



# Propagation of ora-pro-nobis (Cactaceae) from cuttings at different concentrations of IBA<sup>1</sup>

## Propagação de ora-pro-nóbis (Cactaceae) por estaquia em diferentes concentrações de AIB

Walter Aparecido Ribeiro Junior<sup>1</sup><sup>2\*</sup>, Jean Carlo Baudraz de Paula<sup>1</sup><sup>2</sup>, Vinicius Rezende Soares<sup>1</sup><sup>3</sup>, Gianne Caroline Guidoni Stulzer<sup>1</sup><sup>2</sup>, Isadora Bonfante Rosalem<sup>1</sup><sup>2</sup>, Ricardo Tadeu de Faria<sup>1</sup><sup>2</sup>

**Abstract:** Ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Mill.) is an unconventional food plant, where asexual propagation via cuttings and the use of plant regulators is seen as an alternative in seedling production. Therefore, the aim of this study was to evaluate different concentrations of 3-indolebutyric acid (IBA) in the rooting of semi-hardwood cuttings of *Pereskia aculeata* Mill. The experiment was conducted in a greenhouse in a completely randomised design, using cuttings of ora-pro-nobis at doses of 0, 1, 2, 3 and 4 g L<sup>-1</sup> IBA in talc. Five treatments were used, with four replications, each comprising 10 cuttings. After 60 days, the following were evaluated: rate of cutting survival (SUR), number of shoots (NS), number of leaves (NL), mean shoot length (MSL), stem diameter (SD), length of the largest root (LRL), shoot fresh weight (SFW), shoot dry weight (SDW), root fresh weight (RFW), and root dry weight (RDW). The results were submitted to analysis of variance and regression analysis. SD, SDW and NL were significantly affected by the IBA dose. The values for stem diameter and dry weight as a function of the dose were adjusted to the quadratic model, with the maximum dose estimated at 1.5 g L<sup>-1</sup>, to give an SD of 6 mm and an SDW of 1.68 g. Number of leaves showed an inverse quadratic adjustment. The doses of IBA used in the semi-hardwood cuttings of *Pereskia aculeata* Mill. are not a condition of rooting. Stem diameter and shoot dry weight are dependent on the action of IBA, with the maximum response at an approximate dose of 1.5 g L<sup>-1</sup>.

**Key words:** Rooting. *Pereskia aculeata* Mill. Unconventional food plants. Plant production. Plant growth regulator.

**Resumo:** A ora-pro-nóbis é uma planta alimentícia não convencional, e a propagação assexuada via estaquia através da utilização de reguladores vegetais surge como alternativa na produção de mudas. Assim, objetivou-se avaliar diferentes concentrações de ácido 3-indolbutírico (AIB) no enraizamento de estacas semilenhosas de *Pereskia aculeata* Mill. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, utilizando estacas de ora-pro-nóbis nas doses de 0, 1, 2, 3 e 4 g L<sup>-1</sup> de AIB em talco. Foram utilizados 5 tratamentos com 4 repetições, compostas por 10 estacas cada. Após 60 dias foram avaliados: porcentagem de sobrevivência das estacas (SOB), número de brotos (NB) e folhas (NF), comprimento médio dos brotos (CMB), diâmetro caulinar (DC), comprimento da maior raiz (CMR), massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, massa fresca (MFR) e seca (MSR) da raiz. Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão. As variáveis DC, MSPA e NF foram afetadas significativamente pelas doses de AIB. Os valores de diâmetro caulinar e da massa seca em função das doses foram ajustados ao modelo quadrático, com dose máxima estimada em 1,5 g L<sup>-1</sup>, obtendo 6 mm para DC e 1,68 g para MSPA. O número de folhas apresentou ajuste quadrático inverso. As doses de AIB utilizadas em estacas semilenhosas de *Pereskia aculeata* Mill não são condicionantes para o enraizamento. As variáveis diâmetro caulinar e massa seca da parte aérea são dependentes da ação do AIB, com máxima resposta na dose, aproximada, de 1,5 g L<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** Enraizamento. *Pereskia aculeata* Mill. Plantas alimentícias não convencionais. Produção vegetal. Regulador vegetal.

\*Corresponding author

Submitted for publication on 28/10/2020, approved on 27/01/2021 and published on 25/03/2021

<sup>1</sup>Artigo extraído de projeto do trabalho de conclusão de Vinicius Rezende Soares.

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Departamento de Agronomia, Campus Universitário, CEP 86051-990, Londrina, PR, Brasil. E-mails: junior\_agro40@hotmail.com; jc\_baudraz@live.com; g.caroline.stulzer@gmail.com; isadora.bonfante@gmail.com; faria@uel.br

<sup>3</sup>Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Departamento de Agronomia, Campus Universitário, CEP 86051-990, Londrina, PR, Brasil. E-mail: vinicius.671@hotmail.com

## INTRODUCTION

*Pereskia aculeata* Mill., popularly known as ora-pro-nobis (ALMEIDA; CORREA, 2012), is one of the few species of family *Cactaceae* that presents developed leaves (BRASIL, 2010). It is a perennial clambering plant, with thin, semi-hardwood or hardwood stems, from which grow broad, lanceolate and succulent leaves, presenting thorns at their base. The flowers are small and white, and the yellow, berry-like fruit are edible (DUARTE; HAYASHI, 2005; ACCORSI; DOSOUTO, 2006; QUEIROZ *et al.*, 2015).

