

**ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DA  
BAUNILHEIRA (*Vanilla planifolia* ANDREWS):  
ÁCIDO INDOLBUTÍRICO, RECIPIENTES,  
MEIO DE ENRAIZAMENTO, TAMANHO E  
TIPO DE ESTACA**

**MARIA DAS DÔRES DAVID SILVA**

**2005**

**MARIA DAS DÔRES DAVID SILVA**

**ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DA BAUNILHEIRA  
(*Vanilla planifolia* ANDREWS): ÁCIDO  
INDOLBUTÍRICO, RECIPIENTES, MEIO DE  
ENRAIZAMENTO, TAMANHO E TIPO DE ESTACA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de "Doutor".

Orientador

Prof. Dr. Moacir Pasqual

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2005

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Silva, Maria das Dôres David

Enraizamento de estacas da baunilheira (*Vanilla planifolia* Andrews):  
ácido indolbutírico, recipientes, meio de enraizamento, tamanho e tipo de estaca /  
Maria das Dôres David Silva. – Lavras : UFLA, 2005.

155 p. : il.

Orientador: Moacir Pasqual.

Tese (Doutorado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Baunilha. 2. Estaquia. 3. Hidroponia. 4. Propagação. 5. Auxina.

I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.82

# MARIA DAS DÔRES DAVID SILVA

## ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DA BAUNILHEIRA (*Vanilla planifolia* ANDREWS): ÁCIDO INDOLBUTÍRICO, RECIPIENTES, MEIO DE ENRAIZAMENTO, TAMANHO E TIPO DE ESTACA

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 30 de setembro de 2005.

Profa. Dra. Adriana Madeira Santos Jesus UFLA

Prof. Dr. José Darlan Ramos UFLA

Prof. Dr. José Maria Moreira Dias UFV

Pesquisador Dr. Leonardo Ferreira Dutra EMBRAPA/CNPQ

Prof. Dr. Moacir Pasqual  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

Ao CRIADOR e SENHOR de todas as coisas,  
razão da minha existência.

Ao meu pai, José Moreira David (in memoriam),  
pelo exemplo de luta e honestidade.

À minha mãe, Gracinha, pelo amor e dedicação  
sempre presentes em minha vida.

### **OFEREÇO**

Ao meu esposo Flávio, pelo companheirismo,  
compreensão e paciência.

Às minhas filhas, Aline e Jakeline,  
pelo carinho e tolerância.

### **DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Acima de tudo e de todos: **MUITO OBRIGADA, MEU DEUS !**

À Universidade Federal de Lavras, à Pró-Reitoria de Pós- Graduação (PRPG) e ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade de realização do doutoramento.

Ao professor Moacir Pasqual, pela orientação, pela amizade, pelos ensinamentos transmitidos e, principalmente, pela compreensão diante das minhas dificuldades inerentes ou não ao curso.

Ao professor José Maria Moreira Dias, pela co-orientação, pela amizade, pelos ensinamentos transmitidos e, em especial, pela boa vontade em disponibilizar o seu precioso tempo, o LCCTV e demais dependências do Setor de Fruticultura da UFV, imprescindíveis para a continuidade e conclusão deste trabalho.

Aos professores Dr. José Darlan Ramos, Dra. Adriana Madeira Santos Jesus e ao pesquisador Dr. Leonardo Ferreira Dutra, pelas valiosas sugestões e contribuições como participantes da banca examinadora.

Ao professor José Elias Said de Resende (CEDAF/UFV), pela atenção e pelo apoio recebidos por ocasião das coletas de material vegetal, nas matas daquela instituição, para o desenvolvimento deste trabalho.

À professora Eveline Mantovani Alvarenga (DFT/UFV), pela presteza e boa vontade em disponibilizar o Laboratório de Análise de Sementes para o desenvolvimento de alguns experimentos.

Aos professores da Universidade Federal de Lavras e da Universidade Federal de Viçosa, com os quais tive a grata satisfação de aprender e conviver, pela atenção, disponibilidade e conhecimentos transmitidos.

Aos técnicos do Laboratório de Cultura de Tecidos (DAG/UFLA), Antônio Claret e Vantuil, pela amizade, presteza e colaboração durante todo o tempo de nossa convivência.

Aos funcionários do DFT/UFV, em especial ao Vicente, Sr. Egídio, Sr. Moacir, Ernesto, Sobreira, José Roberto e José Sabino reconheço e agradeço por toda a boa vontade e ajuda nos trabalhos de campo.

À amiga Adriana e ao seu esposo José Carlos, os meus mais sinceros agradecimentos e total reconhecimento pela ajuda incondicional em todas as ocasiões, pela disponibilidade, pela troca de experiências e pela agradável convivência durante a minha estadia em Lavras.

A Mychelle Carvalho, pela amizade, atenção e presteza nos momentos de dificuldades.

A todos os colegas e amigos do Laboratório de Cultura de Tecidos do DAG/UFLA e do LCCTV/UFV, pela convivência pacífica e pela amizade sincera.

A Gizella, Reginaldo, Virgínia, Aurora e ao Rodrigo, meus mais sinceros agradecimentos por todos os momentos de colaboração e pela amizade.

A Karine Isabella Alves, pela amizade, presteza e ajuda nas avaliações e fotografias dos experimentos.

Aos estagiários Cleovane Pereira Martins, José Geraldo de Ângelo Ramos e Alexandre Arnhold, os meus mais sinceros agradecimentos pela boa vontade, interesse, presteza e ajuda para a realização deste trabalho.

Aos colegas de curso em Lavras e em Viçosa, pelos bons momentos e troca de experiências.

A todos aqueles que, mesmo não mencionados, foram importantes nesta etapa de minha vida e contribuíram para a realização deste trabalho, **MUITO OBRIGADA.**

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	i
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	iii
<b>RESUMO</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>CAPÍTULO 1 - Enraizamento de estacas da baunilheira (<i>Vanilla planifolia</i> Andrews): considerações gerais</b> .....	1
1 Introdução geral.....	2
2 Referencial teórico .....	3
2.1 Origem e distribuição.....	3
2.2 Descrição botânica.....	5
2.3 Hábito de crescimento .....	7
2.4 Cultivo da espécie .....	8
2.5 Propagação da espécie .....	9
2.6 Importância econômica .....	10
3 Referências bibliográficas .....	14
<b>CAPÍTULO 2 - Enraizamento de estacas da baunilheira (<i>Vanilla planifolia</i> Andrews): recipientes e ácido indolbutírico</b> .....	16
1 Resumo .....	17
2 Abstract .....	18
3 Introdução .....	19
4 Material e métodos .....	22
5 Resultados e discussão .....	27
6 Conclusões .....	41
7 Referências bibliográficas .....	42
<b>CAPÍTULO 3 - Enraizamento de estacas da baunilheira (<i>Vanilla planifolia</i> Andrews): tamanho de estacas e ácido indolbutírico</b> .....	44
1 Resumo .....	45
2 Abstract .....	47
3 Introdução .....	49
4 Material e métodos .....	53

5 Resultados e discussão .....	58
6 Conclusões .....	69
7 Referências bibliográficas .....	70
<b>CAPÍTULO 4</b> - Enraizamento de estacas da baunilheira ( <i>Vanilla planifolia</i> Andrews): meio líquido e ácido indolbutírico.....	72
1 Resumo .....	73
2 Abstract .....	75
3 Introdução .....	76
4 Material e métodos .....	81
5 Resultados e discussão .....	86
6 Conclusões .....	103
7 Referências bibliográficas .....	104
<b>CAPÍTULO 5</b> - Enraizamento de estacas da baunilheira ( <i>Vanilla planifolia</i> Andrews): meios de enraizamento e tipo de estaca.....	107
1 Resumo .....	108
2 Abstract .....	110
3 Introdução .....	112
4 Material e métodos .....	118
5 Resultados e discussão .....	124
6 Conclusões .....	134
7 Referências bibliográficas .....	135
<b>ANEXOS</b> .....	138
<b>APÊNDICE</b> .....	145

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>		<b>Página</b>
1	Área cultivada, no mundo, com <i>Vanilla</i> (hectare).....	12
2	Produção mundial de <i>Vanilla</i> (tonelada).....	12
3	Enraizamento médio (%) de estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função do nitrato de cálcio x AIB e da solução nutritiva de Clark (SNC) x AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	87
4	Comprimento médio de raiz (cm) de estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função do nitrato de cálcio x AIB e da solução nutritiva de Clark (SNC) x AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	90
5	Volume médio (mL) de raiz em estacas de <i>Vanilla planifolia</i> em função do nitrato de cálcio x AIB e da solução nutritiva de Clark (SNC) x AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	92
6	Massa seca de raiz (g) em estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função do nitrato de cálcio x AIB e da solução nutritiva de Clark (SNC) x AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	94
7	Estacas brotadas (%) de <i>Vanilla planifolia</i> , em função do nitrato de cálcio x AIB e da solução nutritiva de Clark (SNC) x AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	96
8	Altura de brotos (cm) em estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função do nitrato de cálcio x AIB e da solução nutritiva de Clark (SNC) x AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	98

9	Massa seca de brotos (g) em estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função do nitrato de cálcio x AIB e da solução nutritiva de Clark (SNC) x AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	100
10	Médias observadas para as variáveis enraizamento (ENR), comprimento total médio de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR), massa seca de raízes (MSR), brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB), nas estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função da posição de sua retirada na planta, aos 90 dias após o estaqueamento, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005..	125
11	Médias observadas para as variáveis enraizamento (ENR), comprimento total médio de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR), massa seca de raízes (MSR), brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB), nas estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função da condição de enraizamento das estacas, aos 90 dias após o estaqueamento, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	125

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Flor e frutos de <i>Vanilla planifolia</i> , em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	6
2	Enraizamento médio (%) de estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função do recipiente e concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	28
3	Comprimento médio de raiz (cm) em estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função do recipiente e concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	29
4	Volume médio de raiz (mL) em estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função do recipiente, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	30
5	Volume médio de raiz (mL) em estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função das concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	31
6	Massa seca (g) de raiz de estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função do recipiente, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	32
7	Massa seca (g) de raiz de estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função do recipiente, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	33
8	Estacas de <i>Vanilla planifolia</i> tratadas com diferentes concentrações de AIB ( $\text{mg L}^{-1}$ ), e plantadas nos recipientes 1 (sacola) e 2 (tubete), aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	34
9	Porcentagem de estacas brotadas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função das concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	35

10	Altura de brotos (cm) em estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função do recipiente, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	37
11	Altura de brotos (cm) em estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função das concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	38
12	Massa seca de brotos (g) de estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função do recipiente, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	39
13	Brotação em estacas de <i>Vanilla planifolia</i> enraizadas em sacola e tubete, tratadas com 1=0 2=500 3=1.000 e 4=2.000mg L <sup>-1</sup> de AIB, aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	40
14	Enraizamento médio (%) de estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função do tamanho da estaca e concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	59
15	Comprimento total médio de raiz (cm) de estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função do tamanho da estaca (TE), em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	61
16	Estacas de <i>Vanilla planifolia</i> com 1=5cm, 2=10cm, 3=20cm e 4=30cm de comprimento enraizadas na ausência de AIB, aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	63
17	Altura de brotos (cm) em estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função do tamanho da estaca, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005. ....	65
18	Massa seca de brotos (g) em estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função do tamanho da estaca, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	67
19	Brotação em estacas de <i>Vanilla planifolia</i> com tamanhos de 1=5cm, 2=10cm, 3=20cm e 4=30cm enraizadas na ausência de AIB, aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	68

20	Comprimento total médio (cm) de raiz de estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função de concentrações de AIB, em Viçosa, MG.UFLA, Lavras, MG, 2005.....	89
21	Volume médio de raiz (mL) de estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função de concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	91
22	Massa seca de raiz (g) de estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função de concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	93
23	Porcentagem de estacas brotadas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função de concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	95
24	Altura de brotos (cm) de <i>Vanilla planifolia</i> , em função de concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	97
25	Massa seca de brotos (g) de estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em função de concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	99
26	Estacas de <i>Vanilla planifolia</i> enraizadas em água (1), em solução nutritiva de Clark + 2,5mg L <sup>-1</sup> de AIB (2), e brotadas em solução nutritiva de Clark, na ausência de AIB (3), aos 90 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	102
27	Estacas de <i>Vanilla planifolia</i> tomadas em diferentes posições (P) na planta, e enraizadas em substrato sólido (C1), pré-enraizadas em meio líquido (C2) e cultivadas em meio líquido (C3), aos 90 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	132
28	Estacas de <i>Vanilla planifolia</i> tomadas em diferentes posições (P) na planta, e enraizadas em substrato sólido (C1), pré-enraizadas em meio líquido (C2) e cultivadas em meio líquido (C3), aos 90 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	133

## RESUMO

SILVA, Maria das Dôres David. **Enraizamento de estacas da baunilheira (*Vanilla planifolia* Andrews): ácido indolbutírico, recipientes, meio de enraizamento, tamanho e tipo de estaca.** 2005. 155 p. Tese (Doutor em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. \*

Buscando maximizar a produção de mudas de *Vanilla planifolia* Andrews, por meio da estaquia, foram desenvolvidos quatro experimentos utilizando-se estacas obtidas pelo seccionamento da haste da planta. Os trabalhos foram conduzidos em casa de vegetação, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. No experimento 1, avaliaram-se os recipientes tubete de polipropileno rígido, com capacidade para 0,28L e sacolas plásticas de 2,8L, contendo substrato formado pela mistura de areia + casca de arroz carbonizada + solo + esterco bovino, na proporção 1:1:1:1 (v/v). Estacas com 10cm de tamanho e uma folha foram tratadas com soluções aquosas de ácido indolbutírico (AIB) nas concentrações de 0, 500, 1.000 e 2.000mg L<sup>-1</sup>. Após 270 dias, o enraizamento variou de 72% a 100%, e a concentração de 1.000mg L<sup>-1</sup> promoveu a maior porcentagem de enraizamento, em ambos os recipientes. Na ausência de AIB, em ambos os recipientes, observou-se brotação acima de 80% e brotos de maior tamanho. No experimento 2, estudaram-se diferentes tamanhos de estacas (5, 10, 20 e 30cm) plantadas em sacola plástica de 2,8L com o mesmo substrato e tratadas com as mesmas concentrações de AIB do experimento 1. Após 270 dias, o enraizamento variou de 73% a 100%, e a concentração de 1.000mg L<sup>-1</sup> de AIB apresentou 100% de enraizamento, em todos os tamanhos de estaca. As estacas com 20 e 30cm enraizaram na ausência de AIB. A brotação variou de 84% a 94%. No experimento 3, estudou-se o enraizamento em meio líquido, com arejamento, contendo solução nutritiva de Clark e concentrações de nitrato de cálcio (0,0; 150; 300; 600 e 900mg L<sup>-1</sup>) combinadas com AIB nas concentrações de 0; 2,5; 5,0 e 10,0mg L<sup>-1</sup>. O recipiente utilizado foi caixa de isopor com capacidade para 1,5L. As estacas possuíam 20cm de tamanho e, no mínimo, duas gemas e uma folha. Após 90 dias, o enraizamento variou de 75% a 100% e não foi influenciado pelo nitrato de cálcio, tampouco pelo AIB. A solução

---

\* Comitê Orientador: Moacir Pasqual -UFLA (Orientador), José Maria Moreira Dias – UFV

nutritiva de Clark + 2,5mg L<sup>-1</sup> de AIB promoveu a formação de sistema radicular mais desenvolvido. No experimento 4, estudaram-se a hidropropagação, o pré-enraizamento em meio líquido e o substrato sólido sobre o enraizamento e a formação da muda. A hidropropagação e o pré-enraizamento foram conduzidos de forma idêntica à do experimento 3, utilizando-se solução nutritiva de Clark + 2,5 mg L<sup>-1</sup> de AIB. Utilizou-se o mesmo substrato dos experimentos 1 e 2, acondicionado em tubetes de polipropileno rígido com capacidade para 0,28L. As estacas possuíam 20cm de tamanho, duas gemas e uma folha. Neste trabalho, as estacas foram tomadas em cinco posições na haste, partindo-se de P1 (com o ápice caulinar) para a base (P5). No pré-enraizamento, as estacas foram submetidas ao meio líquido até a emissão das raízes e, em seguida, plantadas no substrato sólido. Após 90 dias, o enraizamento variou de 98% a 100%, tendo o plantio direto no substrato sólido favorecido a formação e o desenvolvimento de brotos. O pré-enraizamento em meio líquido favoreceu a formação e o desenvolvimento do sistema radicular. As estacas da posição P1 apresentaram enraizamento mais tardio e sistema radicular menos desenvolvido do que as estacas das demais posições.

## ABSTRACT

SILVA, Maria das Dôres David. **Rooting of cuttings of the vanilla plant (*Vanilla planifolia* Andrews): indole-3-butyric acid, containers, rooting medium, size and type of cutting.** 2005. 155 p. Thesis (Doctor in Agronomy/Crop Science) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.\*

Aiming to maximize the production of seedlings of *Vanilla planifolia* Andrews, by means of cuttings, four experiments were developed by utilizing cuttings obtained by the sectioning of the plant stem. The works were conducted in greenhouse, at the Federal University of Viçosa, Viçosa, MG. In experiment 1, the containers rigid polypropylene seedling tube, with a capacity of 0.28L and plastic bags of 2.8L, containing substrate formed by the mixture sand + carbonized rice hull + soil + cow manure, at the ratio 1:1:1:1 (v/v). cuttings of 10cm size and one leaf were treated with aqueous solutions of indole-3-butyric acid (IBA) at the concentrations of 0, 500, 1.000 and 2.000mg L<sup>-1</sup>. After 270 days, rooting ranged from 72% to 100 %, and the concentration of 1.000mg L<sup>-1</sup> promoted an increased percentage of rooting, in both containers. In the absence of IBA, in both containers, sprouting above 80% and larger size shoots were found. In experiment 2, different sizes of cuttings (5, 10, 20 and 30cm) planted in plastic bag of 2.8L with the same substrate and treated with the same concentrations of IBA as experiment 1 were investigated. After 270 days, rooting varied from 73% to 100%, and the concentration of 1.000mg L<sup>-1</sup> of IBA presented 100% of rooting in all the cutting sizes. The cutting of 20 and 30cm rooted in the absence of IBA. Sprouting ranged from 84% to 94%. In experiment 3, rooting in liquid medium was studied, with aeration, containing Clark's nutrient solution and concentrations of calcium nitrate (0.0; 150; 300; 600 and 900mg L<sup>-1</sup>) combined with IBA at the concentrations of 0; 2.5; 5.0 and 10.0mg L<sup>-1</sup>. The container utilized was plastic foam box with a capacity of 1.5L. The cuttings possessed 20cm in size and, in the minimum, two buds and one leaf. After 90 days, rooting ranged from 75% to 100 % and was not influenced either by calcium nitrate or by IBA. Clark's nutrient solution + 2,5mgL<sup>-1</sup> of IBA promoted the formation of most developed root system. In experiment 4,

---

\* Guidance Committee: Moacir Pasqual - UFLA (Adviser), José Maria Moreira Dias –UFV

hydropropagation, pre-rooting in liquid medium and solid substrate on rooting and cutting formation were studied. Both hydropropagation and pre-rooting were conducted in a way identical to that of experiment 3 by utilizing Clark's nutrient solution + 2.5 mgL<sup>-1</sup> of IBA. The same substrate of experiments 1 and 2 placed in rigid polypropylene seedling tubes with a capacity of 0.28L was utilized. The cuttings were 20cm in length, possessed two buds and one leaf. In this work, the cuttings were taken at five position on the stem, starting from P1 (with the stem end) to the base (P5). At pre-rooting, the cuttings were submitted to the liquid medium till the roots emission, next, planted in the solid substrate. After 90 days, rooting ranged from 98% to 100 %, where direct planting into the solid substrate supported the formation and development of shoots. Pre-rooting in liquid medium favored both formation and development of the root system. The cuttings of the P1 position presented later rooting and less developed root system than the cuttings at the other positions.

## **CAPÍTULO 1**

**Enraizamento de estacas da baunilheira (*Vanilla planifolia*  
Andrews): considerações gerais**

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Dentre as plantas aromáticas cultivadas, destaca-se a baunilheira, nome comum de diversas espécies do gênero *Vanilla*, cujo sabor e aroma remonta há séculos na história da humanidade. Na história dos antigos povos das Américas, são feitas referências às orquídeas e as mais importantes e utilizadas pelas civilizações asteca e maia são as cápsulas da *Vanilla* usadas para aromatizar algumas das suas bebidas. O nome asteca para a baunilha era “tlilxochitl”, que significa flor negra, em uma alusão à cor negra das cápsulas, quando maduras. Já os maias, a chamavam de “sisbic”. Com o domínio espanhol sobre esses povos, as cápsulas da *Vanilla* foram introduzidas na Europa, onde continuam sendo muito apreciadas e utilizadas, principalmente no preparo de doces finos e chocolates.

As flores polinizadas resultam em frutos do tipo cápsulas que, ao serem submetidos ao processo de fermentação e cura, produzem uma complexa substância aromatizante em sua superfície. O componente mais importante desta substância é a vanilina (4-hidroxi-3-metoxibenzaldeído). Esta, porém, é formada pela mistura de, aproximadamente, 250 compostos, conferindo ao produto natural uma qualidade inigualável aos seus similares sintéticos. A espécie mais importante comercialmente é a *Vanilla planifolia* Andrews, originária do México. Esta espécie produz cristais de vanilina em maior quantidade e de qualidade superior à de outras espécies do mesmo gênero.

A substância aromatizante pode ser empregada na forma de essência ou açúcar vanilado, sendo a responsável pelo tradicional sabor baunilha encontrado em sorvetes, balas, bolos, cremes, mingaus, bebidas, licores e, principalmente, chocolates. É, portanto, uma das principais matérias-primas empregadas em todo o mundo, não apenas nas indústrias alimentícias, mas também na de cosméticos e farmacêutica.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Origem e distribuição

A história da *Vanilla* começa com a própria história das Américas, principalmente da América Central, onde plantas vigorosas e produtivas foram encontradas vegetando em condições naturais (Figueiredo, 1957) e que, naquela época, já eram utilizadas pela civilização asteca como condimento para aromatizar bebidas.

Relatos de Childers et al. (1959) dão conta de que a baunilha foi uma das numerosas plantas tropicais de valor econômico encontradas pelos colonizadores no Novo Mundo. Já em 1510, os espanhóis tentaram implantar a cultura na Europa, mas o seu cultivo não foi bem sucedido. Ainda assim, há referências datadas de 1739 sobre a baunilha no “Gardeners Dictionary,” em plantios feitos por Charles Greville, na Inglaterra e também fazendo parte da coleção do Jardim Botânico de Paris e da Bélgica.

O insucesso da frutificação da baunilha, na Europa, deveu-se à ausência de polinizadores naturais naquele continente. Porém, a solução para esse problema surgiu com o desenvolvimento de metodologia para polinização artificial manual, cujo mérito foi atribuído a Neumann, em 1830 (Figueiredo, 1957) e também a Charles Morren, de Liege, França, em 1886, conforme citam Childers et al. (1959).

Segundo Correa (1926) e Figueiredo (1957), a baunilha chegou à Europa levada do México pelos espanhóis. Naquele continente, teve largo emprego na terapêutica visando combater a dispepsia, a acidez estomacal e outras afecções nervosas. Os frutos também eram utilizados, principalmente, para aromatizar o chocolate, o tabaco e para uso em confeitaria e sorveteria, além de fornecerem

valiosa tinta parda. Porém, somente na segunda metade do século XIX sua dispersão para outros países tomou apreciável impulso, para fins industriais.

Em 1846, foi introduzida em Java, por Teysmann, diretor do Jardim Botânico de Buitengorg e, em 1850, iniciou-se o seu cultivo na ilha de Reunião que passou, posteriormente, a ser o principal centro produtor de *Vanilla*. Por volta de 1857, a produção de 1.917 quilos de cápsulas de baunilha da ilha de Reunião já era exportada para a França. Progressivamente, aquela exportação atingiu 44.000 quilos, ao valor de 4.098.600 francos, em 1874 (Figueiredo, 1957).

Reis (2000) relata que o cultivo da baunilha ganhou impulso com a possibilidade de sua propagação por meio de estacas caulinares, nas regiões tropicais. No século XIX, o sucesso foi crescente, e ela passou a ser cultivada em algumas das antigas colônias da Inglaterra, Bélgica e França, tais como Uísque, Java, Maurício, Seicheles, Ilhas de Comoro e em outras ilhas da região da costa oeste da África. A mesma autora cita que, posteriormente, a produção comercial de baunilha expandiu-se no México, Madagascar, Reunião, Maurício, Taiti, Guadalupe, Martinica, República Dominicana e Porto Rico.

Segundo ASERCA (2002), no âmbito mundial, existe uma ampla variedade desta espécie cultivada em diversos países, todavia, do ponto de vista comercial, apenas três são consideradas importantes:

#### 1 - Bourbon-Madagascar

Proveniente de Madagascar, na costa sudeste da África, é a mais rica em açúcar, assim como a mais delgada das três, sendo a mais produzida no mundo, com 75% do total.

#### 2 – Mexicana

A grande maioria da produção desta variedade é proveniente da região de Veracruz, no México. Possui sabor mais suave e a sua disponibilidade no mercado é menor que a de Bourbon-Madagascar. Isto se deve ao fato de o

cultivo realizar-se em áreas onde existem outros produtos, como plantações de laranjeiras.

### 3 – Thaitiana

Esta variedade alcança um diâmetro maior que a primeira, sendo a mais escura das três. Seu aroma é intenso, porém, o sabor é menos acentuado que das outras duas. Seu odor não se evapora muito facilmente, por isso é muito utilizada para aromatizar produtos alimentícios, como pastéis e frangos.

## 2.2 Descrição botânica

A baunilheira pertence ao Reino *Plantae*, Filo *Magnoliophyta*, Classe *Liliopsida (Monocotyledonae)*, Subclasse *Liliidae*, Ordem *Orchidales*, Família *Orchidaceae*, Subfamília *Vanillaceae*, Gênero *Vanilla* e Espécie *Vanilla planifolia*.

Segundo Correa (1926), baunilha é o nome comum de diversas espécies do gênero *Vanilla*, todas começando como arbustos sarmentosos e depois se tornando trepadeiras de caules mais ou menos cilíndricos, carnosos e nodosos, às vezes muito longos (até 20m), fortemente fixados às árvores, por meio de inúmeras raízes adventícias. Os frutos maduros são cápsulas siliqüiformes, de cor pardo-escura ou quase preta, polposas e úmidas ao tato, contendo milhares de sementes pequeninas e pretas.

O gênero *Vanilla* possui um grande número de espécies, porém, a *Vanilla planifolia* Andrews, objeto deste estudo, segundo o mesmo autor, possui sistema radicular terrestre, caule glabro, até 2cm de diâmetro e com 1 a 2 raízes adventícias em cada nó; folhas curto-pecioladas ou sésseis, oblongo lanceoladas, longo-acuminadas, carnosas, coriáceas, podendo atingir até 22cm de

comprimento e 6cm de largura. As flores são verde-amareladas, com três sépalas e três pétalas oblongo-lanceoladas e labelo de  $\pm 5$ cm, amarelado com estrias alaranjadas dispostas em ráculos no ápice dos ramos. O fruto é linear, aromático, do mesmo comprimento das folhas e com 6 a 8 mm de largura, mais ou menos cilíndrico e curvado nas extremidades (Figura 1).



FIGURA 1. Flor e frutos de *Vanilla planifolia*, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Rizzini & Mors (1976) consideram o nome *Vanilla aromatica* Willd., como sinônimo para a espécie mexicana e clássica *Vanilla planifolia* Andrews. Afirmam também que o botânico F. C. Hoehne descobriu uma forma interessante no estado de Mato Grosso, onde a chamam de vanilão e descreveu-a sob o nome de forma *gigantea* Hoehne, pois ela se caracteriza pelos frutos que alcançam 25-28cm de comprimento e, segundo Correa (1926), possui flores amarelo-claras, labelo amarelo-laranja e o disco interiormente mais pálido.

### 2.3 Hábito de crescimento

As plantas do gênero *Vanilla*, em sua maioria, apresentam o hábito de crescimento monopodial, caracterizado por ausência de ramificações laterais ao longo do caule. Esta característica parece ser resultante do fenômeno da dominância apical exercida pelo ápice sobre as gemas laterais.

Em *Vanilla planifolia* foi observado o completo domínio do ápice sobre a brotação de gemas vegetativas laterais, que permanecem latentes durante toda a vida da planta, a menos que ocorra uma lesão em seu ápice. Neste caso, a gema lateral que se encontra imediatamente abaixo da região lesionada inicia seu desenvolvimento e novo ápice é formado. Por sua vez, este passa a produzir determinadas substâncias, possivelmente auxinas, que são transportadas basipetalmente, levando à supressão das demais gemas laterais.

O desenvolvimento contínuo da planta é resultado de atividades diferenciais de regiões localizadas no ápice, chamadas de meristemas, no qual cada ápice influencia o desenvolvimento e a posição das estruturas laterais derivadas do mesmo ou de diferentes ápices. Assim, os componentes de uma planta estão inter-relacionados por processos fisiológicos que permitem correlacionar ou integrar centros de crescimento e de diferenciação celular. Este fenômeno despertou o interesse de vários estudiosos e pesquisadores, que passaram a investigá-lo cientificamente. Estes concluíram que o balanço estabelecido entre as substâncias endógenas de crescimento da planta atuam sobre as gemas, controlando a iniciação e estimulando o seu desenvolvimento (Hillman, 1984).

Os experimentos iniciais de Arteca (1995) mostraram que, quando a gema apical era removida, ocorria o desenvolvimento da gema lateral. Porém, posteriormente, a gema lateral tornava-se dominante, suprimindo o crescimento das gemas laterais subseqüentes.

## 2.4 Cultivo da espécie

A baunilheira é uma planta de clima tropical que vegeta bem em regiões com temperatura média superior a 21°C e precipitação anual de 1.500 a 2.500mm bem distribuída durante todo o ano. Um período seco, de aproximadamente dois meses, é fundamental para induzir bom florescimento, que se inicia no terceiro ano após o plantio e a máxima produção de flores é alcançada aos 7 a 8 anos (IAC, 2003).

Plantas do gênero *Vanilla* apresentam melhor desenvolvimento sob sombreamento e solos bem drenados. A planta é altamente prejudicada por ventos fortes, devendo a umidade relativa do ar situar-se entre 65 e 80 %. O cultivo da *Vanilla* deve ser conduzido na sombra das copas de árvores perenifólias, que poderão servir também como tutores. Ressalta-se que a escolha de tutores vivos deve ser bastante cuidadosa. Recomenda-se não utilizar árvores de folhas e casca caducas, uma vez que o excesso de raios solares faz a planta entrar em declínio vegetativo. Considera-se o abacateiro uma frutífera bastante apropriada, pois fornece um sombreamento perfeitamente distribuído e casca adequada ao bom desenvolvimento das raízes de fixação dessa orquídea (Figueiredo, 1957). Segundo este autor, em Porto Rico, alguns cafeicultores utilizavam plantas de *Inga edulis* como tutores vivos para o desenvolvimento da *Vanilla*. Rizzini & Mors (1976) citam que esta prática também foi empregada pelos índios do México, que a cultivavam em locais de clima úmido e quente, em altitudes de até 400m. Ao iniciar uma plantação, os nativos derrubavam a mata deixando as árvores jovens, sobretudo do gênero *Inga*, para dar sombra, proteção e suporte às plantas.

