

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Qualidade da luz e ácido 4-(3-indolil) butírico na formação de raízes  
adventícias em estacas caulinares**

**Paulo Afonso Lins Rossal**

**Tese apresentada para obtenção do título de  
Doutor em Agronomia Área de concentração:  
Fitotecnia**

**Piracicaba  
2006**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Paulo Afonso Lins Rossal  
Engenheiro Agrônomo**

**Qualidade da luz e ácido 4-(3-indolil) butírico na formação de raízes adventícias  
em estacas caulinares**

**Orientador:**

**Prof. Dr. JOÃO ALEXIO SCARPARE FILHO**

**Tese apresentada para obtenção do título de  
Doutor em Agronomia Área de concentração:  
Fitotecnia**

**Piracicaba  
2006**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Rossal, Paulo Afonso Lins

Qualidade da luz e ácido 4-(3-Indolil) butríco na formação de raízes adventícias em estacas caulinares / Paulo Afonso Lins Rossal. - - Piracicaba, 2006.  
75 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.  
Bibliografia.

1. Estaquia 2. Goiaba 3. Luz 4. Pêssego 5. Propagação vegetal 6. Regulador de crescimento vegetal I. Título

CDD 634.421

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

***À minha esposa Ilca Helena Fiorest Moro,***

***dedico...***

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que acompanha meus passos e ilumina meu caminho.

Ao professor Doutor Alberto Elvino Franke e família, pela viabilização do afastamento, e auxílio durante o período.

Aos professores do departamento de Produção Vegetal, pelo auxílio durante o período.

Aos funcionários, Aparecido Serrano, David Ulrich, Éder Cintra, José Volpato pelo auxílio na realização dos trabalhos.

As secretárias, Elizabete Aparecida Sarkins São João e Luciane Aparecida Lopes pelo auxílio.

Aos meus pais Hiran Sebastião da Rocha Rossal e Julia Lins Rossal, irmão Paulo Eduardo Lins Rossal e esposa Rita de Cássia Pozzati Rossal, irmãos e cunhados, Maria Margareth Lins Rossal, Maria Cristina Rossal Alves e Paulo Ricardo Alves, Maria Elizabeth Rossal Beth e Divaldino Beth pelo apoio e incentivo em todos os momentos desta jornada.

A todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 DESENVOLVIMENTO.....	14
2.1 Propagação por estaquia.....	14
2.2 Fatores que influenciam no enraizamento de estacas caulinares.....	15
2.2.1 Espécies e cultivares.....	15
2.2.2 Tipos de estacas caulinares.....	15
2.2.3 Substratos no enraizamento de estacas.....	16
2.2.4 Umidade e temperatura do ambiente de enraizamento.....	17
2.2.5 Hormônios e reguladores de crescimento.....	18
2.2.5.1 Auxinas.....	19
2.2.5.2 Citocininas.....	21
2.2.6 Efeito da luz no enraizamento de estacas.....	22
2.2.6.1 A luz e as plantas.....	22
2.2.6.2 Intensidade da luz no enraizamento.....	25
2.2.6.3 Qualidade da luz no enraizamento.....	30
2.2.6.4 Efeito do Fotoperíodo no enraizamento.....	34
2.3 Carboidratos no enraizamento de estacas.....	36
2.4 Fatores anatômicos do enraizamento de estacas.....	38
2.5 Material e métodos.....	42
2.5.1 Experimento I: Efeito da qualidade da luz e regulador de crescimento no enraizamento de estacas caulinares de goiabeira cv. Paluma.....	44
2.5.2 Experimento II: Propagação de pessegueiro cv Okinawa por estacas caulinares com ácido 4 - (3 - Indolil) Butírico e qualidade da luz.....	45
2.5.3 Experimento III: Propagação de estacas de pessegueiro cv Okinawa com IBA e luz de qualidade diferenciada.....	46

	6
2.6 Resultados e discussão.....	51
2.6.1 Experimento (I): Efeito da qualidade da luz e regulador de crescimento no enraizamento de estacas caulinares de goiabeira.....	51
2.6.2 Experimento (II): Propagação de pessegueiro cv Okinawa por estacas caulinares com Ácido 4 - (3 - Indolil) Butírico e qualidade da luz.....	55
2.6.3 Experimento (III): Propagação de estacas de pessegueiro cv Okinawa com IBA e luz de qualidade diferenciada.....	62
3 CONCLUSÃO.....	66
REFERÊNCIAS.....	67



## RESUMO

Qualidade da luz e ácido 4-(3-indolil) butírico na formação de raízes adventícias em estacas caulinares

A luz é provavelmente o mais complexo e variável fator do ambiente ao qual as plantas estão expostas. A habilidade na aplicação de reguladores de crescimento exógenos bloqueia ou aumenta a ação de várias bandas do espectro de luz, talvez provenha o uso do sistema no estudo dos processos sob a luz envolvendo fotorrecepção e resposta morfológica. Um ambiente controlado com luz artificial é um sistema satisfatório para produzir mudas de alta qualidade. O desenvolvimento de uma fonte de radiação mais efetiva para uso em instalações para crescimento de plantas, seria um benefício significativo tanto para aplicação em pesquisa como para cultivos comerciais. Diante da importância do método para a produção de mudas, e na busca de conhecimento sobre os fatores internos e externos que influem no enraizamento, foi proposto o trabalho. Foram coletadas estacas caulinares de goiabeiras cv Paluma e de pessegueiro cv Okinawa, com 10 centímetros de comprimento contendo duas folhas cortadas na metade na extremidade superior. As estacas foram tratadas com IBA em formulação líquida, e colocadas em bandejas de isopor, com 128 células do tipo piramidal invertido, tendo o substrato vermiculita de grânulos médios. Os experimentos foram delineados na forma de fatorial (5x4x3), contendo 5 tratamentos de luz (azul; amarela; vermelha; branca; testemunha), com quatro tratamentos de IBA (0;2000;4000;6000 mg L<sup>-1</sup>) e três repetições de 10 estacas, totalizando 600 estacas. As lâmpadas utilizadas para iluminação noturna das 20:00 horas às 22:00, foram do tipo fluorescentes coloridas (azul, amarela, vermelha e branca) de 16 Watts. Utilizou-se nebulização intermitente durante 20 segundos em intervalos de 10 minutos. Avaliou-se nos experimentos número de estacas vivas; número de folhas remanescentes nas estacas; número de estacas enraizadas e peso seco de raízes. Para análise estatística foi utilizado o teste de F, para análise da variância Tukey (1 e 5%), para comparação de médias. De acordo com as condições em que os experimentos foram realizados concluiu-se que a qualidade da luz influencia no enraizamento de estacas caulinares de goiabeira cv Paluma e pessegueiro cv Okinawa. Existe uma interação entre IBA e qualidade da luz. Existe diferença entre as espécies em resposta à qualidade da luz no enraizamento de estacas caulinares.

Palavras chave: Luz; IBA; Estacas; Enraizamento; Propagação

## ABSTRACT

### **Quality of the light and 4-(3-indolil) butyric acid in the formation of adventitious rooting stem cuttings**

The light is probably, the more compound and variable environment factor to which the plants are exposed. The ability in the application of regulators of growth exogenous blocks or it increases the action of several bands of the light spectrum, maybe come the use of the system in the study of the processes under the light involving photoreception and morphologic answer. An atmosphere controlled with artificial light is a satisfactory system for producing plants of high quality. The development of a source of more effective radiation for use in facilities for growth of plants would be a significant benefit so much for application in research as for commercial cultivations. Before the importance of the method for the production of plants, and in the knowledge search on the endogenous factors and exogenous that influence on the rooting, the work was proposed. Stem cuttings of guava trees cv Paluma were collected and of peach tree cv Okinawa, with 10 centimeters of length containing two cut leaves in the half in the superior extremity. The cuttings were treated with IBA in liquid formulation, and put in isopor trays, with 128 cells of the inverted pyramidal type, tends the substratum vermiculite of medium granules. The experiments were delineated in the form of factorial (5x4x3), containing 5 light treatments (blue; yellows; red; white; testifies), with four treatments of IBA (0; 2000; 4000; 6000 mg L<sup>-1</sup>) and three repetitions of 10 cuttings, totaling 600 cuttings. Them lamp used for night illumination of 20:00 o'clock at 22:00 o'clock, they were of the colored fluorescent type (blue, yellows, red and white) of 16 Watts. The nebulization was used intermittent for 20 seconds in intervals of 10 minutes. They were appraised in the experiments number of cuttings alive; number of remaining leaves in the cuttings; number of rooted cuttings and dry weight of roots. For statistical analysis the test of F was used, for analysis of the variance Tukey (1 and 5%), for comparison of averages. In agreement with the conditions in that the experiments were accomplished can conclude that the quality of the light influences in the rooting stem cuttings of guava tree cv Paluma and peach tree cv Okinawa. An interaction exists between IBA and quality of the light. Difference exists among the species in response to the quality of the light in the rooting stem cuttings.

Key words: Light; IBA; Cuttings; Rooting; Propagation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área de produção de goiaba cv. Paluma onde foram coletadas as estacas para o experimento (I), da região de Campinas, SP, fevereiro de 2005.....	44
Figura 2 - Experimento (I): Distribuição das estacas nas bandejas com substrato vermiculita de acordo com as concentrações de IBA, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005.....	44
Figura 3 - Visão do experimento (I): Efeito da qualidade da luz (azul; amarela; vermelha; branca; testemunha), 16W, e regulador de crescimento IBA (0; 2000; 4000; 6000 mg. L <sup>-1</sup> ), no enraizamento de estacas caulinares de goiabeira cv Paluma, na Casa de Vegetação do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005.....	45
Figura 4 - Visão noturna do experimento (II) Propagação por estacas caulinares de seedlings de pessegueiro cv. Okinawa com ácido – 4 - (3-indolil) butírico (0; 2000; 4000; 6000 mg L <sup>-1</sup> e qualidade da luz (azul; amarela; vermelha; branca; testemunha) de 16 Watts, na Casa de Vegetação do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ – USP, Piracicaba, SP, 2005.....	46
Figura 5 - Visão noturna do experimento (III): Propagação de estacas caulinares de pessegueiro cv. Okinawa com IBA (0; 2000; 4000; 6000 mg L <sup>-1</sup> ), e luz de qualidade diferenciada (azul; amarela; vermelha; branca; testemunha) de 16 Watts, na Casa de Vegetação do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ- USP, Piracicaba, SP, 2006.....	47
Figura 6 - Comprimentos de onda em nanômetros emitidos pela lâmpada fluorescente azul (Ecolume 16 Watts RS), avaliada com espectrofotômetro multicanal com arranjo linear de fotodetectores (Ocean Optics Inc.),CENA, USP, Piracicaba, SP, 2005.....	47
Figura 7 - Comprimentos de onda em nanômetros emitidos pela lâmpada fluorescente amarela (Ecolume 16 Watts RS), avaliada com espectrofotômetro multicanal com arranjo linear de fotodetectores (Ocean Optics Inc.), CENA, USP, Piracicaba, SP, 2005.....	48
Figura 8 - Comprimentos de onda em nanômetros emitidos pela lâmpada fluorescente vermelha (Ecolume 16 Watts RS), avaliada com espectrofotômetro multicanal com arranjo linear de fotodetectores (Ocean Optics Inc.), CENA, USP, Piracicaba, SP, 2005.....	48

Figura 9 - Comprimentos de onda em nanômetros emitidos pela lâmpada fluorescente branca (Ecolume 16 Watts RS), avaliada com espectrofotômetro multicanal com arranjo linear de fotodetectores (Ocean Optics Inc.), CENA, Piracicaba, USP, SP, 2005.....	49
Figura 10 - Temperaturas máximas e mínimas de 1 <sup>o</sup> fevereiro a 7 de abril, da região de Piracicaba no período de realização do experimento (I), coletados da Base de Dados do Posto Agrometeorológico, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005.....	49
Figura 11 - Temperaturas máximas e mínimas de 14 abril a 30 de maio, da região de Piracicaba no período de realização do experimento (II), coletados da Base de Dados do Posto Agrometeorológico, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005.....	50
Figura 12 - Temperaturas máximas e mínimas de 2 de abril a 29 de maio, da região de Piracicaba no período de realização do experimento (III), coletados da base de dados do posto Agrometeorológico, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2006.....	50

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise da variância conjunta dos parâmetros avaliados, número de estacas vivas (V), número de folhas remanescentes nas estacas (F), número de estacas enraizadas (R), peso seco de raízes (PSR), sob diferentes tratamentos de luz e IBA, do experimento sobre enraizamento de estacas de goiabeira cv Paluma, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005.....	51
Tabela 2 - Médias das porcentagens de estacas vivas de goiabeira cv Paluma com tratamento de duas horas noturnas com luzes fluorescentes coloridas e branca (16W), e concentrações de IBA (0; 2000; 4000; 6000 mg L <sup>-1</sup> ), no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005.....	52
Tabela 3 - Médias das porcentagens de estacas com folhas remanescentes de goiabeira cv Paluma com tratamento de duas horas noturnas com luzes fluorescentes coloridas e branca (16W), e concentrações de IBA (0, 2000, 4000, 6000 mg L <sup>-1</sup> ), no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005.....	53
Tabela 4 - Médias das porcentagens de estacas enraizadas de goiabeira cv. Paluma com tratamento de duas horas noturnas de luz fluorescentes coloridas e branca (16W), e concentrações de IBA (0, 2000, 4000, 6000 mg L <sup>-1</sup> ) no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005.....	54
Tabela 5 - Médias das porcentagens de peso seco de raízes de estacas de goiabeira cv Paluma com tratamento de duas horas noturnas de luzes fluorescentes coloridas e branca (16W), e concentrações de IBA (0, 2000, 4000, 6000 mg L <sup>-1</sup> ) no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005.....	55
Tabela 6 - Análise da variância conjunta dos parâmetros, número de estacas vivas (V), número de folhas remanescentes nas estacas (FR), número de estacas enraizadas (R), peso seco de raízes (PSR), sob diferentes tratamentos de luz e IBA, do experimento sobre enraizamento de estacas de porta-enxerto de pessegueiro cv Okinawa ESALQ - USP Piracicaba, SP, 2005.....	56
Tabela 7 - Número de estacas vivas (ER) de seedlings de porta-enxertos cv Okinawa com tratamento de duas horas noturnas (20:00 - 22:00) com luzes fluorescentes coloridas e branca (16W) e concentrações de IBA (0; 2000; 4000; 6000 mg L <sup>-1</sup> ) no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005.....	57

Tabela 8 - Número de estacas com folhas remanescentes (FR) de seedlings de porta - enxertos cv Okinawa com tratamentos de duas horas noturnas de luz fluorescentes coloridas e branca (16W), e concentrações de IBA (0, 2000, 4000, 6000 mg L <sup>-1</sup> ) no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005.....	58
Tabela 9 - Número de estacas enraizadas (ER) de seedlings de porta-enxertos cv Okinawa com os tratamentos de duas horas noturnas de luz fluorescentes coloridas e branca(16W) e concentrações de IBA (0, 2000, 4000, 6000 mg L <sup>-1</sup> ) no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005.....	60
Tabela 10 - Peso seco de raízes (PS) de estacas de seedlings de porta-enxertos cv. Okinawa com os tratamentos de duas horas noturnas de luz fluorescentes coloridas e branca (16W), e concentrações de IBA (0, 2000, 4000 ,6000 mg L <sup>-1</sup> ) no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005.....	61
Tabela 11 - Análise da variância conjunta dos parâmetros: número de estacas vivas (V), número de folhas remanescentes nas estacas (FR), número de estacas enraizadas (R), peso seco de raízes (PSR), com duas horas de aumento do fotoperíodo (20:00 - 22:00) com luz (azul; amarela; vermelha; branca; testemunha) 16 Watts, e IBA (0; 2000; 4000; 6000 mg.L <sup>-1</sup> ), do experimento sobre enraizamento de estacas de pessegueiro cv. Okinawa, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2006.....	62
Tabela 12 - Número de estacas vivas (V) de seedlings de porta-enxertos cv Okinawa com tratamento de duas horas noturnas (20:00 - 22:00) com luzes fluorescentes coloridas e branca (16W) e concentrações de IBA (0; 2000; 4000; 6000 mg L <sup>-1</sup> ) no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2006.....	63
Tabela 13 - Número de estacas com folhas remanescentes (FR) de seedlings de porta-enxertos cv Okinawa com os tratamentos de duas horas noturnas de luz fluorescentes coloridas e branca (16W), e concentrações de IBA (0, 2000, 4000, 6000 mg L <sup>-1</sup> ) no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2006.....	64
Tabela 14 - Número de estacas enraizadas (ER) de seedlings de porta - enxertos cv Okinawa com os tratamentos de duas horas noturnas de luz fluorescentes coloridas e branca (16W), e concentrações de IBA (0,2000,4000,6000 mg L <sup>-1</sup> ) no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2006.....	64
Tabela 15 - Peso seco de raízes (PS) de estacas de seedlings de porta-enxertos cv Okinawa com os tratamentos de duas horas noturnas de luz fluorescentes coloridas e branca (16W), e concentrações de IBA (0,2000,4000,6000 mg L <sup>-1</sup> ) no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2006.....	65

## 1 INTRODUÇÃO

A luz é provavelmente, o mais complexo e variável fator ambiental ao qual as plantas estão expostas. Os componentes como qualidade, quantidade, direção e periodicidade, podem modular o crescimento e o desenvolvimento das plantas por efeito na fotossíntese ou morfogênese. As plantas usam a luz como fonte de informação sobre o ambiente delas, e também como fonte de energia para fotossíntese. Elas sentem a quantidade que é a taxa de fluência e a qualidade, que é o comprimento de onda, e respondem de várias maneiras. As respostas individuais à luz variam significativamente entre diferentes espécies. E cada tipo de célula responde distintamente a um estímulo particular de luz.

A habilidade na aplicação de reguladores de crescimento exógenos bloqueia ou aumenta a ação de várias bandas do espectro de luz, talvez provenha o uso do sistema no estudo dos processos sob a luz envolvendo fotorrecepção e resposta morfológica.

A luz como fonte de energia radiante pode ser manipulada pelo controle da irradiância, duração e qualidade. Um ambiente controlado com luz artificial é um sistema satisfatório por produzir transplantes de alta qualidade.

O desenvolvimento de uma fonte de radiação mais efetiva para uso em instalações para crescimento de plantas, seria um benefício significativo tanto para aplicação em pesquisa como para cultivos comerciais.

O objetivo do trabalho é verificar o efeito da qualidade da luz e do uso de regulador de crescimento (IBA) na propagação da goiabeira e pessegueiro através do uso de estacas caulinares.

## **2 Desenvolvimento**

### **2.1 Propagação por estaquia**

A propagação é um processo de multiplicação que ocorre através da divisão e diferenciação celular por meio da regeneração de partes da planta mãe. Consiste no uso de órgãos da planta, sejam eles estacas da parte aérea, de raízes, gemas ou outras estruturas especializadas, ou ainda meristemas, ápices caulinares, calos e embriões (GOMES et al., 2002).

A formação de gemas e raízes adventícias é dependente da desdiferenciação, que é a capacidade das células diferenciadas de iniciar divisão celular e formar novos pontos de crescimento meristemáticos (HARTMANN et al., 2002).