Plants of genus *Pereskia* occur in arid regions (DUARTE; HAYASHI, 2005). Zappi and Taylor (2019) classify *P. aculeata* in Brazil as a non-endemic native plant, occurring mainly in the states of Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Sergipe, Goiás, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul and Santa Catarina.

Ora-pro-nobis is considered an unconventional food plant (UFP) and can be included in the diet as an alternative source of protein (BRASIL, 2010), since it contains approximately 25% protein, and stands out relative to other leafy plants (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2010).

Although the amount of nutrients, fibre, carbohydrates, minerals, vitamins and water is high in ora-pro-nobis, the plant is hardly eaten by the population (BRASIL, 2010). This is possibly due to a lack of knowledge of its nutritional characteristics or how it should be prepared (ALMEIDA; CORREA, 2012). Research into these plants can help to alleviate nutritional deficiency and combat hunger, especially for the poorest people, who often lack a larger and better range of food (ROCHA *et al.*, 2008; SOUZA *et al.*, 2009).

On the other hand, the scientific community does not show much interest in researching these plants due to the lack of development of specific materials to be used in the production of cosmetics, medicines or food (QUEIROZ *et al.*, 2015). Souza *et al.* (2009) reported that the production of *P. aculeata* is a viable alternative for increasing the income of small farmers. Despite *P. aculeata* having nutritional and medicinal characteristics, there is little information on its cultivation, especially in relation to methods of propagation.

## INTRODUÇÃO

*Pereskia aculeata* Mill. é popularmente conhecida como ora-pro-nóbis (ALMEIDA; CORREA, 2012), sendo uma das poucas espécies da família *Cactaceae* que apresenta folhas desenvolvidas (BRASIL, 2010). Trata-se de uma planta perene, com características de trepadeira, que possui caules finos, sublenhosos ou lenhosos, de onde partem folhas suculentas, largas e lanceoladas, com alguns espinhos na base. As suas flores são pequenas e brancas, e os frutos amarelos do tipo baga, comestíveis (DUARTE; HAYASHI, 2005; ACCORSI; DOSOUTO, 2006; QUEIROZ *et al.*, 2015).

As plantas do gênero *Pereskia* ocorrem em regiões áridas (DUARTE; HAYASHI, 2005). Zappi e Taylor (2019) classificam *P. aculeata* como planta nativa não endêmica do Brasil, ocorrendo principalmente nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Sergipe, Goiás, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

A ora-pro-nóbis é considerada uma planta alimentícia não convencional (PANC), que entra na dieta como fonte proteica alternativa (BRASIL, 2010), já que contém aproximadamente 25% de proteínas, destacando-se em relação as demais folhosas (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2010).

Embora a quantidade de nutrientes, fibras, carboidratos, sais minerais, vitaminas e água seja alta na ora-pro-nóbis, ela é pouco consumida pela população (BRASIL, 2010). Esse fato deve-se, possivelmente, à falta de conhecimento das características nutricionais ou do seu modo de preparo (ALMEIDA; CORREA, 2012). As pesquisas com essas plantas podem contribuir para amenizar as carências nutricionais, principalmente da população mais pobre, muitas vezes desprovida de maior e melhor diversidade de alimentos, atuando assim no combate à fome (ROCHA *et al.*, 2008; SOUZA *et al.*, 2009).

Por outro lado, a comunidade científica não demonstra tanto interesse em pesquisar essas plantas devido ao não desenvolvimento de insumos específicos para a produção de cosméticos, medicamentos ou alimentares (QUEIROZ *et al.*, 2015). Souza *et al.* (2009) relataram que a produção de *P. aculeata* é uma alternativa viável para o aumento da renda de pequenos agricultores. Apesar de apresentar características nutricionais e medicinais, poucas são as informações sobre seu cultivo, principalmente em relação aos métodos de propagação.

The principal method of propagating the species is by stem cuttings (BRASIL, 2010). Asexual propagation is an advantageous alternative method for obtaining desirable characteristics and homogeneous plants, and for anticipating growth (LIMA *et al.*, 2010).

Plant regulators are widely used to stimulate rooting in cuttings, making it possible to produce seedlings, particularly in species where rooting is difficult (FACHINELLO *et al.*, 2005).

Auxin is a plant regulator that acts on the formation of adventitious roots, activating cells of the cambium and promoting plant growth (BRESINSKY, 2012; TAIZ *et al.*, 2017; KERBAUY, 2019). Among the most-used regulators is 3-indolebutyric acid (IBA) due to its lower mobility and photosensitivity, and greater chemical stability in the plant (FACHINELLO *et al.*, 2005; HARTMANN *et al.*, 2011).

Studies show that IBA stimulates radial initiation, promoting an increase in rooting uniformity and in the percentage of cuttings, characteristics that make it possible to reduce the time that cuttings spend on seedling production (FACHINELLO *et al.*, 2005; SMARSI *et al.*, 2008; DUTRA *et al.*, 2012). The aim of this study, therefore, was to evaluate different concentrations of 3-indolebutyric acid (IBA) in the rooting of semi-hardwood cuttings of *Pereskia aculeata* Mill.

## MATERIAL AND METHODS

The experiment was conducted in a greenhouse covered with transparent polyethylene film and 30% shading, located at the Centre for Agricultural Sciences of the State University of Londrina (UEL), in Londrina in the state of Paraná (PR) (23°23' S, 51°11' W, altitude 566 m), from October to December 2018, and lasted for 60 days. According to the Köppen classification, the climate in the region is type Cfa (humid subtropical), with average temperatures during the coldest month of between 0 °C or -3 °C and 16 °C, and during the hottest month, of 22 °C or higher; the average annual rainfall is 1600 mm.

