

## **Crescimento e produção de matéria seca de raiz e parte aérea em mudas de *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. sob efeitos da gessagem e calagem**

Growth and dry matter yield of root and shoot in seedlings of *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. under effects of gypsum and liming

Crecimiento y producción de materia seca de raíces y parte aérea en plántulas de *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. bajo los efectos de la aplicación de yeso y caliza

Recebido: 16/04/2021 | Revisado: 25/04/2021 | Aceito: 28/04/2021 | Publicado: 13/05/2021

### **Maciel Korzune**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8944-0317>  
State University of Mid-West, Brazil  
E-mail: korzune12@hotmail.com

### **Fabricio William de Ávila**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0301-2720>  
State University of Mid-West, Brazil  
E-mail: fwavila@unicentro.br

### **Renato Vasconcelos Botelho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9580-2572>  
State University of Mid-West, Brazil  
E-mail: rbotelho@unicentro.br

### **Luís Henrique Kapp Titski**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0767-2841>  
State University of Mid-West, Brazil  
E-mail: luishkt@hotmail.com

### **Poliana Horst Petranski**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4203-1951>  
State University of Mid-West, Brazil  
E-mail: polianahorstp@hotmail.com

### **Karin Kamila Brick Lopes de Matos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7795-2814>  
State University of Mid-West, Brazil  
E-mail: Karin\_kamila@hotmail.com

### **Cristiano Andre Pott**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4630-2659>  
State University of Mid-West, Brazil  
E-mail: cpott@unicentro.br

### **Resumo**

A qualidade da formação dos pomares de citros está diretamente relacionada ao porta-enxerto utilizado. A espécie *Poncirus trifoliata* (L.) Raf., conhecida como trifoliata, tem-se mostrado como boa opção de porta-enxerto, sendo usada na região Sul do Brasil. O calcário e o gesso agrícola são os principais insumos usados para manejar a acidez do solo em superfície e subsuperfície, respectivamente, podendo melhorar o desenvolvimento de raízes e parte aérea das plantas. Objetivou-se avaliar o crescimento e produção de matéria seca de raízes e parte aérea em mudas de trifoliata cultivadas sob efeitos da gessagem e calagem. As mudas foram cultivadas em colunas de tubo de PVC (vasos), com 15 cm de diâmetro e 35 cm de altura, seccionadas em dois anéis: o anel superior, 0-15 cm de profundidade, e o anel inferior, 15-35 cm de profundidade. O experimento foi realizado em esquema fatorial (2×4)+1, sendo dois tratamentos de calagem e quatro tratamentos de doses de gesso agrícola, que foram aplicados apenas no solo do anel superior, e um tratamento adicional que recebeu calagem no solo de ambos os anéis, superior e inferior. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições. A calagem e as doses de gesso não afetaram o desenvolvimento da parte aérea das mudas de trifoliata, porém houve maior teor de clorofila aos 55 dias após transplantio com a gessagem sem a calagem. A calagem aumentou a produção de matéria seca de raiz na camada superficial do solo (0-15 cm de profundidade), mostrando a importância da correção da acidez do solo para o desenvolvimento do sistema radicular em mudas de trifoliata.

**Palavras-chave:** Trifoliata; Gesso agrícola; Corretivo de acidez; Nutrição de plantas; Citricultura.

### Abstract

Citriculture has considerable economic and social importance in Brazil, and the quality of the citrus groves is directly related to the rootstock used. Trifoliolate orange [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] has been shown to be a good rootstock, being used in Brazil in the southern region of the country. The objective was to evaluate the growth of trifoliolate orange seedlings and the dry matter yield of shoot and roots in two soil layers as affected by lime and agricultural gypsum doses. Trifoliolate orange seedlings were grown columns of PVC pipe, with dimensions of 15 × 35 cm (diameter × length). The columns were sectioned in two rings: upper (15 cm high) and lower (20 cm high) rings. The experimental design was in randomized blocks with four replications, arranged in a factorial scheme (2×4)+1, with two liming treatments and four doses of agricultural gypsum (both applied only in the soil of the upper ring), and an additional treatment (with liming application in the soil of both rings). Liming and doses of gypsum did not affect the shoot growth of the trifoliolate orange seedlings, however there was a higher chlorophyll content at 55 days after transplanting (DAT) with gypsum application without liming. Liming increased the yield of root dry matter in the superficial layer (0-15 cm deep), showing the importance of correcting soil acidity for adequate development of root system in trifoliolate orange seedlings.

