

Silício na evapotranspiração e produção de gérbera

Rafael Ludwig¹, Fernanda Ludwig², Amaralina Celoto Guerrero³, Dirceu Maximino

Fernandes⁴ e Fernando Ferrari Putti⁵

¹ Eng^o Agrícola, Doutorando em Agronomia - irrigação e drenagem, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Botucatu – SP.

² Eng^a Agrônoma, Prof.^a Dr.^a, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, UERGS.

³ Doutora em Agronomia - Horticultura, FCA, Unesp – Botucatu.

⁴ Professor Doutor do Departamento de solos e recursos ambientais, FCA, Unesp – Botucatu.

⁵ Bacharel em Administração de Empresas e Agronegócios, Mestrando em Agronomia - Irrigação e Drenagem Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Botucatu – SP.

rafaludwig@yahoo.com.br, ludwig.fernanda@yahoo.com.br, maracguerrero@hotmail.com,
dmfernandes@fca.unesp.br, fernando_putti@yahoo.com.br.

Resumo: Para o desenvolvimento das plantas é imprescindível à adequada disponibilidade de água, isso torna-se ainda expressivo em plantas de vaso, entre elas destaca-se a gérbera. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x2 (2 formas de aplicação de silício + testemunha e 2 cultivares) e cinco repetições. Foram utilizadas aplicações de silício via substrato e foliar nas cultivares Cherry e Red. A dose utilizada foi de 0,150 ml vaso⁻¹ diluído em 50 ml de água. O vaso apresentou volume de 1,3 litros e foi preenchido com substrato de casca de pinus e acícula de pinus. A determinação da evapotranspiração foi realizada pela técnica da pesagem. As plantas em ponto de comercialização foram avaliadas quanto ao número de folhas, diâmetro da superfície foliar da planta, área foliar, fitomassa fresca e seca das folhas, inflorescências e total, número e diâmetro da haste. A temperatura média interna da estufa foi de 22°C e a umidade relativa do ar de 67%, as quais tiveram grande influência na evapotranspiração em todos os tratamentos. Não houve padrão na influencia dos tratamentos na evapotranspiração da cultura. Também, o crescimento e produção não foram influenciados pela aplicação do silício.

Palavras-chave: Evapotranspiração da cultura; *Gerbera jamesonii*; Elemento benéfico.

Silicon in the evapotranspiration and production of gérbera

Abstract: For the development of plants is essential to the adequate supply of water, it is even more expressive for pot plants, among which stands out the gerbera. The experiment was a randomized block in factorial 3x2 (2 application forms silicon + control and 2 cultivars) and five replications. Treatments were silicon application forms (leaf, substrate and control) and gerbera cultivars (Cherry and Red), at the level 0.150 milliliters pot⁻¹ of diluted in water. The pot volume was 1.3 liters and was filled with substrate of pine bark and needles. Evapotranspiration was determined by using the weighing technique. The greenhouse internal mean temperature was 22°C and the air relative humidity was 67%, which highly influenced evapotranspiration in all treatments, especially in the period of higher temperature and air relative humidity. There was no influence of treatments on the culture evapotranspiration. In addition, the growth and yield not affected were by application of silicon.

Key words: Culture evapotranspiration; *Gerbera jamesonii*; Beneficial element.

Introdução

Para a implantação de um sistema de irrigação, diversas variáveis devem ser estudadas, entre elas a evapotranspiração de referência (ET_o) e o coeficiente da cultura (K_c). Estes parâmetros dependem dos fatores meteorológicos, da cultura e do solo, podendo ser quantificados diretamente ou indiretamente (Chaves *et al.*, 2010).

A determinação do consumo de água nos diversos estádios de desenvolvimento de uma cultura é essencial para realização da irrigação de forma eficiente (Fernandes e Turco, 2003). O consumo é dependente da demanda evaporativa da atmosfera, que é determinada basicamente por quatro variáveis meteorológicas: radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar e vento. A alta radiação solar, temperatura atmosférica elevada, baixa umidade relativa do ar e incidência de ventos aumentam a demanda evaporativa da atmosfera (Sangoi *et al.*, 2007).

