

ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS E SUA RELAÇÃO COM O CRESCIMENTO RADICULAR EM CULTURA DE CITROS SOB DIFERENTES PREPAROS

MARINA P. CARNEIRO¹, ZIGOMAR M. DE SOUZA², RONNY S. BARBOSA³,
CAMILA V. VIEIRA FARHATE⁴.

¹Eng^a Agrônoma, Mestranda em Engenharia Agrícola (Água e solo), FEAGRI-UNICAMP/Campinas-SP, Fone: (11) 99197-4180, cmarinapedroso@gmail.com

²Eng^o Agrônomo, Professor Associado, FEAGRI-UNICAMP/Campinas-SP

³Eng^o Agrônomo, Professor Doutor, UFPI-CPCE/Bom Jesus - PI

⁴Eng^a Agrônoma, Pós-Doutoranda, UNESP-FCA /Jaboticabal-SP

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: No estado de São Paulo ainda não existe um sistema de preparo e manejo do solo para o setor de citros e por esse motivo empresas têm desenvolvido alternativas em busca de melhores condições físicas do solo para desenvolvimento radicular das culturas cítricas. O objetivo dessa pesquisa foi identificar quais os atributos físicos e químicos do solo sob diferentes preparos possuem maior influência no crescimento e desenvolvimento das raízes na cultura da laranja utilizando técnicas de indução de árvores de decisão e seleção de atributos. Foram avaliados os atributos físicos e químicos como: densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, umidade gravimétrica, diâmetro médio ponderado, resistência do solo a penetração, soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%), pH, cátions trocáveis (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺), fósforo disponível (P), potencial de acidez (H⁺ + Al³⁺) e análise de micronutrientes sendo o cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) quantificados. O sistema radicular foi quantificado e analisado através de imagens digitais. Foram avaliadas quatro abordagens para seleção de atributos: sem seleção de atributos, seleção de atributos baseado em correlação (CFS), método do Qui-quadrado (χ^2) e a abordagem Wrapper. Para a classificação dos dados foi utilizada a técnica de indução de árvore de decisão binária disponível no software Weka 3.6. O uso da tríple operação, equipamento desenvolvido pela empresa Fisher Citrosuco e empresas parceiras mostrou melhores resultados para o crescimento e desenvolvimento radicular. Além disso, a presença de cobre em níveis que não apresentaram toxidez para a planta influenciou positivamente para um alto desenvolvimento das raízes da cultura da laranja.

PALAVRAS-CHAVE: Tríple Operação, Cobre, laranja (*citrus sinenses*).

PHYSICAL AND CHEMICAL ATTRIBUTES AND ITS RELATIONSHIP TO RADICULAR GROWTH IN THE CITRUS CULTURE UNDER DIFFERENT TILLAGES

ABSTRACT In the state of São Paulo, there is still no soil preparation and management system for the citrus sector, and for this reason companies have developed alternatives in search of better soil physical conditions for root development of citrus crops. The objective of this research was to identify which physical and chemical attributes of the soil under different tillage have a greater influence on the growth and development of the roots in the orange crop using decision tree induction and attribute selection techniques. The physical and chemical attributes such as: soil density, macroporosity, microporosity, total porosity, gravimetric

moisture, weighted average diameter, soil penetration resistance, sum of bases (SB), cation exchange capacity (CTC), saturation (P +), acidity potential (H + + Al + 3) and analysis of micronutrients being copper (Cu), iron (V), pH, exchangeable cations (Ca +2, Mg +2, K + (Fe), manganese (Mn) and zinc (Zn) quantified. The root system was quantified and analyzed using digital images. Four approaches to attribute selection were evaluated: no attribute selection, correlation-based attribute selection (CFS), Chi-square method (χ^2), and Wrapper approach. For data classification, the binary decision tree induction technique was used in the Weka 3.6 software. The use of the triple operation, equipment developed by the company Fisher Citrusuco and partner companies showed better results for growth and root development. In addition, the presence of copper at levels that did not present toxicity to the plant influenced positively to a high development of the roots of the orange crop.

KEYWORDS: Triple operation, Copper, orange (*citrus sinensis*).

