

Nota

MODELOS PARA ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DE *CURCUMA ALISMATIFOLIA* E *CURCUMA ZEDOARIA* ⁽¹⁾

ANA CHRISTINA ROSSINI PINTO ⁽²⁾; TAÍS TOSTES GRAZIANO ⁽²⁾; JOSÉ CARLOS BARBOSA ⁽³⁾;
FABIANA BASSO LASMAR ⁽²⁾

RESUMO

O presente estudo determina modelos para estimativa da área foliar de *Curcuma alismatifolia* e de *Curcuma zedoaria*. Para utilização destas espécies como ornamentais, é necessário o estabelecimento de técnicas de produção adequadas. Assim, a determinação da área foliar é importante, pois é usada para avaliar a resposta da planta a fatores ambientais e técnicas culturais. O uso de modelos para estimar a área foliar é um método simples, de boa precisão e não destrutivo. No estágio de floração foram coletadas cem folhas de *C. alismatifolia* ('Pink' e 'White') e de *C. zedoaria*. Determinaram-se o comprimento (C) e a largura (L) máximos e a área foliar real (AFR), com auxílio de integrador de área foliar (LI-3100). Estudaram-se as relações entre a AFR e o C, L e CL (produto do comprimento pela largura da folha), por meio de modelos de regressão linear. Os modelos $AFR = 0,59048 CL$ (*C. alismatifolia* 'Pink'), $AFR = 6,08410 + 0,52162 CL$ (*C. alismatifolia* 'White') e $AFR = 0,70233 CL$ (*C. zedoaria*) são estatisticamente adequados para estimar a área foliar real.

Palavras-chave: açafraão-da-cochinchina, zedoária, floricultura, regressão linear.

ABSTRACT

LEAF AREA PREDICTION MODELS FOR *CURCUMA ALISMATIFOLIA* AND *CURCUMA ZEDOARIA*

The present work establishes regression models to estimate leaf area of *Curcuma alismatifolia* and *Curcuma zedoaria*. To use these of species as ornamental plants is necessary to establish adequate cultivation techniques. Thus, the determination of leaf area is very important, once it is used to evaluate plant response to environmental factors and crop techniques. The use of prediction models to estimate leaf area is a simple, accurate and nondestructive method. At the stage of flowering, a hundred leaves of *C. alismatifolia* ('Pink' and 'White') and *C. zedoaria* were collected for each species and cultivar. Maximum length (L), maximum width (W) and real leaf area (RLA) were measured with a leaf area meter (LI-3100). The relation between RLA and the L, W and the product of length by width (LW), was studied through linear regression models. The models $RLA = 0.59048 LW$ (*C. alismatifolia* 'Pink'), $RLA = 6.08410 + 0.52161 LW$ (*C. alismatifolia* 'White') and $RLA = 0.70233 LW$ (*C. zedoaria*) are adequate to estimate leaf area.

Key words: thai tulip, zedoary, floriculture, linear regression.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 8 de setembro de 2005 e aceito em 23 de novembro de 2007.

⁽²⁾ Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Horticultura, Instituto Agrônomo (IAC), Caixa Postal 28, 13012-970 Campinas (SP). E-mail: achrisp@ig.com.br (*) Autora correspondente; tais@iac.sp.gov.br

⁽³⁾ Departamento de Ciências Exatas, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, 14884-900 Jaboticabal (SP). E-mail: jcbarbosa@fca.unesp.br

1. INTRODUÇÃO

No mercado internacional, nota-se crescimento constante para as curcumas ornamentais, devido ao caráter altamente decorativo e exótico da inflorescência e folhagem de muitas espécies de *Curcuma* L. (PINTO e GRAZIANO, 2003).

Atualmente, *Curcuma alismatifolia* (açafraão-da-cochinchina) é a principal espécie ornamental do gênero, quanto ao aspecto comercial em nível mundial, sendo considerada novo produto na indústria da floricultura, com potencial de expansão nos mercados (HAGILADI et al., 1997a). É produzida comercialmente como flor de corte em vários países, com potencial como florífera envasada (HAGILADI et al., 1997b; SARMIENTO e KUEHNY, 2003). No Brasil, é produzida comercialmente como flor de corte (PINTO e GRAZIANO, 2003).