**Keywords:** Trifoliolate orange; Agricultural gypsum; Soil acidity; Plant nutrition; Citriculture.

### Resumen

La especie *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. ha demostrado ser un buen portainjerto para cítricos. La utilización de caliza y yeso disminuye la acidez del suelo en la superficie y el subsuelo, respectivamente, lo que puede mejorar el crecimiento y desarrollo de raíces y parte aérea de las plantas. El objetivo fue evaluar el crecimiento de plántulas de *P. trifoliata* y la producción de materia seca de parte aérea y raíces en dos capas de suelo en función de los efectos del encalado y dosis de yeso. Las plántulas se cultivaron en columnas de tubo de PVC (jarrones) con dimensiones de 15 cm (diámetro) × 35 cm (altura), se seccionaron en dos anillos: el anillo superior (0-15 cm de profundidad) y el anillo inferior (15-35 cm de profundidad). El experimento fue constituido por nueve tratamientos, siguiendo un esquema factorial (2×4)+1, con dos tratamientos de encalado y cuatro dosis de yeso (aplicado solo al suelo del anillo superior), y un tratamiento adicional (con encalado en el suelo de ambos anillos, superior e inferior). El diseño experimental fue en bloques al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. Las dosis de yeso y encalado no afectaron el desarrollo de la parte aérea de las plántulas de *P. trifoliata*, sin embargo hubo mayor contenido de clorofila a los 55 días después del trasplante con yeso sin encalado. El encalado aumentó la producción de materia seca radicular en la capa superior del suelo (0-15 cm de profundidad), mostrando la importancia de corregir la acidez del suelo para el desarrollo del sistema radicular en las plántulas de *P. trifoliata*.

**Palabras clave:** *Citrus* sp.; Yeso; Corrección del suelo; Nutrición vegetal; Citricultura.

## 1. Introdução

O Brasil está entre os maiores produtores de citros e é o maior exportador de suco de laranja do mundo, gerando uma grande quantidade de postos de trabalho diretos e indiretos (Perez & Santos, 2014). De acordo com a FAO (2017), o país é responsável por uma produção média de 16,85 milhões de toneladas de frutas cítricas, com a produção de 1,57 milhão de toneladas.

A produtividade e qualidade dos frutos de citros estão diretamente relacionados ao porta-enxerto utilizado no plantio das mudas no campo (Schäfer, Bastianel, & Dornelles, 2001). No Brasil, a utilização de porta-enxertos teve início nos primeiros anos do século XX. A princípio, utilizava-se a laranja doce como porta-enxerto, porém, com a constatação do ataque do vírus da tristeza dos citros (CTV) na década de 1930, o limão cravo (*Citrus limonia* Osbeck cv. Cravo), considerado tolerante a esse patógeno, passou a ser o porta-enxerto mais utilizado na citricultura paulista. Em 2001, com a constatação da morte súbita dos citros (MSC) e consequente declínio em algumas espécies de tangerina, outros porta-enxertos como citrumelo “swingle” [*Citrus paradisi* Macfad. × *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] passaram a ser aplicados em tangerineiras no estado de São Paulo (Schäfer *et al.*, 2001; Pompeu Junior, & Blumer, 2014).

O citros trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Rafinesque], ou simplesmente trifoliata, tem-se mostrado como uma boa opção de porta-enxerto, sendo usado na região Sul do Brasil. A espécie apresenta bom desempenho em solos argilosos, boa tolerância à MSC, e média tolerância ao estresse hídrico e às baixas temperaturas (Mattos Junior, De Negri, Figueiredo, & Pompeu Junior, 2005; Lima, 2013). Enquanto o limão cravo induz as copas a uma altura média de 2,98 m em 3 anos, o trifoliata atinge uma altura média de 1,71 m. Neste sentido, o trifoliata é considerado um porta-enxerto verdadeiramente

nanicante, sendo que essa indução ao nanismo se apresenta como uma vantagem na sua utilização como porta-enxerto. Pois, mesmo sendo menor a produção por planta, acaba tendo vantagens quando se considera a produção por área (origina plantas com menores produções, no entanto, maior parte dos frutos produzidos se adequam aos padrões de comercialização no mercado de frutos *in natura*) (Pompeu Junior, & Blumer, 2008; Portella *et al.*, 2016; De Carvalho, Marinho, Amaral, De Souza Arantes, & De Sousa, 2017).

A produtividade da cultura de citros está ligada a fatores genéticos, climáticos, fertilidade e manejo do solo e pelos tratamentos culturais. Com o melhoramento genético que vem ocorrendo nas últimas décadas, houve um aumento na produção de frutas e, conseqüentemente, elevou a quantidade de nutrientes exportados dos pomares, que devem ser repostos para manter a produtividade e a qualidade do produto colhido de forma adequada (Balerini, 2016).

O calcário aplicado na camada superficial do solo normalmente corrige a acidez na camada incorporada, enquanto as camadas mais profundas (normalmente, abaixo 20 cm de profundidade) permanecem ácidas, com teor tóxico de alumínio ( $Al^{3+}$ ) e menor teor de bases (Furtini Neto, Vale, Resende, Ghuilherme, & Guedes, 2001). Essas condições da subsuperfície ocasiona uma barreira química para o crescimento das raízes em profundidade, tornando as plantas mais dependentes de precipitações e/ou irrigação localizada para absorção de água e nutrientes (Raij, 2011). De fato, a toxidez por  $Al^{3+}$  é tida como o principal problema dos solos ácidos para a agricultura, por representar um fator limitante de crescimento radicular para a maioria das espécies vegetais (Foy & Fleming, 1978; Freitas, Fernandes, & Maia, 2012).