A completely randomised experimental design was adopted, with six treatments and four replications. Each replication consisted of 10 semi-hardwood cuttings.

A principal forma de propagação da espécie ocorre por estacas caulinares (BRASIL, 2010). A propagação assexuada é uma alternativa vantajosa para obtenção de características desejáveis, plantas homogêneas e por antecipar o cultivo (LIMA *et al.*, 2010).

Para estimular o enraizamento de estacas, a utilização de reguladores vegetais é uma prática utilizada largamente especialmente em espécies de difícil enraizamento, que pode viabilizar a produção de mudas por meio da estaquia (FACHINELLO *et al.*, 2005).

A auxina é um fitorregulador que possui ação na formação de raízes adventícias, ativando células do câmbio e promovendo o crescimento de plantas (BRESINSKY, 2012; TAIZ *et al.*, 2017; KERBAUY, 2019). Dentre os reguladores mais utilizados, está o ácido 3-indol-butírico (AIB), por apresentar menor mobilidade e fotossensibilidade e maior estabilidade química na planta (FACHINELLO *et al.*, 2005; HARTMANN *et al.*, 2011).

Estudos indicam que o AIB estimula a iniciação radicial promovendo aumento da porcentagem de estacas e a uniformidade do enraizamento, características que possibilitam a redução do tempo de permanência das estacas na fase de produção de mudas, além de aumentar a uniformidade de enraizamento (FACHINELLO *et al.*, 2005; SMARSI *et al.*, 2008; DUTRA *et al.*, 2012). Assim, objetivou-se avaliar diferentes concentrações de ácido 3-indolbutírico (AIB) no enraizamento de estacas semilenhosas de *Pereskia aculeata* Mill.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em estufa com cobertura de filme de polietileno transparente e sombrite 30%, localizada no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Londrina (UEL), em Londrina - PR, (23°23'S; 51°11'W; 566 m de altitude), de outubro a dezembro de 2018, por um período de 60 dias. Segundo a classificação de Köppen, o clima na região é tipo Cfa (subtropical úmido), com temperaturas médias no mês mais frio entre 0 °C ou -3 e 16 °C e temperaturas médias no mês mais quente de 22 °C ou superior, e precipitação anual média de 1600 mm.

Para a condução do experimento foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 6 tratamentos e 4 repetições. A repetição foi composta por 10 estacas semilenhosas.

Before collecting the cuttings, solutions of concentrated IBA (99.9%) in talc (Sigma®), were prepared to obtain the doses of 1; 2; 3 and 4 g L<sup>-1</sup>. To prepare the IBA in talc for each treatment, the weighed samples were dissolved in 15 ml absolute alcohol (99.5%) and 15 mL distilled water, and then mixed with 30 g inert industrial talc (Quimidrol®). The resulting paste was dried in an oven at 40 °C for 24 h until the liquid had completely evaporated.

Two hundred semi-hardwood stem cuttings of *Pereskia aculeata* Mill were collected. The cuttings were obtained in October at the start of the rainy season, and collected from the basal part of the parent plants, which were approximately one year of age, at the vegetative stage, in perfect phytosanitary condition, and located in the vegetable garden of the Centre for Agricultural Sciences at the University. Immediately after collection, each cutting was placed in a tank of water to prevent dehydration.

The procedure for preparing the cuttings began with their separation from the mother plant after visual selection. A standard length and diameter of approximately 10±2 cm and 11±1 mm was used respectively.

The selected cuttings were removed, forming a 90° angle with pruning shears, and divided into groups of 10 units. The basal part of each cutting was immersed in IBA in talc, as per each treatment, and placed in a white perforated plastic box (44 x 30 x 7 cm) filled to ¾ volume with previously moistened medium-grade vermiculite. The box was divided into two parts using a thin plastic plate.

Two randomly selected treatments were put into each box, which was then placed in a mist chamber under an intermittent regime controlled by a timer and solenoid valve. The valve was programmed to give a 10-second spray every 6 minutes. The mist nozzle used (MistDanSprinklers, Israel) has a flow rate of 35 L h<sup>-1</sup>.

Sixty days after the start of the experiment, the following variables were evaluated: cutting survival (SUR), number of shoots (NS), number of leaves (NL), mean shoot length (MSL), stem diameter (SD), largest root length (LRL), shoot fresh weight (SFW), shoot dry weight (SDW), root fresh weight (RFW) and root dry weight (RDW).

Antes de efetuar a coleta das estacas, foram preparadas as soluções em talco do AIB concentrado 99,9% (Sigma®) para obter as doses de 1; 2; 3 e 4 g L<sup>-1</sup>. Para a preparação do AIB em talco, para cada tratamento, a amostra pesada foi dissolvida em 15 mL de álcool absoluto (99,5%) com 15 mL de água destilada e posteriormente, misturada com 30 g de talco industrial inerte (Quimidrol®). A pasta resultante da mistura foi seca em estufa a 40 °C durante 24 h até evaporação total do líquido.

