalia ensiformis* e *Crotalaria juncea* ou com 25 % de N, sendo que, neste caso, apenas com a *Canavalia ensiformis*.

Em estudos conduzidos com feijão-caupi por Xavier et al. [9], observou-se que a aplicação de pequena dose de N proporcionou incremento na massa dos nódulos já formados. Estes autores citam TSAI et al. [10], os quais concluíram que embora o crescimento dos nódulos seja sensível ao excesso de N, pequenas doses podem estimular tanto o crescimento da planta como aumentar a massa de nódulos produzidos.

Na Figura 3 verifica-se o distanciamento da curva do tratamento que recebeu 50 % de nitrogênio, na presença de leguminosas, daquelas com 25 % de N e, principalmente, 0 % de N, na quantidade de raízes produzida pelas laranjeiras.

Na Figura 4 pode-se observar que a quantidade de raízes produzida pelo tratamento 100 % de N na camada do solo entre 0,00 a 0,20 m, se sobressai em relação aos demais tratamentos demonstrando, assim, o efeito positivo deste tratamento na configuração do sistema radicular das laranjeiras. Vale ressaltar que esta dose representa a quantidade de N mineral suficiente para suprir a necessidade das plantas. Observa-se ainda nesta Figura que a associação de baixos níveis de N (0 % e 25 %) com as leguminosas *Canavalia ensiformis* e *Crotalaria juncea*, também contribuiu para produção relativa elevada de raízes em quantidade muito inferior ao tratamento 100 % de N, porém, bem superior à quantidade de raízes produzida nos tratamentos 50 % de N + leguminosas.

A importância do suprimento de N na produção de raízes das plantas cítricas é ressaltada na Figura 5 na qual comparou-se o efeito de N (parcelas com 100 % de N) em relação a testemunha, sem N e sem leguminosa. Pode-se verificar que no tratamento 100 % de N, onde a demanda teórica de nitrogênio para a planta foi suprida, a quantidade de raízes produzida, é muito superior ao tratamento sem nitrogênio. Vale ressaltar, no entanto, que, nem sempre, maior volume de raízes produzido pelas plantas está associado à maior tolerância das mesmas a déficits hídricos. A depender do ecossistema, caso dos tabuleiros costeiros, onde o regime climático submete as plantas cítricas a um período de déficit hídrico entre cinco a seis meses seguidos, maior volume de raízes poderá significar esgotamento mais rápido das reservas de água do solo submetendo as plantas a estresse hídrico mais rápido e por período mais longo [7].

Conclusões

Com base nos resultados obtidos e considerando as características edafoclimáticas da região estudada, pode-se concluir que:

O uso de leguminosas nas entrelinhas do pomar contribui para expansão do sistema radicular de citros quando

cultivada sem adubação nitrogenada ou com dose mínima de N.

O plantio de leguminosas nas entrelinhas de pomar não favorecem o aprofundamento do sistema radicular além de 0,20 m, tanto na presença quanto na ausência de nitrogênio mineral.

O nitrogênio mineral aplicado em quantidade suficiente para suprir a necessidade da planta cítrica tem maior efeito na produção de raízes do que combinado com leguminosas nas entrelinhas.

Agradecimentos

Agradecimentos especiais aos funcionários da Estação Experimental de Umbaúba da Embrapa Tabuleiros Costeiros pela dedicação e entusiasmo.