Em cultivos comerciais, maior produtividade é alcançada quando se pratica a polinização manual. Por isso, o agricultor deve estar atento para que a baunilheira não atinja altura demasiada, o que dificultaria este trabalho. Neste

sentido, Figueiredo (1957) cita o emprego de latada de bambu entre as linhas dos arvoredos, para conduzir o crescimento das plantas, a qual obriga as plantas a se alastrarem depois de atingirem altura conveniente. Essa prática é adotada pelos produtores da ilha de Reunião, na costa Africana, com os melhores resultados.

## 2.5 Propagação da espécie

As flores de *Vanilla* são autoférteis. No entanto, a localização do rostelum sobre o estigma é um entrave à polinização natural (Figueiredo, 1957). Uma vez plantada em regiões distantes do seu local de origem e, conseqüentemente, dos seus polinizadores naturais, como as abelhas do gênero *Melipona*, para que haja sucesso na formação de frutos, a polinização deve ser feita manualmente. Este procedimento é executado com o auxílio de pequenos palitos ou dedais de madeira próprios para esta operação, com os quais se liberta o rostelum e se pressiona a antera contra o estigma. O mesmo autor recomenda que a polinização seja executada nas primeiras horas da manhã, assim que a flor estiver completamente aberta. Além disso, só devem ser polinizadas dez flores em cada cacho e apenas alguns cachos em cada haste para que os frutos tenham bom desenvolvimento e as plantas não sofram um esgotamento rápido, o que resultaria em frutos de pouco valor comercial.

Estudos de biologia floral e do sistema reprodutivo de *Vanilla chamissonis* Klotzsch, desenvolvidos por Reis (2000), revelaram a ausência de polinizador efetivo das flores, na região estudada, sendo as mesmas visitadas apenas por insetos pilhadores. Em seu trabalho, a autora aplicou quatro tratamentos diferentes às flores e os resultados revelaram 78% de sucesso na autogamia induzida, contra 6,06% na autogamia sem indução. Obteve, ainda, 75,76% de sucesso na alogamia induzida e 15,16% na alogamia não induzida.

Os dados revelaram grande potencial da espécie para a produção de frutos, desde que se efetue a polinização artificial; revelaram também que a alopolinização promove a formação de frutos com maiores dimensões, tendo o comprimento e diâmetro médios atingido 18 e 3cm, respectivamente. A frutificação resultante da autopolinização não induzida, associada ao alto índice de inviabilidade das sementes oriundas de flores autopolinizadas (Reis, 2000), corrobora informações de Hoehne et al. (1945), de Childers et al. (1959) e de Dressler (1990), que recomendam a propagação vegetativa como estratégia de desenvolvimento e expansão da cultura desta planta.

A germinação das sementes da baunilha, assim como da grande maioria das orquídeas, é extremamente baixa ou quase nula, em condições naturais. Não obstante, podem ser obtidos altos índices de germinação quando se utiliza o cultivo *in vitro*, adaptando-se o meio de cultura para a espécie que se deseja propagar. Apesar de possível, a propagação da baunilha pela via seminífera não constitui prática comum entre os produtores, por necessitar de condições especiais de laboratório, dando-se preferência à propagação vegetativa, via estaquia.

## **2.6 Importância econômica**

Segundo ASERCA (2002), por mais de dois séculos, o México, a Costa Rica e Honduras, centros de origem da baunilha, foram os únicos fornecedores desta orquídea ao mundo. Acredita-se que as primeiras exportações mexicanas de *Vanilla* beneficiada foram para a França, no início do século XVIII. Ao final do século XIX, as técnicas de beneficiamento das cápsulas haviam chegado ao nível de perfeição tal, que os produtos originários de Papantla (México), apresentados em uma exposição de Paris obtiveram medalha

de ouro pela sua alta qualidade. A mesma fonte relata que as épocas de maior exportação foram na década de 1950, considerada como a melhor, para o cultivo e comercialização no mercado mundial. Nas décadas de 1980 e 1990, o interesse por produtos naturais gerou uma explosão nas exportações e comércio da *Vanilla* mexicana. Durante o período de 1998 a 2000, os volumes exportados passaram de 60 a 137 toneladas, tendo sido responsáveis pela geração de divisas de 3,063 milhões de dólares.

Bicalho (1969) menciona que a baunilha apresenta-se como uma cultura de expressivo valor econômico para o Brasil, podendo ser plantada não somente na região litorânea, mas, também em outras regiões, onde não ocorressem temperaturas extremamente baixas. O autor cita ainda que, embora sendo incipiente nossa área plantada, o teor de vanilina obtido é semelhante àquele produzido em Madagascar e México, que segundo Rizzini & Mors (1976), são o primeiro e segundo produtores mundiais, respectivamente.

Apesar de possuir grande potencial e condições edafoclimáticas favoráveis para produzir e exportar baunilha em grande escala, o Brasil figurava em 1996, como importador da ordem de 188,848 mil dólares, segundo o *U.S. Department of Commerce/Horticultural and Tropical Products Division*, (FAS/USDA) (1999) (Reis, 2000). Segundo esta fonte de informação, a importação de baunilha por países do primeiro mundo envolveu recursos da ordem de 1.410,566 milhões de dólares, no ano de 1997. Indonésia e Madagascar eram, naquele ano, os maiores exportadores de cápsulas de *Vanilla*, numa escala de produção mundial da ordem de 2.000 toneladas anuais, sendo o Japão e a Austrália os maiores importadores (Reis, 2000).

A superfície plantada e a produção mundial de *Vanilla*, segundo ASERCA (2002), são apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

TABELA 1. Área cultivada, no mundo, com *Vanilla* (hectare).

<b>PAÍS</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001*</b>
Indonésia	7.965	9.072	9.428	9.689	9.700	9.700	10.024
Madagascar	24.275	25.430	25.300	25.000	25.400	25.550	25.769
China	1.150	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.209
México	529	863	1.677	2.280	2.280	2.280	2.909
Comoros	700	600	700	700	700	700	700
Outros	1.509	1.460	1.451	1.511	1.491	1.476	1.151
<b>Mundial</b>	<b>36.128</b>	<b>38.625</b>	<b>39.756</b>	<b>40.380</b>	<b>40.771</b>	<b>40.906</b>	<b>41.762</b>

Fonte: ASERCA (2002), com dados da FAO (\* estimado).

O comércio internacional de baunilha, segundo dados registrados pela FAO (ASERCA, 2002), movimenta a economia de vários países, sendo, Estados Unidos, França e Alemanha, basicamente, responsáveis por 50% das importações.

TABELA 2. Produção mundial de *Vanilla* (tonelada).

<b>PAÍS</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001*</b>
Indonésia	1.958	2.051	2.045	2.102	2.102	2.102	2.127
Madagascar	1.386	1.452	1.419	1.650	1.815	1.815	1.898
China	400	500	500	550	550	550	580
México	207	299	135	564	550	550	647
Comoros	150	130	150	180	140	180	186
Outros	207	239	280	354	292	288	272
<b>Mundial</b>	<b>4.308</b>	<b>4.671</b>	<b>4.529</b>	<b>5.400</b>	<b>5.449</b>	<b>5.485</b>	<b>5.710</b>

Fonte: ASERCA (2002), com dados da FAO (\* estimado).

Os Estados Unidos foram o maior importador mundial, no período entre 1991 e 2000. Suas importações procederam, principalmente, de Madagascar, seguido por Indonésia, Índia e Comoros. O preço médio pago a todos os países

pelo produto bruto, sem nenhum tipo de industrialização, foi de 34,25 dólares/kg, durante o mesmo período. Segundo a mesma fonte, o preço médio no mercado mundial naquele período, foi de 37,28 dólares/kg para o produto proveniente de Madagascar, 26,47 dólares/kg para os da Indonésia e 51,5 dólares/kg para a *Vanilla* de Comoros.

O segundo maior importador foi a França, que registrou um aumento de 36,6% nas compras, no período de 1995 a 2000, sendo também Madagascar o seu principal fornecedor. É importante ressaltar que cerca de 30 a 40% das importações foram re-exportadas pela França para diversos países consumidores.

A Alemanha aparece como o terceiro maior importador de *Vanilla* proveniente de Madagascar e Comoros. A exemplo da França, parte desta importação foi re-exportada para outros países, como os Estados Unidos, Canadá e Japão.

As estimativas realizadas com base em dados da FAO (ASERCA, 2002) indicam um panorama favorável para a *Vanilla* natural, uma vez que a demanda e o consumo da mesma têm aumentado nos países industrializados. Este aumento deve-se, principalmente, à maior conscientização dos consumidores em preferir produtos naturais aos sintéticos, sobretudo aqueles cultivados com baixo uso de produtos agroquímicos.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTECA, R. N. **Plant growth substances: principles and applications**. New York: Chapman & Hall, 1995. 332 p.

ASERCA – Apoyos y Servidos a la Comercialización Agropecuária – **Revista Claridades Agropecuárias**, México, v. 101, n. 1, p. 3-26, ene. 2002. Disponível em: <<http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/101>>. Acesso em 10 de janeiro de 2005.

BICALHO, H. D. Cultivo e bases para o melhoramento da baunilheira. In: KERR, W. E. **Melhoramento e genética**. São Paulo: EDUSP/Melhoramentos, 1969. p. 169-185.

CHILDERS, N. F. et al. Vanilla - The orchids of commerce. In: CHILDERS, N. F.; CIBES, H. R.; HERNÁNDEZ-MEDINA, E. **The orchids** - a scientific survey. São Paulo, 1959. p. 477-508.

CORREA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1996. n. 51, p. 282-285.

DRESSLER, R. L. **The orchids natural history and classification**. Cambridge, Massachusetts: First Harvard University Press, 1990. 332 p.

FIGUEIREDO, E. R. **Especiarias**: cultura da baunilha (*Vanilla planifolia* Andr.). 2. ed. São Paulo: Chácaras e Quintais, 1957. 17 p.

HILLMAN, J. R. Apical dominance. In: WILKINS, M. B. (Ed.). **Advanced plant physiology**. New York: John Wiley & Sons, 1984. p. 127-147.

HOEHNE, F. C.; MUNZ, P.; NESSEL, H. **Flora brasílica** - Orchidaceae. São Paulo: Secretaria da Agricultura, 1945. p. 03-37

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS - IAC. **Culturas**: baunilha. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br>>. Acesso em: 10 jul. 2003.

REIS, C. A. M. **Biologia reprodutiva e propagação vegetativa de *Vanilla chamissonis* Klotzsch: subsídios para manejo sustentado**. 2000. 67 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

RIZZINI, C. T; MORS, W. B. **Botânica econômica brasileira**. São Paulo: EPU, Editora da Universidade de São Paulo, 1976. 228 p.

## **CAPÍTULO 2**

**Enraizamento de estacas da baunilheira (*Vanilla planifolia*  
Andrews): recipientes e ácido indolbutírico**

## RESUMO

SILVA, Maria das Dôres David. Enraizamento de estacas da baunilheira (*Vanilla planifolia* Andrews): recipientes e ácido indolbutírico. In: \_\_\_\_\_. **Enraizamento de estacas da baunilheira (*Vanilla planifolia* Andrews): ácido indolbutírico, recipientes, meio de enraizamento, tamanho e tipo de estaca.** 2005. p. 16 - 43. Tese (Doutor em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. \*

A propagação vegetativa por meio do enraizamento de estacas é uma alternativa para a multiplicação das plantas que não se reproduzem satisfatoriamente pela via seminífera, além de permitir a manutenção de características desejáveis da planta matriz. Em *Vanilla planifolia*, a estaquia é um método comumente praticado. Entretanto, a forma tradicional como tem sido empregada tem levado a perdas no campo e prejuízos para o produtor. O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito do AIB e dos recipientes tubete e sacola plástica, no processo de enraizamento adventício de estacas e na formação de mudas, como alternativa ao método comumente empregado na propagação da espécie. O experimento foi conduzido, em 2004, no Departamento de Fitotecnia/Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em casa de vegetação com 50% de sombreamento e nebulização controlada. O material botânico foi obtido de baunilheiras coletadas em matas ciliares da região de Florestal, MG. Estacas de 10cm de comprimento, contendo uma gema e uma folha, foram plantadas em tubetes de polipropileno rígido com capacidade para 0,28L e em sacolas plásticas de 2,8L. O substrato foi formado pela mistura de areia + casca de arroz carbonizada + solo + esterco bovino curtido, em proporções iguais de volume. Foram utilizadas soluções aquosas de AIB nas concentrações de 0, 500, 1.000 e 2.000mg L<sup>-1</sup> para imersão da base das estacas, durante 5 segundos. Os resultados obtidos revelaram uma taxa média de enraizamento de 72% a 100%, em que a concentração de 1.000mg L<sup>-1</sup> de AIB promoveu a maior porcentagem de enraizamento, em ambos os recipientes. O maior volume de substrato contido nas sacolas favoreceu a formação de raízes com maior comprimento médio, maior volume e maior massa seca. Em ambos os recipientes, as mudas foram formadas com uma porcentagem de estacas brotadas acima de 80%. Na ausência de AIB, observaram-se brotos de maior comprimento e com maior massa seca, tanto em sacolas, quanto em tubetes.

---

\* Comitê Orientador: Moacir Pasqual -UFLA (Orientador), José Maria Moreira Dias – UFV

## ABSTRACT

SILVA, Maria das Dôres David. Rooting of cuttings of the vanilla plant (*Vanilla planifolia* Andrews): containers and indole-3-butyric acid. In: \_\_\_\_\_. **Rooting of cuttings of the vanilla plant (*Vanilla planifolia* Andrews): indole-3-butyric acid, containers, rooting medium, size and type of cutting.** 2005. p. 16 - 43. Thesis (Doctor in Agronomy/Crop Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG. \*

Vegetative propagation by means of the rooting of cuttings is an alternative to the multiplying of plants which do not reproduce satisfactorily by the semiferous via, in addition to enabling the maintenance of desirable characteristics of the stock plant. In *Vanilla planifolia*, cuttings is a commonly practiced method. Nevertheless, the traditional form as has been employed has taken to losses in the field and losses for the producer. So, the objective of this work was to study the effect of IBA and of the containers seedling tube and plastic bag in the process of adventitious rooting of cuttings and in the formation of cuttings, as an alternative to the method, commonly employed in the propagation of the species. The experiment was conducted in 2004, in the Crop Science Department/Sector of Fruitculture of the Federal University of Viçosa (UFV), in greenhouse with 50% of shading and controlled humidity. The botanical material was obtained from vanilla plants collected in riparian woods of the region of Florestal, MG. Cuttings of 10cm long containing one bud and one leaf, were planted in stiff polypropylene seedling tubes with a capacity of 0.28L and in plastic bags of 2.8L. The substrate was formed of the mixture of sand + carbonized rice hull + soil + cured cow manure, at proportions equal of volume. Aqueous solutions of IBA at the concentrations of 0, 500, 1.000 and 2.000mg L<sup>-1</sup> were used for immersion of the base of the cuttings for 5 seconds. The results obtained revealed an average rooting rate of 72% to 100%, where the concentration of 1.000mg L<sup>-1</sup> of IBA promoted the highest percentage of rooting, in both the containers. The largest volume of substrate contained in the bags favored the formation of roots with greatest average length, larger volume and larger dry matter. In both the containers, the seedlings were formed with a percentage of cuttings sprouted above 80%. In the absence of IBA, were observed shoots of largest length and highest dry matter, both in bags and in seedling tubes.

---

\* Comitê Orientador: Moacir Pasqual -UFLA (Orientador), José Maria Moreira Dias – UFV

### 3 INTRODUÇÃO

Espécies do gênero *Vanilla* são popularmente conhecidas como baunilheira. Cerca de 50 espécies já foram descritas, mas somente três são consideradas importantes do ponto de vista comercial: *Vanilla planifolia* Andrews, *Vanilla pompona* Schiede e *Vanilla tahitensis* J. W. Moore (Reis, 2000).

A essência natural obtida pelo processamento das cápsulas curadas é largamente utilizada pelas indústrias alimentícias, fornecendo o conhecido e apreciado sabor baunilha a bolos, cremes, sorvetes e, principalmente, a chocolates. Sua aplicação se estende às indústrias farmacêuticas e, mais amplamente, às indústrias de cosméticos e perfumarias.

A *Vanilla planifolia* tem proporcionado maior valor de mercado por fornecer um produto final de melhor qualidade e atender aos consumidores mais exigentes. Trata-se de uma orquídea nativa da América Tropical (Kononowicz & Janick, 1984), originalmente encontrada no México, onde era utilizada pelos índios astecas, desde as mais remotas eras, antes da descoberta do continente, pelos espanhóis (Childers et al., citado por Reis, 2000).

A sua propagação por meio de sementes, em condições naturais, assim como da grande maioria das orquídeas, não é viável, pois a porcentagem de germinação é extremamente baixa ou quase nula, podendo-se obter melhorias neste índice, quando se utiliza o cultivo *in vitro*. Entretanto, o emprego desta técnica onera o custo de produção de mudas, pois necessita de um laboratório devidamente equipado para essa finalidade.

A estaquia destaca-se por promover a multiplicação de plantas matrizes, agronomicamente superiores, mantendo-se as suas características desejáveis (Meletti, 2000), bem como para a obtenção de uma população clonal geneticamente uniforme, em curto espaço de tempo, com redução ou eliminação

da fase juvenil das plantas cultivadas (Janick, 1966), além de multiplicar, em grande escala, aquelas espécies que não se propagam satisfatoriamente por semente. As plantas apresentam respostas diferentes quando submetidas ao processo de enraizamento adventício. Enquanto certas espécies têm facilidade de formar raízes adventícias, outras as emitem regularmente e outras ainda demonstram grande dificuldade no enraizamento adventício de suas estacas (Tofanelli, 1999). Vários fatores exercem influência direta ou indireta sobre este processo, podendo o efeito regulatório pelo balanço hormonal endógeno ser considerado como o principal fator, favorecendo o enraizamento na presença de maiores teores de auxinas (Skoog & Miller, 1957). Segundo Hartmann et al. (1990), a auxina natural é sintetizada, principalmente, em gemas apicais e folhas jovens e o seu transporte sempre ocorre das partes apicais para a parte basal do órgão, seguindo uma orientação basípeta. De acordo com Ferri (1979), já em 1928, Went observou que esse movimento era independente da ação da gravidade e de um gradiente de concentração.

A aplicação de reguladores de crescimento constitui uma das formas usuais de induzir a organogênese em plantas, pois permite direcionar o balanço hormonal, visando à formação do órgão desejado (Fachinello et al., 1995). Em estudos de enraizamento adventício, o grupo de reguladores de crescimento mais usado é o das auxinas, tais como o ácido indolbutírico (AIB) e o ácido naftalenoacético (ANA), possivelmente por estimularem a síntese de etileno e favorecer a emissão de raízes (Hartmann et al., 1990; Norberto et al., 2001).

Em se tratando da propagação de plantas em escala comercial, há de se levar em conta que a produção de grande número de mudas sadias, bem formadas, com custo reduzido e de fácil transporte e manuseio pode-se valer de uma série de recursos tecnológicos oferecidos por um sistema racional setorizado. Um dos setores que participam ativamente neste processo é o dos recipientes que viabilizam a produção e a comercialização de mudas de plantas

ornamentais e olerícolas (Calvete, 2004), frutíferas (Hoffmann et al., 1996) e espécies florestais (Paiva & Gomes, 2001).

A utilização de recipientes proporciona menor interferência no sistema radicular na ocasião do transplântio, resultando em maior porcentagem de sobrevivência das mudas e também maior uniformidade das mesmas. O recipiente, além de suporte, proporciona melhores condições para nutrição das mudas. Ademais, permite maior proteção das raízes contra injúrias mecânicas e dessecação e oferece conformação vantajosa para as raízes das mudas (Calvete, 2004).

Em geral, os produtores de baunilha estabelecem a cultura plantando as estacas diretamente no campo. Também não seguem uma padronização quanto ao tamanho das mesmas, que podem medir até 1,5m de comprimento. Esta prática apresenta baixo índice de pegamento e ocasiona grandes perdas de material propagativo, gerando prejuízos financeiros.

O presente estudo tem como objetivo avaliar o efeito da aplicação do ácido indolbutírico no processo de enraizamento adventício de estacas plantadas em recipientes do tipo tubete e sacola plástica sobre a formação de mudas de *Vanilla planifolia*, como alternativa ao método empregado rotineiramente na propagação da espécie.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Local do experimento**

O experimento foi instalado nas dependências do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, no período de julho/2004 a abril/2005. Utilizou-se uma casa de vegetação, revestida de plástico e protegida com tela preta capaz de interceptar 50% da radiação. A irrigação das estacas ocorreu de forma automática controlada por um timer programado para acionar o sistema às 6:00, 9:00, 12:00, 15:00 e 18:00 horas, permitindo nebulização durante 3 minutos. Nestas condições, o teor de umidade relativa esteve em torno de 70%, nos intervalos entre irrigações e o experimento foi conduzido até o completo enraizamento e formação da muda, durante 270 dias.

Durante os seis primeiros meses do período experimental, a temperatura dentro da casa de vegetação foi monitorada diariamente e os valores médios obtidos são apresentados no Apêndice 1.

### **4.2 Material experimental**

O material vegetal utilizado foi obtido de plantas de baunilheira que se encontravam vegetando naturalmente em matas ciliares localizadas em área pertencente à Universidade Federal de Viçosa situada no município de Florestal, MG. Observando-se as diretrizes para preservação de genoma vegetal, realizou-se a coleta de plantas de baunilheira na quantidade mínima necessária para atender, unicamente, aos objetivos da pesquisa.

Neste trabalho foram empregadas estacas de consistência herbácea e semi-lenhosa. Esta heterogeneidade deveu-se à pequena disponibilidade de plantas de baunilheira no local coletado, o que gerou a necessidade de se utilizar plantas inteiras de idades fisiológicas diferentes.

As estacas foram retiradas ao longo da haste das plantas e preparadas com 10cm de comprimento, contendo um nó (uma gema) e uma folha inteira. Inicialmente, foram tratadas com fungicida de largo espectro, visando o controle de fungos porventura presentes na superfície das mesmas. Posteriormente, foram lavadas para eliminar o resíduo do fungicida e deixadas à sombra para secar externamente. O ápice da estaca recebeu um corte reto e foi imerso em solução de parafina líquida, de forma a evitar perda de água e contaminação por microrganismos na superfície cortada. A base da estaca foi cortada em bisel para aumentar a área de absorção de água e nutrientes. As estacas foram plantadas verticalmente, deixando expostas apenas a gema e a folha.

Os recipientes foram cheios com substrato formulado com mistura de areia fina lavada, terra de subsolo, esterco bovino curtido e casca de arroz carbonizada, na proporção de 1:1:1:1 (v/v). Esta mistura não passou por tratamento de desinfecção, tampouco incorporação de fertilizantes. As suas propriedades físicas e químicas encontram-se relacionadas nos Apêndices 2 e 3.

Durante a condução do experimento, as plantas não receberam qualquer nutrição suplementar ou tratamento fitossanitário, sendo apenas realizadas limpezas manuais nos recipientes para controlar o crescimento indesejável de plantas invasoras e musgos. As brotações resultantes foram tutoradas com estacas de bambu para a condução do seu crescimento.

### **4.3 Delineamento experimental**

Foi empregado o delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 2 x 4, contendo 8 tratamentos constituídos pelas combinações entre os fatores recipiente (2) e ácido indolbutírico (4). Dentro do fator recipiente foram testados dois níveis: tubete de polipropileno rígido, apresentando 7,0cm de diâmetro de boca, 16cm de altura, capacidade volumétrica de 0,28L e um orifício de 1cm de diâmetro, no fundo, para drenagem e arejamento e sacola de polietileno preta, apresentando 15cm de diâmetro e 30cm de altura, com capacidade volumétrica de 2,8L e com orifícios de 5mm de diâmetro, distribuídos regularmente no fundo e até a um terço da altura desse recipiente, também visando o arejamento e a drenagem do excesso de umidade. Com relação ao fator AIB, foram testadas quatro concentrações, 0, 500, 1.000 e 2.000mg L<sup>-1</sup>. O regulador de crescimento foi aplicado na base da estaca, durante 5 segundos. Foram empregadas três repetições e unidade experimental de dez estacas, totalizando 24 unidades experimentais e 240 estacas. O valor de cada unidade experimental foi obtido com base na média dos valores encontrados em todas as estacas que a compõem.

### **4.4 Características avaliadas**

As plantas foram cultivadas durante 270 dias, visando à formação de mudas aptas para plantio. Na avaliação da formação e desenvolvimento da muda, foram avaliadas as seguintes características: porcentagem de enraizamento das estacas, comprimento total médio de raiz, volume médio de raiz, massa seca da raiz, porcentagem de estacas brotadas, altura de brotos e massa seca de brotos.

Altura de brotos – esta medida foi tomada utilizando-se fita métrica, graduada em mm, de material flexível, que permitiu avaliação mais precisa do comprimento do broto, uma vez que o seu crescimento não é retilíneo. O broto foi medido a partir do seu ponto de inserção com a axila da folha original, até o ápice da folha semi-expandida mais alta.

Comprimento de raiz – foi utilizada régua milimetrada para medição dos comprimentos de todas as raízes formadas, obtendo-se, assim, o comprimento total de raiz por estaca. O valor médio representativo do comprimento de raiz, por repetição, foi obtido pela média aritmética dos valores encontrados nas estacas sobreviventes.

Volume de raízes – este procedimento foi realizado com o auxílio de uma proveta de vidro graduada com precisão de 1mL. Foram coletados os sistemas radiculares formados pelas estacas componentes da repetição e avaliado o seu volume e, então, obtida a média aritmética representativa da repetição em cada tratamento.

Massa seca da parte aérea e da raiz – para determinação da massa seca, o material foi acondicionado em saco de papel e colocado em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C até atingir massa constante, ocasião em que foi realizada a pesagem em balança eletrônica com precisão de três casas decimais.

#### **4.5 Análise estatística**

As análises de variância e os testes de médias foram os usuais para o arranjo fatorial no delineamento inteiramente casualizado.

Para as variáveis em que a interação recipiente x AIB foi significativa, realizou-se o desdobramento da interação com o objetivo de comparar as médias

dos dois recipientes (tubete, sacola) em cada concentração de AIB (0, 500, 1.000 e 2.000mg L<sup>-1</sup>) pelo teste F e de estimar a equação de regressão, cujos coeficientes foram avaliados pelo teste t, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas no Programa SAEG (Ribeiro Júnior, 2001).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

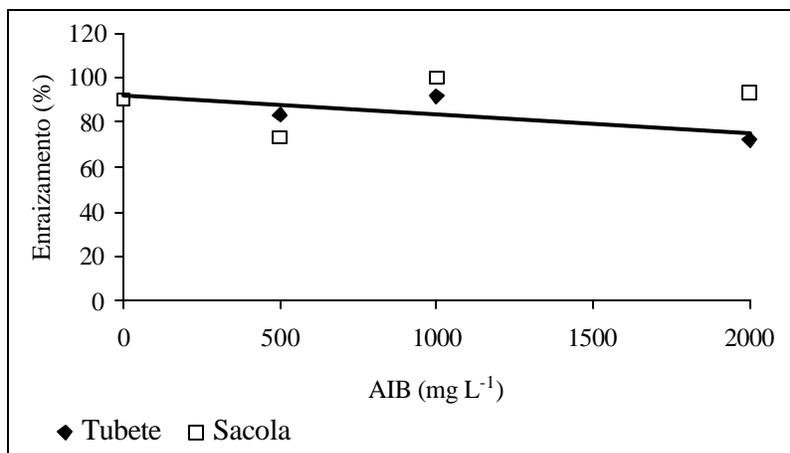
Os resultados obtidos na análise de variância para as características avaliadas (item 4.4), ao final de 270 dias de estaqueamento, são apresentados, em anexo, nas Tabelas 1A e 2A. As médias observadas em todos os tratamentos, para as mesmas características, encontram-se relacionadas no Apêndice 6. Nas Figuras 8 e 13 encontram-se, respectivamente, fotos ilustrativas do sistema radicular e da brotação observados neste experimento.

### 5.1 Porcentagem de enraizamento das estacas

Observou-se que o fator recipiente, isoladamente, não afetou a porcentagem de enraizamento das estacas. Contudo, o efeito principal AIB e a interação recipiente x AIB afetaram, significativamente, esta característica.

Pela análise de regressão ajustou-se um modelo linear para os tratamentos com AIB, observando-se que o aumento da concentração de AIB foi negativo para o enraizamento. No entanto, considerando que o ajuste teve um  $R^2$  de apenas 60,23%, pode-se observar maior porcentagem de enraizamento na concentração de  $1.000\text{mg L}^{-1}$  de AIB. Em tubetes, a média encontrada para a variável em estudo foi de 84,4%, tendo o tratamento com  $2.000\text{mg L}^{-1}$  apresentado a menor média (72,22%), que diferiu, significativamente, das demais.

No recipiente sacola não se verificou efeito significativo da auxina sobre a porcentagem de enraizamento, cujas respostas são representadas pelo valor médio de 89,17% (Figura 2).



Tubete:  $Y = 91,3439 - 0,00797581 x$   $R^2 = 60,23\%$   
 Sacola:  $Y \text{ médio} = 89,17$

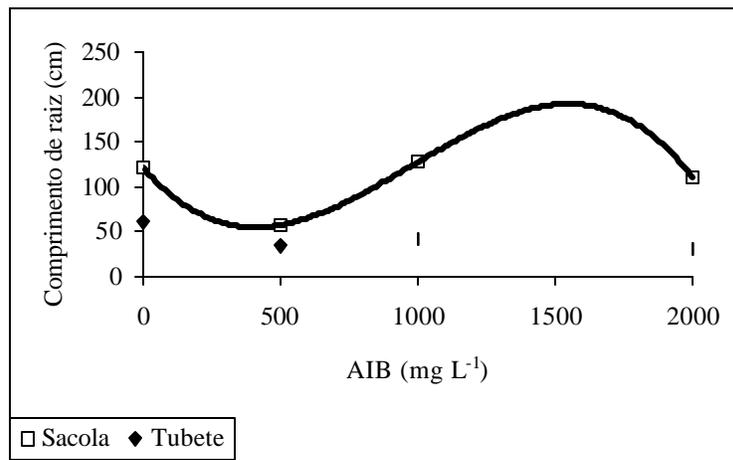
FIGURA 2. Enraizamento médio de estacas de *Vanilla planifolia*, em função do recipiente e concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

O efeito mais pronunciado do recipiente reflete um aumento de 29,2% na porcentagem de enraizamento das estacas tratadas com 2.000mg L<sup>-1</sup> de AIB e plantadas em sacola, quando comparadas com aquelas plantadas em tubetes.

Para as concentrações 0; 500 e 1.000mg L<sup>-1</sup> de AIB não houve diferença significativa, quanto ao efeito do recipiente, verificando-se porcentagens médias de enraizamento de 90%, 78,5% e 95,7%, respectivamente. Observa-se que, à medida que a concentração de AIB aumenta de 1.000 para 2.000mg L<sup>-1</sup>, ocorre efeito depressor na porcentagem de enraizamento das estacas de *Vanilla planifolia*, para os dois recipientes.

## 5.2 Comprimento de raiz

Com base na análise de variância para o comprimento total médio de raiz procedeu-se ao desdobramento da interação recipiente x AIB. Os dados foram submetidos à análise de regressão e não foram significativos para o fator AIB em tubete. Assim, os tratamentos podem ser representados apenas pela média obtida neste recipiente (41,83cm). Para o recipiente sacola houve influência do regulador de crescimento para esta característica, observando-se maior comprimento de raiz (192,33cm) na concentração de 1547,64mg L<sup>-1</sup> de AIB e o menor valor obtido (55,13cm) em 410,25mg L<sup>-1</sup> de AIB (Figura 3).



