

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CÂMPUS DE BOTUCATU**

**REGULADORES VEGETAIS NA EMERGÊNCIA E NO DESENVOLVIMENTO
DE PLANTAS DE MACADÂMIA (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche)**

RENATA CRISTINA BERCHOL DA SILVA GARBELINI

**Tese apresentada ao Instituto de
Biotecnologia, Câmpus de Botucatu,
UNESP, para obtenção do título
de Doutor em Ciências Biológicas
(Botânica), AC: Fisiologia Vegetal.**

BOTUCATU – SP

2009

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CÂMPUS DE BOTUCATU**

**REGULADORES VEGETAIS NA EMERGÊNCIA E NO DESENVOLVIMENTO
DE PLANTAS DE MACADÂMIA (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche)**

RENATA CRISTINA BERCHOL DA SILVA GARBELINI

Prof^a Dr^a ELIZABETH ORIKA ONO

Orientadora

**Tese apresentada ao Instituto de
Biociências, Câmpus de Botucatu,
UNESP, para obtenção do título
de Doutor em Ciências Biológicas
(Botânica), AC: Fisiologia Vegetal.**

BOTUCATU – SP

2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO DE AQUIS. E TRAT. DA INFORMAÇÃO
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE

Garbelini, Renata Cristina Berchol da Silva.

Reguladores vegetais na emergência e desenvolvimento de plantas de macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) / Renata Cristina Berchol da Silva Garbelini. - Botucatu, 2009

Tese (doutorado) - Instituto de Biociências de Botucatu,
Universidade Estadual Paulista, 2009

Orientador: Elizabeth Orika Ono

Assunto CAPES: 20303009

1. Citocinas. 2. Macadamia (Botânica). 3. Fisiologia vegetal.

Palavras-chave: Citocinas; Desenvolvimento; Emergência; Giberelinas;
Trocias gasosas.

*“Louvai ao Senhor, porque ele é bom,
porque eterna é a sua misericórdia”.*

*(Salmos,
106,1)*

À minha família, pelo incentivo e modelo de dignidade, perseverança e bondade, ao meu esposo Ivan pelo imenso carinho e apoio e a você meu amado filho Vitor, graça e benção divina.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À **Deus** pelo dom da vida e por mais essa etapa concluída.

À Universidade Estadual Paulista, em especial ao Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, onde com muito orgulho concluí a formação acadêmica e pela oportunidade de realizar este curso.

À Prof^a Dr^a Elizabeth Orika Ono, por ter acreditado no meu trabalho, pela orientação e apoio.

À Empresa QueenNut Macadâmia, em especial ao Sr. Pedro Luis Blasi de Toledo Piza e Sr. Leonardo Massaharu Moriya, pelo apoio e subsídios oferecidos na realização dos experimentos.

Aos funcionários do viveiro de mudas da Empresa QueenNut Macadâmia, pela ajuda prestada na montagem e condução dos experimentos.

À Prof^a Dr^a Martha M. Mischán e ao Dr. Jéferson Klein pelos auxílios prestados nas análises.

À secretaria de Pós-Graduação, pelo atendimento sempre gentil e atencioso.

À todos que colaboraram de diferentes maneiras para a realização desta tese, a autora agradece.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1.Descrição botânica.....	5
2.2.Utilização da noz macadâmia.....	7
2.3.Cultivo.....	9
2.4.Mercado.....	13
2.5.Reguladores Vegetais.....	18
2.5.1.Reguladores vegetais na germinação de sementes.....	28
2.5.2 Reguladores vegetais no desenvolvimento de plantas.....	31
3. CAPÍTULO I – Reguladores vegetais na emergência de plântulas de macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i> Maiden & Betche).....	36
Resumo.....	37
Abstract.....	37
Introdução.....	38
Material e métodos.....	40
Resultados e discussão.....	41
Conclusões.....	45
Referências Bibliográficas.....	45
4. CAPÍTULO II – Reguladores vegetais no desenvolvimento de plantas de macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i> Maiden & Betche).....	49

Resumo.....	50
Abstract.....	50
Introdução.....	51
Material e métodos.....	53
Resultados e discussão.....	55
Conclusões.....	66
Referências Bibliográficas.....	67
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
6. CONCLUSÕES.....	72
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

GARBELINI, R.C.B. da S. **Reguladores vegetais na emergência e no desenvolvimento de plantas de macadâmia** (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche). 2009. 86f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

RESUMO- O estudo objetivou avaliar os efeitos de reguladores vegetais na emergência e no desenvolvimento de plantas de macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche). Para o estudo da emergência de plântulas de macadâmia, as sementes foram tratadas com: T1- água (testemunha) sob Sombrite®; T2- GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 200 mg L⁻¹ sob Sombrite®; T3- GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 400 mg L⁻¹ sob Sombrite®; T4- GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) a 5 mL kg⁻¹ sementes sob Sombrite®; T5- GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) a 10 mL kg⁻¹ sementes sob Sombrite® e T6-água (testemunha) sem Sombrite®. Os efeitos dos reguladores vegetais foram avaliados pelo número e porcentagem de emergência de plântulas de cada tratamento. Foram utilizados 6 tratamentos com 450 sementes cada. Os resultados permitiram concluir que o tratamento que promoveu os melhores resultados na emergência de plântulas foi com GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 400 mg L⁻¹ sob Sombrite®. Sete meses após o transplântio das plantas jovens de macadâmia, estas foram tratadas com os seguintes tratamentos através de pulverização foliar: Testemunha (água); T2- GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 200 mg L⁻¹ em 1, 2 e 3 aplicações; GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 400 mg L⁻¹ em 1, 2 e 3 aplicações; GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) a 2,5 mL L⁻¹ em 1, 2 e 3 aplicações; GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) a 5,0 mL L⁻¹ em 1, 2 e 3 aplicações. Nos tratamentos com 2 ou 3 aplicações, foram realizadas a intervalo de 21 dias. As características avaliadas foram comprimento de caule, diâmetro do caule, teor de clorofila, taxa de assimilação de CO₂ (*A*), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*) e concentração interna de CO₂ na câmara subestomática (*C_i*). As avaliações de comprimento e diâmetro do caule foram realizadas antes da aplicação dos tratamentos e as demais, em intervalos de 21 dias, sendo calculado o crescimento em comprimento e diâmetro do caule pela diferença entre as avaliações. As avaliações das trocas gasosas foram realizadas no 1º e no 150º dias após a aplicação dos reguladores vegetais. O delineamento experimental foi blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial 4 (4 tratamentos) x 3 (frequência de aplicações), totalizando 12 tratamentos e 1 testemunha, contendo 5 repetições com 50 plantas cada. Os melhores resultados para promover o crescimento do caule do porta-enxerto de macadâmia foi obtido no tratamento com GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) a 5,0 mL L⁻¹ em 3 aplicações, para a expansão do diâmetro do caule nos tratamentos com Stimulate® a 2,5 e 5,0 mL L⁻¹ em 1, 2 ou 3 aplicações, para os teores de clorofila o tratamento com GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 400 mg L⁻¹ em 2 aplicações, para a taxa de assimilação de CO₂, condutância estomática e transpiração, os maiores valores foram obtidos no tratamento com Stimulate® a 5,0 mL L⁻¹ em duas aplicações. Recomenda-se, portanto, o uso de Promalin® para estimular a emergência de plântulas e deste mesmo produto e Stimulate® para expansão do diâmetro do caule das plantas de macadâmia, de acordo com as doses e concentrações utilizadas neste estudo.

Palavras-chave: giberelinas, citocininas, emergência, trocas gasosas

GARBELINI, R.C.B. da S. **Plant growth regulators on emergence and development of macadamia nut trees** (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche). 2009. 86f. Thesis (Doctorate) – Institute of Biosciences, UNESP – São Paulo State University, Botucatu.

ABSTRACT- This study aimed to evaluate the effect of plant growth regulators on seed germination and development of macadamia nut trees (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche). For germination, seeds were treated with: T1- water (control) under shading screen; T2- GA₄₊₇ + N-(phenylmethyl)-1H-purine-6-amine at 200 mg L⁻¹ under shading screen; T3- GA₄₊₇ + N-(phenylmethyl)-1H-purine-6-amine at 400 mg L⁻¹ under shading screen; T4- GA₃ + IBA + Kt at 5 mL kg⁻¹ seeds under shading screen; T5- GA₃ + IBA + Kt at 10 mL kg⁻¹ seeds under shading screen, and T6-water (control) without shading screen. The effect of plant growth regulators was evaluated based on the number and percentage of emerged seedlings under each treatment. Experimental design was completely randomized, including 5 treatments with 450 seeds each. The greatest seedling emergence was detected with GA₄₊₇ + N-(phenylmethyl)-1H-purine-6-amine at 400 mg L⁻¹ under shading screen. At seven months after transplanting, young macadamia nut trees were subjected to 1, 2 and 3 leaf applications of: water (control); T2- GA₄₊₇ + N-(phenylmethyl)-1H-purine-6-amine at 200 mg L⁻¹; GA₄₊₇ + N-(phenylmethyl)-1H-purine-6-amine at 400 mg L⁻¹; GA₃ + IBA + Kt at 2.5 mL L⁻¹; GA₃ + IBA + Kt at 5.0 mL L⁻¹. The second and the third applications were performed at 21-days intervals. Shoot length, stem diameter, chlorophyll levels, net CO₂ assimilation rate (*A*), stomatal conductance (*gs*), transpiration (*E*), and CO₂ concentration inside the substomatal chamber (*Ci*) were evaluated. Plant height and stem diameter were measured before application of treatments and at 21-day intervals, considering the difference among evaluations. Gas exchange evaluations were performed at the 1st and at the 150th days after application of plant growth regulators. Experimental design was in completely randomized blocks, in the factorial arrangement 4 (4 treatments) x 3 (frequency of applications), totaling 12 treatments and 1 control, including 5 replicates of 50 plants each. The best results for longitudinal growth of macadamia rootstock was detected with the treatment GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) at 5.0 mL L⁻¹ in 3 applications; stem diameter expansion, with Stimulate® at 2.5 and 5.0 mL L⁻¹ in 2 applications; chlorophyll levels, with GA₄₊₇ + N-(phenylmethyl)-1H-purine-6-amine (Promalin®) at 400 mg L⁻¹ in 2 applications; and net CO₂ assimilation rate, stomatal conductance and transpiration, with Stimulate® at 5.0 mL L⁻¹ in 2 applications.

Keywords: gibberellins, cytokinins, emergence, gas exchanges

1. INTRODUÇÃO

A macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) foi descoberta em 1881. Atualmente é produzida, especialmente na Austrália e no Havaí, para onde foi levada no final do século XX e em menor escala na África, na América Central e na Califórnia, onde chegou vinda do Havaí depois da Segunda Guerra Mundial. Na América do Sul, a planta encontrou boas condições de aclimatação, ainda no início dos anos 30, onde se iniciou a produção de mudas para comercialização, destinadas basicamente ao adorno de pomares domésticos. No Brasil, a espécie *Macadamia* sp foi introduzida primeiramente na região de Limeira, em 1935. Hoje é encontrada em várias regiões do estado de São Paulo (DIERBERGER & MARINO NETO, 1985).

O mercado potencial para a cultura da macadâmia é praticamente ilimitado, pois nos Estados Unidos a demanda por essa noz é grande, sendo a mais valorizada entre as nozes conhecidas, já que consomem toda a produção exportada pelo Havaí, mas a capacidade ociosa do mercado ainda é muito grande. No entanto, na Europa, o mercado é praticamente inexplorado. Cada vez mais valorizada no mercado internacional, os negócios que giram em torno da produção e da comercialização da noz macadâmia movimentam milhões de dólares ao ano. Trata-se, atualmente, de uma das culturas mais rentáveis existentes e o Brasil pode estar caminhando para tornar-se o maior produtor e exportador de macadâmia do mundo, já que possui condições de solo e clima favoráveis (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOZ MACADÂMIA, 2005).

Por meio do melhoramento de variedades, foram obtidos cultivares mais produtivos através da enxertia. Assim, sugere-se que o método mais vantajoso economicamente de propagação da macadâmia, seja o vegetativo, visto preservar

integralmente as características mais importantes para sua produção (ANDERSEN et al., 1979, citando BEAUMONT & MOLTZAU, 1937, BITTENCOURT, 1965 e CANN, 1965).

Como o interesse por essa noz vêm aumentando há necessidade de maior disponibilidade de mudas de macadâmia, as quais saem do viveiro com cerca de 70 a 80 centímetros de altura, com idade média de 18 meses. O uso de reguladores vegetais pode ser uma alternativa para reduzir este período, que acarretará na produção das mudas em tempo menor. Como a utilização dessas substâncias não faz parte do método tradicional na produção de mudas de macadâmia, torna-se necessário a busca de novos conhecimentos.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos da aplicação de reguladores vegetais na emergência de plântulas e no desenvolvimento das plantas do cultivar ALOHA 10-14 de macadâmia, utilizado como porta-enxerto, visando precocidade e melhoria nas condições fisiológicas da planta.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Descrição botânica

A macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) pertence à família Proteaceae. Foi descoberta por Walter Hill, primeiro diretor do Jardim Botânico de Brisbane, na Austrália, quando realizava estudos sobre a fauna e a flora da região de Queensland. O nome macadâmia é proveniente do ano de 1858, quando Ferdinand Von Mueller a descreveu botanicamente, e lhe deu o nome de *Macadamia ternifolia*, em homenagem ao seu amigo John Macadam, presidente da Sociedade Filosófica de Victoria, Austrália. Popularmente, a planta é conhecida como noz de Queensland, noz australiana, noz-do-Havaí, noqueira-macadâmia, dentre outros (BRENES, 1983). Segundo o mesmo autor, existem aproximadamente dez espécies do gênero *Macadamia*, entretanto, somente as espécies *M. integrifolia* e *M. tetraphyla* produzem nozes comestíveis e têm possibilidades econômicas, sendo que a primeira é cultivada comercialmente.

As primeiras introduções foram realizadas no Havaí, em 1881, com a intenção de utilizar a planta como ornamental e para reflorestamento. Em 1936, pesquisadores da Universidade do Havaí iniciaram o programa de melhoramento genético da espécie a partir de árvores originadas de sementes e, em 1948, selecionaram os primeiros cultivares com produção diferenciada (STEPHENSON, 2005). Devido à alta produção e qualidade das amêndoas, esses cultivares foram a base dos plantios comerciais no Havaí e em outros países, inclusive a Austrália (SOBIERAJSKI et al., 2006).

A árvore de macadâmia é considerada uma planta ornamental por estar sempre verde, podendo atingir até 15 metros de altura, por volta dos 25 anos, quando chega à idade adulta. Suas folhas são verde-escuras quando novas e bronzeadas na senescência, com 10 a 30 cm de comprimento, coriáceas, planas, espatuladas e, freqüentemente, dotadas de espinhos nos bordos, surgindo em número de três em cada nó na *Macadamia integrifolia* ou em número de quatro na *M. tetraphylla* (DIERBERGER & MARINO NETO, 1985).

As flores da noqueira são hermafroditas produzidas em racemos pendentes de 10 a 30 centímetros, os quais contêm de 200 a 300 flores; entretanto, o índice de pegamento de frutos por racemo é em torno de 0,3% (SACRAMENTO et al., 1999). Possuem coloração branca na espécie *M. integrifolia* e rósea na espécie *M. tetraphylla*, são melíferas e muito atraentes aos insetos polinizadores (PAULINO & MARCHINI, 1998 citando FREE, 1993; HEARD, 1993 e HEARD & EXLEY, 1994). São autoférteis, não se tem constatado que árvores isoladas são menos produtivas do que em grupos de duas ou mais noqueiras. Em geral, a principal florada ocorre entre meses de agosto e setembro, podendo haver florações esparsas durante todo o ano. Entre o florescimento e a maturação, que coincide com a queda dos frutos (ponto de colheita) decorrem de seis a sete meses (AGROJURIS, 2005).

Segundo Cereda & De Marchi (1991), a macadâmia é uma noz só no sentido popular; botanicamente não é classificada como uma noz. É a semente de uma classe de frutos conhecidos como folículo deiscente, produzindo, geralmente, uma só semente envolvida por um carpelo que se abre de um lado ao completar sua maturação, sem, no entanto, desprender-se na queda.

Toledo Piza (1991) relata que o fruto da macadâmia possui uma capa externa de consistência carnosa e cor verde, cujo nome técnico é pericarpo, usualmente chamado de carpelo. Envolvida pelo carpelo encontra-se a noz em casca, de coloração marrom brilhante, e no interior da noz está a amêndoa de cor creme. O autor relata ainda que a parte interna da noz, denominada endosperma, é formada por uma amêndoa de consistência frágil, com alto teor de óleo a qual devidamente preparada é extremamente saborosa.

Joubert (1994) afirmou que a frutificação da noqueira macadâmia segue três fases distintas a partir da polinização das flores: a primeira, denominada período zigoto durando 2 semanas, a segunda, chamada fase do embrião ou do desenvolvimento, com período de 12 semanas e a terceira, fase de acúmulo de óleo, maturação, com duração de

17 semanas, totalizando 31 semanas até a maturação completa e, conseqüente, queda dos frutos.

2.2 Utilização da noz macadâmia

Na Tabela 1, pode ser observada a composição química da noz macadâmia, considerando-se a quantidade de 100 gramas de amêndoas.

Tabela 1. Composição química da macadâmia.

Nutrientes	Valores	Nutrientes	Valores
Calorias	Kcal 720	Riboflavina	mg 0,09
Proteína	g* 8	Niacina	mg 2,27
Gordura Total	G 76	Ácido Pantotênico	mg 0,60
Gordura Saturada	G 12	Vitamina B ₆	mg 0,36
Gordura Monosaturada	G 59	Folato	µg 10
Gordura Polisaturada	G 1,5	Vitamina B ₁₂	µg 0
Ácido Linoléico(ômega 6)	G 1,30	Vitamina A	UI**** 0
Ácido Linolênico(ômega 3)	G 0,20	Vitamina K	µg n/a
Colesterol	Mg** 0	Vitamina E	
Carboidrato	G 13	Tocoferol, alfa	mg 0,57
Fibras	G 8	Tocoferol, beta	mg 0
Cálcio	Mg 70	Tocoferol, gama	mg 0
Ferro	Mg 2,65	Tocoferol, delta	mg 0
Magnésio	Mg 118	Total Fitosteróis	mg 114
Fósforo	Mg 198	Etigmasterol	mg 0
Potássio	Mg 363	Campesterol	mg 7
Sódio	Mg 4	Beta-sitosterol	mg 107
Zinco	Mg 1,29	Carotenóides	
Cobre	Mg 0,57	Beta Caroteno	µg 0
Manganês	Mg 3,04	Alfa Caroteno	µg 0
Selênio	µg*** 3,60	Beta Criptoxantina	µg n/a
Vitamina C	Mg 0,70	Luteína+zeaxantina	µg n/a
Tiamina	Mg 0,71		

Fonte: USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 17, 2004.

*g= gramas **mg= miligramas ***µg= microgramas ****UI= Unidade Internacional

A macadâmia é a única planta nativa da Austrália a se tornar um alimento internacional, sendo considerada a noz mais refinada do mundo e o seu sabor delicado,

a versatilidade de uso e a textura crocante fazem dela saborosíssima para o consumo. As amêndoas contêm em média 78% de óleo, além de um conjunto de componentes altamente nutritivos, importantes para uma dieta saudável, promovendo boa saúde, longevidade e redução de doenças degenerativas (BUENO, 2009).

Segundo Allen (2008), o óleo presente na macadâmia é de alta qualidade nutricional, contendo ômega 7 que auxilia o equilíbrio dos níveis de colesterol e a quebra de gorduras prejudiciais ao nosso organismo, reduzindo os riscos de doenças cardiovasculares.

Fraser (1999) relata que experimentos realizados na Califórnia, demonstram que nozes como as amêndoas, as pecans, as avelãs e as macadâmias favorecem a redução dos níveis de colesterol sanguíneos, quando comparadas com gorduras animais. Afirma também, que o consumo regular de nozes, têm sido associado à diminuição de doenças cardiovasculares, inferindo que esses resultados provavelmente estejam associados com a redução de lipídios no sangue e os efeitos da vitamina E. Cita ainda que resultados similares aos expostos, tem sido encontrados no Havaí, com macadâmias.

Concordando com o descrito acima Sponchiato (2008) cita que as nozes, de maneira geral, trazem benefícios na manutenção da saúde. Relata que uma dieta enriquecida com macadâmias consegue reduzir em 6% os níveis de colesterol no organismo, colaborando na prevenção de doenças cardíacas, entretanto, deve-se lembrar que a macadâmia possui cerca de 20% a mais de lipídios do que as nozes tradicionais, recomendando-se a ingestão moderada. Recomenda a ingestão de seis nozes diversificadas diariamente, pois trazem benefícios, pois além de antioxidantes, elas possuem o aminoácido arginina, utilizado na produção do óxido nítrico, uma substância vasodilatadora capaz de relaxar os vasos sanguíneos e proteger de gorduras nocivas, atuando na prevenção de doenças cardiovasculares.

Rose et al. (2003) relatam haver interesse muito grande em alimentos identificados como benéficos os quais podem prevenir doenças e ajudar na manutenção ou aumentar a atividade antioxidante, mantendo a integridade de tecidos. Por esse motivo, realizaram um estudo sobre a atividade antioxidante e os compostos fenólicos da noz macadâmia comparada com o amendoim, nozes, castanha de caju e avelãs. Concluíram que todas essas sementes possuem atividade antioxidante: avelãs (42,7 ig / mg), amendoim (39,3 ig / mg), noz macadâmia (24,8 ig / mg), nozes (15,4 ig / mg) e castanha de caju (10,8 ig / mg), para os compostos fenólicos totais: avelãs (7,63 ig / mg), amendoim (7,58 ig / mg), noz macadâmia (4,36 ig / mg), castanha de caju (4,30 ig / mg) e

noz (3,65ig / mg); indicando que a noz macadâmia possui atividade antioxidante e compostos fenólicos.

Cerca de 6% da produção de noz macadâmia do Brasil é destinada para a extração de óleo, sendo empregado na cosmética, servindo como base para cremes, emulsificantes, sabonetes e hidratantes (TOLEDO PIZA, 2000).