Porém, de acordo com Bellé, (1998), na determinação da necessidade de irrigação, muitos produtores ainda utilizam critérios empíricos, muitas vezes fornecendo água em excesso, o que diminui a disponibilidade de oxigênio e aumenta os custos. O autor destaca ainda que o fornecimento de água deve ser de acordo com as necessidades das plantas, definidas pela disponibilidade de água no substrato, características da cultura e pelas condições climáticas que acarretam a demanda evaporativa.

Estudos vêm sendo realizados com o objetivo de reduzir a perda de água pela transpiração em plantas com a utilização do silício. As plantas o absorvem na forma de ácido monossilícico (H₄SiO₄) ou seus correspondentes ânions, sendo transportados para a parte aérea via xilema pelo fluxo de transpiração, e após a perda de água, os mesmos são polimerizados como sílica gel na superfície das folhas e hastes (Ma *et al.*, 2001; Havlin *et al.*, 2005; Snyder *et al.*, 2007), principalmente em regiões de transpiração intensa (Epstein, 1999). Sua concentração na epiderme, associada com pectina e cálcio, forma uma dupla camada cuticular

que pode proteger e fortalecer a estrutura das plantas, diminuindo a perda de água pela redução do diâmetro dos poros (Havlin *et al.*, 2005; Snyder *et al.*, 2007).

Nesse sentido, o fornecimento de silício pode apresentar benefícios para a floricultura, especialmente para aquelas plantas de vaso que possuem capacidade de armazenamento limitada pelo volume reduzido dos vasos. Entre estas, a florífera gérbera tem grande destaque, pois possui alto valor de mercado, podendo ser explorada por mão de obra familiar (Junqueira e Peetz, 2004). Desta forma, este trabalho objetivou avaliar a evapotranspiração, crescimento e produção de cultivares de gérbera de vaso, produzida em ambiente protegido, submetida a formas de aplicação de silício.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Departamento de Solos e Recursos Ambientais, da FCA/UNESP, Botucatu (SP), no período de setembro a outubro de 2008. Foi conduzido em casa de vegetação com teto em arco, com plástico transparente, laterais de tela branca e pavimentação de concreto, com área total de 168 m² e 2,6 m de pé direito.

A parte interna superior da estufa possuía uma malha termorefletora de 50% (Aluminet[®]) a fim de manter a intensidade luminosa até o máximo de 50.000 lux. As medidas de temperatura e umidade relativa do ar foram obtidas com a utilização de um sensor acoplado a um dataloger.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x2 (2 formas de aplicação de silício + testemunha e 2 cultivares) e cinco repetições. Foram utilizadas mudas de gérbera (*Gerbera jamesonii* L.) com quatro folhas definitivas. As cultivares utilizadas foram Cherry e Red pertencentes a serie “Dark eyes” da empresa Sakata Seed Sudamérica[®]. Foram testadas as aplicações de silício via substrato e foliar, além da testemunha (ausência de aplicação).

O substrato utilizado foi constituído de 75% de casca de pinus e 25% acícula de pinus, com densidade úmida de 420 kg m^{-3} . As mudas foram transplantadas em vasos com capacidade para 1 litro (11,5 cm de altura, 13,0 cm de diâmetro superior e 9,0 cm de diâmetro inferior), preenchidos com o substrato de acordo com a densidade úmida. Os vasos foram dispostos sobre tijolos no piso da estufa e espaçados de 25,0 em 25,0 cm.

A dose de silício utilizada foi de $0,150 \text{ ml vaso}^{-1}$, diluído em 50 ml de água. Foram realizadas 3 aplicações, aos 10 de setembro, 24 de setembro e 10 de outubro de 2008. O produto contendo silício utilizado foi um silicato de sódio com 272 g kg^{-1} de SiO_2 .

Para determinação da água disponível no substrato e evapotranspiração (ET), obteve-se inicialmente a capacidade máxima de retenção de água do substrato ou capacidade de recipiente. Para isso, os vasos foram saturados por capilaridade durante 24 horas, com posterior drenagem nas 24 horas subsequentes e então pesados. A capacidade mínima de retenção foi determinada pela pesagem do vaso após a obtenção de plantas no ponto de murcha permanente.