Tubete:  $\bar{Y} = 41,83$

Sacola:  $Y = 121 - 0,3552 x + 5,477 \cdot 10^{-4} x^2 - 1,865 \cdot 10^{-7} x^3 \quad R^2 = 99,9\%$

FIGURA 3. Comprimento médio de raiz em estacas de *Vanilla planifolia*, em função do recipiente e concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Nas estacas plantadas em sacola e não tratadas com AIB o comprimento médio de raiz observado (121cm) reflete a superioridade deste recipiente sobre o tubete (41,83cm), cuja diferença resulta em 189,26%. Pelos dados observados, em ambos os recipientes, verificou-se que as estacas não tratadas com auxina formaram raízes de maior comprimento.

### 5.3 Volume de raiz

A análise de variância para o volume de raiz mostrou que o fator principal recipiente e o fator principal AIB afetaram significativamente esta característica, não se verificando efeito significativo para a interação.

As estacas plantadas na sacola apresentaram, em média, um volume de raiz da ordem de 4,0197mL, enquanto aquelas enraizadas em tubetes apresentaram um volume médio de 1,5744mL (Figura 4).

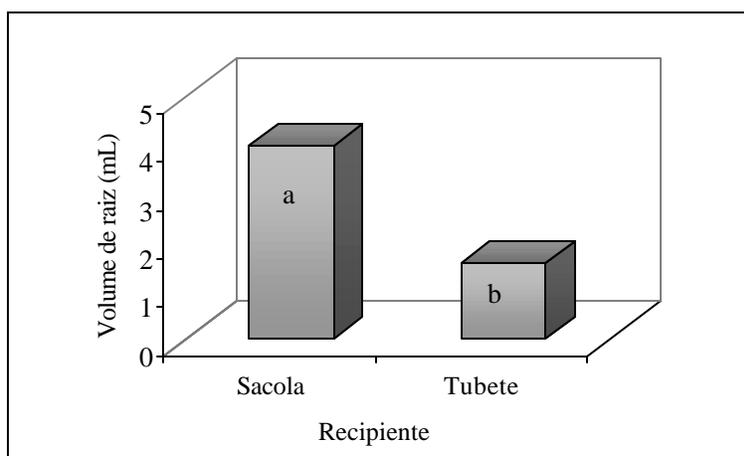
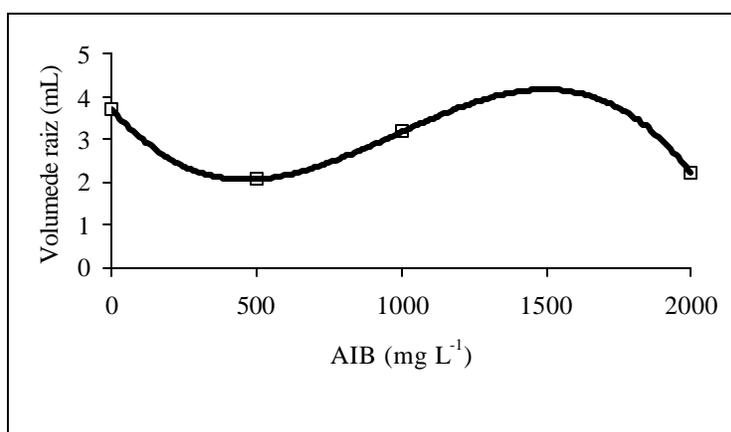


FIGURA 4. Volume médio de raiz em estacas de *Vanilla planifolia*, em função do recipiente, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

O maior volume de raiz formado em sacola supera em 132,4%, a média encontrada em tubetes devido a maior disponibilidade de substrato para a planta. Além disso, as raízes que ultrapassaram o orifício inferior do tubete ficaram expostas ao ambiente externo e morreram, provocando uma poda natural em seu crescimento.

Comparado com a sacola, o menor volume de substrato contido no tubete disponibiliza menores teores de nutrientes e água às estacas, limitando o desenvolvimento das raízes. Associado a isso, deve-se considerar que, em tubete, ocorre menor aeração do sistema radicular, afetando o metabolismo das raízes e o seu desenvolvimento. O maior volume de raiz (4,17 mL) foi observado quando foram utilizados 1499,17mg L<sup>-1</sup> de AIB. Na ausência de AIB obteve-se um volume de 3,71 mL. Deste modo, como o aumento em volume do sistema radicular é pequeno (0,46mL), correspondendo a apenas 12,4% não se justificando a adição de AIB (Figura 5).



$$\text{AIB} \quad Y = 3,71 - 0,0079 x + 1,114 \cdot 10^{-5} x^2 - 3,7868 \cdot 10^{-9} x^3 \quad R^2 = 99,9\%$$

FIGURA 5. Volume médio de raiz em estacas de *Vanilla planifolia*, em função das concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

#### 5.4 Massa seca de raiz

Com base na análise de variância para massa seca de raízes verificou-se que o fator recipiente e o fator AIB afetaram significativamente esta característica, não se verificando efeito significativo para a interação recipiente x AIB.

Podem ser observadas diferenças marcantes entre as médias, no que se refere ao tipo de recipiente. As estacas plantadas em sacola apresentaram, em média, massa seca de raiz de 0,26g, contra 0,10g para aquelas plantadas em tubete, revelando, novamente, a superioridade da sacola sobre o tubete, em 160%, conforme Figura 6.

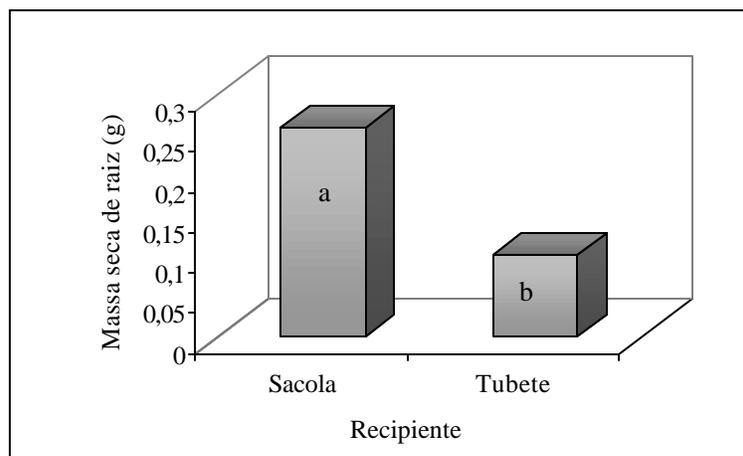
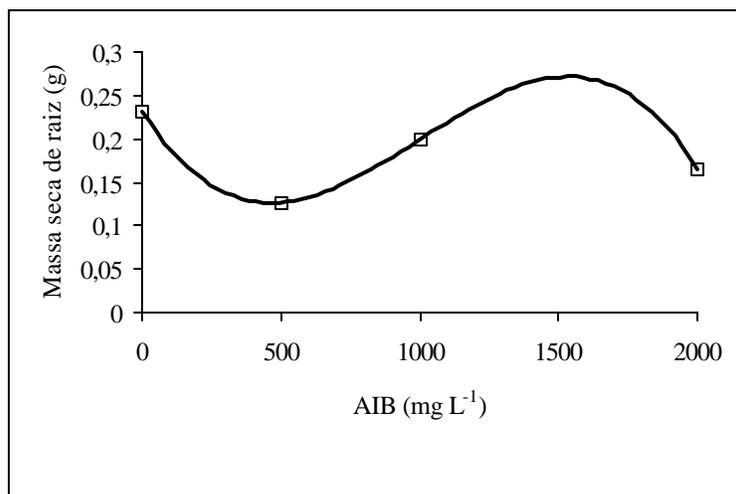


FIGURA 6. Massa seca (g) de raiz de estacas de *Vanilla planifolia*, em função do recipiente, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Acredita-se que as piores respostas obtidas no tubete devem-se às características inerentes a esse recipiente, como formato, menor tamanho, menor disponibilidade de nutrientes e água, e menor aeração do sistema radicular. Para

as concentrações de AIB estudadas, maior massa seca (0,27g) de raiz ocorreu na concentração de 1535,79mg L<sup>-1</sup> de AIB, observando-se menor valor (0,13g) em 464,67 mg L<sup>-1</sup> de AIB devido, provavelmente, ao desbalanço hormonal em resposta às concentrações utilizadas deste fitoregulador (Figura 7).



AIB:  $Y = 0,23215 - 5,06 \cdot 10^{-4} x + 7,095 \cdot 10^{-7} x^2 - 2,36 \cdot 10^{-10} x^3 \quad R^2 = 99,9\%$

FIGURA 7. Massa seca de raiz (g) de estacas de *Vanilla planifolia*, em função das concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

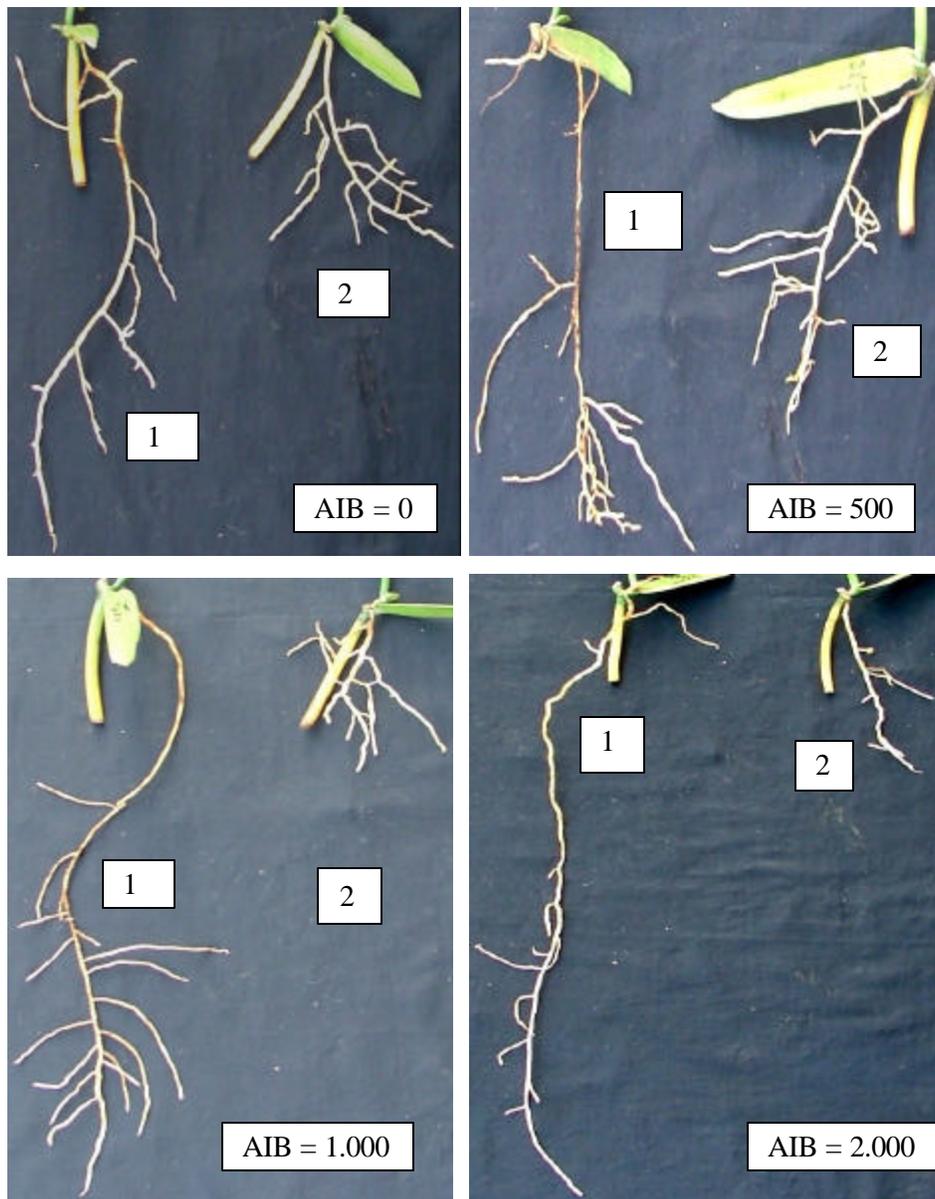
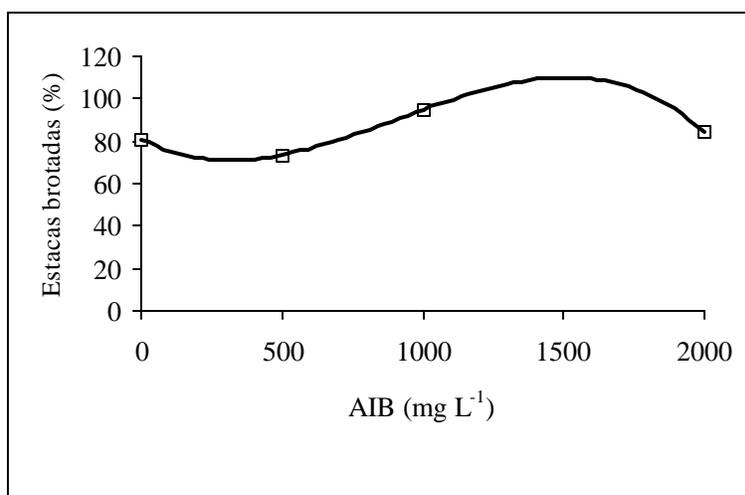


FIGURA 8. Estacas de *Vanilla planifolia* tratadas com diferentes concentrações de AIB ( $\text{mg L}^{-1}$ ), e plantadas nos recipientes 1 (sacola) e 2 (tubete), aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

## 5.5 Porcentagem de estacas brotadas

A análise de variância para a porcentagem de estacas brotadas revelou que apenas o fator AIB afetou, significativamente, esta característica, não se observando efeito significativo para o fator recipiente, isoladamente e nem para a interação recipiente x AIB.

Os dados foram submetidos à análise de regressão e a equação estimada é apresentada na Figura 9. Como pode ser observado a ausência de AIB resultou em 81% de brotação e a adição deste regulador pouco incrementou essa variável, não se justificando a sua utilização.



$$\text{AIB: } Y = 80,952 - 0,06675 x + 1,2694 \cdot 10^{-4} x^2 - 4,6323 \cdot 10^{-8} x^3 \quad R^2 = 99,9\%$$

FIGURA 9. Porcentagem de estacas brotadas de *Vanilla planifolia*, em função das concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Com base nas observações visuais periódicas desse experimento, verificou-se que as estacas de baunilheira emitiram brotações após o enraizamento. Em algumas poucas situações, em que a brotação surgiu primeiro, parece ter havido uma drenagem das reservas para formação da parte aérea, acarretando a morte das estacas devido à deficiente absorção de água e nutrientes do substrato. Observou-se, em algumas estacas, que a gema vegetativa permaneceu latente até o momento em que as raízes formadas iniciaram o seu metabolismo normal. Iniciando-se, então, a produção de citocinina, que favoreceu a brotação das gemas. Desse modo, o período de emissão de brotos se prolongou por até 270 dias, após o estaqueamento, acompanhando as respostas ao enraizamento.

## **5.6 Altura média de brotos**

Como pode ser observado na análise de variância para altura média de brotos o fator recipiente e o fator AIB afetaram significativamente esta característica, não se verificando efeito significativo para a interação recipiente x AIB.

Pelo teste de média para recipientes, verificou-se que a sacola superou em 65,71% a média encontrada em tubetes (Figura 10). A diferença observada pode ser atribuída à maior área de absorção de nutrientes e água pelo sistema radicular no recipiente sacola, o que favoreceu o crescimento em tamanho da raiz e o seu volume, por razões já discutidas anteriormente.

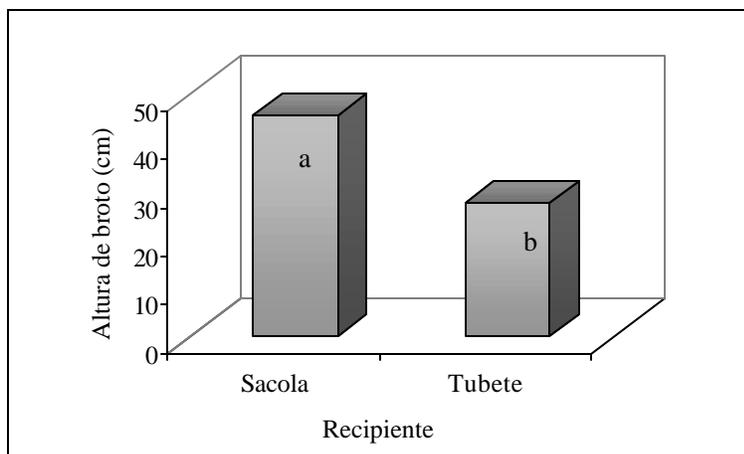
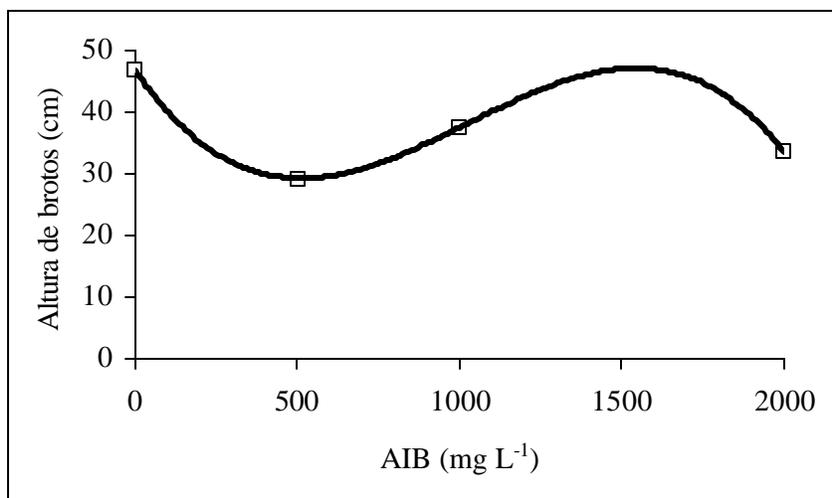


FIGURA 10. Altura de brotos (cm) em estacas de *Vanilla planifolia*, em função do recipiente, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Observa-se, pelo gráfico da Figura 11, que a maior altura de brotos foi observada na concentração de 1545,24 mg L<sup>-1</sup> de AIB (47,12cm). Na ausência de AIB obteve-se uma altura de brotos de 46,84cm, deste modo, como o aumento em altura de broto é pequeno (0,29cm) não se justificando a adição de AIB.

Os resultados obtidos para altura de brotos parecem refletir diretamente as respostas do enraizamento, ou seja, as estacas que emitiram raízes mais rapidamente também brotaram mais cedo e, no momento da avaliação, apresentaram brotos maiores.



AIB:  $Y = 46,8345 - 0,07728 x + 1,0038 \cdot 10^{-4} x^2 - 3,2518 x^3 \quad R^2 = 99,9\%$

FIGURA 11. Altura de brotos (cm) em estacas de *Vanilla planifolia*, em função das concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

### 5.7 Massa seca de brotos

Na análise de variância para massa seca de brotos verificou-se que apenas o fator recipiente afetou significativamente esta característica, não se observando efeito significativo para o AIB, isoladamente e nem para a interação recipiente x AIB.

No recipiente sacola a média encontrada para esta variável foi de 1,56g enquanto que no tubete, verificou-se massa seca de 0,66g. A diferença encontrada entre as médias (0,90g) mostra a superioridade do recipiente sacola para essa característica e representa vantagem de 140,9% a mais na produção de massa seca do broto (Figura 12).

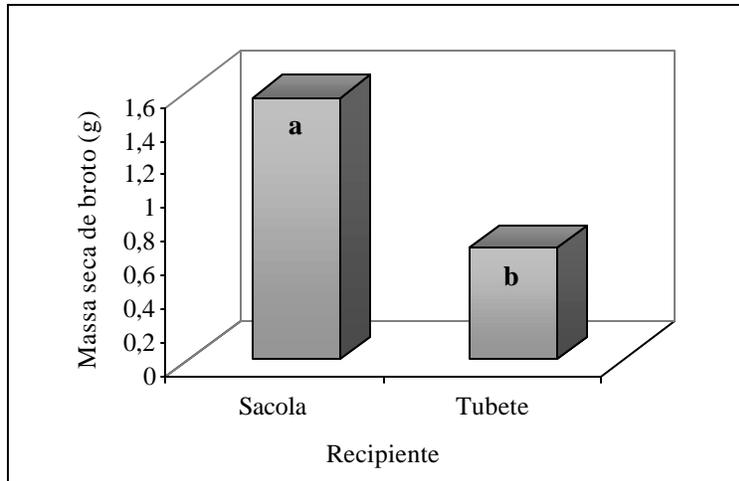


FIGURA 12. Massa seca de brotos de estacas de *Vanilla planifolia*, em função do recipiente, em Viçosa, MG.UFLA, Lavras, MG, 2005.

A característica massa seca do broto apresentou o mesmo comportamento da massa seca de raiz.

Acredita-se que as piores respostas obtidas no tubete devem-se às características inerentes a esse recipiente, como formato, menor tamanho, menor disponibilidade de nutrientes e água, e menor aeração do sistema radicular.

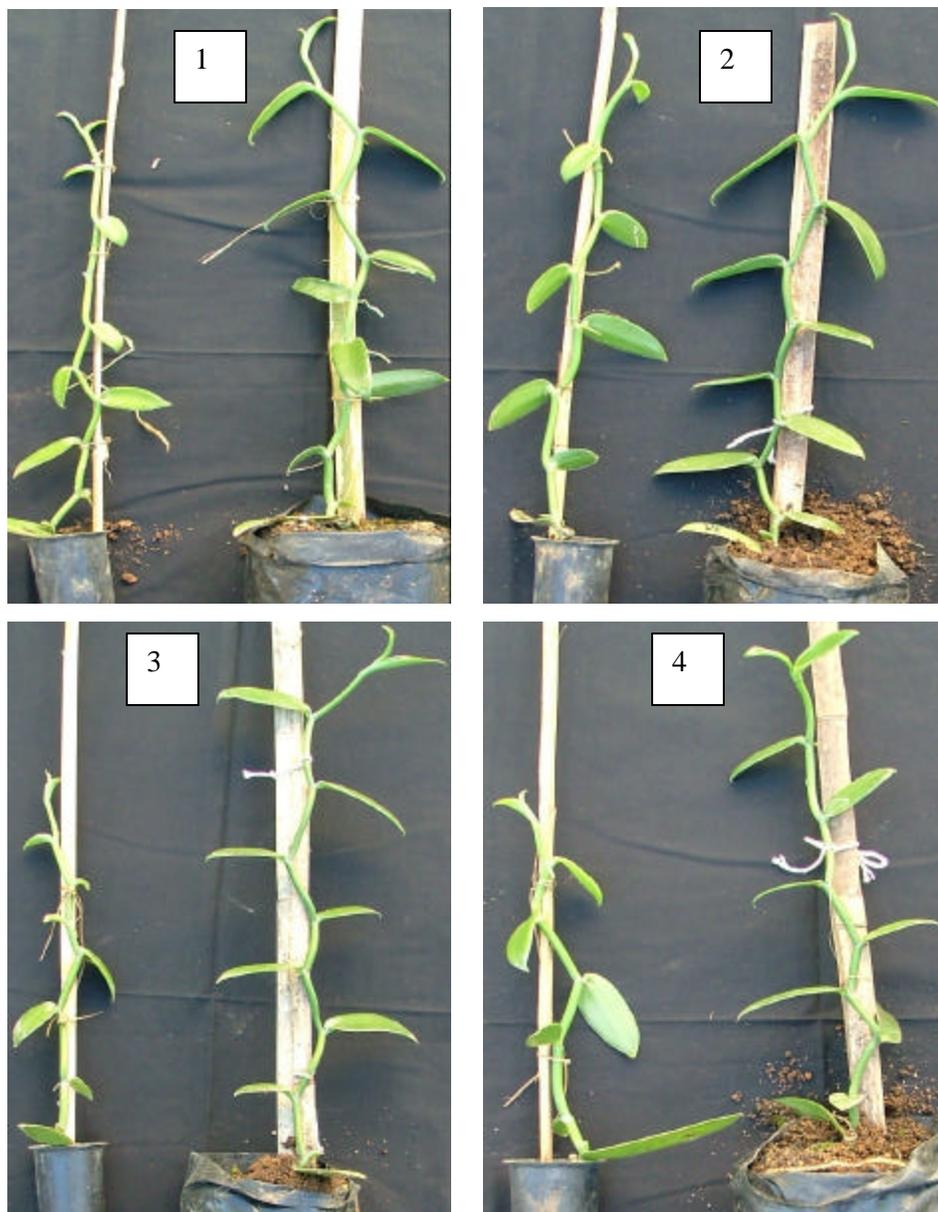


FIGURA 13. Brotação em estacas de *Vanilla planifolia* enraizadas em sacola e tubete, tratadas com 1=0 2=500 3=1.000 e 4=2.000mg L<sup>-1</sup> de AIB, aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

## 6 CONCLUSÕES

- É viável a utilização de recipientes para a produção de mudas desta espécie e de estacas caulinares com 10cm de comprimento, contendo uma gema e uma folha.
- A sacola plástica de 2,8L apresenta maiores valores médios para a maioria das variáveis analisadas; não obstante, o tubete de 0,28L propicia a formação de mudas de qualidade satisfatória.
- O enraizamento adventício de estacas, assim como a formação e o desenvolvimento da muda de *Vanilla planifolia*, dispensa a aplicação de ácido indolbutírico.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALVETE, E. O. Sistemas de produção de mudas de hortaliças. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. 435 p.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. de L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. 2. ed. Pelotas: UFPel, 1995. 178 p.

FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU: Ed. Da Universidade de São Paulo, 1979. v.2, 392 p.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JÚNIOR, F. T. **Plant propagation**: principles and practices. 5. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1990. 647 p.

HOFFMANN, A.; CHALFUN, N. N. J.; ANTUNES, L. E. C.; RAMOS, J. D.; PASQUAL, M.; SILVA, C. R. de R. e. **Fruticultura Comercial**: propagação de plantas frutíferas. Lavras: Gráfica Universitária/UFLA-FAEPE, 1996. 319 p.

JANICK, J. **A ciência da horticultura**. Rio de Janeiro: USAID, 1966. 485 p.

KONONOWICZ, H.; JANICK, J. In vitro propagation of *Vanilla planifolia*. **HortScience**, Alexandria, v. 19, n. 1, p. 58-59, Feb. 1984.

MELETTI, L. M. M. **Propagação de frutíferas tropicais**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 239 p.

NORBERTO, P. M.; CHALFUN, N. N. J.; PASQUAL, M.; VEIGA, R. D.; PEREIRA, G. E.; MOTA, J. H. Efeito da época de estaquia e do AIB no enraizamento de estacas de figueira (*Ficus carica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 533-541, maio/jun. 2001.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Viçosa: UFV, 2001. (cadernos didáticos, 83).

REIS, C. A. M. **Biologia reprodutiva e propagação vegetativa de *Vanilla chamissonis* Klotzsch: subsídios para manejo sustentado.** 2000. 67 p.  
Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,  
Piracicaba..

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG.** Viçosa: UFV, 2001.  
301 p.

SKOOG, F.; MILLER, C. O. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissues cultured *in vitro*. **Symposium of Society for Experimental Biology**, Cambridge, v. 11, p. 118-131, 1957.

TOFANELLI, M. B. D. **Enraizamento de estacas lenhosas e semilenhosas de cultivares de pessegueiro em diferentes doses de ácido indolbutírico.** 1999. 87 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

## **CAPÍTULO 3**

**Enraizamento de estacas da baunilheira (*Vanilla planifolia*  
Andrews): tamanho de estacas e ácido indolbutírico**

## RESUMO

SILVA, Maria das Dôres David. Enraizamento de estacas da baunilheira (*Vanilla planifolia* Andrews): tamanho de estacas e ácido indolbutírico. In: \_\_\_\_\_. **Enraizamento de estacas da baunilheira (*Vanilla planifolia* Andrews): ácido indolbutírico, recipientes, meio de enraizamento, tamanho e tipo de estaca.** 2005. p. 44 - 71. Tese (Doutor em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. \*

A produção de mudas de qualidade, a um menor custo e em menor espaço de tempo, pode ser conseguida por meio da estaquia. Este método propicia a clonagem de matrizes com características fenotípicas e potencial genético desejáveis, permitindo, ainda, a busca de tecnologias mais adequadas à formação de mudas, como, por exemplo, a utilização de estacas de menor tamanho. Para *Vanilla planifolia*, esta é uma necessidade premente, uma vez que sua distribuição se restringe a pequenos números de indivíduos, em ocorrências bastante esparsas, devido ao baixo índice de germinação das sementes, em condições naturais. Neste trabalho objetivou-se estudar o efeito do tamanho da estaca e do AIB no processo de enraizamento adventício e formação das mudas de baunilha. O material botânico foi coletado em plantas de ocorrência natural, em matas ciliares da região de Florestal, MG. A pesquisa foi conduzida no Departamento de Fitotecnia/Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Os trabalhos foram desenvolvidos em 2004, sob condições de casa de vegetação com 50% de sombreamento e nebulização controlada. Empregaram-se estacas com tamanhos de 5, 10, 20 e 30cm, sendo retiradas as folhas das gemas que ficaram imersas no substrato. Como recipientes foram empregadas sacolas plásticas, com capacidade volumétrica de 2,8L. Estas foram enchidas com substrato obtido pela mistura de areia + casca de arroz carbonizada + solo + esterco bovino curtido, em proporções iguais de volume. Utilizaram-se soluções aquosas de AIB, nas concentrações de 0, 500, 1.000 e 2.000mg L<sup>-1</sup> para imersão da base das estacas, durante 5 segundos. A porcentagem de enraizamento variou de 73% a 100%, tendo a concentração de 1.000mg L<sup>-1</sup> de AIB promovido 100% de enraizamento em todos os tamanhos de estaca. Estacas de 20 e 30cm de comprimento apresentaram 100% de enraizamento, mesmo na ausência de AIB. A porcentagem de brotação variou de 84% a 94%, sendo pouco afetada pelo tamanho da estaca e não significativamente influenciada pelo AIB.

---

\* Comitê Orientador: Moacir Pasqual – UFLA (Orientador), José Maria Moreira Dias – UFV

As características comprimento total de raiz, volume de raiz, massa seca de raiz, altura de brotos e massa seca de brotos sofreram efeito significativo do tamanho da estaca e apresentaram um aumento linear ( $P < 0,05$ ) para os tamanhos de estaca estudados. Para estas características, o AIB não apresentou efeito significativo entre os tratamentos.