De acordo com Sobierajski et al. (2006), no Brasil há pouca produção de óleo de macadâmia. A principal empresa do setor, instalada em Uchoa, estado de São Paulo, comercializa aproximadamente 150 litros por mês em virtude da pequena oferta de nozes de qualidade. Para essa finalidade, as nozes não precisam apresentar boa aparência, porém não podem ter depreciações como mofo, ranço e umidade, e devem possuir bom teor de óleo, que varia muito conforme o cultivar e os tratos culturais empregados durante o cultivo; por isso o valor pago ao produtor de macadâmia destinada a extração de óleo oscila entre R\$6,00 e R\$20,00 o quilo da amêndoa. O óleo produzido no Brasil é três vezes mais concentrado que o importado e é destinado somente ao mercado interno, sendo utilizado para fins farmacêuticos e alimentares. No atacado, o óleo é comercializado em tambores de 50 litros por R\$180,00 o litro e no varejo a R\$60,00 o frasco de 185 mL. Os autores relatam que nesse setor de produção da macadâmia, o grande impasse tem sido a importação de óleo americano, que é hidrossolubilizado e, segundo a empresa nacional que extrai óleo, a indústria cosmética acostumou-se com o produto de menor qualidade, o que não é benéfico para o mercado nacional.

Stephenson (2005) reporta que o uso da macadâmia pela indústria é crescente, visto que a amêndoa pode ser consumida ao natural ou em alimentos processados, como a fabricação de bolos (40% da produção mundial processada), biscoitos (35%), chocolates (22%) e sorvetes (3%).

2.3 Cultivo

No Brasil segundo Sobierajski et al. (2006), mudas de macadâmia foram plantadas na década de 1940, no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), pela Seção de Viticultura e Frutas de Clima Temperado. A partir de sementes trazidas do Haváí, iniciou-se, em 1974, um programa de melhoramento genético dessa noqueira.

O fato da Austrália possuir a mesma latitude que as terras brasileiras talvez explique o porquê da macadâmia ter se adaptado ao Brasil. A planta pode ser cultivada

em diferentes tipos de solo, mas o ideal são solos com fertilidade média a alta, permeáveis, com pelo menos 75 cm de profundidade para bom desenvolvimento das raízes, com alto teor de matéria orgânica e pH entre 4,5 a 6,5 (SÃO JOSÉ, 1991, citando HAMILTON E FUKUNAGA, 1959; BITTENBENDER et al., 1987).

A precipitação adequada para a cultura da macadâmia está na faixa de 1250 a 3000 mm anuais bem distribuídos; áreas com estiagem prolongada entre os meses de junho a novembro devem ser irrigadas para minimizar os riscos de perdas na produção.

A época das chuvas é a mais adequada para a instalação da cultura; caso ocorra estiagem, as mudas devem ser irrigadas. A nogueira macadâmia desenvolve-se bem em locais de temperatura média entre 23 e 25°C, sendo ideal que haja temperaturas noturnas entre 16 e 18°C para estimular a indução floral. Plantas jovens com até quatro anos, não suportam geadas, com possibilidade de morte (TODA FRUTA, 2005). Durante o plantio não colocar solo encostado no caule, nem mesmo matéria orgânica.

Segundo Moriya (2006) a ocorrência de ventos fortes pode causar o tombamento de plantas jovens, devido à presença de sistema radicular superficial, sendo recomendado o uso de tutores ou o plantio em áreas protegidas ou com quebra-vento. Em plantas adultas também podem ocorrer danos, como a quebra de galhos e tombamento, tais problemas podem ser evitados com a realização de podas de formação, para que as plantas possuam uma melhor estrutura de sustentação.

Para a instalação de um pomar, alguns pontos devem ser analisados, como o posicionamento das linhas, a densidade de plantio e o uso de quebra-vento.

Quanto aos espaçamentos empregados, estes podem variar de 8 x 5m (250 plantas por hectare); 8 x 6m (208 plantas por hectare); 9 x 5m (222 plantas por hectare); 9 x 6m (185 plantas por hectare); 10 x 4m (250 plantas por hectare); 10 x 5m (200 plantas por hectare); ou 10 x 6m (167 plantas por hectare).

Os quebra-ventos devem ser implantados no mínimo a 10m da primeira linha de macadâmia de forma a facilitar o trânsito nos carregadores e diminuir a competição por nutrientes e água. A determinação das árvores para a realização do plantio do quebra-vento deve ser criteriosa, evitando o plantio de espécies como o eucalipto.

A seleção dos cultivares é de extrema importância para a formação de um pomar produtivo e será determinada de acordo com o clima, o tipo de solo, a densidade, a topografia e a forma de manejo. Os cultivares disponíveis para o plantio são: de origem havaiana HAES 344, HAES 660, HAES 741, HAES 816 e os desenvolvidos pelo

Instituto Agronômico de Campinas IAC 121, IAC 4 – 12B, IAC Campinas B, IAC 9 – 20 e IAC 4 – 20.

Para a formação de um pomar de nozeiras macadâmia é recomendável a implantação de no mínimo dois cultivares diferentes, plantando-se duas linhas alternadas, tendo por objetivo garantir a polinização cruzada, conferindo maior pegamento da florada (CEREDA & DE MARCHI, 1991).

Os primeiros três anos da planta são improdutivos, somente a partir do quarto ano inicia-se a produção comercial, a qual é crescente até chegar ao décimo segundo ano onde se alcança a máxima produtividade. A partir daí, a planta não pára mais de produzir, aliás uma das suas principais características é a longevidade, sabe-se da existência de plantas produtivas com mais de um século (BRENES, 1983)

Normalmente a quantidade média de nozes em casca produzidas em pomares com manejo correto, é de cerca de 0,5 kg por árvore em plantas de 4 anos, 1,5 Kg em plantas com 5 anos, 4 kg com 6 anos, 6,5 kg com 7 anos, 8 kg com 8 anos, 12 kg com 9 anos, 14 kg dos 10 aos 11 anos e 15 kg dos 12 aos 13 anos (MORIYA 2006).

Algumas pragas costumam atacar a cultura da emissão da florada até a fase de maturação dos frutos, afetando a produtividade e a qualidade da produção do pomar, por esse motivo devem ser bem monitoradas. As pragas mais comuns são o pulgão preto (*Toxoptera citricida*), a cigarrinha-verde (*Empoasca* sp.), o trips (*Selenothrips* sp., *Scirtothrips* sp., *Hliothrips* sp.) que atacam as flores e as brotações, alguns percevejos (*Nezara viridula*, *Leptoglossus* sp. e *Neomegalotomus* sp.) e o bicho-furão ou broca (*Ecdytophpha aurantiana*) que atacam os frutos (MORIYA et al., 2006).

As plantas de macadâmia devem ser podadas entre o primeiro e o segundo ano de plantio, tendo por finalidade o crescimento de um tronco único com ramos laterais bem distribuídos, formando uma planta vigorosa e estruturada impedindo, assim, o tombamento e a quebra em plena idade produtiva (MORIYA, 2006).

Dierberger & Marino Neto (1985) e Toledo Piza (1991) relatam que no Brasil o amadurecimento da noz macadâmia ocorre no outono, principalmente nos meses de março, abril e maio, e que os frutos devem ser recolhidos, imediatamente, após a queda ao chão por catação das nozes envoltas pelo pericarpo. Afirmam que é praticamente impossível distinguir as nozes maduras das imaturas nas árvores, motivo pelo qual não aconselham a colheita direta nos ramos ou a derriça por qualquer meio.

Toledo Piza (1991) recomenda que a periodicidade da colheita seja definida de acordo com as características de cada propriedade, influenciada por fatores climáticos,

do solo e da própria umidade do produto. Citando Hobson (1991), o mesmo autor recomenda deixar as nozes no solo ao invés de estocá-las em sacos (nunca usar sacos plásticos) e caixas sem ventilação, colhendo-se, somente, a quantidade possível de ser descarpelada no mesmo dia.

A produtividade pode variar de 5 a 10 toneladas de nozes por hectare, em pomares adultos, bem conduzidos e conforme o espaçamento utilizado (TOLEDO PIZA, 1991).

O processo de propagação da macadâmia é realizado através de sementes. As sementes de macadâmia devem ser retiradas de árvores vigorosas, simétricas, de produção uniforme e crescimento rápido. A germinação ocorre entre 40 a 120 dias após a semeadura, dependendo do tratamento efetuado sobre as sementes. O desbaste deve ser realizado quando as plantas atingirem de 10 a 15 centímetros de altura (SIMÃO, 1971).

O tempo de formação de mudas de frutíferas em recipientes, a partir de sementes, depende muito da velocidade de crescimento da espécie, da época de plantio e dos tratos culturais dispensados à planta. Normalmente, varia de seis meses a um ano e meio, para a maioria das espécies, especialmente às que são enxertadas (MELETTI, 2000).

Ojima et al. (1983) citam que os cultivos comerciais de macadâmia devem ser feitos com mudas enxertadas, pois o uso de pés-francos para esses plantios leva à desuniformidade genética da plantas, evidenciando produções menores, já que com a enxertia se transmitem as características selecionadas no melhoramento genético. .

Brenes (1983) relata que a partir de 1922, no Havaí, pesquisas sobre enxertia, foram realizadas com resultados positivos em macadâmia. No período de 1938 a 1941 com o avanço na propagação vegetativa se estabeleceram os primeiros pomares de macadâmia enxertada, com altos rendimentos e nozes de boa qualidade, produção maior, plantas resistentes a doenças e mais adaptadas ao clima.

Cruz et al. (1998) comentam que para as condições do México, devido à demanda comercial para se estabelecerem novas plantações e renovar pomares com novos cultivares, é importante estudar técnicas alternativas, pois com técnicas tradicionais geralmente se obtém baixa eficiência na sobrevivência de plantas enxertadas, além de demorarem de dois a três anos no viveiro.

A macadâmia apresenta algumas dificuldades para a enxertia. O enxerto comumente utilizado é do tipo garfagem, meia-fenda, fenda-incrustada, fenda cheia e

garfagem lateral. Para favorecer o pegamento, é necessário anelar o ramo-enxerto trinta a sessenta dias antes de sua retirada. Em todos os tipos de garfagem, recomenda-se deixar a haste terminal do porta-enxerto, com a finalidade de favorecer o pegamento do enxerto. Normalmente a enxertia é feita no período de repouso da planta, no período de junho a agosto (SIMÃO, 1971).

Na empresa QueenNut Macadâmia o cultivar utilizada como porta-enxerto é ALOHA 10-14, o qual apresenta grande resistência ao tombamento provocado pelo vento, devido as características do seu sistema radicular. Para a formação do porta-enxerto as sementes são coletadas e semeadas logo em seguida, para evitar perda de viabilidade, que ocorre de uma estação para a outra. As plantas são enxertadas com aproximadamente 12 meses de idade, quando atingem o diâmetro aproximado 8 mm, sendo menor que aqueles utilizados na Austrália. Depois de aproximadamente seis meses da enxertia a muda está pronta para comercialização. Um enxertador experiente chega a realizar 220 a 250 enxertos por dia, obtendo sucesso em 90% das plantas. No viveiro dessa empresa a produção atinge 40 a 60 mil mudas por ano (WILSON 2007).

Costa & Oliveira (1993) afirmam haver a necessidade de definição do melhor porta-enxerto entre os genótipos havaianos introduzidos no Brasil, visando melhor eficiência no processo de germinação das nozes a serem utilizadas como porta-enxertos, bem como, na taxa de pegamento dos enxertos e maior crescimento inicial das mudas. Avaliando porta-enxerto e enxertia por garfagem para a macadâmia no estado do Espírito Santo, os autores concluíram que os genótipos MAKAI, HAES 800, MAUKA e HAES 741 apresentaram superioridade para a utilização como porta-enxerto, quando comparados a demais genótipos implantados no estado.

2.4 Mercado

A expansão mundial da cultura da macadâmia ocorreu principalmente na década de 1990, sendo resultado do interesse dos produtores pela diversificação de culturas (STEPHENSON, 2005).

A noz macadâmia representa uma cultura com grande potencial de expansão, competindo com outras nozes, principalmente com a castanha de caju e a castanha do Pará (O'CONNOR, 2000; MARTIN, 1992; PIZA & AGUILAR, 2004).

Segundo Paulino & Marchini (1998), a produção e a exportação brasileira de macadâmia continua crescendo devido à grande demanda. Comentam ainda, citando

Bahia (1991), que o Brasil mesmo apresentando condições edafoclimáticas favoráveis à cultura, possui cultivo pouco expressivo. Os estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Espírito Santo comportam mais de 90% do cultivo brasileiro.

De acordo com a Associação Brasileira de Noz Macadâmia, 2005, o mercado mundial de macadâmia gira em torno de 33.000 toneladas de amêndoas, sendo 300 milhões de dólares por ano, considerando ainda que existe no mundo um déficit de 10.000 toneladas da noz, mostrando grande potencial do produto no mercado internacional, o qual pode ser explorado.

Segundo Toledo Piza (2006) o Brasil é o quinto país em número de árvores plantadas e o sétimo em produção, possuindo 1.040.000 de plantas, num total de 4722 hectares em desenvolvimento, sendo que 326.000 dessas árvores encontram-se com até 6 anos de idade. No caso da Austrália, maior produtor mundial de macadâmia, possui 6.000.000 de árvores plantadas em área de 21.500 hectares, como as plantas australianas são mais antigas, a produção é bem maior que a brasileira.

Em 2003, no Brasil foram produzidas 2.500 toneladas de noz macadâmia em casca, totalizando 558 toneladas de amêndoas. No ano de 2004 a produção foi de 3.100 toneladas de nozes em casca e 675 toneladas de amêndoas. Em 2005, a produção atingiu 2.900 toneladas de noz em casca e 655 toneladas de amêndoas. Considerando a safra do ano de 2006, a produção foi de 3.350 toneladas de noz em casca, correspondendo a 760 toneladas de amêndoas de macadâmia (TOLEDO PIZA, 2006). No ano de 2007, a produção foi menor, 3000 toneladas de noz em casca, rendendo cerca de 700 toneladas de amêndoas. Em 2008, esses valores se mantiveram.*

Da produção nacional de noz macadâmia, cerca de 70 a 80% destina-se à exportação, provavelmente a pouca absorção do produto pelo mercado interno seja devido à falta de hábito e o desconhecimento da noz macadâmia por parte do consumidor brasileiro.

Os Estados Unidos destacam-se como o maior mercado consumidor de noz macadâmia, cerca de 48 %, seguidos pelo Japão (15%), Europa (13%), China (7%), Austrália e Nova Zelândia (7%) e Sudoeste Asiático (5%). O consumo mundial em 2004, apresentou crescimento de 8% em relação a 2003, e só não foi maior pela impossibilidade dos produtores reagirem rapidamente ao aumento da demanda (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOZ MACADÂMIA, 2005).

* Comunicação pessoal por Leonardo Moriya.

O crescimento da produção brasileira de noz macadâmia na década de 1998 a 2008 pode ser observado na tabela 2.

Tabela 2. Produção brasileira de noz macadâmia.

Ano	Noz em casca (t)	Amêndoas (t)
1998	1.962	373
1999	2.038	409
2000	2.254	485
2001	1.845	378
2002	2.628	562
2003	2.500	558
2004	3.100	675
2005	2.900	655
2006	3.350	760
2007	3.000	700
2008	3.000	700

Fonte: ABM – Associação Brasileira de Noz Macadâmia (2005), Toledo Piza (2006) *

A Austrália é o maior produtor mundial de noz macadâmia, na safra de 2006 produziu 37.700 toneladas de noz em casca e 10.150 toneladas de amêndoas, seguida pelo Havaí, África do Sul, Quênia, Guatemala, Brasil, Colômbia, Zimbábue, Costa Rica, Equador, Bolívia, Nova Zelândia, México e Paraguai, sucessivamente (TOLEDO PIZA, 2006).

Países como Costa Rica, Guatemala, África do Sul, Quênia possuem uma quantidade relativamente alta de pomares jovens, os quais, assim como o Brasil, produzirão macadâmia em escala crescente nos próximos anos, o que permite prever um aumento na competição pelos mercados de consumo, o que fará com que o preço e qualidade sejam fatores primordiais (PIZA, 2000).

No panorama internacional, em 2006 a produção total de noz macadâmia em casca, foi de 108.917 toneladas ou equivalente a 27.459 toneladas de amêndoas. O Brasil segue em 7º lugar com 3% da produção mundial. Um resumo da produção mundial de noz macadâmia entre os anos de 2003 a 2006, em casca e em amêndoas, pode ser observado nas tabelas 3 e 4, sucessivamente.

* Comunicação pessoal por Leonardo Moriya.

Tabela 3. Produção mundial de noz macadâmia em casca, em toneladas.

País	2003	2004	2005	2006
Austrália	26.800	37.000	37.000	37.700
Havai - USA	21.200	22.500	24.200	23.600
África do Sul	12.513	10.956	16.231	16.500
Quênia	11.000	12.500	12.500	12.500
Guatemala	4.010	5.050	6.100	6.200
Malauí	3.991	4.240	5.363	5.500
Brasil	2.500	3.100	2.900	3.350
Colômbia	550	600	800	1.200
Zimbábue	864	720	900	1.000
Costa Rica	800	800	750	750
Equador	250	250	250	250
Bolívia	46	47	137	121
Nova Zelândia	100	100	100	110
México	-	-	90	90
Paraguai	15	18	33	36
Total	84.639	97.881	107.354	108.917

Fonte: Toledo Piza (2006)

Tabela 4. Produção mundial de noz macadâmia em amêndoas, em toneladas.

País	2003	2004	2005	2006
Austrália	7.600	10.800	10.750	10.150
Havai – USA	5.400	5.800	6.200	6.000
África do Sul	3.401	2.780	4.205	4.500
Quênia	1.547	1.683	2.500	2.500
Guatemala	725	910	1.150	1.250
Malauí	1.117	1.175	1.594	1.500
Brasil	558	675	655	760
Colômbia	110	120	160	240
Zimbábue	216	185	225	250
Costa Rica	180	180	170	170
Equador	50	50	50	50
Bolívia	10	11	34	33
Nova Zelândia	30	30	30	33
México	-	-	18	20
Paraguai	3	4	6	7
Total	20.947	24.403	27.747	27.459

Fonte: Toledo Piza (2006)

No Brasil há 160 produtores de noz macadâmia, sendo que no estado de São Paulo encontram-se 72, os quais possuem juntos, aproximadamente 4.200 hectares. Os principais municípios produtores no estado de São Paulo são Dois Córregos, onde encontramos as maiores áreas dessa cultura, com participação de 17% da área estadual, Garça, Avaré e São Sebastião da Grana. Os demais estados brasileiros com plantações de macadâmia são Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Bahia e as regiões do Sul de Goiás e Planalto do Mato Grosso do Sul (SOBIERAJSKI et al., 2006).

No município de Dois Córregos, SP, as primeiras 250 mudas de noz macadâmia chegaram em 1989, trazidas de Limeira por um dos donos da Usina Santa Adelaide, como uma cultura alternativa à cana-de-açúcar. A experiência foi muito positiva, tanto que em 1992 a empresa QueenNut Macadâmia foi fundada no município. Atualmente, a empresa possui 65 mil plantas distribuídas em 300 hectares, sendo que destas, 52 mil estão em produção, com idade entre 5 e 20 anos. No ano de 2007 a produção do município de Dois Córregos atingiu 350 toneladas de nozes em casca, já em 2008 a produção caiu para 250 toneladas. Para a safra de 2009 estima-se uma produção em torno de 500 toneladas de nozes.*

Quanto à organização dos produtores nesse setor, em 1990, foi realizado na cidade de Dois Córregos, o Primeiro Encontro de Produtores de Macadâmia, sendo fundada a Associação dos Produtores de Noz Macadâmia do Estado de São Paulo (APROMESP), a qual realizou encontros anuais com a presença de especialistas internacionais vindo dos Estados Unidos, da Austrália e da África do Sul, e fez parcerias com órgãos governamentais e universidades, visando o desenvolvimento da cultura. Em janeiro de 2005, a APROMESP foi transformada em Associação Brasileira de Noz Macadâmia (ABM), composta por todos os segmentos envolvidos no agronegócio da cultura no país. A ABM tem 35 associados, com propriedades em vários estados brasileiros e juntos representando 99% da produção nacional (SOBIERAJSKI et al. 2006).

De acordo com Laredo (2005) a macadâmia é adequada a produtores que desejam um investimento à longo prazo. Isso porque retorno econômico só é garantido após o décimo ano após o plantio. A princípio, gasta-se em média, para a implantação da lavoura, 1,5 mil dólares por hectare, incluindo-se o valor das mudas, que custam cerca de 3 dólares cada. Como é um valor alto, recomenda-se o cultivo consorciado com

* Comunicação pessoal por Leonardo Moriya.

outras lavouras. O café, por exemplo, é uma excelente opção, pois exige as mesmas condições de clima, solo e mão-de-obra com o mesmo tipo de qualificação. Como as árvores brasileiras ainda são jovens um hectare é capaz de render ao produtor cerca de 2,2 mil dólares. Na Austrália, esse valor triplica, o índice de aproveitamento de nozes é de 30%, sendo que alguns cultivares ultrapassam 40%.

Martin (1992) relata que a cultura da macadâmia no Brasil apresenta vários aspectos positivos, tais como alta rentabilidade, baixo custo de produção em relação àqueles apresentados pelos grandes produtores mundiais, condições climáticas favoráveis apresentadas por algumas regiões brasileiras, localização geográfica de nosso país e grandes perspectivas de exportação.

2.5 Reguladores vegetais

Segundo Taiz & Zeiger (2009), em vegetais superiores a regulação do metabolismo, o crescimento e a morfogênese muitas vezes, dependem de sinais químicos de uma parte da planta para outra, essa idéia foi proposta pelo botânico alemão Julius von Sachs, no século XIX, que propõe que esses mensageiros químicos sejam os responsáveis pela formação e pelo crescimento de diferentes órgãos vegetais e que fatores externos podem afetar a distribuição dessas substâncias pela planta.

Davies (2004) relata que esses mensageiros químicos foram posteriormente chamados de hormônios, usados a princípio na fisiologia animal. Esse mesmo autor define um hormônio vegetal ou fitormônio, como um grupo de substâncias orgânicas, ativas em concentrações muito baixas e que influenciam processos como crescimento, diferenciação e desenvolvimento.