O manejo da fertirrigação baseou-se na pesagem diária dos vasos, os quais foram mantidos na faixa de 50 a 25% da água disponível no substrato. A irrigação foi realizada via solução nutritiva com a seguinte composição em mg L^{-1} : 121 N- NO_3^- , 12 N- NH_4^+ , 92 K, 24 P, 175 Ca, 27 Mg e 39 S, 0,19 B, 0,08 Cu, 2,74 Fe, 0,19 Mn, 0,04 Mo e 0,08 Zn no período vegetativo e 168 N- NO_3^- , 41 N- NH_4^+ , 303 K, 35 P, 105 Ca, 45 Mg e 55 S, 0,19 B, 0,08 Cu, 2,74 Fe, 0,19 Mn, 0,04 Mo e 0,08 Zn no reprodutivo.

Diariamente os vasos eram pesados para verificar a perda de água ocorrida pela ET do dia anterior. O valor da ET foi obtido através da equação 1, de acordo com Bellé (1998).

$$ET = P1 + I - P2 \quad (1)$$

Sendo:

P1 o peso do vaso no dia 1;

I a quantidade de água fornecida pela irrigação no dia 1; e

P2 o peso do vaso no dia 2 (24 horas após).

Os dados obtidos em volume foram transformados em valores de precipitação (mm). As plantas em ponto de comercialização, caracterizado pela abertura de duas fileiras de estames nas inflorescências (Lin e French, 1985), foram avaliadas quanto ao número de folhas, diâmetro da superfície foliar da planta, área foliar, fitomassa fresca e seca das folhas, inflorescências e total, número e diâmetro da haste.

O diâmetro da superfície foliar da planta foi medido com o auxílio de régua graduada em milímetros, a partir de duas extremidades opostas da planta, perpendiculares entre si. A área foliar foi obtida em medidor tipo “scanner” modelo Li 3100, procedendo-se em seguida a determinação da fitomassa fresca em balança digital. Após, a parte aérea das plantas foi lavada, acondicionada em sacos de papel e posta em estufa de ventilação forçada a 65°C por um período médio de 48 horas, até massa constante, a fim de que fosse obtida sua fitomassa seca em balança digital.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Procedeu-se o desdobramento da interação entre formas de aplicação e cultivares quando a análise de variância revelou efeito significativo, utilizando o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000).

Resultados e Discussão

Durante o experimento a temperatura média no interior da estufa foi de 22°C e a umidade relativa do ar de 67%. Observa-se pela Figura 1 que estas tiveram grande influência na evapotranspiração em todos os tratamentos realizados. Esta constatação torna-se ainda mais expressiva na quinta semana, quando ocorreu a temperatura média mais elevada e a menor umidade relativa do ar média.

Além da elevação da temperatura ao final do ciclo, o crescimento da planta e aumento na área foliar pode ter contribuído para o acréscimo na transpiração das plantas, aumentando consequentemente a evapotranspiração.

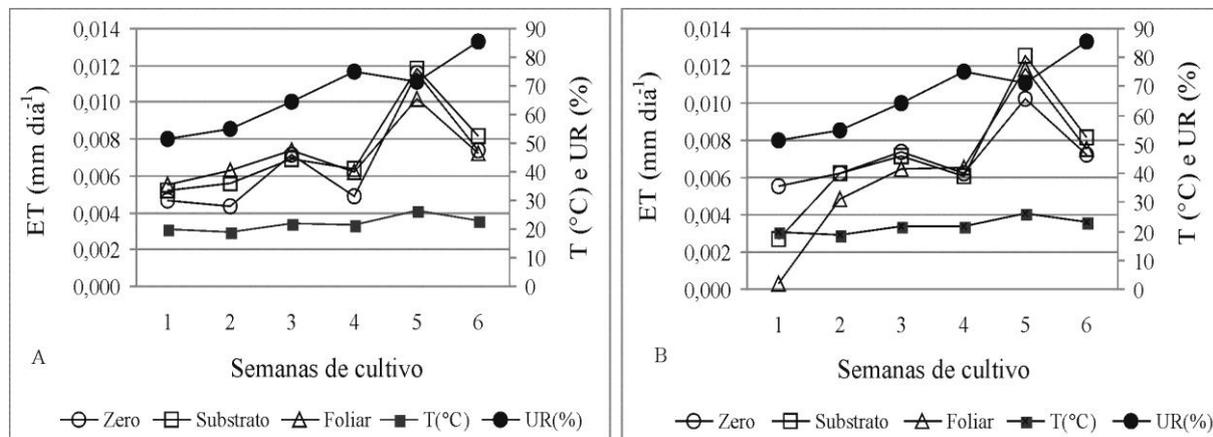


Figura 1 - Evapotranspiração (ET) em plantas de gérbera conduzida em substrato em função das formas de aplicação de silício, ao longo das semanas de cultivo (14/09/2008 a 28/10/2008) e valores médios de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (UR%). A) cultivar Red; B) cultivar Cherry. Botucatu, SP. 2008.