Referências

- [1] SOUZA, L. D.; CUNHA SOBRINHO, A. P.da; RIBEIRO, L. da S.; SOUZA, L.da S. & LEDO, C. A. da S. 2004. Avaliação de plantas cítricas em diferentes profundidades de plantio em Latossolo Amarelo dos tabuleiros costeiros. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26: 241-244
- [2] REZENDE, J. de O. 2002. *Citricultura nos Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros: análise e sugestão*. Salvador: SEAGRI/SPA., 97p. (Série Estudos Agrícolas; 3)
- [3] CINTRA, F.L.D. 2001. Distribuição do sistema radicular na presença de horizontes coesos. In: CINTRA, F.L.D.; ANJOS, J.L.& MELLO IVO, W.M.P. (Eds) *Workshop Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros*. Aracaju. EMBRAPA –CPATC., p.19-46.
- [4] MOREIRA, C.S. 1992. O sistema radicular das plantas cítricas. In: *Seminário Internacional de Citos-Fisiologia*, 2., Bebedouro. *Anais*. Campinas: Fundação Cargill, p.182-186.
- [5] CARVALHO, J.E.B.; SOUZA, L.S.; JORGE, L.A.C.; RAMOS, W.F.; COSTA NETO, A.O.; ARAÚJO, A.M.A.; LOPES, L.C.& JESUS, M.S. 1999. Manejo de coberturas do solo e sua interferência no desenvolvimento do sistema radicular da laranja Pêra. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 21: 140-145.
- [6] JORGE, L.A.C.; RALISCH, R.; ABI SAAB, J.G.; MEDINA, C.C.; GUIMARÃES, M.F.; NEVES, C.S.V.J.; CRESTANA, S.; CINTRA, F.L.D.; BASSOI, L.H. & FERNANDES, S.B.V. 1996. Aquisição de imagens de raízes. In: JORGE, L.A.C. (Ed) *Recomendações práticas para aquisição de imagens digitais analisadas através do SIARCS*. São Carlos: EMBRAPA, CNPDIA, 1996. cap.1. (Circular Técnica, 1).
- [7] CINTRA, F. L. D.; LIBARDI, P. L. & JORGE, L. A. C. 1999. Distribuição do sistema radicular de porta-enxerto de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro *Revista Brasileira de Fruticultura*, 21: 313-317.
- [8] CINTRA, F. L. D. & LIBARDI, P. L. 1998. Caracterização física de uma classe de solo do ecossistema de tabuleiro costeiro. *Scientia Agricola*, 55: 367-378.
- [9] XAVIER, T. F.; ARAÚJO, A. S. F. de; SANTOS, V. B. dos; & CAMPOS, F. L. 2008. Inoculação e adubação nitrogenada sobre a nodulação e a produtividade de grãos de feijão-caupi. *Ciência Rural*, 38:2037-2041.
- [10] TSAI, S.M. et al. 1993. Minimizing the effect of mineral nitrogen on biological nitrogen fixation in common bean by increasing nutrient levels. *Plant and Soil*, 152:131-138.

Tabela 1. Quadro da análise de variância dos tratamentos testados.

Causas de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Profundidade	5	171089,01	34217,80	69,27	0,0000
Repetições	2	4016,41	2008,20	4,06	0,0510
Erro1	10	4939,88	493,98		
Tratamentos	7	82680,67	11811,52	5,61	0,0000
Prof. x Trat.	35	83887,51	2396,78	1,13	0,3086
Erro2	84	176694,94	2103,51		
Total corrigido	143	523308,45			
CV 1	24,14				
CV 2	49,82				
Média Geral	92,05	Número de observações 144			

Tabela 2. Comparação das médias dos tratamentos de profundidade (comprimento de raízes em cm por área de quadrícula de 0,09 m² (0,05 m de profundidade x 1,8 m de distância lateral), independentemente dos tratamentos de doses de N e leguminosas.

Profundidade (m)	Médias
0,25-0,30	44,24 a1
0,20-0,25	63,45 a1 a2
0,00-0,05	73,82 a2
0,15-0,20	101,96 a3
0,10-0,15	134,10 a4
0,05-0,10	134,78 a4

Valores das médias com letras iguais não diferem significativamente P > 0,05 pelo teste de Tukey

Tabela 3. Comparação das médias dos tratamentos doses de N e leguminosas (comprimento de raízes em cm por área de quadrícula de 0,54 m²: 1,8 m de distância lateral x 0,30 m de profundidade, independente dos tratamentos de profundidade.

Tratamentos	Médias
<i>Crotalaria juncea</i> + 50 % de N	60,78 a1
<i>Canavalia ensiformis</i> + 50 % de N	63,52 a1
<i>Crotalaria juncea</i> + 25 % de N	82,93 a1
0 % de N	90,46 a1
<i>Canavalia ensiformis</i> + 0 % de N	95,29 a1 a2
<i>Canavalia ensiformis</i> + 25 % de N	96,08 a1 a2
<i>Crotalaria juncea</i> + 0 % de N	105,14 a1 a2
100% de N	142,23 a2

Valores das médias com letras iguais não diferem significativamente P > 0,05 pelo teste de Tukey