Foram coletadas 200 estacas caulinares semilenhosas de *Pereskia aculeata* Mill. As estacas foram obtidas em outubro, no início do período chuvoso, sendo coletadas da parte basal da planta, provenientes de uma planta matriz, de idade aproximada de um ano, em estágio vegetativo e em perfeito estado fitossanitário, localizada no horto do Centro de Ciências Agrárias da Universidade. Logo após o corte, cada estaca foi colocada em reservatório com água para evitar a desidratação.

O procedimento de preparação das estacas teve seu início com a sua separação na planta mãe por critério de seleção visual. Foi utilizado como padrão o comprimento e o diâmetro aproximados de 10±2 cm e 11±1 mm, respectivamente.

As estacas selecionadas foram cortadas, formando ângulo de 90° com tesoura de poda, e divididas em grupos de 10 unidades. A parte basal de cada estaca foi imersa em AIB em talco, de acordo com os tratamentos, e colocadas em caixas plásticas perfuradas de coloração branca (44 x 30 x 7 cm), preenchidas em ¾ de volume com vermiculita média previamente umedecida. A caixa foi dividida em duas partes com o auxílio de uma placa fina de plástico.

Em cada uma das caixas foram alocados dois tratamentos sorteados aleatoriamente e dispostas em câmara de nebulização com regime intermitente controlado por temporizador e válvula solenoide. A válvula foi programada para nebulizar durante 10 segundos a cada 6 minutos. O bico nebulizador empregado (Modelo MistDanSprinklers, Israel) apresenta vazão de 35 L h<sup>-1</sup>.

Aos 60 dias do início do experimento, foram avaliadas as seguintes variáveis: sobrevivência das estacas (SOB), número de brotos (NB) e folhas (NF), comprimento médio dos brotos (CMB), diâmetro caulinar (DC), comprimento da maior raiz (CMR), massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, além da massa fresca (MFR) e seca (MSR) da raiz.

The number of shoots, number of leaves and cutting survival were determined by counting. The stem diameter, mean shoot length and largest root length were determined with the aid of a calliper, and the results expressed in centimetres (cm). The shoot and root dry weight were obtained using a forced air circulation oven at 50 °C for 15 days. After drying, the material was weighed on a semi-analytical balance with an accuracy of 0.001 g, and the results expressed in grams (g).

The results were subjected to analysis of variance. The assumptions of error normality and homogeneity of variance were tested by the Shapiro-Wilk and Bartlett tests ( $p > 0.05$ ) respectively. The polynomial models were adjusted for the significant effects at 5% probability. The statistical analysis was carried out using the R statistical software (R Core Team, 2019).

## RESULTS

There was no effect from IBA dose on the number of shoots (NS), mean shoot length (MSL), shoot fresh weight (SFW), root fresh weight (RFW), largest root length (LRL), root dry weight (RDW) or survival (SUR) (Table 1). For stem diameter (SD), number of leaves (NL) and shoot dry weight (SDW), the response depended on the dose. The *p-value* and coefficient of variation were not expressed for cutting survival due to the null mean value, showing that the doses under study had no phytotoxic effects.

O número de brotos, folhas e sobrevivência das estacas foi feito por contagem, o diâmetro caulinar, comprimento médio dos brotos e o comprimento da maior raiz foram determinados com o auxílio de paquímetro e o resultado expresso em centímetro (cm). A massa seca da parte aérea e a das raízes foram obtidas em estufa de circulação forçada de ar a 50 °C pelo período de 15 dias. Após a secagem dos tecidos, os materiais foram pesados em balança semianalítica com precisão de 0,001 g e o resultado expresso em gramas (g).

Os resultados foram submetidos à análise de variância. Os pressupostos de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias foram testados por Shapiro-Wilk e Bartlett ( $p > 0,05$ ), respectivamente. Para os efeitos significativos foram ajustados os modelos de polinomial, a 5% de probabilidade de erro. Todas as análises estatísticas foram processadas no software estatístico R (R Core Team, 2019).

## RESULTADOS

Não houve efeito das doses de AIA para as variáveis: número de brotos (NB), comprimento médio dos brotos (CMB), massa fresca da parte aérea (MFPA) e raiz (MFR), comprimento da maior raiz (CMR), massa seca da raiz (MSR) e sobrevivência (SOB) (Tabela 1). Para diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF) e massa seca da parte aérea (MSPA) houve resposta dessas variáveis em função das doses. Para sobrevivência das estacas, o *p-valor* e o coeficiente de variação não foram expressos devido à média nula, isso indica que as doses estudadas não causaram efeitos fitotóxicos.

**Table 1** - Significance level, mean value and coefficient of variation (CV) of the variables under study. Londrina, PR, 2019

**Tabela 1** - Nível de significância, média e coeficiente de variação (CV) para as variáveis estudadas. Londrina-PR, 2019

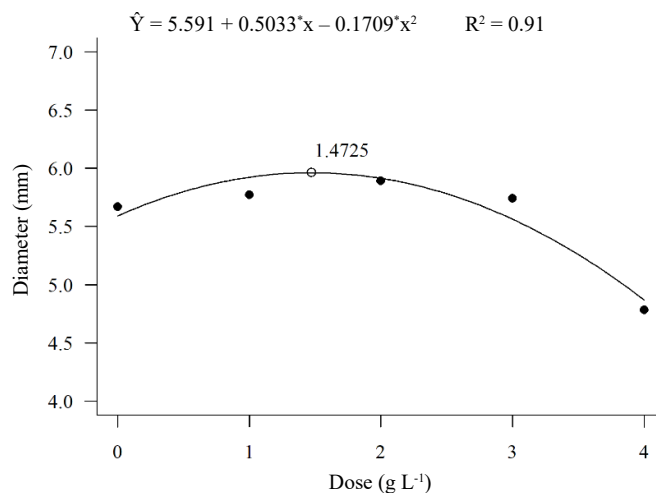
	NS	MSL (cm)	SFW (g)	RFW (g)	LRL (cm)	RDW (g)	SUR %
<i>p-value</i>	0.88603	0.2503	0.12579	0.47421	0.20644	0.47421	-
Mean	1.67	6.84	8.24	8.24	17.8	8.24	-
CV (%)	17.15	26.56	22.03	19.84	20.91	19.84	-