O uso desse método de propagação permite a obtenção de clones, que são grupos de plantas provenientes de uma matriz em comum, ou seja, com material genético uniforme e com idênticas necessidades climáticas, edáficas, nutricionais e de manejo.

Seu uso é justificado em espécies e cultivares que não produzem sementes viáveis como laranja Bahia e limão tahiti, e para perpetuação de clones altamente heterozigotos que perderiam suas características com a multiplicação sexuada (GOMES et al., 2002).

Denomina-se estaca qualquer segmento da planta mãe, com pelo menos uma gema vegetativa capaz de originar uma nova planta. Estaca caulinar, é quando este segmento tem origem da parte aérea da planta. O termo estaquia é utilizado para o processo de propagação com base na indução de raízes adventícias em estacas destacadas da planta mãe, que uma vez submetidas a condições favoráveis originam uma nova planta (GOMES et al., 2002).



## **2.2 Fatores que influenciam o enraizamento de estacas caulinares**

### **2.2.1 Espécies e cultivares**

A potencialidade de uma estaca formar raízes é variável com a espécie e também com a cultivar. Nesse sentido, pode ser feita uma classificação como espécie ou cultivar de fácil, mediano ou difícil enraizamento (FACHINELLO et al., 1994).

Entre as espécies, a habilidade de formar raízes de estacas de fácil, e difícil enraizamento, pode estar relacionada à diferença na capacidade de transporte polar de auxinas (FORD et al., 2002). Para James (1983), a diferença no enraizamento entre variedades está relacionada à velocidade de metabolismo endógeno de AIA aplicado externamente. E não à taxa de absorção ou distribuição para as brotações.

Segundo Epstein e Ludwig-Müller (1993), cultivares de fácil enraizamento seriam hábeis em converter IBA em AIA, o qual acumularia na base das estacas antes do enraizamento. O AIA conjugado estaria sujeito à oxidação e desativação, e o IBA conjugado não. A eficiência das duas auxinas na indução de raízes parece ser dependente da estabilidade de seus conjugados.

Existem entre espécies e entre cultivares, variações no efeito da luz sobre o enraizamento de estacas (HANSEN, 1975).

### **2.2.2 Tipos de estacas caulinares**

As estacas caulinares podem ser divididas em quatro grupos, de acordo com o tipo de tecido, sendo as lenhosas provenientes de brotações de crescimento do ano anterior, com tecido maduro e altamente lignificado (HARTMANN et al., 2002). São coletadas no período de dormência, quando apresentam maior taxa de regeneração potencial (FACHINELLO et al., 1994). As estacas semilenhosas são parcialmente maduras, originadas na estação de crescimento (HARTMANN et al., 2002). São coletadas no final do verão e início do outono. Em geral, o termo semilenhosas refere-se a estacas com folhas e mais lignificadas que as estacas pouco lenhosas

(FACHINELLO et al., 1994). As estacas de lenho mole ou pouco lenhosas são as brotações da estação de crescimento de plantas lenhosas, que ocorrem normalmente uma vez ao ano. Para algumas espécies de difícil enraizamento, as estacas pouco lenhosas podem ser usadas para propagação. As estacas herbáceas para HARTMANN et al. (2002), são aquelas brotações originadas de espécies herbáceas.

Curir et al. (1993), observaram que estacas herbáceas apicais são ricas em flavonóides, enquanto que fenóis prevalecem em estacas lenhosas basais, sendo os fenóis particularmente derivados do ácido cinnâmico, estando presentes em altas concentrações. O efeito promotor do enraizamento foi evidenciado por isoorientin, orientin, luteolin, presentes em tecido herbáceo, enquanto que derivados do ácido cinnâmico, encontrados em tecidos lenhosos foram grandes inibidores do enraizamento.

Na fruticultura, o emprego de estacas caulinares é elevado, uma vez que muitas espécies tais como framboezeira, amoreira-preta, cerejeira, goiabeira, caquizeiro, frutapão, noqueiras e várias outras têm sua multiplicação com base na estaquia (GOMES et al., 2002).

### **2.2.3 Substratos para enraizamento de estacas**

O meio de enraizamento tem como funções, manter aquecida a base das estacas durante o processo de enraizamento, prover a umidade suficiente, permitir a aeração e criar um ambiente escuro reduzindo a penetração de luz no substrato (HARTMANN et al., 2002).

Os efeitos do substrato, tanto sobre o percentual de enraizamento como sobre a qualidade das raízes formadas, relaciona-se especialmente com a porosidade, a qual afeta o teor de água retida, e o seu equilíbrio com a aeração. Diferentes materiais podem ser utilizados como meio para enraizamento, como a areia, a vermiculita, a cinza de casca de arroz, a casca de arroz carbonizada e solo (FACHINELLO et al., 1994).

A natureza do meio pode substancialmente influenciar no sucesso do enraizamento. É comum supor que o ótimo requerimento para o enraizamento de estacas pode ser especificado em termos de características físicas do substrato. Em

particular, a relativa proporção do volume de ar e água. Porém a hipótese não tem sustento, devido a grande diferença nos resultados observados na literatura. Onde a quantidade de ar no substrato, considerada como ótima para o enraizamento, varia de 1 a 20% (DAVIS et al., 1986).

Al-Saqri e Aldersen (1996), observaram que as raízes apresentam maior comprimento quando utilizada a mistura de substratos: turfa vermiculita e perlita, do que somente turfa e vermiculita, ou somente vermiculita.

#### **2.2.4 Umidade e Temperatura do ambiente de enraizamento**

A teor de água das estacas é o balanço entre a perda pela transpiração e a absorção. A absorção de água pelas folhas não é a maior contribuição para o balanço hídrico em muitas espécies. A proporção da base das estacas e parte da folhagem enterrados no substrato são os principais pontos de entrada para a água. A absorção de água pelas estacas é diretamente proporcional ao conteúdo volumétrico no meio de propagação, com substratos mais úmidos a absorção de água é maior. Porém, o excesso de água reduz a aeração do meio e pode levar a uma condição anaeróbica causando a morte das estacas. A absorção de água em estacas reduz após elas serem inicialmente inseridas no meio de propagação. O declínio na condutividade hidráulica em estacas é aparentemente causada pelo bloqueio dos vasos do xilema e/ou colapso dos traqueídeos, o qual é similar aos problemas observados com flores cortadas (HARTMANN et al., 2002).

A perda de água é uma das principais causas de morte de estacas. O potencial de perda de água de uma estaca é muito grande, especialmente considerando o período em que não há raízes formadas. A prevenção do murchamento é especialmente importante em espécies que exigem um longo tempo para formar raízes, e nos casos em que são utilizadas estacas com folhas (FACHINELLO et al., 1994).

A temperatura do substrato pode ser menor que a ideal para enraizamento devido ao resfriamento causado pela nebulização ou de acordo com a época, relacionada à temperatura do ar ambiente (HARTMANN et al., 2002).

O aumento da temperatura favorece a divisão celular para formação de raízes, especialmente em estacas herbáceas e semilenhosas, estimula uma elevada taxa de transpiração, induzindo ao murchamento das estacas (FACHINELLO et al., 1994).

Existe um consenso de que a temperatura ótima do meio para é de 18 a 25 °C para espécies de clima temperado e 7 °C maior para espécies de clima ameno. A temperatura do ar durante o dia de 21 a 27 °C e durante a noite de 15 °C são satisfatórias para enraizamento de estacas de muitas espécies temperadas, embora enraízem melhor em baixas temperaturas.

Altas temperaturas do ar tendem a promover alongação de gemas e iniciação de raízes, com aumento da perda de água pelas folhas. A iniciação de raízes em estacas é dependente da temperatura, mas o subsequente crescimento de raízes é altamente dependente dos carboidratos disponíveis. Sendo particularmente evidente em estacas lenhosas sem folhas, nas quais o excessivo enraizamento, iniciação e crescimento, podem reduzir as reservas armazenadas tornando os carboidratos insuficientes para um satisfatório crescimento de gemas (HARTMANN et al., 2002). O mesmo princípio serve para estacas com folhas, onde o crescimento de brotações pode desviar carboidratos tornando lento o enraizamento. A ótima temperatura do ar para o crescimento da cultura é provavelmente a melhor para o enraizamento de estacas.

A temperatura pode ser manipulada em duas fases, com alta na iniciação de raízes e baixa para o crescimento e desenvolvimento (HARTMANN et al., 2002).

### **2.2.5 Hormônios e reguladores de crescimento**

Hormônio vegetal é um composto orgânico, não nutriente, de ocorrência natural, produzido na planta, o qual em baixas concentrações, promove, inibe ou modifica processos morfológicos e fisiológicos do vegetal. E diferem dos reguladores de crescimento que são substâncias sintetizadas que aplicadas exogenamente possuindo ações similares aos grupos de hormônios vegetais conhecidos (CASTRO; VIEIRA, 2001).

Os hormônios móveis no floema atuam em parte no controle fisiológico da planta, e as concentrações nos tubos crivados são influenciadas pelo ambiente e estágio de

desenvolvimento da planta. A integração de atividades de raízes e brotações é complexa, mas é provável que envolva movimento de hormônios entre os dois (HOAD, 1995).

A dinâmica do nível dos reguladores durante as diferentes fases do enraizamento são mais importantes do que um nível específico em determinada fase (FEITO et al., 1996).

### **2.2.5.1 Auxinas**

As auxinas constituem uma pequena classe de hormônios que tem profundos efeitos no desenvolvimento de plantas. Entre as respostas celulares rápidas da adição de auxinas está a alteração da expressão de genes, e a abundância de várias espécies de RNA mensageiros, sendo apresentados aumentando ou decrescendo em minutos ou horas, após o tratamento com auxinas (SITBON; PERROT-RECHENMANN, 1997).

O desenvolvimento da plasticidade que caracteriza as plantas permite de forma restrita que estas respondam às condições ambientais externas. As auxinas são citadas como mediadoras centrais destas respostas, e tem sido apresentadas atuando via alongação celular (TEALE et al., 2005).

As auxinas promovem o desenvolvimento de raízes adventícias em caules. Muitas espécies lenhosas tem primórdios de raízes adventícias pré-formadas em seu caule, que permanecem dormentes por um longo tempo, a menos que sejam estimulados pelas auxinas. Os primórdios estão freqüentemente nos nós ou nos entrenós próximos aos nós inferiores. Os ramos com primórdios de raízes adventícias pré-formadas vão formar raízes adventícias, as quais resultam da divisão da camada externa do floema (SALISBURI; ROSS, 1992).

Os níveis de inibição das auxinas variam de tecido para tecido, sendo a concentração ótima, mais baixa nas raízes, mais alta nos caules, e intermediária nas gemas. A resposta da planta à auxina endógena ou aplicada é portanto, depende tanto da natureza do tecido, como da concentração da substância presente (GALSTON; DAVIES, 1972).

A interação entre auxinas e citocininas é uma relação primária na propagação de plantas. A alta relação auxina/citocinina favorece o enraizamento, a alta relação citocinina/auxina favorece a formação de brotações, o alto nível de ambos favorece o desenvolvimento de calos. As citocininas promovem a divisão celular, elas atuam em plantas intactas retardando ou reduzindo a senescência, reduzindo a velocidade de degradação da clorofila e proteína celular (HARTMANN et al., 2002).

Experimentos com tecidos de caule indicaram que baixas concentrações de auxina promovem a diferenciação do floema, ao passo que altos níveis de AIA induzem a formação do xilema (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Eliasson & Areblad (1984), observaram que a influência do AIA no enraizamento é dependente do período de tempo que a auxina está presente na solução.

A habilidade do IBA em induzir raízes é devido ao fato de que o nível deste permanece elevado por um tempo maior do que o AIA [NORDSTRÖM et al.,(1991), EPSTEIN; LUDWIG-MÜLLER,(1993)], embora o IBA seja também metabolizado no tecido (NORDSTRÖM et al.,1991).

Wang et al. (2003), concluíram que o IBA aplicado poderia agir diretamente como auxina endógena, promovendo a formação de raízes laterais.

Cultivares de fácil enraizamento seriam hábeis em converter IBA em AIA, o qual acumularia na base das estacas antes do enraizamento. O AIA conjugado estaria sujeito à oxidação e desativação, e o IBA conjugado não. A eficiência das duas auxinas na indução de raízes parece ser dependente da estabilidade de seus conjugados (EPSTEIN; LUDWIG-MÜLLER, 1993).

Nordström e Eliasson (1991), observaram que a iniciação de raízes pode ocorrer sem aumento dos níveis de AIA na zona de regeneração destas. E uma concentração constante proveniente do ápice das brotações, é transportada basipetalmente, e o excesso de hormônio é conjugado com ácido aspártico prevenindo a acumulação de AIA no tecido.

Ford et al. (2002), concluíram que a diferença na habilidade de transporte polar de auxinas entre as espécies estudadas, contribuiu para a diferença na habilidade do enraizamento.

James (1983), observou que diferenças no enraizamento de porta enxertos de macieira *Malus pumila*, M.9 e M.26, reflete diferença no metabolismo endógeno de AIA aplicado externamente, e não na taxa de absorção ou distribuição em brotações.

Eliasson (1981), cita que o número de raízes é determinado por um delicado balanço entre o efeito estimulatório, e fatores endógenos inibitórios. A menor variação criada pela planta matriz ou pelo tratamento das estacas afeta este balanço.

Ludwig-Müller; Raisig e Hilgenberg (1995), demonstraram que não existem grandes diferenças no transporte de AIA e IBA.

Maldiney et al. (1986), observaram que na primeira fase do enraizamento, na reativação das células do periciclo e formação de primórdios de raízes, correspondeu a uma alta taxa de AIA na formação de tecidos de raízes. Enquanto que na segunda fase, na alongação de raízes jovens foi caracterizado por uma baixa taxa com baixos níveis de hormônios.

#### **2.2.5.2 Citocininas**

As citocininas são um grupo de hormônios de grande importância para o crescimento vegetal sendo essenciais para a divisão celular (HARTMANN et al., 2002). Promovem a formação de gemas ou raízes a partir de calos em cultura, quando em concentrações molares adequadas de auxina. Retardam a senescência foliar, e a expansão dos cotilédones em dicotiledôneas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As citocininas desempenham papel chave na regularização da proliferação de células iniciais de vascularização. Pois em mutantes que não apresentam floema em suas raízes, o sistema vascular é composto quase que inteiramente de xilema. As mutações no receptor de citocininas interrompem o desenvolvimento da vascularização da raiz. Sendo indicado que o defeito deve-se a um número insuficiente de células iniciais de vascularização. E que todas as células tornam-se comprometidas com a formação do xilema, não sobrando células iniciais para formar o floema (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Com aplicação exógena de citocininas, o processo de enraizamento não se apresenta apto até que o conteúdo tenha sido reduzido a determinados valores. Porém

deve ser enfatizado que o tratamento com citocininas não danifica a habilidade das estacas em formar raízes (BOLLMARK; ELIASSON, 1986).

A citocinina adicionada à base das estacas pode compensar o baixo suprimento do hormônio para o enraizamento. Mas se as citocininas estiverem presentes em solução no início do período de enraizamento, mesmo em baixas concentrações, ocorre inibição ou retardamento do enraizamento. A alta sensibilidade e o efeito inibitório das citocininas está restrito à fase inicial do desenvolvimento de raízes. Desta forma, raízes iniciais ou primórdios formados do quarto ao sexto dia continuam seu desenvolvimento na presença de citocininas (BOLLMARK; ELIASSON, 1986).

Bertell e Eliasson (1992), observaram que as citocininas influenciam os processos de crescimento de raízes por diversos mecanismos. Verificando uma interação sinérgica entre o AIA endógeno, mantido em alto nível pelo tratamento com citocinina, e o aumento do nível de etileno, o que comprovaria os efeitos das citocininas durante os primeiros dias do tratamento.

Taylor e Staden (1997), observaram que quantitativas e qualitativas mudanças ocorreram no nível de citocininas combinadas no período de formação de raízes em estacas. O pico da atividade de citocinina combinada polar coincidiu com estágio de iniciação e desenvolvimento dos primórdios de raízes. A atividade das auxinas conjugadas não polares apresentou grande flutuação, mas somente exibiu substancial aumento após terem as raízes começado a alongar.

Quando as estacas estão enraizando, o conteúdo de citocininas é gradualmente metabolizado para favorecer o crescimento de raízes latentes e gemas, ou é simplesmente inativada pelos tecidos da planta. Mas volta a aumentar quando as raízes se formam (OKORO; GRACE, 1978).

## **2.2.6 Efeito da luz no enraizamento de estacas**

### **2.2.6.1 A luz e as plantas**

O sol, fonte da vida terrestre, emite ondas eletromagnéticas, com energia gerada através de processos nucleares. Que atinge a terra após atravessar  $1,5 \times 10^6$  Km de



espaço sideral em oito minutos (VILLA NOVA; SANTIAGO; REZENDE, 2001). Cerca de 30% da energia ( $13 \times 10^{23}$  calorias/ano) é imediatamente refletida de volta ao espaço, na forma de luz. E aproximadamente 20% é absorvida pela atmosfera terrestre. Grande parte da energia dos 50% restantes, é absorvida pela crosta terrestre e convertida em calor. Da energia que alcança a terra, menos de 1% é capturada pelas células das plantas e outros organismos fotossintetizantes, e convertida em energia que movimenta quase todos os processos da vida (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001).

A luz possui características tanto de onda quanto de partículas. Uma onda é caracterizada pela distância entre dois picos sucessivos. A luz é uma onda eletromagnética transversal, onde os campos magnético e elétrico oscilam perpendicularmente à direção da propagação da onda.

A luz também é uma partícula, a qual denominamos fóton. Cada fóton contém uma quantidade de energia denominada quantum. O conjunto de fótons é denominado quanta. O conteúdo de energia da luz não é contínuo, mas emitido em pequenos pacotes. A luz solar é uma chuva de fótons de diferentes frequências. Nossos olhos são sensíveis apenas a uma pequena faixa de frequências, a região da luz visível do espectro eletromagnético. A luz com frequências levemente superiores ou comprimentos de onda mais curtos está na faixa do ultravioleta e a luz com frequências levemente inferiores de comprimento de onda mais longos está na faixa do infravermelho (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As plantas usam a luz como fonte de informação sobre o ambiente delas, e também como fonte de energia para fotossíntese. Elas sentem a quantidade que é a taxa de fluência, e a qualidade que é o comprimento de onda, e respondem de várias maneiras, desde a germinação de seedlings à regulação do florescimento. Muitas destas respostas requerem mudanças na expressão de genes dos cloroplastos e no núcleo da célula. (TERZAGHI; CASHMORE, 1995).

A luz é provavelmente o mais complexo e variável fator ambiental ao qual as plantas estão expostas. Os componentes qualidade, quantidade, direção e periodicidade podem modular o crescimento e o desenvolvimento das plantas por efeito na fotossíntese ou morfogênese (GARELLO et al., 1995).

Segundo Botto et al. (1996), existem diferentes sinais de luz, diferentes fitocromos, diferentes modos de ação dos fitocromos e diferentes respostas.

As respostas individuais à luz variam significativamente entre diferentes espécies. E cada tipo de célula responde distintamente a um estímulo particular de luz (ARNIM; DENG, 1996).

A morfogênese em órgãos de plantas superiores in vitro é controlada por estágios fisiológicos da planta doadora de explantes, nutrição mineral, interação entre hormônios exógenos, endógenos e fatores do ambiente incluindo luz (FUERNKRANZ; NOWAK; MAYNARD, 1980).