Como uma forma complementar no manejo da acidez do solo em camada na qual o calcário não é incorporado, o gesso agrícola ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) vem sendo recomendado. Por apresentar maior solubilidade e mobilidade vertical no solo que o calcário, a aplicação de gesso agrícola sobre a superfície do solo exerce efeitos na neutralização de  $Al^{3+}$  tóxico que se encontra em subsuperfície (Soratto & Crusciol, 2008; Rampim, Lana, Frandoloso, & Fontaniva, 2011; Zoca & Penn, 2017). Além disso, o gesso agrícola contém cálcio (Ca) e enxofre (S) e, ao se solubilizar na camada superficial do solo, forma pares iônicos como o sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ) e sulfato de magnésio ( $MgSO_4$ ), que são percolados para as camadas subsuperficiais (Caires, Blum, Barth, Garbui, & Kusman, 2003). Assim, embora o gesso agrícola não altera de forma significativa o valor de pH da solução do solo, com a diminuição da atividade do  $Al^{3+}$  e fornecimentos de S e redistribuição de outras bases em subsuperfície, o gesso agrícola estimula o aprofundamento do sistema radicular em solos ácidos, beneficiando a planta em vários aspectos, tais como a absorção de água em períodos de estiagem e de nutrientes percolados no solo com a água da chuva ou de irrigação (Sousa, Lobato, & Rein, 2005; Sávio, Silva, Teixeira, Mota, & Borém, 2011; Carducci, Oliveira, Curi, Heck, Rossoni, de Carvalho, T. S., & Costa, 2015; Vicensi, 2019).

Assim, o uso do calcário associado com o gesso agrícola são os principais insumos usados para manejar a acidez do solo em superfície e subsuperfície, respectivamente, melhorando os atributos químico, físico e biológico do solo ao longo dos anos. Neste sentido, o uso de gesso agrícola ameniza o problema do  $Al^{3+}$  em subsuperfície e fornece S e Ca para o solo, estimulando o crescimento radicular em profundidade das mudas de citros, favorecendo a sustentabilidade dos sistemas de produção.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o crescimento e produção de matéria seca de raízes e parte aérea em mudas de trifoliata cultivadas sob efeitos da gessagem e calagem.

## 2. Material e Métodos

Neste estudo foi realizada a pesquisa experimental qualitativa e quantitativa (Pereira, Shitsuka, Parreira, & Shitsuka, 2018). O experimento foi conduzido com o porta-enxerto de citros trifoliata (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.), ou simplesmente trifoliata. As plantas foram obtidas a partir da germinação de sementes em vasos contendo substrato comercial, sob irrigação

intermitente, em condições de casa de vegetação localizada no *Campus* CEDETEG da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO).

Em novembro de 2017, as mudas de trifoliata foram transplantadas, com raiz nua, para colunas de tubo de PVC preenchidas com solo coletado na profundidade de 0-20 cm de um Latossolo Bruno Distrófico de textura argilosa, coletado em área sob mata nativa, localizada no interior do *Campus* CEDETEG. Uma amostra composta foi seca, moída, peneirada em malha de 2 mm e analisada quimicamente (Tabela 1).

**Tabela 1.** Atributos químicos da camada 0-20 cm de Latossolo Bruno Distrófico de textura argilosa, utilizado no experimento com as mudas de trifoliata (Guarapuava, 2019) <sup>1</sup>.

pH	P-Mehlich	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB
-----CaCl <sub>2</sub> -----	----mg dm <sup>-3</sup> ----	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	-----g dm <sup>-3</sup> -----
3,83	2,09	0,23	1,42	0,55	2,20
Al <sup>3+</sup>	H+Al	CTC (pH 7)	V	m	MO
-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	-----%-----	-----%-----	-----g dm <sup>-3</sup> -----
3,30	11,69	13,89	15,84	60,00	43,02

<sup>1</sup> As análises químicas foram determinadas conforme a metodologia oficial para o Estado do Paraná (Pavan, Bloch, Zempulski, Miyazawa, & Zocoler, 1992; EMBRAPA, 2009). O P e o K foram extraídos por Mehlich I, e Ca, Mg e Al por KCl (1 mol L<sup>-1</sup>).  
 Fonte: Autores.

As colunas de tubo de PVC, com 15 cm de diâmetro e 35 cm de altura, foram compostas por dois anéis: anel superior, com 15 cm de altura (camada superficial, 0-15 cm de profundidade), e anel inferior, com 20 cm de altura (camada subsuperficial, 15-35 cm de profundidade). Para evitar o contato das raízes com a parede interna das colunas de PVC foi utilizado caulim umedecido na superfície interna dos tubos antes do enchimento dos mesmos com o solo. Os anéis superior e inferior em cada coluna foram unidos com fita adesiva *silver tape*.

