

## Enraizamento de estacas de genótipos de *Camellia sinensis* L. em meio ácido, presença de alumínio e ácido indolbutírico

LIMA, J.D.<sup>1\*</sup>; MORAES, W. da S.<sup>2</sup>; MODENESE-GORLA DA SILVA, S.H.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista - UNESP, Câmpus Experimental de Registro, Rua Néelson Brihi Badur, n.430, Vila Tupy, CEP 11.900-000, Registro, SP, Brasil. <sup>2</sup>Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Regional Vale do Ribeira, Rod. Regis Bittencourt, BR-116, Km 460, CP 122, 11900-000, Registro, SP, Brasil.

\*Autor para correspondência: [judlima@registro.unesp.br](mailto:judlima@registro.unesp.br)

**RESUMO:** Experimentos foram conduzidos para avaliar o efeito do meio ácido e do alumínio, assim como para determinar a concentração mais apropriada de ácido indolbutírico (AIB) para o enraizamento de estacas de diferentes genótipos de *Camellia sinensis* L (planta de chá). Para tal, foram coletados ramos de plantas-matrizes em Pariquera-Açu-SP, Brasil, no inverno de 2012 e preparadas estacas semi-lenhosas, contendo uma gema e uma folha, que foram mantidas em viveiro com 70% de sombreamento. A irrigação do substrato foi feita com água e soluções contendo ácido fosfórico e sulfato de alumínio a pH 5,5, 4,5; 3,5. No primeiro experimento, o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 7, três genótipos (F 15, IAC 259 e Comum) e sete condições diferentes de enraizamento (vermiculita a pH 6,5, vermiculita acidificada com ácido fosfórico a pH 3,5; 4,5 e 5,5 ou vermiculita acidificada com sulfato de alumínio a pH 3,5; 4,5 e 5,5). No segundo experimento, o tratamento que promoveu o maior enraizamento no primeiro experimento (vermiculita acidificada com sulfato de alumínio a pH 3,5) foi combinado ao tratamento com AIB. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 6, sendo três genótipos e seis concentrações de AIB (0, 2000, 4000, 6000, 8000 e 1000 mg L<sup>-1</sup>). A vermiculita acidificada com sulfato de alumínio a pH 3,5, combinada a aplicação de 10000 mg L<sup>-1</sup> de AIB por 30 segundos, foi o tratamento mais adequado para o enraizamento de estacas semi-lenhosas dos genótipos F15, IAC 259 e Comum.

**Palavras-chave:** planta de chá, propagação vegetativa, acidificação, auxina.

**ABSTRACT: Rooting of *Camellia sinensis* L. in acid medium, the presence of aluminum and indolebutyric acid.** The experiments were carried out to evaluate the effect of medium acidic and aluminum, as well as determine the most suitable concentration of indolebutyric acid (IBA) for rooting cuttings of different genotypes of *Camellia sinensis* L (tea plant). Such, stems were collected from mother plants in Pariquera-Açu, São Paulo state, Brazil, in winter 2012 and prepared semi-hardwood cuttings, with one bud and one leaf, which were kept in a nursery with 70% of shading. Irrigation substrate was taken with water and solutions containing phosphoric acid and aluminum sulfate at pH 5.5, 4.5; 3.5. In the first experiment, the experimental design was completely randomized in a factorial scheme 3x7, three genotypes (F 15, IAC 259 and Comum) and seven different conditions of rooting (vermiculite at pH 6.5, acidified with phosphoric acid or aluminum sulfate vermiculite at pH 3.5, 4.5 and 5.5). In the second experiment, the treatment that promoted the highest rooting in the first experiment (vermiculite acidified with aluminum sulfate at pH 3.5) was combined with treatment with IBA. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme 3x6, three genotypes and six concentrations of IBA (0, 2.000, 4.000, 6.000, 8.000 and 10.000 mg L<sup>-1</sup>). Vermiculite acidified with aluminum sulphate to pH 3.5, combined application of 10.000 mg L<sup>-1</sup> IBA for 30 seconds was the most appropriate treatment for cutting propagation of genotypes F15, IAC 259 and Comum. Vermiculite acidified with aluminum sulfate at pH 3.5, combined treatment with 10,000 mg L<sup>-1</sup> IBA for 30 seconds, was the most suitable conditions for the rooting of cuttings *Camellia sinensis* L.