Arteca (1995) descreve que os hormônios vegetais são produzidos em certas partes da planta e translocadas para outros locais, movimentando-se de um sítio de produção para um sítio de ação, onde provocam as respostas. Entretanto, atualmente já se sabe que os hormônios podem atuar também no local de síntese.

Os hormônios também são os principais agentes que regulam o potencial genético das plantas, atuando na ativação ou na repressão de genes específicos. Tanto os hormônios naturais, como substâncias sintéticas, que exercem efeitos semelhantes aos hormônios, são denominados conjuntamente, de reguladores vegetais, desta maneira reguladores vegetais são todas as substâncias empregadas exogenamente para promover

o desenvolvimento das plantas, sendo produzidos sinteticamente e semelhantes aos hormônios (ARTECA, 1995).

Os reguladores vegetais podem promover, inibir ou modificar processos fisiológicos e morfológicos do vegetal. Eles agem em conjunto nos processos de germinação, crescimento, desenvolvimento e produtividade da planta, proporcionando o equilíbrio necessário para que todas as atividades referentes às etapas fenológicas ocorram de forma harmônica (DAVIES, 2004; RUIZ, 1998).

De acordo com Salisbury & Ross (1994) os efeitos dos reguladores vegetais dependem da espécie vegetal, da parte da planta, do estágio de desenvolvimento, da concentração, da interação com outros compostos e dos fatores ambientais.

Segundo Castro et al. (2002) o mecanismo de ação dos reguladores vegetais está associado à interação molecular direta e específica, que desencadeia uma sucessão de eventos bioquímicos e fisiológicos que produzirão respostas mensuráveis. Para atuar, os hormônios ligam-se a receptores protéicos específicos, formando um complexo hormônio-receptor, que libera um mensageiro secundário que migra até o núcleo e provoca expressão gênica. Conseqüentemente, a formação do RNA mensageiro, a partir do DNA, induz a síntese de enzimas, que atuam nas ligações polissacarídicas, desencadeando o desenvolvimento celular.

O modo de ação destes compostos são dependentes do local de síntese ou tecido aplicado, do tempo de síntese ou da aplicação, do nível de ação do composto, bem como da interação e inter-relação funcional de diferentes hormônios e reguladores vegetais (FRACARO, 2000)

Segundo Ruiz (1998) o estudo da aplicação de reguladores vegetais em muitas espécies cultivadas, busca o domínio e controle dos processos fisiológicos das plantas, e de certo modo, sua ação tem mostrado resultados surpreendentes tanto pelas reações divergentes de plantas semelhantes ao emprego de um mesmo produto, como pela modificação de certas técnicas consideradas tradicionalmente imutáveis.

Vieira (2001) relata que com a descoberta dos efeitos dos reguladores sobre as plantas cultivadas e os benefícios promovidos por estas substâncias, bem como as combinações desses produtos têm sido pesquisados com o objetivo de melhorar de maneira qualitativa e quantitativa a produtividade das culturas.

Essas substâncias naturais ou sintéticas podem ser aplicadas diretamente nas plantas (folhas, frutos, caules, ramos, sementes, etc.), provocando alterações nos processos vitais e estruturais, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a

qualidade e facilitar a colheita. Através destas substâncias pode-se interferir em diversos processos fisiológicos e/ou morfológicos, tais como a germinação, crescimento vegetativo, florescimento, frutificação, senescência e abscisão. Esta interferência depende das condições ambientais, das características e potencialidades genéticas da planta (VIEIRA & CASTRO, 2004).

Modesto (1994), citando Ferguson et al. (1986), relata que reguladores vegetais têm sido usados em muitas culturas para o controle do crescimento, influenciando o florescimento e aumentando o rendimento da cultura. Cita ainda que em citros estes compostos têm sido usados para regular o desenvolvimento do fruto, inibir brotações do porta-enxerto e estimular o enxerto.

Segundo Coelho et al. (1983), o emprego de substâncias reguladoras de crescimento pode acelerar a taxa de crescimento das plantas. Sugere ainda que o emprego de práticas culturais como irrigação, adubação e controle de plantas invasoras são fundamentais para a obtenção de mudas com qualidade, além de reduzir o período de formação das mesmas. Os mesmos autores descrevem que o crescimento de plantas em altura deve-se a capacidade do ácido giberélico (GA_3) em estimular a expansão do caule.

Arteca (1995) sugere que o uso desses compostos na agricultura têm um importante potencial para regular alguns, senão todos, os processos fisiológicos das plantas. Atualmente, o uso comercial desses compostos já constitui realidade para muitas culturas, tais como a soja, uva, laranja, feijão, manga, etc. (VIEIRA & CASTRO, 2004).

Vieira & Castro (2004), citam que a aplicação de biorreguladores e bioestimulantes vegetais, visando aprimorar os padrões de produtividade, tem apresentado resultados significativos nessa área, principalmente em regiões onde as culturas já atingiram um nível elevado de tecnologia e manejo. Os mesmos autores sugerem a palavra biorreguladores como sinônimos de reguladores vegetais e citam o produto comercial Stimulate®, como um bioestimulante.

Atualmente, dentre os grupos de reguladores vegetais incluindo os endógenos e os sintéticos, temos as auxinas, as giberelinas, as citocininas, o ácido abscísico, o etileno, os brassinosteróides, os jasmonatos, os salicilatos, as poliaminas e os compostos fenólicos (TAIZ & ZEIGER, 2009).

De acordo com os objetivos propostos pelo presente trabalho, serão destacados somente os reguladores vegetais utilizados na experimentação, sendo a auxina, a giberelina e a citocinina.

a) Auxina

De acordo com Arteca (1995), a auxina foi o primeiro hormônio descoberto em plantas e é um dos agentes químicos sinalizadores que regulam o desenvolvimento vegetal.

Rodrigues e Leite (2004) relatam que a principal auxina em plantas superiores é o ácido indolil-3-acético (IAA), embora existam várias auxinas que ocorrem naturalmente, tais como o ácido fenilacético (PAA), o ácido indol -3-butírico (IBA) e o ácido 4-cloroindolil- 3-acético (4-Cl-IAA). Taiz e Zeiger, 2009, citam também as auxinas sintéticas, como o ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) e o ácido 2- metóxi-3,6-diclobenzóico (dicamba) .

Por sua vez as auxinas sintéticas são bastante eficientes, pois não são metabolizadas pelas plantas tão rapidamente quanto o AIA; um grande número de auxinas sintéticas já foi produzido, como as substâncias indólicas, os derivados dos ácidos fenoxiacéticos e ácido benzóico e os tricarbamatos (TAIZ & ZEIGER, 2009), tais como o ácido naftalenoacético (ANA), o ácido 2,4-diclofenóxiacético (2,4-D) e o ácido indolilbutírico (IBA) (CASTRO & VIEIRA, 2001).

A auxina participa principalmente na promoção do crescimento de caules de plantas, além da regulação da dominância apical, da iniciação das raízes laterais, da abscisão foliar, da diferenciação vascular, da formação de gemas florais e do desenvolvimento do fruto. A auxina é sintetizada principalmente na gema apical e translocada de modo polar para a raiz. Esse transporte ocorre preferencialmente nas células do parênquima associadas ao tecido vascular (TAIZ & ZEIGER, 2009).

O mecanismo exato da biossíntese do ácido indolil-3-acético, não está totalmente elucidado, embora evidências experimentais com triptofano radioativo indiquem que este aminoácido aromático estaria na origem da rota metabólica. A concentração de auxina na planta não é uniforme, diminui ao longo do caule. Em ordem decrescente de concentração tem-se: ápice caulinar, gemas de crescimento, sementes em formação, folhas novas, folhas maduras, grãos de pólen e câmbio. Em geral, a auxina na planta diminui com a idade, época do ano e atividade metabólica,

sendo que a presença de microrganismos também pode estar associada à síntese de auxina (DAVIES, 2004)

As auxinas possuem ação característica no crescimento celular, agindo diretamente no aumento da plasticidade da parede celular, conferindo a esta, alongamento irreversível (VIEIRA & MONTEIRO, 2002) o qual requer a entrada de água, a expansão permanente da parede e a síntese de material para reconstrução da parede celular. A auxina promove o crescimento por alongamento, sobretudo por aumentar a capacidade de extensão da parede celular. De acordo com a hipótese do crescimento ácido, uma das ações importantes da auxina é induzir as células a transportar prótons para a parede celular, pelo estímulo da H⁺-ATPase da membrana plasmática. Dois mecanismos foram propostos para a extrusão de prótons induzida por auxina – pela ativação direta da bomba de prótons e pelo aumento da síntese de H⁺-ATPase da membrana plasmática (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Segundo Rodrigues & Leite (2004), a acidificação da parede celular não é a única forma pela qual a auxina induz o alongamento das células. A auxina deve afetar também outros processos importantes para o crescimento celular tais como a absorção ou produção de solutos com atividade osmótica, a condutividade da membrana plasmática e a manutenção da estrutura da parede por meio do estímulo da atividade de enzimas envolvidas na síntese de polissacarídeos da parede, assim como promovendo a síntese de proteínas da parede.

Castro (2007), propõe que a reconstrução da parede é promovida por ação da enzima β-glucan sintetase, produzida no retículo endoplasmático rugoso e ribossomos, armazenado no complexo de Golgi, sendo transportada para a parede celular por meio de vesículas. Na parede, promove a incorporação de xiloglucan e celulose, vindos do protoplasma, desenvolvendo a característica de rigidez da mesma.

b) Giberelina

Observando a cultura de arroz, agricultores japoneses percebiam que mudas atingidas por uma doença chamada “bakanae-byo”, tornavam-se mais altas que plantas saudáveis. Essa doença é causada pelo fungo *Gibberella fujikuroi*. Em 1926, Kurosauwa, fitopatologista japonês, reproduziu os sintomas da doença em plântulas de arroz e de milho, tratando-as com meio de cultura com o fungo crescido, descobriu que a altura dessas plantas era induzida por um composto secretado pelo fungo, o qual infectava o

vegetal. Já em 1935, Yabuta conseguiu a cristalização do fator ativo, que foi denominado de giberelina devido ao nome do fungo. Somente após a metade de 1950, dois grupos, sendo um da Grã-Bretanha e outro dos Estados Unidos, conseguiram elucidar a estrutura do material que haviam purificado a partir de filtrados da cultura de fungos, ao qual denominaram ácido giberélico. A partir daí, novas giberelinas foram sendo descobertas e foram numeradas na ordem da sua descoberta, não implicando em nenhuma similaridade química estreita, ou relação metabólica entre giberelinas com numeração próxima (DAVIES, 2004).

No ano de 1931, o pesquisador Wollenweber concluiu que o fungo *Gibberella fujikuroi* é na verdade o estágio assexuado do fungo *Fusarium moniliforme*. Entretanto o nome permanece até os dias atuais (MATSUMOTO, 2000).

De acordo com Taiz & Zeiger (2009), as giberelinas constituem um grupo de mais de 134 compostos relacionados, os quais ao contrário das auxinas são definidos mais por sua estrutura química do que por sua atividade biológica.

As giberelinas são diterpenóides tetracíclicos compostos de unidades básicas pentacarbonadas (isoprenos), constituídos de 19 ou 20 carbonos. A rota biossintética da giberelina pode ser dividida em três etapas, cada uma ocorrendo em um compartimento celular diferente. Na etapa 1, o geranylgeranyl difosfato (GGPP) é convertido em ent-caureno via copalil difosfato (CPP) nos plastídeos. Na etapa 2, que ocorre no retículo endoplasmático, o ent-caureno é convertido a GA₁₂ ou GA₅₃, dependendo se o GA é hidroxilado no carbono 13, já na etapa 3, GA₁₂ ou GA₅₃ são convertidos em outros tipos de GAs no citosol (TAIZ e ZEIGER, 2009).

As giberelinas provocam importantes alterações morfofisiológicas nas plantas, tais como divisão e expansão celular, crescimentos de brotos, germinação de sementes, produção de enzimas, como a α -amilase, durante a germinação de sementes, florescimento, partenocarpia, expressão sexual, desenvolvimento de frutos, senescência, abscisão, superação de dormência de gemas, manutenção da dominância apical e alongamento do caule (TAIZ & ZEIGER, 2009, DAVIES, 2004; METIVIER, 1979).

Shukla & Farooqui (1990), citados por Barreiro (2006) reportam que as giberelinas têm sido utilizadas para aumentar o crescimento e a produção de partes aéreas das plantas.

De acordo com Matsumoto (2000), as giberelinas influenciam várias ações fisiológicas de genes em plantas. Porém, entre os genes controlados pelas giberelinas, são identificados somente os de enzimas hidrolíticas tais como α -amilase, a ariureína, a

carboxipeptidase e a cisteína-proteinase. Dentre estes são mais estudados os genes de α -amilase. Esta atua sobre a glicose e hidrolisa as ligações glicosídicas dos tecidos de reserva, produzindo substâncias como a glicose, destinadas ao embrião.

Rodrigues & Leite (2004) comentam que as giberelinas estão presentes em toda planta - no caule, nas folhas, nas raízes, nas sementes, nos embriões e nos grãos de pólen. As giberelinas são sintetizadas no ápice do caule, nas folhas em crescimento e em sementes e embriões em desenvolvimento, porém não necessariamente ao mesmo tempo e nas mesmas concentrações. As condições ambientais também afetam a síntese de giberelinas; e em geral, em dias longos ocorre maior produção de giberelinas do que em dias curtos. As giberelinas provavelmente sejam sintetizadas nas regiões de crescimento, como folhas e entrenós, sementes e embriões em desenvolvimento, endosperma e em frutos imaturos. De maneira geral, os tecidos reprodutivos contêm maiores quantidades de giberelinas, enquanto que nas raízes as giberelinas são encontradas em menor concentração. Considerando-se o nível celular, as giberelinas são encontradas no retículo endoplasmático e no citoplasma, sendo os plastídeos os sítios de biossíntese (METIVIER, 1979; COLL et al., 2001).

As auxinas e as giberelinas diferem entre si no tempo de resposta da célula durante a expansão celular. Assim, enquanto as auxinas ativam enzimas pré-existentes, com resposta ocorrendo até 10 minutos após a aplicação, as giberelinas são responsáveis pela síntese de enzimas hidrolíticas, de forma que a resposta à aplicação ocorre após 48 horas (CAMILI, 2007).

O ácido giberélico possui efeito marcante no processo de germinação de sementes, ativando a síntese de enzimas hidrolíticas que atuam no desdobramento das substâncias de reserva. As giberelinas também estimulam o alongamento e a divisão celular (VIEIRA & MONTEIRO, 2002).

De acordo com Rodrigues & Leite (2004), as giberelinas GA_1 , GA_3 , GA_4 , GA_7 e GA_{20} são ativas no crescimento, portanto importantes fisiologicamente e têm sido utilizadas para melhorar o crescimento vegetativo em plantas.

De acordo com Taiz & Zeiger (2009) a GA_1 é a giberelina biologicamente ativa que controla o crescimento do caule.

c) Citocininas

O nome citocinina é devido à ação desta substância sobre a citocinese (COLL et al., 2001).

As citocininas foram descobertas durante pesquisas sobre os fatores que estimulam as células vegetais a se dividirem. Com o interesse de pesquisadores na técnica de cultura de tecidos, as pesquisas se intensificaram na busca de um agente indutor de divisão celular, sendo testadas muitas substâncias. Em 1954, a cinetina foi isolada em esperma de arenque. A partir do isolamento da cinetina, citocininas sintéticas foram produzidas em laboratório pela modificação na cadeia lateral na posição N-6 da base da adenina. Foi somente em 1963 que Lethan fez a extração e a cristalização de uma citocinina natural de plantas, a partir do endosperma imaturo de sementes de milho, a qual foi chamada de zeatina, sendo esta a citocinina natural mais ativa já conhecida (DAVIES, 2004).

Segundo Rodrigues & Leite (2004) as citocininas de ocorrência natural são encontradas como moléculas livres, não ligadas a nenhuma macromolécula, e também como bases modificadas em certas moléculas de RNA transportador. A síntese das citocininas ocorre em raízes, em embriões em desenvolvimento e em tecidos de galhas de coroa. A zeatina é, geralmente, a citocinina mais abundante. Além da zeatina, a diidrozeatina e a isopenteniladenina são comumente encontradas em plantas superiores.

As citocininas são substâncias derivadas da base nitrogenada adenina e seus efeitos na planta encontram-se ligados à capacidade de divisão, alongamento e diferenciação celular, além de mobilização de nutrientes, formação e atividade dos meristemas apicais, quebra da dominância apical, retardamento da senescência de folhas e frutos, germinação de sementes, superação da dormência de sementes e gemas, indução do florescimento e indução de partenocarpia em frutos. De maneira geral, a citocinina promove a síntese de proteínas impedindo, dessa forma a senescência. Também impede a saída de proteases do vacúolo, inibindo a degradação de proteínas, inibe também a formação de radicais livres mantendo a integridade da membrana plasmática, e a degradação da clorofila, mantendo a síntese de carboidratos (DAVIES, 2004; CASTRO & VIEIRA, 2001; COLL et al., 2001). Essas substâncias, segundo Davies (2004) e Salisbury & Ross (1994), também estão envolvidas no desenvolvimento de organelas, na atividade enzimática, na abertura estomática, no desenvolvimento de frutos e na hidrólise de reservas de sementes.

A proteína histidina fosfotransferase (AHP) atua como mensageiro secundário, levando sinal da citocinina até o núcleo, promovendo a síntese de proteínas do sistema de antenas, da enzima nitrato redutase, de proteínas da enzima rubisco, de proteínas de defesa da planta e de extensinas. Alguns resultados de pesquisas têm sugerido que as citocininas regulam a síntese de pigmentos, enzimas e proteínas estruturais necessárias à formação do sistema de tilacóides do cloroplasto e do sistema fotossintético (TAIZ & ZEIGER, 2009).

A citocinina é responsável pela citocinese durante o processo de divisão celular. Participam de muitos processos celulares, sendo que o controle da divisão celular é o processo central, possuem grande capacidade de promover a divisão celular, participando assim, do processo de alongamento e diferenciação celular, principalmente quando interagem com as auxinas (TAIZ & ZEIGER, 2009).

A concentração de citocinina nas plantas pode variar em função do órgão considerado, do estado de desenvolvimento da planta, bem como das condições ambientais. De modo geral, as maiores concentrações de citocininas são encontradas em regiões meristemáticas ou em órgãos em crescimento com altas taxa de divisão celular, como folhas jovens, sementes em desenvolvimento, frutos e raízes. No entanto, o meristema apical da raiz é o principal local de síntese de citocininas em plantas e estas são translocadas via xilema para a parte aérea da planta; quando se encontram nas folhas, são relativamente imóveis (COLL et al., 2001; VIEIRA & CASTRO, 2004; TAIZ & ZEIGER, 2009).

Assim como nas giberelinas, fatores como a luz e a temperatura afetam os níveis de citocininas (COLL et al., 2001).

d) Stimulate®

Segundo Vieira & Castro (2004) o Stimulate® é um produto da Stoller do Brasil Ltda., classificado como estimulante vegetal ou bioestimulante. É uma substância líquida, não viscosa, de coloração castanha, solúvel em água e de fácil e rápida absorção por sementes, raízes, ramos, folhas e frutos. Pode ser aplicado via sementes, via foliar ou no sulco de plantio em diversas culturas. É composto por três reguladores vegetais: 0,009% de cinetina (citocinina), 0,005% de ácido giberélico (giberelina) e 0,005% de ácido indolilbutírico (auxina), além de 99,981% de ingredientes inertes. Esse composto possui a capacidade de estimular o desenvolvimento radicular, aumentando a absorção

de água e nutrientes pelas raízes, podendo favorecer também o equilíbrio hormonal da planta.

Os mesmos autores afirmam que o produto Stimulate[®] também pode ser aplicado misturado a inseticidas, fungicidas, herbicidas, inoculantes e fertilizantes foliares, sem nenhum inconveniente. Comentam ainda que o bioestimulante age de forma eficiente e eficaz sobre diversos processos fisiológicos fundamentais das plantas superiores, tais como germinação de sementes, vigor inicial de plântulas, crescimento e desenvolvimento radicular e foliar, além de produção de compostos orgânicos, aspectos que irão contribuir positivamente na obtenção de altos índices de produtividade com excelente qualidade nos produtos finais.

Castro & Vieira (2001), relatam que devido aos efeitos adicionais que existem entre os grupos de reguladores vegetais que promovem o crescimento e desenvolvimento dos vegetais, é crescente a utilização de produtos denominados bioestimulantes, definidos como a mistura de dois ou mais reguladores vegetais ou de reguladores vegetais com outras substâncias, tais como aminoácidos, nutrientes e vitaminas.

De acordo com Echer et al. (2006), é crescente o número de estudos realizados para avaliar a interferência dos reguladores vegetais sobre diversas culturas. Sendo assim, cada vez mais pesquisas têm apontado para a utilização de produtos que apresentem em sua composição mais de um regulador vegetal, como é o caso dos bioestimulantes.

e) Promalin[®]

O Promalin[®] é um composto comercial da Abbott Laboratories, contendo dois fitorreguladores naturais, sendo 1,8% das giberelinas GA₄ e GA₇ e 1,8% da citocinina BA (Benziladenina), além de 96,4% de ingredientes inertes. A mistura é utilizada com o objetivo de promover o aumento na divisão e o alongamento celular (VALENT BIOSCIENCES, 2009).

Diversos usos têm sido atribuídos ao Promalin[®], como favorecer o crescimento de ramos laterais em pereira (KEEVER et al., 1993) e macieira (ROSSI et al., 2002) além de melhorar a qualidade da maçã, no que se refere à forma do fruto, tamanho e redução da incidência de “russeting”.

2.5.1. Reguladores vegetais na germinação de sementes

Segundo Ruiz (1998) o estudo da aplicação de reguladores vegetais em muitas espécies cultivadas, busca o domínio e controle dos processos fisiológicos das plantas, e de certo modo, sua ação tem mostrado resultados surpreendentes tanto pelas reações divergentes de plantas semelhantes ao emprego de um mesmo produto, como pela modificação de certas técnicas consideradas tradicionalmente imutáveis.

