

Manutenção da qualidade pós-colheita de lírio¹

GLÁUCIA M. DIAS-TAGLIACOZZO², CHARLESTON GONÇALVES³ e CARLOS E. FERREIRA DE CASTRO²

RESUMO

O lírio é muito utilizado como flor de corte, embora apresente longevidade curta, e os pequenos botões não abram se colhidos precocemente. No período pós-colheita o maior problema é a clorose foliar. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma solução de condicionamento, visando homogeneizar a abertura floral, aumentar a longevidade das flores, bem como retardar o amarelecimento das folhas das hastes florais. Após a caracterização física das hastes florais e durante o processo de senescência, conclui-se que os parâmetros indicados para a avaliação da qualidade das flores dessa espécie são o brilho, a perda da turgescência da flor (observado através de inclinação da haste floral e enrolamento das pétalas) e o amarelecimento da folhagem. Testes com imersão por 24 horas em soluções contendo sacarose (0, 2, 4, 8%) e ácido cítrico (200 mg.L⁻¹) demonstraram que 4% de sacarose e 200 mg.L⁻¹ de ácido cítrico foi o melhor tratamento, embora as folhas ainda apresentassem sinais de amarelecimento. A presença de 4% de sacarose na solução conservante favoreceu a abertura floral homogênea e aumentou o período de durabilidade comercial das flores de lírio. Para prevenir o amarelecimento das folhas, foram testados 20, 50 e 100 mg.L⁻¹ de ácido giberélico (GA₃) associado com 4% de sacarose e 200 mg.L⁻¹ de ácido cítrico. Para uma boa manutenção da qualidade pós-colheita de lírio, é necessário imergir a base da haste floral em solução de condicionamento, contendo 4% de sacarose, 200 mg.L⁻¹ de ácido cítrico por 24 horas, e para aumentar a qualidade das folhas podem ser adicionados à solução 50 mg.L⁻¹ de GA₃.

Palavras chave: sacarose, GA₃, ácido cítrico, *Lilium longiflorum*.

ABSTRACT

Quality maintenance of Lily post-harvest

Although lilies present short longevity and small buds do not open when they are harvested early, they are much used as cut flower. In the period after the harvest the biggest problem is foliage yellowing. The aim of this work was to develop a pulsing to homogenize the bud opening and to increase the longevity of the flowers, as well as delaying the yellowing of leaves. After the physical characterization of the flower stem and during the process of senescence, the conclusion is that cut lily quality parameters are brightness, the loss of flower turgidity (observed through inclination of the stem and petals rolling) and the yellowing foliage. Tests with immersion for 24 hours in solutions with sucrose (0, 2, 4, 8%) and citric acid (200mg.L⁻¹) had demonstrated that 4% sucrose and 200 mg.L⁻¹ citric acid were the best treatment, even though leaves still presented yellowing signals. The presence of 4 % of sucrose in the pulsing solution favored the homogenization of bud opening and increased the period of commercial durability of the cut lily. To prevent yellowing foliage 20, 50, 100 mg.L⁻¹ of giberelic acid associated to 4% of sucrose and 200 mg.L⁻¹ citric acid were tested. For the good maintenance of Lily post-harvest quality it is necessary to dip the basis of stems in solution of 4% sucrose, 200 mg.L⁻¹ citric acid for 24 hours and to improve the quality of leaves 50 mg.L⁻¹ giberelic acid can be added to this solution.

Key words: sucrose, GA₃, citric acid, *Lilium longiflorum*

¹ Projeto Financiado pelo PRONAF.

² Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio da Horticultura/IAC, Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP), Brasil. E-mail glaucia@iac.sp.gov.br

³ Pólo Regional de Desenvolvimento do Agronegócio do Leste Paulista, Caixa Postal 1, 13910-000 Monte Alegre do Sul (SP), Brasil.

INTRODUÇÃO

Entre os principais problemas que a floricultura brasileira tem que superar está o manejo pós-colheita inadequado (CASTRO, 1998). A manutenção da qualidade pode ser influenciada tanto pelas condições durante o crescimento (tratos culturais), como pelas condições no período pós-colheita (HARDENBURG et al., 1990; LEE & SUSH, 1996). Conseqüentemente, a condução e o manuseio inadequado das flores de corte na fase de pós-colheita levam à diminuição na qualidade e na longevidade das flores.