**Keywords:** tea plant, vegetative propagation, acidification, auxin.

## INTRODUÇÃO

*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze, conhecida como planta de chá, pertencente a família Theaceae, é uma das culturas perenes mais importantes economicamente em todo o mundo (Wei et al., 2013). Os chás produzidos a partir da infusão de suas folhas e brotos constituem uma das bebidas mais consumidas no mundo (Lima et al., 2009), sendo consideradas alimentos funcionais e fitoterápicos, por conterem variados compostos do metabolismo secundário com propriedades medicinais (Abeywickrama et al., 2011), tais como, polifenóis, catequinas, cafeína, teanina, saponina (Ma & Chen, 2007).

*Camellia sinensis* é geralmente propagada vegetativamente, por meio de estaquia a partir de material semi-lenhoso com única folha (Sharma et al., 1999). Contudo, em diversos estudos realizados com estacas de *Camellia sinensis* visando o enraizamento foi confirmada a necessidade de aplicação de auxina para melhores resultados, isso porque a espécie é considerada de difícil enraizamento (Sharma et al., 1999; Rout, 2006). No entanto, a concentração da auxina utilizada e o tempo de tratamento varia muito. Sharma et al. (1999) tiveram bons resultados quando utilizaram 500 mg L<sup>-1</sup> de ácido indolbutírico (AIB) e tempo de imersão da base da estaca na solução de 30 minutos, Rout (2006) quando utilizou solução com 75 mg L<sup>-1</sup> de AIB e tempo de imersão de 12 horas, enquanto Dall'Orto (2011), 90 mg L<sup>-1</sup> por 24 horas. Lima et al. (2011; 2013) utilizaram 2000 a 10000 mg L<sup>-1</sup> de AIB e 15 segundos de imersão, não obtendo efeito da concentração da auxina no enraizamento, porém o tratamento com concentrações mais altas, proporcionou maior número e tamanho das raízes formadas nas estacas. Para genótipos cultivados na Turquia, a concentração ótima de AIB foi de 4000 e 6000 mg L<sup>-1</sup> que melhorou o enraizamento e o número de raízes formadas nas estacas (Zenginbal et al., 2014). Assim sendo, não há uma recomendação padrão que se aplique a todos os materiais genéticos estabelecidos.

Em outros estudos foi apontada a necessidade de meio ácido para formação das raízes nas estacas, o que concorda com o fato do chá ser cultivado em diversas regiões tropicais e subtropicais úmidas do mundo, principalmente em solos ácidos (Singh et al., 2010), com pH (H<sub>2</sub>O) menor que 4,5. Nesta condição, o alumínio (Al<sup>+3</sup>) tornar-se altamente solúvel (Tolrá et al., 2011), por essa razão, alguns autores recomendam que o meio de enraizamento deve ser solo acidificado com sulfato de alumínio, inclusive em quantidades elevadas, tal como 600 g m<sup>-3</sup> (Hamid et al., 2006). Também há estudos que demonstram que plantas de chá não somente são capazes de acumular alumínio,

mas também têm seu crescimento estimulado por este metal (Hajiboland et al., 2013). Pelo exposto, objetivou-se determinar o efeito do meio ácido e do alumínio no enraizamento de estacas de diferentes genótipos de *Camellia sinensis*, e ainda, determinar a concentração mais adequada de ácido indolbutírico para promover o enraizamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

No inverno de 2012, foram coletados ramos de matrizes de três genótipos de *Camellia sinensis* L. (chá), família Theaceae, cultivados no Vale do Ribeira, sendo eles: IAC 259, F 15 e Comum. Os dois primeiros são híbridos da variedade *assamica* (chá de Assam) e o último, híbrido da variedade *sinensis* (chá da China). A coleta foi realizada em plantas-matrizes com cerca de 13 anos de idade, da empresa Yamatea localizada em Pariqueira-Açu, SP, a 24° 42' 51" S e 42° 52' 58" O, 25 m de altitude, com clima tropical úmido, segundo classificação de Köppen. Em seguida, o material vegetal foi levado para o Câmpus Experimental de Registro, onde foram preparadas estacas semi-lenhosas com cerca de 5,5 cm de comprimento e 0,5 cm de diâmetro, da posição basal mediana do ramo, contendo uma folha e uma gema. O recipiente utilizado foi tubete de polipropileno de 90 cm<sup>3</sup>, e o substrato, vermiculita lavada com granulometria média. O ambiente de enraizamento foi viveiro de 57,6 m<sup>2</sup> e pé direito de 4 m, coberto com tela preta com 70% de sombreamento. A irrigação do substrato foi feita manualmente, três vezes por dia, com água deionizada e soluções preparadas com 0,22; 0,27 e 0,34 μL de ácido fosfórico (pureza de 85% e 1,68 g mL<sup>-1</sup> de densidade) e 31,9; 39,2 e 50,6 mg L<sup>-1</sup> de sulfato de alumínio (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) (pureza >95,5%), respectivamente, para obtenção de soluções com pH 5,5, 4,5; 3,5.