INTRODUÇÃO: Os sistemas de manejo agrícola para a implantação e condução de pomares comerciais podem interferir no solo afetando atributos físicos, químicos e conseqüentemente o desenvolvimento das raízes. As atividades agrícolas geram modificações no solo, principalmente relacionadas a estrutura (PEDROTI *et al.*, 2009), a condição em que ele se encontra e o desenvolvimento das raízes na citricultura, está ligada ao manejo e preparo que foi utilizado para implantar o pomar. As plantas cítricas no geral possuem sistema radicular grosseiro e esparso, desprovido de pelos radiculares, o que torna crucial o fornecimento de nutrientes no início do desenvolvimento da planta (ORTAS *et al.*, 2014). Ainda não existe um sistema de preparo e manejo do solo estabelecido no Estado de São Paulo para o setor de citros, e devido à essa necessidade a empresa Fisher Citrusuco e empresas parceiras desenvolveram um sistema de preparo do solo chamado de tríplice operação que proporciona melhores condições físicas para o desenvolvimento radicular da cultura de laranja. Considerando o exposto, faz-se necessário o estudo das características físicas e químicas do solo, assim como o estudo dos diferentes preparos para instalação do pomar, identificando quais melhores condições para o crescimento das raízes. Desse modo, o objetivo deste estudo foi identificar os atributos físicos e químicos do solo sob diferentes preparos que influenciam nas melhores condições para o crescimento e desenvolvimento radicular da cultura da laranja, utilizando técnicas de indução de árvores de decisão e seleção de atributos.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi conduzido em área experimental da empresa Fisher Citrusuco e de empresas parceiras, na região de Avaré, estado de São Paulo. O experimento foi realizado em junho de 2010, após cerca de três anos do plantio. O solo da área é classificado como Latossolo – Vermelho (SANTOS *et al.*, 2018) no qual são conduzidos pomares de laranja do tipo “Valência” enxertada com “Swingle”. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três sistemas de preparos: Preparo Reduzido, Subsolador e Tríplice Operação. Em cada sistema de preparo do solo, foram abertas três trincheiras distanciadas a cada 0,5 m da linha de plantio, com dimensões de 2,0 m de largura, 2,0 m de comprimento e 3,5 de profundidade, no qual foram coletadas amostras deformadas e indeformadas em duas posições: Linha de plantio e projeção da copa das plantas. O sistema radicular foi analisado e quantificado a partir de imagens digitais, utilizando Software SIARCS, versão 3.0, sendo coletadas até 1,0 m de profundidade de acordo com metodologia estabelecida por Jorge (2008). As análises físicas de densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total e umidade gravimétrica foram realizadas de acordo com metodologia da Embrapa (TEIXEIRA *et al.*, 2017). O diâmetro médio ponderado foi feito pela metodologia de Kemper e Chepil (1965) e a resistência do solo a penetração por Stolf (1991). Determinou-se a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (SB), pH, cátions trocáveis (Ca⁺², Mg⁺², K⁺), fósforo disponível (P), potencial de

acidez ($H^+ + Al^{3+}$), de acordo com Rajj *et al.* (2001). Os micronutrientes, cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) foram extraídos com solução de ácido dietilenopentacético (DTPA) a pH 7,3 conforme descrito por Lindsay e Norwell (1978). Para a determinação do teor de carbono orgânico no solo, foi utilizado o método de Walkley-Black para a leitura do carbono orgânico total (TEIXEIRA *et al.*, 2017). O atributo-meta (alvo da classificação) foi considerada o desenvolvimento radicular da cultura da laranja. Para identificar diferentes níveis de desenvolvimento radicular, foi realizada uma discretização do atributo-meta. Para isso, os dados de raiz foram ordenados de forma crescente e divididos igualmente em três classes de respiração do solo: baixa, média e alta. Para identificar os atributos mais relevantes foi utilizada uma seleção de atributos com quatro abordagens: sem seleção de atributos, seleção de atributos baseado em correlação (CFS), método do Qui – quadrado (χ^2) e teste de Wrapper. Para a classificação dos dados foi utilizado o método de árvore de decisão binária induzida no software Weka 3.6. O algoritmo de indução utilizado foi o J48, amplamente conhecido como C4.5, desenvolvido por Quinlan (1993).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Dentre métodos de seleção de atributos aplicados, a melhor opção foi o subconjunto selecionado pela abordagem Wrapper, pois segundo os resultados obtidos o valor de acurácia foi de aproximadamente 80% e número de regras foi baixo, apresentando 20 regras. Além disso, a estatística Kappa, apresentou valor de 0,69 demonstrando uma classificação “muito boa”, conforme demonstrado por Landis e Koch (1977). Dentre os 26 atributos, o método de Wrapper selecionou apenas três: sistema de preparo, profundidade e teores de cobre (Figura 1). De acordo com os resultados obtidos, notou-se que a taxa de crescimento de raízes mostrou-se alta devido ao preparo do solo com a tríplice operação que consiste em um preparo do solo com realização simultânea das práticas de adubação do sulco, de subsolagem e da construção do canteiro de plantio. Essas operações, possibilitaram um menor tráfego de máquinas e implementos agrícolas que em excesso resultam em compactação generalizada, causando degradação do solo (ESTEBAN *et al.*, 2019), e conseqüentemente impedimento mecânico para crescimento das raízes. A subsolagem também realizada na tríplice operação pode efetivamente melhorar as propriedades físicas do solo (HANG *et al.*, 2018). De acordo com a árvore de decisão gerada as concentrações maiores que $0,7 \text{ mg kg}^{-1}$ de cobre presente no solo também mostraram ser favoráveis para o crescimento e desenvolvimento das raízes. Esse micronutriente quando em concentrações que não geram fitotoxidez para a planta é essencial para o seu metabolismo e desempenha papel em vários processos fisiológicos como fotossíntese, respiração e síntese de proteínas e carboidratos (SAGLAM *et al.*, 2016).