Vieira (2001) relata que com a descoberta dos efeitos dos reguladores sobre as plantas cultivadas e os benefícios promovidos por estas substâncias, muitos compostos e combinações desses produtos têm sido pesquisados com o objetivo de melhorar de maneira qualitativa e quantitativa a produtividade das culturas.

As citocininas possuem grande capacidade de promover a divisão celular, participando assim, do processo de alongamento e diferenciação celular, principalmente quando interagem com as auxinas. O ácido giberélico possui efeito marcante no processo de germinação de sementes, ativando a síntese de enzimas hidrolíticas que atuam na quebra das substâncias de reserva. As giberelinas estimulam também, o alongamento e a divisão celular. As auxinas possuem ação característica no crescimento celular, agindo diretamente no aumento da plasticidade da parede celular, conferindo a esta, alongamento irreversível (VIEIRA & MONTEIRO, 2002).

De acordo com Arteca (1995), a germinação de sementes pode ser definida como uma série de eventos que ocorrem quando a semente embebe água, resultando em aumento na atividade metabólica e dando-se início à emergência do embrião. Para que ocorra esse processo, deve ser considerada a viabilidade da semente, além de apropriadas condições ambientais como disponibilidade de água, temperatura adequada, nível de oxigênio, e em alguns casos a presença de luz.

Na primeira etapa da germinação, ocorre a absorção de água pela semente, o que aumenta a respiração do embrião, com conseqüente formação ou ativação de enzimas, que atuarão na quebra de reservas contidas na semente, as quais serão mobilizadas e transportadas para o embrião, que fará a assimilação metabólica das mesmas, resultando em crescimento e diferenciação de tecidos (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Ferreira (1996) cita Carvalho & Nakagawa (1983), reportando que as atividades metabólicas da semente que culminam com a efetiva retomada do crescimento pelo eixo embrionário aceleram-se à medida que a semente, posta em substrato adequado, absorve umidade. A água e a temperatura são os fatores externos mais importantes que afetam a

germinação de sementes. Em relação à água, considera-se que a rapidez de sua absorção pelas sementes seja dependente da espécie, da disponibilidade de água, da área de contato e da temperatura. Por sua vez, a temperatura afeta o processo influenciando na velocidade, na uniformidade e no total de germinação.

Além dos fatores intrínsecos à semente, o êxito no estabelecimento de uma cultura está diretamente ligado à utilização de sementes de boa qualidade, característica que depende de diversos fatores, entre os quais podemos citar os genéticos, os relacionados à maturidade fisiológica dos frutos, além do preparo das sementes e a idade das mesmas (COSTA et al., 1974).

Hamilton & Fukunaga (1959) e Ojima et al. (1976), observaram que a viabilidade máxima das sementes de macadâmia é atingida em torno de quatro a cinco meses após a maturidade fisiológica, caindo bruscamente após esse período, sendo praticamente nula aos doze meses. Recomendam ainda que a semeadura deve ocorrer dentro de três a quatro meses após a colheita.

Ojima et al. (1976) relatam que a germinação de sementes de macadâmia inicia-se ao redor dos 40 dias após a semeadura, podendo ocorrer até o oitavo mês, ou seja aos 240 dias.

Costa & Oliveira (1993) trabalharam com germinação de sementes de macadâmia de cultivares havaianos e verificaram que existe diferença significativa na porcentagem de germinação das sementes em função do cultivar avaliado.

Ono et al. (1993) trabalharam com sementes de macadâmia do cultivar IAC-4-20 e concluíram que a embebição máxima ocorreu próximo de 90 horas e que a viabilidade máxima das sementes foi atingida aos quatro meses após a maturidade fisiológica.

Ono et al. (1996) verificaram a ação de reguladores vegetais e do nitrato de potássio (KNO_3) na germinação de sementes de macadâmia e concluíram que o tratamento com N-(fenilmetil)-aminopurina + GA_{4+7} a 200 mg L^{-1} elevou a porcentagem de sementes germinadas.

Segundo Ono et al. (1995), o tratamento de sementes de citrumelo 'Swingle' (*Poncirus trifoliata* x *Citrus paradisi*), com 250 mg L^{-1} de ácido giberélico (GA_3), por 24 h levou a menor porcentagem de germinação (63,75%), quando comparada à concentração de 50 mg L^{-1} (76%).

Com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes concentrações de ácido giberélico (GA_3) na germinação de sementes e na emergência de plântulas de fruta-do-conde (*Annona squamosa* L.) em diferentes recipientes, Ferreira et al. (2002a),

estudaram sete concentrações desse composto, 0; 50; 100; 250; 500; 750 e 1000 mg L⁻¹. Os autores verificaram que a aplicação de GA₃ promoveu considerável aumento na germinação das sementes, porém, não afetou a emergência de plântulas.

Leonel & Rodrigues (1999), estudaram o efeito de giberelinas, citocininas e do nitrato de potássio (KNO₃) no processo germinativo de sementes de limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* OSBECK), considerando os tratamentos das sementes com KNO₃ a 0,1 e 0,2%, GA₃ a 50, 100 e 250 mg.L⁻¹; GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina 100 mg.L⁻¹, 20 mg.L⁻¹, durante 24 h e concluíram que os reguladores utilizados não afetaram o processo germinativo, sendo que o tratamento com KNO₃, nas duas concentrações exerceu efeito inibitório sobre a germinação.

Picolotto et al. (2007), avaliaram a ação de reguladores vegetais do grupo das citocininas associados a reguladores do grupo das giberelinas na germinação em pessegueiro (*Prunus pérsica* (L.) Batsch) sem endocarpo, utilizando sementes dos cultivares Okinawa, Capdeboscq e Tsukuba. Os produtos comerciais utilizados foram Promalin® (GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina) e Pro-Gibb® (ácido giberélico), nas concentrações de 0, 100, 200 e 300 mg L⁻¹, dos princípios ativos. Concluíram que os tratamentos com 200 e 300 mg L⁻¹, utilizando o regulador Promalin®, proporcionou maior porcentagem de germinação e maiores índices de velocidade de germinação.

Severino et al. (2003) avaliaram em ensaios com sementes de algodão (*Gossypium hirsutum*), amendoim (*Arachis hypogaea*), gergelim (*Sesamum indicum*) e mamona (*Ricinus communis*), em vasos, cultivados em casa-de-vegetação a influência da aplicação de Stimulate. Verificou-se efeito do regulador vegetal apenas sobre o percentual de emergência de plantas de algodão e sobre a altura das plantas de mamona. O maior percentual de emergência em algodão foi obtido com dosagem de 20 mL kg⁻¹ e a altura nas plantas de mamona reduziu-se linearmente até a dose de 80mL kg⁻¹.

Echer et al. (2006), avaliaram o efeito de diferentes doses de Stimulate® (0, 4, 12, 16 e 20 mL Kg⁻¹ sementes) na formação de mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.) As características avaliadas foram altura de plantas, área foliar, massa seca de folhas, parte aérea, raízes, massa seca total, razão de área foliar e área foliar específica. Verificou-se efeito positivo sobre a maioria das variáveis avaliadas. Doses entre 4 e 6 mL de Stimulate® Kg⁻¹ de sementes promoveram maior equilíbrio entre o sistema radicular e a parte aérea.

Prado Neto et al. (2007), acompanharam a germinação de sementes e o crescimento inicial de plântulas de jenipapo (*Genipa americana* L.), submetidas à

embebição por 12 h em produto contendo 4% de GA₃ (0, 50, 100, 200, 300 e 400 mL L⁻¹) e Stimulate® (5 e 10 mL L⁻¹). Os resultados evidenciaram que os tratamentos com GA₃ a 50, 100 e 200 mL L⁻¹ e com Stimulate® a 10 mL L⁻¹, proporcionaram os maiores índices de velocidade de germinação, sendo que o Stimulate® a 10 mL L⁻¹, proporcionou maior comprimento de raiz e número total de plântulas de jenipapo em relação aos demais tratamentos.

Braga (2008) estudou o efeito de reguladores vegetais na germinação de sementes e no desenvolvimento de plantas de atemóia (*Annona cherimoia* Mill. x *A. squamosa* L.) cv. Gefner. Doses de GA₃ (0, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1500 e 3000 mg L⁻¹), GA₄₊₇ + N- (fenilmetil)-aminopurina (0, 12, 5, 25, 50, 75, 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 1500, 2000, 2500 e 3000 mg L⁻¹) e Stimulate® (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 mL Kg⁻¹ de semente) foram aplicadas em sementes. Os tratamentos com GA₃ e GA₄₊₇ foram mais efetivos que as doses de Stimulate® no processo germinativo. Na aplicação via foliar de GA₃ (100 mg L⁻¹), GA₄₊₇ (50 mg L⁻¹) e Stimulate® (1ml L⁻¹) e cloreto de chlormequat (10 mL L⁻¹) o desenvolvimento das plântulas foi favorecido, com os maiores valores de altura e diâmetro obtidos com a aplicação de GA₃ via foliar, nas sementes maiores valores de matéria seca de raiz foram obtidos com a aplicação de Stimulate® em sementes e via foliar.

2.5.2. Reguladores vegetais no desenvolvimento de plantas

Leonel & Rodrigues (1996) estudaram os efeitos da giberelinas, citocininas e nitrato de potássio (KNO₃) no crescimento e no desenvolvimento do porta-enxerto de limoeiro 'Cravo' e observaram que quatro pulverizações realizadas a intervalos quinzenais, não tiveram efeito na diminuição do tempo de formação das plantas, inclusive o tratamento com KNO₃ exerceu redução na atividade funcional das plantas estudadas. O experimento foi conduzido no período de janeiro a março, considerando 25, 50 e 75 ppm de GA₃ (Pro-Gibb®) ou GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®), 20 ppm de fenilmetilpiranil-aminopurina (Acell®), 0,2% de KNO₃.

Ferreira et al. (2002b) trabalharam na produção do porta-enxerto de fruta-do-conde com o uso de reguladores vegetais, através de pulverizações com diferentes concentrações de GA₃ (25, 50, 75 mg L⁻¹) ou GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina, avaliaram os efeitos dos reguladores no comprimento de caule, número de folhas, diâmetro de caule a 20 cm da base das plantas, massa seca da parte aérea e radicular. A

aplicação de reguladores vegetais afetou positivamente o crescimento do porta-enxerto, sendo que as concentrações de 50 e 75 mg L⁻¹ de GA₃, levaram a respostas mais efetivas para diversos parâmetros avaliados, e 75 mg L⁻¹ de GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina promoveu maior incremento no comprimento do caule.

Barreiro (2006) estudou o efeito de reguladores vegetais no desenvolvimento de plantas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.), com aplicações foliares, realizadas aos 40, 60 e 80 dias após a semeadura de ácido giberélico (GA₃) a 100 mg L⁻¹, ácido 2-cloroetilfosfônico (Ethephon) a 100 mg L⁻¹ e cinetina a 100 mg L⁻¹. Plantas cultivadas na presença de cinetina apresentaram maior desenvolvimento, avaliado pela altura, área foliar, massa seca de folha, de caule, de raiz e total das plantas.

Velini & Rosolen (1997) avaliaram a aplicação de Stimulate® em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e concluíram que este produto pode ter efeito na produtividade quando associado aos nutrientes minerais cobalto e molibdênio. Com a aplicação de 0,25 L ha⁻¹ de Stimulate® em sementes de feijoeiro, Oliveira et al. (1997) também observaram maior produção de vagens e de grãos por planta.

Castro et al. (1998) avaliaram os efeitos de pulverizações com o fertilizante foliar Micro-Citros® e o bioestimulante Stimulate® em pomar uniforme de laranja ‘Pêra’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck) e observaram aumento do número de ramos aos 69 dias após a primeira aplicação e Stimulate® a 1,0 L ha⁻¹ e incremento no peso médio dos frutos por árvore na colheita. Além disso, com aplicações de Stimulate® a 4,0 L ha⁻¹, levaram à redução no número de ramos em relação aos demais tratamentos e no diâmetro médio dos frutos.

Vieira (2001) registrou efeito significativo do Stimulate® nas culturas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. IAC-8-2), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca) e arroz (*Oryza sativa* L. cv. Primavera), por meio do aumento no número de vagens por planta, número de panículas com grãos por planta, número de grãos por planta e massa seca de grãos por planta.

Tecchio et al. (2005) estudaram o efeito da aplicação de Stimulate® na qualidade dos cachos da videira “Tieta” na região de Jundiaí, SP. Os tratamentos constituíram-se da imersão dos cachos, aos 15 após o florescimento em soluções aquosas a (0,5% do adjuvante Natura 1 Óleo) 0, 28, 56, 84 e 112 mL L⁻¹ de Stimulate®. Verificaram aumento linear na massa fresca do cacho, das bagas e do engaço com o aumento da dose de Stimulate®, assim como para o comprimento dos cachos. Em

relação à largura dos cachos, houve decréscimo com a aplicação de 28 e 56 mL L⁻¹ e aumentos sob a aplicação das maiores doses.

Povh e Ono (2006) observaram que a aplicação de Stimulate® a 2% em plantas de *Salvia officinalis* L. promoveu aumento no crescimento das plantas e no rendimento do óleo essencial.

Povh (2008) avaliou os efeitos de IBA a 100 mg L⁻¹, GA₃ a 70 mg L⁻¹, BAP a 70 mg L⁻¹, Stimulate® a 1% e Promalin® a 100 mg L⁻¹, no desenvolvimento de *Salvia officinalis* L., em casa de vegetação. Verificou que plantas tratadas com IBA e GA₃ promoveram maiores incrementos na produtividade vegetal, principalmente na formação da parte aérea. A produção de óleo essencial foi maior sob aplicação de IBA, GA₃ e Stimulate®. Os maiores teores de fenóis e flavonóides totais foram obtidos sob o tratamento com IBA. As plantas tratadas com IBA, GA₃ e Promalin® apresentaram maior atividade antioxidante.

Roters (2007) verificou o efeito de reguladores vegetais na germinação de sementes e no desenvolvimento de plantas de *Passiflora cincinnata* Mast e de *Passiflora setacea* DC. A maior porcentagem de germinação e o melhor índice de velocidade de germinação, para ambas espécies, foram obtidas com o tratamento GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina a 800 mg L⁻¹ sem escarificação mecânica. Quanto à altura das plantas e o acúmulo de matéria seca, os melhores resultados foram obtidos com a aplicação de ácido indol butírico (IBA) a 100 mg L⁻¹ + benzilamino purina (BA) a 100 mg L⁻¹ + cicocel (CCC) a 100 mg L⁻¹.

Dario et al. (2005) avaliou a utilização do Stimulate® na produção de grãos da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). O bioestimulante foi aplicado nas doses de 0,25, 0,50 e 0,75 L por 100 Kg⁻¹ de sementes; no momento da semeadura em pulverização dirigida nas linhas de semeadura, nas doses de 0,50, 1,00 e 1,50 L ha⁻¹ e; em pulverização foliar, aos 43 dias do ciclo, nas doses de 0,25, 0,50 e 0,75 L ha⁻¹. Concluíram que a aplicação do produto nas dosagens testadas não apresentou influência significativa sobre o aumento no percentual de germinação das plantas, número de vagens por plantas e no rendimento de grãos.

Taylor (1972) demonstrou que, em plântulas de pecan (*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch), cultivada em casa-de-vegetação, a aplicação de pasta de lanolina com ácido giberélico no tronco, estimulou o crescimento do câmbio, levando à aumento no diâmetro caulinar. O autor relata também que a época de enxertia pode ser antecipada com a utilização desta técnica.

Marquard (1985) citado por Modesto (1994), aplicando GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina 50 mg L⁻¹ em plântulas de pecan com dez semanas, em três pulverizações a intervalos semanais. Trinta e três semanas após o plantio, observou influência no crescimento do caule e dos ramos, além de aumento da matéria seca total.

Modesto (1994) estudou o efeito de diferentes reguladores sobre o desenvolvimento de porta-enxertos de citros, e cita que em plântulas de tangerina ‘Cleópatra’ (*Citrus reshni* hort. Ex. Tanaka) o ácido giberélico estimulou o crescimento do caule (150 e 100 mg L⁻¹). Além disso, GA₄₊₇ + N- (fenilmetil)-aminopurina, aplicados a 25 mg L⁻¹, levou a maior do comprimento do caule, número de folhas, área foliar e matéria seca total.

Marler & Mickelbart (1992) citados por Modesto (1994), observaram que a aplicação de GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina a 250, 500 e 750 mg L⁻¹ em mudas de carambola levou a maior comprimento dos entrenós, o que aumentou o comprimento das mudas, bem como maior diâmetro do caule. Para esses parâmetros a melhor concentração foi a de 500 mg L⁻¹.

Modesto (1994) também cita Williams & Billingsley (1970), os quais estudaram o efeito da aplicação de citocininas e giberelinas em plântulas de maçã (*Malus domestica* Borkh), utilizando-se a concentração de 0,02% de BA e 0,005% de GA₄₊₇, os autores obtiveram aumento no crescimento dos ramos.

Phiri et al. (1992) mencionam que o uso de paclobutrazol (PBZ), um retardante de crescimento vegetal, pode ser usado para reduzir o crescimento vegetativo excessivo, resultando em árvores menores, assim facilitando o manejo da cultura de macadâmia. Além disso, pode haver redirecionamento de assimilados da planta para a reprodução, resultando em maior produção de sementes e com maior qualidade. Para tanto, testaram o efeito do PBZ no crescimento, na produção e nos teores carboidratos em macadâmia de Malauí. Plantas cv. ‘Keauhou’ com cinco anos de idade foram tratadas com doses de 2, 3 e 4 g L⁻¹ de PBZ, aplicados no solo, no primeiro e no segundo ano. Os tratamentos com PBZ afetaram de maneira significativa o crescimento do caule, que foi estimulado sob concentrações menores, e reduzido sob a maior concentração. A produção de nozes e de óleo não foi afetada. Árvores tratadas com 3 e 4 g L⁻¹ de PBZ apresentaram os maiores teores de carboidratos totais.

Wagner Júnior et al. (2008) avaliaram o efeito das concentrações 0, 50, 100, 150 e 200 mg L⁻¹ de GA₃, no crescimento inicial do pessegueiro, em casa de vegetação, com 3 aplicações realizadas aos 60, 80 e 100 dias de cultivo. O comprimento da parte aérea

e da raiz, diâmetro do caule, número de brotações primárias, massa da matéria seca da parte aérea e da raiz foram analisados. O GA₃ exerceu efeito sobre o crescimento do pessegueiro, recomendando-se a pulverização de 200 mg L⁻¹. Porém, as pulverizações não tiveram efeito sobre o diâmetro do caule.

Para a cultura de macadâmia, Simão (1971) relata que a aplicação de ácido giberélico a 500 mg L⁻¹ favorece o desenvolvimento das mudas, tanto em diâmetro como em altura.

David (2007) citando Habermann (1999) afirma que o avanço tecnológico e a crescente demanda do consumidor por produtos de qualidade exigem do setor agrícola o entendimento dos aspectos agronômicos e fisiológicos e a atualização das técnicas empregadas.

Conforme apresentado nesta revisão de literatura, os reguladores vegetais podem ser uma alternativa para aumento na produção vegetal de muitas culturas. Entretanto, mais pesquisas são necessárias para elucidar a resposta da grande diversidade de plantas cultivadas atualmente. No caso da noz macadâmia, a literatura é um tanto restrita, principalmente quando associada com reguladores vegetais, portanto, mais estudos e trabalhos científicos tornam-se necessários.

Visando-se obter mais informações sobre os reguladores vegetais e a cultura da macadâmia, estudou-se a aplicação destes reguladores vegetais na emergência de plântulas e no desenvolvimento das plantas do cultivar ALOHA 10-14 de macadâmia, utilizado como porta-enxerto, visando a precocidade e a melhoria nas condições fisiológicas da planta.

**3. Capítulo I: REGULADORES VEGETAIS NA EMERGÊNCIA DE
PLÂNTULAS DE MACADÂMIA**
(Macadamia integrifolia Maiden & Betche)

Reguladores vegetais na emergência de plântulas de macadâmia **(*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche)**

RESUMO- Este estudo objetivou avaliar os efeitos de reguladores vegetais na emergência de plântulas de macadâmia. O experimento foi conduzido nos meses de maio a novembro de 2007, no viveiro de produção de mudas de macadâmia da empresa QueenNut Macadâmia, na Fazenda Palmeiras no município de Dois Córregos / SP. Os tratamentos utilizados foram: T1. água (testemunha) com Sombrite®, T2. GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 200 ml.L⁻¹ com Sombrite®, T3. GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 400 ml.L⁻¹ com Sombrite®, T4. GA₃ + IBA + Kt – Stimulate® a 5 ml Kg⁻¹ sementes com Sombrite®, T5. GA₃ + IBA + Kt – Stimulate® a 10 ml Kg⁻¹ sementes com Sombrite® e T6. água (testemunha) sem Sombrite®. As sementes foram embebidas em água ou nas soluções contendo os reguladores vegetais durante 24h, foram secas à sombra e semeadas em sementeiras de areia. Foram utilizadas 450 sementes em cada tratamento. A partir da emergência das plântulas foram iniciadas as avaliações, realizadas através da contagem do número total de plântulas emergidas por tratamento. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e para a comparação de médias utilizou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade e análise de regressão através do procedimento “proc nlin” do SAS. Os melhores resultados na emergência de plântulas de macadâmia foram obtidos nos tratamentos, com GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 400 ml.L⁻¹ com Sombrite® (75,7%), GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 200 ml.L⁻¹ (72,6%) com Sombrite® e água (testemunha) sem Sombrite® (71,5%).

Palavras-chave: giberelinas, citocininas.

