

# Enraizamento de estacas de amoreira-preta em função da adubação nitrogenada na planta matriz

Luciano Picolotto\*<sup>1</sup>, Gerson Kleinick Vignolo<sup>2</sup>, Ivan dos Santos Pereira<sup>3</sup>, Michel Aldrighi Goncalves<sup>4</sup>, Luis Eduardo Corrêa Antunes<sup>5</sup>

<http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201562030009>

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada, de plantas matrizes, no enraizamento de estacas de amoreira-preta. O experimento foi realizado na Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em fatorial 2x5, ou seja, dois cultivares ('Tupy' e 'Xavante') e cinco doses de nitrogênio (N) (0,0; 7,5; 15,0; 22,5 e 30,0 g planta<sup>-1</sup>). Avaliaram-se a percentagem (%) de estacas enraizadas, com calo, vivas, brotadas, o comprimento da maior raiz e da maior brotação (cm), o número de raízes e de brotações por estaca. Quanto ao enraizamento e ao número de raízes por estaca verificou-se aumento linear com o acréscimo da dose de N aplicada na planta matriz, efeito contrário ao observado na variável calo. O comprimento da maior brotação, o número de raízes e de brotações, além da percentagem de estacas brotadas foram maiores no cultivar "Xavante" (2,68, 3,02, 1,22 e 52,08, respectivamente). Quanto à percentagem de estacas vivas destacou-se o cultivar 'Tupy' (98,55%). Por essa razão, conclui-se que o uso do nitrogênio em plantas matrizes pode ser benéfico ao enraizamento de estacas de amoreira-preta, bem como ao desenvolvimento inicial do sistema radicular e da parte aérea das novas plantas, porém com efeitos negativos aos parâmetros comprimento da maior raiz e percentagem de calo.

**Palavras-chave:** *Rubus* spp., propagação, estaquia, nitrogênio.

## ABSTRACT

### Rooting of blackberry cuttings in function of fertilization nitrogen in the mother plant

The aim of this study was to evaluate the effect of nitrogen fertilization in mother plants on rooting of blackberry cuttings. The experiment was conducted at Embrapa Temperate Climate, Pelotas, Brazil. The experimental design was completely randomized in a 2x5 factorial, being, two cultivars ('Tupy' and 'Xavante') and five levels of nitrogen (N) (0; 7,5; 15; 22,5 and 30 g plant<sup>-1</sup>). We evaluated: percentage (%) of rooted cuttings, with callus, living, sprouted, and the length of roots and sprouts (cm), number of roots / cutting and number of sprouts / cutting. Rooting and number of roots per cutting there was a linear increase with increase of N applied in the plant mother, the opposite effect that was observed in the variable callus. The length of the longest sprout, the number of roots and sprouts and sprouting (%) was higher in "Xavante" (2,68, 3,02, 1,22 and 52,08, respectively). In live cuttings stood out 'Tupy' cultivar (98,55%). In this context we conclude that the use of nitrogen in mother plant matrices can be beneficial to the rooting of blackberry, as well as the initial development of roots and sprouts of new plants, but with negative effects on parameters of length greater roots and percentage of callus.

**Key words:** *Rubus* spp., propagation, cutting, nitrogen.

Submetido em 04/06/2013 e aprovado em 10/04/2015

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibaanos, Santa Catarina, Brasil. picolotto.l@ufsc.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil. gerson\_vignolo@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. ivanspereira@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil. aldrighimichel@gmail.com

<sup>5</sup>Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. luis.antunes@embrapa.br

\*Autor para correspondência: picolotto@gmail.com

## INTRODUÇÃO

Dentre as espécies frutíferas com perspectivas de comercialização, a amoreira-preta (*Rubus* spp.) destaca-se como uma das mais promissoras do grupo das pequenas frutas (Fachinello *et al.*, 2011; Jacques & Zambiasi, 2011). De acordo com Gonçalves *et al.* (2012), a produção de amora-preta está aumentando no mundo. No Brasil, o seu cultivo e o seu consumo são considerados recentes e restringem-se aos estados da região Sul do país e a algumas regiões dos Estados de São Paulo e Minas Gerais, com microclima favorável à cultura (Segantini *et al.*, 2011). Destas regiões, o Rio Grande do Sul é onde a espécie vem apresentando crescimento de área cultivada nos últimos anos (Jacques & Zambiasi, 2011).

Na cultura da amoreira-preta, a propagação dá-se por meio de estacas lenhosas, de brotações laterais e, ainda segundo Leitzke *et al.* (2009), por meio de estacas de raiz e de hastes novas. É uma espécie de clima temperado que, por ocasião da poda hibernar, realizada durante o período de dormência, produz grande quantidade de material vegetal descartável que pode ser utilizado na propagação (Villa *et al.*, 2003; Campagnolo & Pio, 2012). Porém, podem ocorrer diferenças de potencial rizogênico das estacas, em função das épocas em que são coletadas (Campagnolo & Pio, 2012).