No primeiro experimento determinou-se o efeito do meio ácido e do alumínio no enraizamento das estacas. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 7, três genótipos de chá e o substrato vermiculita em sete condições diferentes, a pH 6,5 e vermiculita acidificada com solução contendo ácido fosfórico ou sulfato de alumínio a pH 3,5; 4,5 e 5,5, com oito repetições de oito estacas cada. No segundo experimento, o tratamento que promoveu o maior enraizamento no primeiro experimento foi combinado ao tratamento da base das estacas por 30 segundos, com soluções contendo AIB (0, 2.000, 4.000, 6.000, 8.000 e 10.000 mg L<sup>-1</sup>). O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 6, sendo três genótipos e seis concentrações de AIB, com oito repetições de

oito estacas cada. As avaliações foram realizadas aos 60 dias após o início dos experimentos e incluíram a determinação da mortalidade, da porcentagem de estacas vivas enraizadas, com calo e brotações e do número e tamanho das raízes formadas.

A análise estatística foi realizada no programa estatístico Sisvar, versão 4.2 (Ferreira, 2011). Inicialmente, os dados foram submetidos aos testes de normalidade (teste de Lilliefors) e homogeneidade (teste de Cochran). Quando necessária a transformação, optou-se pelo emprego da raiz quadrada  $(x+1)^{0,5}$  ou raiz quarta  $(x+1)^{0,25}$  (Couto et al., 2009). Em seguida, foi realizada a análise da variância por meio do teste F, seguida da comparação das médias pelo teste Tukey ou análise da regressão, sendo a escolha da equação baseada na significância do modelo selecionado por meio do teste t. Adotou-se o método de Pearson para determinação do coeficiente de correlação e o teste t, para significância.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

A mortalidade média das estacas no primeiro experimento foi influenciada apenas pelo genótipo, sendo mais elevada no genótipo F15 (35,71%), quando comparado com IAC 259 (29,02%) e Comum (24,55%) que não diferiram entre si (Tabela 1). A porcentagem de enraizamento e o comprimento da raiz foram influenciados pelos efeitos isolados do genótipo e do substrato utilizado (Tabela 1 e Figura 1).

A maior porcentagem de enraizamento foi observada em estacas do genótipo Comum

(41,55%), seguido de IAC 259 (33,86%) e F15 (31,90%), que não diferiram entre si (Tabela 1). Estudo prévio com as mesmas cultivares indicaram resposta similar quanto ao potencial genético de enraizamento (Lima et al., 2011; 2013). O genótipo também influenciou o comprimento médio da raiz, que foi mais elevado em estacas do genótipo Comum (3,20 cm), seguido das estacas de F15 (2,45 cm) e por último, de IAC 259 (1,42 cm) (Tabela 1).

A acidificação do meio de enraizamento elevou a porcentagem de enraizamento das estacas (Figura 1A). Sulfato de alumínio a pH 3,5 e 4,5 promoveram a maior porcentagem de enraizamento, enquanto sem acidificação (pH 6,5) a menor porcentagem. Em estudo anterior com os mesmos genótipos, no qual foram comparados diferentes substratos, Lima et al. (2013) observaram que estacas mantidas em vermiculita apresentaram baixo enraizamento e menor número de raízes formadas, quando comparado com areia, casca de arroz carbonizada e solo.