NS - Number of shoots; MSL – mean shoot length; SFW – shoot fresh weight; RFW- root fresh weight; LRL - largest root length; RDW - dry root weight; SUR - cutting survival.

NB - Número de brotos; CMB - comprimento médio de brotos; MFPA - massa fresca da parte aérea; MFR- massa fresca da raiz; CRM - comprimento da maior raiz; MSR - massa seca da raiz; SOB - sobrevivência das estacas (SOB).

There was a quadratic effect for stem diameter depending on IBA dose, with the maximum response at an estimated dose of 1.4725 g L<sup>-1</sup>, resulting in a diameter of 6.0 mm (Figure 1). A reduction was seen in the values for stem diameter with the increase in IBA dose, showing that doses above the maximum value of 1.4725 g L<sup>-1</sup> are unfavourable, and have the effect of suppressing the cuttings.

Para o diâmetro caulinar, houve efeito quadrático em função das doses de AIB, com máxima resposta na dose estimada de 1,4725 g L<sup>-1</sup>, resultando em diâmetro de 6,0 mm (Figura 1). Foi possível observar com o aumento das doses de AIB, redução dos valores de diâmetro caulinares das estacas, evidenciando que doses acima do ponto de máximo de 1,4725 g L<sup>-1</sup> se tornam desfavoráveis e promovem efeito de supressão nas estacas.



**Figure 1** - Stem diameter (mm) as a function of IBA dose after 60 days growth, in cuttings of *Pereskia aculeata*.

\* Significant at 5%; \*\* Significant at 1%. Londrina, PR, 2019.

**Figura 1** - Diâmetro caulinar (mm) em função de doses de AIB, após 60 dias de cultivo de estacas de *Pereskia aculeata*.

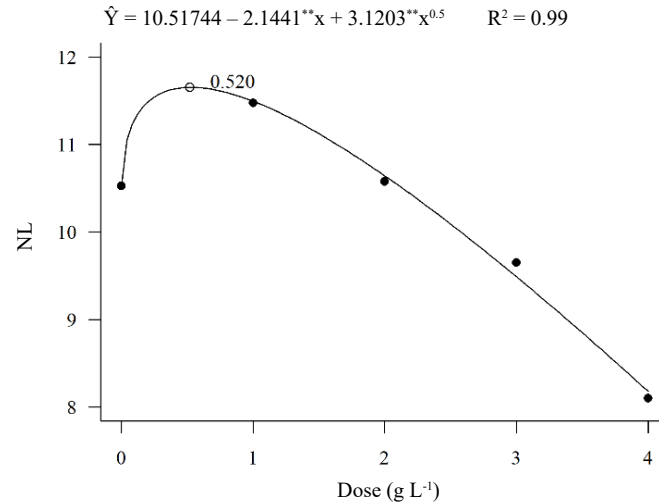
\* Significativa a 5%; \*\* Significativa a 1%. Londrina-PR, 2019.

There was an inverse quadratic adjustment for the number of leaves, with NL decreasing from 10.5 leaves (at a dose of 0 g L<sup>-1</sup>), to 8.1 leaves at a dose of 4 g L<sup>-1</sup>, where the maximum point occurred at 0.520 g L<sup>-1</sup>, with a response of 11.65 leaves (Figure 2).

For shoot dry weight, the adjustment was quadratic, with the maximum response found at an estimated dose of 1.4558 g L<sup>-1</sup> IBA, which resulted in a dry weight of 1.68 g (Figure 3). Despite not showing similar behaviour, the number of leaves and shoot dry weight are directly related, as it is expected that an increase in NL will be reflected by an increase in the weight of the cutting.

Para o número de folhas, houve ajuste quadrático inverso, ocorrendo redução do NF de 10,5 folhas (na dose 0 g L<sup>-1</sup>), para 8,1 folhas na dose 4 g L<sup>-1</sup>, em que o ponto máximo ocorreu em 0,520 g L<sup>-1</sup>, com resposta de 11,65 folhas (Figura 2).

Para a massa seca da parte aérea, o ajuste foi quadrático, sendo possível observar que a máxima resposta se encontra na dose estimada de 1,4586 g L<sup>-1</sup> de AIB, que resultou em 1,68 g de massa seca (Figura 3). Apesar de não se mostrarem com comportamentos parecidos, o número de folhas e massa seca da parte aérea estão diretamente relacionados, pois se espera que o aumento no NF se reflita no aumento da massa da estaca.