Outro fator relacionado ao enraizamento das estacas é o estado da planta matriz, no momento da retirada do material usado na propagação, em relação ao qual se deve considerar a sanidade, o estado nutricional, a idade da planta, a consistência dos ramos, entre outros fatores. De acordo com Cunha *et al.* (2009), o estado nutricional é importante para o processo de rizogênese adventícia. Os mesmos autores salientam que, embora, a nutrição mineral e o enraizamento adventício estejam intimamente relacionados, o assunto é complexo, visto que a formação de raízes em estacas inclui múltiplas fases e poucos estudos têm distinguido a relação entre a nutrição mineral e as fases da rizogênese. De modo geral, qualquer nutriente, envolvido nos processos metabólicos da planta, associado à desdiferenciação e formação do meristema radicular é essencial para a iniciação radicular. Pode-se, portanto, inferir sobre a necessidade de nitrogênio (N), dentre outros, tendo em vista o papel dos nutrientes na síntese de proteínas e de ácidos nucleicos (Cunha *et al.*, 2009).

A influência da adubação nitrogenada foi observada em diferentes culturas, como videira, por Brunetto *et al.* (2008), citros (laranjeira 'Valência'), por Prado *et al.* (2008), amoreira-preta, por Villa *et al.* (2009), mamoeiro, por Brito Neto *et al.* (2011), dentre outros. Villa *et al.* (2009), utilizando ureia como fonte de N no meio de cultura, na propagação *in vitro* de amoreira-preta "Tupy",

verificaram que, com o aumento das concentrações desse nutriente, houve decréscimo do número de raízes.

O N é o nutriente mais demandado pelas plantas (Souza Júnior & Carmello, 2008) e importante no enraizamento (Cunha *et al.*, 2009), podendo o seu uso na planta matriz responder gradualmente na regeneração das novas raízes. Zerche & Druege (2009) relacionam o N e a concentração de carboidratos na estaca, esta última um parâmetro importante, segundo Klopotek *et al.* (2012) no fornecimento de energia ao local do enraizamento, apoiando a diferenciação, a divisão e o alongamento celulares. No entanto, a concentração de nutrientes e de carboidratos, bem como outros fatores, entre eles o fotoperíodo, a temperatura, os tipos e as concentrações de reguladores de crescimento variam de acordo com cada espécie (Grimaldi *et al.*, 2008). Além disso, a época do ano pode modificar a concentração nutricional, conforme verificado por Bañados *et al.* (2012) em plantas jovens de mirtilheiro.

Por essas razões, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada em plantas matrizes, no enraizamento de estacas de amoreira-preta.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS (coordenadas geográficas: 31°40'47"S e 52°26'24"W; 60m de altitude e temperatura média anual de 17,6 °C). Utilizaram-se estacas de amoreira-preta, coletadas em um pomar experimental que tem por objetivo testar diferentes doses de adubação nitrogenada (0,0; 7,5; 15,0; 22,5 e 30,0 g de N planta<sup>-1</sup>), dos cultivares 'Xavante' e 'Tupy'. A fonte utilizada foi sulfato de amônio [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>], com 20% de N. A dose foi de 15,0 g, referente à recomendação de adubação de manutenção, conforme a interpretação dos resultados da análise de solo (pH 5,9; SMP 6,5; M.O. 1,1%; K 58,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; P 24,0 mg dm<sup>-3</sup>; Ca 1,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg 1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Na 6,0 cmc dm<sup>-3</sup>; B 0,2 cmc dm<sup>-3</sup>; Cu 0,6 cmc dm<sup>-3</sup>; Fe 0,4 cmc dm<sup>-3</sup>; Na 6,0 mg dm<sup>-3</sup>; Mn 2,1 cmc dm<sup>-3</sup>; Zn 0,6 cmc dm<sup>-3</sup>) pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS e SC (2004).

Por ocasião da poda de frutificação das plantas, realizada em 01/06/11, foram colhidos ramos lenhosos, com aproximadamente 90 cm de comprimento, levados à câmara de nebulização intermitente, para evitar a desidratação. No preparo das estacas, foi utilizada a parte mediana dos ramos, selecionados com aproximadamente cinco mm de diâmetro e cortados com aproximadamente 10 cm de comprimento. Realizou-se uma lesão na base das estacas, que, posteriormente, foram acondicionadas, na posição vertical, em substrato (2/3 de seu comprimento) previamente umedecido. O enraizamento ocorreu em câmara de nebulização intermitente, acio-

nada automaticamente, por dez segundos, a cada cinco minutos. Utilizou-se como substrato a mistura de 70% de vermiculita e 30% de serragem de eucalipto, acondicionada em bandejas de isopor de 72 células, sobre bancadas de ferro com 1 m de altura e mantidas em estufa agrícola com teto plástico, laterais com tela antiafídeo e tela aluminizada de 50%, em seu interior.