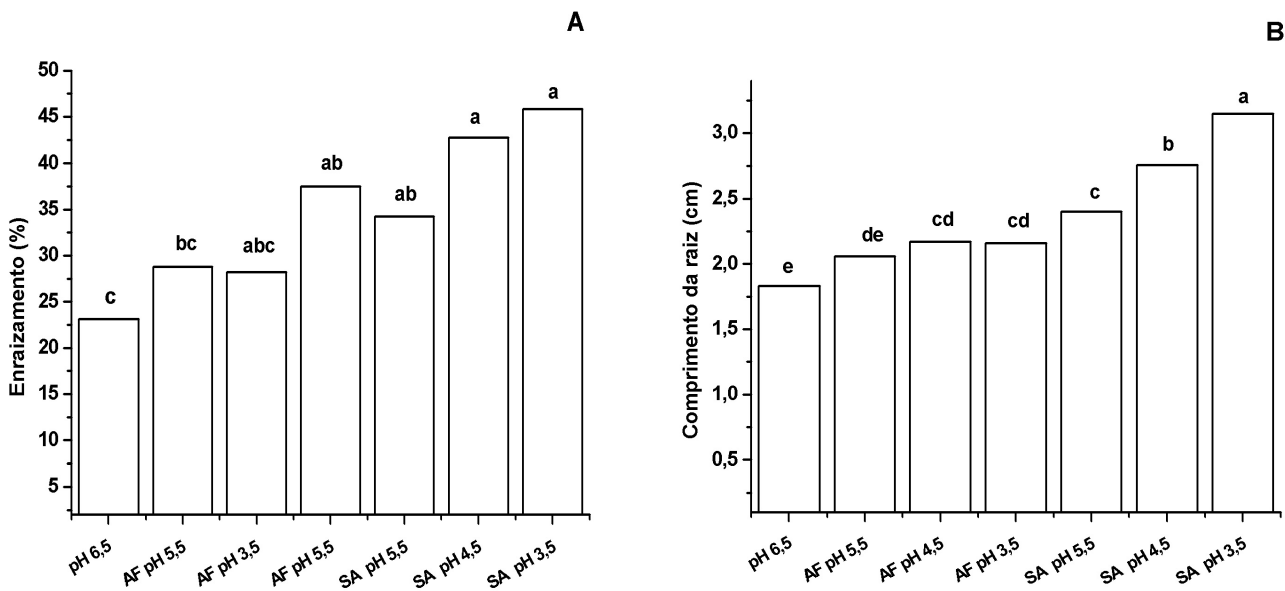
O comprimento médio das raízes também foi influenciado pela acidificação (Figura 1B), sendo o maior crescimento observado em estacas submetidas a vermiculita acidificada com sulfato de alumínio, aumentando gradativamente com a redução do pH. Não houve diferenças no comprimento da raiz em função do pH do meio de enraizamento acidificado com ácido fosfórico.

O número médio de raízes formadas foi influenciado pela interação entre genótipo e condição de acidificação (Tabela 2). Para os três genótipos, sulfato de alumínio a pH 3,5 foi a condição que promoveu a maior formação de raízes, no entanto, para o genótipo Comum o número de

**TABELA 1.** Mortalidade, porcentagem de enraizamento e comprimento das raízes de estacas semi-lenhosas de *Camellia sinensis* L. mantidas em vermiculita a pH 6,5, vermiculita acidificada com ácido fosfórico ou sulfato de alumínio a pH 3,5, 4,5 e 5,5 em função do genótipo. Registro, UNESP, 2012.

	Comum	IAC 259	F15
Mortalidade (%)	24,55 b	29,02 b	35,71 a
Média	29,76		
Cv (%)	28,98		
F	11,88**		
% Enraizamento	41,55 a	33,86 b	31,90 b
Média	35,77		
Cv (%)	19,14		
F	6,70**		
Comprimento das raízes (cm)	3,20 a	1,42 c	2,45 b
Média	2,36		
cv	9,39		
F	451,86**		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). \*\* $p < 0,01$ .



**FIGURA 1.** Porcentagem de enraizamento (A) e comprimento médio das raízes formadas em estacas vivas semilenhosas de *Camellia sinensis* L. mantidas em vermiculita a pH 6,5, vermiculita acidificada com ácido fosfórico (AF) ou sulfato de alumínio (SA) a pH 5,5, 4,5 e 3,5. Registro, UNESP, 2012.

raízes formadas quando sulfato de alumínio a pH 4,5 foi utilizado não diferiu do tratamento com sulfato de alumínio a pH 3,5.

O meio de enraizamento com vermiculita não-acidificada foi o que apresentou estacas com menor número de raízes formadas. Em relação ao efeito do genótipo, o maior número de raízes tendeu a ocorrer em estacas do genótipo IAC 259, mesmo em estacas mantidas na vermiculita não-acidificada, indicando um maior potencial de formar raiz adventícia (Tabela 2). Um número de raízes superior é desejável por favorecer a absorção de água e nutrientes e proporcionar o ancoramento das raízes no substrato (Ranaweera et al., 2013). A porcentagem de estacas com brotação não foi

influenciada pelo genótipo e nem pelos tratamentos de acidificação, além disto, todas as estacas com raízes apresentaram brotações, o que significa que estavam em desenvolvimento estando prestes a se tornar muda.