A *Curcuma zedoaria* (zedoária), reconhecida pelo valor medicinal, também tem grande potencial como flor de corte, florífera envasada e no paisagismo, pela inflorescência graciosa e folhagem exuberante (MACIEL e CRILEY, 2003). No Brasil, é recomendada como planta de jardim e flor de corte (LORENZI e SOUZA, 1999).

Para o sucesso na utilização dessas espécies como ornamentais é necessário o estabelecimento de técnicas de produção adequadas. Assim, a determinação da área foliar é muito importante, pois é usada para avaliar a resposta da planta a fatores ambientais e técnicas culturais e na obtenção dos índices fisiológicos na análise quantitativa de crescimento (PEREIRA e MACHADO, 1987).

Entre os vários métodos de medição da área foliar (EVANS, 1972; CAUSTON e VENUS, 1981), o método não destrutivo permite repetidas avaliações na mesma planta, reduzindo a variabilidade experimental associada aos procedimentos de amostragens destrutivas (NESMITH, 1992). Ademais, é útil em estudos sobre a atividade vegetal, como transpiração e fotossíntese que requerem um método de medição de área foliar não destrutivo (WENDT, 1967) e, também, quando o número de plantas para estudo é limitado.

O uso de modelos matemáticos para estimar a área foliar é um método não destrutivo, de boa precisão e baixo custo, eliminando a disponibilidade de medidores de área foliar caros ou a realização de demoradas reconstruções geométricas (GAMIELY et al., 1991).

Modelos têm sido determinados para estimar a área foliar de várias culturas, mas não foram constatados, na literatura, modelos para estimativa da área foliar *C. alismatifolia* e *C. zedoaria*. A forma da

folha é uma característica morfológica específica, dependente da relação entre comprimento e largura e quantidade de recortes na borda da lâmina foliar (ESAU, 1974; SINHA, 1999). Assim, para cada espécie devem ser determinados modelos, os quais podem ser utilizados em estudos com a mesma espécie, desde que os parâmetros dimensionais de comprimento e largura amostrados estejam dentro do intervalo para o qual os modelos foram estabelecidos. Entretanto, quando cultivares de uma espécie têm formato foliar diferente é necessário estabelecer novos modelos de predição.

O presente estudo determina modelos para estimativa da área foliar de *C. alismatifolia* ('Pink' e 'White') e de *C. zedoaria*, os quais auxiliarão em estudos futuros, relacionados à biologia e ao estabelecimento de técnicas de produção adequadas

2. MATERIAL E MÉTODOS

No estágio de floração, foram coletadas cem folhas, ao acaso, de plantas de *Curcuma alismatifolia* Gagnep. 'Pink' e *C. alismatifolia* 'White', cultivadas em sistema de produção comercial, no município de Holambra (SP) e de *C. zedoaria* Roscoe, em março-abril de 2005. Nas folhas coletadas não havia deformações causadas por pragas, doenças ou outro fator externo.

Em laboratório, procedeu-se à medida do maior comprimento (C; cm) ao longo da nervura principal, excluindo a bainha foliar, e da largura máxima (L; cm), perpendicular à nervura principal. A área foliar real (AFR; cm²) de cada folha foi determinada com auxílio de integrador de área foliar (LI-3100).

Para determinar o modelo de regressão que melhor representasse a área foliar em função do comprimento (C), da largura (L) ou do produto do comprimento pela largura da folha (CL), foram estudados o ajuste dos dados aos modelos de regressão linear ($Y = a + bX$) e linear sem intercepto ($Y = bX$). Os modelos foram ajustados pelo método dos quadrados mínimos. Nestes modelos, a variável dependente (Y) foi representada pela área foliar real e, como variável independente (X), foram considerados o comprimento, a largura e o produto do comprimento pela largura da folha. Os critérios estatísticos utilizados para a seleção dos modelos foram o teste F da análise de variância para o ajuste da regressão, o quadrado médio do resíduo e o coeficiente de determinação. Para testar a hipótese $H_0: a=0$, utilizou-se o teste F, obtido mediante a diferença dos resíduos obtidos com e sem o intercepto (SEBER, 1977).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do estudo da relação entre a área foliar real (AFR) e os parâmetros dimensionais lineares de folhas de *C. alismatifolia* ('Pink' e 'White') e *C. zedoaria* são apresentados na tabela 1.