O desenvolvimento de uma fonte de radiação mais efetiva para uso em instalações para crescimento de plantas, seria um benefício significativo tanto para aplicação em pesquisa como para cultivos comerciais (BULA et al., 1991).

A habilidade na aplicação de reguladores de crescimento exógenos bloqueia ou aumenta a ação de várias bandas do espectro de luz, talvez provenha o uso do sistema no estudo dos processos sob a luz envolvendo fotorrecepção e resposta morfológica (FUERNKRANZ; NOWAK; MAYNARD, 1980).

A morfogênese em plantas pode ser influenciada pelo correto uso de lâmpadas e filtros. A luz amarela de baixa intensidade consistentemente produz alta percentagem de enraizamento e número de raízes por brotação, alto peso de matéria seca de raízes e brotações (FUERNKRANZ; NOWAK; MAYNARD, 1980).

Tecidos jovens e imaturos sofrem profundas mudanças de desenvolvimento, os quais podem ser controlados pela manipulação dos tratamentos com luz e analisados com grande precisão (SMITH, 1975).

Uma das vantagens da utilização de lâmpadas fluorescentes é que a energia radiante é quase toda dentro banda visível, e assim o cálculo do total de irradiação efetiva é mais facilmente realizado. Outra vantagem específica para estudos fotomorfogênicos é o baixo conteúdo de energia radiante acima de 700 nanômetros na lâmpada, permitindo uma construção de fontes de luz simples. O isolamento de regiões de comprimento de onda específicos, nestas fontes primárias é normalmente alcançado pelo uso de filtros de vários tipos (SMITH, 1975).

A luz é importante para a fotossíntese como fonte de energia radiante, e pode gerar calor que precisa ser controlado. O manejo da luz pode ser crítico para o enraizamento, pois a alta temperatura pode causar dessecação e morte de estacas. A temperatura pode ser manipulada pelo controle da irradiância, duração e qualidade (HARTMANN et al., 2002). Um ambiente controlado com luz artificial é um sistema satisfatório por produzir transplantes de alta qualidade (FUJIWARA et al., 2004).

Muitos propagadores medem a intensidade da luz, determinando o fluxo de fótons de luz, é mais apurado. É por que o processo de fotossíntese depende do número de fótons interceptados (fluxo fotossintético de fótons), e não da intensidade da luz. Estacas de algumas espécies de plantas lenhosas enraízam melhor sob relativa baixa irradiância. Estacas de certas espécies herbáceas como crisântemo e gerânio, enraízam melhor quando a irradiância é aumentada ( $116 \text{ W m}^{-2}$ ) durante os meses de inverno. Irradiância muito alta ( $174 \text{ W m}^{-2}$ ) danifica as folhas das estacas, retarda o enraizamento e reduz o crescimento de raízes (HARTMANN et al., 2002).

A luz inibe a iniciação de raízes em estacas onde o conteúdo de carboidratos está acima do ótimo, em relação ao nível endógeno de auxinas (HANSEN; ERIKSEN, 1974).

#### **2.2.6.2 Intensidade da luz no enraizamento**

A irradiância é a quantidade de energia que incide sobre um sensor plano de área conhecida por unidade de tempo. É expressa em Watts por metro quadrado, ou em moles de quanta por metro quadrado por segundo, também referida como taxa de fluência. E irradiância de fótons, é a medida de energia luminosa expressa em moles por metro quadrado por segundo, onde 1 mol de luz equivale a  $6.02 \times 10^{23}$  fótons, que é o número de Avogadro (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As condições de luz podem ter profunda influência no enraizamento. A luz afeta o nível de citocininas endógenas, sendo possível que induza à inibição do enraizamento devido ao aumento do conteúdo de citocininas (BOLLMARK; ELIASSON, 1990).

O nível de irradiância de 6 a  $10 \text{ W m}^{-2}$  satisfaz o requerimento de estacas de *Pinus silvestris* e Aspen por fotossíntese, enquanto que alto nível de irradiância tem efeito inibitório no enraizamento (HANSEN; STRÖMQUIST; ERICSSON, 1978).

O aumento da intensidade de luz de 2000 para 3000 lux incrementou em 25% o número de raízes formadas “in vitro” em brotações de pereira OhxF97 melhorando a qualidade das raízes formadas (LEITE; FINARDI; FORTES, 2000).

Em média densidade de fluxo de fótons ( $270 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), ocorre um aumento de área de folha, nova formação de raízes e aumento na concentração de carotenóides (JEON et al., 2005).

Foi observada uma correlação entre a irradiância de  $23 \text{ W m}^{-2}$  e o diâmetro basal dos internódios das estacas enraizadas, o que indica que o status nutricional do material apresenta importância no enraizamento (FISHER; HANSEN, 1977).

Kantarli; Appanah e Khoo. (1994), em experimento para observar a relação da luz no enraizamento de estacas, observaram que alta porcentagem de enraizamento de estacas foi obtido em um sistema com 20% de intensidade luminosa.

Seibert; Wetherbee e Job (1975), observaram que o crescimento e desenvolvimento de calos não dependem somente do comprimento de onda, mas também da intensidade da luz.

A acumulação de AIA na base de estacas de *Pisum sativum* (L.) é maior sob alta irradiação ( $36 \text{ W m}^{-2}$ ). E sob baixa irradiação ( $16 \text{ W m}^{-2}$ ), o AIA se distribui ao longo da estaca sendo correlacionado com uma produção maior, e mais distribuída de raízes (DAVIS; HAISSIG; SANKHLA, 1985).

A Fotomorfogênese em plantas pode ser influenciada pelo correto uso de lâmpadas e filtros. A intensidade e a qualidade do espectro de luz afeta significativamente a formação e crescimento de raízes. A luz amarela de baixa intensidade consistentemente produz alta porcentagem de enraizamento e número de raízes por brotação, alto peso de matéria seca de raízes e brotações (FUERNKRANZ; NOWAK; MAYNARD 1980).

Muir e Zhu (1983), em trabalho sobre o efeito de luz no controle do crescimento pelas auxinas e inibidores do crescimento, observaram que compostos exsudados do hipocótilo e folhas de seedlings de girassol continham auxinas e inibidores do crescimento induzidos por auxinas. Sendo que os compostos provenientes de plantas mantidas no escuro apresentaram alta atividade de auxinas e baixa atividade de inibidores de crescimento. A irradiação com luz vermelha extremo ( $0,7 \text{ W m}^{-2}$ ), no

comprimento de onda de 730 nm promove a síntese de auxinas em folhas. E a irradiação com luz vermelha ( $0,4 \text{ W m}^{-2}$ ), no comprimento de onda de 660 nm promove a síntese de inibidores do crescimento.

Com algumas espécies temperadas a luz aceitável é de 20 a  $100 \text{ W m}^{-2}$ . Para o trabalho de propagação com irradiância controlada, é necessário determinar o nível e ajustar para cada sistema particular (HARTMANN et al., 2002).

Arnim e Deng (1996), citam que a composição, intensidade e comprimento de onda da luz são importantes fatores para determinar a rapidez do crescimento das células, acumulação de pigmentos e diferenciação dos plastídios.

Eliasson e Brunen (1980), observaram que o mais efetivo enraizamento ocorre sob baixa intensidade de luz (menos de  $2 \text{ W m}^{-2}$ ). Considerando que no escuro, ou sob muito baixa irradiação, a formação de raízes é inibida. O ótimo nível de irradiação está associado com o requerimento nutricional no processo de enraizamento. O aumento do requerimento nutricional pode resultar em uma rápida redução dos carboidratos nas folhas que podem ser repostos com um aumento na taxa de fotossíntese.

Eliasson (1978), observou que a aplicação de luz de baixa intensidade ( $8 \text{ W m}^{-2}$ ) em presença de sacarose, aumentou significativamente o número de raízes formadas em estacas. Sendo que a sacarose não apresentou efeito no enraizamento quando as estacas foram submetidas na intensidade de irradiação de  $40 \text{ W m}^{-2}$ .

A intensidade da irradiação não é o único fator que regula a disponibilidade de assimilados na zona de enraizamento. O crescimento de brotações pode competir por nutrientes para formação de raízes. Sendo observado que o transporte basípeto de auxinas estimula a translocação de assimilados para a região de formação de raízes. Sendo que a aplicação de auxina exógena apresenta algum efeito (Eliasson, 1978).

A intensidade da luz pode afetar a taxa de carboidratos e auxinas, os quais são importantes parâmetros de regulação da formação de raízes (TYBURSKI; TRETYN, 2004).

A inibição do enraizamento de estacas observada sob alta irradiância foi relacionada com a superprodução de carboidratos que se tornaram muito elevados quando comparados com a taxa de auxinas endógenas (Hansen et al., 1974).

O efeito regulatório da luz no processo de enraizamento pode resultar da interação da luz e fitohormônios, particularmente auxinas. Como exemplo, alta irradiância favorecendo a formação de raízes em resposta ao suprimento de ácido indolacético ou indolilbutírico (TYBURSKI; TRETYN, 2004).

A alta irradiância, acima de  $280 \mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$  favorece um maior percentual de raízes, apresentando mais raízes, e curtas. Enquanto que em  $70 \mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$  ocorre menor número de raízes, e mais longas (WALKER; JACQUES; MIGINIAC, 1987).

Stromquist e Eliasson (1979), observaram que se a base das estacas for mantida no escuro, o enraizamento é maior em  $40 \text{ Watts m}^{-2}$  do que em  $8 \text{ Watts m}^{-2}$ .

Fogaça e Fett-Neto (2005), observaram que auxinas de estabilidade intermediária são mais favoráveis ao enraizamento, particularmente para espécies de eucalipto de difícil enraizamento. Alta intensidade de luz  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , com lâmpadas fluorescentes brancas, e um fotoperíodo de 16 horas em presença de auxinas exógenas, promovem resposta de enraizamento. A ausência do ápice meristemático ou compostos fenólicos externos, não são limitantes para o enraizamento induzido por auxinas exógenas.

Kim et al. (2004), em trabalho sobre suplementação de luz verde para aumentar o crescimento de alface sob luz emitida por diodo (LED) vermelha e azul. A suplementação com luz verde pode oferecer benefícios como penetrar na parte superior da planta e aumentar o crescimento desta pelo aumento da fotossíntese em folhas na parte inferior. Os autores observaram que a adição de 24% de luz verde (500 a 600 nm) entre as luzes azul e vermelho (LED), aumenta o crescimento da planta. No tratamento com luzes vermelha, azul e verde as plantas produziram mais biomassa do que o crescimento sob lâmpadas fluorescentes brancas frias.

A fotossíntese em estacas não é um requerimento absoluto para formação de raízes. O aumento da irradiância da luz nem sempre é um promotor do enraizamento, e a fotossíntese líquida de estacas não enraizadas é saturada em relativamente baixo nível de radiação fotossinteticamente ativa (PAR). A alta PAR não aumenta a fotossíntese e pode levar a dessecação das estacas (HARTMANN et al., 2002).

A irradiância pode ser variada pela alteração da distância da cultura da fonte de luz (WAINWRIGHT; FLEGMANN, 1984).

No enraizamento de estacas, baixa irradiância de luz pode ser usada inicialmente para acelerar a iniciação de raízes, pela redução do stress hídrico, e aumentando a irradiância durante a emergência dos primórdios de raízes, para manter uma rápida alongação dos primórdios, e desenvolvimento do sistema radicular.

A fotossíntese em estacas é mais importante após a iniciação de raízes ter ocorrido, auxiliando no rápido desenvolvimento e crescimento (HARTMANN et al., 2002).

Durante o período de enraizamento, se a base das estacas não for protegida da luz direta, o número de raízes formadas é bastante reduzido (ELIASSON, 1978).

Em estacas pouco lenhosas, a luz é necessária para satisfazer em parte, a demanda de assimilados durante o processo de enraizamento pela fotossíntese. Sendo bastante baixo o nível de irradiância que satisfaz a demanda das estacas por assimilados fotossintéticos (ELIASSON; BRUNES, 1980). O suprimento de açúcar pode então ser parcialmente substituído pela luz em baixa irradiância (ELIASSON, 1978).

O conteúdo de amido decresce em estacas de 8 e 36  $W m^{-2}$ , indicando que a luz pode não estar sendo eficientemente utilizada na fotossíntese. E, um possível modo de reduzir os efeitos adversos, até que as raízes sejam formadas, é utilizar luz fraca para irradiação das estacas. O melhor enraizamento foi observado em 2  $W m^{-2}$ , e não formaram raízes abaixo desta irradiância, indicando que um certo nível de fotossíntese é essencial para o enraizamento (ELIASSON; BRUNES, 1980).

Embora o enraizamento de brotações derivadas do cultivo in vitro para muitas espécies ocorra em uma ampla gama de intensidade de luz, parece que para a maioria, existe uma irradiância ótima para um máximo enraizamento (ECONOMOU; READ, 1987).

A quantidade de luz é um importante fator para determinar a taxa de proliferação de brotações numa irradiância entre 8 e 18  $W m^{-2}$  (WAINWRIGHT; FLEGMANN, 1984).

Fatores dependentes da luz, os quais promovem o enraizamento, devem acumular até um certo valor limite para que se tornem estimuladores efetivos da formação de raízes. A luz é requerida particularmente durante a fase inicial do enraizamento, quando a iniciação e formação de primórdios de raízes ocorre. A fase

final caracterizada por crescimento externo e alongação de novas raízes formadas parecem ser menos dependentes (TYBURSKI; TRETYN, 2004).

Geralmente o decréscimo da irradiância durante o estágio de planta resulta em aumento do número de raízes por estacas (HANSEN; ERNSTSEN, 1982).

Norton et al. (1988), observaram que irradiância de específico comprimento de onda pode imitar ou substituir a dependência de citocininas.

Hansen et al. (1978), observaram que os níveis de amido e carboidratos solúveis em estacas, aumentaram em nível similar de irradiância à  $8 \text{ W m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Em plantas lenhosas, baixos níveis de irradiação têm sido indicadas como suficientes para suprir totalmente a demanda das estacas por produtos fotossintetizados (STRÖMQUIST; ELIASSON, 1979).

O enraizamento de porta-enxertos de pêra não é dependente do fotoperíodo, mas sim, da energia radiante total (WANG, 1992).

Ocorre elevada acumulação de AIA em estacas de porta-enxertos crescendo sob  $38 \text{ W m}^{-2}$  do que sob  $16 \text{ W m}^{-2}$  (ANDERSEN, 1984), o que pode indicar que, o efeito promotor ou inibidor da alta irradiância no enraizamento depende do genótipo da planta (ECONOMOU; READ, 1987).

### **2.2.6.3 Qualidade da luz no enraizamento**

A qualidade da luz é percebida pelo olho humano em cores e corresponde a específica gama de comprimento de onda. A luz vermelha é conhecida por aumentar a germinação de sementes, enquanto que a vermelho distante inibe. A luz vermelha distante pode promover a formação de bulbos em plantas de dias longos. A luz azul aumenta a regeneração de gemas in vitro (HARTMANN et al., 2002).

A qualidade da luz é um importante fator na regulação da composição e função das membranas do tilacóides, porém o efeito depende das espécies de plantas (LEONG; GOODCHILG; ANDERSON, 1985).

Entre os fatores revelam a periodicidade anual, e afetam a condição fisiológica de plantas matrizes estão a temperatura, irradiância, fotoperíodo, e distribuição da energia espectral (HANSEN; ERNSTSEN, 1982).



Vários hormônios podem estar envolvidos na mediação das respostas das plantas à luz azul, as quais resultam em mudanças no balanço entre os níveis endógenos de promotores de crescimento, e substâncias de inibição de crescimento (VOLMARO et al., 1998).

O potencial de micropropagação, medido o total de nós por explante, foi alto quando as folhas foram retidas sob luz azul. A produção de raízes foi afetada pela remoção das folhas e luz colorida, e não pelo fotoperíodo aplicado. A remoção das folhas resultou em pequenas e curtas raízes (CHÉE; POOL, 1989).

Na folha intacta, a luz azul ativa uma ATPase bombeadora de prótons que reduz o pH do espaço apoplástico ao redor das células-guarda. A absorção de íons estimulada pela luz azul e a acumulação de solutos orgânicos aumenta a pressão osmótica das células. Como resultado a água entra nas células, levando a um aumento do turgor que nas células-guarda com paredes intactas, é traduzido em um aumento na abertura estomática. O aumento nas taxas de bombeamento de prótons em função das taxas de fluência de luz azul indica que taxas crescentes de fótons azuis na radiação solar que atinge a folha causam uma maior abertura estomática (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O efeito da irradiação com luz azul na acumulação de clorofilas e carotenóides parece ser uma resposta somente à baixa fluência (WARPEHA; KAUFMAN, 1989).

Existe a possibilidade da ocorrência de duas diferentes respostas à luz azul. A resposta à baixa fluência causando supressão do crescimento do epicótilo de seedlings de *Pisum sativum*, e resposta de alta fluência causando anulação da supressão do crescimento (WARPEHA; KAUFMAN, 1990).

As respostas de baixa fluência no azul, de plantas crescendo no escuro, não é resposta do fitocromo, mas em grande parte é devido à excitação do receptor de luz azul (WARPEHA; KAUFMAN, 1990). O uso de luz vermelha em pré-irradiação indica que a resposta do azul não é simplesmente devido à presença da forma do fitocromo Pfr, no tempo de irradiação de luz azul. É possível que os seedlings precisem ter um estado de desenvolvimento particular antes de ser competente para responder à alta fluência de azul (WARPEHA; KAUFMAN, 1990).

Sponga; Deitzer e Mancinelli (1986), em trabalho sobre criptocromo, fitocromo e fotoregulação da produção de antocianina sob luz azul, observaram que o criptocromo

está envolvido na fotoregulação da produção de antocianina produzida por seedlings de tomate sob luz azul.

Sendo a produção de antocianina expressada em função da taxa de fluência de fótons, a luz vermelha extremo é significativamente mais efetiva do que a luz azul. Aproximadamente  $20 \mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$  de luz azul e  $3 \mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$  de luz vermelho extremo são requeridos para produção da mesma quantidade de antocianina. Em termos de eficiência quantum, a luz vermelha extremo é sete vezes mais efetiva do que a luz azul (SPONGA; DEITZER; MANCINELLI, 1986).

Gaba; Black e Attridge (1984), observaram que há alguma ativação do fitocromo para baixa taxa de fluência de azul, um efeito que contribui para a inibição do crescimento. Porém, há indicação de que a luz azul não atua primariamente via fitocromo, mas por um fotorreceptor específico para esta.

Jao e Fang (2004), em trabalho com explantes de batata in vitro com simultânea ou alternada iluminação com luz azul (55%) e vermelho (45%), com  $5,53 \text{ m}^{-2}$ , com um fotoperíodo de 16 horas de luz e 8 de escuro. Os autores observaram que a acumulação de peso fresco e seco dos explantes foi superior com iluminação simultânea de vermelho e azul, indicando que a coexistência de vermelho e azul é necessária para um bom crescimento dos explantes.

Lavee; Volkenburgh e Cleland (2003), observaram que as luzes azul e verde induziram menor alongação da folha do que as luzes vermelha e branca na mesma intensidade. A luz azul aumentou o epicótilo, o caule e a alongação do pecíolo. O pH da seiva do caule em plantas expostas a luz branca foi significativamente menor do que em vermelho verde e azul. Porém a luz branca causou um rápido aumento do pH na superfície das folhas.