Alumínio em condições ácidas (pH < 4,5) é um cátion solúvel trivalente, que se torna-se mais disponível para processos bioquímicos (Tolrá et al., 2011), apresentando alta afinidade por fosfato inorgânico e diversos compostos orgânicos. E ainda que em concentrações baixas é potencialmente tóxico no simplasto (Ma et al., 1998), afetando negativamente o crescimento da raiz e o desenvolvimento de muitas espécies agrícolas (Doncheva et al., 2005). Todavia, *Camellia sinensis* é

**TABELA 2.** Desdobramento da interação genótipo e condição do substrato no número médio de raízes formadas nas estacas vivas, semi-lenhosas de *Camellia sinensis* L. mantidas em vermiculita a pH 6,5, vermiculita acidificada com ácido fosfórico (AF) ou sulfato de alumínio (SA) a pH 3,5, 4,5 e 5,5. Registro, UNESP, 2012.

	Comum	IAC 259	F15	Média
pH 6,5	3,00 C b	5,08 C a	3,09 C b	3,72 C
AF pH 5,5	3,00 C b	5,16 C a	2,30 E c	3,48 C
AF pH 4,5	2,99 C b	5,28 C a	2,33 DE c	3,53 C
AF pH 3,5	3,19 BC b	5,24 C a	2,87 CD b	3,77 C
SA pH 5,5	3,74 B b	5,25 C a	2,38 DE c	3,78 C
SA pH 4,5	5,82 A b	6,31 B a	4,66 B c	5,60 B
SA pH 3,5	6,06 A b	7,46 A a	5,70 A b	6,41 A
Média	3,97 b	5,68 a	3,33 b	
Cv (%)	6,14			
F	9,07**			

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). \*\* $p < 0,01$ .

considerada espécie hiperacumuladora de alumínio (Mukhopadyay et al., 2012), o que pode explicar as respostas encontradas neste estudo.

Em plantas jovens de *Camellia sinensis* cultivadas hidroponicamente o crescimento radicular foi mais estimulado do que inibido pela presença de alumínio indicando alta tolerância a toxicidade (Tolrá et al., 2012), que em comparação com outras espécies apresentaram redução de 50% do crescimento da raiz causada pela presença de 1 a 25  $\mu\text{M}$  de alumínio (Poschenrieder et al. 2008). Li et al. (2011) e (Ukhopadyay et al. (2012) observaram que a baixas concentrações alumínio induz a formação de espécies reativas de oxigênio (EROS) nas folhas, ou seja, um estresse oxidativo, todavia a elevação da atividade de enzimas antioxidantes previne a injúria provocada pelos radicais livres, além de estimular o crescimento das plantas de chá (Mukhopadyay et al., 2012). Em raízes Chen et al. (2011) observaram elevação no teor de catequinas, um polifenóil produzido pela planta de chá, quanto a planta é submetida a baixos teores de alumínio, o que indica que estes compostos estão relacionados com a detoxificação.

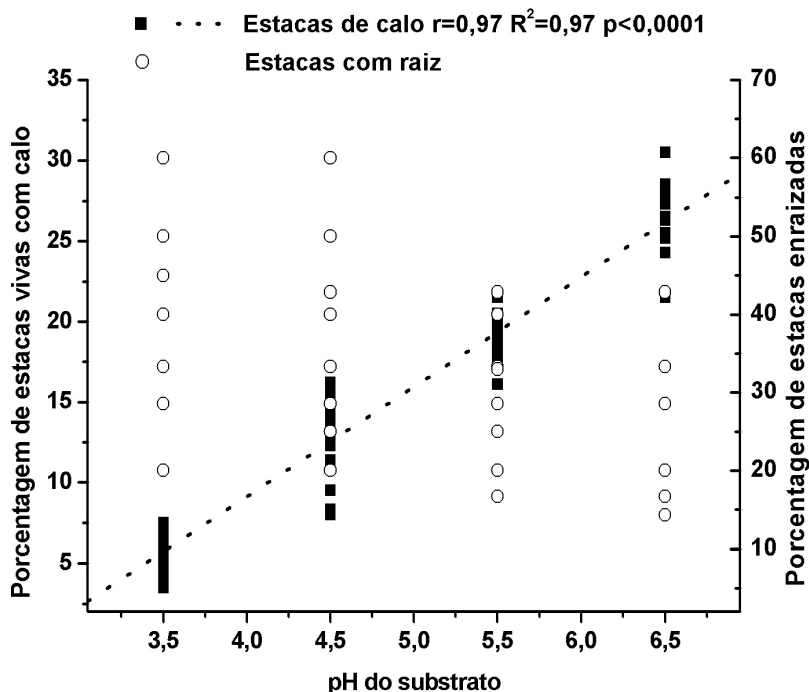
Alto pH do substrato induz a formação de calo nas estacas de *Camellia sinensis* (Hamid et al., 2006), o que reduz o potencial de enraizamento. Neste estudo, obteve-se uma correlação linear positiva entre formação de calo e pH do substrato, independente do genótipo e substância utilizada na acidificação do substrato vermiculita (Figura 2).