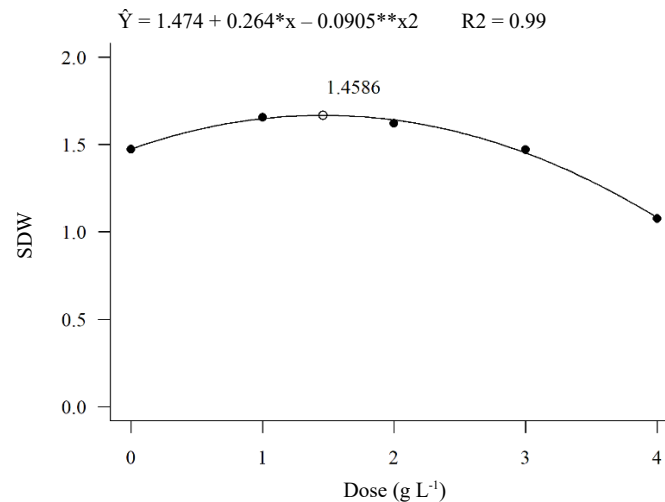


**Figure 2** - Number of leaves (NL) as a function of IBA dose after 60 days growth, in cuttings of *Pereskia aculeata*.

\* Significant at 5%; \*\* Significant at 1%. Londrina, PR, 2019.

**Figura 2** - Número de folhas (NF) em função de doses de AIB, após 60 dias de cultivo de estacas de *Pereskia aculeata*.

\* Significativa a 5%; \*\* Significativa a 1%. Londrina-PR, 2019.



**Figure 3** - Adjustment of quadratic regression for shoot dry weight (SDW) as a function of IBA dose after 60 days growth, in cuttings of *Pereskia aculeata*.

\* Significant at 5%; \*\* Significant at 1%. Londrina, PR, 2019.

**Figura 3** - Ajuste de regressão quadrática para a variável massa seca da parte aérea (MSPA) em função de doses de AIB após 60 dias de cultivo de estacas de *Pereskia aculeata*.

\* Significativa a 5%; \*\* Significativa a 1%. Londrina-PR, 2019.

It can be seen that for an increase in dose greater than 1.45586 g L<sup>-1</sup> there is a reduction in dry weight and suppression of the variable, just as seen for stem diameter. It should be noted, however, that not using IBA also resulted in rooting and the production of quality cuttings.

## DISCUSSION

The lack of mortality in the cuttings (Table 1) may be related to the application of IBA in talc. It should be noted that although the liquid route is more effective, as it favours more uniform results, application in powder affords ease of preparation and durability of the mixture. In addition, liquid application can have phytotoxic effects at high doses, and can even cause the death of the cuttings (FACHINELLO *et al.*, 2005).

The use of IBA applied together with talc, even at high doses, is safer, as it does not cause the death of the cuttings and allows the work to be carried out more easily (FACHINELLO *et al.*, 2005). Working with herbaceous cuttings of the guava, Yamamoto *et al.* (2010) found an interaction between the IBA concentrations used (0; 1 and 2 g L<sup>-1</sup>) and the forms of application (alcohol and talc), concluding that increasing the dose in hydroalcoholic solution resulted in a lower rate of cutting survival (62.5% survival at dose 2), while for the talc solution, more cuttings survived, where even at the highest dose survival was 94%.

In mini-cuttings of *Handroanthus heptaphyllus* Mattos the effect of IBA on rooting afforded 95% survival for all treatments, showing that even at the highest doses (8 g L<sup>-1</sup>) the plants continued to survive (OLIVEIRA *et al.*, 2015). The same authors also report that after four months, irrespective of the dose, survival remained unchanged.

The survival results for *ora-pro-nobis* (Table 1) are also corroborated by Souza *et al.* (2009), who obtained 100% survival working with *Toona ciliata* (M. Roemer).

According to Karami and Salehi (2010), factors such as species, cultivar, the internal conditions of the plant and the conditions of the environment can affect the quantity and quality of the roots in cuttings; this may explain the lack of effect of the treatments on rooting (Table 1).

É possível observar que com o aumento da dose acima de 1,4586 g L<sup>-1</sup> há redução na massa seca, apresentando efeito de supressão para essa variável, assim como observado para o diâmetro caulinar da estaca. Porém, cabe ressaltar, que a não utilização de AIB também proporcionou enraizamento e produção de estacas de qualidade.

## DISCUSSÃO

A ausência de mortalidade das estacas (Tabela 1) pode estar relacionada a via de aplicação do AIB por meio de talco. É importante ressaltar que, apesar da via líquida ser mais efetiva, pois favorecem resultados mais uniformes, a aplicação via pó apresenta a facilidade de preparo e a durabilidade da mistura. Além disso, a aplicação líquida pode ocasionar efeitos fitotóxicos em altas doses, podendo causar até mesmo a morte das estacas (FACHINELLO *et al.*, 2005).

A utilização de AIB veiculado ao talco, mesmo em altas doses, é mais seguro, pois não provoca a morte das estacas, além disso, possibilita a execução do serviço com maior praticidade (FACHINELLO *et al.*, 2005). Trabalhando com estacas herbáceas de goiabeira, Yamamoto *et al.* (2010) observaram interação entre as concentrações de AIB utilizadas (0; 1 e 2 g L<sup>-1</sup>) e as formas de aplicação (álcool e talco), concluindo que o aumento da dose em solução hidroalcolica resultou em menor percentual de sobrevivência das estacas (62,5% de sobrevivência na dose 2), enquanto na solução em talco, as estacas sobreviveram melhor, mesmo na maior dose, a sobrevivência foi de 94%.