Existem diferentes critérios de avaliação da qualidade, já que cada cultura possui características próprias e os sinais de senescência variam de um produto para outro (HALEVY & MAYAK, 1981). Portanto, quando se visa à conservação pós-colheita de flores por longo período, o primeiro passo deve ser a caracterização física do material. CASTRO et al. (1987), estudando diferentes critérios de avaliação da manutenção da qualidade pós-colheita de cravos, verificaram que os critérios para avaliação da manutenção da qualidade devem ser utilizados em ensaios de conservação, que permitem uma análise objetiva dos resultados, e que o critério de notas deve ser adotado, preferencialmente, pois tem boa precisão e é de fácil utilização.

O uso de soluções conservantes para manter a qualidade e prolongar a vida de flores cortadas tem evoluído acentuadamente nos últimos anos. Essas soluções são constituídas principalmente de açúcares e germicidas com a possibilidade de inclusão de reguladores de crescimento.

Quando se utiliza solução conservante, os açúcares translocados acumulam-se nas flores aumentando a concentração osmótica, melhorando a capacidade de absorção e favorecendo a manutenção da turgidez das pétalas, contribuindo desse modo para o balanço hídrico dessas flores (HALEVY, 1976).

Os reguladores de crescimento são muito utilizados nas soluções conservantes, pois influenciam ou controlam a fase de senescência da flor; entretanto o efeito desses compostos varia muito de uma espécie para outra (HAM, 1997). O uso de giberelinas (GA) em soluções de condicionamento tem contribuído para retardar o amarelecimento de folhas de hastes florais cortadas (NOWAK & MYNETT, 1985; SONG et al., 1996; JORDI et al., 1995). Estudos realizados com alstroemeria revelaram que aplicações exógenas de giberelina retardam, efetivamente, a senescência foliar (KAPPERS et al., 1997 e 1998).

As espécies do gênero *Lilium* são muito utilizadas no mercado de flores (DOLE & WILKINS, 1996), sendo que as principais são comercializadas envasadas para a ornamentação de jardins ou utilizadas como flores de corte. Entre os lírios produzidos para flor de corte existem três tipos: o asiático, com cores que variam do alaranjado ao amarelo; o oriental, que apresenta flores brancas e rosas; e o longifloro, que tem a forma de trombeta branca (PERTWEE, 1999)

Apesar de muito utilizado como flor de corte, o lírio é pouco duradouro e pequenos botões não se abrem se as inflorescências forem colhidas precocemente (SONG et al., 1996). Na fase pós-colheita o maior problema é a clorose foliar (RANWALA & MILLER, 1998). HAN (1997), estudando *Lilium longiflorum*, verificou que o amarelecimento da folha pode ser prevenido com o uso de reguladores de crescimento.

FRANCO & HAN (1997), estudando *Lilium longiflorum*, observaram que, em folhas excisadas tratadas com GA₃, ocorria redução na taxa de respiração e conseqüentemente atraso da senescência. No entanto, RANWALA & MILLER (2000) verificaram que em lírio da cv Stargazer, o GA₃ não tem efeito e que nessa cultivar o GA₄₊₇ é que teve o melhor efeito retardador da respiração e da senescência foliar.

Os objetivos deste trabalho foram caracterizar fisicamente o lírio japonês comercializado e desenvolver solução de condicionamento para sua conservação.

MATERIAL E MÉTODOS

O produto comercial foi adquirido do produtor Paulo Sakata, da cidade de Atibaia, nos meses de setembro e outubro, na CEASA-Campinas. As flores foram colhidas no período da tarde do dia anterior e mantidas em água até a sua comercialização. O trabalho foi desenvolvido em três fases. A fase 1 constou da caracterização física e da definição de sinais de senescência, que permitissem a elaboração de critério de notas para avaliações da manutenção da qualidade das espécies em estudo. Nas fases 2 e 3 foram testadas soluções conservantes de formulações atóxicas.