Todavia, a correlação linear entre pH e porcentagem de estacas com raízes não foi significativa, indicando que outro fator, como por exemplo, genótipo pode influenciar o enraizamento.

No segundo experimento, em vermiculita acidificada com sulfato de alumínio a pH 3,5, houve efeito da interação genótipo e concentração de AIB para porcentagem de enraizamento (Figura 3A) e número de raízes formadas (Figura 3B).

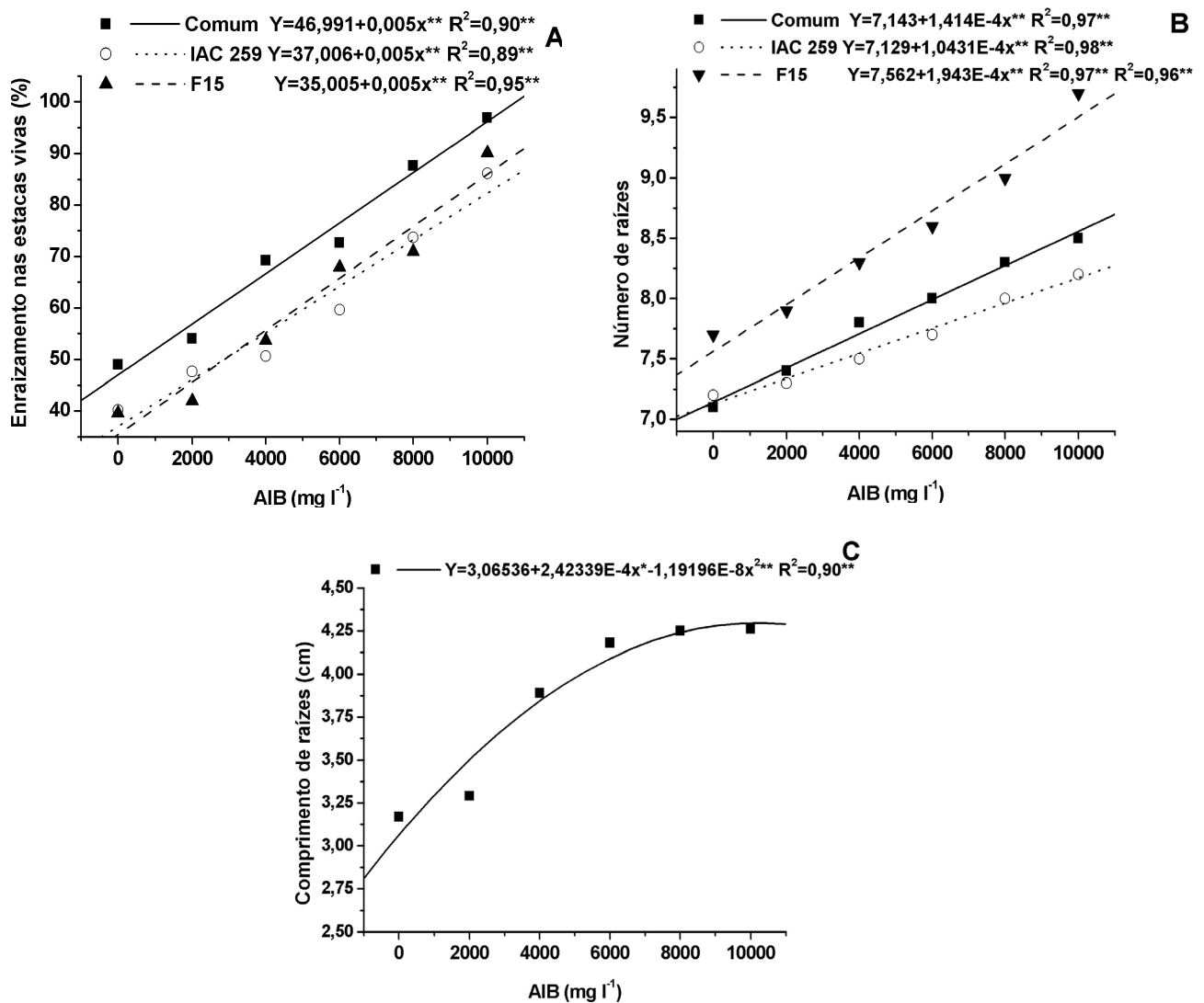
Para os três genótipos à resposta do enraizamento a concentrações crescentes de AIB foi linear, elevando de cerca de 40%, na ausência de AIB, até cerca de 90% para estacas do genótipo IAC 259 e F15, enquanto para estacas dos genótipos Comum a porcentagem das estacas enraizadas na ausência AIB foi de cerca de 49% e quando tratadas com 10.000  $\text{mg l}^{-1}$  foi de 97% (Figura 3A). Esta diferença demonstra que o genótipo Comum apresentou maior potencial de enraizamento, quando comparado aos demais, assim como no primeiro experimento (Tabela 1). O número de raízes formadas por estaca também aumentou proporcionalmente com a elevação da concentração de AIB, indicando que a auxina favorece a diferenciação das raízes nos três genótipos (Figura 3B).