Plant growth regulators on emergence in macadamia nut tree **(*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche)**

ABSTRACT- This study aimed to evaluate the effect of plant growth regulators on seed germination in macadamia nut tree (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche). The experiment was carried out between May and November 2007 in a seedling production nursery from the company “QueenNut Macadâmia”, located in “Palmeiras” Farm, Dois Córregos Municipality, São Paulo State, Brazil. Treatments were: T1-water (control) under shading screen, T2-GA₄₊₇ + N-(phenylmethyl)-1H-purine-6-amine (Promalin®) at 200 ml.L⁻¹ under shading screen, T3-GA₄₊₇ + N-(phenylmethyl)-1H-purine-6-amine (Promalin®) at 400 ml.L⁻¹ under shading screen, T4-gibberellic acid (GA₃) + kinetin (Kt) + 3-indolebutyric acid (IBA) – Stimulate® at 5ml Kg⁻¹ seeds under shading screen, T5-gibberellic acid (GA₃) + kinetin (Kt) + indolebutyric acid (IBA) – Stimulate® at 10ml Kg⁻¹ seeds under shading screen, and T6-water (control) under no shading screen. Treatments were daily observed; from seedling emergence, the total number of emerged seedlings per treatment was estimated. Experimental design was

completely randomized, with five treatments presenting 450 seeds each. The obtained results were subjected to analysis of variance and means were compared through the Tukey's test at 5% significance. In addition, regression analysis was performed by using SAS "PROC NLIN" procedure. Higher mean emergence of seedlings of macadamia nut tree was detected in the following treatments, in descending order: T3: GA₄₊₇ + N-(phenylmethyl)-1H-purine-6-amine (Promalin®) at 400 ml.L⁻¹ under shading screen, T2: GA₄₊₇ + N-(phenylmethyl)-1H-purine-6-amine (Promalin®) at 200 ml.L⁻¹ under shading screen, and T6: water (control) under no shading screen.

Keywords: gibberellins, cytokinins.

INTRODUÇÃO

A noz macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) é uma planta originária da Austrália pertencente à família *Proteaceae*. Das dez espécies do gênero *Macadamia*, a que produz nozes comestíveis de melhor qualidade é a *Macadamia integrifolia* (BITTENCOURT, 1965).

No Brasil, a macadâmia chegou em 1935 na região de Limeira, no estado de São Paulo, trazida por Dierberger, dando assim início a produção de mudas para a comercialização (DIERBERGER & MARINO NETO, 1985).

A noqueira macadâmia, devido a sua boa adaptação e a produção de nozes de alto valor comercial, é uma das espécies de maior potencial para a agricultura paulista e nacional (OJIMA, 1983).

O Brasil é o quinto país em número de árvores de macadâmia plantadas e o sétimo em produção, devido ao fato das plantas serem jovens em relação aos países como Austrália e Havaí, maiores produtores mundiais. Cerca de 70 a 80% da produção nacional de noz macadâmia destina-se a exportação, devido principalmente ao desconhecimento do consumidor brasileiro (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOZ MACADÂMIA, 2005).

A macadâmia pode ser considerada uma das nozes mais refinadas do mundo, pelo seu sabor delicado, sua textura e versatilidade de uso (BUENO, 2009), podendo ser consumida *in natura* ou processada em alimentos como bolos, biscoitos, chocolates e sorvetes (STEPHENSON, 2005), além de poder ser empregada para a extração de óleo, utilizado na indústria cosmética, como base para a fabricação de cremes, sabonetes e hidratantes (TOLEDO PIZA, 2000).

A propagação da macadâmia pode ocorrer por semente, entretanto, graças ao melhoramento de variedades foram obtidas cultivares mais produtivas, assim sugere-se que a propagação através da enxertia seja mais vantajoso economicamente (ANDERSEN et al., 1979, CANN, 1965).

A utilização de reguladores vegetais pode ser uma alternativa para reduzir o tempo necessário para a produção das mudas dessa cultura, calculado em média 18 meses.

De acordo com Vieira (2001) a descoberta da ação dos reguladores vegetais, bem como das combinações desses produtos podem melhorar de maneira qualitativa e quantitativa a produtividade das culturas.

Segundo Davies (2004) as substâncias reguladoras vegetais podem atuar sozinhas ou combinadas, promovendo, inibindo ou modificando os processos fisiológicos e morfológicos dos vegetais. Esses compostos têm sido utilizados em várias culturas como uva, soja, laranja, feijão e manga (VIEIRA & CASTRO, 2004).

Assim, o presente trabalho teve por objetivo estudar o efeito da aplicação de reguladores vegetais na emergência de plântulas do cultivar ALOHA 10-14 de macadâmia, utilizado como porta-enxerto, visando precocidade e melhoria nas condições fisiológicas da planta.

Com a descoberta dos efeitos dos reguladores sobre as plantas cultivadas e os benefícios promovidos por estas substâncias, muitos compostos e combinações desses produtos têm sido pesquisados com o objetivo de melhorar de maneira qualitativa e quantitativa a produtividade das culturas (VIEIRA, 2001).

As auxinas possuem ação característica no crescimento celular, agindo diretamente no aumento da plasticidade da parede celular, conferindo a esta, alongamento irreversível. O ácido giberélico possui efeito marcante no processo de germinação de sementes, ativando a síntese de enzimas hidrolíticas que atuam no desdobramento das substâncias de reserva, estimula também, o alongamento e a divisão celular, já as citocininas possuem grande capacidade de promover a divisão celular, participando assim, do processo de alongamento e diferenciação celular, principalmente quando interagem com as auxinas (VIEIRA & MONTEIRO, 2002).

De acordo com Arteca (1995), a germinação de sementes pode ser definida como uma série de eventos que ocorrem quando uma semente embebe água, resultando em um aumento na atividade metabólica dando início à emergência do embrião. Para que ocorra esse processo deve ser considerada a viabilidade da semente, apropriadas

condições ambientais como a disponibilidade de água, a temperatura adequada, oxigênio, e em alguns casos a luz.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido nos meses de maio e dezembro de 2007, no viveiro de produção de mudas de macadâmia da empresa QueenNut Macadâmia, na Fazenda Palmeiras no município de Dois Córregos, região central do estado de São Paulo, localizada a 22°22' de latitude Sul e 48°20' de longitude Oeste, a 650m de altitude, com médias anuais de temperatura de 25°C, umidade relativa de 70% e precipitação pluviométrica de 1.250 mm.

As sementes da espécie *Macadamia integrifolia* Maiden & Betche, cultivar ALOHA 10-14, utilizadas no estudo da emergência, foram coletadas em um pomar comercial da empresa localizada na mesma fazenda do viveiro, de árvores com cerca 14 anos de idade. As sementes foram coletadas após a queda natural, ou seja, no chão, e levadas para serem descarpeladas. Após pesagem obteve-se um número aproximado de 153 sementes por quilo.

Procedeu-se a embebição das sementes por um período de 24 horas, como normalmente se utiliza no viveiro. Nos tratamentos T1 e T6, as sementes foram embebidas somente em água, nos tratamentos T2 e T3 em solução contendo Promalin® e, nos tratamentos T4 e T5, após o período de embebição em água, as sementes foram escorridas, secas a sobra e posteriormente receberam as doses de Stimulate®, sendo agitadas em recipiente fechado para uniformidade da mistura.

As sementes dos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 foram semeadas em sementeira coberta com tela de sombreamento (Sombrite®) 70% , prática comumente utilizada no viveiro, e as do T6, em sementeira sem tela de sombreamento. Os tratamentos empregados foram:

T1: Água (testemunha sob Sombrite®).

T2: GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 200 mL.L⁻¹.

T3: GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 400 mL.L⁻¹.

T4: GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) a 5 mL Kg⁻¹sementes.

T5: GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) a 10 mL Kg⁻¹ sementes.

T6: Água (testemunha sem Sombrite®).

A mistura de GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina foi utilizada na forma do produto comercial Promalin® contendo 1,8% de GA₄+GA₇ e 1,8% N-(fenilmetil)-aminopurina, fabricado pela empresa Sumitomo do Brasil, já a mistura ácido giberélico (GA₃) + cinetina (Kt) + ácido indolilbutírico (IBA), utilizada foi na forma do produto comercial Stimulate® contendo 90 mg L⁻¹ de cinetina (Kt), 50 mg L⁻¹ de IBA e 50 mg L⁻¹ de GA₃, fabricado pela Stoller do Brasil Ltda.

As sementes depois de tratadas e secas à sombra, foram semeadas um dia após o tratamento, em sementeira de areia com dimensões de 1m de largura por 15m de comprimento, com 10 centímetros de profundidade, dispostas em espaçamento aproximado de cinco centímetros entre linhas e 3 centímetros entre as sementes. As sementes foram cobertas com uma camada de cerca de 1 centímetro de areia.

O substrato foi umedecido, diariamente, de maneira uniforme em todos os tratamentos, com o sistema de irrigação por microaspersão utilizado no viveiro.

Procedeu-se a retirada de plantas invasoras da sementeira, manualmente.

Os tratamentos foram observados diariamente e a partir da emergência das plântulas foram iniciadas as avaliações realizadas através da contagem a cada dois dias, do número total de plântulas emergidas por tratamento. Considerou-se plântula emergida a que apresentou folhas cotiledonares fora do substrato. Com esses dados foi obtida a porcentagem média de emergência de plântulas.

O processo de emergência das plântulas de macadâmia utilizadas nos tratamentos foi acompanhado até os 140 dias após o início da emergência, período em que cessou a emergência.

O trabalho foi instalado com seis tratamentos com 450 sementes cada um. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e para a comparação de médias utilizou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Utilizou-se para a análise estatística dos dados o modelo logístico para ajustar-se aos dados de número de plântulas emergidas com o tempo. Utilizou-se o procedimento “proc nlin” do SAS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo, verificou-se que o processo de emergência de plântulas de macadâmia é lento, sendo que a primeira emergência de plântula ocorreu aos 45 dias após a semeadura, prosseguindo até os 140 dias após a primeira emergência. Esses

resultados estão de acordo com os relatados por Ojima et al. (1976) e Simão (1971), que também avaliaram a germinação de sementes de macadâmia.

Na Figura 1, verifica-se o comportamento da emergência das plântulas de macadâmia sob diferentes tratamentos com reguladores vegetais em função do tempo, a partir do oitavo dia após a emergência (D.A.E.), quando já haviam plântulas emergidas em todos os tratamentos. Verifica-se que durante praticamente todo o período de avaliação do experimento o maior número de plântulas emergidas ocorreu no tratamento T3 (GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 400 mL.L⁻¹ com sombrite).

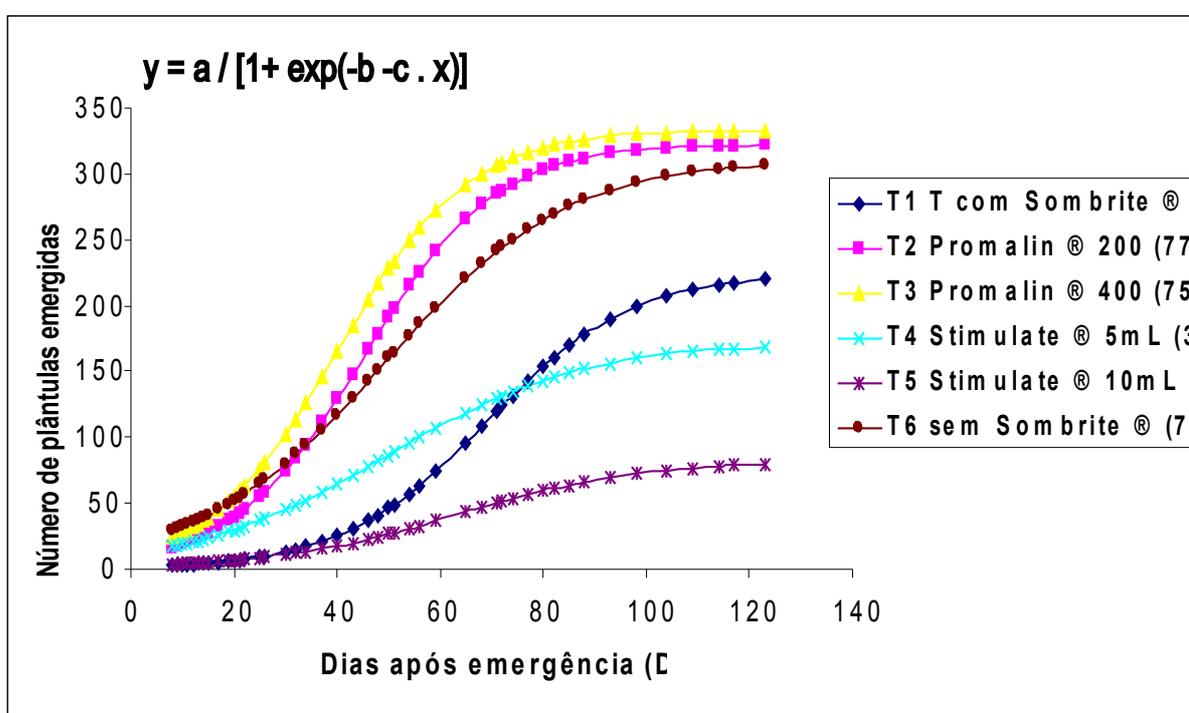


Figura 1. Ajuste da logística em relação ao número de plântulas de macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) emergidas, após o tratamento com reguladores vegetais em função do tempo. Dois Córregos/SP. 2007.

Verifica-se que o tratamento que proporcionou maior número de plântulas emergidas foi o T3, GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 400 mL.L⁻¹, com sombrite, totalizando 341 plântulas emergidas (75,7%). Em seguida, T2, GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 200 mL.L⁻¹, com sombrite, com 327 plântulas (72,6%) e o T6, água (testemunha) sem sombrite, com 322 plântulas (71,5%).

Por consequência, verifica-se que os tratamentos T2, T3 e T6, apresentaram os melhores resultados de porcentagem de emergência de plântulas (Figura 1).

Observa-se que os resultados obtidos no tratamento T6 (testemunha sem sombrite) ficaram muito próximos dos melhores resultados com a aplicação dos reguladores vegetais, portanto, o simples fato de deixar as sementeiras expostas ao sol, sem o uso de telas de proteção, pode-se aumentar a porcentagem de emergência de plântulas de macadâmia.

Os resultados obtidos são similares aos encontrados por Ono et al. (1996), que estudaram a aplicação de GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina mL.L⁻¹ em sementes de macadâmia, ocasião em que verificaram aumento na porcentagem de germinação de sementes tratadas.

Além disso, esses resultados concordam com os encontrados por Ferreira et al. (2002 a) em *Annona squamosa* L., com os verificados por Picolotto et al. (2007) na germinação de sementes de pessegueiro e com os de Braga (2008) em estudo dos efeitos de GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina em atemóia.

Também Zucareli (2007) estudou a germinação de sementes de *Passiflora cincinnata* Mast e constatou que os reguladores vegetais GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina promoveram aumento na germinação, bem como na emergência e desenvolvimento de plântulas.

Os resultados positivos do emprego do GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina na emergência de plântulas de macadâmia, provavelmente ocorreram pela ação conhecida das giberelinas na germinação das sementes. Essas substâncias devem ter estimulado a germinação, e conseqüentemente a emergência, devido à formação ou ativação de enzimas que atuam na quebra de reservas contidas na semente, disponibilizando essas reservas ao embrião, estimulando o crescimento do mesmo. Já as citocininas podem ter atuado na divisão celular, estimulando dessa forma, o crescimento das plântulas. Taiz & Zeiger (2009) relatam que a germinação de sementes pode exigir giberelinas para a ativação do crescimento vegetativo do embrião, ou para a quebra da camada do endosperma que envolve o embrião e restringe seu crescimento com a mobilização das reservas energéticas do endosperma.

Segundo Coll et al. (2001) fatores como luz, temperatura e outros hormônios influenciam nos níveis de giberelinas das plantas.

O resultado obtido no Tratamento 6 (água sem sombrite) pode estar associado à presença de luz e à interferência da temperatura, pois sabe-se que esses fatores

ambientais influenciam na velocidade, na uniformidade e no total de sementes germinadas (CARVALHO & NAKAGAWA, 1993). Ferraz-Grande & Takaki (2006) relatam que a resposta ou a sensibilidade das sementes à luz é específica de cada espécie.

Dependendo da espécie, a resposta das sementes à luz é variável, podendo ser fotoblásticas positivas, negativas ou neutras. Dessa forma, o fitocromo é o responsável pela captação dos sinais luminosos que irão ou não desencadear a germinação nas sementes (KLEIN, 2009, citando BRYANT, 1989; CASAL & SANCHÉZ, 1998; FERREIRA & BORGETTI, 2004). A promoção ou a inibição da germinação pela luz é o resultado de uma reação química fotorreversível, controlada pelo fitocromo, pigmento de natureza protéica encontrado nas plantas em duas formas interconvertíveis. A exposição da semente à luz vermelha (660 nm) converte o fitocromo para a forma biologicamente ativa, forma de fitocromo de absorção do vermelho-extremo e a germinação acontece. A absorção da luz vermelho-extremo (730 nm) converte o fitocromo para a forma do fitocromo vermelho e a germinação é bloqueada (TAIZ & ZEIGER, 2009).

De acordo com os resultados encontrados no presente estudo, propõe-se que a luminosidade e o uso de giberelinas, pode favorecer a emergência de plântulas em macadâmia, pois os melhores resultados foram obtidos com essas variáveis, podendo-se então, indicar ao produtor de mudas a semeadura em sementeiras sem o uso de tela de sombreamento, como uma alternativa para estimular a emergência, assim, evitaria custos desnecessários de produção, mesmo porque o produto Promalin® é regulamentado para a cultura da macadâmia.

Nos tratamentos com os reguladores GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) a 5 e a 10 mL Kg⁻¹ sementes, T4 e T5 respectivamente, verificou-se as menores porcentagens de emergência. A dosagem maior deste mesmo produto, 10ml Kg⁻¹ sementes, resultou na menor porcentagem de emergência obtida durante todo o experimento. Provavelmente, esses resultados decorreram em função da presença da auxina no produto Stimulate®, já que o crescimento da raiz é fortemente inibido por concentrações de auxina, talvez porque a auxina induza a produção de etileno, um inibidor do crescimento de raiz (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Esses resultados contrariam aqueles encontrados por Prado Neto et al. (2007), em estudo com jenipapo. Em contrapartida, concordam com os encontrados por Braga (2008) ao estudar a aplicação de reguladores vegetais na germinação em atemóia.

Segundo Vieira & Castro (2004), o processo germinativo necessita da participação ativa da complexa maquinaria de síntese da célula, que consiste em uma série de enzimas, fatores e cofatores, substâncias hormonais como giberelinas, auxinas e citocininas, além de ácidos nucléicos e outras vias ainda pouco conhecidas, com os aparatos para promover a energia necessária para as várias atividades de síntese.

CONCLUSÕES

O estudo do emprego de reguladores vegetais na emergência de plântulas do cultivar ALOHA 10-14 de *Macadamia integrifolia* Maiden & Betche, visando precocidade e melhoria nas condições fisiológicas das plantas, permite concluir que GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) foram mais efetivos que GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®). Sendo assim, pode-se obter mais plântulas de macadâmia com o uso do referido produto, obtendo-se mais mudas. Recomenda-se que a germinação de sementes de macadâmia seja realizada ao sol, dispensando o uso de tela de sombreamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN, O.; RUBENS, V.R.; PINHEIRO, U.F.V. Enxertia da macadâmia (*Macadamia integrifolia*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5., Pelotas, 1979. **Anais...** Pelotas, 1979. p.101-108.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOZ MACADÂMIA. **Programa Brazilian Macadamia Export**. Boletim informativo. Dois Córregos, 2005. (Trabalho não publicado).

BITTENCOURT, P.V.C. **Instruções preliminares para a cultura da noqueira-macadâmia**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1965. 12p. (Boletim 162).

BRAGA, J.F. **Reguladores vegetais na germinação de sementes e desenvolvimento de plantas de atemóia (*Annona cherimoia* Mill. x *Annona squamosa* L.) cv Gefner**. 2008. 80f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

BRYANT, J. A. **Fisiologia das sementes**. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária, 1989, 85p.

BUENO, S.C.S. **Macadâmia a noz da longevidade**. São Paulo: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), 2009. Disponível em [http: <www.cati.sp.gov.br>](http://www.cati.sp.gov.br). Acesso em: 21 jan. 2009.

CANN, H.J. The macadamia – Austrália's own nut. **Agricultural Gazette of New South Wales**, v.76, p.78-84, 1965.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 429p.

CASAL, J.J.; SÁNCHEZ, R.A. Phytochromes and seed germination. **Seed Science Research**, v.8, p.317-329, 1998.

DAVIES, P.J. **Plant hormones: biosynthesis, signal transduction, action**. 3.ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004. 750p.

DIERBERGER, J. E.; MARINO NETO, L. **Noz Macadâmia – Uma nova opção para fruticultura brasileira**. São Paulo. Editora Nobel, 1985. 120p.

FERRAZ-GRANDE, F.G.A.; TAKAKI, M. Efeitos da luz, temperatura e estresse de água na germinação de sementes de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Caesalpinoideae). **Bragantia**, v.65, p.37-42, 2006.

FERREIRA, G.; ERIG, P. R.; MORO, E. Uso de ácido giberélico em sementes de fruta-do-conde (*Annona squamosa* L.) visando à produção de mudas de diferentes

embalagens. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 178-182. Jaboticabal, 2002.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004, 323 p.

KLEIN, J. **Efeito de protetor físico com diferentes filtros na germinação, no desenvolvimento inicial e nas trocas gasosas de canafístula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub] provenientes da sementeira direta**. 2009. 105f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

OJIMA, M.; DALL ORTO, F.A.C.; RIGITANO, O. Estudos sobre alguns aspectos da germinação das sementes da noqueira macadâmia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 1976, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1976. v.2, p.559-566.

OJIMA, M.; DALL'ORTO, F.A.C. ;TROMBOLATO, A.F.C.; RIGITANO, O.; VEIGA, A.A.; SABINO, J.C.; PINHEIRO, J. Resultados experimentais de propagação da noz macadâmia no Instituto Agrônomo de Campinas, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 1983, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1983. p.1038-1053.

ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; PINHO, S.Z.; NAKAGAWA, J.; SABINO, J.C. Ação de fitorreguladores e KNO₃ na germinação de sementes de macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche). **Científica**, v.24, n.1, p.47-54, 1996.

PICOLOTTO, L.; BIANCHI, V.J.; FACHINELLO, J.C. Ação de giberelinas na germinação de sementes de pessegueiro. **Scientia Agraria**, v.8, n.3, p.225-232, 2007.

PRADO NETO, M.; DANTAS, A.C.V.L.; VIEIRA, E.L. ALMEIDA, V.O. Germinação de sementes de jenipapeiro submetidas à pré-embebição em regulador e estimulante vegetal. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.3, p.693-698, 2007.