Foram realizadas as avaliações aos 120 dias após a instalação do experimento. As variáveis avaliadas foram as percentagens de enraizamento (%), de calo (%), de estacas vivas (%), de estacas brotadas (%), o número de brotações por estaca, o comprimento da maior raiz e o da brotação (cm), o número de raízes por estaca e o estado nutricional das estacas (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn), sendo este último parâmetro somente das estacas sem o sistema radicular e sem as brotações.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em fatorial 2x5, ou seja, dois cultivares ('Tupy' e 'Xavante') e cinco doses de nitrogênio (0,0; 7,5; 15,0; 22,5 e 30,0 g de N por planta). Cada tratamento teve quatro repetições, com doze estacas por unidade experimental. Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo que, posteriormente, variáveis com diferenças significativas para fatores qualitativos tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, enquanto variáveis com diferenças significativas para o fator quantitativo foram submetidas à análise de regressão. As análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico WinStat.

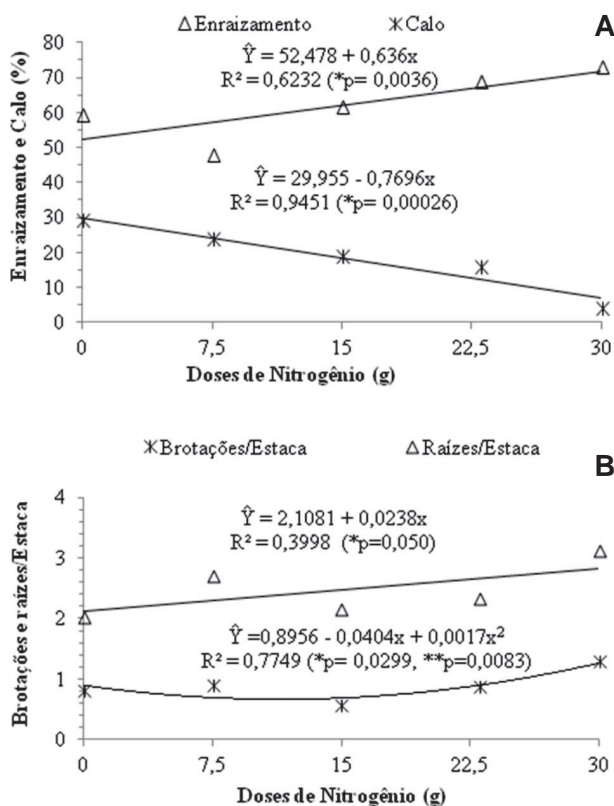
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A percentagem de enraizamento variou em função das doses de nitrogênio. Verifica-se que o aumento do enraizamento está condicionado ao aumento da dose de nitrogênio aplicado à planta matriz. Esse comportamento pode ser observado entre a testemunha, sem adição de N (52,48% de enraizamento) e a dose máxima de 30 g de N por planta (71,56% de enraizamento) (Figura 1A). Esse resultado mostra a importância da adequada adubação da planta matriz, antes da realização da propagação, conforme também descrito por Cunha *et al.* (2009). Na cultura da videira, Ahmed & Mokhtar (2011) destacam, além dos hormônios, o estado nutricional das estacas como importantes fatores que controlam o enraizamento. Uma boa percentagem de enraizamento, segundo Moreira *et al.* (2010), pode indicar que, possivelmente, a relação carbono/nitrogênio, o balanço hormonal e a umidade do substrato estavam adequados para o processo de formação de raízes.

O aumento da percentagem de enraizamento (Figura 1A) e o aumento do teor de N nas estacas avaliados ao

final do experimento (Figura 3A) reforçam a hipótese da relação deste nutriente com a formação das raízes nas estacas de amoreira-preta. Estes resultados concordam com os de Zerche & Druge (2009), que verificaram melhoria do desenvolvimento de raízes adventícias com o aumento da concentração de N nas estacas, como refletido pela positiva correlação entre a concentração de N e parâmetros como número e comprimento de raiz. Ambos os trabalhos confirmam o descrito por Cunha *et al.* (2009), segundo o que o estado nutricional da estaca determinará a quantidade de carboidratos e de auxinas, entre outros compostos metabólicos fundamentais para a iniciação radicular e a velocidade com que ela ocorre. Sendo assim, especial atenção deve ser dada às plantas matrizes, visando a atender às exigências nutricionais do processo de rizogênese adventícia. Por outro lado, segundo Dolinski *et al.* (2007), as plantas podem ter capacidade intrínseca de manter reservas de N nos ramos, troncos e raízes. Normalmente, esse nutriente é o mais abundante no tecido vegetal, conforme verificado por Mattos *et al.* (2010) em folhas de mudas de laranja 'Pêra'.