A ET semanal de plantas de gérbera de vaso conduzidas em substrato foi significativamente diferente entre as cultivares na 1^a, 3^a, 5^a e 6^a semanas, entre as formas de aplicação na 1^a, 2^a, 4^a, 5^a e 6^a semanas, quando também houve efeito significativo da interação entre cultivares e formas de aplicação (Tabela 1).

Ao final da primeira semana a ET foi maior na cultivar Red, quando o silício foi aplicado via substrato e foliar. Não houve diferença na ET entre as formas de aplicação para cultivar Red, enquanto para Cherry constatou-se menor valor na aplicação foliar de silício, seguida pela aplicação no substrato. Em plantas de zinia, Kamenidou (2005) verificou que a aplicação foliar de silício melhora a resistência estomática das folhas, comparada com a aplicação via substrato. Segundo o mesmo autor, a pulverização foliar desempenha o papel de antitranspirante, formando uma barreira física ao vapor de água.

Na segunda semana, na ausência de aplicação de silício a evapotranspiração foi maior para a cultivar Cherry, porém com aplicação foliar a ET foi maior para Red. Para Cherry, o comportamento foi semelhante à primeira semana, com menor valor com aplicação de silício

foliar. A cultivar Red, teve resposta inversa, com maior valor quando aplicou-se silício via foliar, seguido do substrato e menor valor sem aplicação.

Na quarta semana a resposta para Red foi semelhante, com menor valor na ausência do silício, enquanto para Cherry não houve resposta. Menor ET para Red foi obtida na ausência de silício e maior na aplicação de silício via substrato.

Na quinta e sexta semanas a resposta dos tratamentos para a cultivar Red inverteu-se, quando os menores valores ocorreram na aplicação de silício foliar. Nesses períodos também houve maior ET para Red na ausência de silício e menor na presença de silício, em ambas as formas de aplicação.

Tabela 1 - Evapotranspiração (ET) média semanal da cultura de gerbera de vaso conduzida em substrato, em função das cultivares e formas de aplicação de silício. Botucatu, SP. 2008

Aplicação	ET					
	Semana					
	1		2		3	
Red	Cherry	Red	Cherry	Red	Cherry	
	-----mm-----					
Zero	0,007 aA	0,009 aA	0,007 cB	0,010 aA	0,012 aA	0,012 aA
Substrato	0,008 aA	0,004 bB	0,009 bA	0,010 aA	0,012 aA	0,013 aA
Foliar	0,009 aA	0,002 cB	0,010 aA	0,008 bB	0,012 aA	0,011 aA
F C	**		NS		NS	
F A	**		*		NS	
F C*A	**		**		NS	
CV (%)	19,76		8,19		8,95	
Aplicação	Semana					
	Semana					
	4		5		6	
Red	Cherry	Red	Cherry	Red	Cherry	
	-----mm-----					
Zero	0,008 bB	0,010 aA	0,020 aA	0,017 bB	0,018 aA	0,017 cB
Substrato	0,011 aA	0,010 aB	0,020 aB	0,022 aA	0,019 aB	0,020 aA
Foliar	0,010 aA	0,010 aA	0,017 bB	0,020 aA	0,017 bB	0,019 bA
F C	NS		*		*	
F A	**		**		**	
F C*A	**		**		**	
CV (%)	6,13		4,55		3,57	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, sendo minúsculas na coluna para comparação entre formas de aplicação e maiúscula na linha para comparação entre as cultivares. NS: não significativo. **: significativo a 1% de probabilidade. *: significativo a 5% de probabilidade.