O efeito de AIB no enraizamento de miniestacas de Ipê Roxo (*Handroanthus heptaphyllus* Mattos), determinou 95% de sobrevivência em todos os tratamentos, evidenciando que mesmo nas maiores doses (8 g L<sup>-1</sup>) as plantas foram capazes de sobreviver (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Os mesmos autores, ainda, relatam que após 4 meses, independentemente da dose utilizada, a sobrevivência permaneceu inalterada.

Os resultados de sobrevivência de *ora-pro-nobis* (Tabela 1) também é corroborado por Souza *et al.* (2009) que ao trabalharem com *Toona ciliata* (M. Roemer) obtiveram 100% de sobrevivência.

De acordo com Karami e Salehi (2010), fatores como espécie, cultivar, condições internas da planta e condições ambientais podem influenciar na quantidade e na qualidade de raízes nas estacas, assim esse fato pode explicar a ausência de efeito no enraizamento das estacas pelos tratamentos (Tabela 1).



For stem diameter and shoot dry weight, similar behaviour was seen with quadratic adjustment of the doses (Figures 1 and 3). It can be seen that very low or very high concentrations of IBA have a direct influence on these characteristics. This is because, at lower doses, the response induced by the regulator is slower, whereas at higher doses it can lead to phytotoxicity, preventing the material from achieving maximum development (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

The number of leaves increased up to the estimated dose of 0.520 g L<sup>-1</sup>, after which there was a linear reduction in leaf number (Figure 2). These results indicate competition between sprouting and the roots, and their relationship to the regulation of hormone levels during the rooting process, which may infer that in cuttings treated with auxin, energy is mainly expended on the root system, without stimulating the shoots (HARO *et al.*, 2008).

It can be seen that rooting occurred even with no IBA treatment (Table 1). One possible explanation is that cuttings of *ora-pro-nobis* may have sufficient amounts of endogenous auxins for rooting. The literature shows that cuttings of *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos (OLIVEIRA *et al.*, 2015), *Calophyllum brasiliense* Cambess. (SILVA *et al.*, 2010), and *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan (DIAS *et al.*, 2012) also expressed no difference in rooting whether IBA was used or not. According to TAIZ *et al.* (2017), some plants have this characteristic, and exogenous application is not necessary to stimulate rooting.

## CONCLUSIONS

The doses of IBA used in semi-hardwood cuttings of *Pereskia aculeata* Mill. are not a condition of rooting;

Stem diameter and shoot dry weight are dependent on the action of IBA, with the maximum response at an approximate dose of 1.5 g L<sup>-1</sup>.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for the financial support given to the second (no. 88882.448347/2019-01) and fourth authors (no. 88882.448350/2019-01). The Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for the financial support offered the last author (no. 301684/2017-0) and the State University of Londrina (UEL).

Para as variáveis diâmetro do caule e massa seca da parte aérea foi observado comportamento semelhante, com ajuste quadrático das doses (Figuras 1 e 3). Foi possível observar que concentrações muito baixas ou muito altas de AIB influenciam diretamente nessas características. Isso se deve, pois, em doses mais baixas, a indução de resposta provocada pelo regulador é mais lenta; já em altas dosagens, pode levar a fitotoxidez, impedindo que o material consiga seu máximo desenvolvimento (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Em relação ao número de folhas, houve incremento foliar até a dose estimada de 0,520 g L<sup>-1</sup>e, após esta dose, houve redução linear do número de folhas (Figura 2). Esses resultados indicam a existência de competição entre brotação e raízes e a relação da regulação dos níveis hormonais no processo de enraizamento, podendo inferir que em estacas tratadas com auxina, o gasto de energia é principalmente ao sistema radicular, não causando estímulo na parte aérea (HARO *et al.*, 2008).

Foi possível observar que o enraizamento das estacas ocorreu mesmo com o não tratamento de AIB (Tabela 1). Uma das possíveis explicações é que as estacas de *ora-pro-nobis* possam ter quantidades endógenas de auxinas suficientes para o enraizamento. Na literatura, verifica-se que estacas de Ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos) (OLIVEIRA *et al.*, 2015), Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) (SILVA *et al.*, 2010) e angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) (DIAS *et al.*, 2012), também não expressaram diferença em relação ao uso ou não de AIB no enraizamento. De acordo com TAIZ *et al.* (2017), algumas plantas apresentam essa característica, não sendo necessária a aplicação exógena para estimular o enraizamento.

## CONCLUSÕES

As doses de AIB utilizadas em estacas semilenhosas de *Pereskia aculeata* Mill não são condicionantes para o enraizamento;

As variáveis diâmetro caulinar e massa seca da parte aérea são dependentes da ação do AIB, com máxima resposta na dose, aproximada, de 1,5 g L<sup>-1</sup>.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro cedida ao segundo (n° 88882.448347/2019-01) e quarto autor (88882.448350/2019-01), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro ao último autor (n° 301684/2017-0) e à Universidade Estadual de Londrina (UEL).