## ABSTRACT

SILVA, Maria das Dôres David. Rooting of cutting of the vanilla plant ( *Vanilla planifolia* Andrews): size of the cuttings and indole-3-butyric acid. In: \_\_\_\_\_. **Rooting of cuttings of *Vanilla planifolia* Andrews: indole-3-butyric acid, containers, rooting medium, size and type of cutting.** 2005. p. 44 – 71. Thesis (Doctor in Agronomy/Crop Science) - Federal University of Lavras, Lavras, MG.\*

The production of high quality seedlings at a lower cost and in a shorter period of time can be achieved by means of cutting. This method provides the cloning of stock plants with both phenotypic and genetic potential desirable, enabling, further, the search for technologies more adequate for the formation of seedlings as, for example, the utilization of smaller size cuttings. To *Vanilla planifolia*, this is a pressing need, since its distribution is restricted to a small number of individuals, in quite sparse occurrences, due to the poor germination of seeds under natural conditions. In this work, the effect of the cutting size and of IBA in the process of adventitious rooting and formation of vanilla cuttings was aimed to study. The botanic material was collected in naturally-occurring plants in riparian woods of the region of Florestal, MG. The research was conducted in the Crop Science Department/Section of Fruitculture of the Federal University of Viçosa (UFV). The works were developed in 2004, under greenhouse conditions with 50% of shading and controlled misting. Cuttings with sizes of 5, 10, 20 and 30cm were utilized, the leaves of the buds which stayed immersed into the substrate being removed. As containers were employed plastic bags, with a volumetric capacity of 2.8L. These were filled with substrate obtained by the mixture of sand + carbonized rice hull + soil + cured cow manure, in proportions equal of volume. Aqueous solutions of IBA were utilized at the concentrations of 0, 500, 1.000 and 2.000 mg L<sup>-1</sup> for immersion of the base of the cuttings for 5 seconds. The percentage of rooting ranged from 73% to 100%, where the concentration of 1.000 mg L<sup>-1</sup> of IBA promoted 100% of rooting in all the sizes of cutting. 20 and 30cm long cuttings presented 100% of rooting, even in the absence of IBA. The percentage of sprouting ranged from 84% to 94%, its being little affected by the cutting size and was not significantly influenced by IBA. The characteristics total length of root, volume of root, dry matter of root, shoot height and dry matter of shoots underwent a significant effect of the size of the

---

\* Committee Members: Moacir Pasqual – UFPA (Adviser), José Maria Moreira Dias – UFV.

cutting and presented a linear increase ( $P < 0.05$ ) for the studied sizes of the cutting. For these characteristics, IBA presented no significant effect among the treatments.

### 3 INTRODUÇÃO

O mercado mundial comercializa espécies vegetais de elevado valor, exercendo papel importante em muitas economias, tanto no plano da importação quanto no da exportação. Para os importadores, as compras são destinadas às indústrias internas ou para a re-exportação, promovendo a entrada de recursos financeiros. Para os países exportadores, as vendas ao exterior representam não somente o ingresso de recursos no país, mas também movimentam um elemento de peso em qualquer economia, que é a geração de novos empregos na cidade e no campo.

Neste contexto, destaca-se a baunilheira (*Vanilla planifolia* Andrews), que oferece produtos e subprodutos amplamente utilizados por diversos tipos de indústria em todo o mundo, principalmente pela alimentícia, na qual o extrato natural encontra largo emprego como aromatizante.

É uma planta originária da América Central, principalmente do México. Porém, devido à sua importância econômica, seu cultivo se expandiu por diversas regiões do mundo, onde as condições climáticas se mostravam favoráveis ao seu desenvolvimento, principalmente os climas tropicais úmidos.

A expansão dos cultivos de baunilheira para novas regiões depende da produção de mudas de qualidade. Porém, a propagação comercial desta espécie pela via seminífera não é, tecnicamente, recomendável, devido ao baixo índice de germinação das sementes, que ocorre de maneira paulatina, produzindo mudas de tamanhos diferenciados para o plantio. Nesse sentido, dentre os métodos clássicos de propagação vegetativa, a estaquia é o mais adequado à baunilheira, por se tratar de uma planta monocotiledônea e de crescimento monopodial. A estaquia proporciona a formação de plantas geneticamente idênticas à planta matriz que, estando na fase adulta, estão aptas à produção, o

que permitirá ao agricultor a amortização do capital investido e o retorno econômico antecipado.

O sucesso deste método depende da formação e desenvolvimento de raízes adventícias nas estacas que, em grande número de espécies, não ocorre de forma natural. Algumas espécies, quando submetidas ao processo de estaquia, apresentam facilidade em emitirem raízes adventícias, enquanto outras demonstram grande dificuldade (Tofanelli, 1999). Nesse sentido, muitos estudos são desenvolvidos em busca de novas tecnologias que viabilizem este método de propagação. Dentre elas, destaca-se a utilização de fitorreguladores que possuem atividade estimuladora de crescimento e de multiplicação celular e concorrem, em grande parte, para a diferenciação e crescimento de órgãos novos, como raízes e brotos (Heede & Lecourt, 1989).

Na rota organogênica, segundo Skoog & Miller (1957), um balanço favorável às auxinas estimula a diferenciação dos tecidos em primórdios radiculares e inibe a formação de gemas e sua brotação; se o balanço é favorável às citocininas, a organogênese é orientada para a formação de gemas e brotos. Desse modo, as auxinas, atuando conjuntamente com as citocininas, irão determinar a rota morfogênica. As auxinas são biossintetizadas nos meristemas apicais dos brotos e folhas novas e migram, através dos tecidos vegetais, desde os extremos dos ramos até as raízes (Heede & Lecourt, 1989). São várias as suas funções na planta (crescimento do caule, das folhas e da raiz, iniciação de atividade cambial em plantas lenhosas, dominância apical, etc.) porém, com vistas à propagação de plantas, destaca-se o seu papel central e seqüencial na expansão e divisão celular (Ferri, 1979).

O grupo de reguladores de crescimento usado com maior frequência (Hartmann et al., 1990 e Norberto et al., 2001) é o das auxinas sintéticas, tais como o ácido indolbutírico (AIB) e o ácido naftalenoacético (ANA). A auxina, o método de aplicação e a concentração utilizada estão diretamente relacionados

com a espécie em estudo. Heede & Lecourt (1989) citam que os ácidos indolbutírico e indolacético (AIA), em solução aquosa, em diferentes concentrações e tempo de imersão, são empregados em função do tipo da estaca: se herbáceas, 20 a 50mg L<sup>-1</sup> e tempo de imersão de 12 a 24 horas; se lenhosas, 50 a 150mg L<sup>-1</sup>, com tempo de imersão de 24 a 48 horas. No caso de estacas sensíveis ao apodrecimento, usa-se o dobro ou triplo da concentração recomendada em tempo de imersão mais reduzido (de 2 a 6 horas).

Outro aspecto a se considerar está relacionado com o tamanho da estaca utilizada, que está diretamente relacionado com a capacidade de enraizamento da espécie (Heede & Lecourt, 1989). Estes autores citam que, para espécies em que o enraizamento é favorecido ao se empregar estacas lenhosas, estas devem ser preparadas com tamanhos de 20 a 30cm, evitando-se tomá-las nas partes apicais que, em geral, não estão bem lignificadas. Deve-se considerar que, em geral, as estacas de maior tamanho dão origem a indivíduos mais vigorosos. Ao contrário, para as espécies que apresentam facilidade de enraizamento, os mesmos autores sugerem o emprego de estacas mais curtas (5 a 10cm de comprimento) e de consistência herbácea. A vantagem oferecida pelo emprego de estacas mais curtas se faz sentir quando se dispõem de espaços limitados dentro da instalação usada para propagação ou, ainda, quando as plantas matrizes fornecedoras de estacas são em pequeno número ou frágeis, levando à necessidade de economia de material vegetal. Observou-se, na literatura consultada, que não existe uma padronização quanto ao tamanho das estacas utilizadas. Estas podem medir de um metro a um metro e meio de comprimento (Figueiredo, 1957), de 40 a 50cm (Rizzini & Mors, 1976), de 40 a 80cm (Catálogo Rural, 2003), possuir cerca de 40cm e seis internódios (Reis, 2000) ou possuírem o comprimento correspondente a quatro internódios (IAC, 2003).

Segundo recomendação do Boletim Técnico do Instituto Agronômico de Campinas (IAC, 2003), sobre a baunilheira, a obtenção de estacas com folhas por meio do seccionamento da haste é a mais indicada.

O êxito de um empreendimento, no âmbito da produção vegetal, dentre outros fatores, é dependente direto da qualidade da muda. Assim sendo, a formação de pomares comerciais de baunilha necessita dispor de mudas de qualidade, provenientes de matrizes selecionadas. Esta estratégia visa diminuir os prejuízos financeiros dos produtores que, em sua maioria, são provocados pelo plantio, direto no campo, de estacas não enraizadas.

Considerando a importância econômica da cultura da baunilheira (*Vanilla planifolia*) e o pequeno acervo de informações técnicas sobre a sua propagação comercial, desenvolveu-se o presente trabalho, com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação da auxina AIB no processo de enraizamento adventício de estacas de diferentes tamanhos e estudar a viabilidade da formação de mudas desta planta, a partir de estacas contendo apenas uma gema.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Local do experimento**

O experimento foi instalado nas dependências do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, no período de julho/2004 a abril/2005. Utilizou-se uma casa de vegetação, revestida de plástico e protegida com tela preta capaz de interceptar 50% da radiação. A irrigação das estacas ocorreu de forma automática controlada por um timer programado para acionar o sistema às 6:00, 9:00, 12:00, 15:00 e 18:00 horas, permitindo nebulização durante 3 minutos. Nestas condições, o teor de umidade relativa esteve em torno de 70%, nos intervalos entre irrigações e o experimento foi conduzido até o completo enraizamento e formação da muda, durante 270 dias.

Durante os seis primeiros meses do período experimental, a temperatura dentro da casa de vegetação foi monitorada diariamente e os valores médios obtidos são apresentados no Apêndice 1.

### **4.2 Material experimental**

O material vegetal utilizado foi obtido de plantas de baunilheira que se encontravam vegetando naturalmente em matas ciliares localizadas em área pertencente à Universidade Federal de Viçosa situada no município de Florestal, MG. Observando-se as diretrizes para preservação de genoma vegetal, realizou-se a coleta de plantas de baunilheira na quantidade mínima necessária para atender, unicamente, aos objetivos da pesquisa.

Neste trabalho foram empregadas estacas de consistência herbácea e semi-lenhosa. Esta heterogeneidade deveu-se à pequena disponibilidade de plantas de baunilheira no local coletado, o que gerou a necessidade de se utilizar plantas inteiras de idades fisiológicas diferentes.

Ao longo da haste das plantas matrizes, foram retiradas e preparadas estacas com 5, 10, 20 e 30cm de comprimento, contendo, pelo menos, um nó e uma folha inteira. Inicialmente, foram tratadas com fungicida de largo espectro, visando o controle de fungos porventura presentes na superfície das mesmas. Posteriormente, foram lavadas para eliminar o resíduo do fungicida e deixadas à sombra para secar externamente. O ápice da estaca recebeu um corte reto e foi imerso em solução de parafina líquida, de forma a evitar perda de água e contaminação por microrganismos na superfície cortada. A base da estaca foi cortada em bisel para aumentar a área de absorção de água e nutrientes. As estacas foram plantadas na orientação vertical normal, observando-se a profundidade de plantio, conforme os seus comprimentos. As estacas que mediam 5 e 10cm ficaram com apenas a gema e a folha expostas, rentes à superfície do substrato. Aquelas com 20 e 30cm tiveram cerca de 4/5 do seu comprimento inseridos dentro do substrato, retirando-se as folhas e raízes aéreas que ficaram imersas no substrato.

Neste trabalho, empregou-se, como recipiente, sacola de polietileno preta com 15cm de diâmetro e 30cm de altura, com capacidade volumétrica de 2,8L e com orifícios de 5mm de diâmetro, distribuídos regularmente no fundo e até a um terço da altura desse recipiente, visando o arejamento e drenagem do excesso de umidade. Utilizou-se substrato formado por uma mistura de areia fina lavada, terra de subsolo, esterco bovino curtido e casca de arroz carbonizada, na proporção de 1:1:1:1 (v/v). Esta mistura não passou por tratamento de desinfecção, tampouco incorporação de fertilizantes. As suas propriedades físicas e químicas encontram-se relacionadas nos Apêndices 2 e 3.

Durante a condução do experimento, as plantas não receberam qualquer nutrição suplementar ou tratamento fitossanitário, sendo apenas realizadas limpezas manuais nos recipientes para controlar o crescimento indesejável de plantas invasoras e musgos. As brotações resultantes foram tutoradas com estacas de bambu para a condução do seu crescimento.

### **4.3 Delineamento experimental**

Foi empregado o delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 4 x 4, contendo 16 tratamentos constituídos pelas combinações entre os fatores tamanho da estaca e ácido indolbutírico (AIB). Para cada um dos fatores foram testados quatro níveis, sendo os comprimentos 5, 10 20 e 30cm para tamanho da estaca e as concentrações de 0, 500, 1.000 e 2.000mg L<sup>-1</sup> para o AIB. O regulador de crescimento foi aplicado na base da estaca, durante 5 segundos. Foram empregadas três repetições e unidade experimental de dez estacas, totalizando 48 unidades experimentais e 480 estacas. O valor de cada unidade experimental foi obtido com base na média dos valores encontrados em todas as estacas que a compõem.

### **4.4 Características avaliadas**

As plantas foram cultivadas durante 270 dias, visando à formação de mudas aptas para plantio. Na avaliação da formação e desenvolvimento da muda, foram avaliadas as seguintes características: porcentagem de enraizamento das estacas, comprimento total médio de raiz, volume médio de raiz, massa seca da raiz, porcentagem de estacas brotadas, altura de brotos e massa seca de brotos.

Altura de brotos – esta medida foi tomada utilizando-se fita métrica, graduada em mm, de material flexível, que permitiu avaliação mais precisa do comprimento do broto, uma vez que o seu crescimento não é retilíneo. O broto foi medido a partir do seu ponto de inserção com a axila da folha original, até o ápice da folha semi-expandida mais alta.

Comprimento de raiz – foi utilizada régua milimetrada para medição dos comprimentos de todas as raízes formadas, obtendo-se, assim, o comprimento total de raiz por estaca. O valor médio representativo do comprimento de raiz, por repetição, foi obtido pela média aritmética dos valores encontrados nas estacas sobreviventes.

Volume de raízes – este procedimento foi realizado com o auxílio de uma proveta de vidro graduada com precisão de 1mL. Foram coletados os sistemas radiculares formados pelas estacas componentes da repetição e avaliado o seu volume e, então, obtida a média aritmética representativa da repetição em cada tratamento.

Massa seca da parte aérea e da raiz – para determinação da massa seca, o material foi acondicionado em saco de papel e colocado em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C até atingir massa constante, ocasião em que foi realizada a pesagem em balança eletrônica com precisão de três casas decimais.

#### **4.5 Análise estatística**

As análises de variância e os testes de médias foram os usuais para o arranjo fatorial no delineamento inteiramente casualizado.

Para as variáveis em que a interação tamanho de estaca x AIB foi significativa, realizou-se o desdobramento da interação com o objetivo de

comparar as médias dos tamanho da estaca (5, 10, 20 e 30cm ) em cada concentração de AIB (0, 500, 1.000 e 2.000mg L<sup>-1</sup>) pelo teste F e de estimar a equação de regressão, cujos coeficientes foram avaliados pelo teste t, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas no Programa SAEG (Ribeiro Júnior, 2001).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na análise de variância para as características avaliadas (item 4.4), ao final de 270 dias de estaqueamento, são apresentados, em anexo, nas Tabelas 3A e 4A.

As médias observadas em todos os tratamentos, para as mesmas características, encontram-se relacionadas no Apêndice 7.

Nas Figuras 16 e 19 encontram-se, respectivamente, fotos ilustrativas do sistema radicular e da brotação observados neste experimento.

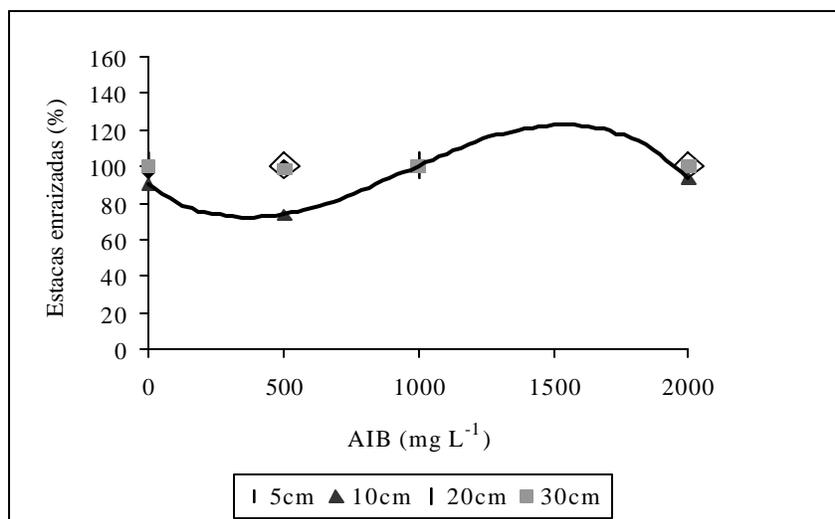
### 5.1 Porcentagem de enraizamento das estacas

Observa-se que houve efeito significativo para os fatores tamanho da estaca e para o AIB, bem como para a interação entre eles.

A análise de regressão revela que houve diferença estatística entre as concentrações de AIB, ao nível de 5% de probabilidade, apenas para o tamanho de estaca de 10cm (Figura 14).

Os tamanhos de estaca associados às concentrações utilizadas da auxina AIB resultaram em uma porcentagem de enraizamento, que variou entre 73,33% a 100%, como pode ser observado no Apêndice 7.

A capacidade de enraizamento apresentada pelas estacas de *Vanilla planifolia*, na ausência de auxina, corrobora os resultados encontrados por Reis (2000). Esta autora estudou o enraizamento adventício em estacas de *Vanilla chamissonis* Klotzsch com, aproximadamente, 40cm de tamanho e 6 internódios, utilizando AIB e ácido indol acético (AIA), veiculados em pasta de lanolina, na concentração de 3000mg kg<sup>-1</sup>. Os resultados obtidos pela autora revelaram ser dispensável a aplicação de auxinas para o enraizamento das estacas de baunilha.



5cm: Y médio = 99,06

10cm:  $Y = 90,00 - 0,108357 x + 1,81695 \cdot 10^{-4} x^2 - 6,33433 \cdot 10^{-8} x^3$   $R^2 = 99,9\%$

20cm: Y médio = 100

30cm: Y médio = 100

FIGURA 14. Enraizamento médio de estacas de *Vanilla planifolia*, em função do tamanho da estaca e concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Verificou-se, pelos resultados obtidos neste trabalho, que estacas contendo apenas uma gema vegetativa (um nó) e tamanho de 5 ou 10cm são aptas à produção de mudas, da mesma forma que estacas de 20 ou 30cm de tamanho. No momento do plantio da estaca, deve-se cuidar para que a gema seja posicionada bem próximo ao substrato, de modo a permitir que a raiz que vai se formar nesse mesmo nó se estabeleça e dê início imediato à absorção de água e nutrientes. Caso contrário, as estacas de menor tamanho correm o risco do esgotamento de suas reservas e não resultar na formação de mudas.

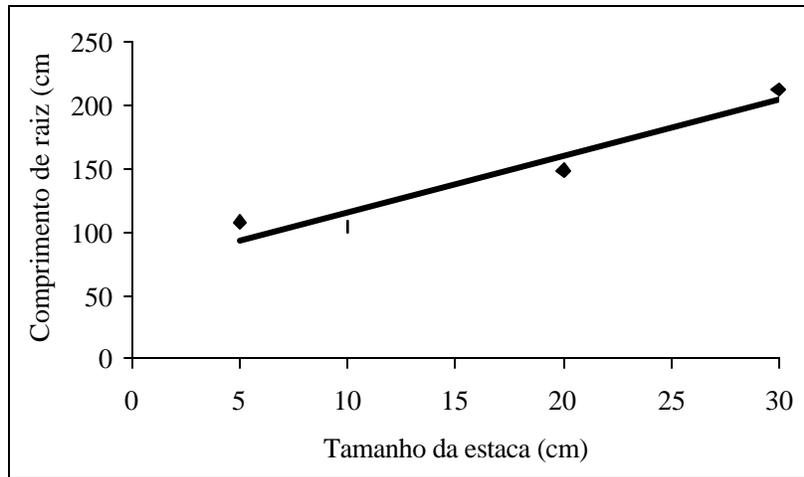
A possibilidade de uso de estacas de menor tamanho tem grande importância, pois representa economia de material propagativo e, em ambiente protegido, favorece o emprego de recipientes menores que irão ocupar menor espaço físico e demandar menor volume de substrato. Embora não possa ser confrontado com a literatura consultada, o resultado deste trabalho apresenta-se como uma grande contribuição para a propagação desta espécie.

## 5.2 Comprimento de raiz

A análise de variância para comprimento de raiz mostrou que, apenas, o fator principal tamanho de estaca afetou significativamente esta característica, não ocorrendo o mesmo para o fator AIB nem para a interação entre eles. Considerando os tamanhos de estaca estudados, a equação ajustada para expressar o comportamento desta variável permite inferir que, à medida que o tamanho da estaca aumenta, o comprimento total médio de raiz também aumenta. (Figura 15).

Embora os resultados obtidos para estacas de 5 e 10cm apresentem os menores valores médios para a característica comprimento de raiz, ainda assim, podem ser considerados bastante satisfatórios. Considerando-se que a obtenção de material propagativo, nas matas, contribui para a erosão genética das espécies de *Vanilla* e que o uso de estacas de maior tamanho redundará na escassez do material propagativo, o emprego de estacas com tamanhos menores descortina-se rentável e animador, no processo de produção comercial da *Vanilla planifolia*.

Além de se obter maior número de estacas por planta, as estacas com tamanhos entre 5 e 10cm poderão ser plantadas em recipientes menores, consumindo menor volume de substrato e ocupando menor espaço físico dentro da instalação usada para propagação.



$$Y = 72,0247 + 4,40745 \cdot x$$

$$R^2 = 92,94\%$$

FIGURA 15. Comprimento total de raiz (cm) de estacas de *Vanilla planifolia*, em função do tamanho da estaca (TE), em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

### 5.3 Volume de raiz

Com base na análise de variância para volume de raiz pode-se verificar que não houve efeito significativo para nenhum dos fatores principais, assim como para a respectiva interação.

Neste caso, para os limites estudados, o volume de raiz é dada pela média (4,18mL) dos valores obtidos em todos os tratamentos. Embora, estatisticamente semelhantes, observou-se, neste experimento, que as estacas de maior tamanho formaram, aparentemente, sistemas radiculares maiores.

A característica volume de raiz sugere a exploração, pelas raízes, de uma determinada superfície do substrato. Porém, esta não deve ser utilizada como um parâmetro muito consistente, uma vez que o mesmo não apresenta relação direta com a estrutura do sistema radicular. Neste experimento ocorreram situações em

que as estacas formaram raízes longas, pouco ramificadas e de maiores diâmetros, gerando maiores volumes com pequena exploração do substrato. No entanto, foram observados menores volumes em estacas com raízes mais curtas e mais finas, porém, fartamente ramificadas, sugerindo maior área de absorção de água e nutrientes para a planta.

#### **5.4 Massa seca de raiz**

Análise de variância para massa seca de raiz mostrou que não houve efeito significativo para nenhum dos fatores principais, e nem para a respectiva interação.

Para os níveis estudados, em cada fator deste experimento, a massa seca de raiz é dada pela média dos valores obtidos em todos os tratamentos (0,2729g). Embora, os resultados obtidos não tenham revelado diferenças estatísticas entre os tratamentos as estacas com 30cm de tamanho apresentaram os maiores valores observados para esta característica. Nestas estacas, notou-se que as raízes apresentavam aspecto mais denso, mais fibroso e aparentando possuir menor conteúdo de água do que as raízes dos demais tratamentos que pareciam mais tenras.

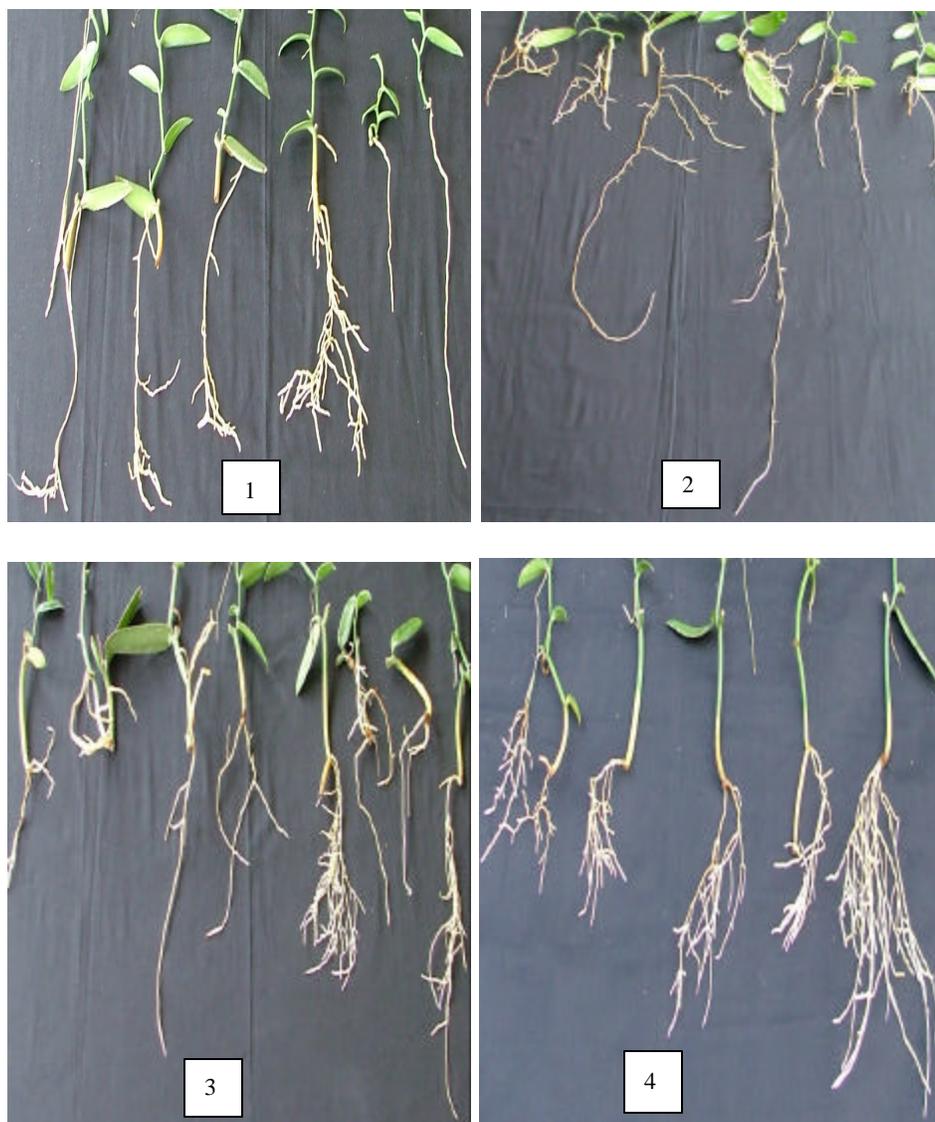


FIGURA 16. Estacas de *Vanilla planifolia* com 1=5cm, 2=10cm, 3=20cm e 4=30cm de comprimento enraizadas na ausência de AIB, aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

## **5.5 Porcentagem de estacas brotadas**

Assim como para as características volume de raiz e massa seca de raiz, a porcentagem de estacas brotadas não apresentou efeito significativo para nenhum dos fatores principais e nem para a interação entre eles.

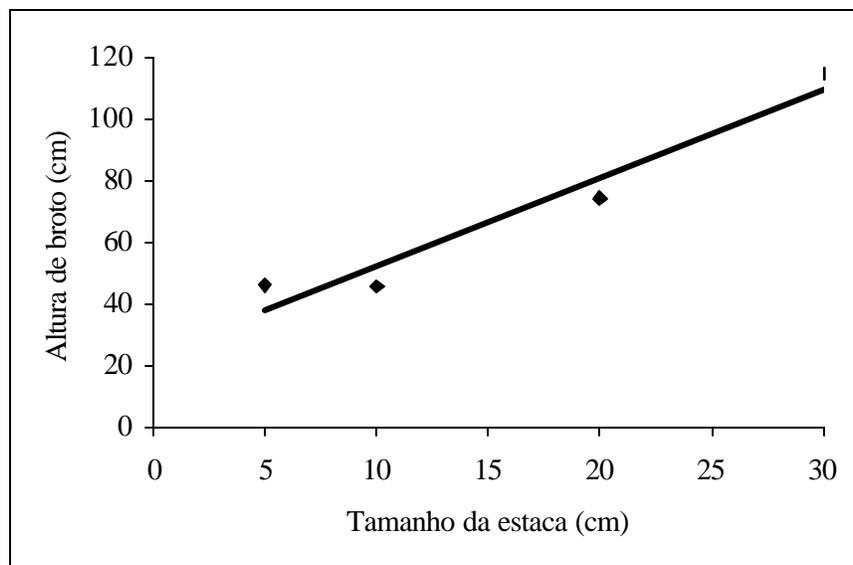
Em média, os valores encontrados para essa característica, em estacas de 5 e 30cm de tamanho, situam-se entre 84% e 94% indicando a viabilidade do emprego de estacas de 5 a 10cm de tamanho para a produção efetiva de mudas de baunilha, uma vez que a diferença entre o maior e o menor valor obtido foi de, apenas, 10%. A possibilidade do uso de estacas menores representa economia de material vegetal e sinaliza, também, economia no processo produtivo, vindo ao encontro de uma demanda freqüente entre os produtores que buscam tecnologias mais eficientes e rentáveis.

A formação e o desenvolvimento de brotos em estacas recém-enraizadas é bastante favorável, pois desencadeia o metabolismo autotrófico e a nova planta deixa de viver às expensas das reservas da estaca favorecendo a obtenção de mudas no final do processo.

## **5.6 Altura média de brotos**

O teste de F revelou diferenças significativas apenas para o fator principal tamanho de estaca não se observando efeito significativo para o fator AIB, isoladamente, e nem para a interação entre eles.

Para os tamanhos de estaca estudados observou-se efeito linear significativo (Figura 17), indicando que a altura de brotos tende a aumentar com o aumento do tamanho da estaca.



$$Y = 23,9914 + 2,846 x$$

$$R^2 = 94,46\%$$

FIGURA 17. Altura de brotos em estacas de *Vanilla planifolia*, em função do tamanho da estaca, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

O valor encontrado para a altura de brotos em estacas com 30cm de tamanho (109,37cm) supera em 186,16% o valor obtido para estaca de 5cm de tamanho (38,22cm).

Verificou-se, para *Vanilla planifolia*, que as estacas que emitiram raízes mais rapidamente também brotaram mais cedo e, no momento da avaliação, apresentaram brotos maiores. Observou-se, neste trabalho que as estacas de tamanhos maiores foram as primeiras a emitir brotação e, conseqüentemente, no momento da avaliação final, tais brotações foram maiores. Esta resposta pode ser atribuída ao fato de que, no momento do plantio, as estacas com tamanhos de 20 e 30cm mantiveram pelo menos uma gema no interior do substrato, enquanto que as de 5 e 10cm, contendo apenas uma gema, tiveram a mesma exposta, rente à superfície do substrato.