Independente da fotossíntese, a luz azul exerce dois efeitos pronunciados na respiração de plantas. Em baixa intensidade, com dependência do comprimento de onda correspondendo ao espectro de absorção de flavinas ou carotenóides, podendo dar origem a uma deficiência. E em altas intensidades, com dependência do comprimento de onda correspondendo ao espectro de absorção das heme proteínas, podendo causar inibição (KOVALLIK, 1982). Baixos níveis de carboidratos tem sido encontrados sob luz azul, sendo acompanhados de aumento na quantidade de

substâncias nitrogenadas, em presença de síntese e consumo de ATP (KOVALLIK, 1982).

Stasinopoulos e Hangarter (1990), observaram que uma grande proteção à degradação do AIA ocorreu quando todos os comprimentos de onda abaixo de 450 nm foram bloqueados. O crescimento dos tecidos dos explantes foi três ou quatro vezes maior sob luz com filtro amarelo. O aumento de crescimento em explantes sob filtro foi relacionado ao aumento da estabilidade do AIA.

Irradiação de estacas de crisântemo com fonte de luz de baixas taxas de vermelho e vermelho extremo aumentam o enraizamento de estacas. A qualidade da luz regula a regeneração e o desenvolvimento de raízes e brotações pelo efeito no balanço entre auxina e citocininas (DAVIS; HAISSIG; SANKHLA, 1987).

A iluminação que provém mais luz vermelha do que vermelho extremo apresenta maior enraizamento em muitas culturas em casa de vegetação (HARTMANN et al., 2002). As modificações na qualidade da luz em uma comunidade de plantas se devem basicamente a absorção diferencial da luz vermelho e vermelho extremo pelas plantas (ALMEIDA et al., 2002).

Heins; Healy e Wilkins (1980), em trabalho sobre a influência da iluminação noturna com luz vermelha, vermelho extremo, e luz incandescente no enraizamento de estacas de crisântemo. Observaram que o melhor enraizamento foi quando as plantas matrizes foram irradiadas com luz vermelha e as estacas foram enraizadas sob luz incandescente. E um pobre enraizamento foi observado quando as plantas matrizes foram irradiadas com luz incandescente e as estacas com luz vermelha.

A luz vermelha pode estimular a produção de citocinina e, ou, inibir a síntese de auxinas, ou aumentar a degradação de auxinas. Enquanto que a luz incandescente, a qual apresenta maior irradiância na região do vermelho extremo do espectro, pode apresentar resposta oposta (HEINS; HEALY; WILKINS, 1980).

A qualidade da luz na parte superior da copa realmente pode influenciar a regeneração de raízes e crescimento (HEINS; HEALY; WILKINS, 1980).

As plantas percebem as mudanças na composição da luz nos comprimentos de onda do vermelho e vermelho distante via fitocromo, e fazem ajustamentos fisiológicos de morfológicos adaptando-se às condições ambientais. As luzes vermelho e vermelho

extremo são conhecidas por inibir ou promover a alongação do caule de seedlings respectivamente. Em geral, ambientes com alta irradiância em vermelho são favoráveis para produção de plantas curtas e compactas (LI; RAJAPAKSE; YOUNG, 2003).

A radiação no laranja para o vermelho no final o espectro parece favorecer o enraizamento de estacas mais do que na região do azul (HARTMANN et al., 2002).

Fuernkranz; Nowak e Maynard (1990), em trabalho sobre o efeito da luz na formação de raízes adventícias in vitro, utilizando os tratamentos de luz (branca, vermelha, amarela e azul), concluindo que a luz branca apresentou efeito altamente negativo na formação de raízes. A luz azul entre 15 e 22  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , retardou significativamente a formação de raízes, e em 36  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  inibiu completamente. As brotações tratadas com luz amarela exibiram alta percentagem de raízes, maior número de raízes por brotação e maior peso seco. Observando ainda, uma relação negativa entre a intensidade de luz e a porcentagem de enraizamento.

Qualitativas diferenças foram observadas no vigor de plântulas enraizadas sob luz amarela do que as enraizadas sob escuro total. Plantas enraizadas no escuro logo cessam o seu crescimento, e apresentam maior dificuldade de aclimação após serem transferidas para o solo. Já as plantas enraizadas sob luz amarela não exibem problemas de aclimação após serem transferidas para o solo (FUERNKRANZ; NOWAK; MAYNARD, 1990).

A luz branca aumenta a intensidade de transporte de auxinas na região de enraizamento, pela estimulação do desenvolvimento de folhas jovens onde os hormônios são produzidos (TYBURSKY; TRETYN, 2004).

#### **2.2.6.4 Efeito do fotoperíodo no enraizamento**

Os fotoperíodos de 8,16 e 24 horas produzem efeito similar na percentagem e número de raízes formadas a 80  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Wang et al., 2003). Altos níveis de luz (28,4  $\text{W m}^{-2}$ ) aumentam o tempo para emergência das raízes (WAINWRIGHT; FLEGMANN, 1984).

A iluminação de calos com intensidade de 2500 a 3000 lux durante um período de 16 horas por dia, promoveu uma maior produção de alcalóides do que no escuro. A

iluminação aumenta a morfogênese de estruturas secundárias em calos, e as células do floema e xilema, é o sinal de que o metabolismo secundário iniciou. As mudanças na atividade das peroxidases refletem o padrão da biossíntese de alcalóides sob as condições da cultura (ZHAO; ZHU; HU, 2001).

O fotoperíodo pode atuar não somente no aumento da iniciação de raízes, mas também no aumento das reservas de carboidratos de plantas decíduas. Aumentando a sobrevivência de estacas enraizadas no inverno e promovendo um crescimento vigoroso na primavera (HARTMANN et al., 2002).

Para algumas espécies, o fotoperíodo sob o qual as estacas estão enraizando pode afetar a iniciação de raízes. Dias longos ou iluminação contínua são geralmente mais efetivos do que dias curtos, embora para algumas espécies, o fotoperíodo não tenha influência (HARTMANN et al., 2002).

O efeito do fotoperíodo no enraizamento pode ser mediado pelo efeito na síntese e/ou translocação de auxinas (CAMERON et al., 2005).

Altas reservas de carboidratos são importantes para o enraizamento de estacas. O crescimento de primavera depende das reservas acumuladas durante a prévia estação de crescimento. A interrupção da noite com iluminação entendendo o fotoperíodo natural mantém altas as reservas de carboidratos, aumentando o crescimento de raízes (HARTMANN et al., 2002).

A disponibilidade de carboidratos pode talvez explicar a diferença no número de raízes entre estacas tratadas com fotoperíodos de dias curtos e longos na metade do verão (CAMERON et al., 2005).

A percentagem de enraizamento de estacas aumentou após o tratamento de plantas matrizes com dias longos, comparando com estacas de plantas com crescimento natural (CAMERON et al., 2005).

Bhelle e Roberts (1974), em trabalho sobre a influência do fotoperíodo e temperatura no enraizamento de estacas, observaram que o fotoperíodo de 18 horas aumenta significativamente a atividade cambial, o enraizamento, a respiração de gemas. E acelera a quebra da dormência de gemas das estacas, comparando com as estacas propagadas sob fotoperíodo de 9 horas.

Bressan et al. (1982), observaram que a densidade de fluxo de fótons de  $17 \mu E m^{-2} s^{-1}$  (entre 400 a 700 nm), com 12 horas de luz diárias, foi ótimo para estimulação da multiplicação de brotações. Enquanto que  $66 \mu E m^{-2} s^{-1}$  foi ótimo para iniciação de raízes e subsequente sucesso no transplante para o solo, das plantas derivadas da cultura de tecidos. Um fotoperíodo de doze horas ou mais por dia foi requerido para uma ótima iniciação de raízes.

Smalley; Dirr e Dull (1987), em trabalho de enraizamento de estacas, utilizando como tratamentos um fotoperíodo curto de luz natural das 8:00 às 17:00 horas e o mesmo tratamento com mais quatro horas de iluminação noturna, das 22:00 às 02:00 horas com lâmpada incandescente de 75 W na distância de 75 cm das estacas, com uma intensidade de 3 a  $5 \mu mol m^{-2} s^{-1}$ , observaram que as estacas que quebraram a dormência das gemas apresentaram aumento nas reservas de carboidratos. O tratamento com iluminação noturna onde as estacas quebraram a dormência das gemas apresentou maior quantidade de carboidratos totais nos ramos, maior percentual de açúcares solúveis nas raízes, percentual de amido nas raízes, percentual total de carboidratos, e peso total de carboidratos por planta.

### **2.3 Carboidratos no enraizamento de estacas**

Já é de conhecimento a importância do conteúdo de carboidratos no enraizamento, e que os carboidratos acumulam na base das estacas durante o enraizamento. A quantidade de carboidratos acumulada na base das estacas tem sido correlacionada com atividade fotossintética, mas os carboidratos podem acumular nas partes superiores de estacas como em folhas, até depois das raízes terem sido formadas (HARTMANN et al., 2002).

O conteúdo de carboidratos em estacas, por um longo tempo tem sido considerados importantes na determinação do sucesso no enraizamento (OKORO; GRACE, 1976).

Na ocorrência do desenvolvimento de folhas e gemas, as reservas de carboidratos em estacas lenhosas caem progressivamente, até mesmo antes da expansão das folhas quando a fotossíntese tenha se tornada positiva. A contínua perda de carboidratos de segmentos de ramos de estacas lenhosas é atribuída à exportação para o desenvolvimento de raízes, folhas e calos.

A competição entre o crescimento de brotações e raízes por carboidratos formados na fotossíntese é considerada por causar os efeitos notórios, e por ser de importância para manutenção do balanço entre os sistemas de raízes e brotações (ELIASSON, 1971).

Um dos pronunciados fatores de facilidade de enraizamento em estacas pouco lenhosas foi o marcante transporte basipetal de carboidratos. Sendo acompanhado pela conversão em amido na porção basal. Nas estacas com raízes, foi observado 27% do conteúdo total de carboidratos, em peso seco, na porção basal. Mas somente 15% nas partes superiores (OKORO; GRACE, 1976).

Corrêa e Paim (2005), avaliando o efeito do tipo de carboidrato aplicado sobre o enraizamento de estacas observaram uma correlação positiva da glucose no enraizamento, tendo a sacarose um efeito menor, e a frutose não apresentando efeito. A glucose apresenta resposta se for aplicada durante a fase de indução de raízes.

Moncousin et al. (1992), avaliando o efeito do tipo de carboidrato no enraizamento de microestacas, observaram que durante a proliferação o sorbitol (0.176 M) apresentou um melhor resultado, as plantas crescendo com frutose pela aplicação direta, ou como resultado da hidrólise de sacarose, apresentaram uma tendência à formação de uma estrutura desorganizada, e os melhores resultados foram obtidos com sacarose (0.088 M) durante a proliferação, e glucose (0.088M) durante o enraizamento, não diferindo estatisticamente do sorbitol (0.176), usado em ambas as fases.

O crescimento das brotações reduz a mortalidade de estacas durante o inverno, pelo aumento dos carboidratos não estruturais. Sendo que o crescimento deve ocorrer bem antes do período de dormência (WILSON; STRUVE, 2004).

Todos os órgãos perenes de plantas lenhosas podem ter função de armazenamento, mas concentrações elevadas de carboidratos de reserva, são usualmente encontradas em tecidos de raízes. A acumulação das reservas é muito sensível as práticas de manejo e estresses da estação, a acumulação pode reduzir afetando o desempenho das plantas por vários anos (LOESCHER; McCAMANT; KELLER, 1990).

As mudanças no conteúdo de carboidratos e níveis endógenos de ABA e etileno podem estar envolvidos no comportamento diferencial do enraizamento sob diferentes níveis de irradiância ( $38 \text{ W m}^{-2}$ ;  $16 \text{ W m}^{-2}$ ) em diferentes níveis de stress hídrico (RAJAPOGAL; ANDERSEN, 1980).

As auxinas ou promotores e inibidores da iniciação de raízes dependem do conteúdo de glicose do meio. A concentração de glicose determina o efeito da auxina adicionada (HANSEN; ERIKSEN, 1974).

O nível de carboidratos pode facilmente se tornar um fator limitante para a formação de raízes. O número de raízes aumenta com o aumento da irradiância. Em baixo nível de irradiação ( $8 \text{ W m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), o suprimento de sacarose (1%) pelo meio de enraizamento, aumenta o número de raízes, sendo o peso seco altamente influenciado. A deficiência de produtos fotossintéticos das estacas pelo crescimento no escuro ou em baixa irradiância, afeta primeiramente a formação de raízes. O suprimento de açúcar pode, em parte, ser substituído pela luz. Pelo aumento do número de raízes formadas em baixo nível de irradiância (ELIASSON, 1978).

## **2.4 Fatores anatômicos do enraizamento de estacas**

As raízes adventícias podem ser de dois tipos, as raízes pré-formadas e as raízes induzidas por lesões no tecido. As raízes pré-formadas se originam e permanecem dormentes dentro dos ramos. Estas raízes, depois que as estacas são cortadas, tratadas e colocadas em um ambiente favorável iniciam o processo de formação dos primórdios de raízes. O local de origem é os mesmos para raízes induzidas por ferimentos no tecido. Em algumas espécies, as raízes pré-formadas latentes, causam um crescimento interno no tecido onde estão localizadas. As espécies



que apresentam iniciais de raízes pré-formadas geralmente enraízam mais fácil e rapidamente. As raízes induzidas por lesões no tecido desenvolvem-se somente após o preparo das estacas. Estas são denominadas como formadas de novo. Devido ao processo de desdiferenciação e rediferenciação que sofrem (HARTMANN et al., 2002).

Quando as estacas são cortadas, ocorre uma lesão no tecido tanto das células do xilema quanto do floema. Ao morrerem as células, ocorre a formação de uma placa de suberina que reduz a desidratação da área danificada. Após algum tempo, as células que se encontram atrás da placa de suberina, iniciam o processo de divisão celular formando um calo. O calo é um tecido cicatricial, e pode surgir a partir do câmbio vascular, do córtex, ou da medula, cuja formação representa o início do processo de regeneração. Após a formação do calo, algumas células próximas ao câmbio vascular e floema, começam a se dividir formando raízes adventícias (HARTMANN et al., 2002).

As raízes adventícias em estacas herbáceas originam-se normalmente próximo, ou entre os feixes vasculares. Já em plantas lenhosas perenes, as raízes podem ter origem de células do parênquima próximo ao floema, no câmbio, no floema, em calos ou lenticelas. Frequentemente as raízes emergem de calos levando a acreditar que sua formação é essencial para o enraizamento. Em espécies de fácil enraizamento, a formação de raízes é independente da formação de calo. Embora ambos envolvam a divisão celular. A simultânea ocorrência é devido à independência das mesmas condições internas e ambientais. Para espécies de difícil enraizamento, a origem das raízes adventícias tem sido associado com a formação de calos.

A análise morfológica da indução de raízes adventícias indica que a habilidade de formação destas, esta relacionada com células competentes localizadas, no sentido centrífugo, nos canais de resina em hipocótilos, que iniciam a divisão celular em resposta às auxinas (DIAZ-SALA et al., 1996).

A menor presença de raízes pode indicar a redução no número de sítios competentes para iniciação de raízes nos tecidos mais próximos. E em alguns casos, o ápice de brotações ativas pode competir por recursos com a zona de enraizamento (HOWARD, 1996).

A estrutura do ramo também é um fator que está relacionado com a formação de raízes em estacas. O desenvolvimento de um anel de esclerênquima contínuo entre o

floema e o córtex na parte externa do ponto de origem das raízes adventícias, o qual está associado com o processo de maturação do ramo, constitui uma barreira anatômica para o enraizamento. Ainda que a formação do tecido atue como uma barreira, não pode ser considerada como uma causa primária da dificuldade de enraizamento. Porque as raízes podem apresentar inicialmente um crescimento vertical para escaparem da barreira anatômica ao desenvolvimento (HARTMANN et al., 2002 ). As estacas basais produzem significativamente mais raízes do que medianas e apicais. Existem fatores fisiológicos os quais podem influenciar na performance de estacas de diferentes posições nodais, como o potencial de água na folha, idade da folha e distribuição de estômatos, e fatores anatômicos, como o diâmetro da estaca, estrutura do lenho e elementos do xilema. Estes fatores podem influenciar na distribuição de carboidratos dentro das estacas antes ou depois do enraizamento (HARTMANN et al., 2002).

Biran e Halevy (1973), estudaram a relação entre o enraizamento de estacas e o tipo de gemas presentes, observando que estacas contendo gemas as quais brotaram durante o período de enraizamento, uma relação inversa foi encontrada entre a percentagem de enraizamento e a taxa de crescimento de gemas. Gemas reprodutivas suprimem o enraizamento mais do que gemas vegetativas. A remoção da gema apical das estacas vegetativas ou reprodutivas aumenta a percentagem de enraizamento de estacas.

O crescimento de gemas pode afetar o enraizamento de estacas em duas direções opostas. Sendo a primeira, a inibição do enraizamento pela competição por metabólitos das gemas e raízes. E a segunda, pela promoção do enraizamento pelo aumento da atividade cambial, quando as gemas se encontram próximas à base das estacas. Formando raízes na base de gemas brotadas e não na base da estaca. Quando ocorrem brotações de gemas vigorosas na parte superior das estacas, estas podem inibir o enraizamento pelo aumento da atividade cambial, formando um “sink” de absorção de nutrientes (BIRAN; HALEVY, 1973).

Hansen e Kristiansen (2000), observaram que existe uma relação entre crescimento de gemas axilares e sobrevivência das estacas. Quando as estacas apresentam muitas raízes aceleram o desenvolvimento de gemas axilares.

Eliasson e Areblad (1984), observaram que a retirada da gema apical e gemas laterais decresce o número de raízes formadas. Deixando duas folhas nas estacas melhora o enraizamento.

Eliasson (1971), observaram que com uma pequena área de folhas, as raízes crescem bem e se alongam, contanto que não ocorra crescimento de brotações. O crescimento de brotações foi seguido por um período de decréscimo no crescimento de raízes. Quando a área de folha aumenta suficientemente, o crescimento de raízes é recuperado. A redução no crescimento das brotações pela remoção dos pontos de crescimento, ou pelo tratamento com dias curtos, aumenta a fração de produtos da fotossíntese usados para o crescimento de raízes, conduzindo a um aumento na relação raízes brotações.

Wilson (1994), estudando a contribuição das folhas e brotações axilares no enraizamento de estacas de *Eucalyptus grandis*, observou que a sobrevivência das estacas no final do período de propagação foi indicada pela abscisão de folhas. Sendo que a estacas que perderam a folhas, rapidamente morreram, sendo a causa usual da mortalidade de estacas. E estacas com grande área de folhas apresentaram alta sobrevivência, porém, pobre enraizamento.

O crescimento de brotações em estacas cortadas foi melhor indicador do potencial de enraizamento, do que crescimento de brotações antes do corte das estacas (CAMERON et al., 2001).

A competência para o enraizamento parece se desenvolver independente, em brotações individuais (HOWARD; RIDOUT, 1994).

A menor presença de raízes pode indicar a redução do número de sítios competentes para iniciação destas, nos tecidos mais próximos (HOWARD, 1996).