As adubações de plantio e de cobertura foram feitas apenas para o solo do anel superior, visando fornecer macronutrientes (exceto Ca e S, que foram fornecidos apenas com os tratamentos de calagem e doses de gesso) e micronutrientes recomendados para a cultura (Malavolta, Vitti, & Oliveira, 1997; SBCS, 2017).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso (DBC), com quatro repetições, em esquema fatorial (2×4)+1, sendo dois níveis de calagem (sem e com aplicações de carbonatos de cálcio e de magnésio, realizado apenas no solo do anel superior), combinados com quatro doses de gesso agrícola (0,0 2,5, 5,0 e 10,0 g kg<sup>-1</sup> de gesso agrícola, também aplicadas apenas no solo do anel superior), e um tratamento adicional (com aplicações de carbonatos de cálcio e de magnésio, realizado em ambos anéis, superior e inferior) para avaliar o potencial do gesso, aplicado em superfície, em melhorar as condições da subsuperfície, comparando com o solo da subsuperfície corrigido com calcário. Cada parcela experimental foi composta por uma coluna de tubo de PCV com duas mudas de trifoliata (Figura 1).

**Figura 1.** Detalhes das colunas de tubos de PVC seccionados em dois anéis, o anel superior (0-15 cm de profundidade) e o anel inferior (15-35 cm de profundidade). Apenas o solo do anel superior recebeu os tratamentos de calagem (sem e com carbonatos de cálcio e magnésio) associados com os tratamentos de doses de gesso. Adubações de macro e micronutrientes também foram feitas apenas para o solo do anel superior. O anel inferior foi composto por solo sob condições naturais, exceto no tratamento adicional cujo solo de ambos os anéis, superior e inferior, recebeu tratamento de calagem (Guarapuava, 2019).



Fonte: Autores.

Baseado nos resultados da análise química do solo, nos tratamentos que receberam calagem, a aplicação de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e carbonato de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ) foi feita visando elevar a saturação de bases do solo (V%) a 70%, mantendo-se a relação estequiométrica Ca:Mg em 4:1, com dose de 3,84 e 1,87  $\text{g kg}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$ , respectivamente (ambos reagente p.a.). Nos tratamentos com gesso agrícola, as doses foram 0,0 2,5, 5,0 e 10,0  $\text{g kg}^{-1}$  (base em peso seco), simulando as doses aproximadas de 0, 5, 10 e 20  $\text{Mg ha}^{-1}$  de gesso no campo. O gesso agrícola foi proveniente do comércio local de Guarapuava-PR. Tanto os carbonatos de cálcio e magnésio quanto o gesso agrícola foram incorporados no solo, nas respectivas camadas conforme o tratamento.

As mudas de trifoliata foram transplantadas para as colunas de tubo de PVC em oito de novembro de 2017. Aos 15, 55 e 150 dias após transplântio (DAT) foram avaliados a altura da planta e o diâmetro do coleto; e aos 55 e 150 DAT avaliou-se os índices SPAD de clorofila *a* e de clorofila *b*.