Em todos os experimentos as flores foram mantidas em salas com iluminação contínua, a 25 ± 2 °C e $75 \pm 3\%$ UR.

Fase-1

Cem hastes florais de lírio (*Lilium longiflorum* Thunb.) foram identificadas e mediu-se o comprimento da haste e do botão floral; na seqüência padronizou-se para 60 cm o comprimento das hastes. As hastes

florais foram pesadas individualmente e mantidas em água até senescerem completamente, quando, então, foram novamente pesadas, o que permitiu determinar a porcentagem de perda de matéria fresca do material. Com a finalidade de se elaborar um critério de notas para avaliação de manutenção da qualidade, foram selecionados os principais sinais de senescência, ou seja, o brilho, a perda da turgescência da flor (observada através de inclinação da haste floral e enrolamento das pétalas) e o amarelecimento da folhagem. Essas observações permitiram estabelecer o critério de notas descrito em resultados.

Fase 2

Na segunda fase, após as operações iniciais de preparo da matéria prima (corte basal da haste e pesagem), as flores foram transferidas, sucessivamente, para as soluções de condicionamento pelo período de 24 horas. Foram testadas soluções de condicionamento atóxicas contendo sacarose (0, 2, 4 e 8 %) e ácido cítrico (200 mg.L⁻¹). Na seqüência, elas foram transferidas para vasos contendo água. A cada dois dias a água foi trocada e atribuiu-se uma nota para cada um dos vasos, utilizando-se o critério de notas estabelecido na fase 1. Foi considerado como índice de durabilidade comercial: média igual ou superior a 3.

Fase 3

Considerando os resultados obtidos na fase 2 e visando solucionar problemas decorrentes do amarelecimento das folhas, optou-se por testar uma solução

contendo 4% de sacarose e 200 mg.L⁻¹ de ácido cítrico, associada a diferentes concentrações de ácido giberélico (20, 50 e 100 mg.L⁻¹ de GA₃). A metodologia seguida foi a descrita na fase 2.

Nas fases 2 e 3 foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições (vasos de cristais), contendo cinco hastes florais por repetição. A comparação entre as médias foi feita pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inexistência no Brasil de padronização para a maioria das flores de corte, aliada à falta de tecnologia apropriada para conservação pós-colheita, fazem com que seja necessária a caracterização física dos produtos existentes no mercado. A caracterização de hastes florais de lírio fornece informações necessárias, a fim de estabelecer padrões para sua comercialização e classificação.

Nas cem hastes avaliadas, o comprimento médio foi de $70 \pm 6,7$ cm, com o comprimento variando entre 60 cm e 80 cm, o que permitiu a padronização das hastes para 60 cm (Figura 1). O comprimento do botão variou entre 9 cm e 13 cm, com média de $11 \pm 0,8$ cm (Figura 1). O peso inicial das hastes foi 49 ± 10 g e o final foi de 31 ± 10 g. A porcentagem de perda de massa fresca, durante o processo de senescência das hastes florais mantidas em água, foi de $36 \pm 12\%$. Essa perda deve-se ao processo de transpiração e também à redução da condutividade da água durante o processo de senescência da haste floral.