Bredmose; Kristiansen e Nielsen (2004), observaram que estacas pequenas combinadas com baixas concentrações de IBA, e estacas muito grandes combinadas com altas concentrações de IBA apresentaram redução na formação de raízes.

Fabijan; Taylor e Reid (1981), concluíram que alguns importantes eventos necessários para formação de raízes adventícias, ocorrem nas primeiras horas após o corte das estacas e separação do sistema de raízes original da planta.

## 2.5 Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos na casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, município de Piracicaba, estado de São Paulo. Localizado a 22° 43" de latitude Sul e a 47° 38" de longitude a Oeste de Greenwich, com altitude de 576 m. O clima da região pode ser classificado como Cwa, subtropical com chuvas de verão e inverno relativamente seco, com uma temperatura média de 21,1°C, precipitação anual de 1253 mm e umidade relativa do ar de 74% (BRASIL, 1992).

A fase inicial dos trabalhos, foi dedicada a construção de uma estrutura para colocação das estacas com lâmpadas isoladas, sob um sistema de nebulização. Esta estrutura deveria propiciar boa iluminação solar durante o dia, e isolamento da iluminação dos compartimentos à noite sem interferir no processo de enraizamento. Foi construído então, uma caixa de sarrafos de madeira dividida em compartimentos, de acordo com o tamanho da mesa na Casa de Vegetação do Departamento de Produção Vegetal. Os compartimentos apresentaram as dimensões de 1,88 m de comprimento, 0,66 m de largura e 0,72 m de altura. Sendo fechadas a laterais e divisórias com plástico de cor preta para reduzir a reflexão das paredes e manter somente a irradiância das lâmpadas sobre as estacas. Os compartimentos foram inicialmente fechados na frente com uma cortina do mesmo material, ficando abertos somente a parte superior e a parte sobre a mesa de tela. Sendo posteriormente retirados os plásticos da frente e do fundo, bem como reduzida a altura das paredes laterais para 36 cm. Para melhor arejamento, e iluminação durante o dia. As lâmpadas de 40 Watts foram substituídas por lâmpadas de 16 Watts, para reduzir a irradiância sobre as estacas.

Foram conduzidos ao todo, dez trabalhos de enraizamento de estacas. Sendo os três primeiros com goiabeira cv. Paluma e os restantes com porta - enxerto de pessegueiro cv Okinawa.

Os experimentos (I; II;III), foram delineados na forma de fatorial (5x4x3), contendo 5 tratamentos de luz (azul; amarela; vermelha; branca; testemunha), com quatro tratamentos de IBA e três repetições com parcelas de 10 estacas, totalizando

600 estacas. A localização dos tratamentos com IBA em cada bandeja, foi feita realizando sorteio.

As lâmpadas utilizadas para iluminação noturna das 20:00 às 22:00 horas nos períodos experimentais (I; II; III), foram do tipo fluorescentes coloridas e branca (Ecolume 64 RS, 16W.; Branca Confort, Philips, TLD 16W/64RS).

A manutenção de umidade no ambiente de enraizamento foi através de um sistema de irrigação intermitente com timer e motobomba, com nebulização durante 20 segundos em intervalos de 10 minutos, contando ainda com um sistema do tipo raquete para reduzir o excesso de umidade do ambiente.

Após o preparo, as estacas tiveram sua base imersa em solução de ácido 4 - (3 - indolil) butírico ( $C_{12}H_{13}NO_2$ ; Vetec Química Fina Ltda) nas concentrações de 0, 2000, 4000 e 6000  $mg.L^{-1}$ , por cinco segundos. As concentrações foram preparadas pesando inicialmente 1,2 gramas de IBA, dissolvendo em 20 ml de Hidróxido de Potássio 1N, completando o volume de 200ml com água destilada, formando uma solução de 200 ml de IBA à 6000  $mg.L^{-1}$ . Para fazer a concentração de 4000  $mg.L^{-1}$ , foram utilizados 100 ml da solução de 6000  $mg.L^{-1}$  acrescentando mais 50 ml de água destilada. E para a solução de 2000  $mg.L^{-1}$ , foram utilizados 50 ml da solução de 4000  $mg.L^{-1}$  adicionando 50 ml de água destilada.

Para acondicionamento das estacas, foram utilizadas bandejas altas, de poliestireno expandido (isopor), com 128 células do tipo piramidal invertido, para escoamento da água. Sendo as bandejas preenchidas com substrato, vermiculita de grânulos médios, com a colocação de um estaca por célula.

Na avaliação dos experimentos, foram avaliadas as variáveis: número de estacas vivas; número de folhas remanescentes nas estacas; número de estacas enraizadas e peso seco de raízes.

Para a análise estatística dos dados dos experimentos, foi utilizado o sistema SAS, realizando-se a análise da variância (teste de F) e a comparação de médias pelo teste de Tukey com níveis de 1% , 1 e 5% de significância respectivamente.

### 2.5.1 Experimento (I): Efeito da qualidade da luz e regulador de crescimento no enraizamento de estacas caulinares de goiabeira.

As estacas semilenhosas de goiabeira cv. Paluma com duas folhas cortadas na metade, provenientes de uma área de produção da região de Campinas, foram coletadas, pela manhã, no dia 1º de fevereiro de 2005. Foi realizada toailete para uniformização do material, e acondicionamento em baldes plásticos com água até a instalação do experimento. No dia 7 de abril, foram feitas as avaliações.



Figura 1 - Área de produção de goiaba cv Paluma onde foram coletadas as estacas para o experimento (I), no município de Campinas, SP, fevereiro de 2005



Figura 2 - Instalação do experimento (I), distribuição das estacas nas bandejas com substrato vermiculita de acordo com as concentrações de IBA, Piracicaba, ESALQ - USP, SP, 2005



Figura 3 - Visão do experimento (I): Efeito da qualidade da luz (azul; amarela; vermelha; branca; testemunha), 16W, e do regulador de crescimento IBA (0; 2000; 4000; 6000 mg. L<sup>-1</sup>), no enraizamento de estacas caulinares de goiabeira cv Paluma, na Casa de Vegetação do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005

### **2.5.2 Experimento (II): Propagação de pessegueiro cv Okinawa por estacas caulinares com ácido 4 - (3 - indolil) butírico e qualidade da luz.**

As estacas caulinares de pessegueiro cv Okinawa utilizadas no experimento foram coletadas em 14 de abril de 2005, em canteiros na área experimental de produção de mudas do Departamento de Produção Vegetal. Sendo as estacas caulinares do tipo semilenhosas da porção mediana dos ramos, com 15 centímetros de comprimento contendo duas folhas inteiras na extremidade superior. O experimento foi avaliado no dia 30 de maio de 2005.



Figura 4 - Visão noturna do experimento (II): Propagação por estacas caulinares pessegueiro cv. Okinawa com Ácido 4 - (3 - Indolil) Butírico (0; 2000; 4000; 6000 mg L<sup>-1</sup>), e qualidade da luz (azul; amarela; vermelha; branca; testemunha) de 16 Watts, na casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005

### **2.5.3 - Experimento (III): Propagação de estacas de pessegueiro cv Okinawa com IBA e luz de qualidade diferenciada.**

As estacas caulinares de pessegueiro cv Okinawa, utilizadas no terceiro experimento foram coletadas em 5 de abril de 2006. Em canteiros na área experimental de produção de mudas do Departamento de Produção Vegetal, sendo estas do tipo semilenhosas da porção mediana dos ramos, com 15 centímetros de comprimento contendo duas folhas inteiras na extremidade superior. O experimento foi retirado no dia 29 de maio de 2006 para realização das avaliações.



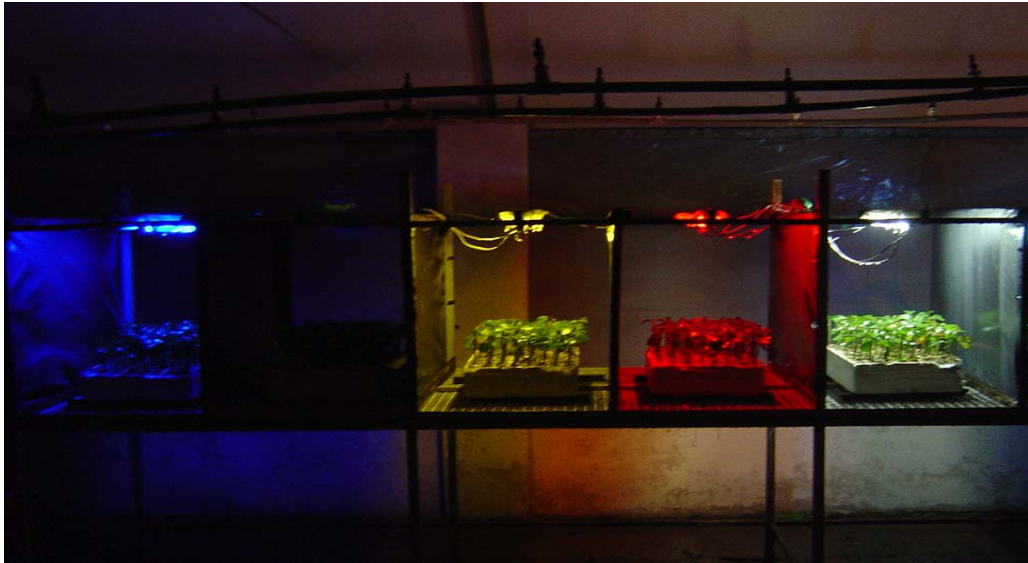


Figura 5 - Visão noturna do experimento (III): Propagação de estacas caulinares de pessegueiro cv Okinawa com IBA (0; 2000; 4000; 6000 mg L<sup>-1</sup>), e luz de qualidade diferenciada (azul; testemunha; amarela; vermelha; branca;) de 16 Watts, na casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2006

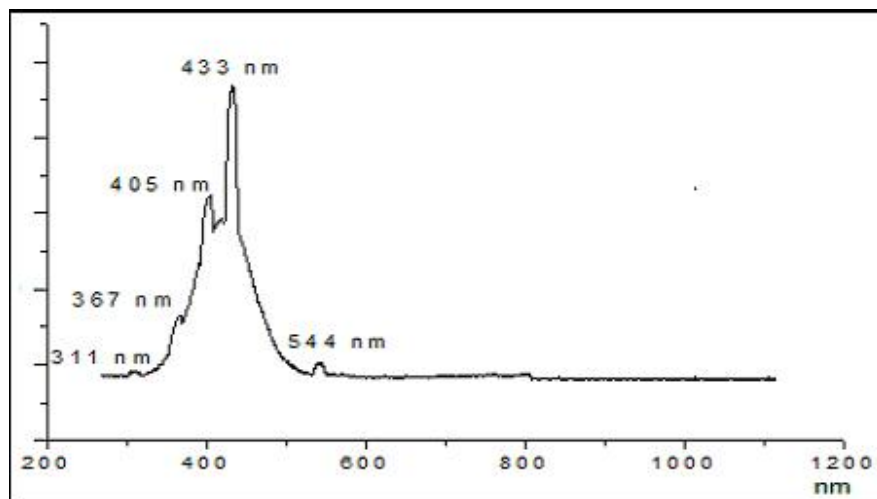


Figura 6 - Comprimentos de onda em nanômetros emitidos pela lâmpada fluorescente azul (Ecolume T8 16 Watts RS), avaliada com espectrofotômetro multicanal com arranjo linear de foto detectores (Ocean optics Inc.), CENA, USP, Piracicaba, 2005

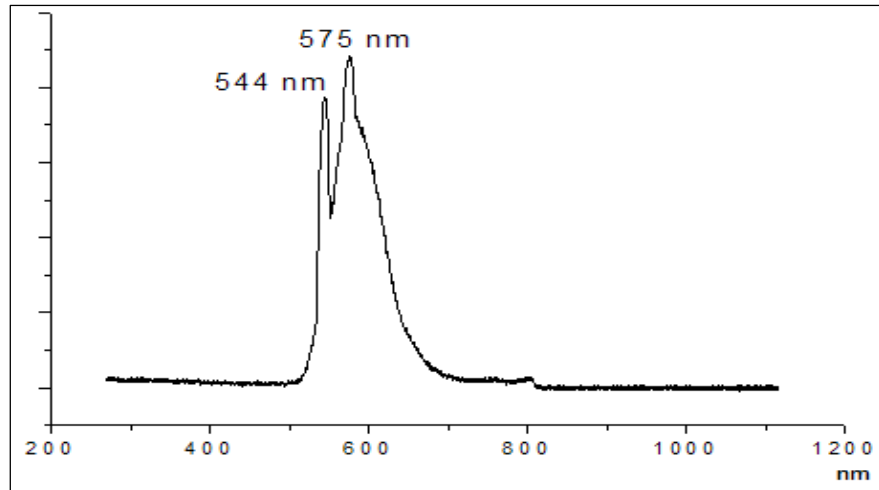


Figura 7 - Comprimentos de onda em nanômetro emitidos pela lâmpada fluorescente amarela (Ecolume T8 16 Watts RS), avaliada com espectrofotômetro multicanal com Arranjo linear de fotodetectores (Ocean optics Inc.), CENA, USP, Piracicaba, 2005

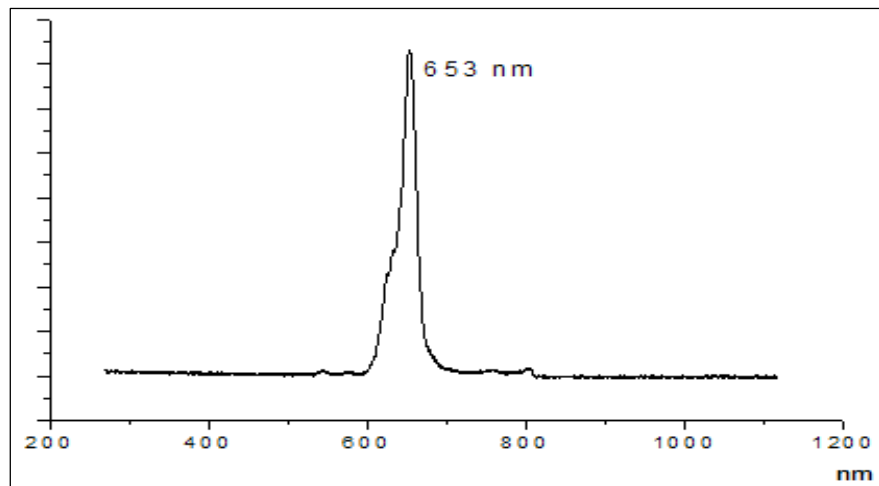


Figura 8 - Comprimentos de onda em nanômetro emitidos pela lâmpada fluorescente vermelha (Ecolume T8 16 Watts RS), avaliada com espectrofotômetro multicanal com arranjo linear de fotodetectores (Ocean optics Inc.), CENA, USP, Piracicaba, 2005

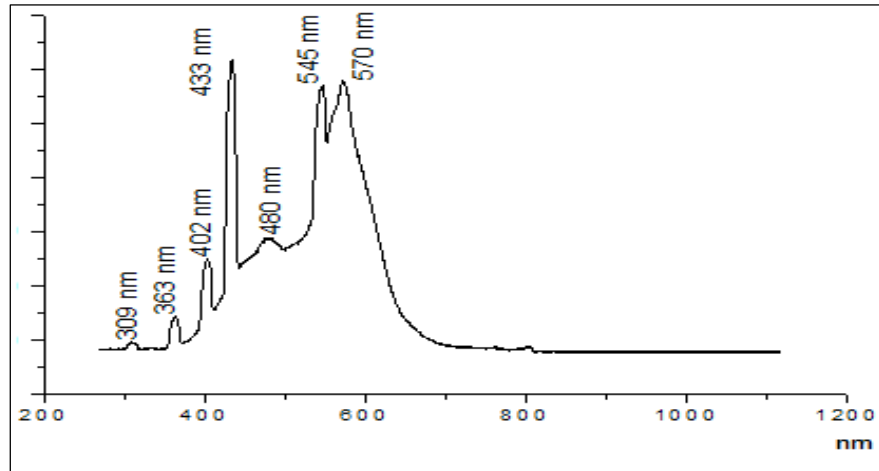


Figura 9 - Comprimentos de onda em nanômetro emitidos pela lâmpada fluorescente branca (Branca Confort, Philips, TLD 16W/64RS), avaliada com espectrofotômetro multicanal com arranjo linear de fotodetectores (Ocean optics Inc.), CENA, USP, Piracicaba, 2005

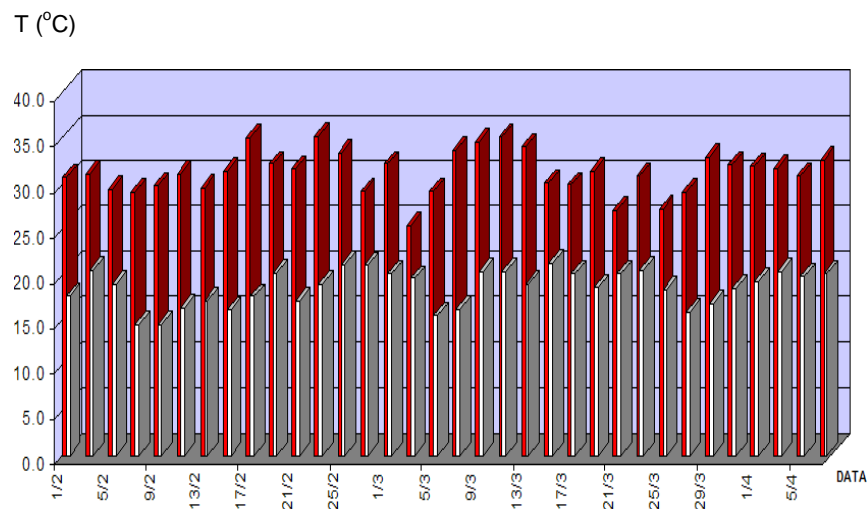


Figura 10 - Temperaturas máximas e mínimas de 1º fevereiro a 7 de abril de 2005, da região de Piracicaba no período de realização do experimento (I), coletados da Base de Dados do Posto Agrometeorológico, ESALQ - USP, Piracicaba, São Paulo

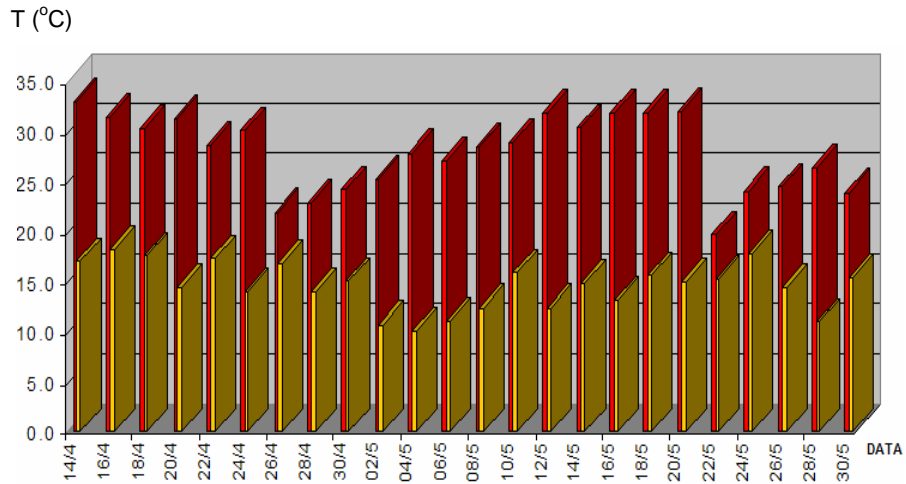


Figura 11 - Temperaturas máximas e mínimas de 14 abril a 30 de maio de 2005, da região de Piracicaba no período de realização do experimento (II), coletados da Base de Dados do Posto Agrometeorológico, ESALQ - USP, Piracicaba, São Paulo

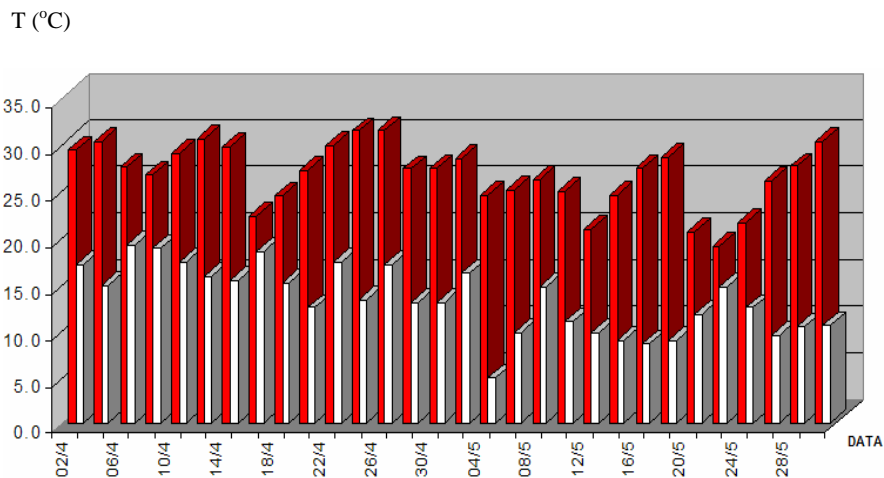


Figura 12 - Temperaturas máximas e mínimas de 2 de abril a 29 de maio de 2006, da região de Piracicaba, no período de realização do experimento (III), coletados da Base de dados do Posto Agrometeorológico, ESALQ - USP, Piracicaba, São Paulo

## 2.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.6.1 Experimento (I): Efeito da qualidade da luz e regulador de crescimento no enraizamento de estacas caulinares de goiabeira.