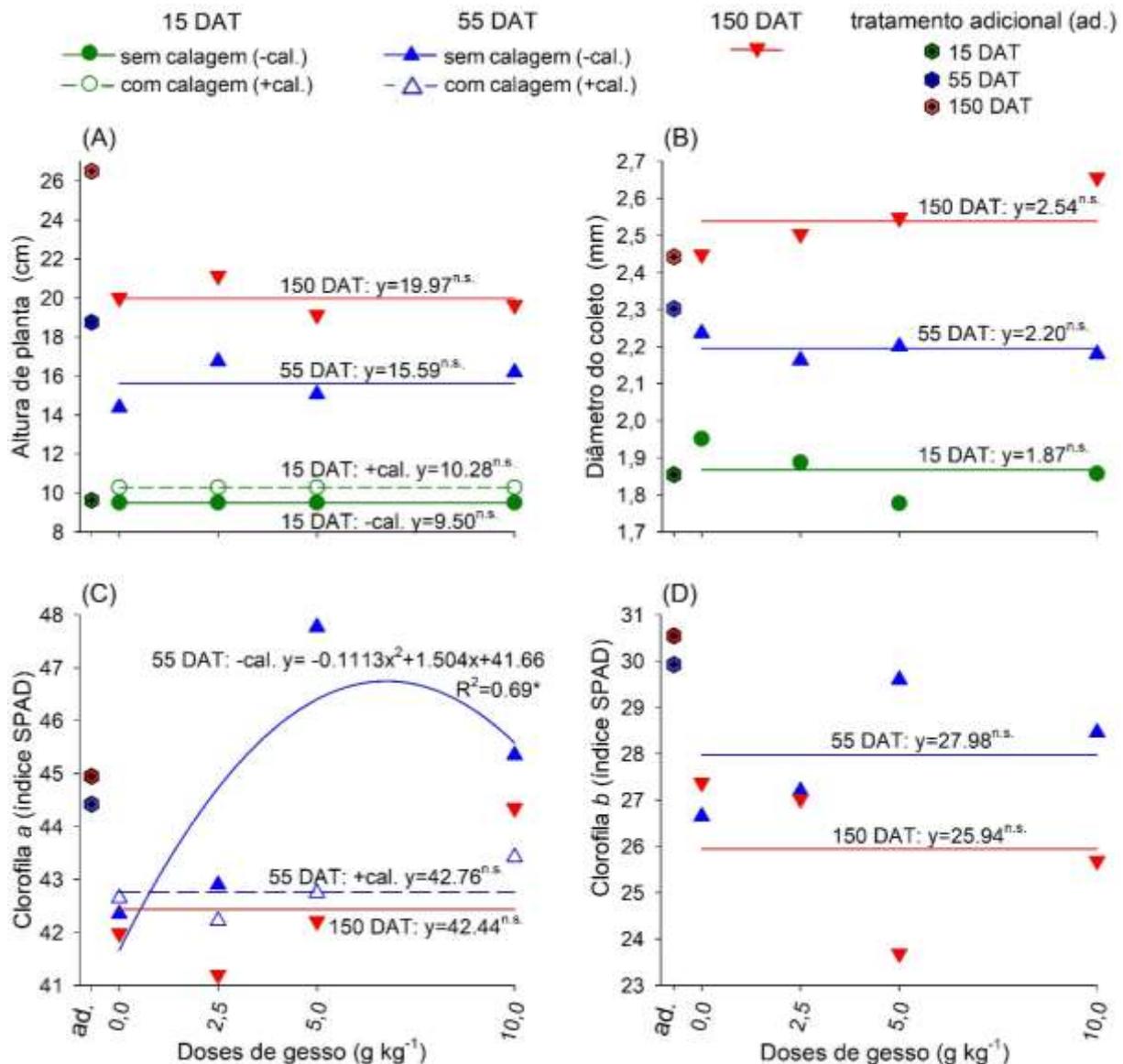
A parte aérea e as raízes das plantas em cada anel, superior e inferior, foram retiradas dos vasos em 10 de abril de 2018, aos 153 DAT. Os valores das variáveis analisadas em cada parcela foram compostos pela média das duas plantas em cada coluna. As variáveis avaliadas foram: peso de matéria seca de parte aérea (MSPA) e peso de matéria seca de raiz (MSR) nas profundidades de 0-15 cm (anel superior) e 15-35 cm (anel inferior). Para avaliação da MSR, as seções de cada coluna foram lavadas em água corrente e água deionizada para separar as partículas do solo. As raízes foram secas em papel toalha e, posteriormente, em estufa com circulação forçada de ar a 58° C, até atingir peso constante. Após seco, os materiais de raiz e parte aérea de cada parcela experimental foi pesado em balança digital com precisão de duas casas decimais (0,01 grama).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA,  $p \leq 0,05$ ), considerando o delineamento em DBC em esquema  $(2 \times 4) + 1$ , com auxílio do *software* R versão 3.5.1. (R Development Core Team, 2016). Na ANOVA, o grau de liberdade foi desdobrado em tratamentos de calagem, doses de gesso, interação calagem  $\times$  doses de gesso, e um contraste entre tratamento adicional vs grupo fatorial. Quando houve efeito significativo das doses de gesso, realizou-se a análise de regressão linear e quadrática ( $p \leq 0,05$ ). A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk ( $p \leq 0,05$ ).

### 3. Resultados e Discussão

A Figura 2 apresenta os resultados de crescimento (altura de planta e diâmetro do coleto) avaliados em três épocas (15, 55 e 150 dias após transplântio-DAT) e os índices SPAD de clorofilas *a* e *b* (determinados de forma indireta por meio de clorofilômetro) avaliados em duas épocas (55 e 150 DAT).

**Figure 2.** Altura de planta (Figura 2A) e diâmetro do coleto (Figura 2B) em mudas de trifoliata avaliadas aos 15, 55 e 150 DAT, e índices SPAD de clorofila *a* (Figura 2C) e clorofila *b* (Figura 2D) aos 55 e 150 DAT, em função dos tratamentos de calagem e de doses de gesso (aplicados apenas na camada de 0-15 cm). No tratamento adicional (Ad.) foi realizada a calagem em ambas as camadas de solo (0-15 e 15-35 cm) (Guarapuava-PR, 2019).



\*  $p \leq 0,05$ ; n.s. não significativo. Fonte: Autores.

Em relação às variáveis de crescimento, as doses de gesso não afetaram de forma significativa a altura de planta de citros trifoliata nas três épocas avaliadas (Figura 2A). Aos 15 DAT, a calagem elevou ( $p \leq 0,05$ ) em 8% a altura de planta. No entanto, nesta época não houve diferença significativa entre o tratamento adicional e a média do grupo fatorial. Aos 55 e 150 DAT, não foi observado efeito significativo da calagem sobre a altura de planta, porém, no tratamento adicional, a altura de

planta foi significativamente 20% e 33% maior aos 55 e 150 DAT, respectivamente, em comparação à média do grupo fatorial. Assim, de forma geral, a aplicação de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$  nas duas camadas de solo (tratamento adicional) estimulou o crescimento das plantas, em relação à aplicação dos corretivos apenas na camada superficial do solo.