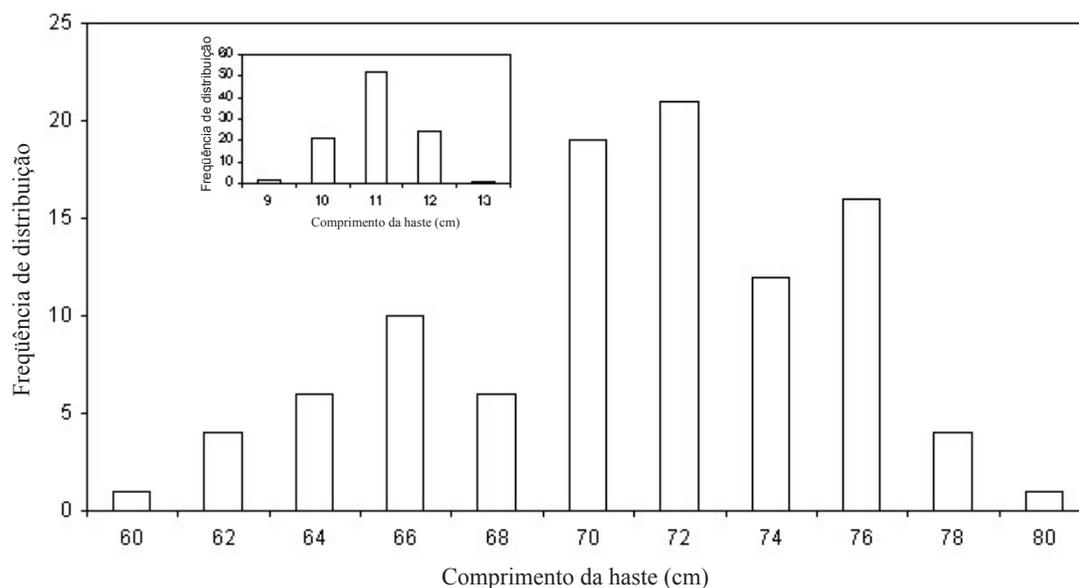


Figura 1. Distribuição de frequência do comprimento da haste floral e do botão de 100 hastes de lírio (*Lilium longiflorum*).

As inflorescências de lírio, no início, apresentavam pétalas brilhantes que, com o passar do tempo, se tornaram cada vez mais opacas até ficarem totalmente opacas, ou seja, sem brilho. A perda de brilho é um parâmetro observado em vários estudos de pós-colheita de flores de corte (CASTRO et al. 1987; DIAS-TAGLIACOZZO & CASTRO, 1999; DIAS-TAGLIACOZZO & CASTRO, 2001).

A perda de turgescência foi evidenciada através da inclinação da haste floral e enrolamento das pétalas, porque o potencial hídrico das flores cortadas bem como a absorção e a condutividade da água declinam com o tempo, causando uma perda de turgor nos tecidos (DIAS-TAGLIACOZZO & CASTRO, 2002).

Durante a senescência das folhas ocorrem muitas mudanças metabólicas, principalmente nos níveis de clorofila, que decrescem durante esse processo (TAIZ & ZEIGER, 2002). Em lírio também se observou o amarelecimento da folha durante a caracterização do material.

Para a avaliação da qualidade da flor dessa espécie, foram considerados os seguintes parâmetros: brilho, perda da turgescência e amarelecimento da folhagem. Com base nesses dados, estabeleceu-se o critério de notas, descrito a seguir, que foi utilizado nas avaliações das hastes florais de lírio.

Nota 0 - descarte

Nota 1 - aspecto geral ruim, com perda acentuada de turgescência, flores opacas, amarelecimento da folhagem e maioria das hastes inclinadas.

Nota 2 - aspecto geral regular, com perda de turgescência e início de perda de brilho, amarelecimento da folhagem e inclinação das hastes.

Nota 3 - aspecto geral bom, início da perda de turgescência, flores com brilho, folhagem verde, algumas hastes inclinadas.

Nota 4 - aspecto geral excelente, plantas túrgidas, flores com brilho, folhagem verde, hastes eretas.

Visando à homogeneização da abertura floral e ao aumento da longevidade das flores, foram feitos testes com soluções atóxicas nos quais se avaliou a durabilidade comercial; os resultados são apresentados na Figura 2.

O uso de sacarose a 4% associada a 200 mg.L⁻¹ de ácido cítrico prolongou a durabilidade comercial das hastes florais em dois dias em relação ao testemunha; valores intermediários foram observados nos tratamentos com 2% e 8% de sacarose (Figura 2). O tratamento com 4% de sacarose promoveu a uniformização da abertu-

tura floral, ou seja, as flores abriram ao mesmo tempo, o que não foi observado nos demais tratamentos.