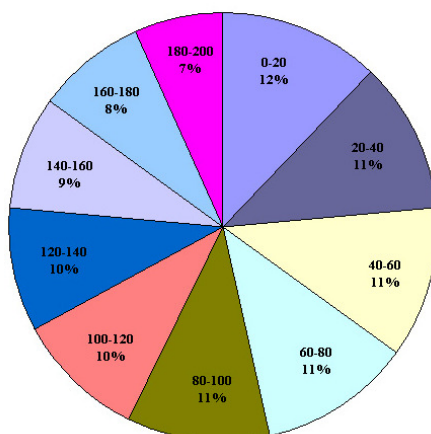


Figura 1. Distribuição lateral do sistema radicular das laranjeiras independentemente dos tratamentos aplicados

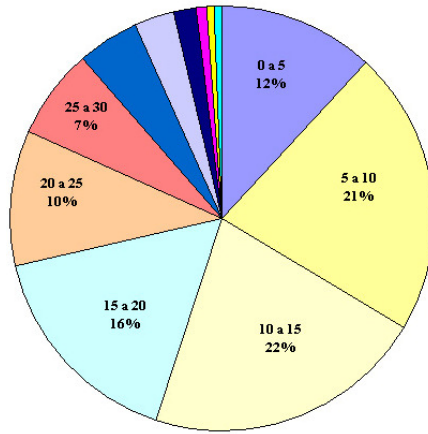


Figura 2. Distribuição em profundidade do sistema radicular das laranjeiras independente dos tratamentos aplicados.

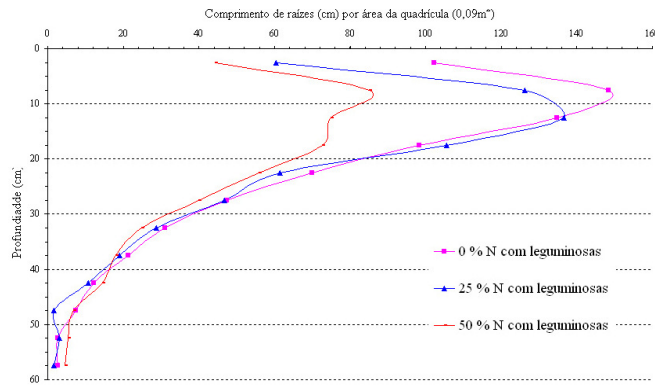


Figura 3. Distribuição das raízes em profundidade em função das doses de nitrogênio, independente do efeito individual de cada leguminosa testada

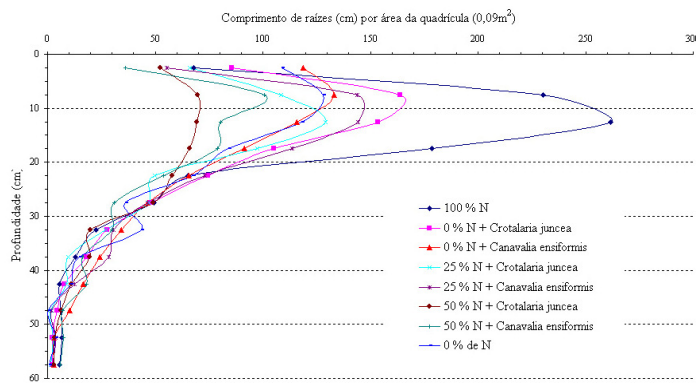


Figura 4. Distribuição em profundidade das raízes de citros em função de doses de N associadas às leguminosas *Canavalia ensiformis* e *Crotalaria juncea*

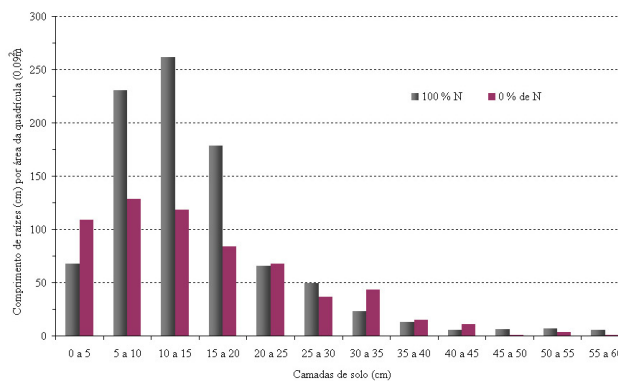


Figura 5. Distribuição do sistema radicular em profundidade na presença e ausência de N mineral.