A análise da variância conjunta das variáveis avaliadas, número de estacas vivas (V), número de folhas remanescentes nas estacas (F), número de estacas que formaram raízes (R) e peso seco de raízes (PSR) para goiabeira cv Paluma, constam na Tabela (1).

Tabela 1 - Análise da variância conjunta das variáveis: número de estacas vivas (V), número de folhas remanescentes nas estacas (FR), número de estacas enraizadas (R), peso seco de raízes (PSR), com duas horas de aumento do fotoperíodo (20:00 - 22:00) com luz (azul; amarela; vermelha; branca; testemunha) 16 watts, e IBA (0; 2000; 4000; 6000 mg.L<sup>-1</sup>), do experimento sobre enraizamento de estacas de goiabeira cv. Paluma, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005

Causas da variação	GL	F*			
		V	FR	R	PSR
Luz (A)	4	<,0001**	0,0003**	<,0001**	<,0001**
IBA (B)	3	<,0006**	0,1352 <sup>NS</sup>	<,0001**	<,0001**
AXB	12	<,0001**	0,0002**	<,0001**	<,0001**
Resíduo	19	-	-	-	-
Total	38	-	-	-	-

\*Teste F da análise de variância

\*\*Significativo ( $P < 0,001$ )

<sup>NS</sup>Não significativo

De acordo com os dados na Tabela (1), observa-se que somente para o fator IBA isolado, o número de folhas remanescentes nas estacas não foi significativo. Sendo que na interação IBA com luz, ou somente luz, os resultados foram significativos, demonstrando a importância da luz na permanência das folhas para o enraizamento.

O resultado não significativo para folhas remanescentes nas estacas somente com IBA, não influenciou as outras variáveis avaliadas, o que poderia indicar que o IBA nas condições do experimento não influenciou na retenção de folhas. A estabilidade da

clorofila é mantida pelas citocininas, e estas são produzidas nas raízes. Sendo necessário primeiro formar raízes, para produzir as citocininas. Sugere-se a possibilidade da luz alterar o nível de citocininas, antes e durante o enraizamento, em interação com tratamentos com IBA, ou somente aplicação de luz.

Na Tabela (2), observa-se que percentual de sobrevivência das estacas foi baixo. Este resultado possivelmente deve-se à sensibilidade da goiabeira ao stress por excesso de umidade no ambiente, no período experimental. Para luz branca e testemunha, os tratamentos não apresentaram diferença significativa na variável estacas vivas. O que sugere que, sem aumento do fotoperíodo, ou seja, mantendo a noite o experimento no escuro, ou com luz branca, não há diferença entre os tratamentos.

Os melhores resultados para a interação IBA e luz foram para o azul (4000 mg.L<sup>-1</sup>), amarelo (2000 mg.L<sup>-1</sup>) e vermelho (6000 mg.L<sup>-1</sup>).

Tabela 2 - Médias das porcentagens de estacas vivas de goiabeira cv Paluma em experimento de enraizamento com tratamento de duas horas noturnas (20:00 - 22:00) com luzes fluorescentes coloridas e branca (16W) e concentrações de IBA (0; 2000; 4000; 6000 mg L<sup>-1</sup>), no período de fevereiro a abril de 2005, ESALQ - USP, Piracicaba, SP

LUZ IBA	V (%) <sup>v</sup>				
	Azul <sup>1</sup>	Amarela <sup>2</sup>	Vermelha <sup>3</sup>	Branca <sup>4</sup>	Testemunha <sup>5</sup>
0	5,5557 b	7,780 b	4,443 b	8,890 a	2,220 a
2000	11,110 b	16,670 a	6,670 b	5,557 a	6,670 a
4000	17,780 a	8,90 b	4,443 b	6,667 a	5,553 a
6000	6,667 b	6,670 b	13,333 a	5,553 a	4,443 a
cv:	22.93770	13.59127	29.82382	43.32294	49.94427

<sup>123</sup>Médias das porcentagens seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey à nível de 1% de probabilidade.

<sup>45</sup>Médias das porcentagens seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si estatisticamente.

Considerando que a medida em que aumenta o comprimento de onda, reduz a energia desta, não existe uma curva normal entre os comprimentos de onda, indicando que a amarela, é relativamente mais efetiva que a azul e a vermelha, para a sobrevivência das estacas. Este resultado é confirmado por Fuernkranz; Nowak e Mainard (1980), que observou qualitativas diferenças no vigor de plantas enraizadas sob luz amarela. E estas não exibem problemas de aclimação após serem transferidas para o solo.

Para folhas remanescentes (Tabela, 3), observa-se que o melhor resultado para o tratamento com luz, e sem IBA foi para luz branca, não diferindo estatisticamente na interação com IBA (2000 e 4000 mg L<sup>-1</sup>). Este resultado sugere que a luz branca é, possivelmente, mais importante que o tratamento com IBA para manter as folhas nas estacas durante o período experimental. Segundo Axelsson; Klockare e Sundqvist (1979), as folhas se desenvolvem bem nas luzes azul vermelha e branca, mas a área de folha é maior sob a luz branca.

A luz vermelha não apresentou diferença significativa nos tratamentos individuais nem na interação entre os mesmos. De acordo com a Figura (8), a luz vermelha apresenta comprimento de onda específico (653 nm), sendo diferente da luz branca (Figura 9), que apresentou um espectro maior emitido (433; 545; 570 nm). Esta diferença pode ser interpretada como uma possível necessidade de um maior número de comprimentos de onda da luz, e por conseqüência, maior quantidade de energia para manutenção dos processos fisiológicos e retenção das folhas, nesta espécie.

Tabela 3 - Médias das porcentagens de folhas remanescentes nas estacas (FR) de goiabeira cv Paluma em experimento de enraizamento com tratamento de duas horas noturnas (20:00 - 22:00) com luzes fluorescentes coloridas e branca (16W) e concentrações de IBA (0; 2000; 4000; 6000 mg L<sup>-1</sup>), no período de fevereiro a abril de 2005, ESALQ - USP, Piracicaba, SP

LUZ IBA	F R (%) <sup>a</sup>				
	Azul <sup>1</sup>	Amarela <sup>2</sup>	Vermelha <sup>3</sup>	Branca <sup>4</sup>	Testemunha <sup>5</sup>
0	10,000 b	12,220 ab	7,780 a	15,553 a	2,220 a
2000	14,447 ab	23,330 a	7,780 a	7,780 ab	6,670 a
4000	31,110 a	12,220 ab	5,557 a	11,110 ab	8,890 a
6000	8,890 b	10,000 b	18,890 a	6,667 b	4,443 a
cv:	47,40207	31,95216	69,35996	32,42927	67,10553

<sup>124</sup>Médias das porcentagens seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey à nível de 1% de probabilidade

<sup>35</sup>Médias das porcentagens seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si estatisticamente

A luz amarela apresentou melhor resultado na interação com 2000 mg.L<sup>-1</sup>, não apresentando diferença significativa com o tratamento sem IBA e 4000 mg L<sup>-1</sup>. O resultado para a luz amarela pode ser devido aos comprimentos de onda emitidos no espectro pela lâmpada (Figura 7), que apresentou dois comprimentos de onda

aproximados da luz branca (Figura 9). Mas ainda assim é maior que a luz vermelha, e poderia ser interpretada da mesma forma que para luz branca.

Para estacas enraizadas (Tabela 4), na seqüência dos comprimentos de onda, os melhores resultados foram azul (4000 mg.L<sup>-1</sup>), seguido de amarelo (2000 mg.L<sup>-1</sup>), e Vermelho (6000 mg.L<sup>-1</sup>).

Tabela 4 - Médias das porcentagens de estacas enraizadas (ER) de goiabeira cv Paluma em experimento de enraizamento, com tratamento de duas horas noturnas (20:00 - 22:00) com luzes fluorescentes coloridas e branca (16W), e concentrações de IBA (0; 2000; 4000; 6000 mg L<sup>-1</sup>), no período de fevereiro a abril de 2005, ESALQ - USP, Piracicaba, SP

LUZ	ER (%) <sup>*</sup>				
	Azul <sup>1</sup>	Amarela <sup>2</sup>	Vermelha <sup>3</sup>	Branca <sup>4</sup>	Testemunha <sup>5</sup>
IBA					
0	2,220 b	5,557 b	2,220 b	3,330 a	1,110 a
2000	6,670 b	13,390 a	5,557 b	5,557 a	4,443 a
4000	17,780 a	5,557 b	3,330 b	6,667 a	4,443 a
6000	6,667 b	4,443 b	11,110 a	5,553 a	3,330 a
cv:	25,81474	23,12486	30,00753	51,61454	50,07509

<sup>123</sup>Médias das porcentagens seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey à nível de 1% de probabilidade.

<sup>45</sup>Médias das porcentagens seguidas com mesma letra nas colunas não diferem entre si estatisticamente.

Os resultados para folhas remanescentes, repetiram-se em estacas enraizadas indicando a hipótese de que a permanência das folhas são indício de formação de raízes adventícias.

Para peso seco de raízes (Tabela 5), os mesmos resultados foram observados, para os tratamentos com luz azul, amarela e vermelha, sendo diferente para a luz branca que apresentou resultado significativo no tratamento 4000 mg L<sup>-1</sup>. Mesmo não tendo apresentado resultados diferentes na formação de raízes, aumentou o peso seco destas.



Tabela 5 - Médias das porcentagens de peso seco de raízes (PSR) das estacas de goiabeira cv Paluma em experimento de enraizamento, com tratamento de duas horas noturnas (20:00 - 22:00) com luzes fluorescentes coloridas e branca (16W) e concentrações de IBA (0; 2000; 4000; 6000 mg L<sup>-1</sup>), no período de fevereiro a abril de 2005, ESALQ - USP, Piracicaba, SP

LUZ IBA	PSR (%)				
	Azul <sup>1</sup>	Amarela <sup>2</sup>	Vermelha <sup>3</sup>	Branca <sup>4</sup>	Testemunha <sup>5</sup>
0	0,04667 c	0,08000 b	0,02667 b	0,1000 d	0,03333 a
2000	0,19000 b	0,37000 a	0,07333 b	0,1300 b	0,09000 a
4000	0,74000 a	0,09000 b	0,05000 b	0,2700 a	0,10000 a
6000	0,23000 b	0,06000 b	0,3000 a	0,1100 c	0,04000 a
cv:	6,698539	51,96152	16,43042	0,000	43,84939

<sup>1234</sup>Médias das porcentagens seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey à nível de 1% de probabilidade

<sup>5</sup>Médias das porcentagens na coluna seguidas de mesma letra não diferem entre si estatisticamente

De acordo com as condições em que o experimento foi desenvolvido, podemos concluir que a luz com ou sem interação com ácido Indolilbutírico, influenciou algumas variáveis avaliadas, na propagação de goiabeira cv. Paluma por estacas caulinares com folhas. O IBA sem interação com a luz não foi significativo para nenhuma das variáveis avaliadas. As luzes azul e amarela em interação com IBA, influenciaram todas as variáveis avaliadas. A luz vermelha em interação com IBA, não influenciou a variável número de folhas remanescentes nas estacas. A luz branca em interação com IBA não influenciou o número de estacas enraizadas, mas o peso seco de raízes.

### 2.6.2 Experimento (II): Propagação de pessegueiro cv Okinawa por estacas caulinares com Ácido 4 - (3 - Indolil) Butírico e qualidade da luz.

A análise da variância conjunta das variáveis avaliadas, número de estacas vivas (V), número de folhas remanescentes nas estacas (F), número de estacas que formaram raízes (R) e peso seco de raízes (PSR) foram constam na Tabela (6).

Tabela 6 - Análise da variância conjunta das variáveis, número de estacas vivas (V), número de folhas remanescentes nas estacas (FR), número de estacas enraizadas (R), peso seco de raízes (PSR), sob diferentes tratamentos de luz e IBA, do experimento sobre enraizamento de estacas de pessegueiro cv. Okinawa, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005

Causas da variação	GL	F*			
		V	FR	R	PSR
Luz (A)	4	<,0001**	0,0001**	<,0001**	<,0001**
IBA (B)	3	0,0001**	0,0001**	<,0001**	<,0001**
AXB	12	<,0001**	0,0001**	<,0001**	<,0001**
Resíduo	19	-	-	-	-
Total	38	-	-	-	-

\* Teste F da análise de variância

\*\* (P<0.0001) significativo à 1%

De acordo com os dados da Tabela (6), observa-se que todas as variáveis avaliadas foram significativas, tanto nos tratamentos individuais de luz e IBA, quanto na interação entre os fatores. Isso sugere que a luz e reguladores de crescimento estão intimamente relacionados com a morfogênese de órgãos de plantas superiores. Segundo Fuernkranz; Nowak e Maynard (1980), a morfogênese também é controlada por estágios fisiológicos da planta doadora de explantes, e existe uma interação entre os hormônios endógenos e reguladores de crescimento exógenos. Dados moleculares recentes indicam a evidência de interações entre luz e rotas de sinalização de auxinas e citocininas (SYMONS; REID, 2003).

Na Tabela (7), observa-se que sob o tratamento de luz branca e vermelha as estacas apresentaram maior índice de sobrevivência sem IBA. A luz fluorescente branca apresenta no seu espectro de emissão, comprimentos de onda que vão de 309 nm à 570 nm (Figura 11), o que provavelmente influenciaria no maior índice de sobrevivência das estacas, devido ao maior número de comprimentos de onda incidindo sobre as folhas.

A luz vermelha em 653 nm (Figura 8), apresentou este resultado possivelmente, devido à ativação do fitocromo, formação de fotossintatos e formação de raízes nas estacas, manutenção das folhas pela produção de citocininas pelas raízes que permitiu alto índice de sobrevivência destas.

Tabela 7 - Número de estacas vivas (ER) de pessegueiro cv Okinawa com tratamento de duas horas noturnas (20:00 - 22:00) com luzes fluorescentes coloridas e branca (16W) e concentrações de IBA (0; 2000; 4000; 6000 mg L<sup>-1</sup>), no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005

LUZ IBA	ER*				
	Azul	Amarela	Vermelha	Branca	Testemunha
0	18,1889 c	24,4433 b	30,000 a	26,667 a	16,6667 b
2000	25,5567 a	24,4433 b	17,777 ab	26,667 a	23,3333 a
4000	21,1100 b	25,5567 a	11,110 b	11,480 b	3,3333 c
6000	12,2233 d	10,0000 c	13,333 b	11,110 b	2,2233 d
cv:	0,033196	0,033495	33,42723	21,7460	0.050693

\*Médias seguidas de letras distintas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey 1% de probabilidade.

O melhor tratamento para luz vermelha foi sem a utilização de IBA, e este não apresenta diferença significativa com o tratamento 2000 mg L<sup>-1</sup>, sendo que nesta concentração estão os melhores resultados para luz azul, branca e testemunha. Isso que poderia indicar que as luzes não influenciaram na sobrevivência das estacas nestes tratamentos, mas somente o IBA. A luz que apresentou resultado diferenciado na interação com IBA, foi a amarela na concentração de 4000 mg L<sup>-1</sup>, o que sugere, que, embora o comprimento de onda da amarela esteja entre o azul e o vermelho, não apresenta o mesmo efeito, e precisa de uma concentração mais elevada de IBA.

As fluorescentes são a principal fonte de luz utilizada na cultura de tecidos. Além da luz fluorescente branca, composta de muitos comprimentos de onda entre 380 e 750 nm, existem tubos de luz fluorescentes monocromáticos que emitem luz em comprimento de onda específico, as quais são usadas para pesquisa (ECONOMOU; READ, 1987).

Para o número de folhas remanescentes nas estacas (Tabela 8), os tratamentos com luz azul, amarela e testemunha, tiveram melhor resultado na concentração de 2000 mg.L<sup>-1</sup>, juntamente com o segundo melhor resultado para luz vermelha. O que possivelmente demonstra, que somente o IBA influenciou na formação de raízes. Já para a luz vermelha, que apresentou o melhor resultado sem aplicação de IBA, sugerindo que duas horas de luz noturna 16 Watts, 650 nm (Figura 8), são suficientes para manter as folhas.

Tabela 8 - Número de estacas com folhas remanescentes (FR) de pessegueiro cv Okinawa com os tratamentos de duas horas noturnas de luz fluorescentes coloridas e branca (16W), e concentrações de IBA (0, 2000, 4000, 6000 mg L<sup>-1</sup>) no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005

LUZ IBA	FR				
	Azul <sup>1</sup>	Amarela <sup>2</sup>	Vermelha <sup>3</sup>	Branca <sup>4</sup>	Testemunha <sup>5</sup>
0	15,5567 b	14,4433 c	16,667 a	13,333 a	5,5567 c
2000	18,8900 a	23,3333 a	12,223 ab	13,333 a	18,8900 a
4000	7,7767 c	16,6667 b	5,557 b	7,777 a	6,6667 b
6000	4,4433 d	1,1100 d	5,557 b	3,333 a	1,1100 d
cv:	0,060609	0,036001	35,36025	43,91683	0,050677

<sup>1,2,3,5</sup>Médias seguidas de letras distintas nas colunas, diferem entre si pelo método de Tukey à nível de 1% de probabilidade.