O efeito do açúcar pode ser explicado pela sua translocação e acúmulo nas flores, aumentando-lhes a concentração osmótica, melhorando a capacidade de absorção, favorecendo a manutenção da turgidez das pétalas e, conseqüentemente, o balanço hídrico das flores (HALEVY, 1976). O ácido cítrico teve a função de prevenir o desenvolvimento de microrganismos na porção basal das hastes, além de facilitar a mobilidade da solução, a qual é maior em pH ácido (DIAS-TAGLIACOZZO & CASTRO, 2002).

A perda de massa fresca apresenta relação de segundo grau ($y = 16,53 - 5,46x + 0,37x^2$; $r^2 = 0,99$) com a concentração de sacarose da solução de condicionamento, havendo diminuição na perda de massa à medida que aumenta a concentração de sacarose (Figura 3). Quando se utilizou 4% de sacarose, observou-se maior durabilidade comercial, que é associada com manutenção da turgescência dos tecidos (Figuras 2 e 3). Esses dados permitem estabelecer a hipótese de que a concentração de sacarose numa solução de condicionamento proporciona a manutenção do turgor dos tecidos, e que o ganho de massa na pós-colheita nem sempre indica aumento na longevidade.

O amarelecimento das folhas perdurou com o uso de soluções contendo sacarose. Para resolver esse problema, testou-se diferentes concentrações de ácido giberélico associadas à solução contendo 4% de sacarose e 200 mg.L⁻¹ de ácido cítrico (Figura 4). O uso de ácido giberélico aumentou a qualidade das folhas das hastes florais, solucionando o problema de amarelecimento. Na Tabela 1 observa-se que o uso de 50 mg.L⁻¹ de

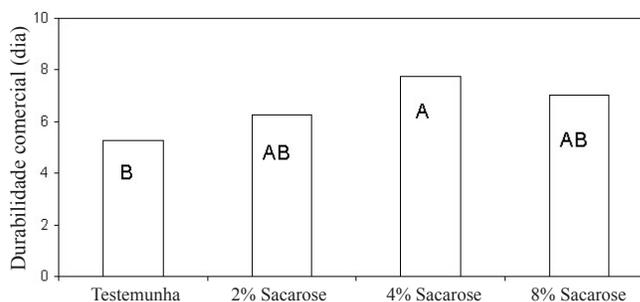


Figura 2. Durabilidade comercial (dia) de hastes florais de lírio (*Lilium longiflorum*) tratadas por 24 horas com soluções de condicionamento, contendo ácido cítrico a 200mg.L⁻¹ e diferentes concentrações de sacarose (2, 4 e 8 %). Médias com a mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (DMS=2,21, CV=15,3 %).

GA₃, associado a 4% de sacarose e 200 mgL⁻¹ de ácido cítrico, prolongou a coloração verde das folhas em cinco dias, em relação às plantas mantidas em água ou em solução contendo sacarose e ácido cítrico. Esses dados estão de acordo com os resultados obtidos por WHITMAN et al. (2001), que utilizaram formulações comerciais contendo GA₄₊₃ e, também, conseguiram retardar a clorose foliar em lírio.

Existem diferenças entre as hastes florais tratadas com GA₃, sacarose e ácido cítrico, e as tratadas somente com sacarose e ácido cítrico. A durabilidade comercial, baseada no critério de notas, não foi suficiente para avaliar o efeito do GA₃ (Figura 4). No entanto, quando avaliamos isoladamente o efeito do GA na coloração das folhas, percebemos que o GA retarda significativamente o amarelecimento da folhagem (Tabela 1), conseqüentemente o critério de notas utilizado na avaliação de lírio deve ser aprimorado em futuros estudos.

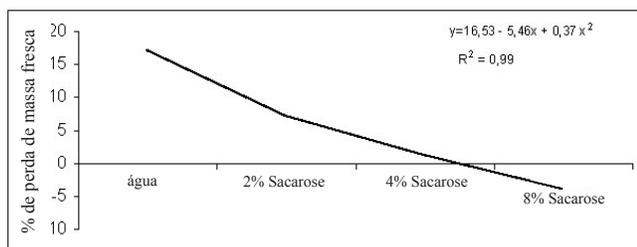


Figura 3. Variação das médias da porcentagem de perda de massa fresca da haste floral de lírio (*Lilium longiflorum*), após 10 dias do tratamento com soluções de condicionamento, contendo ácido cítrico a 200 mg.L⁻¹ e diferentes concentrações de sacarose (2, 4 e 8 %).