Para a amoreira-preta, a importância dos carboidratos para o enraizamento foi destacada por Dias *et al.* (2011). Os carboidratos, conforme descrito por Cunha *et al.*



**Figura 1.** Enraizamento em % e calos em % (A), número de brotações por estaca e número de raízes por estaca (B), em função de diferentes doses de nitrogênio nas estacas de amoreira-preta, Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2014. \*: \*\* Grau de significância do modelo para  $\beta_1$  e  $\beta_2$ , respectivamente.

(2009), também estão relacionados com o N. Eles, em si, não aumentam a resposta ao enraizamento, mas, são fonte de energia e de carbono para a síntese de substâncias essenciais para a formação de raízes (Klopotek *et al.*, 2012). O aumento dos teores de açúcares da parte aérea com relação aos das raízes pode indicar que a parte aérea atua como fonte de fotoassimilados e, dentre eles, de açúcares solúveis, para promover o enraizamento das brotações (Dias *et al.*, 2011).

A percentagem de calos também sofreu influência das doses de nitrogênio, não se observando efeito significativo entre os cultivares. Diferentemente da percentagem de enraizamento, esta variável apresentou uma equação linear negativa, ou seja, com o aumento da dose de nitrogênio, reduziu-se a percentagem de calos. Isto significa que a amoreira-preta pode sofrer efeito antagônico da adubação nitrogenada, com a formação de calos, e isso pode ser verificado observando-se as estacas oriundas de plantas matrizes sem adição de N e daquelas com adição de 30 g de N por planta, em que se formaram 29,96 e 6,87% de calos, respectivamente (Figura 1A).

Já o número de raízes por estaca foi influenciado pelas doses de nitrogênio e também pelos cultivares. Observou-se aumento linear da quantidade de raízes com o aumento das doses de nitrogênio. Desta forma, o número de raízes por estaca passou de 2,01 para 2,82, sem aplicação de nitrogênio e na dose máxima de N, respectivamente (Figura 1B). Entre os cultivares observou-se maior capacidade de formação radicular do “Xavante” (3,02), diferindo de “Tupy” (1,91) (Tabela 1). A qualidade do sistema radicular formado na estaca pode estar relacionada com a condição fisiológica da planta matriz. Esta qualidade pode ter relação com vários fatores, como o conteúdo de água e o teor de reservas e de nutrientes, quando da coleta das estacas. A condição nutricional da planta-matriz afeta fortemente o enraizamento. O adequado manejo de alguns desses fatores permitirá maior probabilidade de sucesso na produção de mudas por estaquia. Outros fatores, conforme relatado na literatura, estão ligados à qualidade das estacas enraizadas e entre eles estão o tipo de substrato (Mendonça *et al.*, 2010), o tipo de estacas, a época de coleta dos

ramos, a aplicação de frio nas estacas (Campagnolo & Pio, 2012), o uso de fitorreguladores (Maia & Botelho, 2008), a posição de coleta das estacas na planta matriz (Gonçalves *et al.*, 2012), o potencial genético de enraizamento, o teor de carboidratos e a condição fisiológica da planta matriz. O uso de fitorreguladores pode ser benéfico, para alguns cultivares, conforme verificado por Villa *et al.* (2003), para o cultivar Guarani e, por Maia & Botelho (2008), para o cultivar ‘Xavante’ (60% de enraizamento com 2000 mg L<sup>-1</sup> de AIB); no entanto, alguns autores, como Campagnolo & Pio (2012) e Yamamoto *et al.* (2013), não verificaram melhora no enraizamento de amoreira-preta com a utilização de fitorregulador. Esse enraizamento, para “Xavante”, com estacas tratadas com AIB, foi similar ao das provenientes de plantas com diferentes doses de nitrogênio, deste trabalho, indicando que a adubação nitrogenada pode vir a somar para a melhoria do enraizamento das estacas de amoreira-preta.

Para o comprimento da maior raiz, ocorreu interação entre os cultivares e as doses de nitrogênio. Para o cultivar ‘Tupy’, observou-se diminuição do comprimento da maior raiz, conforme se aumentou a dose do nitrogênio (Figura 2A). Já para o cultivar ‘Xavante’ verificou-se um ponto de mínimo comprimento (3,65 cm), na dose de 10 g de nitrogênio por planta. Para ambos os cultivares acredita-se que a variação, por causa de sua exportação, do comprimento do sistema radicular esteja relacionada com a variação das reservas de nutrientes armazenadas. As doses de N que induziram menor comprimento radicular foram similares às de maior produção de frutos, conforme verificado na equação de produção para “Tupy” ( $\hat{y} = 11178,46 + 45,8531x - 1,3566x^2$ ;  $R^2 = 0,85$ ; (valor de p para  $\beta_1 = 0,258$  e  $\beta_2 = 0,009$ ) e para “Xavante” ( $\hat{y} = 1231,45 + 27,7568x - 1,0592x^2$  e  $R^2 = 0,83$ ; (valor de p para  $\beta_1 = 0,377$  e  $\beta_2 = 0,041$ ). Essa variação do teor de reservas na estaca confirma o descrito por Cunha *et al.* (2009) que destacam a importância da nutrição para o enraizamento, tendo em vista o seu envolvimento na determinação de respostas morfogenéticas das plantas, como a formação de raízes adventícias.