O diâmetro do caule (Figura 2B) não variou de forma significativa pelos tratamentos nas três épocas avaliadas, não havendo também significância entre o tratamento adicional e o grupo fatorial.

A baixa taxa de crescimento do citros trifoliata verificada neste trabalho também foi observada por De Araújo, de Siqueira, Martinez e Fernandes (2004) e Rodrigues, Oliveira, Girardi, Ledo e Soares Filho (2016) verificando-se que mudas de porta-enxerto trifoliata 'Flying Dragon' e híbrido de trifoliata HTR-051 necessitaram de maior período para formação em função do menor vigor desses genótipos.

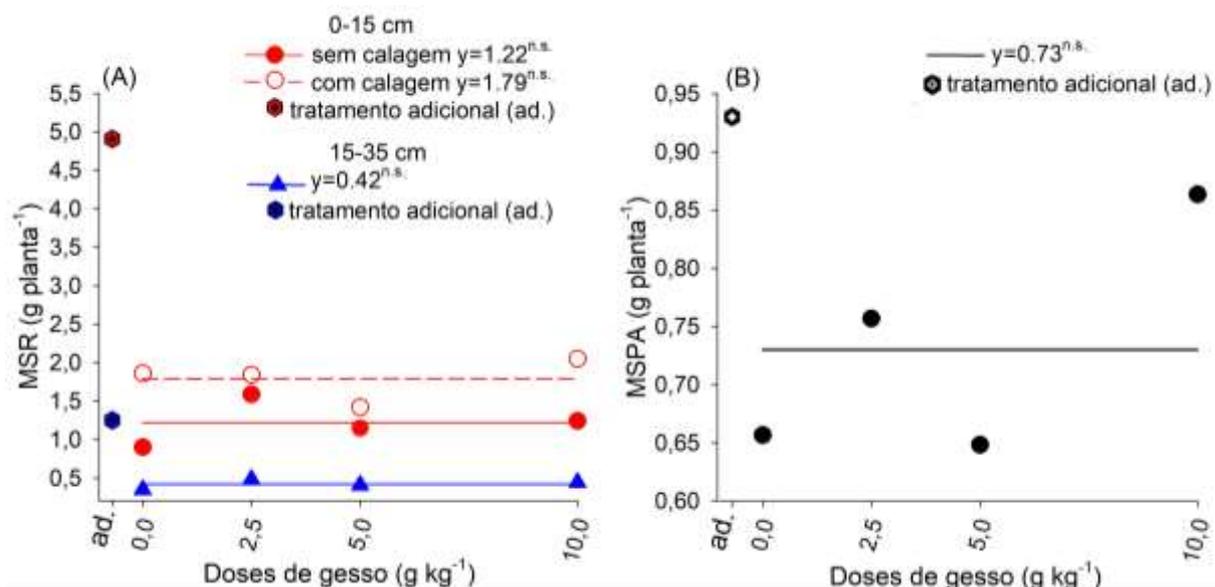
O índice SPAD de clorofila *a* (Figura 2C) aos 55 DAT foi afetado pela interação entre os fatores (calagem  $\times$  doses de gesso,  $p < 0,01$ ). Sem a calagem, o índice SPD de clorofila *a* elevou-se de forma quadrática com as doses de gesso, apresentando maior valor na dose estimada de  $6,8 \text{ g kg}^{-1}$  de gesso, porém, com a calagem, não houve efeito significativo das doses de gesso. Aos 150 DAT não foi observado efeito significativo dos tratamentos sobre o índice SPAD de clorofila *a*. Ainda, não houve diferença significativa no índice SPAD de clorofila *a* entre o tratamento adicional e a média do grupo fatorial nas duas épocas avaliadas.

O índice SPAD de clorofila *b* (Figura 2D) não foi significativamente afetado pelos tratamentos nas duas épocas avaliadas, e também não se verificou diferença significativa entre o tratamento adicional e a média do grupo fatorial.

Estudos revelaram que existem pequenas variações dos índices SPAD para os porta-enxertos de citros na fase inicial de desenvolvimento, não diferindo significativamente em leituras feitas entre 90 e 150 DAT (De Araújo *et al.*, 2004; Machado *et al.*, 2011).

A Figura 3 mostra a produção de matéria seca de raízes e de parte aérea de mudas de trifoliata.

**Figura 3.** Matéria seca de raiz (MSR) (Figura 3A), coletadas na camada superficial (0-15 cm) e na camada subsuperficial (15-35 cm) do solo, e matéria seca de parte aérea (MSPA) (Figura 3B) em mudas de trifoliata, em função da calagem e de doses de gesso (ambos fornecidos apenas na camada de 0-15 cm). No tratamento adicional (Ad.) foi realizada a calagem em ambas as camadas de solo (0-15 e 15-35 cm) (Guarapuava-PR, 2019).



n.s.: não significativo ( $p > 0,05$ ). Fonte: Autores.