<sup>4</sup>Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem entre si estatisticamente

O melhor resultado observado para luz vermelha sem IBA, poderia ser devido à inibição da luz na produção de etileno [(RUDINICKI; FJELD; MOE, 1993), (MICHALCZUCK; RUDINICKI, 1993), (VANDENBUSSCHE et al., 2003)], inibindo a conversão de ACC em etileno (MICHALCZUCK; RUDINICKI, 1993). Por afetar a atividade da ACC sintase e oxidase nas folhas impedindo a abscisão destas (TAIZ; ZEIGER, 2004). A produção de auxinas e cofatores de enraizamento, induz a formação de raízes. Com a formação das raízes há produção de citocininas, possivelmente suficientes para prolongar a vida das folhas, já que as citocininas estão ligadas a manutenção da clorofila.

Desta forma a permanência das folhas, pode ser dependente da formação de raízes na base das estacas, pelo fornecimento de citocininas que retardam a senescência folhar, o que está de acordo com Hartmann et al. (2002), que citam que as folhas maduras, ao contrário das folhas jovens, produzem pouca ou nenhuma citocinina, dependendo das produzidas nas raízes para adiar a sua senescência. As citocininas envolvidas no atraso da senescência das folhas são a zeatina ribosídeo e diidrozeatina ribosídeo, as quais podem ser transportadas para as folhas a partir das raízes através do xilema, juntamente com a corrente de transpiração.

A correlação entre a porcentagem de raízes nas estacas e o número de folhas retidas também foi observada por Reuveni e Raviv (1980), que citam ainda, que a velocidade de enraizamento de alguns clones de abacate foi determinada pelo número de folhas retidas.

Costa e Challa (2002), observaram que a área original de folhas das estacas é um bom indicador para o crescimento de raízes, e determina o estabelecimento após o transplante do material.

A auxina é produzida em primórdios de folhas e folhas jovens, sendo possível que a luz aumente o suprimento na zona de enraizamento pelo aumento do desenvolvimento das folhas (TYBURSKI; TRETYN, 2004).

Ainda sobre o tratamento com luz vermelha ser mais significativo sem IBA, ou em baixas concentrações, Eskins e McCarthy (1987) citam que em nível de baixa irradiância a luz vermelha é mais efetiva do que a azul para síntese de clorofilas "A" e "B", e favorece a síntese de clorofilas "B". O que poderia indicar que as estacas sob o tratamento com luz vermelha apresentariam maior número clorofilas "B" para captação de energia, ou aumento no complexo de absorção (ESKINS et al., 1986). Estas poderiam então absorver mais energia durante o dia não necessitando de aplicação externa de IBA. Esta hipótese não é confirmada por Leong; Goodchild e Anderson (1985), que observaram que as plantas apresentaram uma alta taxa de clorofila A/B, mas, uma baixa quantidade de luz capturada no complexo protéico da clorofila A/B.

De acordo com os dados da Tabela (9), observa-se que sem aplicação de IBA a luz vermelha apresentou melhor resultado de enraizamento. Para a azul o melhor resultado foi na concentração de 2000 mg L<sup>-1</sup>, que não diferiu da amarela e testemunha. Possivelmente indicando que a luz nas condições do experimento não apresentou influência na formação de raízes, mas somente o IBA.

Para a luz amarela, os melhores resultados foram nas concentrações de 2000 mg L<sup>-1</sup> e 4000 mg L<sup>-1</sup>. A concentração de 2000 mg L<sup>-1</sup>, se enquadra no mesmo resultado encontrado para luz azul citado anteriormente. Mas na concentração de 4000 mg L<sup>-1</sup> pode indicar uma clara influência da luz e IBA na formação de raízes.

Tabela 9 - Número de estacas enraizadas (ER) de pessegueiro cv. Okinawa com os tratamentos de duas horas noturnas de luz fluorescentes coloridas e branca (16W), e concentrações de IBA (0, 2000, 4000, 6000 mg L<sup>-1</sup>) no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005

LUZ IBA	ER				
	Azul <sup>1</sup>	Amarela <sup>2</sup>	Vermelha <sup>3</sup>	Branca <sup>4</sup>	Testemunha <sup>5</sup>
0	3,333 d	2,223 c	12,223 a	3,333 a	3,333 b
2000	18,890 a	20,000 a	10,000 ab	12,223 a	20,000 a
4000	13,333 b	20,000 a	5,557 b	10,000 a	3,333 b
6000	10,000 c	4,443 b	8,890 ab	7,777 a	1,110 c
cv:	0,03584	0,03493	24,05698	48,10960	0,05879

<sup>1,2,5</sup>Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey à nível de 1% de probabilidade.

<sup>3</sup>Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey à nível de 5% de probabilidade

<sup>4</sup>Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si estatisticamente.

Os resultados observados na Tabela (9), apresentaram algumas diferenças com o trabalho de Fruernkranz; Nowak e Maynard (1990), onde os autores observaram que a luz branca apresentou efeito negativo, e a luz azul retardou a formação de raízes. E no tratamento com luz amarela foi observada alta porcentagem de raízes, maior número de raízes por brotação e maior peso seco de raízes. Neste experimento com cv Okinawa a luz branca não foi significativa, a azul não influenciou no enraizamento, na luz amarela, observou-se uma interação a mais entre luz e IBA (4000 mg L<sup>-1</sup>), que demonstrou uma possível eficiência desta cor de luz.

Segundo Stasinopoulos e Hangarter (1990), o crescimento de explantes cultivados sob luz com filtro amarelo foi de três a quatro vezes maior do que com luz sem filtro. Os autores observaram que uma grande proteção à degradação do AIA ocorreu quando todos os comprimentos de onda abaixo de 450 nm foram bloqueados. Sendo relacionado o crescimento dos explantes com o aumento da estabilidade do AIA.

Tabela 10 - Peso seco de raízes (PS) de estacas de pessegueiro cv. Okinawa com os tratamentos de horas noturnas de luz fluorescentes coloridas e branca (16W), e concentrações de IBA (0, 2000, 4000, 6000 mg L<sup>-1</sup>) no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2005

LUZ IBA	PS*				
	Azul	Amarela	Vermelha	Branca	Testemunha
0	0,0083 bc	0,0583 b	0,0480 a	0,0140 b	0,0140 d
2000	0,0173 b	0,1350 a	0,0583 a	0,1350 a	0,1120 b
4000	0,0040 c	0,0450 c	0,0156 b	0,0373 b	0,746 a
6000	0,0480 a	0,0300 d	0,0613 a	0,0406 b	0,0733 c
cv:	21,9514	0,4303	16,9002	55,3432	0,4366

\* Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey à nível de 1% de probabilidade.

Sobre peso seco de raízes (Tabela 10), observa-se que o tratamento com luz azul apresentou melhor resultado (6000 mg.L<sup>-1</sup>) com uma concentração mais elevada que o melhor resultado da testemunha (4000 mg.L<sup>-1</sup>). O que poderia indicar uma inibição amenizada pela alta concentração de IBA. Este resultado está de acordo com Stoutemeyer e O'Rourke (1946) que citam que a luz azul 15 W m<sup>-2</sup>, reduz a produção de raízes em estacas. E Fuernkranz; Nowak e Maynard (1990), que observaram que a luz azul retardou ou inibiu completamente a formação de raízes dependendo da intensidade. Também, a luz ultravioleta próxima (371 nm), contida na lâmpada azul utilizada como fonte no experimento (Figura 6), poderia inibir o crescimento de raízes, da mesma forma que inibiu o crescimento de brotações, como citado por Seibert-Wetherbee e Job (1975).

O tratamento com vermelho apresentou melhores resultados sem IBA e com baixa concentração (2000 mg L<sup>-1</sup>) para peso seco de raízes.

Nos tratamentos com luz amarela e branca observou-se melhor resultado com a concentração de 2000 mg L<sup>-1</sup>, demonstrando serem menos efetivas que a luz vermelha, para o peso seco de raízes.

De acordo com as condições em que o experimento foi desenvolvido concluiu-se que a luz, com ou sem interação com ácido indolilbutírico influenciou algumas variáveis na propagação de estacas caulinares com folhas de pessegueiro cv. Okinawa. O IBA sem interação com a luz, influenciou todas as variáveis. A luz branca não influenciou as

variáveis folhas remanescentes e estacas enraizadas. A luz vermelha com ou sem IBA (2000 mg L<sup>-1</sup>), exerceu influência sobre todas as variáveis avaliadas.

### 2.6.3 Experimento (III): Propagação de estacas de pessegueiro cv Okinawa com IBA e luzes de qualidades diferenciadas

A análise da variância conjunta das variáveis avaliadas, número de estacas vivas (V), número de folhas remanescentes nas estacas (F), número de estacas que formaram raízes (R) e peso seco de raízes (PSR) constam na Tabela (11).

Tabela 11 - Análise da variância conjunta das variáveis: número de estacas vivas (V), número de folhas remanescentes nas estacas (FR), número de estacas enraizadas (R), peso seco de raízes (PSR), com duas horas de aumento do fotoperíodo (20:00 - 22:00) com luz (azul; amarela; vermelha; branca; testemunha) 16 watts, e IBA (0; 2000; 4000; 6000 mg.L<sup>-1</sup>), do experimento sobre enraizamento de estacas de pessegueiro cv Okinawa, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2006

Causas da variação	GL	F			
		V	FR	R	PSR
Luz (A)	4	<,0001**	<,0001**	<,0001**	<,0001**
IBA (B)	3	<,00710**	0,2981 <sup>NS</sup>	<,0001**	<,0001**
AXB	12	<,0004**	0,0694 <sup>NS</sup>	<,0008**	0,0284*
Resíduo	19	-	-	-	-
Total	38	-	-	-	-

\*Significativo ( $P < 0,05$ )

\*\*Significativo ( $P < 0,001$ )

<sup>NS</sup>Não significativo

Na Tabela (11), observa-se que para folhas remanescentes o IBA e a interação IBA mais Luz não foram significativos, e o peso seco de raízes foi significativo. Para a interação IBA e luz o resultado foi significativo à 5%. Os resultados diferenciados para este experimento, possivelmente estão ligados à queda de temperatura no período experimental, o que reduz a velocidade das reações e diminuindo o acúmulo de substâncias, o que poderia ter causado a redução no peso seco de raízes na interação.



A temperatura baixa pode ter provocado stress no material, com a produção de etileno e queda de folhas. Mas por outro lado, a temperatura baixa poderia causar redução na atividade das enzimas responsáveis pela formação da camada de abscisão no pecíolo das folhas resultando em um processo apesar de não significativo, menos danoso, com efeito do tratamento de luz.

Tabela 12 - Número de estacas vivas (V) de pessegueiro cv Okinawa com tratamento de duas horas noturnas (20:00-22:00) com luzes fluorescentes coloridas e branca (16W) e concentrações de IBA (0; 2000; 4000; 6000) no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2006

LUZ IBA	V				
	Azul <sup>1</sup>	Amarela <sup>2</sup>	Vermelha <sup>3</sup>	Branca <sup>4</sup>	Testemunha <sup>5</sup>
0	10,000 a	6,667 a	7,333 a	8,000 a	10,000 a
2000	9,000 a	8,667 a	8,667 a	9,333 a	9,667 a
4000	9,667 a	7,667 a	2,333 b	9,667 a	10,000 a
6000	10,000 a	7,333 a	6,333 a	8,667 a	9,667 a
cv:	5,972589	25,91666	24,77066	7,93017	4,151678

<sup>1,2,4,5</sup>Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si estatisticamente.

<sup>3</sup>Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com os dados da Tabela (12), observa-se que somente a luz vermelha apresentou significativa resposta para a sobrevivência das estacas. O resultado poderia ser justificado em função do fator limitante, a baixa temperatura no período experimental. A luz no comprimento de onda no vermelho é importante para fotossíntese, e o resultado significativo, tanto para luz isolada como em alguns tratamentos na interação sugere que possivelmente outros fatores regulados pela temperatura foram inibidos, resultando respostas não significativas para todos os tratamentos, menos para luz vermelha.

Para o número de folhas remanescentes, nenhum tratamento foi significativo, o que sugere interferência da baixa temperatura.

Tabela 13 - Número de estacas com folhas remanescentes (FR) de pessegueiro cv. Okinawa com os tratamentos de duas horas noturnas de luzes fluorescentes coloridas e branca (16W), e concentrações de IBA (0, 2000, 4000, 6000 mg L<sup>-1</sup>) no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2006

LUZ IBA	FR*				
	Azul	Amarela	Vermelha	Branca	Testemunha
0	12,667 a	2,333 a	6,333 a	10,000 a	8,333 a
2000	11,667 a	5,333 a	7,667 a	12,667 a	12,000 a
4000	14,667 a	3,333 a	2,333 a	7,667 a	15,333 a
6000	10,667 a	8,667 a	6,667 a	13,000 a	10,333 a
cv:	23,24900	70,70052	64,68381	27,17465	28,51060

\* Médias seguidas com a mesma letra nas colunas não diferem entre si estatisticamente

Nos resultados da Tabela (14), observa-se que para formação de raízes, de acordo com as temperaturas observadas no período (Figura 12), a testemunha apresenta resultados significativos para todos os tratamentos com IBA. Como todos os tratamentos com luz apresentaram resultados semelhantes, isto sugere que a interação IBA mais luz em temperatura baixa, apresenta pouco efeito sobre o enraizamento de estacas. Mas somente com aplicação de IBA, os resultados são relativamente melhores.

Tabela 14 - Número de estacas enraizadas (ER) de pessegueiro cv. Okinawa com os tratamentos de duas horas noturnas de luz fluorescentes coloridas e branca (16W), e concentrações de IBA (0,2000, 4000, 6000 mg L<sup>-1</sup>) no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2006

LUZ IBA	ER*				
	Azul	Amarela	Vermelha	Branca	Testemunha
0	1,333 b	1,000 b	0,000 c	0,000 b	1,000 b
2000	6,667 a	6,000 a	6,667 a	6,333 a	8,000 a
4000	5,333 a	3,667 ab	2,000 bc	8,000 a	9,000 a
6000	6,333 a	6,667 a	5,000 ab	5,000 a	9,333 a
cv:	18,5669	39,41135	47,04220	23,89036	13,35909

\*Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey à nível de 1% de probabilidade.

Observa-se que a qualidade da luz somente, não influenciou o número de estacas enraizadas.

Os resultados para o peso seco de raízes (Tabela 15), seguem o mesmo padrão para formação de raízes, sugerindo a necessidade de aplicação de IBA para obtenção de resultados significativos para todos os tratamentos.

Tabela 15 - Peso seco de raízes (PS) de estacas de pessegueiro cv. Okinawa com os tratamentos de duas horas noturnas de luz fluorescentes coloridas e branca (16W), e concentrações de IBA (0,2000,4000,6000) no período de abril a maio, ESALQ - USP, Piracicaba, SP, 2006

LUZ IBA	PS*				
	Azul	Amarela	Vermelha	Branca	Testemunha
0	0,01100 b	0,0080 b	0,0000 c	0,0000 b	0,02400 b
2000	0,12933 ab	0,1276 ab	0,1036 a	0,1156 a	0,15033 a
4000	0,11767 ab	0,0940 ab	0,0380 bc	0,1610 a	0,22700 a
6000	0,19600 a	0,1686 a	0,0893 ab	0,1063 a	0,25633 a
cv:	49,167115	49,91883	37,62666	36,32779	27,10408

\* Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey à nível de 1% de probabilidade.

Observa-se que os tratamentos com luz somente, não foram significativos para o peso seco de raízes.

No experimento (III) pode-se observar que a temperatura influenciou as variáveis número estacas sobreviventes e folhas remanescentes em pessegueiro cv Okinawa. A luz vermelha apresentou diferença significativa para a sobrevivência das estacas em interação com ácido indolilbutírico. Nenhuma das variáveis avaliadas foi influenciada pela luz sem interação com IBA. O IBA com ou sem interação com a luz, não influenciou as variáveis número de estacas enraizadas e peso seco de raízes.

### **3 Conclusão**

De acordo com as condições em que os experimentos foram realizados pode-se concluir que:

- \* A qualidade da luz tem efeitos na formação de raízes adventícias em estacas caulinares de goiabeira e pessegueiro.

- \* Existe uma interação entre IBA e qualidade da luz.

- \* As respostas das espécies à qualidade da luz são diferentes.

## REFERÊNCIAS

- AL-SAQRI, F.; ALDERSON, P.G. Effects of IBA, cutting type and rooting media on rooting of *Rosa centifolia*. **Journal of Horticultural Science**, London, v.71, n.5, p.729-737, 1996.
- ALMEIDA, M. L. DE; SANGOI, L.; TRENTIN, P. S.; GÁLIO, J. Cultivares de trigo respondem diferentemente à qualidade da luz quanto à emissão de afilhos e acumulação de matéria seca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.3, p.377-383, 2002.
- ARNIM, A.V.; DENG, X-W. Light control of seedling development. **Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.47, p.215-243,1996.
- AXELSON,L.; KLOCKARE, B.; SUNDQVIST,C. Oak seedlings grown in different light qualities. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.45, p. 387-392, 1979.
- BERTELL, G.; ELIASSON, L. Cytokinin effects on root growth and possible interations with ethylene and indole-3-acetic acid. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.84, p.255-261, 1992.
- BIRAN, I.; HALEVY, H. The relationship between rooting of Dahlia cuttings and the presence and type of bud. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.28, p.244-247, 1973.
- BHELLE, H.S.; ROBERTS, A.N. The influence of photoperiod and rooting temperature on rooting of Douglas-fir [*Pseudotsuga menziessi*, (Mirb) Franco]. **Journal American Society Horticultural Science**, Geneve, v.99, n.6, p.551-555, 1974.
- BICKFORD, E.D.; DUNN, S. **Lighting For Plant Growth**, Kent, Ohio, Kent State University Press, 1972. 221p.
- BOTTO, J. F.; SÁNCHEZ, R. A.; WHITELAM, G. C.; CASAL, J. J. Phytochrome A mediates the promotion of seed germination by very low fluences of light and canopy shade light in Arabidopsis. **Plant Physiology**, Rockville, v.110, p.439-444, 1996.
- BOLLMARK, M.; ELIASSON, L. A rooting inhibitor present in Norway spruce seedlings grown at high irradiance a putative cytokinin. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.80, p.527 - 533, 1990.
- BOLLMARK, M.; ELIASSON, L. Effects of exogenous cytokinins on root formation in pea cuttings. **Physiologia Plantarum**, kobenhavn, v.68, p.662 - 666, 1986.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normas climatológicas**, 1961-1990, Brasília,1992. 84p.