**Tabela 1.** Comprimento da maior brotação, número de raiz por estaca, estacas vivas, percentagem de estacas brotadas, número de brotações por estaca e teor de nutrientes das estacas, em diferentes cultivares de amoreira-preta. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2014

Cultivares	Brotação (cm)	Número raízes/estaca	Número brotações/estaca	Estacas vivas (%)	Estacas brotadas (%)
‘Tupy’	0,77 b*	1,91 b	0,55 b	98,55 a	8,33 b
‘Xavante’	2,68 a	3,02 a	1,22 a	88,34 b	52,08 a
C.V. (%)	30,50	33,36	41,36	6,95	38,93

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

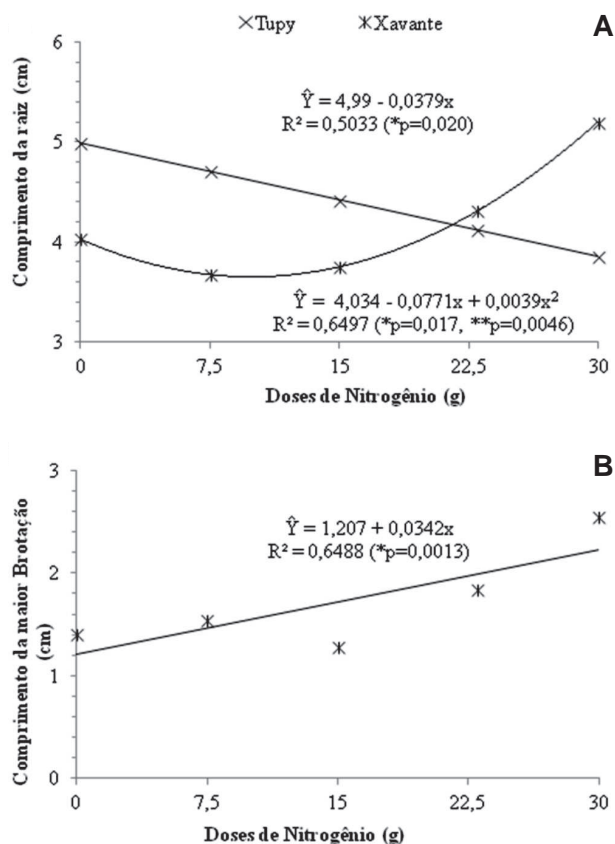


O número de brotações por estaca teve comportamento similar ao da quantidade de raízes por estaca, ou seja, sofreu influência das doses de nitrogênio e dos cultivares utilizados. Com a utilização do nitrogênio, as estacas apresentaram um ponto de mínimo para brotação (0,66/estaca), com 12 g de N por planta, passando, posteriormente, para 1,21 brotações/estaca, com 30 g de N por planta (Figura 1B). Acredita-se que, para essa variável, também a dose de N (15 g de N por planta, dado não publicado) de máxima produção de fruto tenha relação com a dose de N (12,00 g de N por planta) que proporcionou o ponto de mínimo para brotação. Embora os pontos de máximo e de mínimo não sejam os mesmos nas respectivas variáveis, possivelmente, tenham afetado o armazenamento de reservas nas estacas. De acordo com Moreira *et al.* (2010), o comprimento das raízes influencia a disponibilidade de água e de nutrientes fornecidos pelo substrato e, de acordo com este trabalho, depende também dos nutrientes armazenados pelas estacas, favorecendo, assim, a maior emissão de brotações nas mudas de amoreira-preta. Entre os cultivares, o 'Xavante' desenvolveu quantidade maior de brotação que

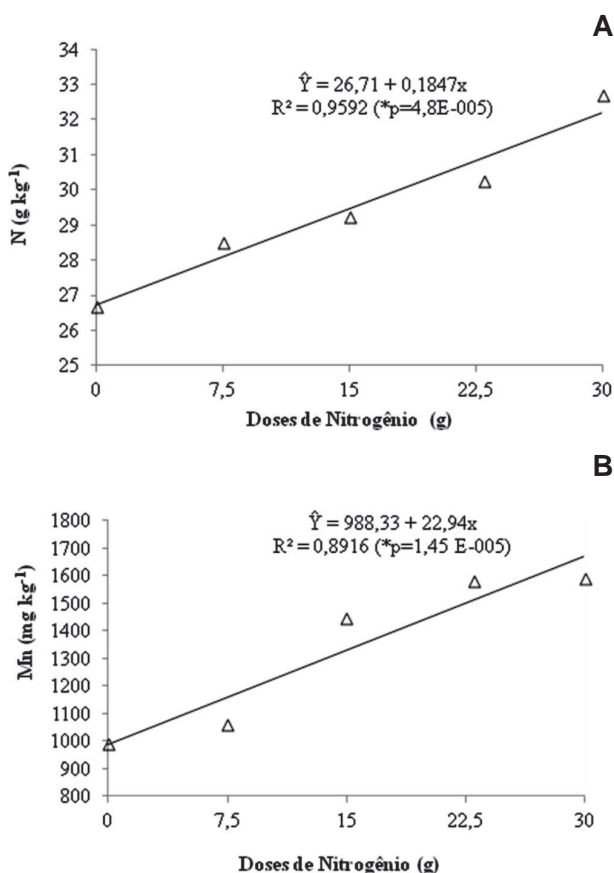
'Tupy' (1,22 e 0,55 brotações por estaca, respectivamente) (Tabela 1).