Comparando-se os valores do teste F (teste F_{modelo}) e o quadrado médio do resíduo da análise de variância (QMR) para ajuste dos modelos e o coeficiente de determinação (R^2), verifica-se que os modelos de regressão estudados, relacionando-se a área foliar real e o produto do comprimento pela largura (CL) da folha, permitem boas estimativas da área foliar de *C. alismatifolia* ('Pink' e 'White') e *C. zedoaria*. Nesses modelos, os valores do coeficiente de determinação foram superiores a 0,95, o teste F para ajuste do modelo foi significativo a 1% de probabilidade e os valores do quadrado médio do resíduo foram baixos, comparados aos dos modelos determinados utilizando a medição de um único parâmetro linear foliar (comprimento ou largura).

Na prática, pela facilidade de utilização devido à simplicidade do modelo e pelo valor de coeficiente de determinação próximo a um, e quadrado médio do resíduo com valor muito próximo ao do modelo linear ($Y=a+bX$), recomenda-se o emprego dos modelos $AFR = 0,59048 CL$ (*C. alismatifolia* 'Pink') e $AFR = 0,70233 CL$ (*C. zedoaria*), obtidos pela passagem da reta pela origem (intercepto nulo), em detrimento dos modelos lineares com intercepto, mais trabalhosos na aplicação prática (Tabela 1). Ademais, o teste F para a hipótese $H_0:a=0$ contra a hipótese alternativa $H_a: a \neq 0$, para o modelo $Y=a+bX$ foi não significativo (Tabela 1). Confirma-se a hipótese de que o valor do intercepto não difere de zero, demonstrando que nesses modelos a linha de regressão passa pela origem, justificando estatisticamente a adoção do modelo linear sem intercepto ($Y=bX$). O valor do coeficiente b (coeficiente angular) do modelo obtido para *C. alismatifolia* 'Pink' é menor e não similar ao valor do coeficiente b obtido para *C. zedoaria*, pois a forma da folha dessas espécies é diferente. Em *C. alismatifolia* 'Pink', as folhas são lanceoladas, enquanto *C. zedoaria* possui folhas oblongas.

Entretanto, para *C. alismatifolia* 'White' recomenda-se, estatisticamente, o emprego do modelo $AFR = 6,08410 + 0,52161 CL$, pois o teste F para a hipótese $H_0:a=0$ contra a hipótese alternativa $H_a: a \neq 0$, para o modelo $Y=a+bX$ foi significativo (Tabela 1). Confirma-se a hipótese de que o valor do intercepto difere de zero, demonstrando que nesse modelo a linha de regressão não passa pela origem, não sendo possível justificar estatisticamente a adoção do modelo linear sem intercepto ($Y=bX$).

Tabela 1. Análises de regressão linear ($Y = a + bX$) e linear sem intercepto ($Y = bX$) para estudo da relação entre a área foliar real (AFR) e os parâmetros dimensionais (comprimento - C, largura - L e produto do comprimento pela largura - CL) do limbo foliar de *C. alismatifolia* ('Pink' e 'White') e de *C. zedoaria*

Estatística	<i>C. alismatifolia</i> 'Pink'			<i>C. alismatifolia</i> 'White'			<i>C. zedoaria</i>		
	C	L	CL	C	L	CL	C	L	CL
	$Y = a + bX$	$Y = a + bX$	$Y = bX$	$Y = a + bX$	$Y = a + bX$	$Y = bX$	$Y = a + bX$	$Y = a + bX$	$Y = a + bX$
a	-56,0453	-47,8363	0,1250	-12,8772	-104,0435	6,0841	-182,4941	-194,7783	-1,7094
b	5,0273	28,8106	0,5899	3,1937	43,7298	0,5216	12,8950	47,2813	0,7056
Teste F (modelo)	126,2**	486,8**	3658,8**	402,2**	149,6**	6532,3**	1212,1**	988,2**	58491,5**
Teste F ($H_0: a = 0$)	-	-	0,0040 ^{ns}	-	-	16,0457**	-	-	1,7757 ^{ns}
QMR	306,9750	117,6731	18,3196	249,0976	498,1678	21,7082	2282,8826	2753,3841	51,0462
R^2	0,5629	0,8324	0,9739	0,7961	0,5922	0,9821	0,9252	0,9098	0,9983

^{ns}: não significativo ($P > 0,05$). **significativo ($P < 0,01$). a e b: estimativas dos parâmetros de regressão. Teste F (modelo): teste F para ajuste do modelo. Teste F ($H_0:a=0$): teste F para $H_0:a=0$ versus $H_a: a \neq 0$. QMR: quadrado médio do resíduo da análise de variância para teste do modelo. R^2 : coeficiente de determinação.