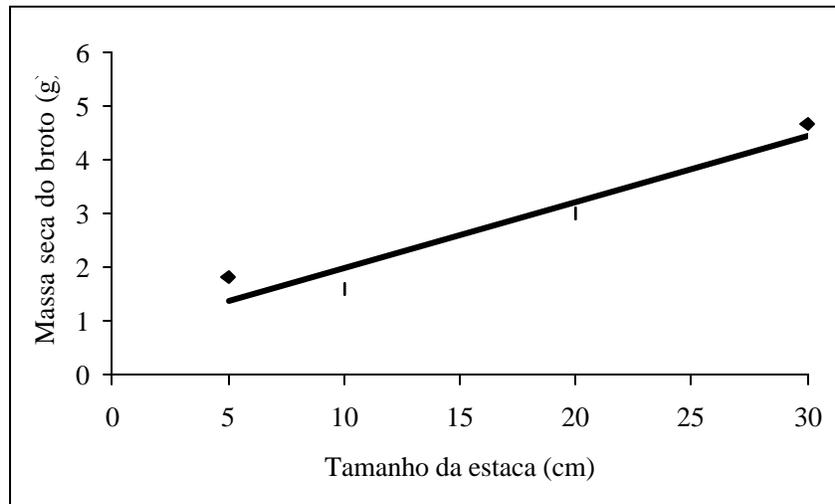
A condição lograda pelas estacas de maior tamanho favoreceu o crescimento e o desenvolvimento de raízes junto às gemas do nó proximal das estacas. Nestas estacas, a iniciação radicular ocorreu no interior do substrato e, de imediato, as raízes puderam contar com ambiente favorável ao seu desenvolvimento, como maior disponibilidade de água e nutrientes para a estaca, a qual já contava com maior reserva devido ao seu tamanho. Por outro lado, nas estacas menores, as raízes adventícias formadas e em crescimento ficavam expostas na superfície do substrato por maior período de tempo, até iniciarem a exploração do substrato e sua nutrição. Nesse caso, todo o processo de desenvolvimento radicular foi dependente das reservas destas estacas ocasionando atraso no crescimento e no desenvolvimento das suas raízes. Apesar das considerações acima, as estacas de menores tamanhos, 5cm e 10cm, formaram mudas aptas ao plantio.

### **5.7 Massa seca de brotos**

A análise de variância para massa seca de brotos demonstrou que apenas o fator principal tamanho da estaca apresentou efeito significativo, ao nível de 5% de probabilidade, enquanto que o fator AIB e a interação tamanho da estaca x AIB foram não significativos.

À semelhança dos resultados obtidos para a altura de broto, observou-se um comportamento linear positivo para massa seca de brotos, sendo que o maior valor observado (4,45g), nas estacas de 30cm, superou o menor (1,39g), nas estacas de 5cm, em 220% (Figura 18).

Como este experimento foi conduzido em ambiente controlado de casa de vegetação, onde as condições ambientais foram idênticas para todos os tratamentos, observou-se que os brotos formados apresentavam aparente similaridade quanto à estrutura, ao tamanho de folha, ao comprimento do internódio e ao vigor das brotações, independente do tratamento aplicado.



$$Y = 0,77739 + 0,122457 \cdot x$$

$$R^2 = 92,66\%$$

FIGURA 18. Massa seca de brotos em estacas de *Vanilla planifolia*, em função do tamanho da estaca, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

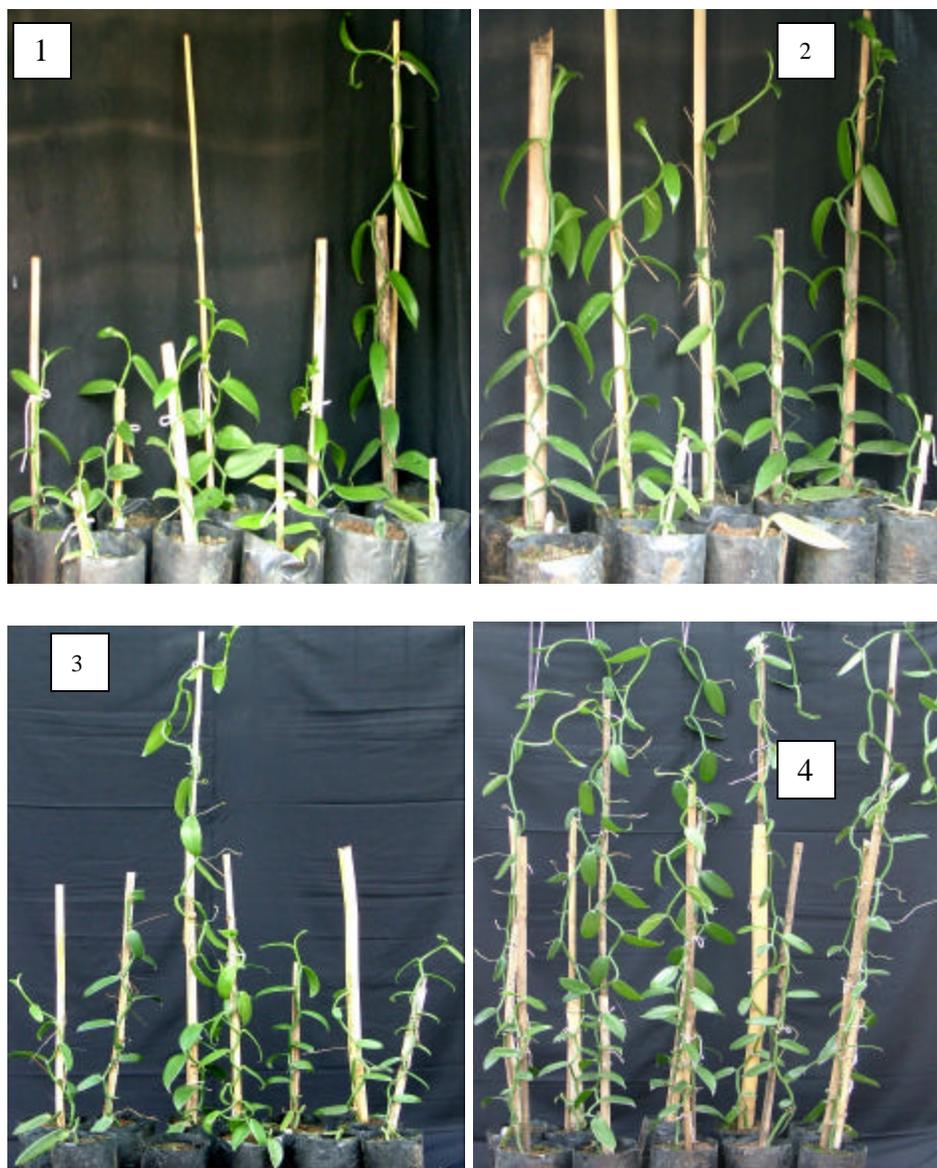


FIGURA 19. Brotação em estacas de *Vanilla planifolia* com tamanhos de 1=5cm, 2=10cm, 3=20cm e 4=30cm enraizadas na ausência de AIB, aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

## 6 CONCLUSÕES

- O enraizamento adventício de estacas, assim como a formação da muda de *Vanilla planifolia*, dispensa a aplicação de AIB.
- O tamanho da estaca não influencia a porcentagem de enraizamento e melhora, discretamente, a porcentagem de estacas brotadas. Porém, afeta significativamente comprimento total de raiz, volume de raiz, massa seca de raiz, altura de brotos e massa seca de brotos.
- O emprego de estacas com tamanhos entre 5 e 10cm propicia a formação de mudas de *Vanilla planifolia* com qualidade satisfatória podendo serem utilizadas no processo propagativo.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CATÁLOGO RURAL. **Baunilha: Enciclopédia, Associações, Produtores.**

Disponível em: <<http://www.agrov.com/vegetais/fru/baunilha.htm>>. Acesso em: 10 jul. 2003.

FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal.** São Paulo: EPU: Ed. Da Universidade de São Paulo, 1979. v.2, 392 p.

FIGUEIREDO, E. R. **Especiarias: cultura da baunilha (*Vanilla planifolia* Andr.).** 2. ed. São Paulo: Ed. Chácaras e Quintais, 1957. 17 p. (Biblioteca Agrícola Popular Brasileira)

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JÚNIOR, F. T. **Plant propagation: principles and practices.** 5. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1990. 647 p.

HEEDE, V. D., LECOURT, M. **El estaquillado** – Guia practica de multiplicación de las plantas. 2. ed. Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 1989. 197 p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Culturas: baunilha.** Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br>>. Acesso em: 10 jul. 2003.

NORBERTO, P. M.; CHALFUN, N. N. J.; PASQUAL, M.; VEIGA, R. D.; PEREIRA, G. E.; MOTA, J. H. Efeito da época de estaquia e do AIB no enraizamento de estacas de figueira (*Ficus carica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 533-541, maio/jun. 2001.

REIS, C. A. M. **Biologia reprodutiva e propagação vegetativa de *Vanilla chamissonis* Klotzsch: subsídios para manejo sustentado.** 2000. 67 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises Estatísticas no SAEG.** Viçosa: UFV, 2001. 301 p.

RIZZINI, C. T.; MORS, W. B. **Botânica econômica brasileira.** São Paulo: EPU/EDUSP, 1976. 228 p.

SKOOG, F.; MILLER, C. O. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissues cultured *in vitro*. **Symposium of Society for Experimental Biology**, Cambridge, v. 11, p. 118-131, 1957.

TOFANELLI, M. B. D. **Enraizamento de estacas lenhosas e semilenhosas de cultivares de pessegueiro em diferentes concentrações de ácido indolbutírico**. 1999. 87 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

## **CAPÍTULO 4**

**Enraizamento de estacas da baunilheira (*Vanilla planifolia*  
Andrews): meio líquido e ácido indolbutírico**

## RESUMO

SILVA, Maria das Dôres David. Enraizamento de estacas da baunilheira (*Vanilla planifolia* Andrews): meio líquido e ácido indolbutírico. In: \_\_\_\_\_. **Enraizamento de estacas da baunilheira (*Vanilla planifolia* Andrews): ácido indolbutírico, recipientes, meio de enraizamento, tamanho e tipo de estaca.** 2005. p. 72 – 106. Tese (Doutor em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. \*

A propagação de plantas do gênero *Vanilla* geralmente é realizada por meio do plantio de estacas não enraizadas, diretamente no campo, o que resulta em alta taxa de mortalidade das mesmas. Assim sendo, realizou-se o presente trabalho com o objetivo de estudar o efeito do nitrato de cálcio (NIT), da solução nutritiva de Clark (SNC) e do ácido indolbutírico (AIB) sobre a produção de mudas de baunilheira, em meio líquido, a partir do enraizamento adventício de estacas caulinares com 20cm de comprimento, duas gemas e uma folha, que foi mantida fora da solução. O material botânico utilizado foi coletado em plantas de ocorrência natural, em matas ciliares da região de Florestal, MG. A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação com 50% de sombreamento, no Departamento de Fitotecnia/Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Como recipiente, foram utilizadas caixas de isopor com capacidade para 1,5L, revestidas internamente com filme plástico e tampadas com tampa própria. As tampas foram perfuradas para introdução das estacas, que foram mantidas na posição vertical, contendo uma gema imersa na solução. O arejamento contínuo das soluções foi realizado com o auxílio de um compressor de ar. A composição do meio que constituiu os tratamentos foi formada pela combinação de diferentes concentrações de nitrato de cálcio e do AIB, tendo como testemunha a solução nutritiva de Clark (1975), combinada com as mesmas concentrações de AIB. Após 90 dias de cultivo, verificou-se uma porcentagem de estacas enraizadas na ordem de 75% a 100% que não foi influenciada significativamente nem pelo nitrato de cálcio, tampouco pelo AIB. O nitrato de cálcio afetou positivamente a porcentagem de estacas brotadas e a altura dos brotos formados. A testemunha contendo SNC + 2,5mg L<sup>-1</sup> de AIB promoveu a formação de mudas mais vigorosas e com raízes de maior comprimento e de maior volume. A ausência de

---

\* Comitê Orientador: Moacir Pasqual – UFLA (Orientador), José Maria Moreira Dias – UFV.

AIB no tratamento SNC favoreceu a brotação das estacas, que apresentaram brotos de maior tamanho.

## ABSTRACT

SILVA, Maria das Dôres David. Rooting of cuttings of the vanilla plant (*Vanilla planifolia* Andrews): liquid medium and indole-3-butyric acid. In: \_\_\_\_\_. **Rooting of cuttings of *Vanilla planifolia* Andrews: indole-3-butyric acid, containers, rooting medium, size and type of the cutting.** 2005. p. 72 – 106. Thesis (Doctor in Agronomy/Crop Science) - Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.\*

The propagation of plants of the genus *Vanilla*, generally, is carried out by means of the planting of non-rooted cuttings, directly in the field which results into high mortality rate of them. In such case, the present work was accomplished with the objective of investigating the effect of calcium nitrate (NIT) of Clark's nutrient solution (SNC) and of indole-3-butyric acid (IBA) upon the production of vanilla plants in liquid medium from the adventitious rooting of stem cuttings of 20cm in length, two buds and one leaf, which was kept out of the solution. The botanic material utilized was collected in naturally occurring plants, in riparian woods of the region of Florestal, MG. The research was conducted in greenhouse with 50% of shading in the Crop Science Department/ Fruitculture Sector of the Federal University of Viçosa, Viçosa, MG. As containers, plastic foam boxes with a capacity of 1.5L, lined within with plastic films and lidded with proper lid. The lids were perforated for introduction of the cuttings, which were maintained at the vertical position, containing a bud soaked in the solution. The uninterrupted aeration of the solutions was done with the aid of an air compressor. The composition of the medium, which constituted the treatments, was made up of the combination of different concentrations of calcium nitrate and of IBA, having as a check Clark's nutrient solution (1975) combined with the same concentrations of IBA. After 90 days of cultivation, a percentage of rooted cuttings in the order of 75% to 100% was found, which was not influenced significantly either by calcium nitrate or by IBA. Calcium nitrate affected positively the percentage of sprouted cuttings and the height of the shoots formed. The check containing SNC + 2.5mg L<sup>-1</sup> of IBA promoted the formation of more vigorous plants and with roots of greater length and greater volume. The absence of IBA in the SNC treatment supported the cuttings sprouting, which presented shoots of longer length.

---

\* Committee Members: Moacir Pasqual – UFLA (Adviser), José Maria Moreira Dias – UFV.

### 3 INTRODUÇÃO

Muitas orquídeas possuem perfume típico, lembrando o aroma do chocolate, do coco e do morango, porém, poucas espécies são comestíveis. Uma das orquídeas mais famosas é a *Vanilla planifolia* Andrews, conhecida como baunilha, considerada uma das plantas aromáticas de maior importância no âmbito mundial. O seu cultivo se estende desde o México, seu centro de origem, até os principais países produtores atualmente, Madagascar, Indonésia, Ilhas Comores e Ilhas Reunião.

A partir do processamento dos frutos obtêm-se uma substância aromatizante, composta principalmente pela vanilina, que confere aos diversos produtos o aroma e sabor de baunilha. Sua importância econômica reflete em vários segmentos das indústrias alimentícias, farmacêutica, de cosméticos e perfumarias, como aromatizante de tabaco e fabricação de valiosa tinta parda. Encontra aplicação em aromaterapia, promovendo o equilíbrio físico, emocional, mental e energético e em aromatologia, na produção de essências para perfumar ambientes. Embora esteja bem adaptada às condições brasileiras, é pequeno o número de registros científicos sobre a metodologia mais adequada de propagação desta espécie por meio do enraizamento adventício de estacas. A formação de mudas pelo método da estaquia consiste, fundamentalmente, em destacar da planta original um órgão, ramo, uma folha ou raiz e colocá-lo em um meio adequado, para que se forme sistema radicular e ou desenvolva a parte aérea (Paiva & Gomes, 1995). Envolve a formação de meristemas adventícios radiculares diretamente dos tecidos associados com o tecido vascular ou a partir do tecido caloso formado na base da estaca (Malavasi, 1994). Segundo Hartmann et al. (1997), a formação de raízes adventícias e gemas é dependente da desdiferenciação de células da planta e do desenvolvimento de um sistema radicular ou parte aérea. O processo de desdiferenciação é uma característica que

certas células diferenciadas apresentam de serem capazes de iniciar divisões celulares e formar um novo ponto de crescimento meristemático.

A estaquia permite a propagação clonal em grande escala e tem sido muito difundida com grandes avanços tecnológicos, como as adequações e inovações nas estruturas de casas de vegetação, sistemas de nebulização e de controle ambiental, bem como aplicação de reguladores de crescimento vegetal.

A capacidade e a velocidade do enraizamento de estacas podem ser influenciadas por fatores externos e internos. Dentre os fatores externos, destacam-se as condições de ambiente (luz, umidade e temperatura); dentre os internos, o estágio fisiológico, o tipo de propágulo e sua origem na planta-mãe (Gomes, 1987; Malavasi, 1994), espécie ou clone utilizado (Chalfun, 1989; Gonçalves, 1982; Silva, 1990; Zobel & Talbert, 1984) e as condições de maturação do tecido (Bonga, 1982; George, 1993; Gomes, 1987; Hackett, 1987; Huang et al., 1990).

Conteúdos endógenos de auxinas, citocininas, giberelinas, etileno, ácido abscísico, poliaminas e fenóis influenciam, direta ou indiretamente, a iniciação de raízes. Porém, as auxinas têm apresentado maiores e mais diretos efeitos na rizogênese em estacas (Hartmann et al., 1997). Aplicações de auxina proporcionam maior percentagem, velocidade, qualidade e uniformidade de enraizamento (Hartmann & Kester, 1978). Dentre as auxinas mais conhecidas e utilizadas no enraizamento de estacas, citam-se ácido indolacético (AIA), ácido indo-butírico (AIB), ácido naftaleno acético (ANA) e o 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) (Blazich, 1987; Paiva & Gomes, 1995). As concentrações do produto ativo variam com o material genético (Chung et al., 1994; Wilson, 1994), o estado de maturação do propágulo (Gomes, 1987) e a forma de aplicação (Blazich, 1987).

Para o enraizamento adventício de estacas, em escala comercial, geralmente são empregados recipientes contendo diferentes tipos ou misturas de

substrato para plantas. Este deverá ser adequado à espécie e atender às necessidades mínimas para garantir a qualidade das mudas formadas. Dentre as características mais importantes, Fachinello et al. (1995) citam que o substrato deve possuir umidade suficiente para manter os tecidos túrgidos, adequado arejamento, ser isento de microrganismos patogênicos ou, mesmo, saprofíticos, não apresentar substâncias fitotóxicas e, se possível, ser de baixo custo e de fácil aquisição. Neste contexto, merece destaque a utilização de meio líquido com arejamento, empregando solução nutritiva como meio de enraizamento, uma vez que atende às premissas acima e, ainda, fornece nutrição adequada à iniciação radicular e a manutenção das novas plantas.

De todos os métodos de cultivo sem solo, o cultivo em água, por definição, é o autêntico cultivo hidropônico (Scarassati, 2003). A solução hidropônica permite a observação mais apurada dos efeitos fisiológicos, nutricionais e anatômicos das plantas mantidas neste sistema. Segundo Martinez (2002), o crescimento dos cultivos comerciais em casa de vegetação tem estimulado o desenvolvimento do cultivo hidropônico, especialmente usado na produção de alface e tomate, seguida da de pimentão, pepino e das plantas ornamentais, e, em menor escala, o cultivo do morango e do melão. Os sistemas hidropônicos são muito usados nos países de agricultura mais desenvolvida, principalmente em razão dos problemas de inverno rigoroso (Holanda, USA, França), das limitações de área (Japão), e da escassez hídrica (Israel, Espanha), dentre outros. Existem relatos de sua utilização em países, como Cuba, Venezuela e Malásia, para resolver problemas específicos. No Brasil, as técnicas de cultivo hidropônico são, hoje, uma realidade nos cinturões verdes de São Paulo, de Belo Horizonte, Rio de Janeiro e Porto Alegre.

Esta metodologia é utilizada, há mais de dez anos, em clonagem de espécies de eucalipto, maximizando a produção de mudas. O seu progresso está diretamente ligado aos conhecimentos obtidos com a fisiologia e a nutrição da

espécie, em especial, estudo dos processos fotossintéticos, transpiração foliar, parâmetros de temperatura e diagnose nutricional, juntamente com o uso de estruturas protegidas e equipadas com sensores diversos (Scarassati, 2003). Atualmente, este sistema de cultivo vem se desenvolvendo como meio de produção vegetal (Furlani, 1995 e 1998), sendo utilizado na área florestal para o estabelecimento do jardim miniclinal (Assis, 2002; Xavier, 2002), produção de microestacas das microcepas de híbridos de eucalipto, mantidas em casa de vegetação (Scarassati, 2003), enraizamento adventício de estacas de eucalipto (Silva, 1998), de tomateiro (Fernandes, 2004) e de diversas outras espécies, como *Swainsoma formosus*, *Rosa banksial*, *Bankisia ericifolia*, *Daphane odora*, *Grevillea* spp. e *Eucalyptus ficifolia* (Wilkinson, 1994 citado por Silva, 1998).

A nutrição e as condições ambientais de produção são parâmetros importantes para se entender e otimizar o sistema e, segundo Marschner (1995), a nutrição das plantas deve ser estudada em relação à função exercida pelo elemento mineral na planta. A solução que veicula os nutrientes é de importância fundamental, uma vez que, para a sua nutrição, as plantas dependem exclusivamente desta solução. Assim, o uso de formulações inadequadas à cultura, ao estágio de crescimento em que se encontra e às condições climáticas do ambiente de cultivo pode resultar em deficiências, excessos e desequilíbrios nutricionais (Martinez, 2004).

Dessa forma, durante o processo de enraizamento adventício em estacas, alguns elementos essenciais parecem ser indispensáveis à iniciação e ao desenvolvimento das raízes. Dentre eles, o nitrogênio é o nutriente mais exigido pelas culturas, pois, atua como elemento estrutural nas moléculas dos aminoácidos, proteínas, enzimas, pigmentos e produtos secundários (Malavolta et al., 1997; Marschner, 1995). Aparentemente, a resposta das culturas a diferentes níveis de nitrogênio depende da cultivar e das condições ambientais,

porém, a redução do crescimento proporcionada pela sua deficiência é resultado das funções que o nutriente desempenha na planta.

Igualmente relevante, o cálcio é o elemento químico com um papel fundamental na manutenção da integridade das membranas. Age como agente cimentante nas paredes celulares, ligando células adjacentes. Em quantidades inadequadas, a estrutura do tecido se torna menos estável e mais susceptível à desintegração, com conseqüências nefastas para o vegetal. Incorporado ao tecido celular, o cálcio é imóvel; daí a necessidade de suprimento constante para atender ao crescimento contínuo. Sua importância é observada na ativação enzimática, na regulação do movimento de água nas células e é essencial para a divisão celular. O cálcio absorvido pelas raízes move-se radialmente de célula a célula, até atingir os elementos do xilema, onde é transportado, passivamente, junto com o fluxo transpiratório (Martinez, 2004).

Neste trabalho, objetivou-se estudar a viabilidade do enraizamento de estacas e a produção de mudas de baunilheira em meio líquido, utilizando-se nitrato de cálcio, solução nutritiva de Clark (1975) e AIB.

#### **4.1 Local do experimento**

O experimento foi instalado nas dependências do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, no período de dezembro/2004 a fevereiro/2005. Utilizou-se uma casa de vegetação, revestida de plástico e protegida com tela preta capaz de interceptar 50% da radiação.

Durante o período experimental, a temperatura dentro da casa de vegetação foi monitorada diariamente e os valores médios obtidos são apresentados no Apêndice 4.

#### **4.2 Material experimental**

O material botânico utilizado foi obtido de plantas de baunilha que se encontravam vegetando naturalmente em matas ciliares localizadas em área pertencente à Universidade Federal de Viçosa situada no município de Florestal, MG. Observando-se as diretrizes para preservação de genoma vegetal, realizou-se a coleta de plantas de baunilha na quantidade mínima necessária para atender, unicamente, aos objetivos da pesquisa.

Neste trabalho foram empregadas estacas de consistência herbácea e semi-lenhosa. Esta heterogeneidade deveu-se à pequena disponibilidade de plantas de baunilha no local coletado, o que gerou a necessidade de se utilizar plantas inteiras de idades fisiológicas diferentes.

Ao longo da haste das plantas matrizes, foram retiradas e preparadas estacas com 20cm de comprimento, contendo, no mínimo, duas gemas. Quando

presentes, foram eliminadas a folha e a raiz do nó proximal, sendo que este extremo recebeu imersão na solução auxínica. A folha do nó, no extremo distal foi mantida.

Inicialmente, as estacas foram tratadas com fungicida de largo espectro, visando o controle de fungos porventura presentes na superfície das mesmas. Posteriormente, foram lavadas para eliminar o resíduo do fungicida e deixadas à sombra para secar externamente. O ápice da estaca recebeu um corte reto e foi imerso em solução de parafina líquida, de forma a evitar perda de água e contaminação por microrganismos na superfície cortada. A base da estaca foi cortada em bisel para aumentar a área de absorção de água e nutrientes e evitar que a mesma ficasse totalmente apoiada no fundo do recipiente. As estacas foram plantadas verticalmente, deixando expostas apenas a gema e a folha.

Neste trabalho, empregou-se, como recipiente, caixa de isopor de formato quadrado, tendo as seguintes dimensões: altura de 10cm; abertura com 15cm de lado; fundo de 15cm de lado e capacidade para 1,5L. Esta caixa recebeu, internamente, uma sacola plástica transparente, com filme plástico aderindo à parede deste recipiente, a fim de se evitar o vazamento da solução. As caixas foram tampadas com tampas próprias de isopor e perfuradas para introdução da mangueira de aeração e das estacas, que foram mantidas na orientação vertical normal. Todas as frestas das tampas foram vedadas com algodão, visando evitar a entrada de luz na solução e, conseqüentemente, o crescimento indesejável de algas.

O meio de enraizamento foi constituído por soluções hidropônicas, preparadas com o pH ajustado para  $5,8 \pm 0,1$  e arejadas de forma contínua, durante todo o período experimental. O ar comprimido foi fornecido às soluções por meio de uma mangueira plástica transparente, com 0,5cm de calibre, possuindo, em uma das extremidades, uma agulha hipodérmica para captação do ar da mangueira mestre adaptada a um compressor de ar.

Durante a condução do experimento foram realizadas trocas periódicas das soluções, a cada 30 dias, por outra de formulação idêntica à anterior, completando-se o volume com água, quando necessário. Ao final de 90 dias, o experimento foi avaliado.

#### **4.3 Delineamento experimental**

Foi empregado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 4, contendo 20 tratamentos constituídos pelas combinações entre nitrato de cálcio [ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ] em cinco concentrações (0; 150; 300, 600 e 900mg L<sup>-1</sup>) e AIB em quatro concentrações (0; 2,5; 5,0 e 10,0mg L<sup>-1</sup>). Foram incluídos mais quatro tratamentos, que constituíram as testemunhas, os quais continham solução nutritiva de Clark (Clark, 1975) modificada, cuja formulação encontra-se no Apêndice 5, combinada com todos os quatro níveis de AIB.

Empregaram-se três repetições e a unidade experimental foi constituída por oito estacas, totalizando 72 unidades experimentais e 576 estacas.

O valor de cada unidade experimental foi obtido com base na média dos valores encontrados em todas as estacas que a compuseram.

#### **4.4 Características avaliadas**

Após 90 dias de cultivo, realizou-se a avaliação da formação e desenvolvimento da muda, por meio das seguintes características: porcentagem de enraizamento das estacas, comprimento total médio de raiz, volume médio de raiz, massa seca da raiz, porcentagem de estacas brotadas, altura de brotos e massa seca de brotos.

Altura de brotos – esta medida foi tomada utilizando-se fita métrica, graduada em mm, de material flexível, que permitiu avaliação mais precisa do comprimento do broto, uma vez que o seu crescimento não é retilíneo. O broto foi medido a partir do seu ponto de inserção com a axila da folha original, até o ápice da folha semi-expandida mais alta.

Comprimento de raiz – foi utilizada régua milimetrada para medição dos comprimentos de todas as raízes formadas, obtendo-se, assim, o comprimento total de raiz por estaca. O valor médio representativo do comprimento de raiz, por repetição, foi obtido pela média aritmética dos valores encontrados nas estacas sobreviventes.

Volume de raízes – este procedimento foi realizado com o auxílio de uma proveta de vidro graduada com precisão de 1mL. Foram coletados os sistemas radiculares formados pelas estacas componentes da repetição e avaliado o seu volume e, então, obtida a média aritmética representativa da repetição em cada tratamento.

Massa seca da parte aérea e da raiz – para determinação da massa seca, o material foi acondicionado em saco de papel e colocado em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C até atingir massa constante, ocasião em que foi realizada a pesagem em balança eletrônica com precisão de três casas decimais.

#### **4.5 Análise estatística**

As análises de variância utilizadas foram as usuais para o arranjo fatorial no delineamento inteiramente casualizado. As variáveis que mostraram efeito significativo, a 5% de probabilidade pelo teste t, para os fatores principais, foram submetidas à análise de regressão.

Além disso, as médias dos tratamentos do fatorial foram comparadas com as respectivas testemunhas pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas no Programa SAEG (Ribeiro Júnior, 2001).

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos na análise de variância para as características avaliadas (item 4.4), ao final de 90 dias de estaqueamento, são apresentados, em anexo, nas Tabelas 5A e 6A. As médias observadas em todos os tratamentos, para as mesmas características, encontram-se relacionadas no Apêndice 8.

### **5.1 Porcentagem de estacas enraizadas**

A análise de variância para porcentagem de estacas enraizadas não revelou diferença significativa entre os tratamentos, para nenhum dos fatores, nos níveis avaliados. Observou-se uma porcentagem de estacas enraizadas variando na faixa de 75% a 100%. Assim, para o universo dos tratamentos estudados, a porcentagem de estacas enraizadas pode ser representada pela média dos valores observados para esta variável (87,71).

Na Tabela 3, encontram-se relacionados os valores médios obtidos em cada tratamento e a comparação de cada um deles com a média da respectiva testemunha, pelo teste de Dunnett.

Os resultados obtidos neste trabalho revelaram ser dispensável o emprego da solução nutritiva de Clark (1975), do nitrato de cálcio e do AIB para o enraizamento das estacas de baunilha. Estas apresentaram melhor resposta, quando o meio foi apenas água.

Este resultado era, de certo modo, esperado. Numa oportunidade anterior, durante as operações de obtenção e preparo de estacas para instalação de outros experimentos, alguns segmentos de plantas de tamanhos diferenciados foram deixados em um recipiente contendo água.

TABELA 3. Enraizamento médio (%) de estacas de *Vanilla planifolia*, em função do nitrato de cálcio x AIB e da solução nutritiva de Clark (SNC) x AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Nitrato de cálcio (mg L <sup>-1</sup> )	AIB (mg L <sup>-1</sup> )			
	0	2,5	5	10
0	100,00 *	83,33	75,00	91,67
150	95,83	95,83	83,33	83,33
300	87,50	87,50	87,50	87,50
600	83,33	91,67	91,67	83,30
900	95,83	83,33	87,50	79,17
SNC (Testemunha)	75,00	91,67	95,83	95,83

Médias seguidas pelo \*, na coluna, diferem significativamente da sua testemunha a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Após 18 dias, foi possível observar que raízes vigorosas se formavam naqueles nós que se encontravam imersos na água. Diante dessas observações, decidiu-se estudar o enraizamento adventício de estacas e a formação de mudas de *Vanilla planifolia* em ambiente hidropônico.

Neste experimento, as respostas obtidas sugerem que os níveis endógenos de auxina, associados ao conteúdo nutricional das estacas, foram suficientes para permitir 100% de enraizamento, e qualquer acréscimo nestes níveis, disponibilizado em solução, passou a causar efeito negativo na porcentagem de enraizamento.

A literatura consultada registra poucos relatos do emprego de meio líquido para o enraizamento adventício de estacas. Em escala comercial, porém, esta prática tem sido utilizada como metodologia de pesquisas. Trabalhando com tomateiro, Fernandes (2004) obteve 96% de enraizamento de estacas em solução nutritiva aerada de crescimento vegetativo. O autor cita que o nível endógeno

das substâncias relacionadas ao enraizamento foi suficiente para desencadear o processo rizogênico, dispensando a aplicação de fitorreguladores.