A matéria seca de raiz (Figura 3A) em ambos os anéis (0-15 e 15-35 cm) não foi significativamente afetada pelas doses de gesso. No anel de 0-15 cm, a calagem aumentou o peso de matéria seca de raiz de 1,22 para 1,79 g (acréscimo de 47%). Nesta camada, no tratamento adicional o peso de matéria seca de raiz foi 4,91 g, bem maior que a média obtida no grupo fatorial (1,51 g). Na camada de 15-35 cm não houve efeito significativo da calagem, sendo que o peso médio de matéria seca de raiz foi 0,42 g. Entretanto, no tratamento adicional, o peso de matéria seca de raiz foi 1,25 g, um acréscimo considerável em comparação com o valor médio (0,42 g) observado no grupo fatorial.

Assim, a calagem foi importante para a produção de biomassa de raiz na camada superficial. Em adição, quando realizou também a calagem na camada subsuperficial (tratamento adicional), a produção de raiz foi maior em ambas as camadas de solo, mostrando a importância da calagem para a produção de raízes em plantas de citros trifoliata nos estádios iniciais de desenvolvimento.

A influência da calagem em corrigir a acidez do solo e fornecer bases ( $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ) eleva a CTC efetiva e a percentagem de saturação de bases (V%) do solo e, conseqüentemente, melhora o equilíbrio na disponibilidade de nutrientes (Raij, 2011), favorecendo o crescimento do sistema radicular (Sobral, Cintra, & Smyth, 2009). Isso explica o melhor rendimento de matéria seca de raízes quando feita a correção do solo nos dois anéis, que foi observado no tratamento adicional. Os valores de matéria seca de raízes encontrados neste trabalho são bem maiores que aqueles observados por Guilherme (2013) para mudas de trifoliata var. *monstrosa* 'Flying Dragon' (*Citrus trifoliata* var. *monstrosa* T. Ito) cultivada em tubete de polietileno com volume de 280 cm<sup>3</sup>, mostrando que o meio de crescimento interfere diretamente no desenvolvimento do sistema radicular. Destaca-se que nesta pesquisa foram utilizadas colunas PVC com 15 cm de diâmetro e 35 cm de altura, totalizando um volume 6185 cm<sup>3</sup> de solo.

Diferentemente das raízes, a produção de matéria seca de parte aérea (Figura 3B) das mudas de trifoliata não foram influenciadas de forma significativa pelos tratamentos de calagem e doses de gesso. A matéria seca de parte aérea do tratamento adicional também não diferiu estatisticamente da média do grupo fatorial. O peso médio de matéria seca de parte aérea do experimento foi de 0,73 g. Assim, diferentemente das raízes, os valores de matéria seca encontrados neste trabalho foram próximos daqueles encontrados por Guilherme (2013).

#### 4. Considerações finais

A calagem favoreceu a produção de matéria seca de raiz das mudas de trifoliata na camada superficial do solo.

A calagem e a gessagem não afetaram o desenvolvimento da parte aérea das mudas de trifoliata.

Houve maior teor de clorofila aos 55 DAT com a gessagem sem a calagem.

Futuros estudos abordando diferentes genótipos são importantes para melhor elucidar os efeitos da calagem e gesso agrícola sobre o desenvolvimento de mudas de trifoliata.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES – Código de Financiamento 001. F.W.A. agradece ao CNPq pelo apoio financeiro (Projeto 461553/2014-7).

#### Referências

Balerini, F (2016). Características químicas do solo, estado nutricional e exportação de nutrientes em pomar de tangerineiras sob adubação orgânica. Porto Alegre, 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/158915>

Caires, E. F., Blum, J., Barth, G., Garbui, F. J., & Kusman, M. T. (2003). Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27, 275-286. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000200008>