Não foi possível constatar um efeito pronunciado do silício na evapotranspiração de gérbera, o que pode indicar pouco acúmulo de silício pela cultura, e assim seus efeitos benéficos não podem ser constatados. O acúmulo de silício nas plantas é pré-requisito para que possa expressar seu efeito benéfico (Ma *et al.*, 2001). Outra possibilidade seria a frequência de aplicação, pois os tratamentos foram aplicados somente em três momentos ao longo do ciclo da cultura, e em quantidades inferiores quando comparado aos demais trabalhos.

Como a aplicação de água era efetuada de acordo com a necessidade da planta, através da técnica de pesagem, estas não sofreram estresse hídrico, e desse modo, mesmo com a presença de silício a perda de água pela evapotranspiração foi constante entre os tratamentos. De acordo com Ma *et al.* (2001) o silício é considerado um elemento benéfico, porém seus efeitos são usualmente expressos mais claramente quando as plantas encontram-se em situação de estresse. Resultados concordantes foram obtidos por Kamenidou (2005), o qual sugeriu que em condições normais de cultivo, na ausência de estresse, as respostas na taxa de transpiração em função da aplicação do silício são moderadas.

O número de folhas e a área foliar não variaram em função dos tratamentos (Tabela 2) corroborando a ausência de estresse para as plantas, pois de acordo com Taiz e Zeiger (2009) a redução da área foliar pode ser considerada a primeira linha de defesa contra a falta de água, pois a área foliar menor transpira menos, conservando o suprimento de água no solo por mais tempo.

Tabela 2 - Número de folhas, área foliar, diâmetro da planta, número e diâmetro das inflorescências, diâmetro da haste e altura das plantas de gérbera em função das cultivares e formas de aplicação de silício. Botucatu, SP. 2008

	Número de folhas	Área foliar	Diâmetro Planta	Inflorescências		Diâmetro haste	Altura
				Número	Diâmetro		
Aplicação		---cm ² ---	---cm---		---mm---	---mm---	---cm---
Zero	24,63	1171	28,43 ab	5,75	85,93	4,67	20,19
Substrato	25,50	1189	29,46 a	5,12	83,54	4,68	19,81
Foliar	25,38	1077	26,96 b	4,50	87,90	4,55	20,31
Cultivar							

Red	23,83	1032	25,91 B	5,58	84,07	4,44	20,75
Cherry	26,50	1259	30,66 A	4,67	87,52	4,82	19,45
F C	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS
F A	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
F C*A	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	15,49	23,07	6,59	27,96	11,11	10,73	13,39

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%, sendo minúsculas para comparação entre formas de aplicação e maiúscula para comparação entre as cultivares. NS: não significativo. **: significativo a 1% de probabilidade. *: significativo a 5% de probabilidade.

Observa-se na Tabela 2 que a cultivar Cherry apresentou o maior diâmetro da planta com diferença significativa a 1% de probabilidade para cultivar Red. Resultado semelhante foi obtido por Ludwig *et al.* (2011). Segundo os mesmos autores o diâmetro da superfície foliar de planta é importante para a comercialização da gérbera de vaso, sugerindo os valores entre 29,0 a 31,0 cm. É possível perceber também que houve resultado significativo entre as formas de aplicação sendo que via substrato apresentou o maior crescimento, porém sem diferir estatisticamente da dose zero, já a aplicação via foliar obteve-se os menores resultados. Não se observou diferença significativa para o número e diâmetro das inflorescências, diâmetro da haste e altura das plantas, em função do modo de aplicação e das cultivares.

O peso fresco e seco das inflorescências variaram significativamente entre os modos de aplicação, sendo que para o peso fresco apresentou significância também entre as cultivares. Estas também apresentaram diferença significativa para o peso seco da folha e peso seco total (Tabela 3). Em um estudo avaliando a produção de matéria seca, o teor e acúmulo de silício em cultivares de arroz sob doses de silício Faria Júnior *et al.* (2009), verificaram que as doses de Si não influenciaram os componentes de crescimento e produção, com exceção da matéria seca de raiz.