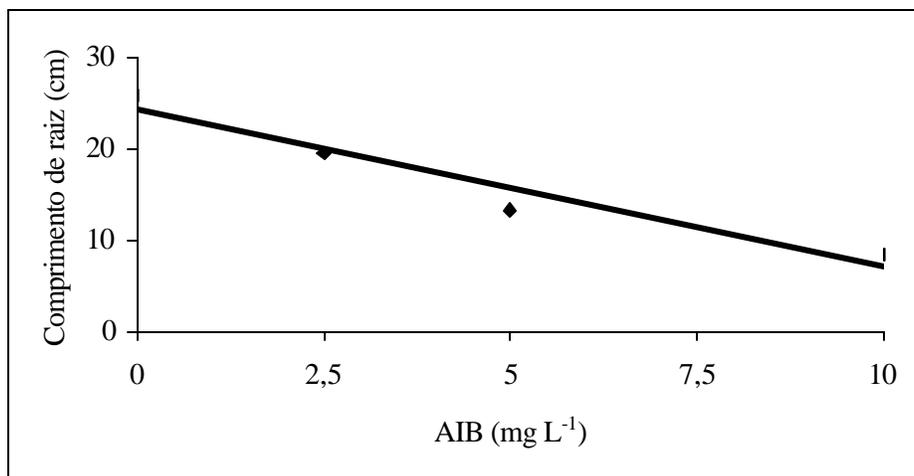
Segundo relatos de Wilkinson (1994), citado por Silva (1998), na hidropropagação de *Grevillea rosmarinifolia* por estaquia, concentrações de auxinas maiores que  $2,0\text{mg L}^{-1}$  foram tóxicas às estacas. Efeito semelhante foi verificado em estacas de *Swainsoma formosus* para concentrações superiores a  $5\text{mg L}^{-1}$  (Silva, 1998).

O enraizamento adventício de estacas de *Eucalyptus grandis*, via sistema hidropônico, foi estudado por Silva (1998), utilizando solução nutritiva de Clark (1975), associada aos níveis (0,0; 3,0; 6,0; 9,0 e  $12\text{mg L}^{-1}$ ) da auxina AIB, em ambiente de casa de vegetação. Os resultados obtidos, após 30 dias, revelaram um efeito quadrático para concentração de AIB. O autor verificou que a porcentagem de enraizamento aumentou com o aumento da concentração de AIB, passando por um máximo (18,6%) em  $6,0\text{mg L}^{-1}$ , a partir da qual começa a decrescer até (6,6%) em  $12,0\text{mg L}^{-1}$  de AIB.

## 5.2 Comprimento de raiz

A análise de variância revelou que o comprimento médio de raiz foi influenciado significativamente, apenas para o fator AIB.

Com base na análise de regressão, observou-se um efeito linear negativo para o comprimento total de raiz em função do aumento da concentração de AIB, ao nível de 5% de probabilidade (Figura 20).



$$Y = 24,319 - 1,7217 \cdot x \quad R^2 = 94,32\%$$

FIGURA 20. Comprimento total médio de raiz de estacas de *Vanilla planifolia*, em função de concentrações de AIB, em Viçosa, MG.UFLA, Lavras, MG, 2005.

Os resultados obtidos, para o comprimento de raiz apresentaram grande variação, porém não mostraram diferença significativa entre os tratamentos com nitrato de cálcio e as respectivas testemunhas (Tabela 4).

Possivelmente, este comportamento seja devido à heterogeneidade do material botânico utilizado, que foi obtido de plantas coletadas diretamente no campo. Não foi possível obter plantas, em quantidade suficiente para a pesquisa, em um único ambiente, sendo necessária a coleta de várias matrizes originárias de sementes, com genótipos e idades fisiológicas diferentes e, algumas vezes, crescendo em ambientes distintos, como margens de rio ou encostas.

Entretanto, durante a avaliação do experimento, foi possível observar que as estacas tratadas com solução nutritiva de Clark + 2,5mg L<sup>-1</sup> de AIB apresentaram um sistema radicular composto por maior número de raízes de maiores comprimentos.

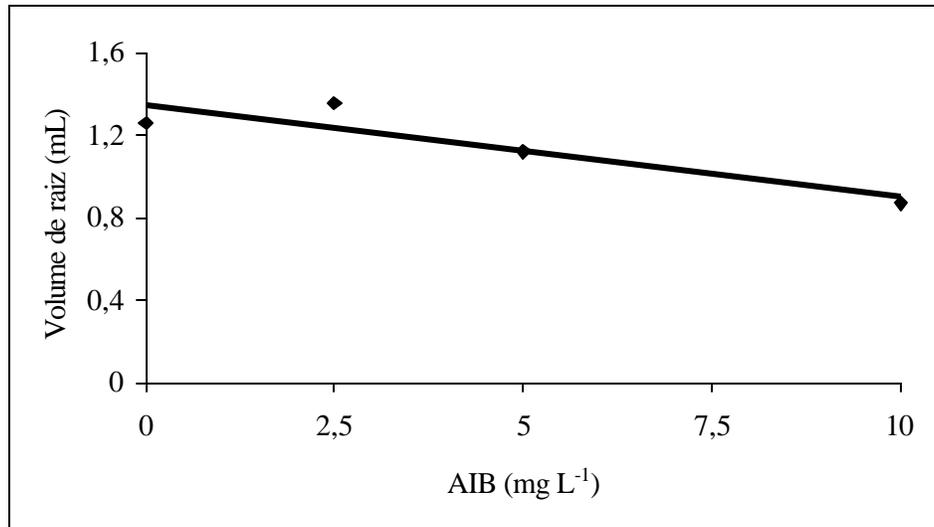
TABELA 4. Comprimento médio de raiz (cm) de estacas de *Vanilla planifolia*, em função do nitrato de cálcio x AIB e da solução nutritiva de Clark (SNC) x AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Nitrato de cálcio (mg L <sup>-1</sup> )	AIB (mg L <sup>-1</sup> )			
	0	2,5	5	10
0	26,31	22,51	18,46	9,03
150	27,57	16,18	11,12	6,22
300	23,47	19,64	8,62	14,40
600	24,40	25,45	15,63	3,28
900	27,40	14,13	12,88	9,05
SNC (Testemunha)	14,47	30,45	16,81	13,50

Médias na coluna, não diferiram significativamente da sua testemunha a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

### 5.3 Volume de raiz

Os resultados da análise de variância para volume de raiz apresentaram comportamento idêntico àqueles obtidos para o comprimento médio de raiz. De forma semelhante, as concentrações de nitrato de cálcio avaliadas não influenciaram o volume de raiz formado. Porém, observou-se um decréscimo nos valores médios, em função do aumento da concentração de AIB, até a concentração máxima estudada, a 5% de probabilidade. Os valores médios observados sugerem que a auxina AIB atua favorecendo o volume de raiz na concentração de 2,5mg L<sup>-1</sup>(Figura 21).



$$Y = 1,3486 - 0,0446 \cdot x$$

$$R^2 = 82,27\%$$

FIGURA 21. Volume médio de raiz de estacas de *Vanilla planifolia*, em função de concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Na Tabela 5 encontram-se relacionadas e comparadas pelo teste de Dunnett as médias de cada tratamento com a média da respectiva testemunha.

Embora o teste de Dunnett tenha apontado semelhança estatística entre as médias dos tratamentos envolvendo concentrações de nitrato de cálcio e sua testemunha SNC, para a concentração de 2,5mg L<sup>-1</sup> de AIB, observou-se que as raízes formadas apresentavam-se ligeiramente mais grossas que as dos demais tratamentos, fato que poderá influir favorecendo o pegamento das mudas após o transplântio.

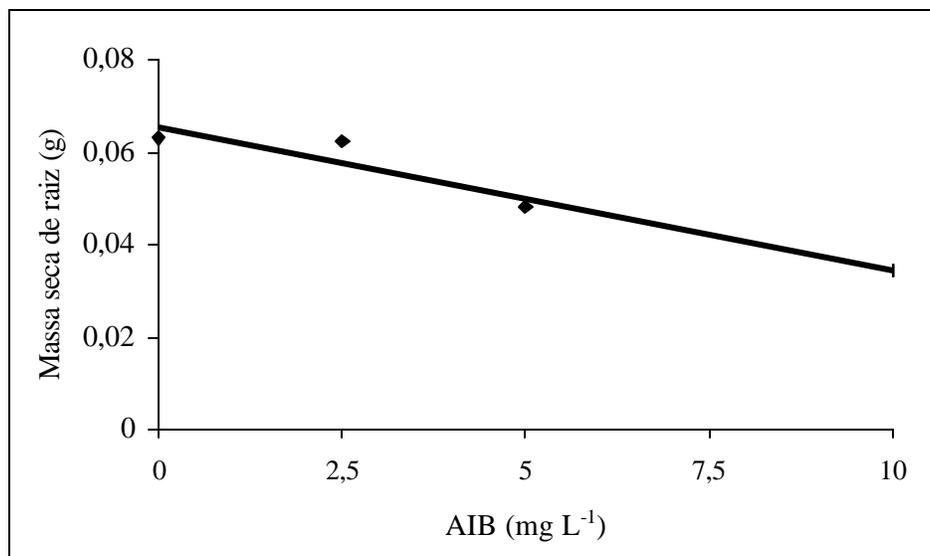
TABELA 5. Volume médio (mL) de raiz em estacas de *Vanilla planifolia*, em função do nitrato de cálcio x AIB e da solução nutritiva de Clark (SNC) x AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Nitrato de cálcio (mg L <sup>-1</sup> )	AIB (mg L <sup>-1</sup> )			
	0	2,5	5	10
0	1,17	1,42	1,12	0,79 *
150	1,09	1,21	1,00	1,00
300	1,21	1,37	0,86 *	1,04
600	1,29	1,29	1,29	0,62 *
900	1,54	1,50	1,33	0,92
SNC (Testemunha)	1,12	1,67	1,58	1,54

Médias seguidas pelo \*, na coluna, diferem significativamente da sua testemunha a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

#### 5.4 Massa seca de raiz

Os resultados obtidos para a massa seca de raiz foram submetidos à análise de variância e não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para nitrato de cálcio, sendo essa característica influenciada apenas pelos tratamentos com AIB, nos níveis testados. Para o AIB observou-se um efeito linear onde aumentos na concentração do AIB resultaram em decréscimos na massa seca de raiz. A maior massa seca de raiz (0,0656g) foi verificada na ausência de AIB e o menor valor (0,0346g) foi registrado no tratamento contendo 10,0mg L<sup>-1</sup> de AIB, representando uma diferença de 47,25% entre os tratamentos estudados (Figura 22).



$$Y = 0,0656 - 0,0031 \cdot x$$

$$R^2 = 94,53\%$$

FIGURA 22. Massa seca de raiz de estacas de *Vanilla planifolia*, em função de concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

As médias observadas de cada tratamento encontram-se relacionadas e comparadas com a média da respectiva testemunha, pelo teste de Dunnett, na Tabela 6.

A solução nutritiva de Clark possui uma concentração de 600mg L<sup>-1</sup> de nitrato de cálcio. Assim, vale salientar que, embora o maior valor obtido para a variável analisada tenha sido observado no tratamento contendo 600mg L<sup>-1</sup> de nitrato de cálcio + 2,5mg L<sup>-1</sup> de AIB, o mesmo não difere estatisticamente da respectiva testemunha, porém, sugere-se que o tratamento SNC + 2,5mg L<sup>-1</sup> de AIB apresenta-se como o mais adequado, pois inclui em sua formulação os nutrientes necessários à formação da muda.

TABELA 6. Massa seca de raiz em estacas de *Vanilla planifolia*, em função do nitrato de cálcio x AIB e da solução nutritiva de Clark (SNC) x AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

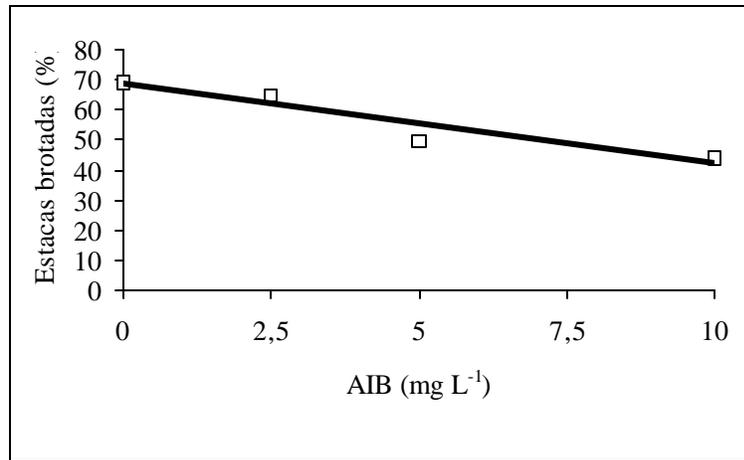
Nitrato de cálcio (mg L <sup>-1</sup> )	AIB (mg L <sup>-1</sup> )			
	0	2,5	5	10
0	0,0635	0,0679	0,0596	0,0332
150	0,0659	0,0566	0,0485	0,0394
300	0,0571	0,0595	0,0387	0,0468
600	0,0590	0,0716	0,0492	0,0191
900	0,0700	0,0563	0,0449	0,0336
SNC (Testemunha)	0,0461	0,0662	0,0525	0,0475

Médias na coluna, não diferiram significativamente da sua testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

### 5.5 Porcentagem de estacas brotadas

Os resultados obtidos para a porcentagem de estacas brotadas foram submetidos à análise de variância. Apenas o fator AIB, apresentou efeito significativo entre os tratamentos, pelo teste t ( $P < 0,05$ ), nos níveis estudados.

Observou-se um decréscimo nos valores médios, em função do aumento da concentração de AIB, até a concentração máxima estudada. A porcentagem máxima de estacas brotadas foi 69% na ausência de AIB, e em 10mg L<sup>-1</sup> de AIB foi de 42,19%, verificando-se uma variação na ordem de 26,81% (Figura 23).



$$Y = 69,009808 - 68,1192 x$$

$$R^2 = 89,18\%$$

FIGURA 23. Porcentagem de estacas brotadas de *Vanilla planifolia*, em função de concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Procedeu-se a comparação das médias dos tratamentos com a média da respectiva testemunha, pelo teste de Dunnett, como se pode observar pelos dados da Tabela 7.

Embora não tenha diferido estatisticamente pelo teste de Dunnett, a maior porcentagem de brotação nas estacas de *Vanilla planifolia* foi obtida no tratamento testemunha contendo apenas a solução nutritiva de Clark, na ausência de AIB.

Sugere-se que a disponibilidade de nutrientes fornecidos às estacas supostamente favoreceu não apenas a brotação, mas também o desenvolvimento e vigor dos brotos. Estes resultados sinalizam economia no processo de produção das mudas de *Vanilla planifolia* por meio do enraizamento adventício de estacas, em meio líquido. A aplicação de auxina de alto custo onera o

processo produtivo e, muitas vezes, é inviável para os pequenos produtores, que são levados a desistirem dos seus projetos iniciais.

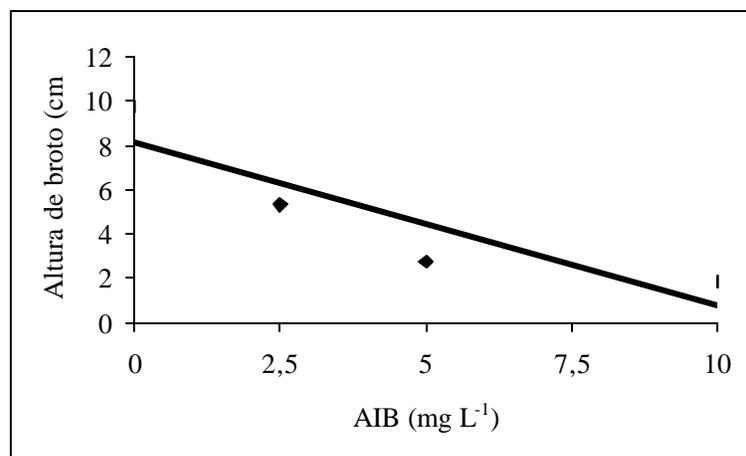
TABELA 7. Estacas brotadas (%) de *Vanilla planifolia*, em função do nitrato de cálcio x AIB e da solução nutritiva de Clark (SNC) x AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Nitrato de cálcio (mg L <sup>-1</sup> )	AIB (mg L <sup>-1</sup> )			
	0	2,5	5	10
0	58,33 a	50,00 a	41,70 a	31,00 a
150	62,50 a	66,67 a	42,30 a	62,50 a
300	75,00 a	66,70 a	45,24 a	33,33 a
600	75,00 a	63,33 a	58,33 a	43,10 a
900	75,00 a	58,30 a	60,70 a	50,00 a
SNC (Testemunha)	91,67 a	79,20 a	62,50 a	58,3 a

Médias na coluna, não diferiram significativamente da sua testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

## 5.6 Altura média de brotos

A análise de variância para altura média de brotos revelou efeito significativo ( $P < 0,05$ ) para o fator AIB. Verificou-se uma relação inversa sobre a altura de brotos, observando-se formação de brotos cada vez menores, à medida que se aumentava a concentração do AIB. A maior altura de brotos foi de 8,33cm na ausência de AIB, e a menor (0,77cm) na concentração de 10mg L<sup>-1</sup> de AIB correspondendo a um decréscimo de 980% (Figura 24).



$$Y = 8,3279 - 0,75553 \cdot x \quad R^2 = 80,98\%$$

FIGURA 24. Altura de brotos (cm) de *Vanilla planifolia*, em função de concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Os valores médios obtidos em cada tratamento foram comparados, pelo teste de Dunnett, com a média da respectiva testemunha e encontram-se na Tabela 8.

Observa-se que as médias das testemunhas (SNC) diferiram estatisticamente dos tratamentos com nitrato de cálcio na ausência e na concentração de 5mg L<sup>-1</sup> de AIB. Houveram, também, diferenças significativas entre os tratamentos com 2,5mg L<sup>-1</sup> de AIB na ausência de nitrato de cálcio e dos tratamentos com 10mg L<sup>-1</sup> de AIB na ausência e nas concentrações de 150 e 300mg L<sup>-1</sup> de nitrato de cálcio com suas respectivas testemunhas. Em todas as comparações estudadas as testemunhas apresentaram resultados superiores.

Possivelmente, a variação observada na altura de brotos seja devida ao fato das estacas, em sua grande maioria, iniciarem a sua brotação somente após o enraizamento, que foi acontecendo ao longo do período experimental de forma gradativa. Assim, ocorreram a formação e o crescimento de brotos na mesma

proporção do enraizamento, razão pela qual, ao final de 90 dias, os brotos apresentaram alturas médias bastante diferenciadas.

TABELA 8. Altura de brotos (cm) em estacas de *Vanilla planifolia*, em função do nitrato de cálcio x AIB e da solução nutritiva de Clark (SNC) x AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Nitrato de cálcio (mg L <sup>-1</sup> )	AIB (mg L <sup>-1</sup> )			
	0	2,5	5	10
0	7,89 *	3,09 *	1,24 *	1,01 *
150	11,40 *	4,00	1,92 *	1,10 *
300	6,75 *	6,75	2,90 *	0,90 *
600	11,78 *	8,36	3,51 *	3,23
900	10,92 *	4,45	4,12 *	3,26
SNC (Testemunha)	17,91	9,65	13,02	7,18

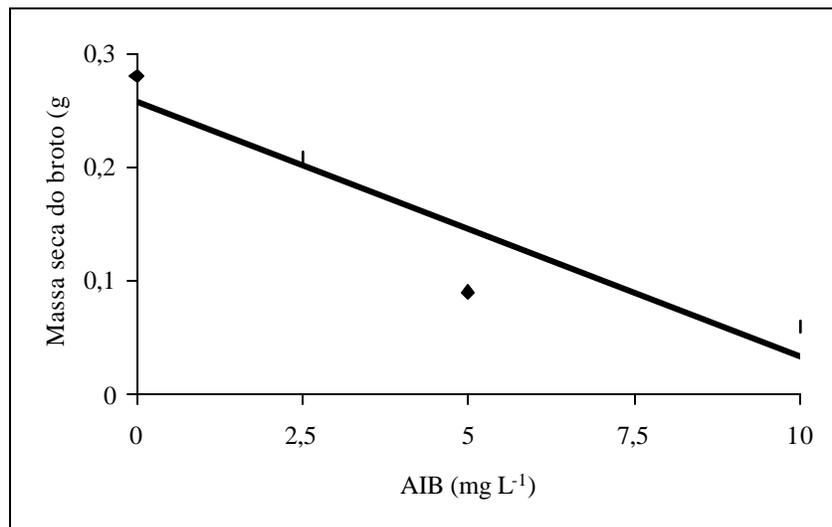
Médias seguidas pelo \*, na coluna, diferem significativamente da sua testemunha a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Esta característica apresentada pela *Vanilla planifolia* de, na maioria das vezes, enraizar antes da emissão de brotos, é um fator positivo na estaquia, visto que diminui a taxa de mortalidade das estacas não enraizadas, por esgotamento de suas reservas na formação e manutenção da parte aérea recém-formada. O enraizamento precedendo a brotação já havia sido constatado no capítulo 2, em que o substrato utilizado foi uma mistura formada por solo, areia, casca de arroz carbonizada e esterco bovino curtido, em proporções iguais de volume. Esse comportamento sugere uma condição intrínseca desta planta.

## 5.7 Massa seca de brotos

Os resultados obtidos para a massa seca de brotos foram submetidos à análise de variância e não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para o fator nitrato de cálcio, bem como para a interação nitrato de cálcio x AIB. Houve efeito significativo para o fator AIB.

O comportamento desta variável foi linear como mostrado no gráfico da Figura 25.



$$Y = 0,257564 - 0,0223791 * AIB \quad R^2 = 86,47\%$$

FIGURA 25. Massa seca de brotos de estacas de *Vanilla planifolia*, em função de concentrações de AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Observou-se que, aumentando-se a concentração de AIB, ocorriam decréscimos na massa seca de broto. O maior valor para esta variável (0,2576 g)

foi verificado na ausência de AIB e o menor valor (0,0338 g) foi registrado no tratamento contendo 10,0mg L<sup>-1</sup> de AIB, representando diferença de 662% entre eles.

Os resultados obtidos tiveram o mesmo comportamento observado para a variável altura de brotos, o que já era esperado, uma vez que a parte aérea formada nas estacas, nos diferentes tratamentos, aparentemente, apresentou a mesma estrutura e vigor, variando apenas na altura.

De acordo com os dados da Tabela 9, observa-se que as médias obtidas em cada tratamento foram comparados com a média da respectiva testemunha.

TABELA 9. Massa seca de brotos (g) em estacas de *Vanilla planifolia*, em função do nitrato de cálcio x AIB e da solução nutritiva de Clark (SNC) x AIB, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Nitrato de cálcio (mg L <sup>-1</sup> )	AIB (mg L <sup>-1</sup> )			
	0	2,5	5	10
0	0,1990 *	0,1309	0,0547	0,0403
150	0,3213	0,2291	0,0881	0,0365
300	0,2071 *	0,2490	0,1043	0,0271
600	0,3571	0,2933	0,0895	0,0849
900	0,3157	0,1409	0,1150	0,1098
SNC (Testemunha)	0,4887	0,2208	0,2706	0,1119

Médias seguidas pelo \*, na coluna, diferem significativamente da sua testemunha a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Entre os tratamentos o maior valor encontrado para a variável analisada foi observado na ausência de AIB e 600mg L<sup>-1</sup> de nitrato de cálcio, cuja concentração é equivalente àquela empregada no preparo da solução nutritiva de Clark. Considerando que a média do tratamento com 600mg L<sup>-1</sup> de nitrato de

cálcio, na ausência de AIB, não difere estatisticamente da respectiva testemunha, verificou-se que, do ponto de vista de formação da muda o cultivo das estacas em solução nutritiva de Clark na ausência de AIB, é o mais indicado, uma vez que apresentou o maior valor médio para a variável massa seca de broto.

Durante a condução e a avaliação deste experimento, observou-se que o fornecimento de macro e micro nutrientes pela solução nutritiva de Clark favoreceu a formação das mudas, em detrimento daquelas formadas em estacas tratadas, apenas, com nitrato de cálcio.

Na Figura 26 encontram-se fotos ilustrativas do sistema radicular e da brotação formada nas estacas.



FIGURA 26. Estacas de *Vanilla planifolia* enraizadas em água (1), em solução nutritiva de Clark + 2,5mg L<sup>-1</sup> de AIB (2), e brotadas em solução nutritiva de Clark, na ausência de AIB (3), aos 90 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

## CONCLUSÕES

- O meio líquido, com arejamento, propicia o enraizamento adventício de estacas e a formação de mudas de *Vanilla planifolia*.
- O substrato contendo somente água é suficiente para o enraizamento de estacas de baunilha, sendo dispensável a utilização do AIB, do nitrato de cálcio e da solução nutritiva de Clark.
- A solução nutritiva de Clark, acrescida de  $2,5\text{mg L}^{-1}$  de AIB, proporciona os melhores resultados para comprimento total, volume e massa seca de raiz.
- A ausência de AIB na solução nutritiva de Clark favorece a brotação de estacas, com brotos de maior altura e maior massa seca, além de proporcionar a formação de mudas mais vigorosas.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, T.F. **Evolution of technology for cloning Eucalyptus in large scale**. Guaíba. Klabin, 2002. 11 p. (Comunicação Interna).

BLAZICH, F. A. Chemicals and formulations used to promote adventitious rooting. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. (Ed.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Press, 1987. p. 132-149. (Advances in Plant Sciences Series, 2).

BONGA, J. M., Vegetative propagation in relation to juvenility, maturity and rejuvenation. In: BONGA, J. M.; DURZAN, D. J. (Ed.). **Tissue culture in forestry**. Boston: Martinus Hijhoff/Dr W.; Junk Publishers, 1982. p.387-412.

CHALFUN, N. N. J. **Fatores bioquímicos e fisiológicos no enraizamento de estacas de *Hibiscus rosa-sinensis* L.** 1989. 85 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CHUNG, D. Y.; LEE, K. J. Effects of clones, ortet age, crown position, and rooting substance upon the rooting of cuttings of Japanese larch (*Larix leptolepis* S. et Z. Gordon). **Forestry Genetics Research Institute**, Ottawa, v. 83, n. 2, p. 205-210, 1994. (CD-ROM. Abstract).

CLARK, R. B. Characterization of phosphatase of intact morize roots. **Journal of the Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.23, n. 3, p. 458-460, May/June 1975.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. de L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. 2. ed. Pelotas: UFPel, 1995. 178 p.

FERNANDES, A. A. **Propagação vegetativa e cultivo do tomateiro e m sistema hidropônico**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 78 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FURLANI, P. R. **Cultivo de alface pela técnica de hidroponia - NFT**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1995. 18 p. (Documentos, 55).

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folha pela técnica de hidroponia – NFT**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1998. 30 p.

GEORGE, E. F. **Plant propagation by tissue culture** – the technology. 6.ed. England: Exegetics, 1993. v.1, 574 p.

GONÇALVES, A. N. **Reversão à juvenilidade e clonagem de *Eucalyptus urophylla*. S. T. *in vitro***. 1982. 97 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

GOMES, A. L. **Propagação clonal: princípios e particularidades**. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1987. 69 p. (Série Didáctica, Ciências Aplicadas, 1).

HACKETT, W. P. Juvenility and maturity. In: BONGA, J. M.; DURZAN, D. J. (Ed.). **Cell and tissue culture in forestry**. Dordrecht: Keuwer Academic Publishers, 1987. v.1, p.216-231.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E. **Propagacion de plantas, princípios e práticas**. 5.ed. México: Editorial Continental, 1978. 810 p.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIS JR., F. T. **Plant propagation: principles and practices**. 6. ed. New York: Englewood Clippings/Prentice Hall, 1997. 770 p.

HUANG, L. C.; CHIU, D. S.; MURASHIGE, T.; GUNDY, M, E. F. M.; NAGAI, K.; ALFARRO, F. P. Rejuvenation of trees and others perennials for restoration of plant regeneration competence. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S. (Ed.). **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos em plantas**. Brasília: ABCTP/EMBRAPA-CNPq, 1990. p. 252-264.

MALAVASI, U. C. Macropropagação vegetativa de coníferas – perspectivas biológicas e operacionais. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 131-35, 1994.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINEZ, H. E. P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 61 p. (Caderno Didático).

MARTINEZ, H. E. P. Distúrbios nutricionais em hortaliças cultivadas em substratos com baixa atividade química. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. 435 p.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 40 p. (Boletim, 322).

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301 p.

SCARASSATI, A. **Avaliações ambiental e nutricional da produção de microcepas e microestacas de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em sistema hidropônico em casa de vegetação**. 2003. 135 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Universidade Estadual de São Paulo. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

SILVA, L. L. **Propagação *in vitro* de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, a partir de gemas epicórmicas**. 1990. 60 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, A. R. **Enraizamento de estacas de *Eucalyptus grandis* via sistema hidropônico**. 1998. 42 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

WILSON, P. J. The concept of a limiting rooting morphogen in woody stem cuttings. **Journal of Horticultural Science**, Ahsford. v. 9, n. 4, p. 391-400, July 1994.

XAVIER, A. **Silvicultura clonal I – princípios e técnicas de propagação vegetativa**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 64 p. (Caderno Didático).

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: North Carolina State University, 1984. 505 p.

## **CAPÍTULO 5**

**Enraizamento de estacas da baunilheira (*Vanilla planifolia*  
Andrews): meios de enraizamento e tipo de estaca**

## RESUMO

SILVA, Maria das Dôres David. Enraizamento de estacas da baunilheira (*Vanilla planifolia* Andrews): meios de enraizamento e tipo de estaca. In: \_\_\_\_\_. **Enraizamento de estacas da baunilheira (*Vanilla planifolia* Andrews): ácido indolbutírico, recipientes, meio de enraizamento, tamanho e tipo de estaca.** 2005. p. 107 - 137. Tese (Doutor em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. \*

A baunilheira (*Vanilla planifolia*) é uma planta pouco explorada comercialmente, devido ao emprego de tecnologias de baixa eficiência para a produção de mudas. Assim sendo, realizou-se o presente trabalho com o objetivo de estudar o efeito dos meios sólido e líquido, no enraizamento adventício de estacas tomadas em diferentes posições na planta. A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação, no Departamento de Fitotecnia/Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa (UFV). O material botânico utilizado foi obtido de matrizes formadas e mantidas sob telado, com 50% de sombreamento, nas dependências da UFV. Foram empregadas estacas com, aproximadamente, 20cm de comprimento, duas gemas e uma folha mantida fora do meio de enraizamento. As estacas foram tomadas na haste da planta, em cinco posições subseqüentes, a partir do ápice caulinar. O meio líquido foi formado pela solução nutritiva de Clark acrescida de 2,5mg L<sup>-1</sup> de AIB, sendo acondicionado em caixas de isopor com capacidade para 1,5L revestidas, internamente, com sacola plástica transparente e tampadas com tampa própria. As tampas foram perfuradas para introdução das estacas plantadas na orientação vertical normal, com uma gema imersa na solução. O arejamento contínuo do meio líquido foi realizado com o auxílio de um compressor de ar. O substrato sólido foi formado pela mistura de areia, casca de arroz carbonizada, solo e esterco bovino curtido, em proporções iguais de volume, sendo acondicionado em tubetes de polipropileno rígido com capacidade para 0,28L. O pré-enraizamento das estacas ocorreu aos 20 dias de plantio em meio líquido, ocasião em que foram transferidas para tubetes contendo substrato sólido. As estacas plantadas no substrato sólido foram mantidas sob condições de nebulização intermitente controlada por um timer. Após 90 dias de cultivo, verificou-se uma porcentagem de estacas enraizadas na ordem de 98% a 100%, independente do tratamento. O enraizamento prévio das estacas em meio líquido, com posterior plantio em substrato sólido, favoreceu o desenvolvimento do sistema radicular, porém,

---

\* Comitê Orientador: Moacir Pasqual – UFLA (Orientador), José Maria Moreira Dias – UFV

apresentou resultados pouco satisfatórios para a formação e desenvolvimento de brotos. Brotações maiores e mais vigorosas foram obtidas em estacas plantadas diretamente no substrato sólido. Observou-se que as estacas apicais apresentaram os menores rendimentos para as características relacionadas ao desenvolvimento do sistema radicular e também na formação e desenvolvimento de brotos. O enraizamento adventício de estacas e a formação de mudas de baunilheira foram favorecidos quando as estacas foram obtidas a partir da posição P2 e plantadas em substrato sólido, em casa de vegetação com sistema de nebulização intermitente.