Apesar do genótipo Comum ter tido a maior porcentagem de enraizamento, o maior número de raízes formadas em estacas tratadas com AIB foi observado em estacas do genótipo F15, indicando maior potencial de diferenciação das raízes adventícias. Não houve diferenças



**FIGURA 2.** Correlação entre pH do substrato (vermiculita a pH 6,5, vermiculita acidificada com ácido fosfórico ou sulfato de alumínio a pH 3,5, 4,5 e 5,5) e a formação de calo nas estacas vivas, semi-lenhosas de *Camellia sinensis* L. Registro, UNESP, 2012.





**FIGURA 3.** Efeito da interação genótipo e concentração de AIB no enraizamento (A) e no número de raízes (B) e efeito isolado da concentração de AIB no comprimento das raízes formadas (C) em estacas semi-lenhosas de *Camellia sinensis* L. Registro, 2012. \* $p<0,05$  e \*\* $p<0,01$ .

entre genótipos quanto ao comprimento das raízes formadas em resposta ao tratamento com AIB, que teve comportamento quadrático (Figura 3B). Pela equação estimada, 10182  $\text{mg l}^{-1}$  de AIB proporciona o maior comprimento médio das raízes nas estacas, de cerca de 4,30 cm. A porcentagem de estacas com brotação não foi influenciada pelo genótipo e concentração de AIB e ocorreu em média em 93,55% das estacas. Todas as estacas com raiz apresentaram brotações.

A necessidade do estresse oxidativo para desencadear modificações bioquímicas e anatômicas que induzam o enraizamento foi confirmada por Rout (2006) que observaram que em estacas de *Camellia sinensis* tratadas com 75  $\text{mg l}^{-1}$  AIB houve elevação da atividade da polifenol oxidase, peroxidase, ácido indolacético oxidase e do teor de fenóis após o tratamento das estacas com a

auxina sintética, que são considerados elementos-chave na indução da formação de raízes adventícias de diversas espécies vegetais (De Klerk et al., 1999). Lima et al. (2013) de forma indireta, também demonstraram que a incisão na base da estaca do chá promoveu o enraizamento provavelmente em decorrência da ação de fenóis.

## CONCLUSÃO

A vermiculita acidificada com sulfato de alumínio a pH 3,5, combinada com a aplicação de 10000  $\text{mg l}^{-1}$  de AIB por 30 segundos, foi o tratamento mais adequado para o enraizamento de estacas semilenhosas de *Camellia sinensis* L dos genótipos F15, IAC 259 e Comum.

## AGRADECIMENTOS

À FAPESP, pelo apoio financeiro (2008/09363-0), e à empresa Yamatea, pela concessão do material vegetal.