SIMÃO, S. **Manual de fruticultura**. São Paulo: Ceres, 1971. 760p.

STEPHENSON, R. Macadamia: domestication and commercialisation. **Chronica Horticulturae**, v.45, n.2, p.11-15, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TOLEDO PIZA, P.L.B. **Secagem e escoamento da noz macadâmia (*M. integrifolia*) em silo secador de fundo cônico**. 2000. 84f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

VIEIRA, E.L. **Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.)**. 2001. 122f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. **Ação de bioestimulante na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2004. 74p.

VIEIRA, E.L.; MONTEIRO, C.A. Hormônios vegetais. In: CASTRO, P.R.C.; SENA, J.O.A.; KLUGE, R.A.M. **Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: Eduem, 2002. p.79-104.

ZUCARELI, V. **Germinação de sementes de *Passiflora cincinnata* Mast.: fases, luz, temperatura e reguladores vegetais**. 2007. 103f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

**4. Capítulo II - REGULADORES VEGETAIS NO
DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE MACADÂMIA
(*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche)**

Reguladores vegetais no desenvolvimento de plantas de macadâmia **(*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche)**

RESUMO– O trabalho objetivou avaliar os efeitos de reguladores vegetais no desenvolvimento de plantas de macadâmia. Os tratamentos utilizados foram: Testemunha (água), GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina a 200 ou 400 mg L⁻¹ em 1, 2 e 3 aplicações; GA₃ + IBA + Kt a 2,5 ou 5 mL⁻¹ em 1, 2 e 3 aplicações. A primeira aplicação dos tratamentos foi realizada aos sete meses após a emergência das plantas e nos tratamentos com 2 ou 3 aplicações, estas foram realizadas em intervalos de 21 dias. As características avaliadas foram comprimento da parte aérea, diâmetro do caule, teor de clorofila, assimilação de CO₂ (*A*), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*) e concentração interna de CO₂ na câmara subestomática (*Ci*). As avaliações do comprimento da parte aérea da planta e do diâmetro do caule foram realizadas antes da aplicação dos tratamentos e as demais em intervalos de 21 dias, sendo calculado o comprimento da parte aérea e o diâmetro do caule. As avaliações de trocas gasosas foram realizadas no 1º e no 150º dias após a aplicação dos tratamentos. O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial 4x 3 tratamentos x 3 frequência de aplicações, totalizando 12 tratamentos, com 5 repetições de 50 plantas cada. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Os melhores resultados para promover o crescimento da parte aérea do porta-enxerto de macadâmia foram obtidos no tratamento com GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) a 5,0 mL L⁻¹ em 3 aplicações, para a expansão do diâmetro do caule, nos tratamentos com Stimulate® a 2,5 e 5,0 mL L⁻¹ em 1, 2 ou 3 aplicações, para os teores de clorofila, no tratamento GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 400 mg L⁻¹ em 2 aplicações, para a taxa de assimilação de CO₂, condutância estomática e transpiração, os maiores valores foram encontrados no tratamento com Stimulate a 5,0 mL L⁻¹ em 2 aplicações.

Palavras-chave: auxinas, giberelinas, citocininas, trocas gasosas.

Plant growth regulators on the development of macadamia nut trees **(*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche)**

ABSTRACT– This study aimed to evaluate the effect of plant growth regulators on the development of macadamia nut trees (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche). Treatments were: Control (water), GA₄₊₇ + N-(phenylmethyl)-1H-purine-6-amine at 200 mg L⁻¹ in 1, 2 and 3 applications; GA₃ + IBA + Kt at 2.5 mL⁻¹ in 1, 2 and 3 applications. The first application of treatments was performed at seven months after plant emergence and the second and third ones, at 21-day intervals. Shoot length, stem diameter, chlorophyll levels, net CO₂ assimilation rate (*A*), stomatal conductance (*gs*), transpiration (*E*), and CO₂ concentration inside the substomatal chamber (*Ci*) were evaluated. Plant height and stem diameter were measured before application of treatments and at 21-day intervals, considering the difference among evaluations. Gas exchange evaluations were performed at the 1st and 150th days after application of

treatments. Experimental design was in completely randomized blocks, in the factorial arrangement 4 (4 treatments) x 3 (frequency of applications), totaling 12 treatments and 1 control, including 5 replicates of 50 plants each. Results were subjected to analysis of variance and means were compared through Tukey's test at 5% significance. The best results for longitudinal growth of macadamia rootstock was detected with the treatment GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) at 5.0 mL L⁻¹ in 3 applications; stem diameter expansion, with Stimulate® at 2.5 and 5.0 mL L⁻¹ in 1, 2 or 3 applications; chlorophyll levels, with GA₄₊₇ + N-(phenylmethyl)-1H-purine-6-amine (Promalin®) at 400 mg L⁻¹ in 2 applications; and net CO₂ assimilation rate, stomatal conductance and transpiration, with Stimulate at 5.0 mL L⁻¹ in 2 applications.

Keywords: gibberellins, cytokinins, longitudinal growth, gas exchanges.

INTRODUÇÃO

A noz macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) é uma árvore perene, rústica, com porte de quinze a vinte metros de altura, de origem australiana das províncias de New South Wales e de Queensland, onde é encontrada em densas florestas naturais. Atualmente o cultivo comercial dessa planta é realizado especialmente na Austrália e no Havaí, e em menor escala na África, na América Central e na Califórnia (DIERBERGER & MARINO NETO, 1985).

A macadâmia foi descoberta e catalogada na Austrália entre 1840 e 1860. O plantio comercial da macadâmia ocorreu cem anos após sua descoberta. No Brasil, a introdução da cultura ocorreu em 1935, por intermédio do Sr. João Ernesto Dierberger, na região de Limeira, no estado de São Paulo. Em 1955, o Instituto Agrônomo de Campinas iniciou a experimentação com sementes da espécie *M. integrifolia*, importadas do Havaí. Atualmente, o Brasil encontra-se como sétimo produtor mundial dessa noz (TOLEDO PIZA, 2000).

A noqueira-macadâmia produz nozes de excelente sabor tendo grande aceitação entre os consumidores. Podem ser utilizadas *in natura* como aperitivos ou na produção de chocolates, sorvetes e bolos (STEPHENSON, 2005).

As amêndoas da noz macadâmia contêm cerca 70 a 75 % de óleo, de grande valor nutritivo tal sua semelhança com o óleo de oliva (ANDERSEN, 1990). O óleo de macadâmia possui ômega 7, que auxilia no equilíbrio dos níveis de colesterol do organismo, reduzindo a incidência de doenças cardiovasculares (FRASER, 1999).

Através do método de enxertia, obteve-se cultivares de macadâmia mais produtivas. Assim, sugere-se que o meio mais vantajoso economicamente de propagação da cultura deve ser o vegetativo, por preservar integralmente as características mais importantes para sua produção (ANDERSEN et al., 1979, citando BEAUMONT & MOLTZAU, 1937, BITTENCOURT, 1965 e CANN, 1965).

A cultura da macadâmia ainda é pouco difundida no Brasil. Há necessidade de tornar o processo de produção de mudas mais rápido, para aumentar a área de produção desta noqueira (ONO et al. 1996). Nesse sentido, uma das alternativas para reduzir o tempo da produção de mudas de macadâmia seria a aplicação de reguladores vegetais.

Os reguladores vegetais são definidos como substâncias naturais ou sintéticas que podem ser aplicadas diretamente nas plantas para alterar seus processos vitais e estruturais, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade facilitar a colheita (LACA-BUENDIA, 1989). Os efeitos dessas substâncias, sobre as plantas cultivadas, têm sido pesquisados com o intuito de melhorar qualitativa e quantitativamente a produtividade das culturas (ALLEONI et al., 2000).

Para a cultura de macadâmia, Simão (1971) relata que a aplicação de ácido giberélico a 500 mg L⁻¹, favoreceu o desenvolvimento das plantas, tanto em diâmetro como em altura. Ferreira et al. (2002b) trabalhando com porta-enxerto de fruta-do-conde (*Annona squamosa* L.) com o uso de reguladores vegetais observaram aceleração do crescimento em comprimento e diâmetro do caule. Também, Barreiro (2006), estudando o efeito de reguladores vegetais no desenvolvimento de plantas de *Ocimum basilicum* L. verificou que plantas cultivadas na presença de cinetina apresentaram maior desenvolvimento, avaliado pela altura, área foliar, massa seca de folha, de caule, de raiz e total das plantas. Povh e Ono (2006) observaram que a aplicação da mistura de giberelina, auxina e citocinina a 2% em plantas de *Salvia officinalis* L. promoveu aumento no crescimento das plantas e no rendimento do óleo essencial.

Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo estudar o efeito da aplicação de reguladores vegetais no desenvolvimento de plantas do cultivar ALOHA 10-14 de macadâmia, utilizado como porta-enxerto, visando precocidade e melhoria nas condições fisiológicas da planta.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no viveiro comercial de produção de mudas de macadâmia da empresa QueenNut Macadâmia, localizada na fazenda Palmeiras no município de Dois Córregos, no estado de São Paulo, durante os meses de maio de 2007 e junho 2008. A localidade situa-se a 22°22' de latitude Sul e a 48°20' de longitude Oeste, encontra-se a 650 m de altitude, com temperaturas médias de 25°C, umidade relativa igual a 70% e precipitação pluviométrica em torno de 1.250 mm.

As mudas utilizadas para o estudo do efeito de reguladores vegetais no desenvolvimento de plantas de macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche), cultivar ALOHA 10-14, foram obtidas a partir da germinação de sementes em sementeira de areia, sem o uso de reguladores vegetais e mantidas sem cobertura com tela de sombreamento (Sombrite®).

O transplântio das mudas da sementeira para sacos de polietileno preto, perfurados, com capacidade para 5 L, contendo terra devidamente corrigida e adubada conforme a análise química ocorreu quando as plantas possuíam pelo menos dois pares de folhas, o que ocorreu dias após a semeadura.

As plantas foram adubadas mensalmente conforme prática do viveiro, com nitrogênio, fósforo e potássio (N-P-K) na formulação de 25-00-20, sendo aplicadas cerca de 30 a 40 gramas do adubo por muda. Ainda, as plantas receberam adubo foliar por pulverização em intervalos de 20 a 30 dias com o produto Bioamino Premium® (fertilizantes fluidos agromineral) do Grupo Bio Soja, sendo a dose igual a 50 mL do produto para 20 litros de água.

Mantidas em ambiente aberto, as plantas foram irrigadas diariamente, de maneira uniforme para todos os tratamentos, com sistema de irrigação por aspersão utilizada no viveiro.

As plantas de macadâmia foram submetidas aos seguintes tratamentos:

T1: Testemunha (água)

T2: GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 200 mL L⁻¹ em 1 aplicação

T3: GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 400 mL L⁻¹ em 1 aplicação

T4: GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 200 mL L⁻¹ em 2 aplicações

T5: GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 400 mL L⁻¹ em 2 aplicações

T6: GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 200 mL L⁻¹ em 3 aplicações

T7: GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 400 mL L⁻¹ em 3 aplicações
T8: GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) a 2,5 mL⁻¹ em 1 aplicação
T9: GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) a 5,0 mL⁻¹ em 1 aplicação
T10: GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) a 2,5 mL⁻¹ em 2 aplicações
T11: GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) a 5,0 mL⁻¹ em 2 aplicações
T12: GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) a 2,5 mL⁻¹ em 3 aplicações
T13: GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) a 5,0 mL⁻¹ em 3 aplicações

A aplicação dos tratamentos foi realizada via pulverização foliar utilizando-se pulverizador manual com pressão constante de 40 libras e equipado com lança contendo bico tipo leque 110°02, que proporcionou volume de 500 mL de calda para cada tratamento com 450 plantas. Na solução contendo ou não os reguladores vegetais foi adicionado o espalhante adesivo Natural'Óleo a 1% (93% de óleo vegetal e 7% de ingredientes inertes) visando proporcionar melhor adesão dos produtos utilizados nas folhas das plantas.

A mistura de GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina foi aplicada na forma do produto comercial Promalin® fabricado pela Sumitomo do Brasil contendo 1,8% de GA₄₊₇ e 1,8% N-(fenilmetil)-aminopurina. Por sua vez, a mistura de ácido giberélico (GA₃) + cinetina (Kt) + ácido indolilbutírico (IBA) foi aplicada na forma do produto comercial Stimulate® fabricado pela Stoller do Brasil S.A., contendo 90 mg L⁻¹ de cinetina (Kt), 50 mg L⁻¹ de IBA e 50 mg L⁻¹ de GA₃ por litro do produto,

A primeira aplicação dos tratamentos foi realizada por volta de sete meses após a emergência das plantas, e as demais aplicações foram realizadas a intervalos de 21 dias.

O possível efeito dos reguladores vegetais foi avaliado por meio das seguintes características:

- Comprimento do caule: feita com auxílio de uma régua graduada, a partir da superfície do solo até o ápice caulinar (cm).
- Diâmetro do caule: medida realizada com o auxílio de paquímetro digital tipo Universal Digital Série 797B – marca Starret, a 5 cm da superfície do solo (mm).
- Teor de clorofila: medida realizada no terceiro par de folhas, com o auxílio do clorofilômetro SPAD-502 da Minolta em unidades de SPAD, foram medidas 10 folhas para cada repetição, 150 dias após a primeira aplicação dos tratamentos.
- Trocas gasosas: as determinações de trocas gasosas foram realizadas utilizando-se equipamento de sistema aberto portátil de fotossíntese, *Infra-Red Gas*

Analyzer (IRGA), modelo LI-6400 da Li-Cor, Lincoln, NE, USA, o qual possui sensores para determinar a concentração de CO₂ e o vapor d'água por infravermelho. As leituras foram feitas sempre na região mediana do terceiro par de folhas, completamente expandidas e expostas à radiação solar. Determinações da taxa de assimilação líquida de CO₂ (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), transpiração (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO₂ na câmara subestomática (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) foram realizadas entre 09:00 e 10:30 horas, 1º e 150º dias após a aplicação de reguladores vegetais. A temperatura do horário das avaliações variou de 25 a 27º C. As leituras foram realizadas de maneira alternada nos vários tratamentos para evitar a interferência do aumento da temperatura e da umidade com o passar do tempo.

A primeira avaliação de comprimento e diâmetro do caule foi realizada antes da aplicação dos tratamentos, e as demais a intervalos de 21 dias, num total de quatro avaliações. A partir dessas medidas, foi calculada a diferença de crescimento em comprimento e diâmetro do caule pela diferença entre as avaliações.

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 4x3+1 (tratamentos x frequência de aplicações), totalizando 12 tratamentos, contendo 5 repetições de 50 plantas cada.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. As médias obtidas no tratamento testemunha foram comparadas com as dos demais tratamentos pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Comprimento do caule

As médias das diferenças encontradas no comprimento do caule de macadâmia submetidas aos tratamentos com reguladores vegetais podem ser observadas na Tabela 1.

A comparação de médias entre os tratamentos revela que não houve diferença entre os mesmos considerando-se os reguladores vegetais e suas concentrações testadas. Entretanto, houve diferença em relação ao número de aplicações (1 e 3) do produto

Stimulate® a 5,0 mL⁻¹, onde a altura das plantas submetidas a três aplicações superou aquelas que receberam apenas uma aplicação do produto.

Não ocorreu diferença, isto é, não houve efeito dos tratamentos sobre o crescimento das plantas de macadâmia, se comparado o resultado obtido com a testemunha (água) e as médias dos tratamentos, onde empregou-se os reguladores vegetais.

Considerando-se as plantas tratadas com Promalin®, os resultados obtidos estão de acordo com aqueles encontrados por Leonel e Rodrigues (1996), os quais não obtiveram efeito no crescimento e no desenvolvimento do porta-enxerto de limoeiro ‘Cravo’ com a aplicação de 25, 50 e 75 mg L⁻¹ dessa mistura de reguladores vegetais.

Conforme relatado por Simão (1971) a aplicação de ácido giberélico a 500 mg L⁻¹ favorece o desenvolvimento de mudas de macadâmia, tanto em diâmetro como em altura. O mesmo resultado não foi encontrado no presente experimento com a aplicação de Promalin®, tanto na concentração de 200 mg L⁻¹ como na de 400 mg L⁻¹. Os resultados do presente estudo também discordam daqueles encontrados por Ferreira et al. (2002 b) que trabalharam na produção do porta-enxerto de fruta-do-conde (*Annona squamosa* L.) e verificaram que a aplicação de 75 mg L⁻¹ de GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina promoveu maior incremento no comprimento do caule. Similarmente, Modesto (1994) usando a mesma mistura de giberelinas e citocinina (GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina) a 25 mg L⁻¹, discordam dos encontrados neste experimento, pois obteve incremento do comprimento do caule de tangerina ‘Cleopatra’.

Tais resultados podem ser melhor compreendidos de acordo com Schmidt et al. (2003) os quais relatam que o efeito de uma substância reguladora vegetal depende de inúmeros fatores, tais como época de aplicação, condições climáticas locais, estágio de crescimento da planta, espécie ou cultivar tratado.

Assim, no presente estudo, o uso da mistura de giberelinas e citocinina (Promalin®) em até três aplicações de 200 e 400 mg L⁻¹ não promoveu o crescimento do caule do porta-enxerto de plantas de macadâmia, nas condições estudadas, entretanto os melhores resultados foram encontrados sob tratamento com GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) a 5,0 mL L⁻¹ em 3 aplicações.

Tabela 1. Comparação das médias das diferenças do crescimento médio do comprimento de caule (cm) de plantas de macadâmia submetidas a uma, duas ou três aplicações de reguladores vegetais. Dois Córregos/SP. 2007.

Tratamentos	1 aplicação	2 aplicações	3 aplicações	Médias
Promalin® 200 mg L ⁻¹	2,03 Aa	1,31 Aa	2,89 Aa	2,07
Promalin® 400 mg L ⁻¹	2,63 Aa	2,78 Aa	2,52 Aa	2,64
Stimulate® 2,5 mL L ⁻¹	1,91 Aa	1,86 Aa	2,31 Aa	2,02
Stimulate® 5,0 mL L ⁻¹	1,73 Ab	1,88 Aab	4,19 Aa	2,60
Médias	2,07	1,95	2,97	

C.V.(%) = 48,25

Testemunha (água) = 1,25 cm

C.V.(%) = 51,60

*Médias de cinco repetições seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

C.V. = coeficiente de variação

Em relação às plantas tratadas com Stimulate®, os resultados estão de acordo com aqueles obtidos por vários autores, em diferentes espécies, como feijão, laranja ‘Pera’, soja e arroz. Dentre os autores, Velini e Rosolen (1997) concluíram que o Stimulate® favorece a produtividade em feijão e Vieira (2001) observou que o mesmo produto aumenta a produção em soja, arroz e feijão.

Para explicar tais resultados, pode-se considerar os relatos de Vieira & Castro (2004) sobre bioestimulantes, os quais podem, em função de sua composição, concentração e proporção, incrementar o crescimento e o desenvolvimento vegetal, estimular a divisão, a diferenciação e o alongamento das células, além de favorecer o equilíbrio hormonal da planta, e também aumentar a absorção e a utilização de água e nutrientes pelas plantas.

Portanto, os melhores resultados obtidos no presente estudo quanto ao comprimento de caule de plantas de macadâmia foram encontrados sob tratamento com GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) a 5,0 mL L⁻¹ em 3 aplicações, quando comparado a 1 aplicação do mesmo produto e dose.

2. Diâmetro do caule

As médias das diferenças das medidas do diâmetro do caule das plantas de macadâmia, tratadas com reguladores vegetais, podem ser observadas na Tabela 2.

Verifica-se que houve diferenças nas médias quanto ao crescimento em diâmetro de caule, considerando-se os tipos de produtos e as concentrações utilizadas e o número de aplicações.

Nas plantas tratadas com GA₄₊₇ e N-(fenilmetil)-aminopurina a 200 mg L⁻¹ observa-se menor crescimento radial do caule sob duas aplicações.

Tabela 2. Comparação das médias da diferença do diâmetro do caule (cm) de plantas de macadâmia submetidas a uma, duas ou três aplicações de reguladores vegetais. Dois Córregos/SP. 2007.

Tratamentos	1 aplicação	2 aplicações	3 aplicações	Médias
Promalin® 200 mg L ⁻¹	0,38 Bab	0,12 Bb	0,69 ABa	0,36
Promalin® 400 mg L ⁻¹	0,62 Aba	0,60 Aa	0,68 ABa	0,63
Stimulate® 2,5 mL L ⁻¹	0,80 Aa	0,54 Aa	0,80 Aa	0,71
Stimulate® 5,0 mL L ⁻¹	0,70 ABab	0,53 Ab	1,02 Aa	0,75
Médias	0,62	0,44	0,77	

C.V.(%) = 26,35

Testemunha (água) = 0,38 cm

C.V.(%) = 35,51

*Médias de cinco repetições seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

C.V. = coeficiente de variação

Considerando-se somente uma aplicação, houve diferença entre as plantas tratadas com Promalin® 200 mg L⁻¹ (0,38 cm) aquelas submetidas a Stimulate® 2,5 mL L⁻¹(0,80 cm) o qual foi mais efetivo no crescimento em diâmetro do caule. Considerando-se duas aplicações, o tratamento com Promalin® a 200 mg L⁻¹ (0,12 cm) foi o menos eficiente. Considerando três aplicações, ambos os tratamentos com Stimulate® (2,5 e 5,0 mL L⁻¹), apresentaram maior valor desta variável em relação ao Promalin® a 200 mg L⁻¹.

Em relação ao tratamento testemunha, com média da diferença do crescimento do diâmetro igual a 0,38 cm (Tabela 2), os tratamentos com Stimulate® a 2,5 e 5,0 mL

L⁻¹ para uma, duas ou três aplicações, apresentaram valores maiores na expansão do diâmetro do caule.

Velini e Rosolen (1997) e Vieira (2001) também trabalhando com Stimulate® em feijoeiro, soja e arroz, obtiveram resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho, para dados de diâmetro de caule.

Vieira e Monteiro, 2002 relatam que para compreender melhor os efeitos do GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina e do GA₃ + IBA + Kt deve-se lembrar que as giberelinas estimulam o alongamento e a divisão celular, enquanto que as auxinas possuem ação característica no crescimento celular, agindo diretamente no aumento da plasticidade da parede celular, conferindo a esta, alongamento irreversível.