Para o comprimento da maior brotação, houve interação entre os cultivares e as doses de nitrogênio. O aumento das doses de nitrogênio favoreceu o crescimento das brotações, passando de 1,2 cm de comprimento para 2,23 cm, com uso de 30 g nitrogênio por planta (Figura 2B). Entre os cultivares, verificou-se que 'Xavante' desenvolveu comprimento de brotação superior a 'Tupy' (2,68 cm e 0,77 cm, respectivamente) (Tabela 1).

Quanto à percentagem de estacas vivas e brotadas, verificaram-se efeitos dos cultivares, não havendo influência significativa das doses de nitrogênio (Tabela 1). Para o cultivar 'Tupy', 98,55% das estacas mantiveram-se vivas, diferindo dos 88,34% para 'Xavante'. Já, quanto às estacas brotadas, 'Xavante' chegou a 52,08%, diferindo de 'Tupy', com 8,33%. A formação de novas estruturas na parte aérea da estaca funciona como um forte dreno consumidor das reservas de carboidratos e compostos nitrogenados; portanto, o seu surgimento antes da emissão das raízes na base da estaca pode levar à



**Figura 2.** Comprimento da maior raiz em cm (A) e comprimento da maior brotação em cm (B), em função de diferentes doses de nitrogênio nas estacas de amoreira-preta, Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2014. \*; \*\* Grau de significância do modelo para  $\beta_1$  e  $\beta_2$ , respectivamente.



**Figura 3.** Teor de nitrogênio (N) e manganês (Mn) no tecido das estacas de amoreira-preta (A e B, respectivamente), em função de diferentes doses de nitrogênio, Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2014. \* Grau de significância do modelo para  $\beta_1$ .

**Tabela 2.** Teor de nutrientes das estacas, em diferentes cultivares de amoreira-preta. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, 2014

Cultivares	Teor de nutrientes nas estacas					
	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Mg (%)	Ca (%)	P (%)	K (%)
'Tupy'	24,33 a*	114,73 a	3,21 a	7,18 a	0,18 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>
'Xavante'	18,40 b	86,13 b	2,91 b	5,00 b	0,17	0,95
C.V. (%)	12,52	7,99	11,74	12,16	12,51	10,08

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. ns (não significativo).

exaustão dessas reservas, resultando na morte das estacas (Lima *et al.*, 2006).

Quanto ao teor de Mn no tecido das estacas de amoreira-preta avaliado, ao final do experimento, observou-se que o elemento aumentou de forma linear (Figura 3 B), à medida que aumentaram as concentrações de N aplicadas às plantas matrizes. A adição de N nas plantas a campo também aumentou a concentração de Mn em folhas de mirtilheiro, em trabalho realizado por Bryla *et al.* (2012). Já, neste trabalho, a adição de N na forma de sulfato de amônio [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>] pode ter causado uma rápida queda do pH do solo, efeito que, segundo Strong *et al.* (1997), é possível com o uso desse tipo de fertilizante. Nachtigall *et al.* (2009) verificaram que a redução dos valores de pH do solo, de 6,7 para 3,8, promoveu aumento dos teores de Mn disponíveis no solo. Possivelmente, essa maior disponibilização de Mn, neste trabalho, tenha ocorrido, favorecendo, assim, a absorção pela planta, bem como o armazenamento nos ramos.

De acordo com Millaleo *et al.* (2010), o Mn é um elemento essencial para as plantas, intervindo em vários processos metabólicos, principalmente na fotossíntese, e como um cofator enzimático. De acordo com Cunha *et al.* (2009), o Mn atua oxidando o AIA (ácido indolacético), papel que pode ser importante no enraizamento. Por outro lado, segundo os mesmos autores, a deficiência de Mn nas plantas pode apresentar queda do teor de carboidratos, que é fonte de energia no processo de rizogênese. Cunha *et al.* (2009) destacam também a importância da relação C/N (carbono/nitrogênio) e, segundo Pelizza *et al.* (2011), a variação dessa relação pode afetar o enraizamento. De modo geral, a utilização do nitrogênio em plantas matrizes de amoreira-preta foi benéfica, tanto para o desenvolvimento do sistema radicular quanto para o da parte aérea, exceto para o cultivar 'Tupy', para o qual o aumento do N diminuiu o comprimento das raízes, embora Cunha *et al.* (2009) e Silva *et al.* (2012) salientem a importância da alta relação C/N para o enraizamento, ou seja, do baixo teor de nitrogênio. No entanto, neste trabalho, o teor de nitrogênio parece ter uma relação direta com o enraizamento, diferentemente do descrito pelos autores anteriormente citados.