## REFERÊNCIAS

- ABEYWICKRAMA, K.R.W.; et al., Oral hypoglycaemic, antihyperglycaemic and antidiabetic activities of Sri Lankan Broken Orange Pekoe Fannings (BOPF) grade black tea (*Camellia sinensis* L.) in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v.135, n.2, p.278-286, 2011.
- CHEN, Y.M. et al. Aluminium and nutrients induce changes in the profiles of phenolic substances in tea plants. *Camellia sinensis* cv. TTES, No.12 (TTE). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.91, n.6, p.1111-1117, 2011.
- COUTO, M.R.M. et al. Transformações de dados em experimentos com abobrinha italiana em ambiente protegido. *Ciência Rural*, v.39, n.6, p.1701-1707, 2009.
- DALL'ORTO, L.T.C. **Auxinas e tipo de estacas no enraizamento de *Camellia sinensis***. 2011. 75p. Dissertação (Mestrado – Área de Concentração em Ciências). Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- DE KLERK, G.J.; et al., The formation of adventitious roots: new concepts, new possibilities. **In Vitro Cell Development Biology-Plant**, v.35, n.3, 189-199. 1999.
- DONCHEVA, S. et al. Root-cell patterning: a primary target for aluminium toxicity in maize. **Journal Experimental Botany**, v.56, n.414, p.1213-1220, 2005.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- HAMID, F.S. et al. Effect of soil pH in rooting and growth of tea cuttings (*Camellia sinensis* L.) at nursery level. **Pakistan Journal of Botany**, v.38, n.2, p.293-300, 2006.
- HAJIBOLAND, R. et al. Amelioration of iron toxicity: A mechanism for aluminum-induced growth stimulation in tea plants. *Journal Inorganic Biochemistry*, v.128, n. p.187-187, 2013.
- LI, C. et al. Effects of aluminium on ultrastructure and antioxidante activity in leaves of tea plant. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.33, n.3, p.973-978, 2011.
- LIMA, J.D. et al. Tea: aspects related to the quality and prospects. **Ciência Rural**, v.39, n.4, p.1258-1266, 2009.
- LIMA, J.D. et al. Enraizamento de estacas de *Camellia sinensis* L. em função da época de coleta de ramos, genótipos e ácido indolbutírico. *Ciência Rural*, v.41, n.2, p.230-235, 2011.
- LIMA, J.D. et al. Propagação de *Camellia sinensis*: efeito do genótipo, estaca, substrato, recipiente e ácido indolbutírico. **Horticultura Brasileira**, v.31, n.1, p.74-79, 2013.
- MA, J.F.; et al., High Aluminum resistance in Buckwheat. II. Oxalic acid detoxifies aluminum internally. **Plant Physiology**, v.117, n.3, p.753-759, 1998.
- MA, C.; CHEN, L. Research progress on isolation and cloning of functional genes in tea plants. **Frontiers of Agriculture in China**, v.1, n.4, p.449-455, 2007.
- MUKHOPADYAY, M. et al. Changes of growth, photosynthesis and alteration of leaf antioxidative defence system of tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] seedlings under aluminium stress. *Biometals*, v.25, n.6, p.1141-1154, 2012.
- POSCHENRIEDER, C. et al. A glance into aluminium toxicity and resistance. **Science of the Total Environment**, v.400, n.1-3, p.356-368, 2008.
- RANAWEERA, K.K.; et al., *Ex vitro* rooting: A low cost micropropagation technique for tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntz) hybrids. **Scientia Horticulturae**, v.155, n.29, p.8-14, 2013.
- ROUT, G.R. Effect of auxins on adventitious root development from single node cuttings of *Camellia sinensis* (L.) Kuntze and associated biochemical changes. **Plant Growth Regulation**, v.48, n.2, p.11-117, 2006.
- SHARMA, M. et al. Direct rooting and hardening of tea microshoots in the field. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v.58, n.2, p.111-118, 1999.
- SINGH, S. et al. Enhancement in growth and quality parameters of tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] through inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi in an acid soil. **Biology and Fertility of Soils**, v.46, n.5, p.427-433, 2010.
- TOLRÁ; R. et al. Localization of aluminium in tea (*Camellia sinensis*) leaves using low energy X-ray fluorescence spectro-microscopy. **Journal Plant Research**, v.124, n.1, p.165-172, 2011.
- WEI, K. et al. Identification of genes involved in indole-3-butyric acid-induced adventitious root formation in nodal cuttings of *Camellia sinensis* (L.) by suppression subtractive hybridization. **Gene**, v.154, n.2, p.91-98, 2013.
- ZENGINBAL, H.; et al., The effect of different treatments on semi-hardwood cutting propagated tea (*Camellia sinensis* L.) clone. **International Journal of Scientific and Research Publications**, v.4, n.6, p.1-5, 2014.