Considerando-se o fato do Stimulate® e do Promalin® serem bioestimulantes, o uso desses produtos seria vantajoso na formação de porta-enxerto de macadâmia, pois como visto, nas condições deste experimento os referidos produtos promoveram crescimento do diâmetro do caule das plantas, o que é primordial e vantajoso para a enxertia, reduzindo desta forma o tempo de crescimento radial desses vegetais, trazendo menores custos para o produtor no viveiro de mudas.

3. Teor de clorofila nas folhas

Na Tabela 3, verifica-se maior teor de clorofila em folhas de macadâmia nos tratamentos com Promalin® a 400 mL L⁻¹ em 2 aplicações e com Stimulate® a 5,0 mL L⁻¹ em 3 aplicações. O menor resultado foi obtido no tratamento com GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 400 mL L⁻¹ em 3 aplicações.

O tratamento com Stimulate® a 5,0 mL L⁻¹ em 2 e 3 aplicações proporcionaram o segundo e o terceiro maior teor de clorofila, respectivamente, o que pode estar relacionado à maior altura e diâmetro do caule, uma vez que maior concentração de clorofila pode levar a maior taxa fotossintética e, conseqüentemente, a maior crescimento.

Tabela 3. Comparação do teor de clorofila índice SPAD nas folhas de plantas de macadâmia tratadas com uma, duas ou três aplicações de reguladores vegetais. Dois Córregos/SP. 2007.

Tratamentos	1 aplicação	2 aplicações	3 aplicações	Médias
Promalin® 200 mL L ⁻¹	38,26 A	36,22 AB	36,20 AB	36,89
Promalin® 400 mL L ⁻¹	35,24 A	39,36 A	33,24 B	35,94
Stimulate® 2,5 mL L ⁻¹	34,62 A	37,47 AB	38,46 AB	36,85
Stimulate® 5,0 mL L ⁻¹	37,76 A	38,94 AB	39,34 A	38,68
Médias	36,47	37,99	36,81	

C.V.(%) = 7,32

Testemunha (água) = 38,60 AB

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

Os maiores teores de clorofila encontrados sob os tratamentos com Promalin® a 400 mg L⁻¹ em duas aplicações e com Stimulate® a 5,0 mL L⁻¹ podem ser atribuídos à presença de giberelina e citocinina em ambos os produtos, tendo em vista que tais reguladores vegetais inibem a degradação da clorofila. Assim, Monselise e Halevy (1962), citados por Ferreira et al. (2002b) trabalharam com pulverizações de giberelinas e observaram efeito no crescimento, acúmulo de massa seca e conteúdo de clorofila em porta-enxertos de *Citrus limettioides* T. e *C. aurantium* L.

O teor de clorofila na folha também pode ser usado para prever o nível nutricional de nitrogênio em plantas, devido ao fato de que ambos correlacionam-se positivamente. Essa relação atribuí-se principalmente ao fato de que 50 a 70% do nitrogênio total das folhas são integrantes de enzimas associadas aos cloroplastos (ARGENTA et al., 2001). Dessa maneira, embora não tenham ocorrido variações significativas na comparação das médias, a variação no teor de clorofila entre os tratamentos detectado no presente estudo com GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 400 mg L⁻¹ em 2 e em 3 aplicações, pode ter ocorrido em função da ação dos reguladores, já que as plantas receberam quantidades iguais de nutrientes fornecidos pela adubação.

4. Taxas de assimilação líquida de CO₂ (A, μmol CO₂ m⁻²s⁻¹)

No 1º e aos 150 dias após o tratamento com reguladores vegetais, foram verificados os valores médios da taxa de assimilação líquida de CO₂ (A, μmol CO₂ m⁻²s⁻¹) em plantas de macadâmia, na Tabela 4.

Para as determinações de trocas gasosas, o nível de radiação escolhido foi o de 1700 μmol de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, uma vez que o mesmo proporcionou a máxima atividade fotossintética das folhas de macadâmia.

Na Tabela 4, observa-se que 1 dia após a aplicação dos reguladores vegetais, não houve diferença entre os tratamentos. No entanto, 150 dias após a aplicação dos tratamentos foi possível detectar efeito dos diferentes tratamentos, mostrando que as plantas foram sensíveis aos tratamentos com reguladores vegetais por um longo período de tempo.

Tabela 4. Comparação da taxa de assimilação líquida de CO_2 (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) de folhas de macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche), 1 e 150 dias após o tratamento (DAT) com os reguladores vegetais. Dois Córregos/SP. 2007.

Tratamentos	1 DAT**		150 DAT**	
	1 aplicação	1 aplicação	2 aplicações	3 aplicações
Promalin® 200 mg L ⁻¹	6,57 A	7,47 AB	8,29 AB	7,03 B
Promalin® 400 mg L ⁻¹	6,63 A	6,89 B	7,07 B	6,59 B
Stimulate® 2,5 mL L ⁻¹	6,19 A	6,35 B	6,63 B	6,61 B
Stimulate® 5,0 mL L ⁻¹	6,83 A	6,54 B	9,93 A	6,36 B
C.V.(%)= 20,57		C.V.(%) = 16,44		
Testemunha (água)= 6,01 A		Testemunha (água)= 6,93 B		

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

**DAT: Dias após a aplicação dos tratamentos

O tratamento que mostrou maior eficiência no aumento da taxa fotossintética foi a mistura de GA_3 + IBA + Kt (Stimulate®) a 5,0 mL L⁻¹ em 2 aplicações, no entanto os resultados não diferem daqueles obtidos sob os tratamentos com o produto GA_{4+7} + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 200 mg L⁻¹ em 1 e em 2 aplicações.

Relacionando-se o teor de clorofila com a fotossíntese, percebe-se que os tratamentos que promoveram maior acúmulo de clorofila não foram aqueles que proporcionaram maior taxa de assimilação líquida de CO_2 .

Segundo Larcher (2006) o incremento de biomassa não compete somente ao ganho de CO_2 , mas também ao controle hormonal, da participação dos assimilados e ao padrão específico de crescimento da planta. Para o crescimento harmônico da planta

como um todo é essencial que cada órgão e tecido receba a quantidade necessária de assimilados e que este abastecimento seja efetuado no tempo correto.

Segundo Taiz e Zeiger (2009), a fotossíntese é o armazenamento de energia solar realizado pelas plantas, algas e bactérias fotossintetizantes. Relatam que a capacidade fotossintética na folha intacta é um processo integral que depende de muitas reações bioquímicas e que a capacidade do tecido foliar para a assimilação fotossintética de CO₂ depende em grande parte do seu conteúdo da enzima ribulose-1,5-difosfato carboxilase (Rubisco). Comentam ainda que, os cloroplastos contêm DNA, codificando e sintetizando algumas proteínas essenciais para a fotossíntese. As proteínas adicionais são codificadas pelo DNA nuclear, sintetizadas no citosol e importadas pelo cloroplasto. As clorofilas, por sua vez, são sintetizadas em uma rota biossintética complexa. Nesse sentido, o uso dos reguladores vegetais no presente estudo pode ter afetado rotas metabólicas associadas à síntese de proteínas associadas à fotossíntese, proporcionando as diferenças observadas.

5. Condutância estomática (g_s , $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios para condutância estomática (g_s , $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) obtidos em plantas de macadânia tratadas com reguladores vegetais.

Observa-se que 1 dia após a aplicação dos reguladores vegetais os valores de condutância estomática não apresentaram diferença. No entanto, 150 dias após os tratamentos nota-se que as plantas apresentaram comportamentos diferentes. Nesse período o tratamento com GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) a 5,0 mL L⁻¹ em duas aplicações aumentou a condutância estomática. Esse resultado é coerente quando comparado com a taxa de assimilação líquida de CO₂ (Tabela 4), uma vez que esse mesmo tratamento foi o que levou à maior taxa de assimilação de CO₂.

Sob elevadas concentrações de CO₂, a fotossíntese é limitada pela capacidade do ciclo de Calvin em regenerar a molécula aceptora, ribulose-1,5-bifosfato, o que depende da taxa de transporte de elétrons. Ao regular a condutância estomática, a maioria das folhas parece regular a concentração intercelular de CO₂, de tal modo que seja intermediária entre as ligações impostas pela capacidade de carboxilação e a capacidade de regenerar a ribulose-1,5 bifosfato (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Segundo Paiva et al. (2005) as plantas ao absorverem gás carbônico, inevitavelmente, perdem água pelas folhas. Essa perda de água ocorre, principalmente, pelos estômatos que apresentam mecanismos para controlar o seu grau de abertura. Esse controle é atribuído à condutância estomática foliar.

Pacheco (2007) citando Tardieu et al. (1996) afirmam que para diversas espécies, a condutância estomática foi geralmente correlacionada com o potencial hídrico da folha, sugerindo que sinais químicos entre raiz e a parte aérea não são os únicos fatores envolvidos.

Tabela 5. Comparação da condutância estomática (g_s , mmol de $H_2O\ m^{-2}s^{-1}$) em folhas de macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche), 1 e 150 dias após o tratamento (DAT) com reguladores vegetais. Dois Córregos/SP. 2007.

Tratamentos	1 DAT**		150 DAT**	
	1 aplicação	1 aplicação	2 aplicações	3 aplicações
Promalin® 200 mg L ⁻¹	0,10 A	0,13 AB	0,15 AB	0,13 AB
Promalin® 400 mg L ⁻¹	0,11 A	0,11 AB	0,13 AB	0,12 AB
Stimulate® 2,5 mL L ⁻¹	0,11 A	0,11 AB	0,11 AB	0,13 AB
Stimulate® 5,0 mL L ⁻¹	0,13 A	0,11 AB	0,19 A	0,12 AB
C.V.(%)= 27,22		C.V.(%) = 32,04		
Testemunha (água)= 0,10 A		Testemunha (água)= 0,10 B		

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

**DAT: Dias após a aplicação dos tratamentos

Os resultados obtidos através da análise das variáveis condutância estomática e taxa de assimilação de CO_2 podem estar associados a presença das citocininas, as quais estão envolvidas na abertura estomática e na síntese de proteínas da enzima rubisco (DAVIES, 2004, SALISBURY & ROSS, 1994, TAIZ & ZEIGER, 2009).

6. Concentração interna de CO_2 dentro da câmara subestomática (C_i , $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$)

Na Tabela 6, verifica-se que não foi detectada diferença entre os tratamentos, tanto no 1º quanto no 150º dia após a aplicação dos mesmos.

Tabela 6. Comparação da concentração interna de CO₂ dentro da câmara subestomática (*C_i*, μmol CO₂ m⁻²s⁻¹) em folhas de macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) 1 e 150 dias após o tratamento (DAT) com os reguladores vegetais. Dois Córregos/SP. 2007.

Tratamentos	1 DAT**		150 DAT**	
	1 aplicação	1 aplicação	2 aplicações	3 aplicações
Promalin® 200 mg L ⁻¹	257,40 A	272,60 A	270,20 A	288,00 A
Promalin® 400 mg L ⁻¹	269,40 A	267,60 A	281,40 A	270,00 A
Stimulate® 2,5 mL L ⁻¹	277,20 A	278,20 A	273,20 A	290,80 A
Stimulate® 5,0 mL L ⁻¹	281,80 A	276,20 A	285,60 A	270,40 A
C.V.(%)= 8,40		C.V.(%) = 12,53		
Testemunha (água)= 272,20 A		Testemunha (água)= 264,00 A		

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

**DAT: Dias após a aplicação dos tratamentos

Segundo Taiz e Zeiger (2009) a posição dos cloroplastos e a porcentagem relativamente grande de espaços intercelulares (cerca de 20 e 40%) são características anatômicas específicas que facilitam a difusão interna e a absorção de CO₂ pelas folhas. Uma vez que os ostíolos em geral impõem a maior resistência à absorção de CO₂ e à perda de água no caminho da difusão, esta regulação proporciona à planta um modo efetivo de controlar as trocas gasosas entre a folha e a atmosfera. Comentam ainda que, para a maioria das folhas, a difusão interna de CO₂ é rápida. Assim, as limitações ao desempenho fotossintético no interior da folha são impostas por fatores distintos do suprimento de CO₂.

De acordo com Larcher (2006) apesar dos estômatos reagirem a várias influências, o movimento estomático obedece principalmente ao controle do CO₂ e da água. Quando a pressão parcial de CO₂ nos espaços intercelulares diminui devido ao consumo de CO₂ pelo processo de fotossíntese, os estômatos se abrem.

No presente estudo pode-se sugerir que num primeiro momento a aplicação de reguladores vegetais não afetou a concentração interna de CO₂ dentro da câmara subestomática (*C_i*) em plantas de macadâmia, isto é, não ocorreu maior difusão e absorção de CO₂ nas folhas.

Os resultados obtidos na comparação da concentração interna de CO₂ dentro da câmara subestomática (*C_i*, μmol CO₂ m⁻²s⁻¹) em folhas de macadâmia são semelhantes

aos encontrados por Pacheco (2007) ao estudar a deficiência hídrica e aplicação de ABA sobre as trocas gasosas em calêndula (*Calendula officinalis* L.), a qual não verificou variação na *Ci* aos 3 e 6 dias de suspensão total da irrigação.

7. Transpiração (E , mmol H₂O m⁻²s⁻¹)

Na Tabela 7 verifica-se que houve diferença entre os tratamentos somente aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). Nesse período o tratamento que promoveu maior perda de água pela transpiração estomática foi o Stimulate® a 5,0 mL L⁻¹ em duas aplicações.

Comparando-se a transpiração com a condutância estomática e a taxa de assimilação de CO₂, nota-se que os maiores valores para essas características de trocas gasosas são encontrados nas plantas submetidas ao mesmo tratamento, ou seja, Stimulate® a 5,0 mL L⁻¹ em duas aplicações. Tal fato se deve, pois se os estômatos estiverem mais abertos (maior condutância estomática e transpiração), há maior entrada de CO₂ que, por consequência, leva a maior taxa de assimilação de CO₂, maior acúmulo de massa seca e maior desenvolvimento das plantas.

Esses resultados encontram apoio nos registros de Larcher (2006) o qual refere que por meio da regulação estomática, a planta é capaz de modular as taxas de transpiração de acordo com seu balanço hídrico. Taiz e Zeiger (2009) também relatam que mudanças na resistência estomática são importantes para a regulação da perda de água pelas plantas e para o controle da taxa de absorção de CO₂ necessária à fotossíntese.

Tabela 7. Comparação da transpiração (E , mmol H₂O m⁻²s⁻¹) em folhas de *Macadamia integrifolia* Maiden & Betche, 1 e 150 dias após o tratamento com os reguladores vegetais. Dois Córregos/SP. 2007.

Tratamentos	1 DAT**		150 DAT**	
	1 aplicação	1 aplicação	2 aplicações	3 aplicações
Promalin® 200 mg L ⁻¹	2,44 A	2,58 AB	2,80 AB	2,62 AB
Promalin® 400 mg L ⁻¹	2,59 A	2,26 B	2,52 AB	2,31 AB
Stimulate® 2,5 mL L ⁻¹	2,56 A	2,15 B	2,20 B	2,55 AB
Stimulate® 5,0 mL L ⁻¹	2,92 A	2,26 B	3,52 A	2,33 AB
C.V.(%)= 27,22		C.V.(%) = 22,69		
Testemunha (água)= 2,48 A		Testemunha (água)= 2,16 B		

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

CONCLUSÕES

A avaliação do efeito de reguladores vegetais no desenvolvimento de plantas de macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) permite concluir que nas condições deste estudo, as plantas de macadâmia do cultivar ALOHA 10-14, responderam à aplicação de reguladores vegetais, sendo que o melhor tratamento para se aumentar o comprimento do caule do porta-enxerto de macadâmia foi com GA₃ + IBA + Kt (Stimulate®) a 5,0 mL L⁻¹ em 3 aplicações e para o aumento do diâmetro do caule, os melhores tratamentos foram com Stimulate® a 2,5 e 5,0 mL L⁻¹ para uma, duas ou três aplicações. Sendo assim, o uso desses reguladores pode ser indicado para viveiros comerciais, já que o crescimento maior em altura e em diâmetro são características vantajosas para produtores, reduzindo os gastos e o tempo na produção de mudas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais e de Stimulate® no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v.6, n.1, p.23-35, 2000.

ANDERSEN, O.; RUBENS, V.R.; PINHEIRO, U.F.V. Enxertia da macadâmia (*Macadamia integrifolia*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5., Pelotas, 1979. **Anais...** Pelotas, 1979. p.101-108.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L.; STRIEDER, M.L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.2, p.158-167, 2001.

BARREIRO, A.P. **Produção de biomassa, rendimento e composição do óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em função de reguladores vegetais.** 2006. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

BEAUMONT, J.H.; MOLTZAU, R.H. **Nursery propagation and topworking of the macadamia.** Hawaii Agricultural Experiment Station, 1937. 28p. (Circular, 13)

BITTENCOURT, P. V. C. **Instruções preliminares para a cultura da noqueira-macadâmia.** Campinas, Instituto Agrônômico, 1965. 12p. (Boletim 162)

CANN, H.J. The macadamia – Austrália's own nut. **Agricultural Gazette of New South Wales**, v.76, p.78-84, 1965.

DAVIES, P. J. **Plant hormones: biosynthesis, signal transduction, action.** 3ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004. 750 p.

DIERBERGER, J. E.; MARINO NETO, L. **Noz Macadâmia – Uma nova opção para fruticultura brasileira.** São Paulo. Editora Nobel, 1985. 120p.

FERREIRA, G.; ERIG, P. R.; MORO, E. Produção do porta-enxerto (*Annona squamosa* L.) com o uso de reguladores vegetais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 637-640. Jaboticabal, 2002.

FRASER, G. E. Health benefits of nuts in diet. In: **FIRST INTERNATIONAL MACADAMIA SYMPOSIUM IN AFRICA**, 1999, Nelspruit, África do Sul. *The Southern African Macadamia Grower's Association Yearbook*, Tzaneen, África do Sul, 1999, p.22.

LACA-BUENDIA, J. P. Efeito de reguladores de crescimento do algodoeiro (*Gossyotum hirsutum* L.). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.1, n.1, 1989, p.109-113.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa, 2006. 550p.

LEONEL, S.; RODRIGUES, J.D. Efeitos de giberelinas, citocininas e do nitrato de potássio, no crescimento e desenvolvimento do porta-enxerto de limoeiro 'Cravo'. **Scientia Agricola**, v.53, n.2-3, p.261-266, 1996.

MODESTO, J.C. **Efeitos de diferentes reguladores de crescimento sobre o desenvolvimento de porta-enxertos de citros**. 1994. 127f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

MONSELISE, S. P.; HALEVY, A. H. Effects of gibberellin and AMO-1618 on growth, dry-matter accumulation, chlorophyll content and peroxidase activity of citrus seedlings. **American Journal of Botany**, Columbus, v.49, p.405-412, 1962.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. de; NAKAGAWA, J.; SABINO, J.C. Ação de fitorreguladores e KNO₃ na germinação de sementes de macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche). **Científica**, São Paulo, v.24, n.1, p.47-54, 1996.

PACHECO, A.C. **Deficiência hídrica e aplicação de ABA sobre as trocas gasosas e o acúmulo de flavonóides em calêndula (*Calendula officinalis* L.)**. 2007. 61f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

PAIVA, A.S.; FERNANDES, E.J.; RODRIGUES, T.J.D.; TURCO, J.E.P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v.5, n.1, p.161-169, 2005.

POVH, J. A.; ONO, E. O. Rendimento de óleo essencial de *Salvia officinalis* L. sob a ação de reguladores vegetais. **Acta Scientiarum, Biological Science**, v. 28, p. 189-193, 2006.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiologia vegetal**. Trad. Velázquez, V. G. México: Iberoamérica, 1994. 759 p.

SCHMIDT, C. M.; BELLÉ, R. A.; NARDI, C.; TOLEDO, K. A. Ácido giberélico (GA₃) no crisântemo (*Dedranthema grandiflora* Tzvele v.) de corte ‘viking’: cultivo de verão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n.2, p. 267-274, 2003.

STEPHENSON, R. Macadamia: domestication and commercialisation. **Chronica Horticulturae**, v. 45, n.2, p.11-15, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TARDIEU, F.; LAFARGE, T.; SIMONNEAU, T. Stomatal control by fedo r endogenous xylem ABA in sunflower: interpretation of correlations between leaf water potentials and stomatal condutance in anisohydric species. **Plant Cell Environment**, Logan, v. 19, p. 75-84, 1996.

TOLEDO PIZA, P.L.B. **Secagem e escoamento da noz macadâmia (*M. integrifolia*) em silo secador de fundo cônico**. 2000. 84f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

VIEIRA, E.L. **Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.)**. 2001. 122f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

VIEIRA, E.L.; MONTEIRO, C.A. Hormônios vegetais. In: CASTRO, P.R.C.; SENA, J.O.A.; KLUGE, R.A.M. **Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: Eduem, 2002. p.79-104.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. **Ação de bioestimulante na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2004. 74p.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Torna-se importante mencionar que pesquisas relacionadas com a leitura de trocas gasosas vêm aumentando nos últimos anos, devido provavelmente ao desenvolvimento dos equipamentos e das técnicas utilizadas na área. No entanto, não

foram encontrados na revisão de literatura relatos sobre o comportamento da espécie estudada em relação às trocas gasosas nem relacionada ao uso de reguladores vegetais.

De maneira geral, a emergência de plântulas e as plantas de macadâmia mostraram-se sensíveis à aplicação de reguladores vegetais. No entanto, são necessários mais estudos, já que muitos fatores podem estar relacionados com tal comportamento.

Fica recomendado a semeadura de sementes de macadâmia sem o uso de tela de sombreamento, como alternativa para estimular a emergência de plântulas. Também cabe ressaltar que os bioestimulantes utilizados no desenvolvimento de plantas de macadâmia, nas doses testadas neste experimento, podem promover maior crescimento de diâmetro de caule, o que para a enxertia é de extrema importância.