## ABSTRACT

SILVA, Maria das Dôres David. Rooting of cuttings of the vanilla plant (*Vanilla planifolia* Andrews): rooting medium and type of cutting. In: \_\_\_\_\_. **Rooting of cuttings of *Vanilla planifolia* Andrews: indole-3-butyric acid, containers, rooting medium, size and type of cutting.** 2005. p. 107 - 137. Thesis (Doctor in Agronomy/Crop Science) - Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.\*

The vanilla tree (*Vanilla planifolia*) is a little explored commercially plant due to the use of technologies of poor efficiency for the production of cuttings. In such case, the present work was conducted with the objective of studying the effect of liquid and solid media, in the adventitious rooting of cuttings taken at different positions in the plant. The research was conducted in greenhouse in the Crop Science Department/Fruitculture Sector of the Federal University of Viçosa (UFV). The botanic material utilized was obtained from stocks plants formed and maintained under screen frame, with 50% of shading in the dependencies of the UFV. Cuttings about 20cm long, two buds and one leaf kept out of the rooting medium were utilized. The cuttings were taken on the stem of the plant at five subsequent positions from the stem end. The liquid medium was formed by Clark's nutrient added of 2.5mg L<sup>-1</sup> of IBA, its being placed in plastic foam box with a capacity of 1.5L lined inside with transparent plastic bag and lidded with proper lid. The lids were perforated for introduction of the cuttings planted in the normal vertical orientation, with a bud immersed in the solution. The continual aeration of the liquid medium was performed with the aid of an air compressor. The solid substrate was formed by the mixture of sand, carbonized rice husk, soil and cured cow manure in equal proportions of volume, they being placed in rigid polypropylene with a capacity of 0.28L. The pre-rooting of the cuttings occurred at 20 days of planting in liquid medium, occasion on which they were transferred into seedling tubes containing solid substrate. The cuttings planted in the solid substrate were maintained under intermittent misting condition controlled by a timer. After 90 days of cropping, a percentage of rooted cuttings at the order of 98% to 100%, regardless of the treatment was found. The previous rooting of the cuttings in liquid medium, with later planting in solid substrate. Supported the development of the root system, but presented little satisfactory results to the formation and development of shoots. Larger and more vigorous sproutings were obtained from cuttings planted directly in the

---

\* Committee Members: Moacir Pasqual - UFLA (Adviser), José Maria Moreira Dias – UFV

solid substrate. It was found that end cuttings presented the lowest yields for the characteristics related with the development of the root system and also in the formation and development of shoots. Adventitious rooting of cuttings and the formation of vanilla cuttings were supported, when the cuttings were obtained from position P2 and planted in solid substrate in greenhouse with intermittent misting system.

### 3 INTRODUÇÃO

Dentre as orquidáceas cultivadas, a baunilheira (*Vanilla* sp) merece destaque, não somente pelo seu valor como espécie ornamental, mas, principalmente, pelas qualidades que apresenta, como planta aromática. Das espécies conhecidas, *Vanilla planifolia* Andrews é uma das mais cultivadas comercialmente, devido à qualidade e ao elevado teor de vanilina produzido em seus frutos.

Tradicionalmente, é propagada pelo método da estaquia, a partir de estacas caulinares obtidas pelo seccionamento da haste da planta. No entanto, não há registros científicos relativos ao tamanho e ao tipo ideal das estacas, as quais são plantadas diretamente no campo, sem receber nenhum tratamento que favoreça o seu enraizamento. Com frequência, aparecem falhas nas linhas de plantio, devido à alta taxa de mortalidade das estacas que não conseguem enraizar (Catálogo Rural, 2003).

Na utilização desta metodologia, há que se considerar que o enraizamento de estacas apresenta muitas variações na capacidade de enraizamento entre espécies e entre distintos genótipos de mesma espécie, gerando necessidade de maiores investigações (Penchel et al., 1995). Para *Vanilla planifolia*, não foram localizados, na literatura consultada, resultados confiáveis de investigação científica sobre as estratégias mais adequadas, eficientes e econômica de sua propagação pelo método da estaquia.

Em plantações comerciais, é importante ponderar sobre as vantagens do emprego deste método de propagação de plantas, que permite a transferência total de ganhos genéticos para os indivíduos da nova geração, além de apresentar maior uniformidade entre eles.

Vários fatores influenciam, direta ou indiretamente, a rizogênese em estacas. Dentre eles, o genótipo em estudo, o tipo de estaca, o ambiente de

enraizamento, além da presença de indutores e inibidores de enraizamento (Hartmann & Kester, 1983).

Hartmann et al. (1990) afirmam ser indispensável um nível endógeno ótimo de auxina nas estacas para a iniciação do processo rizogênico. Estando a auxina endógena em menor nível na estaca, é necessário aplicar certa concentração de auxina sintética, capaz de otimizar o enraizamento adventício da estaca. Segundo estes autores, as auxinas sintéticas mais empregadas são ácido indol-butírico (AIB), ácido naftaleno acético (ANA) e ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D).

Sugere-se que a ação positiva das auxinas sobre o enraizamento das estacas esteja relacionada à determinação e à indução das células que darão origem às raízes (Haissig, 1972).

O AIB apresenta menor mobilidade e maior estabilidade química no interior da estaca (Audus, 1963), sendo uma das auxinas mais empregadas, por possuir alta atividade, faixa maior de concentrações não fitotóxicas e ser efetiva em muitas espécies (Loreti & Hartmann, 1964). Eliasson & Areblad (1984) afirmam que as auxinas sintéticas são mais estáveis que o AIA, tanto nos tecidos vegetais como em solução. Essa estabilidade explica a diferença na resposta ao AIA aplicado, em concentrações similares às de auxinas sintéticas.

Algumas plantas apresentam facilidade para o enraizamento e prescindem da aplicação de auxinas. Porém, estacas com tecidos mais maduros, ou em condições ambientais desfavoráveis, poderão beneficiar-se do tratamento exógeno com auxinas. Em algumas plantas consideradas de difícil enraizamento, tais como os híbridos de *Rhododendron*, o tratamento com auxina permite obter plantas mais vigorosas e mais rapidamente comercializáveis (Heede & Lecourt, 1989).

Este comportamento está diretamente relacionado com a idade fisiológica do material vegetal, que exerce influência marcante sobre o

enraizamento adventício. Portanto, é de fundamental importância o conhecimento acerca da espécie e do grau de maturação do material estudado. Espécies do gênero *Dianthus* respondem melhor ao enraizamento adventício, quando as estacas são provenientes de tecidos maduros, enquanto que, em crisântemo, os brotos jovens e bem tenros fornecem estacas mais responsivas. Observa-se que, em algumas plantas, as partes herbáceas e semilenhosas do caule proporcionam estacas que respondem mais prontamente ao enraizamento. Nesse caso, o processo pode ser realizado durante todo o período de atividade vegetativa (Heede & Lecourt, 1989). Os mesmos autores relatam que, em geral, as estacas herbáceas são pouco resistentes ao déficit hídrico e devem ser preservadas da dessecação. Porém, algumas exceções são encontradas, como é o caso do gerânio (*Pelargonium zonale*), cujas estacas de caule com 10cm de comprimento, com duas a três folhas, enraízam bem, em condições de ar livre, durante o verão.

Na produção de mudas em recipientes, é importante ressaltar o substrato, principalmente no que diz respeito à aeração e à umidade. Em propagação de plantas de grande valor comercial, como Bromeliáceas e Orquídeas, bons resultados têm sido obtidos com o emprego de substrato formado por um musgo aquático, o sphagnum (Heede & Lecourt, 1989). Para Bataglia & Furlani (2004), o substrato deve ser entendido como o meio no qual as raízes das plantas se desenvolvem fora do solo a campo. Uma vez no recipiente, o substrato serve de suporte para as plantas, podendo, ainda, regular o fornecimento de nutrientes, via adubação.

Como meio de enraizamento e crescimento inicial de mudas jovens, o substrato pode facilitar ou impedir o crescimento das plantas, conforme as suas propriedades. Portanto, o conhecimento das propriedades físicas e químicas do substrato reveste-se de mais alta relevância, quando se deseja cultivar plantas em

recipientes nos quais o espaço disponível para o sistema radicular é muito limitado (Calvete, 2004).

Dentre os vários aspectos a observar na escolha do substrato, deve-se considerar, criteriosamente, as características de aeração e de disponibilidade de água. Plantas que crescem sob condições satisfatórias de aeração desenvolvem pêlos radiculares finos e raízes ramificadas (Bellé, 1990) e a disponibilidade de água no substrato atua sobre a fisiologia e produção vegetal (Aguila-Sancho, 1988).

Segundo Calvete (2004), os materiais utilizados na composição do substrato são de relevante importância, podendo ser minerais (de origem natural ou sintética) e orgânicos. Na escolha do substrato, alguns pontos devem ser considerados, pois podem condicionar, de maneira decisiva, o êxito ou o fracasso de sua utilização. A seleção do substrato deve levar em conta os aspectos relacionados ao manejo, preço, finalidade, reprodutibilidade e disponibilidade.

Considerando a produção de mudas em ambiente protegido e empregando recipientes, vale destacar a importância do sistema de irrigação utilizado, sendo a microaspersão um dos métodos mais eficientes (Andriolo, 2002). Neste método, o volume de água que exceder a capacidade de retenção do substrato é drenado pelos orifícios dos recipientes, mantendo o substrato úmido sem comprometer a oxigenação do sistema radicular. No entanto, nesse sistema, há muita proliferação de doenças e consumo excessivo de água.

Alternativamente, a produção de mudas pode se valer do sistema hidropônico. Segundo Scarassati (2003), por definição, o autêntico cultivo hidropônico é aquele desenvolvido apenas em água, na ausência de qualquer substrato. Na literatura, foram encontrados registros de Heede & Lecourt (1989) mencionando a viabilidade da estaquia, em água, para algumas plantas, como o *Nerium oleander* e *Cyperus*. Essa prática evita uma assídua vigilância de regas e

nebulização, todavia, pode resultar em raízes frágeis que se rompem, facilmente, no momento do plantio.

Em cultivos sem solo, geralmente, são empregados substratos inertes ou com baixa atividade química, sem capacidade de trocas catiônicas e, portanto, de reter nutrientes. Por isso, para criar condições de alta produtividade em reduzido espaço disponível para as raízes proporcionado pelos recipientes, é necessário aplicar os nutrientes continuamente, de forma prontamente assimilável e em proporção adequada, para favorecer a absorção de cada um deles (Ballarin, 2004). Nesse sentido, a solução nutritiva se apresenta fornecendo macro e micronutrientes minerais em concentrações ideais para a nutrição da planta.

As primeiras soluções nutritivas foram desenvolvidas pelos alemães Sachs (1860) e Knop (1861), citados por Ballarin (2004), que cultivaram plantas em meio líquido sem nenhum tipo de substrato sólido. A partir de então, tem aparecido um grande número de soluções que pretendem ser “universais” e indicadas para nutrir qualquer planta. Porém, as necessidades nutricionais diferem com a espécie e o seu estágio de desenvolvimento, requerendo constantes avaliações e variações no conteúdo da formulação aplicada.

Outro aspecto de vital importância em cultivos sem solo, sem dúvida, é a aeração do substrato, uma vez que os processos de absorção e transporte ativos requerem energia metabólica fornecida pela respiração das raízes. A falta de aeração é desfavorável para um desenvolvimento rápido das raízes da maioria das espécies (Heede & Lecourt, 1989) e pode levar a danos irreversíveis, inclusive a morte de raízes com as conseqüentes perdas econômicas (Ballarin, 2004).

O emprego desta metodologia na produção de mudas por estaquia tem sofrido adaptações e ela vem sendo utilizada em clonagem de espécies de eucalipto (Assis, 2002; Silva, 1998; Scarassati, 2003 & Xavier, 2002), na propagação vegetativa de tomateiro (Fernandes, 2004) e de diversas outras

espécies, como *Swainsoma formosus*, *Rosa banksial*, *Bankisia ericifolia*, *Daphane odora*, *Grevillea* spp. e *Eucalyptus ficifolia* (Wilkinson, 1994 citado por Silva, 1998).

Neste trabalho, objetivou-se comparar a eficiência do substrato líquido e do substrato sólido na formação de mudas de *Vanilla planifolia*, a partir do enraizamento adventício de estacas tomadas em diferentes posições na planta.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Local do experimento**

O experimento foi conduzido, no período de abril a junho/2005, em duas casas de vegetação com 50% de sombreamento, nas dependências do Departamento de Fitotecnia/Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. Os tratamentos envolvendo substrato sólido foram desenvolvidos em casa de vegetação equipada com sistema automatizado de nebulização, que permitiu teor de umidade relativa mínimo de 85%, nos intervalos entre irrigações. Os tratamentos envolvendo meio líquido foram mantidos em casa de vegetação, na ausência de irrigação aérea.

### **4.2 Material experimental**

Inicialmente, para a formação das matrizes, foram coletadas plantas de baunilheira que se encontravam vegetando naturalmente em matas ciliares localizadas em área pertencente à Universidade Federal de Viçosa situada no município de Florestal, MG. Observando-se as diretrizes para preservação de genoma vegetal, realizou-se a coleta de plantas de baunilheira na quantidade mínima necessária para atender, unicamente, aos objetivos da pesquisa.

Destas plantas foram retiradas estacas com 50cm de comprimento e plantadas em recipiente com capacidade para 5,0 L contendo substrato formulado com mistura de areia fina lavada, subsolo, casca de arroz carbonizada e esterco bovino curtido, na proporção de 1:1:1:1 (v/v). As plantas foram mantidas em condições de telado com 50% de sombreamento, nas dependências do Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

Durante o cultivo, as plantas foram monitoradas periodicamente, visando averiguar a ocorrência de pragas, doenças e ervas daninhas. Não houve necessidade de intervenção com produtos fitossanitários, realizando-se apenas a capina manual nos recipientes.

As matrizes foram cultivadas durante 30 meses. Delas foram coletadas as estacas empregadas neste trabalho, as quais foram identificadas de acordo com a posição em que foram tomadas na haste da planta. A primeira estaca recebeu a denominação de estaca apical (posição P1) e foi constituída pelo ápice caulinar, duas gemas e uma folha totalmente expandida mantida na primeira gema abaixo do ápice. Sucessivamente, foram tomadas as estacas das demais posições até a posição P5. As estacas das cinco posições foram preparadas com, aproximadamente, 20cm de comprimento, contendo, no mínimo, dois nós. Quando presentes, foram eliminadas a folha e a raiz do nó da gema da base da estaca, que ficou imersa no substrato, enquanto a folha da gema distal foi mantida.

Inicialmente, as estacas foram tratadas com fungicida visando o controle da contaminação superficial. Posteriormente, foram lavadas para eliminar o resíduo do fungicida e, à continuação, deixadas à sombra para escorrer o excesso de água.

O ápice das estacas recebeu um corte transversal, sendo este imerso em parafina líquida, de forma a evitar perda de água e contaminação por microrganismos na superfície cortada. A base da estaca foi cortada em bisel para aumentar a área de absorção de água e nutrientes e, nos tratamentos em meio líquido também, para evitar que a mesma ficasse totalmente apoiada no fundo do recipiente. As estacas foram plantadas na orientação vertical normal, deixando expostas apenas uma gema e uma folha e, quando presente, o ápice caulinar.

Neste trabalho, empregaram-se dois tipos de recipiente, conforme o tratamento aplicado às estacas. Nos tratamentos envolvendo substrato sólido,

foram empregados tubetes de polipropileno rígido com capacidade para 0,28L, enchidos com substrato cuja formulação já foi mencionada anteriormente. Nos tratamentos com meio líquido, o recipiente utilizado foi caixa de isopor de formato quadrado com capacidade para 1,5L revestida internamente com uma sacola plástica transparente, aderida à parede do recipiente, a fim de evitar o vazamento da solução. As caixas foram tampadas com tampas próprias de isopor e perfuradas para a introdução da mangueira de aeração e das estacas. Todas as frestas das tampas foram vedadas com algodão, visando evitar a entrada de luz na solução e, conseqüentemente, o crescimento indesejável de algas.

O meio líquido de propagação foi constituído por solução hídrica contendo 2,5mg L<sup>-1</sup> de ácido indolbutírico (AIB) adicionado na solução nutritiva Clark (Clark, 1975) modificada, cuja formulação encontra-se no Apêndice 5. A solução final teve o pH ajustado para  $5,8 \pm 0,1$  e as alíquotas distribuídas nos vasos foram arejadas de forma contínua, durante todo o período experimental. O ar comprimido foi fornecido às soluções por meio de uma mangueira plástica transparente, com 0,5cm de calibre e possuindo, em uma das extremidades, uma agulha hipodérmica para captação do ar da mangueira mestre adaptada a um compressor de ar.

Durante a condução do experimento foram realizadas trocas periódicas das soluções a cada 30 dias, por outra de formulação idêntica a anterior. Nos intervalos de troca da solução, completou-se o volume com água, quando necessário. Ao final de 90 dias, o experimento foi avaliado.

### **4.3 Delineamento experimental**

Foi empregado o delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 5 x 3, contendo 15 tratamentos constituídos pelas combinações entre os

fatores: posição de tomada das estacas, em cinco níveis: P1, P2, P3, P4 e P5, e tipo de substrato (ou condição de enraizamento), em três níveis: substrato sólido, meio líquido e pré-enraizamento em meio líquido com posterior transplântio para substrato sólido.

Neste trabalho, foram disponibilizadas às estacas três condições diferentes para o enraizamento. Na condição de enraizamento 1 (C1), as estacas foram plantadas em tubetes contendo substrato sólido e mantidas em casa de vegetação, com nebulização controlada, durante todo período experimental, que foi de 90 dias.

Na condição de enraizamento 2 (C2), as estacas foram plantadas e mantidas em substrato líquido, com arejamento durante 20 dias, tempo necessário para a emissão e crescimento das raízes até, no máximo, 2cm de tamanho. Em seguida, as estacas enraizadas foram transplantadas para substrato sólido, a exemplo da condição C1, onde permaneceu durante os últimos 70 dias do período de enraizamento.

A terceira condição de enraizamento (C3) envolveu o emprego de solução hídrica para o enraizamento das estacas e formação da muda, durante os 90 dias em que o experimento foi conduzido. Nesta condição, empregaram-se caixas de isopor, protegidas internamente, com plástico transparente, para o acondicionamento da solução. Este tratamento, bem como a primeira etapa da condição C2, foi conduzido na ausência de irrigação aérea, em casa de vegetação equipada com compressor de ar, para o arejamento das soluções e coberta com sombrite preto de forma a permitir cerca de 50% de luminosidade.

Empregaram-se três repetições e a unidade experimental foi constituída por oito estacas, totalizando 45 unidades experimentais e 360 estacas. O valor de cada unidade experimental foi obtido com base na média dos valores encontrados em todas as estacas que a compuseram, no momento da análise.

#### 4.4 Características avaliadas

Ao final do experimento, foi avaliada a formação e o desenvolvimento da muda, tomando-se por base as seguintes características: porcentagem de estacas enraizadas, comprimento médio de raiz, volume médio de raiz, massa seca da raiz, porcentagem de estacas brotadas, altura de brotos e massa seca de brotos.

Altura de brotos – esta medida foi tomada utilizando-se fita métrica, graduada em mm, de material flexível, que permitiu avaliação mais precisa do comprimento do broto, uma vez que o seu crescimento não é retilíneo. O broto foi medido a partir do seu ponto de inserção com a axila da folha original, até o ápice da folha semi-expandida mais alta.

Comprimento de raiz – foi utilizada régua milimetrada para medição dos comprimentos de todas as raízes formadas, obtendo-se, assim, o comprimento total de raiz por estaca. O valor médio representativo do comprimento de raiz, por repetição, foi obtido pela média aritmética dos valores encontrados nas estacas sobreviventes.

Volume de raízes – este procedimento foi realizado com o auxílio de uma proveta de vidro graduada com precisão de 1mL. Foram coletados os sistemas radiculares formados pelas estacas componentes da repetição e avaliado o seu volume e, então, obtida a média aritmética representativa da repetição em cada tratamento.

Massa seca da parte aérea e da raiz – para determinação da massa seca, o material foi acondicionado em saco de papel e colocado em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C até atingir massa constante, ocasião em que foi realizada a pesagem em balança eletrônica com precisão de três casas decimais.

#### **4.5 Análise estatística**

Para cada variável analisada, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância para o arranjo fatorial (3 x 5), no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, empregando-se o teste F.

Separadamente, e para cada fator estudado, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas no Programa SAEG (Ribeiro Jr., 2001).

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos na análise de variância para as características avaliadas (item 4.4), ao final de 90 dias de estaqueamento, são apresentados, em anexo, nas tabelas 7A e 8A. As médias observadas em todos os tratamentos, para as mesmas características, encontram-se relacionadas no Apêndice 9.

Verificou-se, na análise de variância, que não houve interação significativa entre os tratamentos, para nenhuma das características estudadas. Com exceção da porcentagem de enraizamento, todas as variáveis revelaram diferenças significativas para os fatores principais posição da estaca e condição de plantio.

Assim, os dados relativos às posições de retirada das estacas na planta e às condições de plantio foram analisados separadamente, sendo as médias comparadas pelo teste de Duncan, conforme pode ser observado nas Tabelas 10 e 11.

### **5.1 Porcentagem de enraizamento das estacas**

A porcentagem de enraizamento das estacas variou de 98,3% a 100%, independente da posição em que a estaca foi retirada na haste e da condição em que a mesma foi plantada (substrato sólido ou meio líquido).

Os resultados obtidos sugerem que os níveis endógenos de auxina, associados ao conteúdo nutricional, já existentes nas estacas, foram suficientes para permitir a alta porcentagem de enraizamento observada.

TABELA 10. Médias observadas para as variáveis enraizamento (ENR), comprimento total médio de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR), massa seca de raízes (MSR), brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB), nas estacas de *Vanilla planifolia*, em função da posição de sua retirada na planta, aos 90 dias após o estaqueamento, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Posição	Variáveis analisadas						
	ENR (%)	CTR (cm)	VOLR (mL)	MSR (g)	BRT (%)	ALTB (cm)	MSB (g)
P1	100,00 a	16,04 c	0,750 c	0,0412 c	79,17 b	4,39 b	0,059 c
P2	100,00 a	20,23 b	0,944 b	0,0534 b	94,44 a	9,65 a	0,228 b
P3	98,61 a	25,03 a	1,159 a	0,0696 a	97,22 a	10,28 a	0,267 a b
P4	100,00 a	21,79 a b	1,035 a b	0,0623 a b	97,22 a	11,63 a	0,299 a
P5	98,61 a	21,39 b	1,014 a b	0,0619 a b	91,67 a	9,65 a	0,263 a b

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Duncan ( $P > 0,05$ ).

TABELA 11. Médias observadas para as variáveis enraizamento (ENR), comprimento total de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR), massa seca de raízes (MSR), brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB), nas estacas de *Vanilla planifolia*, em função da condição de enraizamento das estacas, aos 90 dias após o estaqueamento, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Condição	Variáveis analisadas						
	ENR (%)	CTR (cm)	VOLR (mL)	MSR (g)	BRT (%)	ALTB (cm)	MSB (g)
C1	98,33 a	20,227 b	0,900 b	0,053 b	97,50 a	10,204 a	0,293 a
C2	100,00 a	22,992 a	1,133 a	0,066 a	89,17 b	6,467 b	0,159 c
C3	100,00 a	19,474 b	0,908 b	0,053 b	89,17 b	10,180 a	0,218 b

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Duncan ( $P > 0,05$ ).

Verificou-se pequena variabilidade entre os dados obtidos, fato este que pode ser explicado pela uniformidade do material botânico utilizado, no que se refere aos aspectos de idade fisiológica das brotações, ambiente de cultivo e tratos culturais fornecidos às matrizes doadoras de estacas.

Independentemente da condição de plantio, as estacas da posição P1 sofreram, geralmente, murcha do ápice, com posterior brotação da gema subsequente, apresentando um enraizamento mais tardio do que as estacas das demais posições.

## **5.2 Comprimento médio de raiz, volume médio de raiz e massa seca de raiz**

As respostas observadas em cada fator serão discutidas, separadamente, tomando-se, como base as Tabelas 10 e 11. para os resultados observados para comprimento médio de raiz, volume médio de raiz e massa seca de raiz.

### **5.2.1 Condição de plantio**

Observou-se que o pré-enraizamento em meio líquido, com posterior plantio em substrato sólido (condição 2), apresentou os melhores resultados para a formação e o desenvolvimento do sistema radicular. Uma possível explicação para esta resposta pode estar na presença de auxina no meio líquido, promovendo uma maior velocidade na formação e crescimento das raízes. Com a emissão das raízes, as estacas foram transferidas para o substrato sólido, que forneceu os nutrientes minerais e matéria orgânica essenciais ao franco desenvolvimento do sistema radicular.

As estacas mantidas em meio líquido durante todo o período experimental (condição 3) puderam contar com condições semelhantes às aquelas

experimentadas pelas estacas da condição 2 de plantio, porém, os valores obtidos para as variáveis analisadas, na condição 3, foram menores. Esta resposta parece indicar que a presença constante de auxina no meio de enraizamento, e de cultivo posterior, influenciou negativamente o crescimento e o desenvolvimento das raízes. Este comportamento reflete as afirmativas de Hartmann et al. (1997) ao citarem que, quando a auxina é aplicada em estacas, ocorre aumento da sua concentração, o que produz efeito estimulador de raízes até um ponto máximo, a partir do qual qualquer acréscimo do nível de auxina torna-se inibitório. Nota-se que, no meio líquido, foi sempre disponibilizada às estacas a mesma concentração de auxina, porém, a absorção contínua, pela estaca, pode ter provocado aumento supra-ótimo nos níveis endógenos da mesma.

Comparando-se os resultados obtidos para a condição 1, em que as estacas foram plantadas diretamente no substrato sólido, com a condição 2, em que houve pré-enraizamento das estacas em meio líquido, verificou-se, nas estacas da condição 2, incremento em todos os dados observados, de 14% para a variável comprimento de raiz, 26% para volume de raiz e 24% para massa seca de raiz.

Diante dos resultados obtidos, na escolha da condição de plantio a utilizar é importante considerar alguns aspectos inerentes a cada uma delas. Para atender às necessidades impostas pela condição 2, em sua primeira etapa, são registrados alguns custos, tais como: compressor de ar e acessórios para disponibilizar o ar comprimido aos recipientes, medidor de pH, desionizador de água, balança de precisão e o contínuo suprimento de reagentes químicos, nutrientes minerais e auxina sintética, além de pessoal treinado para a sua execução.

A condição 1, plantio direto no substrato sólido, exige casa de vegetação com sistema de nebulização intermitente e a disponibilidade de materiais para

composição do substrato que, por sua própria natureza, oferece os nutrientes necessários à manutenção das estacas, durante o período de enraizamento adventício e formação da muda. Além disso, não requer mão-de-obra especializada para desenvolver as atividades impostas por esta condição.

Considerando os incrementos médios obtidos na condição 2, que foram pequenos, com as facilidades apresentadas pela condição 1, parece mais viável indicar o plantio das estacas de baunilha diretamente no substrato sólido em casa de vegetação com condições ambientais controladas.

Estacas enraizadas na condição 3, além de não oferecerem vantagens sobre aquelas que enraizaram nas duas outras condições (1 e 2), apresentam a desvantagem de formarem mudas com as raízes nuas, o que irá repercutir, negativamente, no índice de pegamento das mesmas, quando forem transplantadas para condições de campo.

Neste caso, vale ressaltar que a origem do material botânico a utilizar e a sua uniformidade quanto à idade fisiológica, aspectos nutricionais e sanitários, serão determinantes sobre a formação e o desenvolvimento do sistema radicular das estacas.

### **5.2.2 Posição de retirada das estacas**

No que se refere à posição de retirada das estacas na haste da planta, foi observado que a posição 1, que por si só, são de natureza herbácea, apresentou os piores rendimentos para as características analisadas, não diferindo apenas para o enraizamento.

Os resultados obtidos refletem as conseqüências do atraso no tempo de enraizamento observado para as estacas apicais (P1) que sofreram murcha do

ápice, com posterior brotação da gema subsequente, apresentando um enraizamento mais tardio do que as estacas das demais posições.

Ocorreu acréscimo nos valores, a partir da posição P2 até a posição P5, sendo as melhores respostas encontradas na posição P3. Porém, a aplicação do teste de Duncan ( $P > 0,05$ ) não revelou diferença estatística entre as médias dos tratamentos P2 a P5.

Considerando ser a baunilha uma planta epífita trepadeira, nota-se a presença de raízes adventícias aéreas em sua haste, que promovem a fixação da planta ao suporte. Neste trabalho, observou-se que a emissão dessas raízes ocorre nas adjacências da gema situada a partir do terceiro internódio, contado do ápice caulinar, que, neste estudo, se refere à posição P2.

Em plantas do gênero *Vanilla*, observa-se, em cada nó, a presença da gema vegetativa e uma a duas protuberâncias de coloração clara que, provavelmente, são conjuntos de células prediferenciadas, aptas a formar raiz. As observações frequentes e os conhecimentos práticos, adquiridos no convívio diário com a planta, durante o período experimental, permite inferir que, encontrando condições de ambiente adequadas, principalmente água disponível, as citadas raízes formam pêlos absorventes e ramificações, em toda a sua extensão, passando a funcionar como raízes terrestres.

Diante dessas informações, verifica-se que os resultados obtidos refletem a resposta fisiológica da espécie às condições de plantio em que as estacas foram submetidas, indicando que as posições P2 a P5 proporcionaram os melhores resultados às características em análise.

### **5.3 Estacas brotadas, altura média de brotos e massa seca de brotos**

As respostas observadas em cada fator serão discutidas, separadamente, tomando-se, como base as Tabelas 10 e 11 para os resultados observados em porcentagem de estacas brotadas, altura média de brotos e massa seca de brotos.

#### **5.3.1 Condição de plantio**

Observou-se, para as variáveis em análise, que os resultados obtidos foram favorecidos pelo plantio das estacas diretamente em substrato sólido (condição C1).

As diferenças observadas entre as médias dos tratamentos da condição C2, que apresentaram os piores resultados, e da condição C1 refletem um incremento de 9,34% para a porcentagem de brotação, de 57,78% para a altura de brotos e de 84,27% para massa seca de brotos.

Esses resultados revelam que a presença da auxina no substrato líquido de enraizamento promoveu efeito inibitório sobre o crescimento em altura dos brotos e, diretamente, afetou os resultados da massa seca de brotos. A auxina disponível no meio de enraizamento foi absorvida em um nível supra-ótimo, pela estaca, promovendo alteração no balanço endógeno citocinina/auxina que, neste caso, foi desfavorável para o desenvolvimento dos brotos, o que está de acordo com Skoog & Miller (1957).