Observando-se os valores dos coeficientes de determinação (R^2), verifica-se que as áreas foliares estimadas por meio destes modelos aproximam-se muito das áreas foliares determinadas pelo integrador de área foliar (Tabela 1). Portanto, não é necessário o estabelecimento de outros modelos de regressão, mais complexos e trabalhosos na aplicação prática.

Os modelos determinados podem ser utilizados para estimar a área foliar real, no intervalo estudado de comprimento (C), largura (L) e produto do comprimento pela largura (CL) de folhas de *C. alismatifolia* ('Pink' e 'White') e de *C. zedoaria*. Para *C. alismatifolia* 'Pink' esse intervalo variou de 24,3 a 47,5 cm para o C, de 4,2 a 7,5 cm para a L, e de 67,95 a 188,91 cm² para CL. Para o *C. alismatifolia* 'White' esse intervalo variou de 22,4 a 59,6 cm para C, de 3,4 a 6,6 cm para L, e de 76,16 a 376,63 cm² para CL. E, para *C. zedoaria* esse intervalo variou de 11,20 a 65,30 cm para C, de 3,5 a 17,25 cm para L, e de 40,32 a 1104,0 cm² para CL.

4. CONCLUSÃO

Os modelos $AFR = 0,59048 CL$ (*C. alismatifolia* 'Pink'), $AFR = 6,08410 + 0,52161 CL$ (*C. alismatifolia* 'White') e $AFR = 0,70233 CL$ (*C. zedoaria*) são adequados para estimar a área foliar.

REFERÊNCIAS

- CAUSTON, D.R.; VENUS, J.C. **The biometry of plant growth**. London: Edward Arnold, 1981. 301p.
- ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo: Edgard Bluecher, 1974. 293p.
- EVANS, G.C. **The quantitative analysis of plant growth**. Oxford: Blackwell, 1972. 734p.
- GAMIELY, S.; RANDLE, W.M.; MILLS, H.A.; SMITTLE, D.A. A rapid and nondestructive method for estimating leaf area of onions. **HortScience**, Alexandria, v.26, n.2, p.206, 1991.
- HAGILADI, A.; UMIEL, N.; YANG, X.H. *Curcuma alismatifolia*. II. Effects of temperature and daylength on the development of flowers and propagules. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.430, v.2, p.755-761, 1997a.
- HAGILADI, A.; UMIEL, N.; YANG, X.H.; GILAD, Z. *Curcuma alismatifolia*. I. Plant morphology and the effect of tuberous root number on flowering date and yield of inflorescences. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.430, v.2, p.747-753, 1997b.
- LORENZI, H.; SOUZA, H.M. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 2 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1999. p.1075-1078.
- MACIEL, N.; CRILEY, R. Morphology, growth and flowering behaviour of *Curcuma zedoaria*. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.624, p.111-116, 2003.
- NeSMITH, D.S. Estimating summer squash leaf area nondestructively. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.1, p.77, 1992.
- PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campinas: IAC, 1987. 33p. (Boletim Técnico n° 114)
- PINTO, A.C.R.; GRAZIANO, T.T. Potencial ornamental de *Curcuma*. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.9, n.2, p.99-109, 2003.
- SARMIENTO, M.J.; KUEHNY, J.S. Efficacy of paclobutrazol and gibberelin₄₊₇ on growth and flowering of three *Curcuma* species. **HortTechnology**, Alexandria, v.13, n.3, p.493-496, 2003.
- SEBER, G.A.F. **Linear regression analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1977. 465p.
- SINHA, N. Leaf development in Angiosperms. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.50, p.419-446, 1999.
- WENDT, C.W. Use of a relationship between leaf length and leaf area to estimate the leaf area of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), castors (*Ricinus communis* L.), and sorghum (*Sorghum vulgare* L.). **Agronomy Journal**, Madison, v.59, p.484-486, 1967.