- BREDMOSE, N.; KRISTIANSEN, K.; NIELSEN, B. Propagation temperature, PPF, auxin treatment, cutting position affect root formation, axillary bud growth and shoot development in miniature rose (*Rosa hybrida* L.) plants and alter homogeneity. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Littlehampton, v.79, n.3, p. 458-465, 2004.
- BRESSAN, P.H.; KIM, Y.-J.; HYNDMAN, S.E.; HASEGAWA, P.M.; BRESSAN, R.A. Factors affecting in vitro propagation of rose, **Journal American Society Horticultural Science**, Geneva, v.107, n.6, p.979-990, 1982.
- BULA, R.J. ; MORROW, R.C. ; TIBBITS, T.W. ; BARTA, D.J.; IGNATIUS, R.W. ; Martin, T.S. Light-emitting diodes as a radiation source for plants, **Horticultural Science**, Saint Joseph, v.26, n.2, p.203-205, 1991.
- CAMERON, R.W.F.; HARRISON-MURRAY, R.S.; JUDD, H.L.MARKS, T.R.; FORD, Y.-Y.; BATES, C.H.A. The effects of photoperiod and light spectrum on stock plant growth and rooting of cuttings of *Continus coggygia* "Toyal Purple", **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Littlehampton, v.80, n.2, p. 245 - 253, 2005.
- CAMERON, R.W.F.; HARRISON-MURRAY, R.S.; FORD, Y.Y.; JUDD, H. Ornamental shrubs: Effects of stockplant management on the rooting and establishment of cuttings. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Littlehampton, v.76, n. 4, p. 489-496, 2001.
- CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 200. 132p.
- CASTRO, L.A.S.de; SILVEIRA, C.A.P. Avanços na produção e certificação de mudas de pessegueiro, nectarineira e ameixeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.23, n.216, p.57- 63, 2002.
- CHÉE, R.; POOL, R.M. Morphogenic responses to propagule trimming, spectral irradiance, and photoperiod of grapevine shoots recultured in vitro. **Journal American Society Horticultural Science**, Geneva, v.114, n.2, p.350 - 354, 1989.
- CORRÊA, L. D. R.; PAIM, D.C.; Carbohydrates as regulatory factors on the rooting of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. **Plant Growth Regulation**, Netherlands, v.45, p.63 - 73, 2005.
- COSTA, J.M.; CHALLA, H. The effect of the original leaf area on growth of softwood cuttings and planting material of rose. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.95, p.111-121, 2002.
- CURIR, P.; SULIS, S.; MARIANI, F.; van SUMERE, C.F.; MARCHESINI, A.; DOLCI, M. Influence of endogenous phenols on rootability of *Chamaelaucium uncinatum* Schauer, stem cuttings, **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.55, p.303-314, 1993.

- DAVIS, T.D.; HAISSIG, B.E.; SANKHLA, N. **Adventitious root formation in cuttings**. Portland, Discorides Press, v.2, 1987. 315p.
- DIAZ-SALA, C.; HUTCHISON, K.W.; GOLDFARB, B.; GREWOOD, M. Maturation-related loss in rooting competence by loblolly pine stem cuttings: The role of auxin transport, metabolism and tissue sensitivity. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.97, p.481-490, 1996.
- ECONOMOU, A. S.; READ, P.E. Light treatments to improve efficiency of in vitro propagation systems. **Horticultural Science**, Saint Joseph, v.22, n.5, p.751-754, 1987.
- ELIASSON, L. Adverse effect of shoot growth on root growth in rooted cuttings of Aspen, **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.25, p. 268 - 272, 1971.
- ELIASSON, L. Effects of nutrients and light on growth and root formation in *Pisum sativum* cuttings. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.43, p.13-18, 1978.
- ELIASSON, L. Factors affecting the inhibitory effect of indolylacetic acid on root formation in pea cuttings, **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.51, p. 23-26, 1981.
- ELIASSON, L.; BRUNES, L. Light effects on root formation in aspen and willow cuttings. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.48, p.261-265, 1980.
- ELIASSON, L.; AREBLAD, K. Auxin effects on rooting in pea cuttings. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.61, p. 293-297, 1984.
- EPSTEIN, E.; LUDWIG-MÜLLER, J. Indole-3-butyric acid in plants: occurrence, synthesis, metabolism and transport. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.88, p. 382-389, 1993.
- ESKINS, K; MCCARTHY, S.A. Blue, red and blue plus red light control of chloroplast pigment and pigment-proteins in corn mesophyll cells: Irradiance level- quality interaction. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v. 71, p.100-104, 1987.
- ESKINS, K.; MCCARTHY, S.A.; DYBAS, L.; DUYSSEN, M. Corn chloroplast development in weak fluence rate red light and in weak fluence rate red plus far - red - light. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.67, p.242-246, 1986.
- FABIJAN, D.; TAYLOR, J.S.; REID, D.M. Adventitious rooting in hypocotyls of sunflower (*Helianthus annuus*) seedlings. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.53, p. 589-597, 1981.
- FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R.L. **Propagação de plantas de clima temperado**. Pelotas: UFPEL, 1995.179p.
- FEITO, I.; GEA, M.A.; FERNÁNDEZ, B.; RODRÍGUES, R. Endogenous plant growth regulators and rooting capacity of different walnuts tissues, **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v.19, p.101 - 108, 1996.

FISCHER, P.; HANSEN, J. Rooting of chrysanthemum cuttings. Influence of irradiance during stock plant growth and of decapitation and disbudding of cuttings, **Scientia Horticulturae**, Piracicaba, v.7, p.171-178, 1977.

FOGAÇA, C.M.; FETT-NETO, A.G. Role of auxin and its modulators in the adventitious rooting of *Eucalyptus* species differing in recalcitrance. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v.45, p.1 - 10, 2005.

FORD, Y. -Y. ; BONHAM, E.C. ; CAMERON, R.W.F. ; BLAKE, P.S.; JUDD, H.L.; HARRISON-MURRAY, R.S. Adventitious rooting: examining the role of auxin in easy- and a difficult - to - root plant. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v.36, p.149 -159, 2002 .

FUERNKRANZ, H.A.; NOWAK, C.A. MAYNARD, C.A. Light effects in vitro adventitious root formation in axillary shoots of mature *Prunus serotina*. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.80, p.337-341, 1990.

FUJIWARA, M.; KUBOTA, C.; KOZAI, T.; SAKAMI, K. Air temperature effect on leaf development in vegetative propagation of sweetpotato single node cutting under artificial lighting. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.99, p.249-256, 2004.

GABA, V.; BLACK, M.; ATTRIDGE, T.H. Photocontrol of hypocotyl elongation in Detioled *Cucumis sativus* L **Plant Physiology**, Rockville, v.74, p.897 - 900, 1984.

GALSTON, W.A.; DAVIES, P.J. **Mecanismos de controle do desenvolvimento vegetal**. Tradução de M. Meguro. São Paulo: Edgard Blücher,1972. 170 p.

GARELLO, G.; MÉNARD, C.; DANSEREU, B.; DEGIVRY, M.-T.L.P. The influence of light quality on rose flower senescence: involvement of abscisic acid, **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v.16, p.135-139, 1995.

GOMES, G.A.C.; PAIVA, R.; SANTANA, J.R.F.DE; PAIVA, P.D.DE O.; CHALFUN, N.N. J. Propagação de espécies lenhosas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.23, n.216, p.12-15, 2002.

HANSEN, J.; KRISTIANSEN, K. Root formation, bud growth and survival of ornamental shrubs propagated by cuttings on different planting dates, **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Littlehampton, v.75, n.5, p.568 - 574, 2000.

HANSEN, J.; STRÖMQUIST, L.-H.; ERICSSON, A. Influence of the irradiance on carbohydrate content and rooting of cuttings of Pine seedlings (*Pinus sylvestris* L.) **Plant Physiology**, Rockville, v.61, p.975 - 979, 1978.

HANSEN, J.; ERIKSEN, E.N. Root formation of pea cuttings in relation to the irradiance of the stock plants. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.32, p.170-173, 1974.



- HARTMANN, H.T. ; KESTER, D.E. ; DAVIES, Júnior. F.T. ; GENEVE, R.L. **Plant Propagation: Principles and Practices**. 7th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002. 880p.
- HEINS, R.D.; HEALY, W.E.; WILKINS, H.F. Influence of night lighting with red, far red, and incandescent light on rooting of Chrysanthemum cuttings, **Horticultural Science**, Saint Joseph, v.15, n.1, p.84-85, 1980.
- HOAD, G.V. Transport of hormones in the phloem of higher plants. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v.16, p.173-182, 1995.
- HOWARD, B.H. Relationships between shoot growth and rooting of cuttings in three contrasting species of ornamental shrub. **Journal of Horticultural Science**, London, v.71, n.4, p. 591-605, 1996.
- HOWARD, B.H.; RIDOUT, M.S. A.; Partitioning sources of rooting potential in plum hardwood cuttings. **Journal of Horticultural Science**, London, v.69, n.4, p.735-745, 1994.
- JAMES, DJ.; Adventitious root formation "in apple rootstocks (*Malus pumila*) II. Uptake and distribution of indolyl - 3 - acetic acid during the auxin-sensitive phase in M.9 and M.26. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.57, p.154-158, 1983.
- JAO, R.-C.; FANG, W. Growth of potato plantlets in vitro is different when provided concurrent versus alternating blue red light photoperiods. **Horticultural Science**, Saint Joseph, v.39, n.2, p.380-382, 2004.
- JEON, M-W.; ALI, M.B.; HAHN, E-J.; PAEK, K-Y. Effects of photon flux density on the morphology, photosynthesis and growth of a CAM orchid, *Doritaenopsis* during post-micropropagation acclimatization. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v.45, p.139-147, 2005.
- KANTARLI, M.; APPANAH, S.; KHOO, K.C. Hedging and rooting ability of Hopea odorata donors in relation to light and nitrogen and the influence of propagation environment on rooting potential. In: ROUND TABLE CONFERENCE, ON DIPTEROCARPS. 5., 1994. Chiang mai. thailand. In: **Proceedings...** Chiang mai: Forest Research Institute, 1994. p.216-229.
- KIM, H.-H.; GOINS, G.D.; WHEELER, R.M.; SAGER, J.C. Green-light supplementation for enhanced Lettuce growth under red and blue-light emitting diodes, **Horticultural Science**, Saint Joseph, v.39, n.7, p.1617-1622, 2004.
- KOWALLIK, W. Blue light effects on respiration, **Annual Review Plant Physiology**, Stanford, v.33, p. 51-72, 1982.

- LAVEE, S.; VOLKENBURGH, E.V.; CLELAND, R. Light-stimulated leaf growth on intact and excised bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) IV. Effect of light quality on leaf and stem and pH, peroxidase, and elongation. **Israel Journal Of Plant Science**, Jerusalem, v.38, n.2, p.284 - 287, 2003.
- LEITE, G.B.; FINARDI, N.; FORTES, G.R.L. Efeitos de concentrações de sacarose no meio de cultura e da intensidade luminosa no enraizamento "in vitro" do porta-enxerto de pereira OH X F97. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.2, p.353-357, 2000.
- LEONG, T.-Y.; GOODCHILD, D.J.; ANDERSON, J.M. Effect of light quality on the composition, function, and structure of photosynthetic thylacoid membranes of *Asplenium australasicum* (SM) Hook. **Plant Physiology**, Rockville, v.78, p.561 - 567, 1985.
- LI, S.; RAJAPAKSE, N.C.; YOUNG, R.E. Far-red light absorbing photosensitive plastic films affect growth and flowering of Chrysanthemum cultivars. **Horticultural Science**, Saint Joseph, v.38, n.2, p.284-287, 2003.
- LOESCHER, W. H.; McCAMANT, T.; KELLER, J. D. Carbohydrate reserves, translocation, and storage in woody plant roots. **Horticultural Science**, Saint Joseph, v.25, n.3, p.274-281, 1990.
- LUDWIG-MÜLLER, J.; RAISIG, A.; HILGENBERG, W. Uptake and transport of indole-3 butyric acid in *Arabidopsis thaliana*: Comparison with other natural and synthetic auxins. **Journal Plant Physiology**, Stuttgart, v.147, p.351, 1995.
- MALDINEI, R.; PELÈSE, F.; PILATE, G.; SOTTA, B.; SOSSOUNTZOV, L.; MAGINIAC, E. Endogenous levels of abscisic acid, indole-3-acetic acid, zeatin and zeatin-riboside during the course of adventitious root formation in cuttings of craigella lateral suppressor tomatoes. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.68, p.426-430, 1986.
- MEDEIROS, C.A.B.; RASEIRA, M.do.C.B. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: EMBRAPA SPI, 1998. 350p.
- MICHALCZUK, B.; RUDNIKI, R.M. The effect of monochromatic red light on ethylene production in leaves of *Impatiens balsamina* L. and other species. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v.13, p.125 - 131, 1993.
- MONCOUSIN, C.; RIBAU, M.; O'ROURKE, J.; GAVILLET, S. Effects of type of carbohydrate during proliferation and rooting of microcuttings of *Malus Jork 9*. **Agronomie**, Paris, v.12, p. 775-781, 1992.
- MUIR, R.M.; ZHU, L.-J. Effect of light in the control of growth by auxin and its inhibitor(s) in sunflower. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v. 57, p.407-410, 1983.
- MUIR, R.M.; CHANG, K.C. Effect of red light on coleoptile growth. **Plant Physiology** Rockville, v.54, p.286 - 288. 1974.

NORDSTRÖM, A.-C.; ELIASSON, L. Levels of endogenous indole-3-acetic acid and indole-3-acetylaspartic acid during adventitious root formation in pea cuttings .

**Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.82, p.599-605, 1991.

NORDSTRÖM, A.-C.; JACOBS, F.A.; ELIASSON, L. Effect of exogenous indole-3-acetic acid and indole-3-butyric acid on internal levels of the respective auxins and their conjugation with aspartic acid during adventitious root formation in pea cuttings. **Plant Physiology**, Rockville, v.96, p.856 - 861, 1991.

NORTON, C.R.; HERRINGTON, T. PHILLIPS, D.; NORTON, M.E. Light quality and light in pipe in the micropropagation of woody ornamental plants. **Acta Horticulturae**, Wagenigen, v.226, p.413 - 416, 1988.

OKORO, O.O.; GRACE, J. The physiology of rooting populus cuttings. II Cytokinin activity in leafless hardwood cuttings. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.44, p.167-170, 1978.

OKORO, O.O.; GRACE, J. The physiology of rooting Populus cuttings I. Carbohydrates and photosynthesis. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.36, p.133-138, 1976.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. Tradução de A. Salatino, 6 th. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2001. 906 p.

RAJAPOGAL, V.; ANDERSEN, S. Water stress and root formation in pea cuttings. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.48, p.155-160, 1980.

REUVENI, O.; RAVIV, M. Importance of leaf retention to rooting of avocado cuttings. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneve, v.106, n.2, p.127-130, 1981.

RUDINICKI, R.M.; FJELD, T. MOE, R. Effect of light quality on ethylene formation in leaf and petal discs of Begonia x hiemalis Fotsch cv. Schwabenland Red. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht. v.13, p.281-286, 1993.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant Physiology**, 4 th. ed. Rockville: Wadsworth Publishing, 1992. 682 p.

SEIBERT, M.; WETHERBEE, P.J.; JOB, D.D. The effects of light intensity and spectral quality on growth and shoot initiation in tobacco callus. **Plant Physiology**, Rockville, v.56, p.130-139, 1975.

SITBON, F.; PERROT - RECHENMANN, Expression of auxin - regulated genes. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.100, p.443-455, 1997.

- SMALLEY, T.J.; DIRR, M.A. DULL, G.G. Effect of extended photoperiod on budbreak, overwinter survival, and carbohydrate levels of *Acer rubrum* "October Glory" rooted cuttings. **Journal American Society Horticultural Science**, Geneve, v.112, n.3, p.459-463, 1987.
- SPONGA, F.; DEITZER, G.F.; MANCINELLI, A.L. Cryptochrome, phytochrome, and the photoregulation of anthocyanin production under blue light. **Plant Physiology**, Rockville, v.82, p.952-955, 1986.
- STASINOPOULOS, T.C.; HANGARTER, R.P. Preventing photochemistry in culture media by long – pass light filters alters growth of cultured tissues. **Plant Physiology**, Rockville, v.93, p.1365-1369, 1990.
- STOUTEMYER, V.T.; O'ROURKE, F.L. Rooting cuttings and germination seeds under fluorescent and cold cathod light. **Proceedings American Society Horticultural Science**, Geneve, v.48, p.309-325, 1946.
- STRÖMQUIST, L-H ; ELIASSON, L. Light inhibition of rooting in Noeway spruce (*Picea abies*) cuttings. **Canadian Journal Botanic**, Ottawa, v.57, p.1314-1316, 1979.
- SYMONS, G.M. ; REID, J.B. Interactions between light and plant hormones during de-etiolation. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v.22, p.3 -14, 2003.
- TAIZ, L ; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de E.R. Santarém. 3 rd. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- TAYLOR, L.S.; van STADEN, J. Variation in the level and type of cytokinin with the stage of root development in *Impatiens wallerana* Hook f. stem cuttings. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v.22, p.175-180, 1997.
- TEALE, W.D.; PAPONOV, I.A.; DITENGOU, F.; PALME, K. Auxin and the developing root of *Arabidopsis thaliana*. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.123, p.130-138, 2005.
- TERZAGHI, W.B.; CASHMORE, A.R. Light-regulated transcription. **Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.46, p. 445-474, 1995.
- TYBURSKI, J.; TRETYN, A. The role of light and polar auxin transport in root regeneration from hypocotyls of tomato seedling cuttings. **Plant Growth Regulation**. Dordrecht, v.42, p.39-48, 2004.
- VILLA NOVA, N.A.; SANTIAGO, A.V.; REZENDE, F.C. **Energia Solar: Aspectos físicos e de captura pela biomassa**. Piracicaba, ESALQ-USP, 2001. 10 p.

VOLMARO, C.; PONTIN, M.; LUNA, V.; BARALDI, R.; BOTTINI, R. Blue light control of hypocotyl elongation in etioled seedlings of *Lactuca sativa* (L.) Grand Rapids related to exogenous growth regulators and endogenous IAA, GA<sub>3</sub> and abscisic acid. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v.26, p.165-173, 1998.

WALKER, N.; JACQUES, R.; MIGINIAC, E. Action of light on rooting in vitro and acclimatization of *Sequoia sempervirens* to soil. **Acta Horticulturae**, Wagenigen, n.212, p.289 - 301, 1987.

WAINWRIGHT, H.; FLEGMANN, A. W. The influence of light on the micropropagation of *Blackcurrant*. **Journal of Horticultural Science**, London. v.59, n.3, p.387-393, 1984.

WANG, S.; TAKEDA, S.; ICHII,; XU, L.; XIA, K.; ZHOU, X. Lateral root formation in rice (*Oryza sativa* L.): differential effects of indole-3-acetic acid and indole-3-butyric acid. **Plant growth Regulation**, Dordrecht, v.41, p.41-47, 2003.

WARPEHA, K.M.F.; KAUFMAN, L.S. Two distinct blue-light responses regulated epicotyl elongation in Pea. **Plant Physiology**, Rockville, v.92, p.495-499, 1990.

WILSON, P.J. Contributions of the leaves and axillary shoots to rooting in *Eucalyptus grandis* Hill ex Maid. Stem cuttings. **Journal of Horticultural Science**, London, v.69, n.6, p.99-107, 1994.

WILSON, P.J.; STRUVE, D.K. Overwinter mortality in stem cuttings. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Littlehampton, v.79, n.6, p.842-849, 2004.

ZHAO, J.; ZHU, W.- H.; HU, Q. Effects of light and plant growth regulators on the biosynthesis of vindoline and other indole alkaloids in *Catharanthus roseus* callus cultures. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v.33, p.43-49, 2001.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)