Pelos dados observados verifica-se que as médias encontradas para altura de brotos foram semelhantes entre os tratamentos da condição de plantio C1 e C3.

### 5.3.2 Posição de retirada das estacas

As variáveis percentagem de brotação e altura de brotos foram influenciadas pela posição em que a estaca foi extraída na haste da planta e, nesse caso, a estaca apical (P1) apresentou as menores médias, que diferiram das demais posições pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ). Embora as posições de P2 a P5 não tenham sido estatisticamente diferentes observa-se que as estacas tomadas na posição P4 formaram brotos maiores e mais vigorosos.

As diferenças observadas entre as médias dos tratamentos da posição P1 e da posição P4, que apresentaram as maiores médias observadas, refletem incremento de 22,8% para percentagem de brotação, de 164,92% para altura de brotos e de 406,78% para massa seca de brotos.

Vale ressaltar que as estacas da posição P1 apresentaram, durante certo período de tempo, aparente paralisação no crescimento do seu ápice que começou a murchar e, em seguida, morreu. Posteriormente, iniciou-se a brotação da gema subsequente, que produziu a parte aérea da estaca, formando a nova muda. Deve-se considerar também que as estacas apicais eram mais tenras e menos vigorosas que as demais, conseqüentemente, possuidoras de menor quantidade de reservas nutricionais para a formação e o crescimento do broto.

Diante disso, é possível inferir que as estacas apicais são capazes de enraizar e formar novas mudas, porém, deverão formar um grupo à parte que estará em condições de plantio no campo algum tempo após as demais estacas obtidas a partir da posição P2. Sugerem-se a obtenção e o estaqueamento das estacas apicais previamente à das demais, como forma de uniformizar o tamanho e o desenvolvimento das mudas de baunilheira obtidas pelo método da estaquia.

Nas Figuras 27 e 28 encontram-se fotos ilustrativas do sistema radicular e da brotação formada nas estacas.

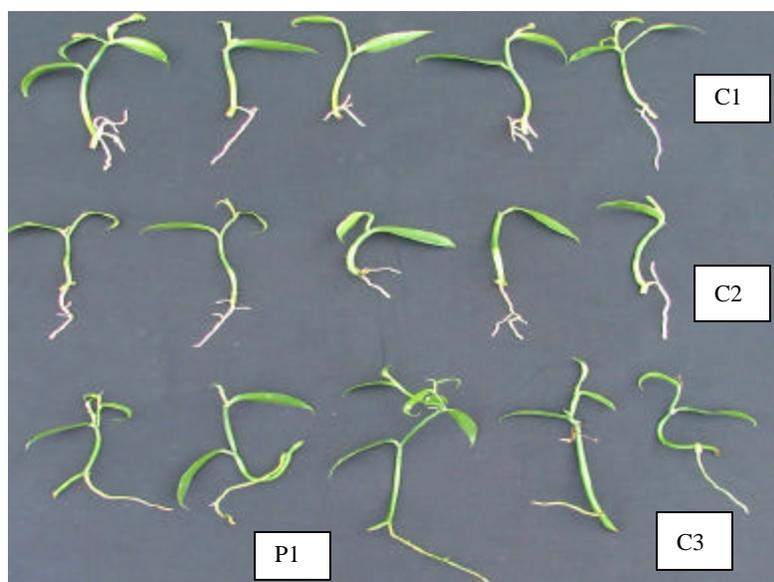


FIGURA 27. Estacas de *Vanilla planifolia* tomadas em diferentes posições (P) na planta, e enraizadas em substrato sólido (C1), pré-enraizadas em meio líquido (C2) e cultivadas em meio líquido (C3), aos 90 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

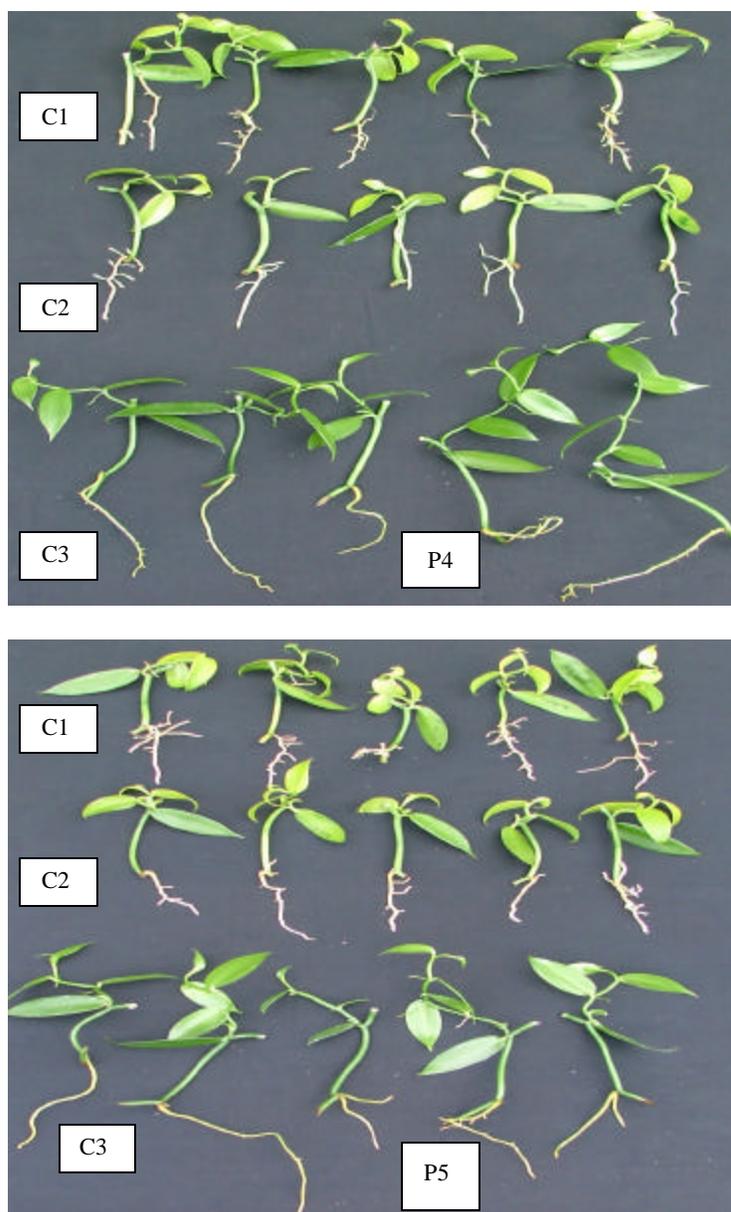


FIGURA 28. Estacas de *Vanilla planifolia* tomadas em diferentes posições (P) na planta, e enraizadas em substrato sólido (C1), pré-enraizadas em meio líquido (C2) e cultivadas em meio líquido (C3), aos 90 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

## **6 CONCLUSÕES**

O enraizamento adventício de estacas e a formação de mudas de baunilheira podem ser favorecidos quando as estacas forem obtidas a partir da posição P2.

As estacas podem ser plantadas diretamente no substrato e mantidas em casa de vegetação com condições ambientais controladas.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILA-SANCHO, J. H. The present status of the substrate as an ecosystem component and its function and importance in crop productivity. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 221, p. 53-74, 1988.

ANDRIOLO, J. L. **Olericultura geral: princípios e técnicas**. Santa Maria: ed. UFSM, 2002. 158 p.

ASSIS, T.F. **Evolution of technology for cloning Eucalyptus in large scale**. Guaíba. Klabin, 2002. 11 p. (Comunicação Interna).

AUDUS, L. J. The synthetic auxins. In: \_\_\_\_\_. **Plant growth substances**. 2. ed. New York: Interciences, 1963. p. 66-103.

BALLARIN, M. C. Nutrición mineral y abonado para cultivo en substratos de baja actividad química. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. 435 p.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R. Nutrição mineral e adubação para cultivos em substratos com atividade química. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. 435 p.

BELLÉ, S. **Uso da turfa “Lagoa dos Patos” (Viamão/RS) como substrato hortícola**. Porto Alegre: UFRGS, 1990. 143 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CALVETE, E. O. Sistemas de produção de mudas de hortaliças. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. 435 p.

CATÁLOGO RURAL. **Baunilha: Enciclopédia, Associações, Produtores**. Disponível em: < <http://www.agrov.com/vegetais/fru/baunilha.htm> > Acesso em 10 jul. 2003.

CLARK, R. B. Characterization of phosphatase of intact morize roots. **Journal of the Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.23, n. 3, p. 458-460, May/June 1975.

ELIASSON, L.; AREBLAD, K. Auxin effects on rooting in pea cuttings. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.61, n. 3, p. 293-297, 1984.

FERNANDES, A. A. **Propagação vegetativa e cultivo do tomateiro em sistema hidropônico**. 2004. 78 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

HAISSIG, B. E. Meristematic activity during adventitious root primordium development. I-Influences of endogenous auxin and applied gibberelic acid. **Plant Physiology**, Bethesda, v.49, n. 6, p. 886-892, June 1972.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E. **Plant propagation: principles and practices**. 4. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1983. 727 p.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F.T. **Plant propagation: principles and practices**. 5. ed. New York: Englewood Clippings/Prentice-Hall, 1990. 647 p.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIS JR., F. T. **Plant propagation: principles and practices**. 6. ed. New York: Englewood Clippings/Prentice Hall, 1997. 770 p.

HEEDE, V. D.; LECOURT, M. **El estaquillado – guia practica de multiplicación de las plantas**. 2. ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1989. 197 p.

LORETI, F.; HARTMANN, H.T. Propagation of olive trees by rooting leafy cuttings under mist. **Proceedings American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 85, p. 257-264, Dec. 1964.

PENCHEL, R. M.; NEVES, D. C.; CAMPINHOS, C. N. **Otimização de parâmetros fisiológicos da propagação vegetativa por estaquia de matrizes elite de eucaliptos**. Lavras: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 1995. 1 p. (Resumo).

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: Ed. UFV, 2001. 301 p.

SCARASSATI, A. **Avaliações ambiental e nutricional da produção de microcepas e microestacas de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em sistema hidropônico em casa de vegetação.** 2003. 135 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Universidade Estadual de São Paulo. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

SILVA, A. R. **Enraizamento de estacas de *Eucalyptus grandis* via sistema hidropônico.** 1998. 42 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)– Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SKOOG, F.; MILLER, C. O. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissues cultured *in vitro*. **Symposium of Society for Experimental Biology**, Cambridge, v. 11, p. 118-131, 1957.

XAVIER, A. **Silvicultura clonal I** – princípios e técnicas de propagação vegetativa. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 64 p. (Caderno Didático).

## **ANEXOS**

## ANEXOS

Anexos A	Página	
TABELA 1A	Resumo das análises de variância para enraizamento (ENR), comprimento total médio de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR) e massa seca de raízes (MSR) das estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	141
TABELA 2A	Resumo das análises de variância para brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB) das estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	141
TABELA 3A	Resumo das análises de variância para enraizamento (ENR), comprimento total médio de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR) e massa seca de raízes (MSR) das estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	142
TABELA 4A	Resumo das análises de variância para brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB) das estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	142
TABELA 5A	Resumo das análises de variância para enraizamento (ENR), comprimento total médio de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR) e massa seca de raízes (MSR) das estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , aos 90 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	143
TABELA 6A	Resumo das análises de variância para brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB) das estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , aos 90 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	143

TABELA 7A	Resumo das análises de variância para enraizamento (ENR), comprimento total médio de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR) e massa seca de raízes (MSR) das estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , aos 90 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	144
TABELA 8A	Resumo das análises de variância para brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB) das estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , aos 90 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	144

TABELA 1A. Resumo das análises de variância para enraizamento (ENR), comprimento total médio de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR) e massa seca de raízes (MSR) das estacas de *Vanilla planifolia*, aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG.UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		ENR (%)	CTR (cm)	VOLR (mL)	MSR (g)
Recipiente	1	138,3314	23365,48 *	35,87699 *	0,1504398 *
AIB	3	350,8143 *	2405,572 *	3,657991 *	0,01218993 *
Recipiente x AIB	3	266,3345 *	1174,637 *	0,8783861	0,004078697
Resíduo	16	63,5666	348,4005	0,9997342	0,003329871
CV (%)		9,189	25,560	35,747	31,881

\* Significativo pelo teste F (P < 0,05)

TABELA 2A. Resumo das análises de variância para brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB) das estacas de *Vanilla planifolia*, aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG.UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		BRT (%)	ALTB (cm)	MSB (g)
Recipiente	1	11,35467	1984,111 *	5,188159 *
AIB	3	470,8393 *	336,8846 *	0,2563520
Recipiente x AIB	3	20,31018	165,8040	0,1205261
Resíduo	16	103,5872	56,91236	0,08233821
CV (%)		12,192	20,512	25,468

\* Significativo pelo teste F (P < 0,05)

TABELA 3A. Resumo das análises de variância para enraizamento (ENR), comprimento total médio de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR) e massa seca de raízes (MSR) das estacas de *Vanilla planifolia*, aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG .UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		ENR (%)	CTR (cm)	VOLR (mL)	MSR (g)
Tamanho da estaca (TE)	3	334,5936 *	30829,85 *	5,229262	0,01735709
AIB	3	97,55658 *	1416,058	2,558372	0,009269226
TE x AIB	9	99,61420 *	1618,964	2,959241	0,006583425
Resíduo	32	6,738683	1151,466	3,257672	0,007707949
CV (%)		2,675	23,623	42,483	32,70

\* Significativo pelo teste F (P < 0,05)

TABELA 4A. Resumo das análises de variância para brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB) das estacas de *Vanilla planifolia*, aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG.UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		BRT (%)	ALTB (cm)	MSB (g)
Tamanho da estaca (TE)	3	261,1861	12648,21 *	23,87175 *
AIB	3	196,6800	486,8051	0,8556375
TE x AIB	9	66,99317	241,3906	0,6401474
Resíduo	32	92,20036	266,7903	0,5866548
CV (%)		10,79	23,255	27,678

\* Significativo pelo teste F (P < 0,05)

TABELA 5A. Resumo das análises de variância para enraizamento (ENR), comprimento total médio de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR) e massa seca de raízes (MSR) das estacas de *Vanilla planifolia*, aos 90 dias após o plantio, em Viçosa, MG .UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		ENR (%)	CTR (cm)	VOLR (mL)	MSR (g)
Nitrato (NIT)	4	15,62500	25,860823	0,113267	0,113267
AIB	3	190,104167	859,322132 *	0,662276 *	0,662276 *
NIT x AIB	12	133,680556	47,477123	0,074154	0,074154
Testemunhas	3	295,138889	178,551493 *	0,175347	0,175347
Resíduo	48	112,84722	57,092785	0,0931166	0,0931166
CV (%)		12,07	44,02	25,27	32,90

\* Significativo pelo teste F (P < 0,05)

TABELA 6A. Resumo das análises de variância para brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB) das estacas de *Vanilla planifolia*, aos 90 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA,Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		BRT (%)	ALTB (cm)	MSB (g)
Nitrato (NIT)	4	669,835315	20,593847	0,016176
AIB	3	2179,847299 *	186,699238 *	0,158402 *
NIT x AIB	12	245,160805	5,855041	0,006573
Testemunhas	3	711,805556	64,708924 *	0,075225 *
Resíduo	48	289,386329	7,9759012	0,0111713
CV (%)		28,54	46,32	59,19

\* Significativo pelo teste F (P < 0,05)

TABELA 7A. Resumo das análises de variância para enraizamento (ENR), comprimento total médio de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR) e massa seca de raízes (MSR) das estacas de *Vanilla planifolia*, aos 90 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		ENR (%)	CTR (cm)	VOLR (mL)	MSR (g)
Condição (C)	2	13,88889	51,47850 *	0,2628472 *	0,0008591516 *
Posição (P)	4	5,208334	94,94395 *	0,2038628 *	0,001062437 *
C x P	8	5,208334	19,88469	0,05907118	0,0001608705
Resíduo	30	6,944455	12,41772	0,03402780	0,0001030833
CV (%)		2,65	16,862	18,812	17,603

\* Significativo pelo teste F (P < 0,05)

TABELA 8A. Resumo das análises de variância para brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB) das estacas de *Vanilla planifolia*, aos 90 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		BRT (%)	ALTB (cm)	MSB (g)
Condição (C)	2	347,2223 *	80,30650 *	0,06799471 *
Posição (P)	4	506,9444 *	68,70008 *	0,08175722 *
C x P	8	69,44445	7,634842	0,002332984
Resíduo	30	79,86118	4,354263	0,004167931
CV (%)		9,719	22,871	28,895

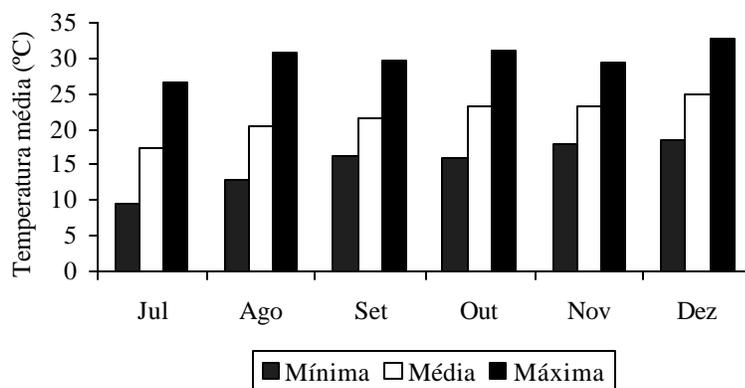
\* Significativo pelo teste F (P < 0,05)

## **APÊNDICE**

## APÊNDICES

Apêndice	Página
APÊNDICE 1. Valores médios para as temperaturas mínimas, médias e máximas registradas no interior da casa de vegetação, nos meses de julho a dezembro de 2004, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	148
APÊNDICE 2. Análise física do substrato utilizado no enraizamento adventício de <i>Vanilla planifolia</i> , em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	148
APÊNDICE 3. Análise química do substrato utilizado no enraizamento adventício de <i>Vanilla planifolia</i> , em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	149
APÊNDICE 4. Valores médios para as temperaturas mínimas, médias e máximas registradas no interior da casa de vegetação, nos meses de dezembro de 2004 a fevereiro de 2005, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	150
APÊNDICE 5. Concentrações de macro e micronutrientes contidas na solução nutritiva de Clark (1975), utilizada no enraizamento adventício de estacas de <i>Vanilla planifolia</i> , em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	150
APÊNDICE 6. Médias observadas para as variáveis enraizamento (ENR), comprimento total médio de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR), massa seca de raízes (MSR), brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB) das estacas de <i>Vanilla planifolia</i> submetidas a quatro concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e plantadas em dois tipos de recipientes (RECIP), aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	151

APÊNDICE 7. Médias observadas para as variáveis enraizamento (ENR), comprimento total médio de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR), massa seca de raízes (MSR), brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB) das estacas de <i>Vanilla planifolia</i> de diferentes tamanhos (TE) e submetidas a quatro concentrações de ácido indolbutírico (AIB), aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	152
APÊNDICE 8. Médias observadas para as variáveis enraizamento (ENR), comprimento total médio de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR), massa seca de raízes (MSR), brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB) das estacas de <i>Vanilla planifolia</i> submetidas à solução nutritiva de Clark (SNC) e à diferentes concentrações de nitrato de cálcio (NIT) e de ácido indolbutírico (AIB), aos 90 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	153
APÊNDICE 9. Médias observadas para as variáveis enraizamento (ENR), comprimento total médio de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR), massa seca de raízes (MSR), brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB) das estacas de <i>Vanilla planifolia</i> retiradas em cinco posições na planta (POS), e submetidas a três meios de enraizamento (COND), aos 90 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.....	155



APÊNDICE 1. Valores médios para as temperaturas mínimas, médias e máximas registradas no interior da casa de vegetação, nos meses de julho a dezembro de 2004, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

APÊNDICE 2. Análise física do substrato utilizado no enraizamento adventício de *Vanilla planifolia*, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005

Densidade (g cm <sup>-3</sup> )		Potencial (kPa)				
Substrato	Partículas	-10	-30	-100	-500	-1500
1,02	2,60	0,192	0,175	0,152	0,147	0,131

APÊNDICE 3. Análise química do substrato utilizado no enraizamento adventício de *Vanilla planifolia*, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

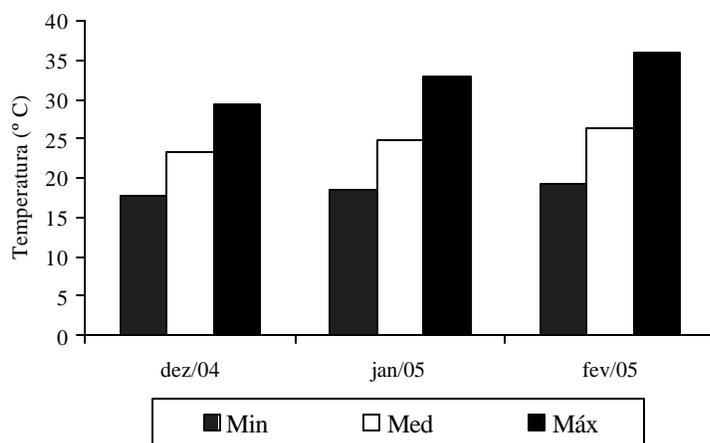
PH	P	K	Na	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	SB	(t)	(T)
H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						
7,05	829,6	1300	-	2,48	2,04	0,00	0,6	7,84	7,84	8,44

V	M	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
%			dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>					
92,9	0,0	-	4,65	49,9	29,30	76,5	124,9	0,91	-	93,6

pH em água, KCl e CaCl<sub>2</sub> – Relação 1:2,5  
 P – Na – K – Fe – Zn – Mn – Cu – Extrator: Mehlich 1  
 Ca – Mg – Al – Extrator: KCl – 1 mol L<sup>-1</sup>  
 H + Al – Extrator: acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> – pH 7,0  
 B – Extrator: água quente  
 S – Extrator: fosfato monocálcico em ácido acético  
 SB = Soma de bases trocáveis

CTC (t) – Capacidade de troca catiônica efetiva  
 CTC (T) – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0  
 V – Índice de saturação de bases  
 m – Índice de saturação de alumínio  
 ISNa – Índice de saturação de sódio  
 MO (mat. orgânica) – C. Org x 1,724 – Walkley-Black  
 P-rem = Fósforo remanescente



APÊNDICE 4. Valores médios para as temperaturas mínimas, médias e máximas registradas no interior da casa de vegetação, nos meses de dezembro de 2004 a fevereiro de 2005, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

APÊNDICE 5. Concentrações de macro e micronutrientes contidas na solução nutritiva de Clark (1975), utilizada no enraizamento adventício de estacas de *Vanilla planifolia*, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

MACRONUTRIENTES		MICRONUTRIENTES	
Concentração (mmol L <sup>-1</sup> )		Concentração (µmol L <sup>-1</sup> )	
N - NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	7,26	B	19
N - NH <sub>4</sub>	0,9	Cu	0,5
P - H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0,069	Fe	40
K <sup>+</sup>	1,8	Mn	7
Ca <sup>++</sup>	2,56	Mo	0,086
Mg <sup>++</sup>	0,6	Zn	2
S - SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0,6		

APÊNDICE 6. Médias observadas para as variáveis enraizamento (ENR), comprimento total médio de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR), massa seca de raízes (MSR), brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB) das estacas de *Vanilla planifolia* submetidas a quatro concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e plantadas em dois tipos de recipientes (RECIP), aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

RECIP	AIB (mg L <sup>-1</sup> )	ENR (%)	CTR (cm)	VOLR (mL)	MSR (g)	BRT (%)	ALTB (cm)	MSB (g)
Sacola	0	90,0000	121,5567	5,1833	0,3264	83,3333	53,2167	1,8773
Sacola	500	73,3333	57,8600	2,8500	0,1694	73,3333	32,2667	1,1751
Sacola	1000	100,0000	127,5367	4,7788	0,2998	93,3333	51,4333	1,6703
Sacola	2000	93,3333	109,9633	3,2667	0,2451	86,6667	46,5667	1,6439
Tubete	0	90,0000	60,9238	2,2379	0,1378	78,5714	40,4524	0,9250
Tubete	500	83,7037	34,2456	1,3041	0,0843	73,7037	26,1804	0,6455
Tubete	1000	91,5344	41,7754	1,5780	0,0982	96,2963	23,3942	0,6180
Tubete	2000	72,2222	30,3563	1,1776	0,0869	82,5926	20,7174	0,4584

APÊNDICE 7. Médias observadas para as variáveis enraizamento (ENR), comprimento total médio de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR), massa seca de raízes (MSR), brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB) das estacas de *Vanilla planifolia* de diferentes tamanhos (TE) e submetidas a quatro concentrações de ácido indolbutírico (AIB), aos 270 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

TE (cm)	AIB (mg L <sup>-1</sup> )	ENR (%)	CTR (cm)	VOLR (mL)	MSR (g)	BRT (%)	ALTB (cm)	MSB (g)
5	0	96,2963	98,3748	2,8036	0,2345	82,5926	48,0981	1,9174
5	500	100,0000	117,1600	4,2152	0,2678	88,3333	46,4875	1,9848
5	1000	100,0000	109,0700	4,5563	0,3108	83,3333	43,3500	1,6472
5	2000	100,0000	107,5433	3,6695	0,2004	90,0000	46,4500	1,6781
10	0	90,0000	121,5567	5,1833	0,3264	83,3333	53,2167	1,8773
10	500	73,3333	57,8600	2,8500	0,1694	73,3333	32,2667	1,1751
10	1000	100,0000	127,5367	4,7788	0,2998	93,3333	51,4333	1,6703
10	2000	93,3333	109,9633	3,2667	0,2451	86,6667	46,5667	1,6439
20	0	100,0000	146,7100	3,5581	0,2375	86,6667	69,6700	2,8104
20	500	100,0000	132,5767	4,6565	0,2451	86,6667	61,9300	2,5650
20	1000	100,0000	162,1967	3,3867	0,2569	96,2963	86,7056	3,6907
20	2000	100,0000	154,4200	4,1298	0,2075	96,6667	79,2333	2,9507
30	0	100,0000	230,4833	6,0833	0,3283	90,0000	120,4833	4,8449
30	500	100,0000	227,7000	5,1812	0,3833	93,3333	111,9000	4,9171
30	1000	100,0000	225,8200	6,2000	0,3131	100,0000	129,2800	5,3281
30	2000	100,0000	169,3600	3,4569	0,2697	93,3333	96,7500	3,5760

APÊNDICE 8. Médias observadas para as variáveis enraizamento (ENR), comprimento total médio de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR), massa seca de raízes (MSR), brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB) das estacas de *Vanilla planifolia* submetidas à solução nutritiva de Clark (SNC) e à diferentes concentrações de nitrato de cálcio (NIT) e de ácido indolbutírico (AIB), aos 90 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

NIT (mg L-1)	AIB (mg L-1)	ENR (%)	CTR (cm)	VOLR (mL)	MSR (g)	BRT (%)	ALTB (cm)	MSB (g)
0	0	100,0000	26,3083	1,1667	0,0635	58,3333	7,8917	0,1988
0	2,5	83,3333	22,5083	1,4167	0,0679	50,0000	3,0917	0,1309
0	5	75,0000	18,4583	1,1250	0,0596	41,6667	1,2375	0,0547
0	10	91,6667	9,0292	0,7917	0,0332	30,9524	1,0095	0,0403
150	0	95,8333	27,5667	1,0893	0,0659	62,5000	11,4000	0,3213
150	2,5	95,8333	16,1750	1,2083	0,0566	66,6667	4,0000	0,2291
150	5	83,3333	11,1208	1,0000	0,0485	42,2619	1,9250	0,0881
150	10	83,3333	6,2167	1,0000	0,0394	62,5000	1,1042	0,0365
300	0	87,5000	23,4708	1,2083	0,0571	75,0000	6,7500	0,2071
300	2,5	87,5000	19,6417	1,3750	0,0595	66,6667	6,7542	0,2487
300	5	87,5000	8,6167	0,8571	0,0387	45,2381	2,9042	0,1043
300	10	87,5000	14,4000	1,0417	0,0468	33,3333	0,9000	0,0271
600	0	83,3333	24,3958	1,2917	0,0590	75,0000	11,7750	0,3571
600	2,5	91,6667	25,4542	1,2917	0,0716	83,3333	8,3583	0,2933
600	5	91,6667	15,6292	1,2917	0,0492	58,3333	3,5083	0,0895
600	10	83,3333	3,2833	0,6190	0,0191	43,0556	3,2264	0,0849

“...continua...”

“APÊNDICE 8, Cont.”

NIT (mg L-1)	AIB (mg L-1)	ENR (%)	CTR (cm)	VOLR (mL)	MSR (g)	BRT (%)	ALTB (cm)	MSB (g)
900	0	95,8333	27,4042	1,5417	0,0700	75,0000	10,9167	0,3157
900	2,5	83,3333	14,1292	1,5000	0,0563	58,3333	4,4458	0,1409
900	5	87,5000	12,8750	1,3333	0,0449	60,7143	4,1185	0,1150
900	10	79,1667	9,0500	0,9167	0,0336	50,0000	3,2625	0,1098
SNC	0	75,0000	15,4708	1,1250	0,0461	91,6667	17,9125	0,4887
SNC	2,5	91,6667	30,4500	1,6667	0,0662	79,1667	9,6500	0,2208
SNC	5	95,8333	16,8083	1,5833	0,0525	62,5000	13,0208	0,2706
SNC	10	95,8333	13,5042	1,5417	0,0468	58,3333	7,1833	0,1119

APÊNDICE 9. Médias observadas para as variáveis enraizamento (ENR), comprimento total médio de raízes (CTR), volume médio de raízes (VOLR), massa seca de raízes (MSR), brotação (BRT), altura de brotos (ALTB) e massa seca de brotos (MSB) das estacas de *Vanilla planifolia* retiradas em cinco posições na planta (POS), e submetidas a três meios de enraizamento (COND), aos 90 dias após o plantio, em Viçosa, MG. UFLA, Lavras, MG, 2005.

COND	POS	ENR (%)	CTR (cm)	VOLR (mL)	MSR (g)	BRT (%)	ALTB (cm)	MSB (g)
1	1	100,0000	16,6792	0,7917	0,0446	87,5000	6,0708	0,1021
1	2	100,0000	18,5292	0,8750	0,0465	100,0000	10,9083	0,3024
1	3	95,8333	22,4875	0,9167	0,0573	100,0000	11,1125	0,3372
1	4	100,0000	20,6542	0,9167	0,0568	100,0000	11,7042	0,3612
1	5	95,8333	22,7875	1,0000	0,0613	100,0000	11,2250	0,3629
2	1	100,0000	20,4833	1,0000	0,0519	79,1667	3,8208	0,0411
2	2	100,0000	23,0667	1,0417	0,0606	95,8333	7,3208	0,1684
2	3	100,0000	26,6875	1,4167	0,0798	91,6667	7,0750	0,1920
2	4	100,0000	21,5042	1,0833	0,0659	95,8333	7,9792	0,2179
2	5	100,0000	23,2208	1,1250	0,0739	83,3333	6,1417	0,1745
3	1	100,0000	10,9625	0,4583	0,0271	70,8333	3,3042	0,0343
3	2	100,0000	19,0833	0,9167	0,0531	87,5000	10,7292	0,2126
3	3	100,0000	25,9292	1,1458	0,0717	100,0000	12,6625	0,2731
3	4	100,0000	23,2292	1,1042	0,0641	95,8333	15,2208	0,3204
3	5	100,0000	18,1667	0,9167	0,0507	91,6667	11,5833	0,2513