- Carducci, C. E., Oliveira, G. C., Curi, N., Heck, R. J., Rossoni, D. F., de Carvalho, T. S., & Costa, A. L. (2015). Gypsum effects on the spatial distribution of coffee roots and the pores system in oxidic Brazilian Latosol. *Soil and Tillage Research*, 145, 171-180. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.09.015>
- De Araújo, R. A., de Siqueira, D. L., Martínez, C. A., & Fernandes, A. R. (2004). Características biométricas, índice SPAD-502 e emissão da fluorescência em porta-enxertos de citros. *Ceres*, 51(294) 179-189. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/2943>
- De Carvalho, W. S. G., Marinho, C. S., Amaral, B. D., de Souza Arantes, M. B., & de Sousa, M. C. (2017). Produção e qualidade dos frutos de cultivares de citros enxertadas sobre o porta-enxerto 'Flying Dragon'. *Anais da 30ª Semana Acadêmica do Curso de Agronomia do CCAE/UFES-SEAGRO*. <https://www.periodicos.ufes.br/seagro/article/view/17482>
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2009). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: Embrapa informação tecnológica.
- FAO (2017). *Citrus fruit fresh and processed statistical bulletin*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Foy, C. D., & Fleming, A. L. (1978). The physiology of plant tolerance to excess available aluminum and manganese in acid soils. *Crop tolerance to suboptimal land conditions*, 32, 301-328. <https://doi.org/10.2134/asaspecpub32.c14>
- Freitas, L. B. D., Fernandes, D. M., & Maia, S. C. M. (2012). Interação silício e alumínio em plantas de arroz de terras altas cultivadas em solo aluminico. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, 36(2), 507-515. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000200020>
- Furtini Neto, A. E., Vale, F. R., Resende, A. V., Ghuilherme, L. R. G., & Guedes, G. A. A. (2001) *Fertilidade do solo*. Lavras: UFLA/FAEPE. 261p.
- Guilherme, D. O. (2013). Uso do porta-enxerto Flyng Dragon na produção de mudas e no cultivo inicial de citros no norte fluminense. Campos dos Goytacazes-RJ, 102 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.
- Lima, C. F de (2013). Avaliação do *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. como porta-enxerto para laranja "Lima". Campos dos Goytacazes, 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.
- Machado, D. L. M., Lucena, C. C. D., Santos, D. D., Siqueira, D. L. D., Matarazzo, P. H. M., & Struiving, T. B. (2011). Slow-release and organic fertilizers on early growth of Rangpur lime. *Revista Ceres*, 58(3), 359-365. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000300017>
- Malavolta, E., Vitti, G.C., & Oliveira, S. A. (1997). *Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações*. 3 ed. Piracicaba: Potafos.
- Mattos Junior, D. D., De Negri, J. D., Figueiredo, J. D., & Pompeu Junior, J. (2005). Citros: principais informações e recomendações de cultivo. *Boletim técnico*, 200.
- Pavan, M. A., Bloch, M. D. F., Zempulski, H. D. C., Miyazawa, M., & Zocoler, D. C. (1992). Manual de análise química de solo e controle de qualidade. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), *Circular*, 76.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. UFSM. <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/15824>
- Perez, O. C., & Santos, V. H. A. dos (2014). Exportação de suco de laranja brasileiro. *Revista de Administração da Fatea*, 9(9), 101-109. <http://unifatea.com.br/seer3/index.php/RAF/article/view/702>
- Pompeu Junior, J., & Blumer, S. (2008). Morte súbita dos citros: suscetibilidade de seleções de limão-cravo e uso de interenxertos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30(4), 1159-1161. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000400052>
- Pompeu Junior, J., & Blumer, S. (2014). Híbridos de trifoliata como porta-enxertos para laranja Pêra. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44(1), 09-14. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000100007>
- Portella, C. R., Marinho, C. S., Amaral, B. D., Carvalho, W. S. G., Campos, G. S., Silva, M. P. S. D., & Sousa, M. C. D. (2016). Desempenho de cultivares de citros enxertadas sobre o trifoliato Flying Dragon e limoeiro Cravo em fase de formação do pomar. *Bragantia*, 75(1), 70-75. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.267>
- R Development Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Raij, B. van. (2011). *Fertilidade do solo e manejo de nutrientes*. International Plant Nutrition Institute (IPNI).
- Rampim, L., Lana, M. D. C., Frandoloso, J. F., & Fontaniva, S. (2011). Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema de semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35, 1687–1698. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000500023>
- Rodrigues, M. J. D. S., Oliveira, E. R. M. D., Girardi, E. A., Ledo, C. A. D. S., & Soares Filho, W. D. S. (2016). Produção de mudas de citros com diferentes combinações copa e porta-enxerto em viveiro protegido. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38(1), 187–201. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-284/14>
- Sávio, F. L., Silva, G. C., Teixeira, I. R., Mota, J. H., & Borém, A. (2012). Calagem e gessagem na nutrição e produção de soja em solo com pastagem degradada. *Revista Agroecologia*, 2(1), 19-31. <http://dx.doi.org/10.12971/2179-5959.v02n01a02>
- SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Núcleo Estadual Paraná (2017). Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná. Curitiba: SBCS/NEPAR. 482 p.
- Schäfer, G., Bastianel, M., & Dornelles, A. L. C. (2001). Porta-enxertos utilizados na citricultura. *Ciência Rural*, 31(4), 723-733. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000400028>

Sobral, L. F., Cintra, F. L., & Smyth, J. T. (2009). Lime and gypsum to improve root depth of orange crop in an Ultisol of the Coastal Tablelands. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13, 836–839. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000700004>

Soratto, R. P., & Crusciol, C. A. C. (2008). Nutrição e produtividade de grãos da aveia-preta em função da aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(2), 715-725. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000200026>

Sousa, D.M.G., Lobato, E., & Rein, T.A. (2005). *Uso de gesso agrícola nos solos do Cerrado*. Embrapa Cerrados.

Vicensi, M. (2019). Adubação nitrogenada na cultura da aveia preta (*Avena strigosa*) e efeito residual de gesso agrícola em sistema plantio direto. Guarapuava, 75 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO).

Zoca, S. M., & Penn, C. (2017). An important tool with no instruction manual: a review of gypsum use in agriculture. *In Advances in Agronomy*. 144, 1-44. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.03.001>