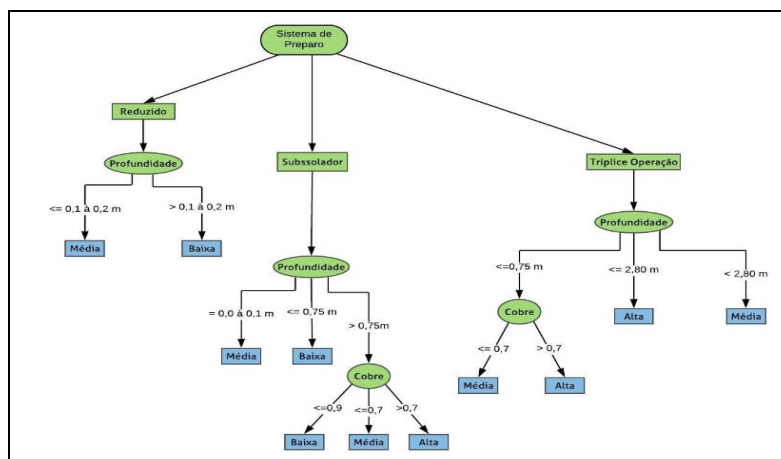


FIGURA 1. Árvore de decisão para atributos preditivos relacionados ao volume e crescimento de raízes da cultura da laranja instalada na área experimental da empresa Fisher Citrosuco da cidade de Avaré – SP, Brasil.

CONCLUSÕES: O preparo do solo utilizando a tríplice operação desenvolvida pela empresa Fisher Citrusuco gerou melhores resultados no desenvolvimento e crescimento radicular na cultura da laranja do tipo “Valência” enxertada com “Swingle” presente na área experimental. Além disso, a presença de cobre no solo em níveis que não geraram toxidez para a cultura mostrou-se favoráveis para o desenvolvimento radicular das plantas.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem o apoio financeiro da Capes/Cnpq pela concessão de bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS:

- ESTEBAN, D.A.A.; DE SOUZA, Z.M.; TORMENA, C.A.; LOVERA, L.H.; LIMA, E.S.; OLIVEIRA, I.N.; RIBEIRO, N.P. Soil compaction, root system and productivity os sugarcane under diferente row spacing and controlled traffic harvest. Elsevier: Soil and Tillage Research, v. 187, n.1, p. 90-71, 2019.
- HANG, C.; GAO, X.; YUAN, MENGCHAN.; HUANG, Y.; ZHU, R. Discrete elemento simulations and experiments of soil disturbance as affected by the tine spacing of subsoiler. Elsevier: Biosystems Engineering, v.168, n.1, p. 73-82, 2018.
- JORGE, L. A. C.; RODRIGUES, A. F. O. Safira: sistema de análise de fibras e raízes. São Carlos, Embrapa-CNPDI. Embrapa Instrumentação Agropecuária. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2008. 20p.
- LANDIS, J.R.; KOCH, G.G., 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics, v.33, n. 1, p. 159-174, 1977.
- LINDSAY, W.L.; NORWELL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America, v.42, n.1, p.421-428, 1978.
- ORTAS, I.; USTUNER, O. Determination of diferente growth media and various mycorrhizae species on citrus growth and nutrient uptake. Elsivier: Scientia Horticulturae, v. 166, n.1, p. 84-90. 2014.
- QUINLAN, J. R. C4.5: Programs for Machine Learning. 1º ed. Morgan Kaufmann Publishers, 1993. 302p.
- SAGLAM, A.; YETISSIN, F.; TERZI, M. Copper Stress and Responses in Plants: Plant metal interaction. Elsevier, capitulo 2, p. 21-40, 2016.
- STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 15, n. 3, p. 229-235, 1991.
- SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAUJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª ed. Revista e Ampliada, Brasília: Embrapa, 2018. 353 p.
- TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. Manual de Métodos de Análise de Solos. 3ª Edição Revista e Ampliada, Brasília: Embrapa, 2017. 573p.
- GTACC, Grupo Técnico de Assistência e Consultoria em Citrus, 2018. Acesso em 08 de maio de 2019. Disponível em: <<http://www.gtacc.com.br/revista/boletim/estimativa-gtacc-de-producao-de-laranja-safra-2018-2019>>.
- KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C. A.; EVANS, D. D.; WHITE, J. L.; ENSMINGER, L. E.; CLARK, F. E. Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Soil Science Society of America, Madison, 1965. 600p.
- RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 285p.