6. CONCLUSÕES

Após a avaliação do efeito de reguladores vegetais na emergência de plântulas e no desenvolvimento de plantas de macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche), nas condições deste trabalho, pode-se concluir que:

1. Os melhores resultados para a emergência de plântulas foram obtidos com o tratamento GA_{4+7} + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 400 mL L^{-1} com sombrite.
2. Os melhores resultados para promover crescimento de caule em plantas de macadâmia foi encontrado no tratamento com GA_3 + IBA + Kt (Stimulate®) a $5,0 \text{ mL L}^{-1}$ em 3 aplicações via pulverização foliar.
3. O maior crescimento no diâmetro do caule ocorreu com a utilização do produto Stimulate® a 2,5 e $5,0 \text{ mL L}^{-1}$ e Promalin® a 400 mL L^{-1} para uma, duas ou três aplicações.
4. Os maiores teores de clorofila ocorreram nos tratamentos GA_{4+7} + N-(fenilmetil)-aminopurina (Promalin®) a 400 mL L^{-1} e GA_3 + IBA + Kt (Stimulate®) a $5,0 \text{ mL L}^{-1}$ ambos os tratamentos em 2 aplicações .
5. Os maiores valores para a taxa de assimilação de CO_2 , de condutância estomática e da transpiração, foram encontrados no tratamento com Stimulate a $5,0 \text{ mL L}^{-1}$ em duas aplicações.

7. REFERÊNCIAS

AGROJURIS. **A noz macadâmnia e sua cultura**. Disponível em [http:
<www.agrojuris.eng.br/Minicurso/Nozmacadamia/1.01.Introdução.htm>](http://www.agrojuris.eng.br/Minicurso/Nozmacadamia/1.01.Introdução.htm). Acesso em:
14 nov. 2005.

ALLEN, L.H.; USDA; ARS Western Human Nutrition Research Center. Nuts for life raw vs roasted nut desk top study. Califórnia: University of Califórnia, Australian Macadamia Society, 2008. p.22-24.

ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais e de Stimulate® no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v.6, n.1, p.23-35, 2000.

ANDERSEN, O.; RUBENS, V.R.; PINHEIRO, U.F.V. Enxertia da macadâmia (*Macadamia integrifolia*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5., Pelotas, 1979. **Anais...** Pelotas, 1979. p.101-108.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L.; STRIEDER, M.L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.2, p.158-167, 2001.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOZ MACADÂMIA. **Programa Brazilian Macadamia Export**. Boletim informativo. Dois Córregos, 2005. (Trabalho não publicado).

BAHIA. Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. **Macadâmia**. Salvador: Max Paper, 1991. 38p. (Série Alternativas de Investimentos, 2).

BARREIRO, A.P. **Produção de biomassa, rendimento e composição do óleo essencial de manjericão (*Ocimum basilicum* L.) em função de reguladores vegetais**. 2006. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

BEAUMONT, J.H.; MOLTZAU, R.H. **Nursery propagation and topworking of the macadamia**. Hawaii Agricultural Experiment Station, 1937. 28p. (Circular, 13)

BITTENCOURT, P.V.C. **Instruções preliminares para a cultura da noqueira-macadâmia**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1965. 12p. (Boletim 162).

BITTENBENDER, H.C.; JONES, V.P.; NAGAO, M.A. Melhoramento genético e variedades no Havai. In: SÃO JOSÉ, A.R. (Org.). **Macadâmia: tecnologia de produção e comercialização**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1991. p.45-71.

BRAGA, J.F. **Reguladores vegetais na germinação de sementes e desenvolvimento de plantas de atemóia (*Annona cherimoia* Mill. x *Annona squamosa* L.) cv Gefner**. 2008. 80f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

BRENES, G.C. **El cultivo de la macadamia**. San Jose: Editorial Cafesa, 1983. 75p.

BRYANT, J.A. **Fisiologia das sementes**. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária, 1989. 85p.

BUENO, S.C.S. **Macadâmia a noz da longevidade**. São Paulo: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), 21 jan. 2009. Disponível em <http://www.cati.sp.gov.br>. Acesso em: 21 jan. 2009.

CAMILI, E.C. **Ação de bioreguladores na brotação, produção e algumas características físico-químicas de uva do cultivar superior Seedless**. 2007. 206f. Tese (Doutorado em Agronomia) –Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

CANN, H.J. The macadamia – Austrália's own nut. **Agricultural Gazette of New South Wales**, v.76, p.78-84, 1965.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 429p.

CASAL, J.J.; SÁNCHEZ, R.A. Phytochromes and seed germination. **Seed Science Research**, v.8, p.317-329, 1998.

CASTRO, P.R.C.; PACHECO, A.C.; MEDINA, C.L. Efeitos de Stimulate e de MicroCitros no desenvolvimento vegetativo e na produtividade da laranja 'Pera' (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Scientia Agrícola**, v.55, n.2, p.338-341, 1998.

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 132p.

CASTRO, P.R.C. **Hormônios vegetais**. Disponível em: <www.ciagri.uso.br/~lazaropp/FisioVegGrad/Hormonios.html>. Acesso em: 19 mar. 2007.

CASTRO, P.R.C.; SENA, J.O.A.; KLUGE, R.A. **Introdução a fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2002. 255p.

CEREDA, E.; DE MARCHI, M.J. Botânica e caracterização da noqueira Macadâmia. In: SÃO JOSÉ, A.R. **Macadâmia: tecnologia de produção e comercialização**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1991. p.5-28.

COELHO, Y.S.; OLIVEIRA, A.A.R.; CALDAS, R.C. Efeitos do ácido giberélico (GA_3) no crescimento do porta-enxerto para citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.18, n.11, p.1229-1232, 1983.

COLL, J.B.; RODRIGO, G.N.; GARCIA, B.S.; TAMÉS, R.S. **Fisiologia vegetal**. Madrid: Ediciones Pirâmide, 2001. 662p.

COSTA, A.F.S.; OLIVEIRA, E.S. Avaliação da germinação de sementes de noqueira macadâmia, no Norte do Espírito Santo. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL FRUITS, 1., 1993, Vitória. **Program and abstracts...** Vitória: EMCAPA, 1993.

COSTA, C.F.; OLIVEIRA, E.L.P.G.; LELLIS, W.T. Durabilidade do poder germinativo das sementes de maracujá. **Boletim IBB**, v.13, p.76-84, 1974.

CRUZ, M.N.; CASTILLO, J.G.C.; CASTELLANOS, I.R. **Propagacion de la macadamia por injertacion y estacado**. Harinas: Memória Fundación Salvador Sánchez Colin CICTAMEX, 1998.

DARIO, G.J.A.; MARTIN, T.N.; DOURADO NETO, D.; MANFRON, A.; BONNECARRÈRE, R.A.G.; CRESPO, P.E.N. Influência do uso de fitorregulador no crescimento da soja. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia de Uruguaiiana**, v.12, n.1, p.126-134, 2005.

DAVIES, P.J. **Plant hormones: biosynthesis, signal transduction, action**. 3.ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004. 750p.

DAVID, E.F.S. **Desenvolvimento, trocas gasosas, rendimento e composição de óleo essencial de *Mentha piperita* L cultivada em solução nutritiva com variação dos níveis de N, P, K, e Mg**. 2007. 130f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

DIERBERGER, J.E.; MARINO NETO, L. **Noz macadâmia: uma nova opção para fruticultura brasileira**. São Paulo: Nobel, 1985. 120p.

ECHER, M.M.; GUIMARÃES, V.F.; KRIESER, C.R.; ABUCARMA, V.M.; KLEIN, J., SANTOS, J.; DALLABRIDA, W.R. Uso de bioestimulante na formação de mudas de maracujazeiro amarelo. **Sergina Ciências Agrárias**, v.27, n.3, p.351-359, 2006.

FERGUNSON, J.J.; AVIGNE, W.T.; ALLEN, L.H.; KOCK, K.E. Growth of CO₂ enriched sour orange seedlings treated with gibberellins/cytokinins. **Proceedings of the Florida State Horticulture Society**, v.99, p.37-39, 1986.

FERRAZ-GRANDE, F.G.A.; TAKAKI, M. Efeitos da luz, temperatura e estresse de água na germinação de sementes de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Caesalpinoideae). **Bragantia**, v.65, p.37-42, 2006.

FERREIRA, G. **Estudo do desenvolvimento de porta-enxertos para maracujá doce (*P. alata* Dryander) em diversos substratos**. 1996. 151f. Dissertação (Mestrado em

Agronomia – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

FERREIRA, G.; ERIG, P.R.; MORO, E. Uso de ácido giberélico em sementes de frutadão-conde (*Annona squamosa* L.) visando à produção de mudas em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.1, p.178-182, 2002a.

FERREIRA, G.; ERIG, P.R.; MORO, E. Produção do porta-enxerto (*Annona squamosa* L.) com o uso de reguladores vegetais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.3, p.637-640, 2002b.

FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.

FRASER, G.E. Health benefits of nuts in diet. In: INTERNATIONAL MACADAMIA SYMPOSIUM IN AFRICA, 1., 1999, Nelspruit. **Proceedings...** Tzaneen: *The Southern African Macadamia Grower's Association Yearbook*, 1999. p.22.

FREE, J.B. Proteaceae. In: _____. **Insects pollination of crops**. London: Academic Press, 1993. cap.53, p.419-420.

HABERMANN, G. **Trocas gasosas e relações hídricas em laranja-doce (*Citrus sinensis* L. Osbeck cv. Pêra) com clorose variegada dos citros (CVC)**. 1999. 79f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) –Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

HAMILTON, R.A.; FUKUNAGA, E.T. **Growing macadamias nut in Hawaii**. Hawaii: University of Hawaii, 1959. 51p. (Hawaii Agricultural Experiment Station Bulletin, 121).

HEARD, T.A.; EXLEY, M.E. Diversity, abundance, and distribution of insect visitors to macadamia flowers. **Environmental Entomology**, v.23, n.1, p.91-100, 1994.

HEARD, T.A. Pollinator requirements and flowering patterns of *Macadamia integrifolia*. **Australian Journal of Botany**, v.41, p.491-497, 1993.

HOBSON, L. Macadamia harvesting and handling. In: MACADAMIA MINI SYMPOSIUM, 1991, Tzaneen. **Proceedings...** Tzaneen, 1991. p.30-34.

JOUBERT, A.J. **The cultivation of macadamias.** Crops: Institute for Tropical and Subtropical, 1994. 66p. (Bulletin, 426).

KEEVER, G.J.; FOSTER, W.J.D.; WEST, M.S. Increasing “Bradford” pear crotch angles and lateral shoot counts with Benzyladenine and Promalin sprays. **HortScience**, v.28, n.6, p.678, 1993.

KLEIN, J. **Efeito de protetor físico com diferentes filtros na germinação, no desenvolvimento inicial e nas trocas gasosas de canafístula [*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub] provenientes da semeadura direta.** 2009. 105f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

LACA-BUENDIA, J.P. Efeito de reguladores de crescimento do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.1, n.1, p.109-113, 1989.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: RiMa, 2006. 550p.

LAREDO, G. Sua majestade, a macadâmia. **Revista Globo Rural**, 2005. Disponível em: <<http://www.revistagloborural.globo.com>>. Acessado em: 14 nov. 2005.

LEONEL, S.; RODRIGUES, J.D. Efeitos de giberelinas, citocininas e do nitrato de potássio, no crescimento e desenvolvimento do porta-enxerto de limoeiro ‘Cravo’. **Scientia Agricola**, v.53, n.2-3, p.261-266, 1996.

LEONEL, S.; RODRIGUES, J.D. Efeitos de giberelinas, citocininas e do nitrato de potássio, no processo germinativo de sementes de limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* OSBECK). **Scientia Agricola**, v.56, n.1, p.111-116, 1999.

MARQUARD, R.D. Chemical growth regulation of pecan seedlings. **Hortscience**, v.20, p.919-921, 1985.

MARLER, E.M.; MOCKELBART, M.V. Application of GA₄₊₇ to stem enchanes carambola seedling growth. **Hortscience**, v.27, p.122-123, 1992.

MARTIN, N.B. Análise do potencial de competição da produção da noz macadâmia em São Paulo. **Informações Econômicas**, v.22, n.11, p.35-41, 1992.

MATSUMOTO, K. Giberelinas. In: CID, L.P.B. **Introdução aos hormônios vegetais**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000. p.83-105.

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

METIVIER, J.R. Giberelinas. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EDUSP, 1979. v.2, cap.5, p.129-161.

MODESTO, J.C. **Efeitos de diferentes reguladores de crescimento sobre o desenvolvimento de porta-enxertos de citros**. 1994. 127f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

MONSELISE, S.P.; HALEVY, A.H. Effects of gibberellin and AMO-1618 on growth, dry-matter accumulation, chlorophyll content and peroxidase activity of citrus seedlings. **American Journal of Botany**, v.49, p.405-412, 1962.

MORIYA, L.M.; TOLEDO PIZA, P.L.B.; PIZA, I.M.T.; CAMPOS, O.R. Insects pests in macadamia orchard in Brazil. In: INTERNATIONAL MACADAMIA SYMPOSIUM, 3., 2006, Águas de São Pedro. **Anais...** São Pedro, 2006. p.97-105.

MORIYA, L.M. **Cultivo da noqueira macadâmia**. Boletim informativo. Dois Córregos, 2006. (Trabalho não publicado).

O'CONNOR, L. **Macadamia annual report**: Brazil. [s.l.]:USDA, 2000. 5p.

OJIMA, M.; DALL ORTO, F.A.C.; RIGITANO, O. Estudos sobre alguns aspectos da germinação das sementes da noqueira macadâmia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 1976, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1976. v.2, p.559-566.

OJIMA, M.; DALL'ORTO, F.A.C. ;TROMBOLATO, A.F.C.; RIGITANO, O.; VEIGA, A.A.; SABINO, J.C.; PINHEIRO, J. Resultados experimentais de propagação da noz macadâmia no Instituto Agrônomo de Campinas, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 1983, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1983. p.1038-1053.

ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; SABINO, J.C.; PINHO, S.Z. Estudo da embebição e da viabilidade de sementes de macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche). **Scientia Agricola**, v.50, n.1, p.40-44, 1993.

ONO, E.O.; LEONEL, S.; RODRIGUES, J.D. Efeitos de reguladores na germinação de sementes de citrumelo 'Swingle'. **Semina**, v.16, n.1, p.47-50, 1995.

ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; PINHO, S.Z.; NAKAGAWA, J.; SABINO, J.C. Ação de fitorreguladores e KNO₃ na germinação de sementes de macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche). **Científica**, v.24, n.1, p.47-54, 1996.

PACHECO, A.C. **Deficiência hídrica e aplicação de ABA sobre as trocas gasosas e o acúmulo de flavonóides em calêndula (*Calendula officinalis* L.)**. 2007. 61f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

PAIVA, A.S.; FERNANDES, E.J.; RODRIGUES, T.J.D.; TURCO, J.E.P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v.5, n.1, p.161-169, 2005.

PAULINO, F.D.G.; MARCHINI, L.C. Insetos associados às panículas de macadâmia (*Macadamia integrifolia* MAIDEN & BETCHE). **Scientia Agricola**, v.55, n.3, p.528-533, 1998.

PHIRI, I.M.G.; MOORE, K.G.; SARGENT, M.; BANDA, W.R.G. Effects of paclobutrazol on growth, yield and carbohydrates in macadamia trees in Malawi. In: INTERNATIONAL MACADAMIA RESEARCH CONFERENCE, 1., 1992, Kona Hilton. **Proceedings...** Kona Hilton, 1992. p.82-86.

PICOLOTTO, L.; BIANCHI, V.J.; FACHINELLO, J.C. Ação de giberelinas na germinação de sementes de pessegueiro. **Scientia Agraria**, v.8, n.3, p.225-232, 2007.

PIZA, I.M.T.; AGUILAR, S.V. O comportamento de diferentes variedades de macadâmia na região de Dois Córregos). In: ENCONTRO DOS PRODUTORES DE MACADÂMIA DA PROCESSADORA QUEENNUT, 2004, Dois Córregos. **Anais...** Dois Córregos, 2004.

POVH, J.A.; ONO, E.O. Rendimento de óleo essencial de *Salvia officinalis* L. sob a ação de reguladores vegetais. **Acta Scientiarum Biological Science**, v.28, p.189-193, 2006.

POVH, J.A. **Reguladores vegetais e bioestimulantes no desenvolvimento de *Salvia officinalis* L.**: avaliações fisiológicas, bioquímicas e fitoquímicas. 2008. 108f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

PRADO NETO, M.; DANTAS, A.C.V.L.; VIEIRA, E.L. ALMEIDA, V.O. Germinação de sementes de jenipapeiro submetidas à pré-embebição em regulador e estimulante vegetal. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.3, p.693-698, 2007.

RODRIGUES, T.J.D.; LEITE, I.C. **Fisiologia vegetal hormônios das plantas.** Jaboticabal: Funep, 2004. 78p.

ROSE, A.; LIN, G.D.; LI, R.W.; MYERS, S. Antioxidante activity and phenolic contend of macadamia kernels in comparison with peanuts, almonds, cashew nuts and hazelnuts. In: INTERNATIONAL MACADAMIA SYMPOSIUM, 2., 2003, Tweed Heads. **Proceedings...** Twees Heads, 2003. p.171-175.

ROSSI, A.; RUFATO, L.; GIACOBBO, C.L.; GOMES, F.C. The use of Promalin on one-year old apple trees (cv. Catarina). In: THE INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS, 26., 2002, Toronto. **Abstract...** Toronto: Acta Horticultural, 2002. p.347.

ROTTERS, J.M.C. **Reguladores vegetais na germinação e desenvolvimento de duas espécies de maracujá.** 2007. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

RUIZ, V.S. Fitorreguladores. In: _____. **El parásito de la vid:** estrategias de protección razonada. 4.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1998. p.303-306.

SACRAMENTO, C.K.; PEREIRA, D.P.; SABINO, J.C. Capacidade combinatória para frutificação em cultivares de noqueira macadâmia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.11, p.2045-2049, 1999.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Fisiologia vegetal.** México: Iberoamérica, 1994. 759p.

SÃO JOSÉ, A.R. Exigências edafoclimáticas para a cultura da macadâmia. In: _____. (Org). **Macadâmia:** tecnologia de produção e comercialização. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1991. p.29-38.

SCHMIDT, C.M.; BELLÉ, R.A.; NARDI, C.; TOLEDO, K.A. Ácido giberélico (GA₃) no crisântemo (*Dedranthema grandiflora* Tzvele v.) de corte 'viking': cultivo de verão. **Ciência Rural**, v.33, n.2, p.267-274, 2003.

SEVERINO, L.S.; LIMA, C.L.D.; FARIAS, V.A.; BELTRÃO, N.E.M.; CARDOSO, G.D. **Aplicação de regulador de crescimento em sementes de algodão, amendoim,**

gergelim e mamona. Brasília: Embrapa - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2003. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 53).

SHUKLA, A.; FAROOQUI, A.H.A. Utilization of plant regulators in aromatic plant production. **Current Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v.12, n.3, p.152-157, 1990.

SIMÃO, S. **Manual de fruticultura**. São Paulo: Ceres, 1971. 760p.

SOBIERAJSKI, G.R.; FRANCISCO, V.L.F.S.; ROCHA, P.; GHILARDI, A.A.; MAIA, M.L. Noz macadâmia: produção, mercado e situação no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v.36, n.5, p.25-36, 2006.

SPONCHIATO, D. Uma castanha por dia. **Revista Saúde**, v.298, p.18-23, 2008.

STEPHENSON, R. Macadamia: domestication and commercialisation. **Chronica Horticulturae**, v.45, n.2, p.11-15, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TAYLOR, R.M. Influence of gibberelic acid on early patch budding of pecan seedlings. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.97, p.677-679, 1972.

TARDIEU, F.; LAFARGE, T.; SIMONNEAU, T. Stomatal control by endogenous xylem ABA in sunflower: interpretation of correlations between leaf water potentials and stomatal conductance in anisohydric species. **Plant Cell Environment**, v.19, p.75-84, 1996.

TECCHIO, M.A.; PIRES, E.J.P.; RODRIGUES, J.D.; VIEIRA, C.R.Y.I.; TERRA, M.M.; BOTELHO, R.V. Aplicação de bioestimulante nas características ampelométricas da infrutescência de videira 'Tieta'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, n.2, p.300-303, 2005.

TODA FRUTA. **Macadâmia**. Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br>>. Acesso em: 14 nov. 2005.

TOLEDO PIZA, A.N.J. A colheita e o beneficiamento da noz macadâmia. In: REBOUÇAS, A. **Macadâmia: tecnologia, produção e comercialização**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1991. p.131-147.

TOLEDO PIZA, P.L.B. **Secagem e escoamento da noz macadâmia (*M. integrifolia*) em silo secador de fundo cônico**. 2000. 84f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

TOLEDO PIZA, P.L.B. Macadamia World Resume. In: INTERNATIONAL MACADAMIA SYMPOSIUM, 3., 2006, Águas de São Pedro. **Resume...** Águas de São Pedro, 2006. p.15-16.

VALENT BIOSCIENCES. Disponível em: <<http://www.valentbiosciences.com>>. Acesso em: 3 abr. 2009.

VELINI, E.D.; ROSOLEN, C.A. **Eficiência agrônômica do Stimulate**. Botucatu: UNESP, Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal, 1997. 8p. (Relatório técnico).

VIEIRA, E.L. **Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.)**. 2001. 122f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

VIEIRA, E.L.; MONTEIRO, C.A. Hormônios vegetais. In: CASTRO, P.R.C.; SENA, J.O.A.; KLUGE, R.A.M. **Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: Eduem, 2002. p.79-104.

VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C. **Ação de bioestimulante na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2004. 74p.

WAGNER JÚNIOR, A.; SILVA, J.O.C.; SANTOS, C.E.M.S.; PIMENTEL, L.D.; NEGREIROS, J.R.S.; BRUCKNER, C.H. Ácido giberélico no crescimento de mudas de pessegueiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.4, p.1035-1039, 2008.

WILLIAMS, M.W.; BILLINGSLEY, H.D. Increasing the number and crotch angles primary branches of apple trees with cytokimins and gibberellic acid. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.95, p.649-651, 1970.

WILSON, K. Brazil study tour: nurseries. **Australian Macadamia Society News Bulletin**, p.58-59, 2007.

ZUCARELI, V. **Germinação de sementes de *Passiflora cincinnata* Mast.:** fases, luz, temperatura e reguladores vegetais. 2007. 103f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.