Tabela 3 - Peso fresco e seco da folha, inflorescência e total das plantas de gérbera em função das formas de aplicação de silício e cultivares. Botucatu, SP. 2008

	Folha		Inflorescência		Total	
	Fresco	Seco	Fresco	Seco	Fresco	Seco
Aplicação	-----g-----					
Zero	53,46	7,58	42,47 a	5,06 b	95,95	14,27
Substrato	55,88	7,74	37,53 ab	5,75 ab	93,42	13,49
Foliar	52,27	7,70	32,82 b	6,68 a	85,16	12,76
Cultivar						
Red	50,21	6,60 B	40,94 A	5,83	90,52	12,44 B
Cherry	57,53	8,75 A	34,65 B	5,84	92,48	14,57 A
F C	NS	**	*	NS	NS	*
F A	NS	NS	*	**	NS	NS
F C*A	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	22,15	22,07	14,51	14,52	13,40	14,9

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%, sendo minúsculas para comparação entre formas de aplicação e maiúscula para comparação entre as cultivares. NS: não significativo. **: significativo a 1% de probabilidade. *: significativo a 5% de probabilidade.

Para que possa ser avaliado de forma mais consistente o efeito do silício sobre a redução da transpiração em plantas de gérbera, é necessário que novos trabalhos sejam desenvolvidos, envolvendo a aplicação do estresse hídrico.

Conclusões

Não houve padrão na influência dos tratamentos na evapotranspiração da cultura.

Não foi possível constatar um efeito do silício no crescimento e produção da cultura de gérbera.

Percebeu-se que houve resultado significativo entre as formas de aplicação, sendo que via substrato apresentou o maior crescimento, porém sem diferir estatisticamente da dose zero.

Referências

BELLÉ, S. **Sistemas de irrigação e concentrações de adubação complementar na produção de *gerbera jamesonii* cv. 1187 em vaso.** 1998. 122 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

CHAVES, S. W. P. *et al.* **Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da pimenteira em lisímetro de drenagem.** Disponível em:

<http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/44_199.pdf>.

Acesso em: 3 maio 2010.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 50, p.641–664. 1999.

FARIA JUNIOR, Leilson Antônio de *et al.* **Produção de matéria seca, teor e acúmulo de silício em cultivares de arroz sob doses de silício.** *Ciênc. agrotec.* [online]. 2009, vol.33, n.4, pp. 1034-1040. ISSN 1413-7054.

FERNANDES, E. J.; TURCO, J. E. P. EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM CULTURA DE SOJA. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 2, p.132-141, maio/ago. 2003.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. **In...45^a** Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria. UFSCar, São Carlos, SP, Julho de 2000. p.255-258.

HAVLIN, J. L. *et al.* **Soil fertility and fertilizers: An in introduction to nutrient management.** Pearson. New Jersey. US. 2005. 7a. ed. 515 p.

JUNQUEIRA, A.H.; PEETZ, M.S. **Plano estratégico para exportação de flores e plantas ornamentais do Brasil.** Campinas: IBRAFLOR/APEX Brasil, 2004. 1 CD-ROM. Programa Flora Brasiliis.

KAMENIDOU, S. **Silicon supplementation affects greenhouse produced cut flowers.**

2005. 92 f. Dissertation (Master of Science)-Faculty of the Graduate College, Oklahoma State University, Oklahoma, 2005.

LIN, W.C.; FRENCH, C.J. Effects of supplementary lighting and soil warming on flowering of three gerbera cultivars. **HortScience**, Alexandria, v.20, n.2, p.271-273, 1985.

LUDWIG, F.; GUERRERO, A.C.; FERNANDES, D.M.; VILLAS BOAS, R.L.; LASCHI, D. Qualidade de cultivares de gébera de vaso em função das características físicas e químicas dos substratos. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.17, n.2, p.141-148, 2011.

MA, J. F.; MIYAKE, Y. TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L. E. *et al.* (Ed.). **Silicon in agriculture**. The Netherlands: Elsevier Science, 2001. Cap.2, p.17-39.

SANGOI, L. *et al.* **Desenvolvimento e exigências climáticas da planta de milho para altos rendimentos**. Lages: Graphel, 2007. 95p.

SNYDER, G. H. *et al.* Silicon. In: BARKER, A. V., PILBEAM, D. J. **Handbook of plant nutrition**. Boca Raton: Taylor e Francis Group, 2007, p. 551-568.

TAIZ L; ZEIGER E. **Fisiologia Vegetal**. Sunderland: Sinauer Associates. 2009. 819p.