Observa-se ainda a existência de diferenças de desenvolvimento do sistema radicular, de desenvolvimento da parte aérea, além de variação das concentrações de nutrientes no tecido das estacas (Ca, Mg, Fe e Zn) entre os cultivares 'Tupy' e 'Xavante' (Tabela 2). Para esses nutrientes, destacou-se o 'Tupy', com teores mais elevados, diferindo de 'Xavante'. Para 'Xavante', possivelmente, o maior desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea tenha consumido maior quantidade de Ca, Mg, Fe e Zn das estacas. Já Ca e Mg estão com seus teores em excesso, sendo observadas diferenças significativas entre os cultivares. Para Fe e Zn, os teores em ambos os cultivares foram normais.

No entanto, para P e K os teores não mostraram diferenças significativas entre cultivares. Estão presentes, porém, em quantidades insuficientes, causadas, possivelmente, por menores disponibilidades do P e do K no solo, por causa da redução de pH, sugerida por Strong *et al.* (1997), quando adicionado o sulfato de amônio. De acordo com Cunha *et al.* (2009), a importância do efeito do potássio também deve ser considerada, pois ele atua, entre outras coisas, na manutenção do turgor celular, processo importante em estacas em início do processo de rizogênese. Para o Fe, esses autores destacam a importância do nutriente na fase de formação das raízes adventícias. O genótipo também é descrito como responsável pela formação das raízes adventícias (Trevisan *et al.*, 2008). De acordo com Villa *et al.* (2003), os cultivares Brazos e Guarani apresentaram diferentes potenciais de enraizamento e de desenvolvimento da parte aérea. Dias *et al.* (2011) descrevem uma possível relação do teor de açúcar na parte aérea com o processo de enraizamento em estacas de amoreira-preta.

## CONCLUSÕES

A aplicação da adubação nitrogenada em plantas matrizes pode ser benéfica para o enraizamento de estacas de amoreira-preta, bem como para o desenvolvimento inicial do sistema radicular e da parte aérea das novas plantas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro recebido da Capes programa PNPd.