## CITED SCIENTIFIC LITERATURE

- ACCORSI, W.; DOSOUTO, R. Ladainha Comestível. **Revista Globo Rural**, v. 244, n. 1, p. 2, 2006.
- ALMEIDA, M. E. F.; CORREA, A. D. Utilização de cactáceas do gênero *Pereskia* na alimentação humana em um município de Minas Gerais. **Ciência Rural**, v. 42, n. 4, p. 751-756, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000400029>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Manual de Hortaliças Não-Convencionais**. Brasília, DF: Mapa/ACS. 2010. 92p.
- BRESINSKY, A. **Tratado de botânica de Strasburger**. 36. ed. Porto Alegre: Artmed. 2012. 1066p.
- DIAS, P. C.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S.; PAIVA, H. N.; CORREIA, A. C. G. Propagação vegetativa de progênies de meios-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 389-399, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000300001>
- DUARTE, M. R.; HAYASHI, S. S. Estudo anatômico de folha e caule de *Pereskia aculeata* Mill. (Cactaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, n. 2, p. 103-109, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2005000200006>
- DUTRA, T. R.; GRAZZIOTTI, P. H.; SANTANA, R. C.; MASSAD, M. D. Desenvolvimento inicial de mudas de copaíba sob diferentes níveis de sombreamento e substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 321-329, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902012000200015>
- FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: EMBRAPA. 2005. 221p.
- HARO, M. M.; ALVARENGA, A. A.; DOUSSEAU, S.; BARBOZA, J. N.; CHAVES, I. S.; PEREIRA, V. B. Estquia de *Aloysia gratissima* (Gill. et Hook) Troncoso. **Horticultura Brasileira**, v. 26, S2854-S2858, 2008.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, JR., F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. New Jersey: PrenticeHall. 2011. 915p.
- KARAMI, A.; SELEHI, H. Adventitious root formation in Rohida (*Tecomellaundulata* (SM.) Seem) cuttings. **Propagation of Ornamental Plants**, v. 10, n. 3, p. 163-168, 2010.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2012. 431p.
- LIMA, C. S. L.; GONÇALVES, M. A.; TOMAZ, Z. F. P.; RUFATO, A. R.; FACHINELLO, J. C. Sistemas de tutoramento e épocas de transplante de physalis. **Ciência Rural**, v. 40, n. 2, p. 2472-2479, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010001200006>
- OLIVEIRA, T. P. F.; BARROSO, D. G.; LAMONICA, K. R.; CARVALHO, V. S.; OLIVEIRA, M. A. Efeito do ácido indol-3-butírico (AIB) no enraizamento de miniestacas de Ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* Mattos). **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 1043-1051, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509820666>
- OLIVEIRA, V. S.; RODRIGUES, P. S.; BUFFON, S. B.; MORAIS, A. L.; ARANTES, S. D.; TOGNERE, J.; VIAL, P. S.; SCHMILDT, O.; SCHMILDT, E. R. Efeito da aplicação de ácido-indol-3-butírico no crescimento e qualidade de mudas de *Piper nigrum* L. cv. Kottanadan propagadas vegetativamente. **Revista Ifes Ciência**, v. 6, n. 2, p. 139-148, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.36524/ric.v6i2.393>
- QUEIROZ, C. R. A. A.; ANDRADE, R. R.; MORAIS, S. A. L.; PAVANI, L. C. Growing *Pereskia aculeata* under intermittent irrigation according to levels of matric potential reduction. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 1-8, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632015v4527210>
- QUEIROZ, C. R. A. A.; FERREIRA, L.; GOMES, L. B. P.; MELO, C. M. T.; ANDRADE, R. R. Ora-pro-nóbis em uso alimentar humano: percepção sensorial. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 3, p. 1-5, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v10i3.3393>
- R CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. 2019. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 12 set. 2019.

- ROCHA, D. R. C.; PEREIRA JÚNIOR, G. A.; VIEIRA, G.; PANTOJA, L.; SANTOS, A. S.; PINTO, N. A. V. D. Macarrão adicionado de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller) desidratado. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 4, p. 459-465, 2008.
- SILVA JÚNIOR, A. A.; NUNES, D. G.; BERTOLDI, F. C.; PALHANO, M. N.; KOMIEKIEWICZ, N. L. K. Pão de ora-pro-nóbis: um novo conceito de alimentação funcional. **Agropecuária Catarinense**, v. 23, n. 1, p. 35-37, 2010.
- SILVA, R. L.; OLIVEIRA, M. L.; MONTE, M. A.; XAVIER, A. Propagação clonal de guanandi (*Calophyllum brasiliense*) por miniestaquia. Nota técnica. **Agronomía Costarricense**, v. 34, n. 1, p. 99-104, 2010.
- SMARSI, R. C.; CHAGAS, E. A.; REIS, L. L.; OLIVEIRA, G. F.; TROPALDI, L.; SCARPARE-FILHO, J. A.; PIO, R. Concentrações de ácido indolbutírico e tipos de substrato na propagação vegetativa de lichia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 7-11, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000100004>
- SOUZA, J. C. A. V.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; TEIXEIRA, S. L.; BALBINOT, E. Propagação vegetativa de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, p. 205-213, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000200002>
- SOUZA, M. R. R.; CORREA, E. J. A.; GUIMARÃES, G.; PEREIRA, P. R. G. O potencial do ora-pro-nóbis na diversificação da produção agrícola familiar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 3550-3554, 2009.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal** 6ª edição. Porto Alegre: ArtMed. 2017. 888p.
- YAMAMOTO, L. Y.; BORGES, R. S.; SORACE, M.; RACHID, B. F.; RUAS, J. M. F.; SATO, O.; ASSIS, A. M.; ROBERTO, S. R. Enraizamento de estacas de *Psidium guajava* L. 'Século XXI' tratadas com ácido indolbutírico veiculado em talco e álcool. **Ciência Rural**, v. 4, n. 5, p. 1037-1042, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010000500006>
- ZAPPI, D.; TAYLOR, N. **Cactaceae** In: Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2019. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB1633>>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.