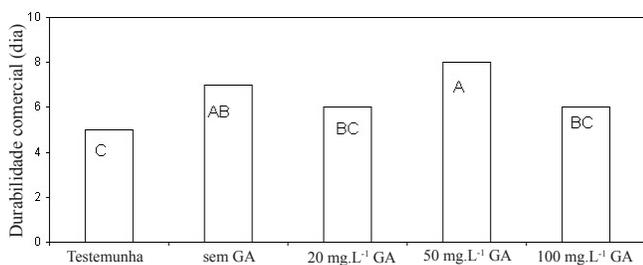


Figura 4. Durabilidade comercial (dia) de hastes de lírio (*Lilium longiflorum*) mantidas em água (testemunha) e tratadas por 24 horas com soluções de condicionamento, contendo ácido cítrico a 200 mg.L⁻¹, 4% de sacarose e diferentes concentrações de GA₃ (0, 20, 50 e 100mg.L⁻¹). Médias com a mesma letra não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de tukey (DMS=1,18, CV=5,7 %).

Tabela 1. Duração em dias da coloração verde das folhas de hastes florais de lírio (*Lilium longiflorum*) mantidas em água (testemunha) e tratadas por 24 horas com soluções de condicionamento, contendo ácido cítrico a 200 mg.L⁻¹, 4% de sacarose e diferentes concentrações de GA₃ (0, 20, 50 e 100mg.L⁻¹)

Tratamento	Duração da coloração verde das folhas
	dia
Água	5b
sem GA	5b
20 mg.L ⁻¹ GA	5b
50 mg.L ⁻¹ GA	10a
100 mg.L ⁻¹ GA	9a

Médias com a mesma letra não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de tukey (DMS=2,08, CV=11,7 %).

SONG et al (1996) também observaram o efeito da sacarose e do ácido giberélico na conservação de lírio; no entanto, a solução usada estava associada ao tiosulfato de prata. Os resultados obtidos neste trabalho apresentam uma alternativa de formulação com substâncias atóxicas, atendendo, desse modo, as exigências do mercado de flores internacional.

CONCLUSÕES

Para uma adequada manutenção da qualidade de hastes florais de *Lilium longiflorum*, as mesmas devem ser tratadas, logo após a colheita, com solução contendo água, 4% de sacarose, 200 mg.L⁻¹ de ácido cítrico, durante 24 horas. Para retardar a clorose foliar deve-se adicionar a essa solução 50 mg.L⁻¹ de GA₃.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- CASTRO, C.E.F. Cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais. **Rev. Bras. Hort. Orn.**, Campinas, v.4, n.1/2, p.1-46, 1998.
- CASTRO, C.E.F.; LUCHESI, A.A.; CASTRO, J.V. & NAGAI, V. Estudo comparativo entre diferentes critérios de avaliação da manutenção pós-colheita de cravos (*Dianthus caryophyllus* L.) cv. Scania Red Sim. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS**, 6., Campinas, 1987. **Anais...** Campinas: IAC, 1987. p.77-86.
- DIAS-TAGLIACCOZZO, G.M. & CASTRO, C.E.F. Caracterização física e conservação pós-colheita de inflorescências de alstroemeria. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE**

- FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 12º, Jaboticabal. **Resumos...** Jaboticabal: UNESP, 1999. p.29.
- DIAS-TAGLIACOZZO, G.M. & CASTRO, C.E.F. Manutenção da qualidade pós-colheita de antúrio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 13º. São Paulo. **Resumos...** Campinas, 2001. p. 30.
- DIAS-TAGLIACOZZO, G.M. & CASTRO, C.E.F. Fisiologia pós-colheita de espécies ornamentais. In: WACHOWICZ, C.M. & CARVALHO, R.I.N. (org) - **Fisiologia vegetal: produção e pós-colheita**, Curitiba: Champagnat, 2002, p.359-382.
- DOLE, J.M. & WILKINS, H.F. Direction of liliun research. **Acta Hort.**, Leuven-Belgium, v.414, p.295-300, 1996.
- FRANCO, R.E. & HAN, S.S. Respiratory changes associated with growth-regulator delayed leaf yellowing in Easter lily. **J.Am. Soc. Hort. Sci.**, Iwoa, v.122, p.117-121, 1997.
- HALEVY, A.H. Treatments to improve water balance of cut flowers. **Acta Hort.**, Aas, Sweden, v.64, p.223-230, 1976.
- HALEVY, A.H. & MAYAK, S. Senescence and postharvest physiology of cut flowers-part 2 In: JANICK, J. (ed.). **Horticultural Reviews**. Westport: AVI Publishing, p.204-236, 1981
- HAN, S.S. Preventing postproduction leaf yellowing in easter lily. **J.Am. Soc. Hort. Sci.**, Iwoa, v.122 (6), p. 869-872, 1997.
- HANDERBURG, R.E., WATADA, A.E. & WANG, C.Y. **The comercial storage of fruits, vegetables, and florist and nurse stocks**. Washington: United States Department Agriculture, 1990, 129p. (Agriculture Handbook, 66).
- KAPPERS, I.F, JORDI, W., MAAS, F.M. & VANDERPLAS, L.H.W. Gibberellins in leaves of *Alstroemeria hybrida*: Identification and quantification in relation to leaf. **J. Plant Growth Regul.**, New York, v.16, n.4, p.219-225, 1997.
- KAPPERS, I.F.; JORDI, W.; TSESMETZIS, N.; MAAS, F.M. & VANDERPLAS, L.H.W. GA(4) does not require conversion into GA(1) to delay senescence of *Alstroemeria hybrida* leaves. **J. Plant Growth Regul.**, New York, v.17, n. 2, p.89-93, 1998.
- JORDI, W.; STOPEN, G.M.; KELEPOURIS, K. & VANDERKRIEKEN, W.M. Gibberellin-induced delay of leaf senescence of *Alstroemeria* cut flowering stems is not caused by increase in the endogenous cytokinin content. **J. Plant Growth Regul.**, New York, v.14, n.3, p.121-127, 1995.
- LEE, K. & SUSH, J.K. Effect of harvest stage pre and post-harvest treatment on longevity of cut liliun flowers. **Acta Hort.**, Leuven-Belgium, v.414, p.287-293, 1996.
- PERTEWEE, J. **Internacional cut flower manual 1999**, 1.ed, UK: Pathfast Publishing, 1999. 137p.
- NOWAK, J. & MYNETT, K. The effect of growth regulation on postharvest characteristics of cut *Lilium* "Prima". **Acta Hort.**, Leuven-Belgium, v.167, p.109-116, 1985.
- RANWALA, A.P. & MILLER, W.B. Gibberellin⁴⁺⁷ benzyladenine and supplemental light improve postharvest leaf and flower quality of cold stored Stargazer hybrid lilies. **J.Am. Soc. Hort. Sci.**, Iwoa, v.123, n.4, p.563-568, 1998.
- RANWALA, A.P. & MILLER, W.B. Preventive mechanisms of giberellin⁴⁺⁷ and light on low-temperature-induced leaf senescence in *Lilium* cv. Stargazer. **Postharvest Biol. Tech.**, v.19, p.85-92, 2000.
- SONG, C.Y.; BANG, C.S.; CHUNG, S.K. & KIM, Y.J. Effects of postharvest pretreatments and preservative solutions on vase life and flower quality of asiatic hybrid lily. **Acta Hort.**, Leuven-Belgium, v.414, p.277-285, 1996
- WHITMAN, C.M.; HEINS, R.D.; MOE, R.; FUNNELL, K.A. Foliage and postharvest. **Scientia-Horticulturae**, Amsterdam, v.89, n.2, p.143-154, 2001.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. Growth and development senescence and programmed cell death. In: ____ & _____. 3 ed. **Plant Physiology**, Massachusetts: Sinauer Associates, p.339-374, 2002.