## REFERÊNCIAS

- Ahmed MAKE & Mokhtar MS (2011) Why some grapevine cultivars are hard to root? *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5:110-116.
- Bañados MP, Strik BC, Bryla DR & Righetti TL (2012) Response of highbush blueberry to nitrogen fertilizer during field establishment, I: accumulation and allocation of fertilizer nitrogen and biomass. *HortScience*, 47:648-655.
- Bryla DR, Strik BC, Bañados MP & Righetti TL (2012) Response of highbush blueberry to nitrogen fertilizer during field establishment—II. plant nutrient requirements in relation to nitrogen fertilizer supply. *HortScience*, 47:917-926.
- Brito Neto JF, Pereira WE, Cavalcanti LF, Araújo RC & Lacerda JS (2011) Produtividade e qualidade de frutos de mamoeiro ‘Sunrise Solo’ em função de doses de nitrogênio e boro. *Semina: Ciências Agrárias*, 32:69-80.
- Brunetto G, Bongiorno CL, Mattias JL, Deon M, Melo GW de, Kaminski J & Ceretta CA (2008) Produção, composição da uva e teores de nitrogênio na folha e no pecíolo em videiras submetidas à adubação nitrogenada. *Ciência Rural*, 38:2622-2625.
- Campagnolo MA & Pio R (2012) Enraizamento de estacas caulinares e radiculares de cultivares de amoreira-preta coletadas em diferentes épocas, armazenadas a frio e tratadas com AIB. *Ciência Rural*, 42:232-237.
- Cunha ACM, Paiva HN, Xavier A & Otoni WC (2009) Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 58:35-45.
- Dias JPT, Ono EO & Rodrigues JD (2011) IBA e carboidratos no enraizamento de brotações procedentes de estacas radiciais de *Rubus* spp. *Revista Brasileira Fruticultura*, 33:666-671.
- Dolinski MA, Motta ACV, Serrat BM, Mio LLM & Monteiro LB (2007) Adubação nitrogenada e potássica na produtividade da ameixeira ‘Reubennel’, na região de Araucária – PR. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29:364-370.
- Fachinello JC, Pasa MDS, Schmitz JD & Betemps DL (2011) Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33:109-120.
- Gonçalves DM, Oliveira CM, Lopes-d-Fonseca L & Oliveira PB (2012) Blackberry production by florican stem cuttings. *Acta Horticulturae*, 946:379-382.
- Grimaldi F, Grohskopf MA, Muniz AW & Guidolin AF (2008) Enraizamento *in vitro* de frutíferas da família Rosaceae. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 7:160-168.
- Jacques AC & Zambiasi RC (2011) Fitoquímicos em amora-preta (*Rubus* spp.). *Semina: Ciências Agrárias*, 32:245-260.
- Klopotek Y, George E, Druge U & Klaering HP (2012) Carbon assimilation of petunia cuttings in a non-disturbed rooting environment: Response to environmental key factors and adventitious root formation. *Scientia Horticulturae*, 145:118-16.
- Leitzke LN, Damiani CR & Schuch MW (2009) Meio de cultura, concentração de AIB e tempo de cultivo no enraizamento *in vitro* de amoreira-preta e framboeseira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31:582-587.
- Lima RLS, Siqueira DL, Weber OB & Cazetta JO (2006) Comprimento de estacas e parte do ramo na formação de mudas de aceroleira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28:83-86.
- Maia AJ & Botelho RV (2008) Reguladores vegetais no enraizamento de estacas lenhosas da amoreira-preta cv. ‘Xavante’. *Semina: Ciências Agrárias*, 29:323-330.
- Mattos JRD, Ramos UM, Quaggio JA & Furlani PR (2010) Nitrogênio e cobre na produção de mudas de citros em diferentes porta-enxertos. *Bragantia*, 69:135-47.
- Mendonça V, Costa FC, Curi PN, Moura PHA & Tadeu MH (2010) Substratos no enraizamento de estacas de amoreira (*Morus alba* L.). *Revista Verde*, 5:07-11.
- Millaleo R, Reyes-Díaz M, Ivanov AG, Mora ML & Alberdi M (2010) Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10:476-494.
- Moreira RA, Ramos JD, Cruz MCM, Villar L & Hafle OM (2010) Efeito de doses de polímero hidroabsorvente no enraizamento de estacas de amoreira. *Revista Agrarian*, 3:133-139.
- Nachtigall GR, Nogueiro RC & Alleoni LRF (2009) Extração sequencial de Mn e Zn em solos em função do pH e adição de cama-de-frango. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13:240-249.
- Pelizza TR, Damiani CR, Rufato AR, Souza ALK, Ribeiro MF & Schuch MW (2011) Microestaquia em mirtilheiro com diferentes porções do ramo e substratos. *Bragantia*, 70:319-324.
- Prado RM, Rozane DE, Camarotti GS, Correia MAR, Natale W, Barbosa JC & Beutler AN (2008) Nitrogênio, fósforo e potássio na nutrição e na produção de mudas de laranjeira ‘Valência’, enxertada sobre Citrumelero ‘Swingle’. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30:812-817.
- Segantini DM, Leonel S, Ripardo AKS & Auricchio MGR (2011) Uso de reguladores de crescimento para a superação da dormência e sua influência na brotação, no florescimento e na produção da amoreira-preta. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33:275-280.
- Silva LFO, Oliveira AF, Pio R, Zambon CR & Oliveira DL (2012) Enraizamento de estacas semilenhosas de cultivares de oliveira. *Bragantia*, 71:488-492.
- Sociedade Brasileira Da Ciência Do Solo – SBCS (2004) Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande Sul e de Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre, Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC., 400p.
- Souza Júnior JO & Carmello QAC (2008) Formas de adubação e doses de uréia para mudas clonais de cacau cultivadas em substrato. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:2367-2374.
- Strong DT, Sale PWG & Helyar KR (1997) Initial soil pH affects the pH at which nitrification ceases due to self induced acidification of microbial microsites. *Australian Journal of Soil Research*, 35:565-570.
- Trevisan R, Franzon RC, Fritsche Neto R, Gonçalves RS, Gonçalves ED & Antunes LEC (2008) Enraizamento de estacas herbáceas de mirtilo: influência da lesão na base e do ácido indolbutírico. *Ciência e Agrotecnologia*, 32:402-406.
- Villa F, Pasqual M, Pio LAS, Fráguas CB & Rezende JC (2009) Utilização de nitrato de amônio e de uréia como fontes de nitrogênio na micropropagação de amoreira-preta. *Scientia Agraria*, 10:365-370.
- Villa F, Pio R, Chalfun NNJ, Gontijo TCA & Dutra LF (2003) Propagação de amoreira-preta utilizando estacas lenhosas. *Ciência e Agrotecnologia*, 27:829-834.
- Yamamoto LY, Koyama R, Borges WFS, Antunes LEC, Assis AM & Roberto SR (2013) Substratos no enraizamento de estacas herbáceas de amora-preta ‘Xavante’. *Ciência Rural*, 43:15-20.
- Zerche S & Druge U (2009) Nitrogen content determines adventitious rooting in *Euphorbia pulcherrima* under adequate light independently of pre-rooting carbohydrate depletion of cuttings. *Scientia Horticulturae*, 121:340-347.